

DOI:10.19322/j.cnki.issn.1006-4710.2024.04.008

<https://xuebao.xaut.edu.cn>

引文格式:董倩倩,王筱明.山东省沿黄县区生态环境质量与经济发展耦合协调性研究[J].西安理工大学学报,2024,40(4):522-531,602.

DONG Qianqian,WANG Xiaoming. Coupling coordination of eco-environment quality and economic development in counties along the Yellow River in Shandong Province[J]. Journal of Xi'an University of Technology,2024,40(3):522-531,602.

山东省沿黄县区生态环境质量与经济发展 耦合协调性研究

董倩倩,王筱明

(山东师范大学 地理与环境学院,山东 济南 250358)

摘要:为探究山东省沿黄县区生态环境质量与经济发展的关系,通过构建生态环境质量指数模型和经济发展评价模型,对研究区生态环境质量和经济发展水平进行评价,采用耦合协调度模型和相对发展度模型探究二者的耦合协调关系。结果表明:①2000—2020年,山东省沿黄县区生态环境质量指数呈先降后升特征,经济发展指数呈上升趋势,且区域间差异不断增大;②生态环境质量与经济发展的耦合协调水平整体向好,形成以槐荫区和历城区、河口区和垦利区两个高度协调区为中心向四周逐级递减的空间分布格局;③绝大多数县区由经济滞后型转变为生态滞后型,少数县区则始终经济相对滞后。基于耦合协调结果,将研究区划分为生态提升区、优化升级区、稳步发展区和经济提升区,并提出差异化发展路径。

关键词:生态环境质量;经济发展;耦合协调性;山东省沿黄县区

中图分类号: X22; F127 **文献标志码:** A **文章编号:** 1006-4710(2024)04-0522-10

Coupling coordination of eco-environment quality and economic development in counties along the Yellow River in Shandong Province

DONG Qianqian, WANG Xiaoming

(College of Geography and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250358, China)

Abstract: In order to explore the relationship between eco-environmental quality and economic development in counties along the Yellow River in Shandong Province, the eco-environmental quality and economic development level of the study area are evaluated by constructing an eco-environmental quality index model and an economic development evaluation model, with the coupling coordination degree model and relative development degree model used to explore the coupling coordination relationship between the two. The results show that: ①From 2000 to 2020, the overall eco-environment quality index shows the characteristics of first decreasing and then rising, while the economic development index increases significantly, and the difference in the level of economic development among regions is increasing. ②The coupling coordination level of eco-environmental quality and economic development is improved as a whole, forming a spatial distribution pattern with two highly coordinated districts centered on Huaiyin district-Licheng district, Hekou district-Kenli district, with decreasing spatial distribution in all directions. ③The relative develop-

收稿日期: 2023-09-08; 网络首发日期: 2024-01-10

网络首发地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1294.N.20240109.1711.006.html>

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(42171253); 山东省社科规划研究资助项目(19BJCJ23)

第一作者: 董倩倩,女,硕士生,研究方向为土地评价。E-mail: 2631578170@qq.com

通信作者: 王筱明,女,副教授,研究方向为土地评价与规划。E-mail: liwxm@163.com

ment type of most counties changes from economic lag to ecological lag, while a small number of counties remain in the type of relative economic lag. ④Based on the results from coupling coordination, the study area is divided into ecological improvement zone, optimization and upgrading zone, steady development zone and economic improvement zone, with differentiated development paths proposed.

Key words: eco-environmental quality; economic development; coupling coordination; counties along the Yellow River in Shandong Province

黄河流域在我国经济社会发展和生态安全方面具有十分重要的地位^[1]。山东省处于黄河下游,是黄河流域下游生态保护和防洪减灾的主战场,也是黄河流域经济增长的“五级”之首,在黄河流域生态保护和高质量发展中具有极其重要的战略地位。然而,山东省沿黄地区存在的生态脆弱、经济发展不平衡、“生产、生活与生态”空间不合理等问题严重制约区域高质量发展。因此,分析山东省黄河沿岸地区生态环境质量与经济发展的关系及其空间特征,有利于加强生态环境保护,推动区域高质量发展。

目前,关于生态与经济之间关系的研究成果颇丰。从研究尺度来看,已有研究从省、市和流域层面开展了经济与生态协调发展的实证研究。如市域层面,郭向阳等^[2]通过构建“旅游经济-生态环境”指标体系,运用耦合协调模型和脉冲响应函数,厘清了曲靖市生态环境与旅游经济协调互动关系;杨泓川等^[3]基于脱钩理论探讨了福州市环境压力与经济发展的脱钩关系。省域层面,王芳^[4]对京津冀地区生态系统与经济系统协同发展情况进行评估。流域层面,李建新等^[5]通过构建经济“规模-结构-效率”以及环境“压力-状态-响应”的两大分析框架,考察了2006—2017年长江经济带经济与环境系统间交互协调关系的演进态势,并分类和识别协调发展的的问题区域;杨庆等^[6]利用非协调耦合方法,探究了2005—2018年长江经济带高质量发展与生态保护的非协调耦合关系;杨慧芳等^[7]估测了黄河流域生态保护与经济高质量发展的耦合协调程度和演化趋势,分析了流域内省份的联动效应。从研究方法和模型来看,涉及能值分析法^[8]、系统动力学^[9]、耦合协调模型^[10]、脱钩模型^[11]等,其中耦合协调模型应用最为广泛^[2,5-6,12]。

通过文献梳理可以发现,相关研究较少关注县域尺度,此外,现有研究对生态状况的衡量多基于指标体系,采用传统的统计数据计算,无法直观表征生态环境状况,不利于研究的进一步细化。有学者尝试从自然因素出发,利用遥感数据、土地利用数据计算遥感生态指数^[13]、生态服务价值^[14-15]来表征区域生态状况,这也启发了本文的研究思路。土地是区

域生态系统的载体,不同的土地利用类型生态景观不同、生态系统的结构以及组成不同,从而反映出不同的生态环境特性,具有明显的生态差异性。同时,土地是社会经济发展的物质基础,在社会经济发展进程中,人类活动不断改变着土地利用方式及土地利用结构,这种变化也影响了生态环境和社会经济发展。因此,本研究从土地利用视角切入,以山东省沿黄25县区为例,基于土地利用状况计算生态环境质量指数,表征区域生态状况,并构建经济发展的“规模-结构-活力”指标体系,通过耦合协调度和相对发展度模型,分析2000—2020年山东省沿黄25县区生态环境与经济发展的协调状况,探究区域生态与经济的协同发展路径,为实现山东省黄河流域生态保护与高质量发展提供理论支撑和决策参考。

1 区域概况

山东省沿黄25县区总面积29 811 km²(图1),地貌以平原、丘陵为主,属于温带季风气候,夏暑冬寒,四季分明。

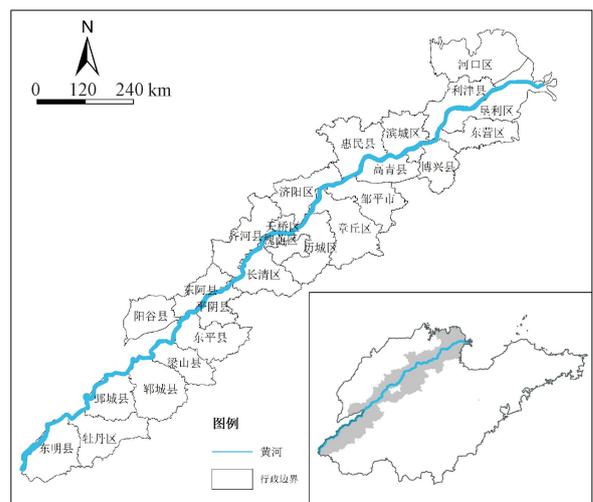


图1 研究区范围

Fig. 1 Scope of study area

注:此图基于国家自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2019)3333的标准地图制作,底图无修改。

研究区内包含草地、湖泊、湿地等多种生态类型,自然保护地密集,拥有省级、国家级自然保护区各1处。截至2020年底,研究区常住人口数量

1.744 58×10⁷人,地区生产总值 9.813 01×10¹¹元,较上年增长 4.8%,经济较发达,但经济发展资源型、重化型特征较为明显,对生态环境的破坏大。同时,研究区生态问题突出,水土流失、水资源短缺、黄河入海口附近土壤盐碱化等极大地制约了山东省黄河流域地区的高质量发展。

2 数据与方法

2.1 数据来源与处理

研究所需数据包括土地利用数据和经济数据。土地利用数据来自中科院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn>)提供的 2000 年、2010 年、2020 年的土地利用遥感监测数据,包括 6 个一级地类、25 个二级地类,分辨率为 30 m×30 m,二级地类综合精度达 90%以上^[16]。社会经济数据来自相

应年份的《山东统计年鉴》、相关地级市统计年鉴和县域统计公报,其中,个别年份缺失数据参考年均增速和临近年份数据计算补全。

2.2 研究方法

2.2.1 生态环境质量指数模型

生态环境质量指数是量化区域生态环境质量的典型方法,通过构建土地利用方式与生态环境质量间的定量关系来表示区域生态环境状况。根据研究区土地利用状况,参考已有研究对各地类的生态环境指数赋值^[17],见表 1。公式如下:

$$E = \sum_{i=1}^n \frac{A_{ki}}{A_k} R_i \quad (1)$$

式中: E 为生态环境质量指数; A_{ki} 为 k 地区第 i 种土地利用类型的面积; A_k 为 k 地区面积; R_i 为第 i 种土地利用类型的生态环境指数; n 为土地利用类型数量。

表 1 土地利用分类系统及其生态环境质量指数

Tab.1 Land use classification system and its eco-environment quality index

一级地类	编号	二级地类	生态环境质量指数	一级地类	编号	二级地类	生态环境质量指数
耕地	11	水田	0.300	水域	45	滩涂	0.450
	12	旱地	0.250		46	滩地	0.550
林地	21	有林地	0.950	城乡、工矿、居民用地	51	城镇用地	0.200
	22	灌木林	0.650		52	农村居民点	0.200
	23	疏林地	0.450		53	其它建设用地	0.150
	24	其他林地	0.400	未利用地	61	沙地	0.010
草地	31	高覆盖度草地	0.750		63	盐碱地	0.050
	32	中覆盖度草地	0.450		64	沼泽地	0.650
	33	低覆盖度草地	0.200		65	裸土地	0.050
水域	41	河渠	0.550		66	裸岩石质地	0.010
	42	湖泊	0.750	67	其他	0.010	
	43	水库坑塘	0.550				

2.2.2 经济发展水平测度

参考前人研究成果^[18-19],依据指标选取的科学性、代表性、可获取性等原则,从经济发展规模、经济发展结构、经济发展活力 3 个维度选取 11 个指标建立山东省黄河沿岸县区经济发展评价指标体系(表 2),采用熵权法计算指标权重,通过综合指标得分法计算区域经济发展水平。

1) 标准化

采用 min-max 标准化法对原始数据进行线性变化,以消除不同指标数据间的量纲差异,增强指标间的可比性。

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (2)$$

式中: x'_{ij} 为标准化值,取范围为[0,1]; x_{ij} 为 t 年 i 地区指标 j 的数值; $\min(x_j)$ 、 $\max(x_j)$ 分别是指标 j 的最小值和最大值。

2) 熵权法计算权重

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)} \quad (3)$$

$$e_j = -k \sum_{t=1}^{\theta} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (4)$$

$$p_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{t=1}^{\theta} \sum_{i=1}^m x'_{ij}} \quad (5)$$

式中: θ 为总年份数; m 为总地区数; n 为总指标数; w_j 为 j 项指标的权重; e_j 为 j 项指标的信息熵; 常数 $k = 1/\ln(\theta m)$; p_{ij} 为 t 年 i 地区指标 j 的样本指标

权重, 若 $p_{ij} = 0$, 则定义 $p_{ij} \ln p_{ij} = 0$ 。

3) 经济发展指数计算

$$S = \sum_{j=1}^n w_j x'_{ij} \quad (6)$$

式中: S 为经济发展指数; w_j 为指标的权重; x'_{ij} 为指标标准化值。

表 2 经济发展指标体系

Tab. 2 Economic development index system

系统层	指标层	单位	权重
经济发展规模	人均 GDP	元/人	0.085
	经济密度	10^4 元/ km^2	0.181
	人均一般公共预算收入	元/人	0.126
	人均固定资产投资	元/人	0.149
经济发展结构	财政平均收益率	%	0.056
	第二产业占 GDP 比重	%	0.018
	第三产业占 GDP 比重	%	0.042
	出口额占 GDP 比重	%	0.089
经济发展活力	GDP 增长率	%	0.015
	人均储蓄存款余额	元/人	0.111
	人均社会消费品零售额	元/人	0.129

2.2.3 耦合协调度模型

生态和经济是黄河流域地区高质量发展的关键, 两者之间有着复杂的相互作用和耦合应力机制^[20]。为衡量生态与经济的协同程度, 构造生态环境质量与经济耦合协调度模型:

$$D = \sqrt{CT} \quad (7)$$

$$C = 2 \left[\frac{ES}{(E+S)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

$$T = aE + bS \quad (9)$$

式中: D 为耦合协调度; C 为耦合度; T 为生态环境质量与经济发展综合水平; a, b 表示待定系数, 本研究认为生态环境质量与经济发展同等重要, 故取 $a = b = 0.5$ 。参考有关学者对耦合协调度的划分^[21], 并结合研究区 D 值情况将耦合协调度划分为 5 级: 濒临失调 (0, 0.3]、低度协调 (0.3, 0.4]、中度协调 (0.4, 0.5]、较高度协调 (0.5, 0.6]、高度协调 (0.6, 1.0]。

2.2.4 相对发展度模型

相对发展度模型可以衡量两系统之间的相对发展关系^[22], 公式如下:

$$\delta = \frac{S}{E} \quad (10)$$

式中: δ 为相对发展度; S 为经济发展水平; E 为生态

环境质量指数。

参考相关学者研究^[23], 将其划分为 3 种类型: $0 < \delta \leq 0.8$ 时, 表明经济发展指数低于生态环境质量指数, 为经济滞后型; $0.8 < \delta \leq 1.2$ 时, 表明生态环境质量与经济发展水平相当, 为发展同步型; $\delta > 1.2$ 时, 经济发展指数高于生态环境质量指数, 为生态滞后型。

3 结果与分析

3.1 生态环境质量和经济发展水平的时空变化分析

3.1.1 生态环境质量时空特征

总体上看, 2000—2020 年山东省沿黄县区生态环境质量整体呈现波动下降特征。2000 年生态环境质量指数均值为 0.286, 2010 年下降至 0.276, 到 2020 年又小幅回升至 0.282。结合土地利用数据可以发现, 这与城乡、工矿、居民用地面积增加和林地、草地、耕地面积减少有关。城镇化进程的快速推进使城镇用地、其它建设用地急剧扩张, 大面积侵占林地、草地、耕地, 破坏了原有的土地生态。此外, 建设用地扩张往往伴随工业化和交通网络的发展, 由此产生的污染物也对生态环境产生较大压力。

从各县区变化来看, 大多数地区生态环境质量指数连续下降, 仅有东营区、利津区、惠民县、博兴县

4 地生态环境质量指数呈连年增长的态势。空间上,研究区生态环境质量大致呈现黄河南岸大于黄河北岸的分布特征(图 2)。生态环境质量较低的地区主要集中分布于黄河北岸沿线的阳谷县至河口区,黄河南岸也有小范围的低值区,集中在东明县、牡丹区、鄄城县和鄆城县。生态环境质量较高的区域则集中于研究区中部的长清区、历城区、章丘区等地,这些县区位于鲁中南山地丘陵边缘,部分地形崎

岖,土地利用开发受限,故多以林地为主,加之人类活动较平原地区弱,因此生态环境质量更高。研究期内,中部以及西南部生态环境质量的空间格局保持稳定,而东北部生态质量的空间格局出现明显变化,逐渐形成了以黄河三角洲地区的河口区、垦利区和东营区为中心的生态环境质量高值区,这受益于黄河三角洲地区生态治理、生态保护的推进。

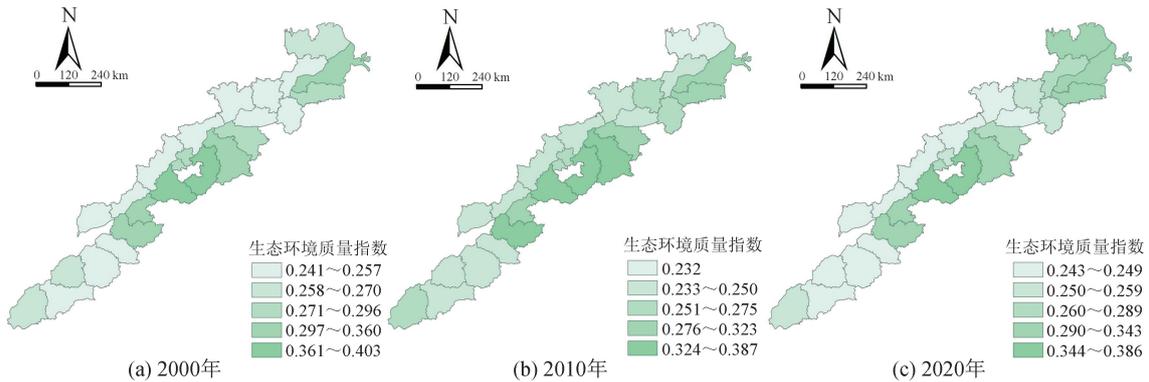


图 2 2000—2020 山东省沿黄县区生态环境质量空间分布

Fig. 2 Spatial distribution of eco-environmental quality in counties along the Yellow River in Shandong Province from 2000 to 2020

注:此图基于国家自然资源部标准地图服务网站审图号为 GS(2019)3333 的标准地图制作,底图无修改。

3.1.2 经济发展水平时空特征

2000 年以来,山东省沿黄县区经济发展指数总体呈明显上升趋势,经济发展水平不断提高,与经济规模扩大和经济活力提升密切相关见图 3。

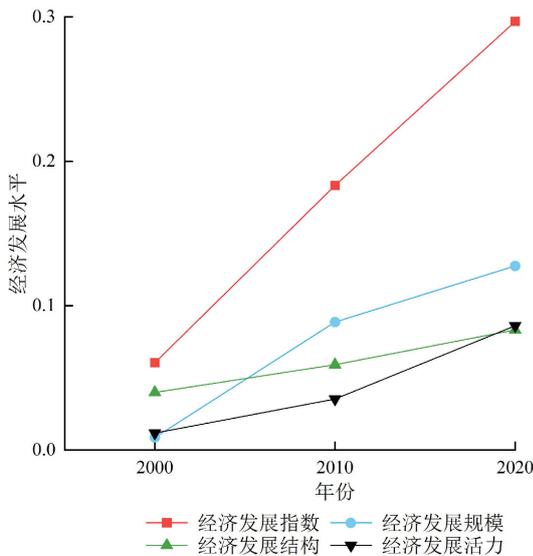


图 3 2000—2020 山东省沿黄县区经济发展指数

Fig. 3 Economic development index of counties along the Yellow River in Shandong Province from 2000 to 2020

具体来说,2000—2010 年为经济快速上升期,经济发展指数平均值由 0.061 上升至 0.183,呈倍数激增。

主要是因为该时期经济发展粗放,轻工、化工、机械等资源型产业发展迅速,84%的县区第二产业成为主要支柱产业,推动区域经济大幅提升。2010—2020 年经济增长放缓,经济发展指数平均值增至 0.296,增幅 62%。此时段山东省开始积极转变经济发展方式,大力推动产业结构转型,但多数县区创新驱动能力较弱,产业结构转型初期新经济增长点较少,从而经济发展速度减缓。

空间上,山东省沿黄 25 县区经济发展水平整体呈现“东北高、西南低”的空间分布格局(图 4)。经济发展水平较低区域长期集中于西南部的东平县、鄄城县、鄆城县、梁山县、阳谷县、东阿县等地,其位置偏僻、对外联系弱、资金匮乏等使经济发展一直处于低水平状态。经济发展水平较高区域则随时间变化由空间离散转向空间集聚,2000 年零散分布在槐荫区、天桥区、历城区、邹平市、东营区、河口区等地,到 2020 年则集聚于研究区中部和东北部。同时,3 个时间点研究区经济发展水平的极值差在增大,从 2000 年的 0.090 到 2010 年的 0.297 再到 2020 年的 0.404,表明经济发展的不均衡性增强。这是因为各县区资源禀赋的较大差异导致了地区间经济发展速度参差不齐。研究区中部县区人才集聚、科技水平高、创新能力强、发展活力高,产生了较强的极化效应,从而加剧山东省沿黄地区经济发展的空间差异。

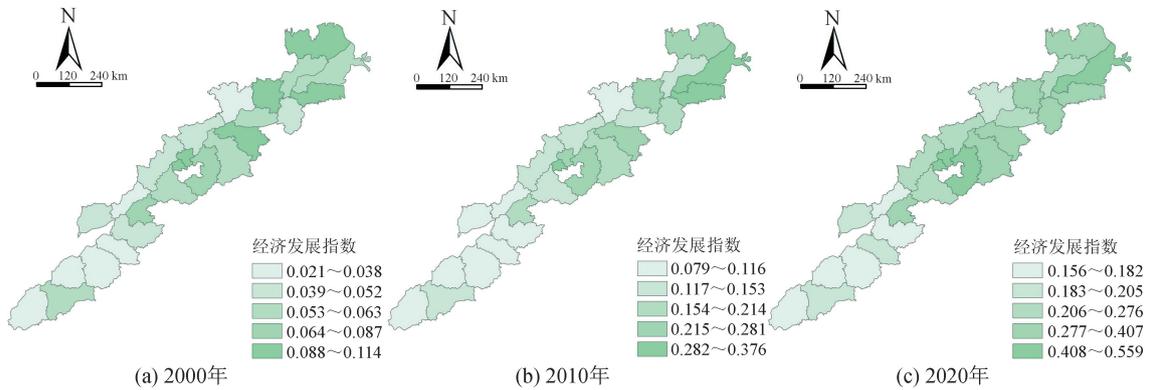


图4 2000—2020 山东省沿黄县区经济发展水平空间分布

Fig. 4 Spatial distribution of economic development level of counties along the Yellow River in Shandong Province from 2000 to 2020

注:此图基于国家自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2019)3333的标准地图制作,底图无修改。

3.2 生态环境质量与经济发展耦合协调分析

3.2.1 生态环境质量与经济发展耦合协调时序变化

2000—2020年,研究区生态环境质量与经济发展的耦合协调度均值呈上升趋势,2000年、2010年和2020年的耦合协调度均值分别为0.358、0.464和0.530,实现了“低度协调—中度协调—较高度协调”的渐次演进。这表明,研究区生态环境与经济发展逐渐由无序向协调有序状态转变,二者间的耦合协调性日益加强。进一步来看,山东省黄河沿岸各县区生态环境质量与经济发展耦合协调度也不断提升,表现为濒临失调、低度协调区减少,中度、较高度和高度协调区增多的变化特征(表3)。具体来说,2000—2010年,各县区生态环境质量与经济发展的耦合协调度提升较快,年均提高1.5%~3.81%,84%的县区实现了耦合协调等级的提升,这得益于该时期经济的快速发展。其中,垦利区生态环境质量与经济发展耦合协调度增速最快,实现了由“低度协调—较高度协调”的二级跨越。2010—2020年,各县区生态环境质量与经济发展的耦合协调度进一步提高,但提高速率减慢,年均提高0.68%~2.21%,40%的县区仍维持在原耦合协调等级。在绿色发展理念的指导下,该时期各县区开始积极寻求经济转型,经济发展更加兼顾生态保护,进而推动了区域土地利用的优化配置,促进了区域生态环境质量的提升,但因经济发展尚处于转型摸索阶段,经济水平提升缓慢,在一定程度上抑制两者协调发展的速度。

3.2.2 生态环境质量与经济发展耦合协调空间变化

2000—2020年,研究区生态环境质量与经济发

展的耦合协调度具有明显的空间差异性(图5)。

研究初期,耦合协调等级由濒临失调、低度协调和中度协调三类构成。其中低度协调等级的县区最多,占60%,广泛分布于研究区内;中度协调等级的县区数量次之,占28%,零散分布在研究区中部、东北部;濒临失调等级的地区最少,分布在西南部的郓城县、鄄城县和东明县。

研究中期,郓城县、鄄城县和东明县的耦合协调等级由濒临失调转变为低度协调,濒临失调区消失;低度协调区明显缩小,县区数量降至24%,主要分布在研究区西南部的阳谷县、梁山县、郓城县、鄄城县以及东明县;中度协调区范围扩大,县区数量增加至44%,分布范围由研究区中部向东北、西南方向延伸,形成“中度协调主轴线”;同时,中部的槐荫区、天桥区、历城区等地和东北部河口区、垦利区进入较高协调水平,组团系附于“中度协调主轴线”上,此时两大耦合协调中心基本定型。

研究末期,所有县区均达到中度协调及以上水平,中部的槐荫区和历城区、东北部的河口区和垦利区耦合协调水平率先进入高度协调等级。至此,2个高度耦合协调中心形成,在空间上呈现以2个高度耦合协调区为中心向四周逐级递减的空间分布特征。

综合来看,尽管山东省沿黄县区生态环境质量与经济发展的耦合协调度均呈上升趋势,但黄河南段沿岸县区生态环境质量与经济发展的耦合协调水平明显低于北段沿岸县区。可见,加强山东省内黄河南段沿岸县区生态与经济的协调发展是缩小区域生态环境质量与经济发展耦合协调差异的关键。

表 3 2000—2020 山东省沿黄县区生态环境质量与经济协调度的耦合协调度

Tab. 3 Coupling coordination degree of eco-environmental quality and economic development in counties along the Yellow River in Shandong Province from 2000 to 2020

县区	2000 年		2010 年		2020 年	
	<i>D</i>	耦合协调等级	<i>D</i>	耦合协调等级	<i>D</i>	耦合协调等级
槐荫区	0.417	中度协调	0.567	较高度协调	0.625	高度协调
天桥区	0.410	中度协调	0.520	较高度协调	0.576	较高度协调
历城区	0.433	中度协调	0.556	较高度协调	0.654	高度协调
长清区	0.382	低度协调	0.485	中度协调	0.557	较高度协调
章丘区	0.383	低度协调	0.513	较高度协调	0.580	较高度协调
济阳区	0.338	低度协调	0.425	中度协调	0.512	较高度协调
平阴县	0.393	低度协调	0.492	中度协调	0.572	较高度协调
高青县	0.356	低度协调	0.438	中度协调	0.498	中度协调
东营区	0.428	中度协调	0.547	较高度协调	0.591	较高度协调
河口区	0.411	中度协调	0.492	中度协调	0.609	高度协调
垦利区	0.377	低度协调	0.548	较高度协调	0.602	高度协调
利津县	0.343	低度协调	0.442	中度协调	0.518	较高度协调
梁山县	0.303	低度协调	0.376	低度协调	0.467	中度协调
东平县	0.350	低度协调	0.436	中度协调	0.480	中度协调
齐河县	0.334	低度协调	0.431	中度协调	0.493	中度协调
阳谷县	0.333	低度协调	0.387	低度协调	0.472	中度协调
东阿县	0.313	低度协调	0.412	中度协调	0.461	中度协调
滨城区	0.406	中度协调	0.515	较高度协调	0.551	较高度协调
惠民县	0.310	低度协调	0.383	低度协调	0.469	中度协调
博兴县	0.336	低度协调	0.484	中度协调	0.556	较高度协调
邹平市	0.409	中度协调	0.525	较高度协调	0.567	较高度协调
牡丹区	0.345	低度协调	0.434	中度协调	0.470	中度协调
鄄城县	0.275	濒临失调	0.391	低度协调	0.458	中度协调
鄄城县	0.274	濒临失调	0.395	低度协调	0.453	中度协调
东明县	0.298	濒临失调	0.399	低度协调	0.456	中度协调

3.3 相对发展类型分析

研究期内,大部分县区相对发展类型表现为“经济滞后型-同步发展型-生态滞后型”的转变趋势,小部分县区相对发展类型较为稳定,如长清区、梁山县、东平县、东阿县、惠民县、鄄城县、鄄城县以及东明县,经济发展指数一直低于生态环境质量指数,始终为经济滞后型(图 5)。

具体来看,2000 年,25 个县区均为经济滞后型;2010 年,经济滞后型县区减少为 17 个,而天桥区、东营

区、河口区、垦利区、邹平市、滨城区和博兴县经济发展指数提高,转变为同步发展型,槐荫区则由经济滞后型转为生态滞后型,原因是其经济快速发展带来的建设用地扩张对区域生态环境质量产生了一定的制约性,导致生态环境质量下降;2020 年,长清区等 8 个县区仍是经济滞后型,章丘等 8 个县区则进入经济与生态环境协同发展状态,该时期生态滞后型县区数量继续增加,增至 36%,可见多数地区生态环境与经济发展仍存在问题。

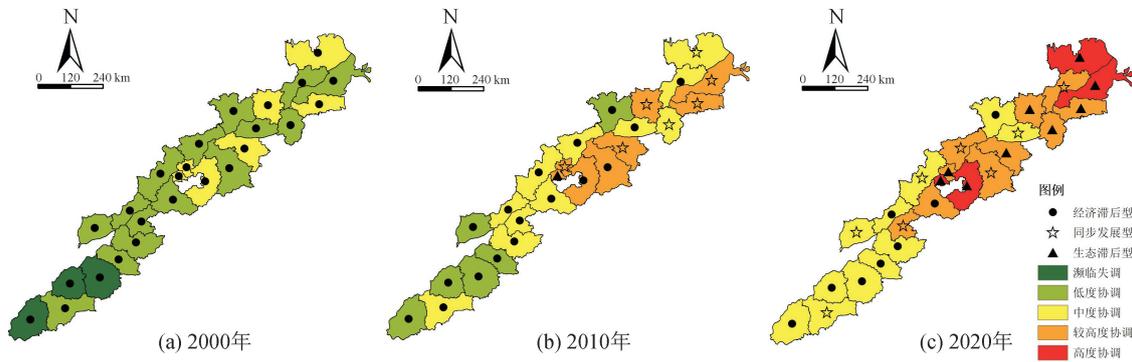


图5 2020—2020年山东省沿黄县区生态环境质量与经济发展耦合协调度空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of coupling coordination degree between eco-environmental quality and economic development in counties along the Yellow River of Shandong Province from 2000 to 2020

注:此图基于国家自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2019)3333的标准地图制作,底图无修改。

3.4 基于耦合协调关系的发展路径

对2020年生态环境质量指数、经济发展指数、耦合协调度、相对发展度4个指标进行系统聚类,采用Wald法,测量区间为欧氏距离。基于聚类结果,划定4种发展类型(图6)。以黄河流域高质量发展为目标导向,因地制宜改善和提升县域生态环境质量与经济发展水平,以促进地区生态环境与经济的协调发展和联动融合。

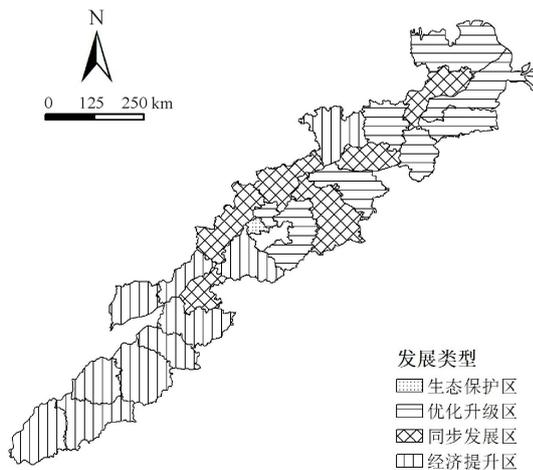


图6 山东省沿黄县区发展类型区

Fig. 6 Development type area of counties along the Yellow River in Shandong Province

注:此图基于国家自然资源部标准地图服务网站审图号为GS(2019)3333的标准地图制作,底图无修改。

1) 生态保护区。包括槐荫区,生态环境与经济耦合协调度为0.625(较高、高等级),经济发展指数较高,但生态环境质量指数低。该类型区是山东省省会城市济南的中心城区,人口密集,经济发展程度高,强劲的建设用地需求不可避免地占用林、草、耕地等地类,导致了区域生态用地比重减小,生态环境质量远远落后于经济发展水平。因此,该区域

应重点着眼于区域生态环境保护与改善,加大土地资源利用的生态性约束,引导土地利用结构向有利于生态文明建设的方向调整。一方面,在土地资源约束下,必须合理控制土地开发强度,严格控制建成区范围,提高城市纵向空间的利用率;另一方面,要保护水、林、草,尤其是黄河沿岸防护林,要增加绿地面积,建设“绿色”城市,提升生态环境软实力。

2) 优化升级区。包括天桥区、历城区、东营区、河口区、垦利区、滨城区、博兴县和邹平市8个县区,生态环境质量与经济发展耦合协调度介于0.552~0.656(较高、高等级),经济发展指数和生态环境质量指数均较高,且大部分县区具有经济与生态共同提升的趋势,但生态环境指数滞后于经济发展指数。该类型区应通过优化生态环境与经济的关系来推动二者更高水平的协调发展。一方面,要紧抓“碳达峰、碳中和”的发展机遇,转变经济发展方式,加快产业结构升级和转型,将科技创新注入经济发展,实现经济生态化,如“地下采油,地上旅游”的油田经济发展模式;另一方面,要利用经济优势加大对生态建设的财政投入,改善盐碱化土地、脆弱性湿地、农业发展受限等问题,构建生态与经济良性互动的发展模式。

3) 同步发展区。包括章丘区、济阳区、平阴县、高青县、利津县和齐河县6个县区,生态环境质量与经济发展的耦合协调度介于0.494~0.583(中、较高等级),经济发展与生态环境相对同步。这些县区生态、生产、生活用地配置较为合理,生态环境与经济冲突小、整体协同效应较好。该类地区要明晰生态环境与经济辩证统一关系,树立生态保护与经济发展一体协同理念。在未来发展中,要秉持保护与开发的双重目标,开展多重功能的土地利用开发,实现区域生态效应与经济效应的协同提升。

4) 经济提升区。包括长清区、牡丹区、阳谷县等10个县区,生态环境质量与经济协调度介于0.456~0.559(中、较高等级),生态状况与经济协调度的差距较大,经济发展相对劣势明显。此类县区土地利用以耕地为主,经济产出低,二、三产业发展相对落后,经济结构亟待转型。因此,该发展区可依据地形优势整合耕地资源,进行农地规模经营,发展高效生态农业。政府也要对其实行政策倾向,适当开发未利用地发展经济产业,挖掘地区特色产业,建立与周围地区的产业联动,促进区域产业结构优化升级。此外,要在保护生态的同时充分将山、水等生态资源转化为经济资源,如以黄河、东平湖为依托发展生态旅游、文化康养产业,实现生态经济化。

4 结论与讨论

4.1 结论

基于土地利用变化视角,通过构建生态环境质量与经济协调度模型、相对发展度模型,剖析了山东省沿黄县区生态环境质量与经济协调度的耦合协调关系,并基于此划分4大发展区,提出了差异化的协同发展路径。

1) 2000—2020年,山东省沿黄县区生态环境质量整体呈先降后升的变化特征,但研究末期生态环境质量仍低于研究初期,空间上呈现黄河南岸生态环境质量优于黄河北岸的分布特征;山东省沿黄县区经济发展指数则显著上升,但增长速度放缓,整体呈现“东北高、西南低”的空间分布格局,且各县区之间经济发展的空间不均衡性加剧。

2) 2000—2020年,山东省沿黄县区生态环境质量与经济协调度不断提升,濒临失调区、低度协调区减少,中度、较高度和高度协调区逐渐增多。在空间上,具有明显的演化特征,逐渐形成了以槐荫区和历城区、河口区和垦利区两个高度协调区为中心向四周逐级递减的耦合协调空间格局。

3) 2000—2020年,研究区36%的县区相对发展类型由经济滞后型转变为生态滞后型,32%的县区经济发展水平一直低于生态环境质量,始终为经济滞后型,仅有28%的县区从经济滞后型转型为同步发展型。应根据不同区域生态和经济状况,实行分类发展模式,通过生态提升、优化升级、同步发展和经济提升四种发展路径,促进生态环境质量与经济协调发展。

4.2 讨论

本研究聚焦县域单元生态环境质量与经济协调度的耦合协调关系研究,对落实山东省黄河流域生态

保护与高质量发展战略具有现实意义。根据各地类的生态功能,将区域土地利用变化与生态环境质量相结合,在构建生态环境质量评价模型时,借鉴已有研究成果,采用专家打分法确定各地类的生态环境质量指数,仍不可避免主观性的影响,如何使生态环境质量评价结果更具客观性,各地类生态环境质量指数的赋值方法有待进一步探讨。生态与经济作为影响区域高质量发展的重要因素,本研究分析了二者的演变特征及耦合协调关系,并未深入探讨山东省沿黄县区生态环境质量演变与经济协调度的驱动机制,未来需进一步开展二者的耦合影响机制研究。

参考文献:

- [1] 习近平. 在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话[J]. 中国水利, 2019(20): 1-3.
- [2] 郭向阳, 穆学青, 丁正山, 等. 城市生态环境与旅游经济协调效应及动态关系——以曲靖为例[J]. 经济地理, 2020, 40(7): 231-240.
GUO Xiangyang, MU Xueqing, DING Zhengshan, et al. Coordination effect and dynamic relationship of urban ecological environment and tourism economy: a case study of Qujing[J]. Economic Geography, 2020, 40(7): 231-240.
- [3] 杨泓川, 陈松林. 福州市生态环境压力与经济协调度的脱钩耦合关系[J]. 水土保持通报, 2019, 39(1): 278-285.
YANG Hongchuan, CHEN Songlin. Decoupling relationship between eco-environment pressure and economic development in Fuzhou City[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(1): 278-285.
- [4] 王芳. 基于耦合协调度模型的生态系统与经济系统协同发展研究——以京津冀地区为例[J]. 湖北社会科学, 2021(6): 64-72.
WANG Fang. Research on the coordinated development of ecosystem and economic system based on coupling coordination model——taking the Beijing-Tianjin-Hebei Region as an example[J]. Hubei Social Sciences, 2021(6): 64-72.
- [5] 李建新, 梁曼, 钟业喜. 长江经济带经济与环境协调发展的时空格局及问题区域识别[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(12): 2584-2596.
LI Jianxin, LIANG Mang, ZHONG Yexi. The spatial-temporal pattern of the coordinated development between economy and environment in the Yangtze River Economic Belt and problem areas identification[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2020, 29(12): 2584-2596.
- [6] 杨庆, 张凤太, 孙长城, 等. 非协调耦合视角下长江经济带高质量发展与生态保护的时空特征[J]. 水土保持

- 通报,2021,41(3):238-246, 257.
- YANG Qing, ZHANG Fengtai, SUN Changcheng, et al. Temporal and spatial differentiation characteristics of high-quality development and ecological protection in Yangtze River Economic Belt from perspective of non-coordinated coupling[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2021, 41(3): 238-246, 257.
- [7] 杨慧芳,张合林. 黄河流域生态保护与经济高质量发展耦合协调关系评价[J]. 统计与决策,2022,38(11): 114-119.
- [8] 贾小乐,周源,延建林,等. 基于能值分析的环太湖城市群生态经济系统可持续发展研究[J]. 生态学报, 2019,39(17):6487-6499.
- JIA Xiaole, ZHOU Yuan, YAN Jianlin, et al. Sustainable development of an ecological-economic system in the Taihu Lake City Cluster based on emergy analysis [J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39 (17): 6487-6499.
- [9] 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 Yiqi, LI Guoping. 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.
- [10] DENG Menghua, CHEN Junfei, TAO Feifei, et al. On the coupling and coordination development between environment and economy: a case study in the Yangtze River Delta of China[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2022, 19 (1): 586.
- [11] 赵兴国,潘玉君,赵波,等. 区域资源环境与经济发展关系的时空分析[J]. 地理科学进展,2011,30(6): 706-714.
- ZHAO Xingguo, PAN Yujun, ZHAO Bo, et al. Temporal-spatial evolution of the relationship between resource-environment and economic development in China: a method based on decoupling[J]. Progress in Geography, 2011, 30(6): 706-714.
- [12] LIU Yunzhi, YANG Rongjin, SUN Meiyong, et al. Regional sustainable development strategy based on the coordination between ecology and economy: a case study of Sichuan Province, China[J]. Ecological Indicators, 2022, 134: 108445.
- [13] 郑子豪,吴志峰,陈颖彪,等. 基于 Google Earth Engine 的长三角城市群生态环境变化与城市化特征分析[J]. 生态学报,2021,41(2):717-729.
- ZHENG Zihao, WU Zhifeng, CHENG Yingbiao, et al. Analyzing the ecological environment and urbanization characteristics of the Yangtze River Delta Urban Agglomeration based on Google Earth Engine[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(2): 717-729.
- [14] 程静,陈红翔,韩永贵. 三江源地区生态经济系统协调度评价及其时空演变特征[J]. 水土保持研究,2022, 29(6):336-343.
- CHENG Jing, CHEN Hongxiang, HAN Yonggui. Evaluation of coordination degree of eco-economic system in Three-River Source Region and its spatio-temporal evolution characteristics[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2022, 29(6): 336-343.
- [15] 苏飞,张平宇. 基于生态系统服务价值变化的环境与经济协调发展评价——以大庆市为例[J]. 地理科学进展,2009,28(3):471-477.
- SU Fei, ZHANG Pingyu. Assessment of coordinative development between economy and environment based on ecosystem service values change: a case of Daqing City [J]. Progress in Geography, 2009, 28 (3): 471-477.
- [16] 刘纪远,宁佳,匡文慧,等. 2010-2015年中国土地利用变化的时空格局与新特征[J]. 地理学报,2018,73 (5):789-802.
- LIU Jiyuan, NING Jia, KUANG Wenhui, et al. Spatio-temporal patterns and characteristics of land-use change in China during 2010-2015[J]. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(5): 789-802.
- [17] 李晓文,方创琳,黄金川,等. 西北干旱区城市土地利用变化及其区域生态环境效应——以甘肃河西地区为例[J]. 第四纪研究,2003,(3):280-290, T004-T005.
- LI Xiaowen, FANG Chuanglin, HUANG Jinchuan, et al. The urban land use transformations and associated effects on eco-environment in northwest China arid region: a case study in Hexi Region, Gansu Province [J]. Quaternary Sciences, 2003 (3): 280-290, T004-T005.
- [18] 邢霞,修长百,刘玉春. 黄河流域水资源利用效率与经济耦合协调关系研究[J]. 软科学,2020,34 (8): 44-50.
- XING Xia, XIU Changbai, LIU Yuchun. Research on coupling and coordination relationship between water resources utilization efficiency and economic development[J]. Soft Science, 2020, 34(8): 44-50.

- chanics, 2018, 39(7):2336-2343,2360.
- [20] 杨更社,田俊峰,叶万军. 冻融循环对阳曲隧道黄土微观损伤演化规律影响研究[J]. 西安科技大学学报, 2014,34(6):635-640.
YANG Gengshe, TIAN Junfeng, YE Wanjun. Influence of freeze-thaw cycles on Yangqu tunnel loess meso-damage evolution[J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2014, 34(6):635-640.
- [21] 熊雨,邓华峰,彭萌,等. 四种人工合成纤维加筋黄土的抗剪特性[J]. 长江科学院院报,2022,39(1):122-126,133.
XIONG Yu, DENG Huafeng, PENG Meng, et al. Shear properties of loess reinforced with four synthetic fibers [J]. Journal of Changjiang River Scientific Research Institute, 2022, 39(1):122-126, 133.
- [22] 魏丽,柴寿喜,张琳,等. 冻融作用下三类纤维加筋固
化土的抗压抗拉性能[J]. 岩土力学,2022,43(12):
3241-3248,3280.
WEI Li, CHAI Shouxi, ZHANG Lin, et al. Compressive and tensile properties of three fiber-loess soils under freeze-thaw cycle [J]. Rock and Soil Mechanics, 2022, 43(12):3241-3248, 3280.
- [23] 朱敏,倪万魁,李向宁,等. 黄土掺入聚丙烯纤维后的无侧限抗压强度和变形试验研究[J]. 科学技术与工程,2020,20(20):8337-8343.
ZHU Min, NI Wankui, LI Xiangning, et al. Study on unconfined compressive strength and deformation after incorporating polypropylene fiber into Loess [J]. Science Technology and Engineering, 2020, 20(20): 8337-8343.
- (责任编辑 王绪迪)

(上接第 531 页)

- [19] 孙久文,崔雅琪,张皓. 黄河流域城市群生态保护与经济发展耦合的时空格局与机制分析[J]. 自然资源学报,2022,37(7):1673-1690.
SUN Jiuwen, CUI Yaqi, ZHANG Hao. Spatio-temporal pattern and mechanism analysis of coupling between ecological protection and economic development of urban agglomerations in the Yellow River Basin [J]. Journal of Natural Resources, 2022, 37(7): 1673-1690.
- [20] 张振东,常军. 2001—2018年黄河流域植被 NPP 的时空分异及生态经济协调性分析[J]. 华中农业大学学报,2021,40(2):166-177.
ZHANG Zhengdong, CHANG Jun. Spatial-temporal differentiation and eco-economic coordination of vegetation NPP in the Yellow River Basin from 2001 to 2018[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 2021, 40(2): 166-177.
- [21] 褚钰,付景保,陈华君. 区域生态环境与经济耦合高质量发展时空演变分析——以河南省为例[J]. 生态经济,2022,38(5): 161-168.
CHU Yu, FU Jingbao, CHENG Huajun. Temporal and spatial evolution of the coupling coordination of the high-quality development of regional ecological environment and economy: taking Henan Province for example [J]. Ecological Economy, 2022, 38(5): 161-168.
- [22] 李长松,周玉玺. 中国粮食主产区农业水资源脆弱性与粮食安全时空耦合关系研究[J]. 生态与农村环境学报,2022,38(6):722-732.
LI Changsong, ZHOU Yuxi. Research on the spatio-temporal coupling relationship between agricultural water resources vulnerability and food security in China's main grain producing areas[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2022, 38(6): 722-732.
- [23] 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 Jianji, LIU Yan, ZHU Yakun, et al. Spatio-temporal 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.
- (责任编辑 王绪迪)