

中国绿色低碳发展的水平测度与空间关联效应研究

——基于社会网络分析法

曹圣洁¹, 徐鹏杰¹, 杨萍²

(1. 聊城大学商学院, 山东 聊城 252000; 2. 聊城大学政管学院, 山东 聊城 252000)

摘要: 基于绿色低碳发展的理论内涵,从绿色效益、低碳效益和经济效益三个维度构建绿色低碳发展评价指标体系,利用熵值法测度绿色低碳发展指数,并运用Dagum基尼系数和社会网络分析法考察中国绿色低碳发展的时序演变特征与空间关联关系。研究表明,2011—2021年中国绿色低碳发展水平在低位保持稳步上升态势,且东部地区绿色低碳发展水平高于全国平均水平,更远超中西部地区;其Dagum基尼系数呈现先下降后平稳的趋势,表明中国绿色低碳发展水平的区域差异逐渐减小并趋于协调;中国省际绿色低碳发展的空间关联关系较强,且具有稳定性,但仍具有提升的空间。

关键词: 绿色低碳发展; 空间关联效应; 社会网络分析; 熵值法

中图分类号: F061.5; F062.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2024)10-0161-07

绿色低碳发展是实现经济发展方式转型的内在动力,也是推进建设人与自然和谐社会的基本途径。工业革命以来,全球经济得到快速发展,但粗放型生产方式对人类赖以生存的生态环境造成破坏,气候变暖、资源枯竭、环境恶化等问题也随之而来,不利于经济的可持续发展。当前,中国正处于经济快速发展与资源环境危机并存时期,成为全球第一大二氧化碳排放国,降低二氧化碳排放量、减缓全球气候变化已刻不容缓。党的二十大报告明确指出,“要加快发展方式绿色转型,发展绿色低碳产业,推动形成绿色低碳的生产方式和生活方式”。为此,中国在坚守节约资源与保护环境基本国策的基础上,将“碳达峰”与“碳中和”纳入国家经济发展的中长期规划,积极进行低碳试点政策、绿色工业园区等的探索与实践^[1],以建设美丽中国先行区,推动绿色低碳可持续发展。而要实现“碳达峰、碳中和”这一广泛而深刻的经济社会系统性变革,有必要对绿色低碳发展进行水平测度,并从理论与实践层面探讨绿色低碳发展的时序特征与空间效应,以期为中国绿色低碳发展伟大远景目标的实现提供参考。

当前关于绿色低碳发展的研究主要侧重于理论分析,较为丰富的成果为本文提供扎实的理论基

础,但在研究内容与研究方法上仍有待拓展。基于此,本文利用熵值法测度中国2011—2021年30个省份(因数据缺失,未包括西藏地区和港澳台地区)的绿色低碳发展水平,为识别区域差异、加快提升绿色低碳发展水平提供有力支撑和决策参考。与已有研究相比,本文的边际贡献在于:首先,基于绿色效益、低碳效益和经济效益构建绿色低碳发展综合评价指标体系,以期全面阐释绿色低碳发展的理论内涵;其次,运用Dagum基尼系数和社会网络分析法,探讨中国各省份绿色低碳发展水平的差异来源及空间关联关系,有助于各地区根据发展实际制定相应政策。

1 绿色低碳发展的水平测度

1.1 理论内涵

绿色低碳发展既包括绿色发展形态和低碳发展模式所涉及的行为活动,也包含有利于其发展的主客观要素,统筹经济、社会、生态等多重领域^[1];本质上是一场贯彻新发展理念、践行绿色生产模式、倡导低碳生活方式的全方位社会性变革^[2]。绿色发展与低碳发展在目标和手段上是统一的,二者相互促进、协同发展^[3]。具体而言,绿色发展以经济增长模式为基础^[4],以效率、协调、可持续为目标^[5],

收稿日期: 2024-02-27

基金项目: 山东省社会科学基金重点项目(23BJJJ01);聊城大学人文社科重大项目(321662315)

作者简介: 曹圣洁(1998—),女,山东沂水人,硕士研究生,研究方向为低碳经济学和区域经济学;徐鹏杰(1975—),男,山东兰陵人,博士,教授,研究方向为区域经济学和共同富裕;杨萍(1978—),女,山东聊城人,博士,副教授,研究方向为政治经济学。

在生态环境容量与资源环境承载力的制约下,通过合理利用资源、保护自然环境、维系生态平衡实现经济、政治、人文社会和生态环境可持续发展的新型发展模式和生态发展理念^[6]。低碳发展是低碳与发展的有机结合,既要降低二氧化碳排放,又要通过改善机制体制优化资源配置,以更低损耗、更高效率实现经济社会发展,是一种低耗能、低污染、低排放的可持续发展模式^[7]。

1.2 指标体系构建

参考张友国等^[8]和黄永春等^[9],从绿色效益、低碳效益和经济效益三方面选取9个二级指标构建绿色低碳发展综合评价体系。基于科学合理性和可获得性原则,选取中国2011—2021年30个省份(因数据缺失,未包括西藏地区和港澳台地区)的年度面板数据作为研究对象。其中,二氧化碳数据来源于《中国碳核算数据库》和中国城市二氧化碳排放数据集,其他数据均来源于国家统计局官网和《中国城市统计年鉴》,部分缺漏值以插值法或年均增长率法补齐。

1.3 研究方法

1.3.1 熵值法

熵值法是根据各评价指标值间的差异性确定权重系数^[10],对各指标进行客观赋权,能避免人为因素的干扰,使结果更加准确可靠。借鉴史利江等^[11]对熵值法的改进研究,构建如下熵值法模型:

$$\begin{cases} x_{ijk} = \frac{x_{ijk} - x_{\min k}}{x_{\max k} - x_{\min k}} \\ x'_{ijk} = \frac{x_{\min k} - x_{ijk}}{x_{\min k} - x_{\max k}} \end{cases} \quad (1)$$

式中: $0 \leq x'_{ijk} \leq 1$ 。

$$y_{ijk} = \frac{x'_{ijk}}{\sum_i \sum_j x'_{ijk}} \quad (2)$$

$$S_k = -\frac{1}{\theta} \sum_i \sum_j y_{ijk} \ln y_{ijk} \quad (3)$$

式中: $\theta > 0$,且 $\theta = \ln rn$ 。

$$g_k = 1 - S_k \quad (4)$$

$$\omega_k = \frac{g_k}{\sum_k g_k} \quad (5)$$

$$h_{ij} = \sum_{k=1}^m \omega_k x'_{ijk} \quad (6)$$

式中: r 为年份; n 为省份; m 为指标; x_{ijk} 为第 i 年第 j 个省份第 k 个指标值; $x_{\max k}$ 、 $x_{\min k}$ 为第 k 个指标在第 n 个省份第 r 年的最大值和最小值; x'_{ijk} 为无量纲处理的标准化指标,表示 x_{ijk} 在第 n 个省份 r 个年份中的相对大小; y_{ijk} 为各指标的占比; S_k 、 g_k 、 ω_k 分别为第 k 个指标的熵值、信息效用值和权重值; h_{ij} 为各省份每年的综合得分。

1.3.2 修正的引力模型

借鉴刘华军等^[12],采用各省份绿色低碳发展水平对空间关联关系的贡献率修正引力常量,构建引力矩阵,以刻画各省份绿色低碳发展的空间关联方向及联系强度。并且以考察期内省域绿色低碳发展水平引力均值对引力矩阵做二值化处理,以消除弱关联关系,修正的引力模型公式如下:

$$\begin{cases} G_{ij} = \frac{kM_i M_j}{D_{ij}^2} \\ k = \frac{M_i}{M_i + M_j} \end{cases} \quad (7)$$

式中: k 为修正引力常量; M_i 和 M_j 分别为 i 、 j 省份的绿色低碳发展水平; G_{ij} 和 D_{ij} 为 i 、 j 省份间的绿色低碳发展引力强度和距离。

1.3.3 社会网络分析法

随着跨学科领域的兴起与发展,社会网络分析法逐渐突破社会学范畴,为众多经济学者加以应用。社会网络分析是对社会网络中各个体及其关系进行量化,以反映行动者间空间联系的密切程度。^[13]社会网络分析法具有多个分析角度,包括整体网络结构特征分析、个体网络结构特征分析和块模型分析等。其中,整体网络结构特征一般包括网络密度、网络关联度、网络等级度和网络效率等,体现社会网络中个体间关联关系的密切程度及稳定程

表1 绿色低碳发展综合评价指标体系

变量	准则层	要素层	指标层	属性
绿色低碳发展	绿色效益	绿化效率	建成区绿化覆盖率/%	正向
		绿化强度	人均公共绿地面积/(m ² ·人 ⁻¹)	正向
		绿色治理	生活垃圾无害化处理率/%	正向
	低碳效益	碳排放强度	人均碳排放量/(t·人 ⁻¹)	负向
		能源结构	煤炭占全部能源比例/%	负向
		工业化程度	第二产业产值占GDP比例/%	负向
	经济效益	经济发展水平	人均GDP/(万元·人 ⁻¹)	正向
		城镇化水平	城镇常住人口与总常住人口比例/%	正向
		人民生活水平	居民人均可支配收入/(万元·人 ⁻¹)	正向

度。中心性是个体网络结构特征的主要内容,反映了社会个体在空间网络中的重要程度,根据计算方法的不同一般可分为点度中心性、中介中心性和接近中心性三种。块模型分析是对社会网络个体进行空间聚类分析,揭示绿色低碳发展空间关联网络的内部结构与溢出路径。

2 绿色低碳发展的基本特征事实

2.1 绿色低碳发展指数的演变特征

图1为2011—2021年中国绿色低碳发展指数的变化趋势,有如下几个特征:中国绿色低碳发展总指数平均值随时间推移逐渐增加,由2011年的0.1769快速增长到2021年的0.3424,年平均增长率达到6.12%,这说明我国绿色低碳发展水平较低,但具有显著增长趋势。分区域来看,三大经济板块的绿色低碳发展指数均值在考察期内同样呈现上升态势,且东部地区绿色低碳发展水平高于全国平均水平,更远远超过中、西部地区,存在较为明显的两极分化现象,这与我国当前经济发展现状较为符合。但就发展速度而言,东、中、西部地区绿色低碳发展水平年均增长率分别为5.49%、6.74%和7.15%,这表明虽然中、西部地区绿色低碳发展水平相对较低,但绿色低碳发展水平提升速度较快,具有良好的发展前景,增长潜力巨大。

分维度来看,绿色效益发展指数为三者间最低,由2011年的0.1259持续上涨到2021年的0.2306,年平均增长率为5.66%,增速适中。经济效益发展指数均值在2011年为0.1540,同样处于较低水平,但是增长速度较快,到2021年时已然达到0.4193,年平均增长率为9.54%。低碳效益发展指数均值一直最高,最小值为2011年的0.4439,但仍高于绿色效益与经济效益指数均值的最大值,最大值为2020年的0.5697;但与绿色效益指数和经济效益指数不同的是,低碳效益发展指数在2011—2020年处于缓慢增长趋势,在2021年出现小幅下降趋势,降为0.5564,年平均增长率为2.08%,增幅较小。这表明,在近10年间,经济效益得到快速发展,绿色效益仍有较大发展空间。

2.2 绿色低碳发展区域差异及来源分解

表2描述了中国绿色低碳发展Dagum基尼系数的演变趋势,具体表现为2011—2018年的稳步下降阶段和2019—2021年在小幅波动中趋于平稳阶段,这说明随着国家区域协调发展战略的稳步实施,中国绿色低碳发展指数的区域差异逐渐减小,各省份趋于协调发展。

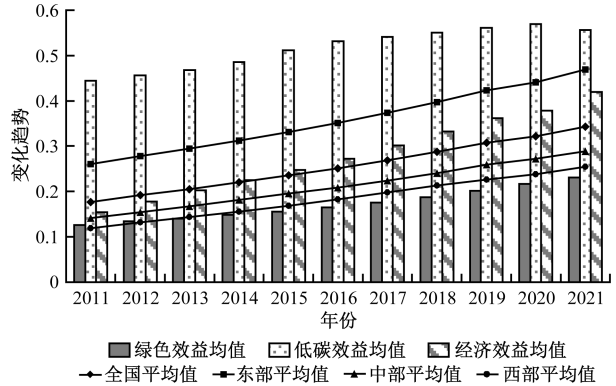


图1 2011—2021年中国绿色低碳发展指数变化趋势

分区域来看,东部地区Dagum基尼系数最大,西部次之,中部最小,整体呈现在波动中缓慢下降、个别年份轻微上升的趋势,这表明东部地区绿色低碳发展差异相对较高,而中部地区差异较小。可能是因为东部地区囊括东北、华东及东南沿海有关省份,经济发展优势不同,发展偏向各有差异。从差异贡献度来看,区域间差异贡献率最大,区域内差异贡献率适中,超变密度差异贡献率最小;且区域间差异贡献率逐年降低,区域内差异贡献率与超变密度差异贡献率逐渐增加。这说明各地区间的差异是导致全国绿色低碳发展差异的主要成因,并且随着时间的推移,这种主要因素的影响逐渐减弱,而区域内部和超变密度差异对全国绿色低碳发展差异的作用逐渐增强。

3 空间关联网络结构特征

3.1 整体网络结构特征分析

图2描述了中国绿色低碳发展空间关联网络的结构特征及演变趋势。30个省份的空间关联关系数最大为870,而实际不超过218,网络密度最低为0.246,最高为0.251,表明我国区域间绿色低碳发展的关联程度相对不高,省际联系可通过密切协作得到进一步提升。网络密度、网络关联度、网络等级度和网络效率基本保持一条直线,可知在2011—2021年,中国绿色低碳发展的空间关联网络结构保持相对稳定。在样本考察期内,网络关联度一直为1,网络等级度也同样保持为0.2391,说明省域绿色低碳发展的联系结构具有强稳定性,并且省际绿色低碳发展的空间网络中难以逾越的关联门槛不高,存在较多的溢出效应和相互影响,中国各省份的绿色低碳发展并不是“孤立无援”的状态。网络效率由2011年的0.7167小幅提升至2021年的0.7192,均高于0.7,同样印证了各省份之间存在较强的空间关联关系。一方面,得益于区域协调发展战略

表2 中国绿色低碳发展的Dagum基尼系数分解

年份	全国	东部地区	中部地区	西部地区	交错项	区域间			贡献率		
						东中地区	东西地区	中西地区	区域内	区域间	交错项
2011	0.239 2	0.181 0	0.043 0	0.113 8	0.004 3	0.300 6	0.374 7	0.108 4	20.342 2	77.860 3	1.797 6
2012	0.227 8	0.173 7	0.041 2	0.109 2	0.004 8	0.288 0	0.357 4	0.102 9	20.348 6	77.522 9	2.128 5
2013	0.222 8	0.182 2	0.043 9	0.097 6	0.005 3	0.282 9	0.346 3	0.096 3	21.045 4	76.582 9	2.371 7
2014	0.216 9	0.179 6	0.041 3	0.096 6	0.004 6	0.272 8	0.338 6	0.094 5	21.185 5	76.710 1	2.104 3
2015	0.211 6	0.177 4	0.040 0	0.096 7	0.005 1	0.265 2	0.328 6	0.092 9	21.429 0	76.136 4	2.434 6
2016	0.205 8	0.173 6	0.041 7	0.096 7	0.006 3	0.260 7	0.317 6	0.091 0	21.631 7	75.319 7	3.048 6
2017	0.201 4	0.169 8	0.046 0	0.092 5	0.006 5	0.257 2	0.310 7	0.087 6	21.614 3	75.161 0	3.224 7
2018	0.199 5	0.176 7	0.043 3	0.088 9	0.006 5	0.252 7	0.306 4	0.085 9	22.150 3	74.587 2	3.262 4
2019	0.201 4	0.180 6	0.042 7	0.087 1	0.007 2	0.250 2	0.309 6	0.093 2	22.167 8	74.252 3	3.580 0
2020	0.199 4	0.177 3	0.044 8	0.089 0	0.007 7	0.245 9	0.305 8	0.096 2	22.201 8	73.935 0	3.863 2
2021	0.200 4	0.176 9	0.055 9	0.100 2	0.008 6	0.246 7	0.302 3	0.097 5	22.937 4	72.794 4	4.268 2

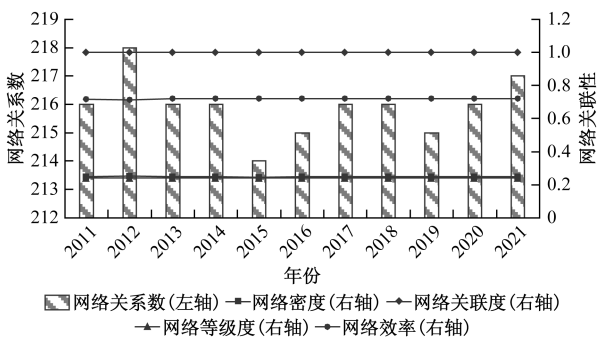


图2 中国绿色低碳发展的网络关系系数和网络关联性

的实施,区域一体化不断推进,为地区间加强交流与合作提供宏观政策支持;另一方面,不同区域的资源储备、空间位置和经济基础均各有差异,存在技术和产业等方面的互补性,各地方政府和企业为获得自身经济协调可持续发展,主动寻求合作,形成绿色产业链条和低碳转型升级,以提升绿色低碳发展水平。

由于在2011—2021年期间,中国绿色低碳发展的网络关系系数和空间关联性变化并不大,因此以2021年中国各省绿色低碳发展数据为基础,绘制空间关联网络图(图3),展示中国绿色低碳发展的整体空间关联网络结构形态。

3.2 个体网络结构特征分析

由于各省份在2011—2021年期间的整体网络结构变化不大,以2021年中国各省份绿色低碳发展指数为研究对象,进行点度中心度、接近中心度及中介中心度的衡量,以反映各省份在空间网络中的中心性程度,如表3所示。

由表3结果可知,湖北和河南两省份的点度中心度、接近中心度和中介中心度均排名前二,但湖北省的点入度高于点出度,具有较强的虹吸作用,而河南省的点出度高于点入度,具有较强的溢出效应。说明这两个省份与其他省份的关联程度较高,位于网络空间的中心位置,能在很大程度上不受其他省份的影响,但存在有向空间网络连接线方向上的区别。湖北省与河南省位于我国中部地区,是重要的综合性交通枢纽,具有较高的空间关联性;但湖北省得益于国家政策的大力支持^①,率先开展低碳试点工作,能够通过政策红利吸引资本、技术等有利要素资源流入,得以推动本地区绿色低碳发展。湖南、陕西等地的点度中心度和接近中心度的排名也相对靠前,宁夏、山东、山西等地的中介中心度也相对较高,说明这些省份与其他省份间的联系较为活跃,接近网络空间的中心位置。吉林、黑龙江、青海等地的中心度排名均比较靠后,且这些省份的点出度高于点入度,说明这些省份与其他省份的关联程度不高,并且存在空间外溢效应,在生态文明建设过程中难以享受绿色低碳发展所带来的福利。这也不难理解,吉林、黑龙江等省份位于中国沿边地区,作为老工业基地,长期以发展重工业闻名,碳排放量相对较高,并且由于绿色技术研发费用高、换代周期长等问题难以实现绿色转型,与其他省份的关联程度较低;青海和甘肃等地则位于中国偏远地区,存在客观条件上的非便捷性,与内地交往均不甚密切,有较大的提升与发展空间。

注:①国家发改委基于各省市工作基础面和布局代表性的考量,于2010年颁发低碳试点工作的相关通知,选取包括湖北省在内的五省八市(广东、辽宁、湖北、陕西、云南和天津、重庆、深圳、厦门、杭州、南昌、贵阳、保定)开展试点工作。

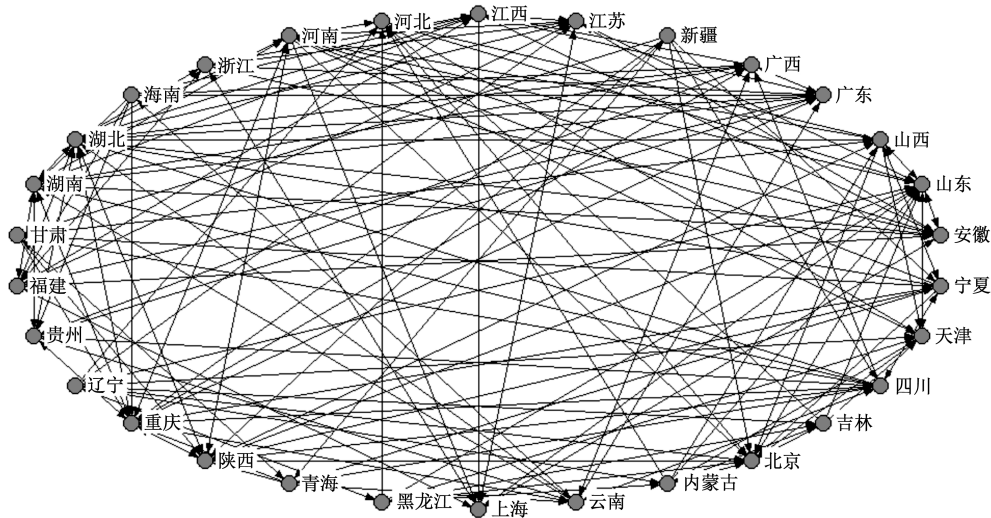


图3 2021年中国绿色低碳发展的空间关联网络

表3 2021年中国各省绿色低碳发展的空间关联网络中心性分析

省份	点度中心度				接近中心度		中介中心度	
	点出度	点入度	中心度	排序	中心度	排序	中心度	排序
北京	3	11	37.93	8	52.73	13	21.59	8
天津	3	10	34.48	11	51.79	15	10.98	13
河北	4	9	31.03	18	50.88	16	6.60	17
山西	8	7	34.48	13	59.18	6	25.67	5
内蒙古	8	3	27.59	21	46.03	26	1.84	24
辽宁	8	3	27.59	24	47.54	24	6.37	18
吉林	6	3	20.69	29	40.85	30	0.00	30
黑龙江	7	3	24.14	25	41.43	29	0.17	29
上海	3	8	27.59	23	53.70	12	11.94	12
江苏	4	9	31.03	17	55.77	8	21.84	7
浙江	5	7	24.14	26	48.33	23	0.73	28
安徽	8	9	31.03	19	55.77	9	9.84	14
福建	8	6	31.03	14	50.00	18	4.52	20
江西	8	8	34.48	12	50.88	17	7.46	16
山东	8	11	41.380	5	55.77	10	34.66	4
河南	11	8	44.83	2	64.44	2	47.43	2
湖北	9	14	55.17	1	65.91	1	57.37	1
湖南	9	11	44.83	3	59.18	4	18.66	10
广东	10	9	37.93	10	51.79	14	9.45	15
广西	8	7	31.03	15	49.15	19	2.43	21
海南	8	3	27.59	22	45.31	28	1.75	25
重庆	8	12	41.38	6	58.00	7	20.68	9
四川	9	8	37.93	9	54.72	11	16.56	11
贵州	8	8	31.03	16	49.15	20	1.99	22
云南	9	4	31.03	20	49.15	21	1.99	23
陕西	8	11	41.38	4	59.18	5	22.23	6
甘肃	6	3	20.69	27	46.03	27	1.26	26
青海	6	4	20.69	28	46.03	25	0.82	27
宁夏	11	6	41.38	7	63.04	3	36.21	3
新疆	6	2	20.69	30	48.33	22	4.96	19

3.3 块模型分析

为揭示2021年中国各省份绿色低碳发展的空间聚类关系,参考王营和曹廷求^[14],利用CONCOR

方法将30个省份划分为四大板块,具体结果如表4所示。中国绿色低碳发展的最大空间关联网络数为297个,板块内部关系数为133个,板块间关系数为164,说明与板块内部相比,板块间关联性相对更强。第一板块包括北京、天津、河北、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、江苏和山东9个省份,位于中国东北部和环渤海地区。具有42个内部关系数,9个溢出关系数,接收外部关系数20个,期望内部比例关系为27.59%,远低于实际内部比例关系,说明这9个省份内部联系比较密切,可以实现自给自足的循环发展,且虹吸效应大于溢出效应,是典型的净受益板块。第二板块包括山西、河南、甘肃、宁夏、新疆,多为中西部相对欠发达地区,内部关系数为11,是四个板块间的最小数值,而溢出关系数为31,是四个板块间的最高数值,来自其他板块的关系数为15,期望与实际内部关系比例分别为13.79%和26.19%,是净溢出板块。这些省份地理位置较为偏远,数字技术匮乏,难以吸引要素资源流入;加之劳动、资本等要素出于逐利性,会流向高盈利地区,从而产出较强的溢出效应。第三板块包括上海、浙江、安徽、福建、江西和湖北6个省份,多位于中部或长三角地区,板块内部关系数为24,发出关系数和接收关系数为17和28,期望与实际内部关系比例分别为17.24%和58.54%。与第一板块相比,第三板块溢出关系数相对较多,因此是主受益板块。第四板块数量最多,包括湖南、广东、广西、海南、重庆、四川、贵州、云南、陕西和青海10个省份,多位于中国南部和西南部地区。板块内部关系数为56,发出和接收关系数为27和21,期望和实际内部关系比例分别为31.03%和67.47%,在内部关联关系密

切的基础上,也对其他板块产生溢出效应,在空间网络中承担中介作用,是经纪人板块特征。

将密度矩阵中各板块密度与中国各省份整体网络密度值做比较,对其进行二值化处理,得到像矩阵:2021年中国各省份绿色低碳发展的整个网络密度值为0.297,将密度矩阵中板块密度大于0.297的值赋为1,小于者则赋为0。

表5反映了各板块间绿色低碳发展的关联关系和溢出途径。像矩阵对角线上元素值均为1,说明四个板块内部各省份间的绿色低碳发展存在显著的关联性,并且第二板块通过溢出效应为第一、四板块绿色低碳发展提供动力支持,而第四板块又作为中介进一步推动第三板块的发展,为第三板块提供人力资本与启动资金的支持,通过推动绿色技术创新促进绿色低碳发展。第三板块省份位于中西部偏远地区,经济较为落后,虽然有中部崛起和西部大开发等政策的扶持,但经济发展仍举步维艰。第三板块欠发达的经济基础使本地区资源外流,且得益于该溢出效应,第一板块和第四板块的相关省份能够充分发挥资源禀赋,为绿色低碳发展提供要素支持。第四板块作为低碳试点工作的主阵地,既能较好吸收第二板块释放的动能,也可以对第三板块具有显著的辐射影响力,在整体空间网络关联结构中起到桥梁搭建作用。

4 结论与建议

4.1 结论

在构建绿色低碳发展指标体系的基础上,采用熵值法测度绿色低碳发展指数,并借助Dagum基尼系数和社会网络分析法探究中国绿色低碳发展的区域差异及空间关联关系,得出如下结论:第一,分区域来看,中国在2011—2021年的绿色低碳发展指

数整体表现为增长态势,并且全国绿色低碳发展指数均值低于东部地区均值、高于中西部地区均值;分维度来看,低碳效益最高,经济效益次之,绿色效益最低,但经济效益增长率一骑绝尘。第二,东部地区与中、西部地区间的绿色低碳发展差距是造成全国绿色低碳发展存在差异的主要原因,各区域内部差异贡献率较低,但呈现增长趋势。第三,中国绿色低碳发展的网络关联度、网络等级度、网络密度及网络效率的变动幅度较小,具有较为稳定的空间关联状态;并且中国绿色低碳发展具有净受益、净溢出、主受益和经纪人板块特征。

4.2 建议

根据上述研究结论,提出以下对策建议。

(1)完善环境规制,提升绿色效益。结合地区现实基础与发展需求,制定针对性、严格性的环境规制政策,根据资源的稀缺程度和可替代程度确定纳税比率,规范课税制度、扩大征税范围,并依据污染程度实行差别税制,改革资源税制度。强化法规建设,完善绿化治理的法律体系,健全环境保护监管机制,加强部门间的协同配合,确保法规有效执行。通过财政支持、贷款优惠等方式引导社会资本参与绿色发展项目,积极鼓励公众参与绿化工作。

(2)优化产业结构,提高低碳效益。推广绿色信贷、绿色基金等金融产品,扩大清洁能源、节能环保等项目的融资渠道;建立绿色金融体系,引导资金流向绿色低碳领域,为企业进行治污减排等技术创新提供必要的资金支持。鼓励企业积极研发应用新技术,大力开发清洁能源与可再生能源,逐渐完成新能源对传统高污染能源的更新与替代,以减少对化石能源的依赖,加快能源结构的优化。改进生产工艺、引进节能设备,在提高资源利用效率的

表4 2021年中国绿色低碳发展的空间关联板块特征

板块	接收关系系数				板块成员数目	溢出板块关系系数	接收板块外关系系数	期望内部关系比例	实际内部关系比例	板块特征
	第一板块	第二板块	第三板块	第四板块						
第一板块	42	4	5	0	9	9	20	27.59	82.35	净受益板块
第二板块	13	11	5	13	5	31	15	13.79	26.19	净溢出板块
第三板块	7	2	24	8	6	17	28	17.24	58.54	主受益板块
第四板块	0	9	18	56	10	27	21	31.03	67.47	经纪人板块

表5 2021年中国绿色低碳发展的密度矩阵和像矩阵

板块	密度矩阵				像矩阵			
	第一板块	第二板块	第三板块	第四板块	第一板块	第二板块	第三板块	第四板块
第一板块	0.58	0.09	0.09	0.00	1	0	0	0
第二板块	0.29	0.55	0.17	0.26	1	1	0	1
第三板块	0.13	0.07	0.80	0.13	0	0	1	0
第四板块	0.00	0.18	0.30	0.62	0	0	1	1

基础上实现产业内部的结构优化;并推广数字化、智能化的高新技术产业,加速工业向服务业的转型升级进程,实现产业间的结构升级。

(3)加强区际关联,增强绿色低碳协同发展机制。统筹全局,秉承“共同但有区别的责任”原则,落实区域协调发展战略。各地政府应根据自身实际情况,加强跨部门区域间的联系与合作,通过打破行政壁垒推动资源高效整合,实现资源共享与优势互补。具体而言,东部地区积极发挥技术扩散与知识外溢效应,为周边地区提供先进的管理理念和生产技术,中西部地区充分利用自身资源禀赋优势,在引进优质人才与先进技术的基础上,实现生产要素的组合与重装,加快区域间的互联互通,共同打造绿色产业链和生态经济圈,实现绿色低碳发展共同体。

参考文献

- [1] 段娟. 中国绿色低碳发展道路的实践探索及其启示[J]. 宁夏社会科学, 2019(6): 27-34.
- [2] 吕忠梅. 环境法典编纂论纲[J]. 中国法学, 2023(2): 25-47.
- [3] 陈波, 石磊, 邓文靖. 工业园区绿色低碳发展国际经验及其对中国的启示[J]. 中国环境管理, 2021, 13(6): 40-49.
- [4] 胡文涛, 孙俊娜, 陈亮. 绿色金融、产业结构生态化与地区绿色发展[J]. 当代经济管理, 2023, 45(5): 88-96.
- [5] 吴武林, 何诚颖. 包容性绿色发展的理论阐释及系统耦合协调性研究[J]. 福建师范大学学报(哲学社会科学版), 2023(5): 19-32.
- [6] 魏丽莉, 侯宇琦. 数字经济对中国城市绿色发展的影响作用研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2022, 39(8): 60-79.
- [7] 武义青, 姚连宵. 京津冀区域低碳发展现状及转型路径[J]. 天津社会科学, 2022(5): 89-96.
- [8] 张友国, 窦若愚, 白羽洁. 中国绿色低碳循环发展经济体系建设水平测度[J]. 数量经济技术经济研究, 2020, 37(8): 83-102.
- [9] 黄永春, 黄瑜珊, 胡世亮, 等. 数字金融能否助推绿色低碳发展? [J]. 南京财经大学学报, 2022(4): 88-97.
- [10] 张霞, 何南. 综合评价方法分类及适用性研究[J]. 统计与决策, 2022, 38(6): 31-36.
- [11] 史利江, 李永宁, 李前锦, 等. 资源型地区地级市绿色发展水平的时空演变及影响因素——以山西省为例[J]. 经济地理, 2024, 44(1): 77-87.
- [12] 刘华军, 邵明吉, 石印, 等. “一带一路”沿线城市大气污染的空间交互影响网络及其结构特征[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(6): 76-83.
- [13] 朱庆华, 李亮. 社会网络分析法及其在情报学中的应用[J]. 情报理论与实践, 2008(2): 179-183.
- [14] 王营, 曹廷求. 中国区域性金融风险的空间关联及其传染效应——基于社会网络分析法[J]. 金融经济研究, 2017, 32(3): 46-55.

Research on the Level Measurement and Spatial Correlation Effects of Green and Low Carbon Development in China: Based on Social Network Analysis

CAO Shengjie¹, XU Pengjie¹, YANG Ping²

(1. School of Business, Liaocheng University, Liaocheng 252000, Shandong, China;

2. School of Politics and Management, Liaocheng University, Liaocheng 252000, Shandong, China)

Abstract: Based on the theoretical connotation of green and low-carbon development, a green and low-carbon development evaluation index system from the three dimensions of green benefits, low-carbon benefits and economic benefits, was constructed to measure the green and low-carbon development index using the entropy value method, and examine the temporal evolution characteristics and spatial correlation relationship of China's green and low-carbon development using the Dagum Gini coefficient and the social network analysis method. The result shows that from 2011 to 2021, China's green and low-carbon development level has been steadily rising at a low level, and the green and low-carbon development level in the eastern region is higher than the national average, and far exceeds that in the central and western regions. Dagum Gini coefficient has shown a decreasing and then stable trend, indicating that the regional differences in the level of China's green and low-carbon development have been gradually reduced and tend to be harmonized. The spatial correlation of China's inter-provincial green and low-carbon development is strong, and has a stable and stable relationship with the social network. China's inter-provincial green low-carbon development has a strong and stable correlation relationship, but there is still room for improvement.

Keywords: green low-carbon development; spatial correlation effect; social network analysis; entropy value method