

山东半岛城市群绿色发展水平时空格局演化研究

姜曙光¹, 于会录¹, 李泽红², 黄万明¹, 闫佑宁¹

(1. 鲁东大学 资源与环境工程学院, 山东 烟台 264039; 2. 中国科学院 地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 提高绿色发展水平是推动生态文明建设的必然要求, 本文通过构建绿色发展水平评价指标体系, 运用 CRITIC 权重法对 2007—2019 年山东半岛城市群绿色发展水平进行综合评价, 并通过欧氏距离与离差平方和法对各地市绿色发展水平进行系统聚类分析。研究表明: 1) 2007—2019 年山东半岛城市群各地市绿色发展水平稳步提升, 但整体仍处于较低水平, 各地市之间差异明显; 2) 山东半岛城市群绿色发展水平自东向西呈高—低—高—低的分布特征, 形成以青岛为核心的东部沿海连片高水平区和以济南为核心的中部高水平区, 双核引领效应明显; 3) 威海、东营、青岛为绿色发展高水平城市, 济南、烟台、淄博、泰安、临沂为中等水平, 其他地市绿色发展水平相对较低。

关键词: 山东半岛城市群; 绿色发展; CRITIC 法; 空间格局

中图分类号: K901 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-8020(2022)02-0097-08

近年来, 资源环境、气候变化等全球性问题日益加剧, 绿色发展逐步成为新的发展共识, 许多国家把绿色发展作为推动经济社会转型的重要方向。绿色发展理念由可持续发展理念、循环发展理念和低碳发展理念进一步深化和演变而来。目前, 国际社会主要从“绿色经济”“绿色增长”等方面来表述绿色发展的内涵。联合国环境规划署(UNEP)指出绿色经济是能改善人类福祉和社会公平, 同时又可以显著降低环境风险和生态稀缺性的经济^[1]。经济合作与发展组织(OECD)认为绿色增长作为一种可持续发展的方式, 不仅能够促进经济发展, 还能确保自然界能为人类社会的发展提供源源不断的资源和环境服务^[2]。亚太经合组织(APEC)将绿色发展视为追求经济增长的同时防止环境退化、生物多样性丧失和自然资源浪费的解决方案^[3]。世界银行(World Bank)强调绿色增长能够循环利用自然资源, 减少污染排放, 其作为一种环境友好型的增长方式, 是实现可持续发展的必然途径^[4]。中国的绿色发展理念自十八大提出以来逐渐完善, 已成为指导中国未来发展的五大理念之一^[5]。王金南等^[6]认为绿色发展是环境与资源可持续、人与自然和

谐相处、环境作为内在生产力的一种发展模式。在绿色发展中, 环境不仅是一种发展生产力, 而且也是一种国际竞争力的体现。绿色发展从根本上改变了传统发展模式中的环境保护与经济发展的对立关系, 追求环境保护和经济、社会发展的相互融合和协同增效。2016 年国家发展改革委、国家统计局等部门制定了《绿色发展指标体系》和《生态文明建设考核目标体系》^[7], 作为生态文明建设评价考核的依据。绿色发展已成为中国推动生态文明建设, 实现双碳目标的重要推动力^[8]。

目前对绿色发展的研究主要集中在绿色发展水平评价和绿色发展水平时空格局分析等方面, 研究内容日趋全面成熟, 研究方法也不断完善。绿色发展水平评价主要集中在绿色发展指标、绿色发展地域尺度和绿色发展评价方法 3 个方面。1) 绿色发展指标: 张乃明等^[9]从生态空间优化、生态经济发展、生态环境良好、生态生活满意 4 个方面选取了 12 个指标构建了一套适用于云南 11 个县(区、市)的区域绿色发展评价指标体系; 袁文华等^[10]从城市支持系统和城市协调系统两个方面构建山东省城市绿色发展评价指标体系, 提出基于熵权 TOPSIS 法的城市绿色发展评价方法。

收稿日期: 2022-02-08; 修回日期: 2022-03-15

基金项目: 山东省自然科学基金面上项目(ZR2021MG040); 山东省人文社会科学课题(2021-JCGL-01)

第一作者简介: 姜曙光(1997—), 男, 山东烟台人, 硕士研究生, 研究方向为区域发展与规划。E-mail: ginger_97@163.com

通信作者简介: 于会录(1973—), 男, 山东禹城人, 讲师, 硕士研究生导师, 博士, 研究方向为区域生态经济学。E-mail: yuhuilu73@

163.com

2) 绿色发展地域尺度: 目前已有研究主要集中在国家层面、省市尺度和县域尺度, 如郭永杰等^[11]对宁夏县域绿色发展区域差异的分析; 常冬梅等^[12]介绍了河南省绿色发展指标体系及绿色发展指数计算方法, 为河南省开展绿色发展评价工作提供理论依据; 叶堂林等^[13]对北京市绿色发展成效进行动态测评, 测度中国绿色经济发展水平并研究影响绿色经济发展水平的因素; 徐晓光等^[14]测度中国绿色经济发展水平并研究影响绿色经济发展水平的因素。3) 绿色发展评价方法: 已有研究中以层次分析法、因子分析法、TOPSIS法、熵值法为主, 基于DEA模型的研究日益增多, 陈红娟等^[8]运用加权求和法和数据包络分析法测算了京津冀地区十年间的绿色发展水平和发展效率; 张薇等^[15]运用因子分析法对中国30个省份的绿色发展状况进行了实证分析。绿色发展水平时空格局分析方面, 闫明涛等^[16]通过对黄河流域乡村高质量绿色发展水平时空分析发现, 黄河下游乡村高质量绿色发展水平提升最快, 流域内乡村高质量绿色发展水平存在显著的时空分异性; 陈晓雪等^[17]根据长江经济带11省市2007—2017年数据, 分析总结了长江经济带绿色发展水平整体稳中向好, 但在时间、空间维度上依然存在差异的时空格局规律; 张含朔等^[18]、黄跃等^[19]研究发现, 中国城市群绿色发展水平整体上不断提高, 呈东高西低格局分布。

总结上述已有研究发现, 绿色发展评价方法缺乏创新, 目前针对绿色发展的研究尺度更侧重于省、市及县域层面, 以城市群为研究尺度的绿色发展评价较少。随着中国城镇化水平的提升, 城市群在中国的经济发展中不断发挥着重要作用。2017年1月21日, 山东省政府批复实施了《山东半岛城市群发展规划(2016—2030年)》, 将济南、青岛、淄博、枣庄、东营、烟台、潍坊、济宁、泰安、威海、日照、滨州、德州、聊城、临沂、菏泽、莱芜(其中莱芜于2019年正式撤销并划归济南)17个城市全部纳入规划方案中^[20]。山东半岛城市群作为中国重要的城市群之一, 经济快速发展的同时也伴随着高能耗、高污染、低水平等问题, 经济建设与资源利用、环境保护之间矛盾突出, 不利于未来的可持续发展。山东省是中国第一个新旧动能转换综合实验区, 目前正处于大力实施新旧动能转换的关键时期^[21—22]。为推动山东半岛城市群绿色转型, 本文以山东半岛城市群为研究对象, 通

过CRITIC法与聚类分析法, 研究山东半岛城市群绿色发展的时空格局, 分析其演变特征并提出优化建议, 以期为推动实施新旧动能转换, 促进山东半岛城市群经济社会发展全面绿色转型和高质量发展提供理论支撑, 为其他城市群的绿色发展提供借鉴经验。

2 数据来源及研究方法

2.1 建立指标体系

在广泛阅读相关文献的基础上, 借鉴国家发改委等权威部门发布的《绿色发展指标体系》^[7], 立足山东半岛城市群实际情况, 以社会经济发展、资源消耗利用、绿色增长效率、政府政策支持作为一级指标, 根据前文绿色发展的内涵和评价综述选取包括人均GDP、第三产业增加值占GDP比重等16个指标构建山东半岛城市群绿色发展水平评价指标体系(表1)。其中, 社会经济发展选取人均GDP、规模以上工业总产值、工业增加值占GDP比重以反映城市的整体经济状况和经济规模水平, 第三产业增加值占GDP比重反映了城市产业结构和经济结构情况, R&D经费支出占GDP比重能够反映城市的创新力度; 资源消耗利用选取单位GDP能耗、单位工业增加值水耗、工业固体废物综合利用率来反映城市的资源利用水平; 绿色增长效率选取单位GDP的二氧化硫、烟粉尘、废水和化学需氧量的排放量, 用于反映城市环境污染排放水平; 政府政策支持选取政府节能环保支出占GDP比重、城市垃圾无害化处理率、城市建成区绿化率、污水处理率, 可以反映政府对环境保护的力度和城市整体环境治理水平。环境排放与环境治理层面是当前城市污染防治与环境管理成效的体现。

2.2 数据来源

考虑到指标数据的可靠性与可获得性, 本文以2007—2019年山东半岛城市群16地市(2019年开始济南包括莱芜)为研究对象, 各项指标数据主要来源于2008—2020年《山东省统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国城市年鉴》以及16地市的统计年鉴和相关公报, 极个别指标缺失值通过插值法补充完整。其中, 为消除价格波动带来的影响, 有关经济指标的数据均按2005年不变价格计算。

表 1 山东半岛城市群绿色发展水平评价指标体系

Tab. 1 Evaluation index system of green development level of Shandong Peninsula urban agglomeration

指标体系	指标名称	指标单位	指标方向	指标权重
社会经济发展 (0.359 73)	人均 GDP(X_1)	万元	+	0.057 78
	规模以上工业总产值(X_2)	亿元	+	0.076 78
	工业增加值占 GDP 比重(X_3)	%	+	0.092 78
	第三产业增加值占 GDP 比重(X_4)	%	+	0.067 25
	R&D 经费支出占 GDP 比重(X_5)	%	+	0.065 14
资源消耗利用 (0.189 49)	单位 GDP 能耗(X_6)	t 标煤/万元	-	0.051 44
	单位工业增加值水耗(X_7)	m ³ /万元	-	0.045 13
	工业固体废物综合利用率(X_8)	%	+	0.092 92
绿色增长效率 (0.192 48)	单位 GDP 二氧化硫排放量(X_9)	t /万元	-	0.053 41
	单位 GDP 烟粉尘排放量(X_{10})	t /万元	-	0.053 41
	单位 GDP 废水排放量(X_{11})	t /万元	-	0.039 52
	单位 GDP 化学需氧量排放量(X_{12})	t /万元	-	0.067 97
政府政策支持 (0.258 29)	政府节能环保支出占 GDP 比重(X_{13})	%	+	0.031 58
	城市垃圾无害化处理率(X_{14})	%	+	0.050 82
	城市建成区绿化率(X_{15})	%	+	0.055 16
	污水处理率(X_{16})	%	+	0.065 45

2.3 研究方法

目前常用的主观赋权法有专家估测法、层次分析法、二项系数法等,客观赋权法有主成份分析法、因子分析法、TOPSIS 法、熵值法、标准离差法和 CRITIC 法等,王昆等^[23]通过综合对比多种客观赋权法后认为 CRITIC 法能更全面客观地反映指标客观权重。CRITIC(criteria importance though intercriteria correlation) 法由 Diakoulaki^[24]提出,可兼顾考虑各指标间的对比强度和冲突性,并由此综合确定指标的客观权重,计算步骤如下:

1) 数据无量纲化

对数据进行无量纲化的标准化处理,公式为:

$$\text{正向指标: } x'_{ij} = \frac{x_j - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (1)$$

$$\text{负向指标: } x'_{ij} = \frac{x_{\max} - x_j}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (2)$$

式中: x'_{ij} 为第 i 个地区第 j 项评价指标的数值 ($i = 1, 2, \dots, 17; j = 1, 2, \dots, 16$)。

2) 获取指标变异性

在 CRITIC 权重法中,标准差用于表示各指标内部取值的差异和波动,标准差越大,该指标的数值差异越大,反映的信息越多,指标本身的评价强度越强,应该赋予该指标更多的权重,公式为:

$$\begin{cases} \bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x'_{ij}, \\ S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x'_{ij} - \bar{x}_j)^2}{n-1}}, \end{cases} \quad (3)$$

式中: \bar{x}_j 表示第 j 个指标对 n 个待评价地区样本的平均数, S_j 表示第 j 个指标的标准差。

3) 获取指标冲突性

指标冲突性通过相关系数来表示,相关性越强,冲突性越小,反映出相同的信息越多,所能体现的评价内容就越有重复之处,一定程度上也就削弱了该指标的评价强度,应减少对该指标分配的权重。对各项评价指标相关系数求和可得指标冲突性 R_j , 公式为:

$$R_j = \sum_{i=1}^p (1 - r_{ij}), \quad (4)$$

式中: r_{ij} 表示评价指标 i 和 j 之间的相关系数,用于表示指标之间的相关性; p 为评价指标的数量。

4) 计算指标信息量

设 C_j 表示第 j 个评价指标所包含的信息量,公式为:

$$C_j = S_j \sum_{i=1}^p (1 - r_{ij}) = S_j \times R_j, \quad (5)$$

C_j 越大,第 j 个评价指标在整个评价指标体系中的作用越大,应该给其分配更多的权重。

5) 确定指标客观权重

第 j 个评价指标的客观权重 W_j 公式为:

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^p C_j}. \quad (6)$$

6) 计算绿色发展水平评价指数

第 j 项的指标指数 V_{ij} 公式为:

$$V_{ij} = \sum_{i=1}^n x_{ij} \cdot W_j, \quad (7)$$

对各项指标评价指数求和即可得到绿色发展水平评价指数 V_i , 公式为:

$$V_i = \sum_{j=1}^p V_{ij}. \quad (8)$$

3 结果及分析

3.1 山东半岛城市群绿色发展水平时间格局演化分析

由上文计算所得 2007—2019 年山东半岛城市群绿色发展水平指数(表 2)可知, 时序演化方面 2007—2019 年山东半岛城市群绿色发展水平指数平均值为 0.561 3, 最小值为 0.434 3, 最大值为 0.616 9, 整体呈逐年上升趋势。2007—2019 年各地市绿色发展水平评价指数平均值由高到低依次为威海、青岛、东营、烟台、泰安、济南、淄博、临

沂、潍坊、济宁、聊城、德州、日照、枣庄、滨州、菏泽, 各地市之间存在差异。随着时间的推移, 2007—2019 年, 山东半岛城市群各地市绿色发展水平表现出不同程度的提升, 期间有部分地市存在下降情况, 山东半岛城市群绿色发展水平指数平均值从 2007 年的 0.434 3 提升到了 2019 年的 0.616 9。2007 年绿色发展水平指数高于山东半岛城市群整体的城市有 11 个, 其中威海、青岛、烟台位居前三, 威海绿色发展水平指数最高为 0.623 3, 枣庄最低为 0.343 2。到 2019 年, 除枣庄、潍坊、聊城、菏泽之外其他 12 地市均高于山东半岛城市群整体绿色发展水平指数, 其中威海绿色发展水平指数最高为 0.709 1, 菏泽最低为 0.578 2。2007—2019 年高于山东半岛城市群整体绿色发展水平指数的城市数量呈上升趋势, 各地市之间的绿色发展水平相对差异逐渐缩小, 山东半岛城市群绿色发展水平呈均衡发展态势。

表 2 2007—2019 年山东半岛城市群绿色发展水平指数

Tab. 2 Green development level index of Shandong Peninsula urban agglomeration from 2007 to 2019

城市	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	平均值	变异系数
城市群	0.434 3	0.466 2	0.507 7	0.522 9	0.540 7	0.569 9	0.597 9	0.607 7	0.608 8	0.611 5	0.605 3	0.606 7	0.616 9	0.561 3	0.109 5
威海	0.623 3	0.580 7	0.609 2	0.671 4	0.650 2	0.690 3	0.701 2	0.713 8	0.718 7	0.722 5	0.687 3	0.671 7	0.709 1	0.673 0	0.067 0
青岛	0.573 2	0.611 7	0.632 9	0.644 7	0.669 8	0.671 4	0.700 8	0.690 4	0.687 7	0.679 5	0.673 1	0.695 9	0.690 0	0.663 1	0.056 8
东营	0.545 0	0.556 3	0.576 7	0.615 6	0.637 3	0.665 0	0.705 8	0.723 4	0.724 4	0.720 3	0.709 3	0.706 8	0.694 7	0.660 0	0.100 8
烟台	0.556 7	0.574 5	0.594 1	0.621 3	0.625 2	0.648 4	0.657 3	0.652 9	0.656 2	0.667 3	0.644 0	0.645 1	0.675 2	0.632 2	0.054 6
泰安	0.506 5	0.525 1	0.531 4	0.579 2	0.587 5	0.615 7	0.625 9	0.632 9	0.649 0	0.662 0	0.658 5	0.677 1	0.674 2	0.609 6	0.096 5
济南	0.502 9	0.530 0	0.539 8	0.582 5	0.584 6	0.595 6	0.603 3	0.624 0	0.642 4	0.646 8	0.647 5	0.682 3	0.677 1	0.604 5	0.092 9
淄博	0.466 4	0.497 2	0.546 7	0.574 7	0.594 8	0.619 0	0.631 4	0.635 1	0.651 6	0.667 3	0.674 8	0.664 6	0.626 5	0.603 9	0.109 0
临沂	0.504 2	0.524 8	0.585 1	0.553 8	0.577 6	0.578 9	0.584 8	0.600 1	0.623 7	0.632 5	0.626 0	0.650 6	0.631 8	0.590 3	0.074 2
潍坊	0.490 0	0.508 8	0.546 3	0.528 9	0.534 9	0.555 1	0.624 6	0.621 7	0.633 0	0.648 8	0.633 9	0.613 3	0.590 3	0.579 2	0.093 2
济宁	0.490 9	0.504 1	0.551 2	0.563 6	0.490 2	0.530 0	0.555 9	0.568 3	0.598 8	0.625 2	0.647 5	0.654 8	0.639 0	0.570 7	0.102 4
聊城	0.402 9	0.446 3	0.492 3	0.501 8	0.503 2	0.587 9	0.627 3	0.632 2	0.655 4	0.645 5	0.605 2	0.618 9	0.579 9	0.561 4	0.146 9
德州	0.345 1	0.400 2	0.422 1	0.480 1	0.536 5	0.564 4	0.597 9	0.600 5	0.624 2	0.615 6	0.629 6	0.658 6	0.650 0	0.548 1	0.189 0
日照	0.445 5	0.438 0	0.454 5	0.506 4	0.523 8	0.547 6	0.564 8	0.567 7	0.590 5	0.585 0	0.580 2	0.639 2	0.657 6	0.546 2	0.128 2
枣庄	0.343 2	0.416 0	0.460 9	0.477 2	0.489 0	0.542 4	0.577 7	0.599 2	0.606 8	0.628 1	0.638 9	0.640 9	0.615 1	0.541 2	0.176 6
滨州	0.354 4	0.448 9	0.470 7	0.536 2	0.566 1	0.570 5	0.582 4	0.585 0	0.574 6	0.466 7	0.592 9	0.605 3	0.630 7	0.537 3	0.146 9
菏泽	0.383 3	0.419 0	0.457 2	0.464 0	0.485 1	0.517 2	0.544 1	0.551 1	0.564 0	0.550 3	0.589 8	0.599 6	0.578 2	0.515 6	0.132 4

3.2 山东半岛城市群绿色发展水平空间格局演化分析

不同年份山东半岛城市群各个地市绿色发展水平处于不同的阶段和程度, 选取 2007、2011、2015、2019 年四个时间节点, 借助 ArcGIS 软件采用自然间断点分级法将山东半岛城市群绿色发展水平分为低水平、中等水平、高水平 3 个等级, 并

通过颜色深浅表示绿色发展水平的高低, 以便更直观地反映出山东半岛城市群各地市绿色发展水平的空间格局演变特征以及发展过程中存在的地域差异, 结果见图 1。

2007—2011 年鲁西北和鲁南地区绿色发展水平最低, 鲁中地区为较高水平区, 高水平区主要集中分布在胶东半岛沿海和北部沿海地区; 2011—2015 年胶东半岛沿海地区和北部沿海地

区继续保持绿色发展高水平,鲁西北地区绿色发展水平有所提高,鲁南、鲁中地区相较于其他地区保持原有水平;2015—2019 年东部沿海以青岛市为核心的青岛都市圈和西部地区以济南市为核心的省会都市圈的绿色发展水平明显高于其他地区,形成了以济南为核心的西部高水平区和以青岛为核心的东部沿海连片高水平区,双核引领效应明显。东部青岛、烟台、威海位于山东半岛蓝色经济区,依托自身良好的自然条件、区位优势以及政策支持,海陆交通便利,毗邻日韩,便于引进资金和先进人才技术,对外贸易便利,海洋产业、高端制造业起步早,整体经济较为发达,具备绿色发展的先行基础。作为山东省的经济中心,青岛市是整个山东半岛城市群实现全面绿色转型实现高质量发展的桥头堡,示范带动效应明显。济南市作为山东省的省会城市和西部中心城市,经济发展较快,在政策支持、对外招商引资、吸纳人才等方面优势明显,经济发展较快,自身综合实力较强,辐射效应强。淄博是全国老工业基地和资源型城市,GDP 总量在山东省处于中等偏上的水平,重工业和深加工产业为淄博创造了巨大的经济效益。东营依托黄河三角洲高效生态经济区和

山东半岛蓝色经济区两大国家战略,以石油化工、有色金属、新材料等优势产业带动其经济发展。鲁西南地区近年来在西部经济隆起带战略引导下绿色发展水平有所好转,但由于区位条件和发展定位等因素限制,相比于其他地市绿色发展仍处于较低水平。

整体来看,2007—2019 年山东半岛城市群各地市的绿色发展水平等级分布区域差异明显,东部青岛、烟台、威海绿色发展水平较好,潍坊、日照次之,中部济南、东营和淄博、泰安绿色发展水平较好,自东向西呈高—低—高—低分布,形成以青岛、济南为核心的双核引领的绿色发展空间格局。低水平区空间分布变化显著,低水平区和中等水平区互相转化趋势明显,高水平区主要集中在东部、北部沿海以及中部地区。2007—2019 年 3 种发展水平类型区的数量产生了不同程度上的变化,高水平区数量由 2007 年的 4 个增加至 2019 年的 6 个,中等水平区数量保持不变,低水平区数量由 2007 年的 5 个减少至 2019 年的 3 个,各地市不同等级绿色发展水平的演变过程表明山东半岛城市群绿色发展仍处于较低水平。

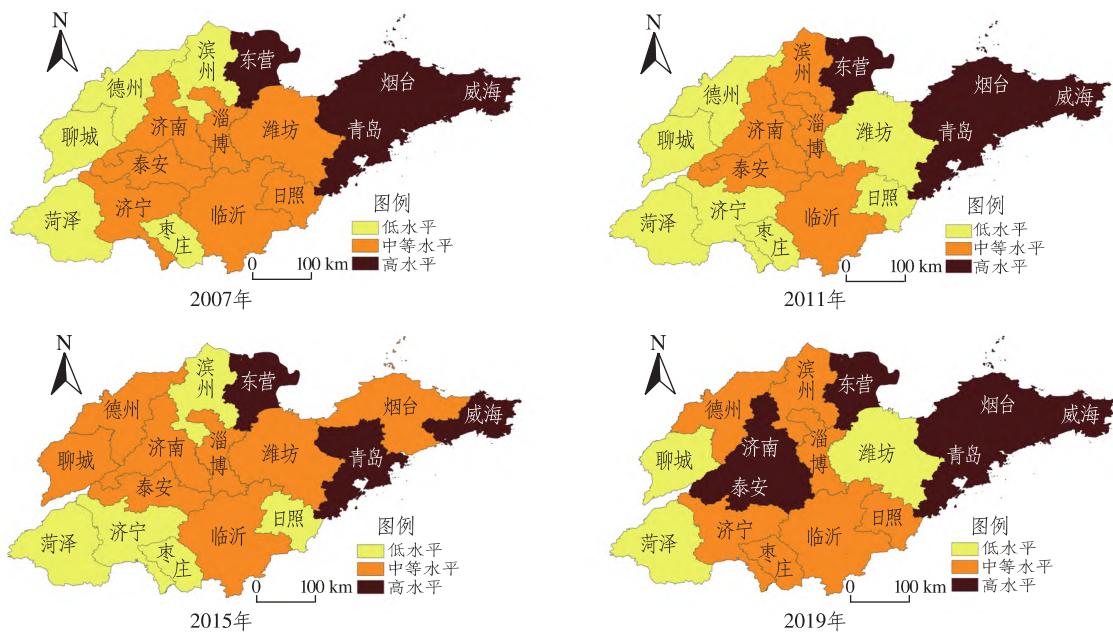


图 1 2007、2011、2015、2019 年山东半岛城市群绿色发展水平空间格局演变

Fig. 1 Evolution of the spatial pattern of green development levels in Shandong Peninsula urban agglomeration in 2007 2011 2015 and 2019

3.3 山东半岛城市群绿色发展水平城市类型划分

为进一步认识和比较山东半岛城市群绿色发展水平状况,对山东半岛城市群各地市绿色发展水平指数进行系统聚类分析。本研究以2007—2019年山东半岛城市群及各地市绿色发展水平指数平均值为聚类指标,采用欧式距离进行测算,选用离差平方和法对样本进行归类,聚类谱系图如图2所示。

从图2来看,山东半岛城市群绿色发展水平可以划分为3种基本类型(表3)。不同类型城市的绿色发展水平存在一定差异。从3种类型城市的绿色发展水平指数平均值来看,第II类城市与第I类城市相差0.0573,第III类城市与第II类城市相差0.0582,第III类城市与第I类城市相差分数高达0.1155,发展差距较大。以威海、东营、青岛为代表的第I类城市主要位于东部沿海地区,

第II类城市多位于中部,第III类城市多为西部地区,绿色发展水平整体呈东高西低分布。

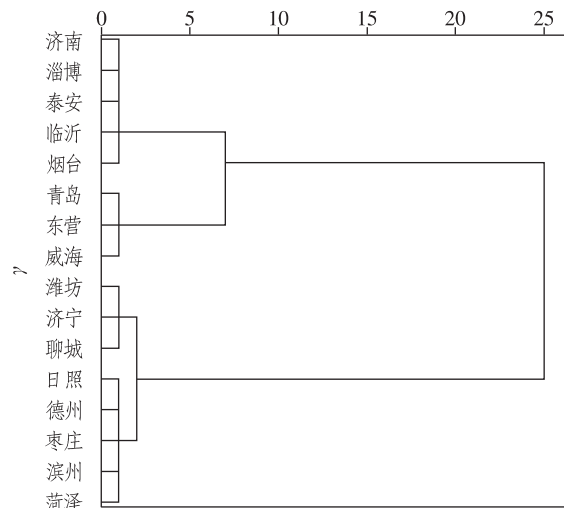


图2 山东半岛城市群绿色发展水平聚类谱系图

Fig. 2 Clustering pedigree of green development levels in Shandong Peninsula urban agglomeration

表3 山东半岛城市群绿色发展水平聚类分析

Tab. 3 Cluster analysis of green development level of Shandong Peninsula urban agglomeration

类型	分值范围	区域城市	平均值	主要特征
I类	>0.66	威海、东营、青岛	0.6654	属于沿海城市,人均GDP位于山东省前列,经济建设与资源利用、环境保护协调发展。
II类	0.5903~0.6322	济南、烟台、淄博、泰安、临沂	0.6081	主要集中在鲁中地区,绿色发展水平较好,经济建设与资源利用、环境保护较好地协调发展。
III类	<0.5412	潍坊、济宁、聊城、日照、德州、枣庄、滨州、菏泽	0.5499	多为资源型城市、传统工业区较多,绿色发展水平相比其他地市较低,经济建设与资源利用、环境保护之间矛盾突出。

4 结论与建议

本文采用CRITIC法,从社会经济发展、资源消耗利用、绿色增长效率、政府政策支持4个维度,选取人均GDP、第三产业增加值占GDP比重等16个指标构建山东半岛城市群绿色发展水平评价指标体系。通过GIS软件对评价结果进行空间表达,进一步将山东半岛城市群绿色发展的时空演变格局可视化。虽然对山东半岛城市群绿色发展水平构建的指标体系和研究方法上有所不同,但该研究结果与刘冰等^[25]、袁文华等^[10]的研究结果较为吻合。2007—2019年山东半岛城市群绿色发展水平整体呈上升趋势,山东半岛城市群绿色发展水平空间格局演化分析与聚类分析同时表明:在绿色发展过程中呈现出沿海地区优于内陆地区、东部地区领先于中部和西

部地区的特征,形成了青岛、济南双核引领的空间格局。

根据评价结果和空间分析,提出山东半岛城市群绿色发展水平优化路径。针对山东半岛城市群绿色发展现状,充分发挥以青岛、济南为核心的绿色发展高水平“双核”引领示范效应,在空间上实现各地市产业结构的重构和转变,打破自东向西呈高—低—高—低的束缚格局,提升山东半岛城市群整体绿色发展水平。扩大青岛、济南“双核”辐射带动效应,进一步加快山东半岛城市群一体化发展。积极推进新旧动能转换重大工程实施,改造或取缔传统高耗能、高污染、低产出的产业,大力发展环保、绿色服务等新型绿色产业,进一步调整产业结构,构建绿色产业体系。加强对企业和公众的绿色节能环保宣传,引导全民绿色生活、绿色生产。大力发展绿色科技,推动“城市矿山”^[26]等二次资源回收利用的新型绿

色产业发展 缓解当前经济发展对矿产的需求压力,同时能够带动相关产业的发展 打造新的经济增长点。积极推进光伏、风电、核电等清洁能源项目,完善相关基础设施建设布局 实现传统高能耗、高污染能源结构向绿色清洁能源结构转变,促进城市低碳发展。加强生产生活节水理念宣传,加快节水技术研发 降低工业和生活用水的水资源消耗,提高节水效率和水资源回收利用效率。完善绿色财政政策,通过稳定、可靠的制度保障碳排放权交易市场的高效运营 助力实现“双碳”目标 促进山东半岛城市群经济社会发展全面绿色转型。

参考文献:

- [1] 李鹏辉. 绿色经济助力中国经济转型《绿色经济: 联合国视野中的理论、方法与案例》[J]. 世界环境, 2015(4): 91.
- [2] 李林子, 李小敏, 孙启宏, 等. 国内外绿色发展评价研究述评[J]. 生态经济, 2021, 37(8): 41-48.
- [3] WANG M X, ZHAO H H, CUI J X, et al. Evaluating green development level of nine cities within the Pearl River Delta, China [J]. Journal of Cleaner Production, 2018, 174: 315-323.
- [4] WENG Q Q, QIN Q D, LI L. A comprehensive evaluation paradigm for regional green development based on “five-circle model”: a case study from Beijing-Tianjin-Hebei [J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 277: 124076.
- [5] 杨多贵, 高飞鹏. “绿色”发展道路的理论解析[J]. 科学管理研究, 2006(5): 20-23.
- [6] 王金南, 曹东, 陈潇君. 国家绿色发展战略规划的初步构想[J]. 环境保护, 2006(6): 39-43.
- [7] 新华社. 中共中央办公厅 国务院办公厅印发《生态文明建设目标评价考核办法》[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2017(2): 5-7.
- [8] 陈红娟, 冯文钊, 焦新颖. 京津冀城市绿色发展水平及发展效率的时空格局演化[J]. 生态经济, 2021, 37(4): 96-102.
- [9] 张乃明, 张丽, 卢维宏, 等. 区域绿色发展评价指标体系研究与应用[J]. 生态经济, 2019, 35(12): 185-189.
- [10] 袁文华, 李建春, 刘呈庆, 等. 城市绿色发展评价体系及空间效应研究: 基于山东省17地市时空面板数据的实证分析[J]. 华东经济管理, 2017, 31(5): 19-27.
- [11] 郭永杰, 米文宝, 赵莹. 宁夏县域绿色发展水平空间分异及影响因素[J]. 经济地理, 2015, 35(3): 45-51.
- [12] 常冬梅, 杨琳. 河南省绿色发展指标体系及绿色发展指数计算方法[J]. 市场研究, 2017(12): 42-43.
- [13] 叶堂林, 李国梁, 邵训泽. 北京市绿色发展成效测度研究[J]. 产业创新研究, 2019(11): 4-8.
- [14] 徐晓光, 樊华, 苏应生, 等. 中国绿色经济发展水平测度及其影响因素研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(7): 65-82.
- [15] 张薇. 我国绿色经济评价指标体系的构建与实证[J]. 统计与决策, 2021, 37(16): 126-129.
- [16] 闫明涛, 乔家君, 瞿萌, 等. 黄河流域乡村高质量绿色发展水平时空分异与影响因素分析[J]. 人民黄河, 2022, 44(1): 15-20.
- [17] 陈晓雪, 徐楠楠. 长江经济带绿色发展水平测度与时空演化研究: 基于11省市2007—2017年数据[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版), 2019, 21(6): 100-108.
- [18] 张含朔, 程钰, 孙艺璇. 中国城市群绿色发展时空演变与障碍因素分析[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 2020, 43(4): 9-16+34.
- [19] 黄跃, 李琳. 中国城市群绿色发展水平综合测度与时空演化[J]. 地理研究, 2017, 36(7): 1309-1322.
- [20] 山东省人民政府. 山东省人民政府关于山东半岛城市群发展规划(2016—2030年)的批复[J]. 山东省人民政府公报, 2017(4): 127.
- [21] 山东省人民政府. 山东省人民政府关于印发山东省新旧动能转换重大工程实施规划的通知[J]. 山东省人民政府公报, 2018(6): 11-60.
- [22] 张立新, 王菲, 王雅萍. 山东省新旧动能转换的突破点及路径: 基于2002—2016年市级面板数据的实证分析[J]. 经济与管理评论, 2018, 34(5): 27-41.
- [23] 王昆, 宋海洲. 三种客观权重赋权法的比较分析[J]. 技术经济与管理研究, 2003(6): 48-49.
- [24] DIAKOULAKI D, MAVROTAS G, PAPAYANNAKIS L. Determining objective weights in multiple criteria problems: the critic method[J]. Computers & Operations Research, 1995, 22(7): 763-770.
- [25] 刘冰, 张磊. 山东绿色发展水平评价及对策探析[J]. 经济问题探索, 2017(7): 141-152.
- [26] ARORA R, PATEROK K, BANERJEE A, et al. Potential and relevance of urban mining in the context of sustainable cities [J]. IIMB Management Review, 2017, 29(3): 210-224.

Spatial and Temporal Pattern Evolution of Green Development Level in Shandong Peninsula Urban Agglomeration

JIANG Shuguang¹, YU Huilu¹, LI Zehong², HUANG Wanming¹, YAN Youning¹

(1. School of Resources and Environmental Engineering, Ludong University, Yantai 264039, China;

2. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: The inevitable requirement of promoting the construction of ecological civilization is to improve the level of green development. The CRITIC weight method was used to comprehensively evaluate the green development level of the Shandong Peninsula urban agglomeration from 2007 to 2019 by constructing an evaluation index system for the green development level on this study. A systematic cluster analysis was carried out on the green development level of each city by using Euclidean distance and Ward's method. The research shows that: 1) The green development level of the cities in Shandong Peninsula urban agglomeration has steadily improved from 2007 to 2019, but the overall level is still at a low level, with obvious differences among cities; 2) The green development level of Shandong Peninsula city group is from east to west with high-low-high-low spatial distribution characteristics, the eastern coastal high level zone with Qingdao as the core and the central high level area with Jinan as the core is formed, and the dual-core leading effect is obvious; 3) Weihai, Dongying, and Qingdao are cities with a high level of green development, Jinan, Yantai, Zibo, Tai'an, and Linyi with a moderate level, and other cities have relatively low levels of green development.

Keywords: Shandong Peninsula urban agglomeration; green development; CRITIC method; spatial pattern

(责任编辑 李秀芳)

版权声明

根据《中华人民共和国著作权法》《信息网络传播权保护条例》等法律法规的规定,本刊作如下声明:

1. 作者向本刊投稿,即表明同意将作品的发表权、删改权、信息网络传播权、数字化汇编权、数字化复制权、数字化制品形式(包括光盘、互联网出版物)出版发行权等权利授予本刊,并视同许可本刊官方新媒体免费转载以及与有关数据库的合作(本刊不再另行支付费用)。如不同意以上授权,请在投稿时说明。

2. 本刊刊载的全部编辑内容归《鲁东大学学报(自然科学版)》编辑部所有,非经书面同意,任何单位和个人不得转载、摘编、刊印或以其他方式使用。如有违反,本刊保留一切法律追究的权利。

3. 本刊版面、栏目等受著作权保护,对复制、仿制、假冒者将追究法律责任。

4. 已在本刊发表的论文,本刊具有免费结集出版精华本、合订本以及相关电子产品的权利,有特别声明者除外。

《鲁东大学学报(自然科学版)》编辑部