

【生态文明与区域发展】

# 经济绿色转型发展指数评价方法 探讨及应用\*

孟晓倩 吴传清

**摘要:**借鉴学术界关于绿色发展水平评价、经济绿色转型发展水平评价相关研究成果,从经济绿色发展水平、资源环境承载水平、绿色转型支撑水平三个方面构建三位一体经济绿色转型发展指数,采用时空极差熵权法、基尼系数、泰尔指数、 $\sigma$ 收敛、Markov 分析等评价方法对不同空间尺度的区域经济绿色转型发展水平进行评价。以东部、中部、西部、东北四大板块为研究对象的研究结果显示:四大板块经济绿色转型发展指数呈逐年上涨态势,不同板块间经济绿色转型发展水平较为均衡,地区差异性不大且呈逐渐收敛态势。以我国30个省(区、市)为研究对象的研究结果显示:不同省份经济绿色转型发展指数均呈现逐步上升态势,但经济绿色转型发展速度较为缓慢;30个省(区、市)经济绿色转型发展三个分项指数间存在明显差异。

**关键词:**绿色转型;时空极差熵权法;评价方法;地区差异

**中图分类号:**F062.2   **文献标识码:**A   **文章编号:**2095-5766(2023)01-0149-12   **收稿日期:**2022-10-13

**\*基金项目:**武汉大学区域经济研究中心、武汉大学中国发展战略与规划研究院生态产品价值与绿色经济研究中心资助项目“绿色经济理论与实践研究”(2022-01)。

**作者简介:**孟晓倩,男,武汉大学经济与管理学院博士生(武汉 430072)。

吴传清,男,武汉大学经济与管理学院教授、博士生导师,武汉大学中国发展战略与规划研究院副院长(武汉 430072)。

2002年,联合国开发计划署发布的《2002年中国人类发展报告:让绿色发展成为一种选择》首创“绿色发展”概念。2015年4月,中共中央、国务院发布的《关于加快推进生态文明建设的意见》提出“五化协同”(即新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化和绿色化),推进绿色发展、循环发展、低碳发展。2020年10月,《中国共产党第十九届中央委员会第五次全体会议公报》强调要加快推动绿色低碳发展,促进“经济社会发展全面绿色转型”,广泛形成绿色生产生活方式。2021年3月颁布的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出,要大力发展绿色

经济,推动经济社会发展全面绿色转型,建设美丽中国。2021年,国务院及相关部委先后印发了《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》《“十四五”工业绿色发展规划》《“十四五”全国农业绿色发展规划》等重要规范性文件,对绿色生产、绿色流通、绿色消费、绿色技术创新、工业绿色发展、农业绿色发展等做出了重要部署。2022年10月,党的二十大报告进一步强调,加快发展方式绿色转型,推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节。因此,科学刻画经济绿色转型发展绩效,具有重要的理论价值和实践意义。

一、绿色转型发展指数评价方法研究评述

学术界相关研究主要聚焦在绿色发展水平评价、经济绿色转型发展水平评价等方面。

1.绿色发展水平评价相关研究进展

绿色发展作为经济发展思想的范式转变,最早可以追溯到20世纪60年代美国学者博尔丁提出的“循环经济”概念。绿色发展是在循环发展、低碳发展、生态发展和可持续发展等概念基础上衍生出来的。戴星翼(1999)在阐述可持续发展问题时,首次采用“绿色发展”概念,指出提升可持续性是通往绿色发展之路的根本途径。绿色发展是向低碳和资源节约社会转型的过程,在经济增长过程中降低环境破坏,实现人与自然和谐共生。“绿色经济”概念最早源于1989年英国环境经济学家Pearce等的《绿色经济蓝图》一书。2012年,联合国环境规划署(UNEP)将“绿色经济”定义为可提升人类福祉和社会公平,降低环境风险和生态破坏,具有社会包容性的经济体系。绿色发展、绿色经济成为经济增长可持续发展的新动能,要通过绿色发展替代传统高能耗、高排放的发展模式(张俊飏,2022)。

关于绿色发展水平相关评价,部分学者从投入产出角度计算绿色发展效率,进而来评价区域绿色发展水平。例如,通过选取资本、劳动、能源、技术等投入指标,经济产出和碳排放、污染物排放等期望和非期望产出指标,运用SBM模型、Super-SBM

模型、Malmquist指数、SBM-ML指数等拓展模型计算不同空间要素的绿色发展效率(吴传清等,2020;郭付友等,2022;范正根等,2022;胡安军等,2022;刘强等,2022;林小希,2021;张国兴等,2021)。

更多国内外学者则通过构建绿色发展水平评价指标体系来测算绿色发展水平。国外较权威的绿色发展指数主要包括:耶鲁大学和哥伦比亚大学合作建立的环境绩效指数(EPI)、经济合作与发展组织(OECD)发布的绿色增长评价指标体系、世界银行(World Bank,2012)发布的绿色发展评价指标体系、全球绿色增长研究所(GGGI,2013)制定的绿色发展测量指标体系、亚洲开发银行(ADB)发布的包容性绿色增长指数(IGGI)、联合国环境规划署(UNEP)发布的绿色经济进展指数(GEPI)(UNEP,2008)等。国内研究机构和学者依据自身绿色发展现状提出了适用于国内的绿色发展指数,具有代表性的主要包括(见表1):国家统计局在《2016年生态文明建设年度评价结果公报》中发布的绿色发展指数对全国30个省(区、市)的绿色发展水平进行了评价(国家统计局,2016);北京师范大学经济与资源管理研究院发布的《中国省际绿色发展指数指标体系》对全国30个省(区、市)的绿色发展水平进行了评价(关成华等,2020);中国人民大学国家发展与战略研究院发布的《绿色之路——中国经济绿色发展报告2018》对全国31个省(区、市)和100个城市的绿色发展现状进行了评价(石敏俊和徐璞,2018);中国科学院生态环境研究中心发表的《中国

表1 国内重点机构及学者发布的绿色发展相关评价指标体系

发布机构	指数名称	主要指标	赋权方法
国家发展和改革委员会等	绿色发展指标体系	共6个一级指标,55个二级指标: 资源利用、环境治理、环境质量、生态保护、增长质量、绿色生活	主观赋权法
北京师范大学经济与资源管理研究院	中国省际绿色发展指数	共3个一级指标,9个二级指标,62个三级指标: 经济增长绿化度:绿色增长效率、第一产业、第二产业、第三产业 资源环境承载潜力:资源丰裕与生态保护、环境压力与气候变化 政府政策支持度:绿色投资、基础设施、环境治理	主观赋权法
中国人民大学国家发展与战略研究院	绿色发展评价指标体系	共3个一级指标,11个二级指标,49个三级指标: 经济发展:经济发展水平、经济增长动力、产业结构转型、收入分配与社会保障 可持续性:生态健康、污染控制、低碳发展、资源节约 绿色发展能力:基础设施、内源性增长能力、资源环境管理	效用函数法和等权重主观赋权法
哥伦比亚大学,清华大学与麦肯锡公司	城市可持续发展指数	共4个一级指标,23个二级指标: 社会民生、建成环境、经济发展、资源利用	主观赋权法
中国科学院生态环境研究中心	城市绿色发展评价体系	共7个一级指标,12个二级指标: 环境治理投资、废弃物综合利用、城市绿化、废水处理、生活垃圾处理、高效用水、空气质量	客观赋权法

资料来源:作者根据相关文献整理。

城市绿色发展评价》(欧阳志云等,2009)对全国286个地级以上城市的绿色发展水平进行了评价;哥伦比亚大学、清华大学与麦肯锡公司发布的《城市可持续发展指数》对我国185个地级市和县级市的可持续发展水平进行了评价(华强森等,2011)。学术界围绕上述指数从不同维度建立不同指标体系对绿色发展和绿色经济水平进行了相应评价(向书坚等,2013;李晓西等,2014;曾贤刚等,2018;徐晓光等,2021)。

## 2. 经济绿色转型发展水平评价相关研究进展

经济绿色转型是在绿色发展的基础上衍生出来的,体现了从静态“绿色发展”逐步转向动态“绿色转型”,强调由“黑色”或“褐色”经济转向绿色经济的动态演化过程。绿色发展水平评价只能从静态上去度量我国绿色经济发展,不能探索经济绿色转型发展水平的动态演化过程,因此,要推动经济社会发展全面绿色转型,学者们开始逐步探索如何测算经济绿色转型发展水平。在测算方法上,部分学者提出利用熵—OWA算子法、灰关联改进TOPSIS模型等权重主观赋权法,从不同维度构建不同的经济绿色转型评价指标体系进行分析(蒋金荷等,2021;陈同峰等,2019;赵奥等,2018),还有学者构建SBM模型、Luenberger指数等,利用经济绿色转型效率评价我国经济绿色转型发展水平(芮小明等,2018;高翔等,2021)。在绿色转型维度上,较多学者从城市(资源型城市)绿色转型、产业绿色转型、企业绿色转型、绿色低碳循环发展经济体系等不同视角来度量其绿色转型发展水平(胡浩志等,2022;戴翔等,2022;聂雷等,2022;吴非等,2022;陈国进等,2021;万攀兵等,2021;张友国等,2020;曾贤刚等,2018)。

## 3. 总体评述

在评价指标选取上,关于绿色发展水平评价指标选取比较全面,但对于经济绿色转型发展水平评价的研究较少。首先,现有的绿色发展指标体系较少从绿色转型角度进行设置和测度,主要考察静态的绿色发展水平,并没有体现出各地区绿色转型发展速度。其次,绿色发展评价指数研究对象主要从全国30个省(区、市)或部分地级市角度进行测算和排序,而对其他类型的区域较少涉猎。另外,选取的指标数量差距较大,部分指标和绿色发展关联性较低,一些指标数量过多,数据存在重复性,部分指

标存在可替代性,会导致指数评价结果失真,应尽可能精简指标数量(Tanguay et al.,2010)。

目前关于绿色发展水平和经济绿色转型发展水平评价方法较单一。在权重的选取上,大部分研究机构利用主观赋权法对指标体系进行赋权,主观性较强,易受人为因素干扰。相关学者对上述方法进行了拓展(程钰等,2019;李晓西等,2014;张继宏等,2021),主要包括客观赋权法,如因子分析、主成分分析等多元统计法和熵权—TOPSIS法、投影寻踪模型、循环修正法等基于数据驱动的方法,还有主观赋权法,包括专家会议法、德尔菲法等。

## 二、经济绿色转型发展指数评价方法构建

借鉴已有成果,本文尝试采用时空极差熵权法测算经济绿色转型发展指数,利用基尼系数、泰尔指数、 $\sigma$ 收敛、Markov分析等方法,从多维度分析不同空间尺度经济绿色转型发展水平的地区差异和时空演变特征。

### 1. 指标选取

依据绿色转型的相关理论与内涵构建经济绿色转型发展指数(Economy Green Transition Development Index,EGTDI),可以评价不同空间尺度经济绿色转型发展水平。文章主要从经济绿色发展水平(经济增长、产业结构、绿色福利)、资源环境承载水平(污染控制、低碳发展、资源消耗、环境质量)和绿色转型支撑水平(基础设施、绿色投资、技术创新)构建三位一体经济绿色转型发展指数,共选取10个二级指标和30个三级指标,测算区域经济绿色转型发展水平(见表2)。

(1)经济绿色发展水平。主要从生产、生活方式的全面绿色转型角度来度量绿色转型发展水平。经济增长衡量一个地区的经济发展水平,可从侧面反映其绿色转型的支撑能力,包括人均GDP、GDP增长率和城市人均可支配收入3个指标。产业结构主要衡量一个地区的传统产业转型能力和新兴产业生产能力,从产业转型维度衡量经济绿色发展水平,包括第三产业增加值占GDP比重、高技术产业主营业务收入占工业增加值比重和高耗能产业占比,前两个指标体现了绿色转型的产业化水平,第三个指标为一个逆向指标,它反映了一个地区生产体系向绿色低碳发展方向转变的困



表2 经济绿色转型发展指数评价指标体系

一级指标	二级指标	三级指标(单位)	属性	权重
A1 经济绿色发展水平	B1 经济增长	C1 人均GDP(元)	+	0.0331
		C2 GDP增长率(%)	+	0.0340
		C3 城市人均可支配收入(元)	+	0.0329
	B2 产业结构	C4 第三产业增加值占GDP比重(%)	+	0.0333
		C5 高技术产业主营业务收入占工业增加值比重(%)	+	0.0321
		C6 高耗能产业占比(%)	-	0.0338
	B3 绿色福利	C7 城镇人口所占比率(%)	+	0.0336
		C8 每万人在校大学生数(人)	+	0.0335
		C9 职工平均工资(元)	+	0.0329
		C10 每万人拥有公交车辆(标台)	+	0.0333
A2 资源环境承载水平	B4 污染控制	C11 二氧化硫排放总量(万吨)	-	0.0339
		C12 工业废水排放量(万吨)	-	0.0339
		C13 单位GDP工业氮氧化物(万吨/亿元)	-	0.0341
		C14 单位耕地面积农药使用量(吨/公顷)	-	0.0340
		C15 单位耕地面积化肥使用量(吨/公顷)	-	0.0339
	B5 低碳发展	C16 碳排放强度(万吨/亿元)	-	0.0340
		C17 单位GDP能耗(吨标准煤/万元)	-	0.0340
	B6 资源消耗	C18 人均用水量(立方米/人)	-	0.0340
		C19 人均用电量(千瓦时/人)	-	0.0340
	B7 环境质量	C20 PM2.5年均浓度(微克/立方米)	-	0.0339
A3 绿色转型支撑水平	B8 基础设施	C21 人均公园绿地面积(平方米/人)	+	0.0336
		C22 建成区绿化覆盖率(%)	+	0.0339
		C23 森林覆盖率(%)	+	0.0330
		C24 生活垃圾无害化处理率(%)	+	0.0340
		C25 造林总面积(公顷)	+	0.0324
	B9 绿色投资	C26 节能环保支出强度(%)	+	0.0336
		C27 工业污染治理投资额(万元)	+	0.0321
		C28 绿色信贷(元)	+	0.0336
	B10 技术创新	C29 研究与试验发展经费投入强度(%)	+	0.0327
		C30 技术市场成熟度(%)	+	0.0289

资料来源:作者自行整理计算所得。

难程度。绿色福利主要包括城镇人口所占比率、每万人在校大学生数、职工平均工资、每万人拥有公交车辆4个指标,体现了一个地区居民的生态文明意识和人力资本水平。

(2)资源环境承载水平。主要从环境保护、生态可持续发展角度来度量经济绿色转型发展水平。污染控制主要包括二氧化硫排放总量、工业废水排放量、单位GDP工业氮氧化物、单位耕地面积农药使用量、单位耕地面积化肥使用量5个指标,反映了一个地区的生产者在绿色转型方面所做出的努力及取得的成效。前三个指标体现了工业领域生产者的绿色生产行为,后两个指标反映了农业农

村领域生产者的绿色发展意愿和采取的行动措施。低碳发展指标主要包括碳排放强度和单位GDP能耗2个指标,我国提出2030年实现碳达峰、2060年实现碳中和目标后,低碳发展成为未来经济绿色转型的主旋律,降低碳排放和能源消耗是低碳发展的核心条件。资源消耗包括人均用水量 and 人均用电量2个指标,体现了一个地区的能源利用水平和能源清洁化程度及经济体系资源利用效率。环境质量包括PM2.5年均浓度指标,刻画了经济体系对生态环境质量的影响。

(3)绿色转型支撑水平。主要从绿色发展的支持与动力角度来度量经济绿色转型发展水平。基

基础设施主要包括人均公园绿地面积、建成区绿化覆盖率、森林覆盖率、生活垃圾无害化处理率、造林总面积5个指标,体现了对生态环境保护做出的贡献及经济效益。绿色投资主要包括节能环保支出强度、工业污染治理投资额、绿色信贷3个指标,体现了政府和金融机构为推动经济绿色转型而投入的资金支持强度。前两个指标表示政府在绿色转型发展上的支持水平。“十四五”规划中提出要大力发展绿色金融,鉴于目前绿色金融服务主要以银行等金融机构的绿色信贷为主,其他绿色金融产品发展还不太充分或处于探索阶段,选择以绿色信贷水平代表绿色金融发展。根据国家发展和改革委员会与科技部2019年发布的《关于构建市场导向的绿色技术创新体系的指导意见》中提出的绿色技术创新体系发展要求,设置研究与试验发展经费投入强度和技术市场成熟度(技术市场成交额与GDP比值)2个三级指标,表征绿色技术创新能力。

## 2.数据来源及缺失值处理

经济绿色转型发展指数评价相关指标数据主要来源于国家统计局及各种统计年鉴,包括《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国高技术产业统计年鉴》《中国工业统计年鉴》、各省市统计年鉴、统计公报及EPS数据库、中经网数据库等,相关数据缺失值采用插值法进行补齐。

## 3.评价方法选择

(1)基于时空极差熵权法确定指标权重。参考张友国等(2020),采用时空极差熵权法为评价指标体系进行赋权。时空极差熵权法利用指标在时间和空间双重维度上的信息量,克服了传统熵权法只能利用各指标在某特定时点上信息的局限性,能够反映指标在时空维度上对评价对象的区分度。具体方法如下:

首先,利用极差标准化方法对指标进行标准化处理。

对于正向指标:

$$Z_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

对于逆向指标:

$$Z_i = \frac{X_{\max} - X_i}{X_{\max} - X_{\min}}, (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

其中, $Z_i$ 为数据标准化值; $X_i$ 为数据原始值; $X_{\max}$

为原始数据组中最大值; $X_{\min}$ 为原始数据组中最小值。

其次,计算各指标权重 $W_i$ 。计算公式如下:

$$E_i = -\ln(mn)^{-1} \sum_j \sum_t p_{ijt} \ln(p_{ijt})$$

$$W_i = (1 - E_i) / \left( k - \sum_i E_i \right)$$

其中, $p_{ijt} = Z_i / \sum Z_i$ , $k$ 为评价指标的数量, $m$ 为评价对象数目, $n$ 为研究时间跨度,各指标信息熵为 $E_i$ 。如果 $p_{ijt}=0$ ,定义 $p_{ijt} \ln(p_{ijt})=0$ 。

(2)地区差异性分析方法。利用基尼系数、泰尔指数及分解和 $\sigma$ 收敛模型考察四大板块和30个省(区、市)间经济绿色转型发展总指数及分项指数的区域差异性。选取三种方法分别进行测算有助于对区域差异性动态变化趋势进行稳健性检验。

基尼系数的计算公式如下:

$$G = \frac{1}{2n^2 Z} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |Z_i - Z_j|$$

$$G_k = \frac{1}{2n_k^2 \bar{Z}_k} \sum_{i=1}^{n_k} \sum_{j=1}^{n_k} |Z_{ki} - Z_{kj}|$$

其中, $G$ 为国家经济绿色转型发展水平基尼系数, $G_k$ 为衡量地区 $k$ 中各省份间经济绿色转型发展水平差异的基尼系数; $Z_i$ 为第 $i$ 个省份的经济绿色转型发展指数, $Z_{ki}$ 表示地区 $k$ 第 $i$ 个省份的经济绿色转型发展指数。 $\bar{Z}_k$ 表示地区 $k$ 各省份经济绿色转型发展指数均值。 $Z$ 表示30个省(区、市)经济绿色转型发展指数均值。 $n_k$ 为地区 $k$ 中包含省份数量, $n$ 为省份总数量。

泰尔指数的计算公式如下:

$$T = T_a + T_b = \sum_{k=1}^4 \left( \frac{n_k}{n} \times \frac{Z_k}{Z} \times T_k \right) + \sum_{k=1}^4 \left( \frac{n_k}{n} \times \frac{Z_k}{Z} \times \ln \frac{Z_k}{Z} \right)$$

$$T_k = \frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} \left( \frac{Z_{ki}}{Z_k} \times \ln \frac{Z_{ki}}{Z_k} \right)$$

其中, $T_a$ 和 $T_b$ 分别表示地区内和地区间差异; $T_k$ 为地区 $k$ 中各省份间差异。

$\sigma$ 收敛模型的计算公式如下:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \ln Z_i - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln Z_i \right)^2}$$

(3)Markov分析。构建Markov转移矩阵,以探讨我国经济绿色转型发展指数分布随时间变化的内部动态演变规律。随机过程 $\{X(t), t \in T\}$ 是一个时齐Markov链,如果它满足经济绿色转型发展指数的

转移概率只与状态*i*和*j*有关,与*n*无关,即:

$$P\{X_{n+1}=j \mid X_0=i_0, X_1=i_1, \dots, X_{n-1}=i_{n-1}, X_n=i_n\} = P\{X_{n+1}=j \mid X_n=i\}$$
, 则称 Markov 链为时齐 Markov 链。

如果将区域经济绿色转型发展指数划分为*K*类,通过 Markov 链就可得到一个*K*维的经济绿色转型发展水平状态转移概率矩阵*P*,*P*中任意元素都满足:

$$P_{ij} \geq 0, i, j \in K, \sum_{j \in K} P_{ij} = 1, i, j \in K$$

*P<sub>ij</sub>*的测算公式为*P<sub>ij</sub>*=*n<sub>ij</sub>*/*n<sub>i</sub>*,其中*n<sub>ij</sub>*为样本考察期内第*i*种类型转移到第*j*种类型的次数,*n<sub>i</sub>*为第*i*种类型的总次数。

三、四大板块经济绿色转型发展指数评价

经济绿色转型发展指数评价方法的实践应用首先体现在对我国东部地区、中部地区、西部地区、东北地区等四大经济板块经济绿色转型发展指数进行评价,涉及总指数评价、分项指数评价两大

方面。

1.四大板块经济绿色转型发展总指数

表3显示了我国四大板块经济绿色转型发展总指数。2011—2020年全国经济绿色转型发展指数平均值为0.5231,呈现逐年上涨的态势,年均增长率为2.15%。从四大板块经济绿色转型发展指数均值来看,东部地区遥遥领先,经济绿色转型发展指数为0.5563,其次是东北地区为0.5153,中部地区为0.5121排第三位,排名最后的为西部地区仅为0.5010。从经济绿色转型发展指数提升速度来看,东部地区、中部地区、西部地区和东北地区的年均增长率分别为2.06%、2.60%、2.11%和1.77%。从增幅来看,中部地区增幅最大,从2011年的0.4488增长到2020年的0.5654,而东北地区的增幅最小。中西部地区年均增长率均高于东部地区,说明中西部地区经济绿色转型发展潜力较大,东北地区年均增长率和增幅均排名末位,说明东北地区经济绿色转型难度较大,转型发展面临较大阻碍。

表3 2011—2020年四大板块经济绿色转型发展总指数

地区	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
东部	0.4989	0.5136	0.5260	0.5369	0.5500	0.5689	0.5829	0.5875	0.5993	0.5993
中部	0.4488	0.4596	0.4749	0.4856	0.4998	0.5238	0.5406	0.5544	0.5679	0.5654
西部	0.4513	0.4581	0.4699	0.4788	0.4937	0.5143	0.5262	0.5309	0.5419	0.5448
东北	0.4717	0.4793	0.4926	0.4992	0.5138	0.5206	0.5314	0.5419	0.5503	0.5524
全国	0.4687	0.4790	0.4919	0.5016	0.5157	0.5350	0.5485	0.5555	0.5671	0.5678

数据来源:作者计算所得。

2.四大板块经济绿色转型发展分项指数

表4显示了2020年我国四大板块经济绿色发展水平(A1)、资源环境承载水平(A2)和绿色转型支撑水平(A3)三个分项指数测算结果。

从经济绿色发展水平来看,东部地区明显高于其他地区 and 全国平均水平,中部地区、西部地区和东北地区的经济绿色发展水平均低于全国平均水平,说明东部地区经济绿色发展水平明显占优,具备较好的经济资源优势。西部地区经济绿色发展水平最低,甘肃、青海、宁夏等地处西部偏远地区,经济发展水平较低,整体上拉低了西部地区的经济绿色发展水平。从资源环境承载水平来看,中部和东北地区高于全国平均水平,而东部地区的资源环境承载能力最低,东部地区虽然经济发展水平较高,但在经济快速发展过程中污染物排放仍处于高位态势,生态资源消耗较大,生态环境破坏严重,未

来应在经济发展过程中重视资源环境的保护。从绿色转型支撑水平来看,东部地区、西部地区经济绿色转型支撑水平较高,说明具有较高的转型潜力,而东北地区绿色转型支撑水平最低,说明东北地区绿色转型的意识还不高,绿色创新环境较差,应加强环境保护意识,构建绿色技术创新体系,加大环保投资,推动经济绿色转型发展。

表4 2020年四大板块经济绿色转型发展分项指数

地区	A1	A2	A3
东部	0.1822	0.2733	0.1438
中部	0.1368	0.2871	0.1414
西部	0.1256	0.2756	0.1435
东北	0.1332	0.2857	0.1336
全国	0.1475	0.2781	0.1422

数据来源:作者计算所得。

3.四大板块经济绿色转型发展指数的地区差异

表5显示了我国四大板块反映经济绿色转型发展



展指数地区差异的基尼系数、泰尔指数及 $\sigma$ 值。从全国经济绿色转型发展水平差异来看,全国基尼系数、泰尔指数及 $\sigma$ 值都较小,除2011—2016年 $\sigma$ 值略大于0.1外,其余数据均小于0.1,说明不同区域经济绿色转型发展水平比较均衡,地区差异性不大。从时间变化趋势来看,全国基尼系数、泰尔指数及 $\sigma$ 值呈现在波动中缓慢下降的态势,说明我国经济绿色转型发展水平差异在逐步缩小。

从四大板块经济绿色转型发展水平差异来看,西部地区基尼系数、泰尔指数和 $\sigma$ 值平均水平均高于其他三大板块,说明西部地区经济绿色转型发展水平差异最大,原因是西部地区重庆、四川、陕西等省份经济绿色转型发展指数较高,但青海、甘肃、宁夏等西部偏远地区经济绿色转型发展指数较低,造成地区差异较高。东部地区的地区差异略低于西部地区,中部地区和东北地区的地区差异明显小于东部地区和西部地区,东北地区经济绿色转型发展水平差异最小。从时间变化趋势来看,东部地区、中部地区和西部地区的经济绿色转型发展指数都呈现波动下降的态势,基尼系数分别从2011年的0.0613、0.0398和0.0637下降到2020年的0.0464、0.0256和0.0554,分别下降了24.31%、35.68%和13.03%。泰尔指数从2011年到2020年分别下降了43.66%、61.54%和23.81%。 $\sigma$ 值从2011年到2020年分别下降了24.28%、36.98%和13.15%。说明中

部地区差异缩小幅度最大,经济绿色转型发展水平的均衡性正逐步增强。东部地区次之,西部地区下降幅度最小,说明西部地区经济绿色转型发展水平差异仍处于高位态势,西部偏远地区经济绿色转型道路任重道远。东北地区经济绿色转型发展指数呈现波动上涨的态势,其中基尼系数和 $\sigma$ 值分别从2011年的0.0024和0.0043上升到2020年的0.0055和0.0101,增长率分别达129.17%和134.88%。虽然东北地区差异增长幅度较大,但仍远远小于其他三大板块的地区差异。

表6显示了我国经济绿色转型整体发展水平和三个分项指标发展水平的泰尔指数及分解值。由分项指标的泰尔指标分解值可知,经济绿色发展水平的泰尔指数值明显高其他分项指标值,资源环境承载水平的泰尔指数值最小,说明经济绿色转型发展水平的差异主要来自经济绿色发展水平,不同区域的经济绿色发展水平差距较大。经济绿色发展水平、资源环境承载水平和绿色转型支撑水平的泰尔指数值在研究期内均呈现波动下降的态势,说明三个分项指数的组内和组间差异均逐步缩小。另外,除了经济绿色发展水平,经济绿色转型发展总指数和资源环境承载水平及绿色转型支撑水平的泰尔指数值都是组内差异远高于组间差异,说明差异来源主要来自四大板块内部不同省份之间的差异,而四大板块间差异较小。经济绿色发展水平分项指标的

表5 四大板块经济绿色转型发展指数的基尼系数、泰尔指数及 $\sigma$ 值

指标	地区	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
基尼系数	全国	0.0595	0.0608	0.0591	0.0574	0.056	0.0525	0.0512	0.0475	0.0482	0.0485
	东部	0.0613	0.0602	0.0565	0.0560	0.0530	0.0500	0.0518	0.0445	0.0458	0.0464
	中部	0.0398	0.0400	0.0347	0.0311	0.0340	0.0265	0.0234	0.0227	0.0226	0.0256
	西部	0.0637	0.0653	0.0677	0.0652	0.0647	0.0604	0.0572	0.0549	0.0552	0.0554
	东北	0.0024	0.0034	0.0029	0.0031	0.0075	0.0174	0.006	0.0113	0.0070	0.0055
泰尔指数	全国	0.0064	0.0067	0.0064	0.0062	0.0057	0.0052	0.0048	0.0042	0.0040	0.0042
	东部	0.0071	0.0068	0.0062	0.0063	0.0052	0.0048	0.0051	0.0038	0.0038	0.0040
	中部	0.0026	0.0026	0.0021	0.0017	0.0020	0.0012	0.0009	0.0008	0.0008	0.0010
	西部	0.0063	0.0066	0.0072	0.0067	0.0068	0.0060	0.0051	0.0047	0.0048	0.0048
	东北	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0001	0.0005	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001
$\sigma$ 值	全国	0.1106	0.1131	0.1124	0.1101	0.1075	0.1008	0.0967	0.0906	0.0905	0.0903
	东部	0.1141	0.1119	0.1064	0.1064	0.0985	0.0944	0.0968	0.0843	0.0843	0.0864
	中部	0.0722	0.0723	0.0650	0.0592	0.0639	0.0486	0.0422	0.0405	0.0409	0.0455
	西部	0.1133	0.1159	0.1223	0.1181	0.1188	0.1123	0.1029	0.0988	0.0989	0.0984
	东北	0.0043	0.0064	0.0058	0.0058	0.0155	0.0329	0.0123	0.0209	0.0135	0.0101

数据来源:作者计算所得。

表6 经济绿色转型发展总指数及分项指数的泰尔指数及分解值

指标	项目	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
总体	组内差异	0.0052	0.0052	0.005	0.0049	0.0046	0.0041	0.0038	0.0032	0.0032	0.0033
	组间差异	0.0011	0.0014	0.0013	0.0012	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010	0.0009	0.0009
	合计	0.0063	0.0066	0.0063	0.0061	0.0057	0.0052	0.0048	0.0042	0.0041	0.0042
A1	组内差异	0.0241	0.0226	0.0225	0.0229	0.0199	0.0187	0.0178	0.0159	0.0156	0.0161
	组间差异	0.0236	0.0223	0.0219	0.0200	0.0185	0.0172	0.0164	0.0140	0.0129	0.0138
	合计	0.0477	0.0449	0.0444	0.0429	0.0384	0.0359	0.0342	0.0299	0.0285	0.0299
A2	组内差异	0.0043	0.0041	0.0043	0.0042	0.0043	0.0032	0.0027	0.0031	0.0031	0.0028
	组间差异	0.0004	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002
	合计	0.0047	0.0044	0.0047	0.0045	0.0046	0.0036	0.0030	0.0035	0.0034	0.0030
A3	组内差异	0.0144	0.0149	0.0138	0.0137	0.0113	0.0114	0.0097	0.0092	0.0065	0.0076
	组间差异	0.0014	0.0017	0.0014	0.0015	0.0011	0.0019	0.0017	0.0012	0.0006	0.0002
	合计	0.0158	0.0166	0.0152	0.0152	0.0124	0.0133	0.0114	0.0104	0.0071	0.0078

数据来源:作者计算所得。

泰尔指数值的组内差异稍高于组间差异,但差距不明显,说明经济绿色发展水平的差异来自于四大板块内部和四大板块之间的差异大小相近。

四、全国各省份经济绿色转型发展指数评价

文章选择全国30个省(区、市)(不包括西藏和港澳台地区)进行经济绿色转型发展指数评价,主要包括总指数评价、分项指数评价两大方面。

1.30个省(区、市)经济绿色转型发展总指数

从表7可看出,30个省(区、市)的经济绿色转型发展指数存在明显的地区差异。北京以0.7062的均值始终稳居全国第1名,上海自2014年之后经济绿色转型发展指数稳居全国第2名。重庆、四川、广东、陕西、天津经济绿色转型发展水平较高,在全国排名一直处于前10名,但不同省份呈现波动态势,其中天津发展水平排名一直处于下滑态势,从2011年的第3名下滑到2020年的第10名,说明天津处于经济绿色转型攻关期,急需寻求技术突破。东部地区的江苏、浙江、福建及中部地区的江西和湖南经济绿色转型发展指数在全国始终处于上游水平,其中湖南上升位次较高,从2011年第16名上升到2020年第10名,其他省份排名变化不大。云南的经济绿色转型发展指数波动水平较大,呈现排名先下降后上升的态势。湖北和贵州的经济绿色转型发展指数提升速度较高,湖北省因2020年疫情排名产生较大下滑外,2019年全国排名第12位。东北地区三个省份的经济绿色转型发展指数排名

都呈现明显下滑趋势,在全国的竞争力逐渐降低。东部地区的河北、山西、山东、海南及西部地区的广西、内蒙古、甘肃、青海、宁夏、新疆等地经济绿色转型发展指数较低,这些省份有些属于资源型地区或重工业较发达地区,有些是西部偏远地区,导致排名靠后。从经济绿色转型发展速度来看,山东、贵州和甘肃三省份的绿色转型发展指数年均增长率分别为3.42%、3.36%和3.25%,绿色转型发展速度最高。而北京、天津和内蒙古三省(区、市)的经济绿色转型年均增长率分别为1.33%、1.15%和0.92%,绿色转型发展速度较低。

2.30个省(区、市)经济绿色转型发展分项指数

表8显示了2020年30个省(区、市)经济绿色发展水平(A1)、资源环境承载水平(A2)和绿色转型支撑水平(A3)三个分项指数测算结果及排名。可以看出,不同省份不同分项指数差异较大。从经济绿色发展水平来看,北京、上海、天津、江苏和广东分列全国前5名,都位于东部地区。青海、甘肃、新疆、宁夏和内蒙古经济绿色发展水平都较低,且都属于西部地区。说明经济绿色发展水平不同省份差异较明显,存在一定的地区集聚效应。从资源环境承载水平来看,四川、贵州、重庆、云南、江西分列全国前5名,新疆、宁夏和内蒙古等西部偏远省份的资源环境承载水平较低。从绿色转型支撑水平来看,北京、广东、河北、江西和陕西分列全国前5名,天津、上海和新疆的绿色转型支撑水平较低。

从2020年30个省(区、市)不同分项指数排名可以看出,不同省份的不同分项指数差异较大。比



如,对于东部地区而言,北京与广东的经济绿色发展水平与绿色转型支撑水平全国排名都在前列,但资源环境承载水平排名分别为第18名和第24名。上海和天津的绿色转型支撑水平全国排名分别为第29名和第30名,而经济绿色发展水平排名为第2名和第3名。河北省绿色转型支撑水平全国排名第3位,而另外两个分项指数都较低。对于中部地区而言,安徽的绿色转型支撑水平较差,而经济绿色发展水平和资源环境承载水平都处于上游水平。江西和湖南各分项指数在全国排名都位于上游水平。对于西部地区而言,重庆、四川、陕西等经济绿色转型发展指数较高的省份,各分项指数排名都较

高,因成都和西安省会城市发展的集聚效应使得经济绿色转型发展水平实现了提升。贵州、云南等地经济发展水平较低,导致经济绿色发展水平分项指数排名靠后,但资源环境承载水平分项指数较高,工业化程度的落后使得环境污染损害较小。对于东北地区而言,吉林和黑龙江资源环境承载水平排在全国上游,但三省份的经济绿色发展水平和绿色转型支撑水平都较低,绿色转型发展环境较差。

3.30个省(区、市)经济绿色转型发展指数的时空演变

参考邱康权等(2022)的研究,使用三分位数划分法进行Markov分析,可以动态掌握30个省(区、

表7 2011—2020年30个省(区、市)经济绿色转型发展指数

省(区、市)	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年
北京	0.6569	0.6717	0.6838	0.7020	0.6963	0.7182	0.7366	0.7240	0.7329	0.7398
天津	0.5314	0.5466	0.5505	0.5516	0.5664	0.5660	0.5896	0.5832	0.6091	0.5889
河北	0.4210	0.4346	0.4528	0.4712	0.4912	0.5145	0.5351	0.5641	0.5590	0.5579
上海	0.5230	0.5411	0.5505	0.5711	0.5854	0.6102	0.6274	0.6164	0.6321	0.6342
江苏	0.4759	0.4919	0.5068	0.5150	0.5343	0.5536	0.5588	0.5708	0.5765	0.5863
浙江	0.4769	0.4905	0.5035	0.5226	0.5381	0.5598	0.5666	0.5769	0.5942	0.5997
福建	0.4871	0.5006	0.5133	0.5131	0.5371	0.5462	0.5577	0.5580	0.5760	0.5754
山东	0.4507	0.4642	0.4844	0.5063	0.5019	0.5378	0.5504	0.5449	0.5540	0.5469
广东	0.5004	0.5141	0.5319	0.5351	0.5594	0.5774	0.5969	0.6110	0.6220	0.6214
海南	0.4653	0.4811	0.4829	0.4810	0.4897	0.5056	0.5100	0.5254	0.5368	0.5421
山西	0.4174	0.4278	0.4453	0.4452	0.4581	0.4829	0.5047	0.5215	0.5299	0.5306
安徽	0.4522	0.4610	0.4820	0.4881	0.5034	0.5226	0.5363	0.5441	0.5643	0.5604
江西	0.4930	0.5043	0.5104	0.5134	0.5282	0.5420	0.5672	0.5818	0.5906	0.6004
河南	0.3984	0.4080	0.4241	0.4494	0.4568	0.4998	0.5200	0.5348	0.5482	0.5394
湖北	0.4605	0.4727	0.4915	0.5061	0.5179	0.5422	0.5535	0.5664	0.5807	0.5670
湖南	0.4711	0.4839	0.4959	0.5112	0.5343	0.5534	0.5621	0.5776	0.5935	0.5943
内蒙古	0.4728	0.4840	0.5029	0.5129	0.5191	0.5399	0.5361	0.5248	0.5248	0.5136
广西	0.4574	0.4616	0.4722	0.4816	0.4993	0.5091	0.5193	0.5286	0.5371	0.5378
重庆	0.5347	0.5515	0.5628	0.5686	0.5842	0.5997	0.6068	0.6102	0.6155	0.6260
四川	0.4905	0.4920	0.5076	0.5188	0.5369	0.5655	0.5851	0.5888	0.6003	0.6052
贵州	0.4341	0.4444	0.4725	0.4878	0.5154	0.5452	0.5617	0.5628	0.5820	0.5845
云南	0.4841	0.4910	0.4999	0.5015	0.5228	0.5356	0.5470	0.5543	0.5695	0.5675
陕西	0.5097	0.5148	0.5322	0.5386	0.5494	0.5612	0.5713	0.5754	0.5954	0.5967
甘肃	0.3932	0.4041	0.4108	0.4259	0.4347	0.4663	0.4878	0.5016	0.5171	0.5245
青海	0.4304	0.4317	0.4305	0.4350	0.4527	0.4760	0.4749	0.4817	0.4920	0.4954
宁夏	0.3787	0.3889	0.4070	0.4187	0.4260	0.4581	0.4709	0.4795	0.4817	0.4917
新疆	0.3792	0.3748	0.3707	0.3779	0.3898	0.4006	0.4271	0.4318	0.4456	0.4495
辽宁	0.4691	0.4826	0.4943	0.4996	0.5026	0.4977	0.5238	0.5273	0.5401	0.5454
吉林	0.4718	0.4752	0.4886	0.5025	0.5187	0.5385	0.5307	0.5548	0.5574	0.5590
黑龙江	0.4741	0.4800	0.4950	0.4955	0.5200	0.5256	0.5398	0.5435	0.5535	0.5528

数据来源:作者计算所得。

表8 2020年30个省(区、市)经济绿色转型发展分项指数及排名

省(区、市)	A1	排名	A2	排名	A3	排名
北京	0.2706	1	0.2802	18	0.1890	1
天津	0.2011	3	0.2831	16	0.1047	30
河北	0.1208	23	0.2736	19	0.1636	3
上海	0.2331	2	0.2952	7	0.1059	29
江苏	0.1893	4	0.2658	25	0.1312	22
浙江	0.1793	6	0.2724	21	0.1481	11
福建	0.1630	8	0.2555	27	0.1568	7
山东	0.1444	12	0.2572	26	0.1452	15
广东	0.1878	5	0.2699	24	0.1636	2
海南	0.1321	18	0.2802	17	0.1299	25
山西	0.1246	21	0.2704	23	0.1356	18
安徽	0.1431	13	0.2863	12	0.1310	23
江西	0.1409	14	0.2982	5	0.1612	4
河南	0.1259	20	0.2834	15	0.1301	24
湖北	0.1361	16	0.2883	11	0.1426	16
湖南	0.1503	9	0.2962	6	0.1478	13
内蒙古	0.1182	26	0.2370	28	0.1585	6
广西	0.1182	24	0.2844	14	0.1352	19
重庆	0.1734	7	0.3049	3	0.1477	14
四川	0.1469	11	0.3072	1	0.1510	9
贵州	0.1234	22	0.3065	2	0.1547	8
云南	0.1182	25	0.2986	4	0.1508	10
陕西	0.1480	10	0.2888	10	0.1599	5
甘肃	0.1052	29	0.2847	13	0.1346	20
青海	0.1006	30	0.2714	22	0.1233	27
宁夏	0.1172	27	0.2265	29	0.1480	12
新疆	0.1126	28	0.2216	30	0.1152	28
辽宁	0.1333	17	0.2734	20	0.1387	17
吉林	0.1396	15	0.2901	9	0.1293	26
黑龙江	0.1266	19	0.2935	8	0.1327	21

数据来源:作者计算所得。

市)经济绿色转型发展指数的时空演变特征。以2011—2020年30个省(区、市)经济绿色转型发展指数的最高值与最低值之差与3的比值((0.7398—0.3707)/3),得出区间间隔值为0.1230,从而确定低水平区间为[0.3707,0.4937]。以2011—2020年经济绿色转型发展指数最低值0.3707与0.1230之和作为低水平区间的右端点和中水平区间的左端点,以此类推,从而得到中水平区间[0.4937,0.6167]和高水平区间[0.6167,0.7398]。根据时齐Markov方法,测算我国30个省(区、市)经济绿色转型发展指数在1—3年的转移概率矩阵如下式所示,其中 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ 分别表示1年、2年和3年的转移概率矩阵。

$$P_1 = \begin{pmatrix} 0.7660 & 0.2340 & 0 \\ 0 & 0.9756 & 0.0244 \\ 0 & 0.0833 & 0.9167 \end{pmatrix},$$
$$P_2 = \begin{pmatrix} 0.5556 & 0.4444 & 0 \\ 0 & 0.9645 & 0.0355 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$
$$P_3 = \begin{pmatrix} 0.4091 & 0.5909 & 0 \\ 0 & 0.9561 & 0.0439 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

从转移概率矩阵可以看出,若当年处于经济绿色转型*i*水平的省份,在未来1—3年内仍保持该水平的概率区间在[0.4091,1]范围内,并且没有出现跨区间转移。说明随着时间的推移,不同省份经济绿色转型发展指数仍然保持原有发展等级状态的概率较大,只有在3年转移概率矩阵中,从低水平区间转到中水平区间的概率超过了0.5,达到0.5909。我国30个省(区、市)经济绿色转型发展指数呈现如下转移趋势:一是经济绿色转型发展指数在短时期内较稳定,但长时期会有从低水平转移到中水平的可能性,说明流动性较弱,而且等级越高越不易发生转移;二是转移趋势基本都是从较低等级转移到较高等级,说明经济绿色转型发展水平在逐步优化,但跨等级转移较少,说明转型速度较慢;三是处于高等级水平的省份经济绿色转型发展指数较稳定,处于中等级的省份转移到高等级的概率较低,而从低等级省份转移到中等级概率较高,说明我国经济绿色转型发展水平仍处于低等级向中等级转移阶段,大部分经济绿色转型发展水平仍处于较低水平。

五、结语

综合前文应用分析发现,利用时空极差熵权法对评价指标体系进行赋权具有较强的客观性和片面性,同时,指标体系因具体指标和赋权法的选取会带来评价的不确定性,因此,未来在对经济绿色转型相关评价方法的应用上可从以下三个方面进行进一步的完善和拓展。

第一,优化评价指标。文章在指标选取上选取了包括经济绿色发展水平、资源环境承载水平和绿色转型支撑水平三个维度共30个指标进行测算,但囿于数据可得性,选取的指标主观性较强,指标数

量较少,指标之间存在一定相关性和替代性,不能全面体现区域经济绿色转型发展真实水平,未来可进一步充实和完善评价指标。

第二,细化空间尺度。在空间尺度选择上,文章只选用了全国四大板块和30个省(区、市)的指标数据,在研究维度上可进一步细化,如可研究全国地级市、重要中心城市、都市圈和城市群等不同维度的经济绿色转型发展指数。

第三,完善数据来源与评价方法。文章利用了时空极差熵权法对指标体系进行赋权,但此方法客观性较强,没有考虑到主观因素。后续在评价指标权重选取上可选用多种方法进行比较分析,利用不同的主观和客观赋权方法来进行测算。为更全面分析不同区域绿色转型发展水平的时空差异,未来研究中可探索利用更多时空差异性分析方法。在数据来源上除各类数据库外,可通过文本挖掘法、Python法、利用遥感数据等多元数据获取的方法来获得更真实、更准确的数据。

## 参考文献

- [1]戴星翼.走向绿色的发展[M].上海:复旦大学出版社,1999.
- [2]Pearce D, Markandya A, Barbier E B. Blueprint for a green economy[M]. London: Earthscan Publications Ltd, 1989.
- [3]UNEP. Toward a green economy pathways to sustainable development and poverty eradication [EB/OL]. [2021-06-23]. [http://www.unep.org/green\\_economy](http://www.unep.org/green_economy).
- [4]张俊飏.“绿色化”的重大意义及实现途径研究[M].北京:经济科学出版社,2022.
- [5]吴传清,黄磊,邓明亮,等.长江经济带创新型驱动与绿色转型发展研究[M].北京:中国社会科学出版社,2020.
- [6]郭付友,高思齐,佟连军,等.黄河流域绿色发展效率的时空演变特征与影响因素[J].地理研究,2022(1).
- [7]范正根,邓志康,张普伟,等.生态文明试验区绿色发展效率测度及其影响机理[J].统计与决策,2022(5).
- [8]胡安军,钟方雷.环境规制、企业家精神与区域经济绿色转型升级[J].统计与决策,2022(22).
- [9]刘强,马彦瑞,徐生霞.数字经济发展是否提高了中国绿色经济效率?[J].中国人口·资源与环境,2022(3).
- [10]林小希.经济集聚对绿色经济效率的影响[J].财经科学,2021(5).
- [11]张国兴,王涵,闫磊超.基于绿色发展效率的黄河流域资源型城市转型发展研究[J].区域经济评论,2021(5).
- [12]Yale Center for Environmental Law and Policy. EPI 2012: Environmental Performance Index and Pilot Trend Environmental Performance Index [R]. 2012.
- [13]OECD. Towards Green Growth: Monitoring Progress OECD Indicator[R].2011.
- [14]The World Bank. Inclusive green growth: the Pathway to Sustainable Development [R]. Washington D.C.: World Bank Publications, 2012.
- [15]Prapti M, Hugo P, Ludovica G, et al. Green Growth Index: Concept, Methods and Applications [R]. GGGI Technical Report No. 5, Seoul: Global Green Growth Institute, 2019.
- [16]Jha S, Sonia C S, Radtasisiri W. Inclusive Green Growth Index: a New Benchmark for Quality of Growth[M]. Asian Development Bank, 2018.
- [17]UNEP. Green Economy Indicators—Brief Paper [R].Paris: France, 2008.
- [18]关成华,韩晶.2019中国绿色发展指数报告:区域比较[M].北京:经济日报出版社,2020.
- [19]石敏俊,徐瑛.中国经济绿色发展的现状与实现路径[J].环境保护,2018(10).
- [20]欧阳志云,赵娟娟,桂振华,等.中国城市的绿色发展评价[J].中国人口·资源与环境,2009(5).
- [21]华强森.中国城市有多“绿”?——“城市可持续性指数”管窥[J].中国新时代,2011(4).
- [22]向书坚,郑瑞坤.中国绿色经济发展指数研究[J].统计研究,2013(3).
- [23]李晓西,刘一萌,宋涛.人类绿色发展指数的测算[J].中国社会科学,2014(6).
- [24]曾贤刚,段存儒.煤炭资源枯竭型城市绿色转型绩效评价与区域差异研究[J].中国人口·资源与环境,2018(7).
- [25]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(7).
- [26]蒋金荷,马露露,于宪荣.中国绿色经济转型评价及驱动因素研究[J].北京工业大学学报(社会科学版),2022(3).
- [27]陈同峰,陈珂,李凯,等.区域经济绿色转型评价指标体系研究[J].统计与决策,2019(20).
- [28]赵奥,武春友.中国经济绿色转型态势系统评价:基于熵-OWA算子与灰关联改进TOPSIS[J].技术经济,2018(7).
- [29]冯小明,黄森.FDI偏好对中国区域经济绿色转型的影响[J].首都经济贸易大学学报,2018,20(6).
- [30]高翔,何欢浪.清洁生产、绿色转型与企业产品质量升级[J].统计研究,2021,38(7).
- [31]胡浩志,孙立雪.高铁开通促进了城市绿色转型吗?[J].财贸研究,2022(5).
- [32]戴翔,杨双至.数字赋能、数字投入来源与制造业绿色化转型[J].中国工业经济,2022(9).
- [33]聂雷,王圆圆,张静,等.资源型城市绿色转型绩效评价:来自中国114个地级市的检验[J].技术经济,2022(4).
- [34]吴非,黎伟.税收激励与企业绿色转型:基于上市企业年



- 报文本识别的经验证据[J].财政研究,2022(4).
- [35]陈国进,丁赛杰,赵向琴,等.中国绿色金融政策、融资成本与企业绿色转型:基于央行担保品政策视角[J].金融研究,2021(12).
- [36]万攀兵,杨晁,陈林.环境技术标准何以影响中国制造业绿色转型:基于技术改造的视角[J].中国工业经济,2021(9).
- [37]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(8).
- [38] Tanguay G A, Rajaonson J, Lefebvre J F, et al. Measuring the Sustainability of Cities: An Analysis of the Use of Local Indicators [J]. Ecological Indicators, 2010 (2).
- [39]程钰,王晶晶,王亚平,等.中国绿色发展时空演变轨迹与影响机理研究[J].地理研究,2019(11).
- [40]张继宏,程芳萍.“双碳”目标下中国制造业的碳减排责任分配[J].中国人口·资源与环境,2021,31(9).
- [41]邱康权,陈静,吕雁琴.中国营商环境综合发展水平的测度、地区差异与动态演变研究[J].数量经济技术经济研究,2022,39(2).

### Discussion and Application on the Evaluation Method of Economic Green Transformation Development Index

Meng Xiaoqian    Wu Chuanqing

**Abstract:** Based on the relevant research results of the academic circles about the evaluation of green development level and the evaluation of economic green transformation development level, the trinity economic green transformation development index is built from three aspects: the level of economic green development, the level of resource and environment carrying capacity, and the level of green transformation support. The space-time range entropy method, Gini coefficient, Theil index,  $\sigma$  Convergence, Markov analysis and other evaluation methods are used to evaluate the green transformation development level of different regional economies. Taking the eastern, central, western and northeast four plates as the research object, the analysis shows that the economic green transformation development index of the four plates is rising year by year, the development level of economic green transformation among different plates is relatively balanced, and the regional difference is not large and the trend is gradually converging. Taking 30 provinces of China as the research object, the analysis shows that the development index of economic green transformation in different provinces is gradually rising, but the development speed of economic green transformation is relatively slow. There are significant differences among the three sub indicators of green transformation and development of the economy in 30 provinces.

**Key Words:** Green Transformation; Spatial-Temporal Polar Entropy Weight; Evaluation Method; Regional Differences

(责任编辑:文 锐)