

山东省低碳物流与区域经济的耦合协调研究

红光, 田栋*, 乔洪滨, 王硕

内蒙古工业大学经济管理学院, 内蒙古 呼和浩特 010051

摘要:为分析山东省低碳物流与区域经济的耦合协调发展水平,构建低碳物流与区域经济评价指标体系,采用熵权法和耦合协调度模型分析山东省2014—2023年低碳物流和区域经济综合发展水平的耦合协调度,分析影响二者协调发展的主要因素。结果表明:山东省2014—2023年低碳物流和区域经济综合发展水平均持续增长,低碳物流综合发展水平得分由0.066 3增至0.912 6,区域经济综合发展水平得分由0.032 1增至0.994 6;二者的耦合协调度不断增大,由0.215增至0.976,耦合协调水平经历了由中度失调转为初级协调再到优质协调的变化过程;区域经济有序度和低碳物流有序度显著正相关,二者呈高度协同的交互机制,未来协调发展趋势持续向好;制约低碳物流与区域经济协调发展主要因素分别为生态水平和产业结构。可通过优化运输网络、推动能源结构转型、推广绿色物流技术应用、发展低碳农业等措施,实现山东省物流的低碳化转型和区域经济的高质量发展。

关键词:低碳物流;区域经济;耦合协调度;熵权法

中图分类号:[U-9];F259.27

文献标志码:A

文章编号:1672-0032(2025)05-0025-08

引用格式:红光, 田栋, 乔洪滨, 等. 山东省低碳物流与区域经济的耦合协调研究[J]. 山东交通学院学报, 2025, 33(5): 25-32.

HONG Guang, TIAN Dong, QIAO Hongbin, et al. Research on the coupling coordination of low-carbon logistics and regional economy in Shandong Province[J]. Journal of Shandong Jiaotong University, 2025, 33(5): 25-32.

0 引言

现代物流业作为集成运输、仓储、信息等核心功能的系统性服务体系,是链接生产端与消费端的关键通道,其低碳化转型对可持续发展具有重要意义。山东省作为经济与人口大省,物流活动密集且能耗强度较高,推动物流业低碳化转型已成为解决环境保护与经济发展间的矛盾,实现高质量发展的关键路径。深入研究低碳物流与区域经济的耦合协调关系,对山东省物流业绿色低碳转型与可持续发展具有重要的现实意义。

学者们从不同视角探讨区域物流与区域经济的耦合协调关系。孔庆华^[1]、刘贵生^[2]和李娟^[3]认为区域物流和区域经济相互促进,协同作用明显。何波等^[4]分析长江经济带11省市耦合协调度的差异状况及时空效应,提出促进系统可持续发展的建议。薛阳等^[5]认为长江经济带数字物流和物流高质量发展的协调程度逐年增强,空间正相关性显著。何珊珊^[6]、王栋等^[7]采用耦合协调度模型分析山东省区域物流与区域经济的耦合协调发展水平,认为二者协同作用显著,且未来耦合协调等级不断提高。贾春光等^[8]探究山

收稿日期:2024-09-25

基金项目:内蒙古直属高校基本科研业务费项目(JY20220430);内蒙古工业大学教改项目(LSC2021001)

第一作者简介:红光(1970—),女,内蒙古锡林浩特人,副教授,硕士研究生导师,经济学博士,主要研究方向为产业经济, E-mail:2428549353@qq.com。

*通信作者简介:田栋(1998—),男,山东烟台人,硕士研究生,主要研究方向为区域物流、区域经济, E-mail:tiantong0810@qq.com。

东省物流业与区域经济耦合协调度的时空演化,认为二者协调水平逐步提高,但省内梯度差异显著。

低碳化发展背景下,低碳物流研究得到学者的广泛关注。杨扬等^[9]探究云南省低碳物流和区域经济的耦合协调发展水平,并分析影响协调发展的因素,认为两系统处于初级协调发展阶段,提升空间较大。刘聪等^[10]从经济视角测算低碳物流产业效率,分析评价指标对区域经济发展的不同影响程度。李江珊^[11]分析浙江省低碳物流与区域经济的耦合协调情况,认为二者协调水平不断优化,未来趋于良好。郭子雪等^[12]基于耦合协调度模型和耦合协调弹性系数分析京津冀低碳物流与区域经济耦合协调发展水平。已有研究多聚焦传统模式下区域物流与区域经济的互动关系,针对低碳物流与区域经济的耦合协调机制关键影响因素的研究较少。随着低碳需求持续增大,深化低碳物流与区域经济耦合协调研究已成为统筹减排目标与经济增长需求的核心课题。

本文基于低碳经济背景,建立低碳物流与区域经济的评价指标体系,采用熵权法与耦合协调度模型,根据山东省 2014—2023 年的面板数据,分析其低碳物流与区域经济耦合协调发展水平及影响二者协调发展的关键因素,提出物流低碳化转型与区域经济高质量发展的相关建议。

1 评价指标与研究方法

1.1 评价指标体系构建

结合文献[13]及山东省实际发展情况,构建系统化与层次化、科学性与可行性、代表性与全局性相结合的山东省低碳物流与区域经济评价指标体系,如表 1 所示。

表 1 山东省低碳物流与区域经济评价指标体系

系统层	一级指标	二级指标	指标类型	权重/%
低碳物流	基础设施	铁路通车里程(km)	正向	7.58
		公路通车里程(km)		7.88
		邮路总长度(km)		9.73
		民用载货汽车拥有量(万辆)		9.50
	产业规模	货运量(万 t)	正向	8.51
		货物周转量(百万 t·km)		12.37
		物流业生产总值(亿元)		9.51
	生态水平	物流业碳排放总量(万 t)	负向	9.72
		物流业低碳化水平(亿元/万 t)	正向	12.26
		碳生产率(亿元/万 t)	正向	12.93
区域经济	经济总量	地区生产总值(亿元)	正向	7.93
		社会消费品零售总额(亿元)		7.10
		进出口贸易总额(亿美元)		13.12
		固定资产投资总额(亿元)		4.67
		年末常住人口(万人)		5.42
	产业结构	第一产业增加值(亿元)	正向	17.24
		第二产业增加值(亿元)		9.20
		第三产业增加值(亿元)		7.20
	经济效益	人均地区生产总值(元)	正向	8.06
		地方一般公共预算收入(亿元)		5.59
		城镇居民消费水平(元)		6.65
		农村居民消费水平(元)		7.81

采用物流业生产总值与物流业碳排放总量之比表示物流业低碳化水平,主要衡量物流业在减少碳排放、实现可持续发展方面的成效;采用地区生产总值与碳排放总量之比表示碳生产率,主要衡量经济增长与碳排放间的关系。人均地区生产总值是排除人口扰动后判定某地区经济运行状况的有效指标,也是衡量经济发展与人民生活水平的宏观经济指标。相关数据来源于2015—2024年的《山东省统计年鉴》《山东省国民经济和社会发展统计公报》等。

1.2 研究方法

1.2.1 熵权法

熵权法能克服主观赋权的主观性和随机性,计算结果较准确。

数据预处理是确保数据分析准确和有效的关键步骤。需对不同量纲的数据进行标准化处理,将数据转化为无量纲数值,消除分析偏差。标准化处理公式为^[14-15]:

$$Z_{ij} = \begin{cases} (z_{ij} - \min z_{ij}) / (\max z_{ij} - \min z_{ij}), & z_{ij} \text{ 为正向指标} \\ (\max z_{ij} - z_{ij}) / (\max z_{ij} - \min z_{ij}), & z_{ij} \text{ 为负向指标} \end{cases}, i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n,$$

式中: z_{ij} 为第 i 个样本第 j 个评价指标的原始数据,即序参量; Z_{ij} 为对第 i 个样本第 j 个评价指标数据进行标准化处理后结果,即序参量对子系统的有序度; m 为样本数; n 为指标数。

计算第 i 个样本第 j 个指标的数据与该指标数据总和之比

$$P_{ij} = Z_{ij} / \sum_{i=1}^m Z_{ij}。$$

计算第 j 个指标的信息熵

$$e_j = - \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij}。$$

计算第 j 个指标的信息效用值

$$d_j = 1 - e_j。$$

计算第 j 个指标的权重

$$w_j = d_j / \sum_{j=1}^n d_j。$$

计算第 i 个样本的得分

$$U_i = \sum_{j=1}^n w_j Z_{ij}。$$

1.2.2 耦合协调度模型

耦合协调度模型用于测度多系统间交互作用的协调水平,能检验不同系统的构成要素能否通过高效的功能匹配,驱动整体高效发展。其中耦合度反映系统间相互依赖的程度,协调指数表征系统协同演进的良性状态,即系统间要素是否通过功能匹配实现有序发展。

计算低碳物流与区域经济间的耦合度^[16-17]

$$C = 2\sqrt{U_l U_e} / (U_l + U_e),$$

式中: U_l 为低碳物流子系统综合发展水平得分, U_e 为区域经济子系统综合发展水平得分。

$C \in [0, 1]$, C 越大,表明低碳物流与区域经济系统间离散程度越小,关联性越强。

计算低碳物流与区域经济间的协调指数

$$T = \alpha U_l + \beta U_e,$$

式中: α, β 为待定系数,满足 $\alpha + \beta = 1$,低碳物流与区域经济两系统同等地位,重要性相同,取 $\alpha = \beta = 0.5$ 。

耦合协调度

$$D = \sqrt{CT}。$$

耦合协调度结合了耦合度和协调指数,用于评估系统间的协调发展程度, $D \in [0, 1]$, D 越大,表明低碳物流与区域经济系统间耦合协调水平越高,相关性越紧密。

将耦合协调度划分为 10 个协调等级^[18-20],划分标准如表 2 所示。

表 2 耦合协调度等级划分标准

耦合协调度	协调等级	基本类型	耦合协调度	协调等级	基本类型
[0,0.1)	1	极度失调	[0.5,0.6)	6	勉强协调
[0.1,0.2)	2	严重失调	[0.6,0.7)	7	初级协调
[0.2,0.3)	3	中度失调	[0.7,0.8)	8	中级协调
[0.3,0.4)	4	轻度失调	[0.8,0.9)	9	良好协调
[0.4,0.5)	5	濒临失调	[0.9,1.0]	10	优质协调

2 实证分析

2.1 山东省低碳物流与区域经济发展分析

基于山东省 2014—2023 年的统计数据,首先通过熵权法计算得到各评价指标的权重(见表 1),再计算低碳物流与区域经济的综合发展水平得分及二者的耦合协调度,结果如表 3 所示。

表 3 山东省低碳物流与区域经济综合发展水平得分及二者的耦合协调度

年份	U_l	U_e	发展类型	C	T	D	耦合协调类型
2014	0.066 3	0.032 1	区域经济滞后型	0.938	0.049	0.215	中度失调
2015	0.105 8	0.123 5	低碳物流滞后型	0.997	0.115	0.338	轻度失调
2016	0.155 5	0.192 0	低碳物流滞后型	0.994	0.174	0.416	濒临失调
2017	0.306 1	0.286 6	区域经济滞后型	0.999	0.296	0.544	勉强协调
2018	0.396 8	0.377 0	区域经济滞后型	1.000	0.387	0.622	初级协调
2019	0.470 6	0.449 6	区域经济滞后型	1.000	0.460	0.678	初级协调
2020	0.693 1	0.520 6	区域经济滞后型	0.990	0.607	0.775	中级协调
2021	0.844 4	0.815 4	区域经济滞后型	1.000	0.830	0.911	优质协调
2022	0.893 9	0.901 0	低碳物流滞后型	1.000	0.897	0.947	优质协调
2023	0.912 6	0.994 6	低碳物流滞后型	0.999	0.954	0.976	优质协调

2.1.1 综合发展水平

由表 3 可知:山东省 2014—2023 年的低碳物流和区域经济综合发展水平均持续增长,区域高质量发展特征显著。山东省在保持经济强劲增长的同时,通过强化低碳政策与资源投入,推动物流全链条生产要素低碳化转型,缓解碳排放压力并加速物流业绿色升级^[21-22]。

低碳物流综合发展水平得分从 2014 年的 0.066 3 增至 2023 年的 0.912 6,发展水平稳步提高。通过优化运输结构、提高能效水平、推广绿色物流模式等措施,有效降低物流业碳排放强度,为全省及全国实现绿色低碳发展目标提供支撑。在“十四五”期间,山东省积极探索低碳城市建设路径,加快推进低碳示范区建设,立足区域禀赋发展绿色低碳物流,如青岛港率先通过制氢-加氢-用氢全链条布局,规模化应用清洁动力载具并配套加氢站,助力港口运输减排降耗;济南“齐鲁号”欧亚班列绿色升级,创新采用循环包装与电子运单技术显著降低跨境运输碳排放。

区域经济综合发展水平得分从 2014 年的 0.032 1 增至 2023 年的 0.994 6,发展势头良好。山东省区域经济增长是产业结构优化、现代化基础设施网络持续完善、内需市场扩大及金融政策和科技创新支持等多要素协同驱动的结果。在政策层面,重点推动新旧动能接续转换、经济结构优化升级与投资效率提

高,实现经济发展质量的提高。

2.1.2 耦合协调度

由表 3 可知:山东省 2014—2023 年低碳物流与区域经济的耦合协调度由 0.215 增至 0.976,经历了由中度失调转为初级协调再到优质协调。2017 年前,低碳物流与区域经济耦合协调水平较低,相互间影响微弱;2017 年后,二者的耦合协调度明显增大,这与国家及山东省出台的相关政策密切相关。2017 年,《国务院办公厅关于进一步推进物流降本增效促进实体经济发展的意见》实施后,山东省积极响应并切实落实政策要求,通过激发市场主体活力,促进经济社会与资源环境协调发展,加速区域低碳转型进程。

分析低碳物流与区域经济子系统有序度的相关性,拟合得到线性回归方程如图 1 所示。

由图 1 可知:皮尔逊相关系数为 0.981($p<0.01$),说明区域经济有序度和低碳物流有序度显著正相关;决定系数 $R^2=0.962$,线性模型解释力强,低碳物流与区域经济呈高度协同的交互机制,未来协调发展趋势持续向好。

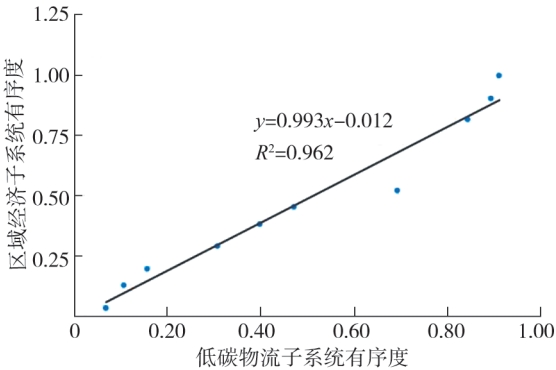


图 1 低碳物流与区域经子系统有序度的线性拟合

2.2 制约耦合协调发展的影响因素分析

为实现低碳物流与区域经济协调可持续发展,需识别二者子系统模块中影响协调发展的关键指标因素。低碳物流子系统各模块的有序度如表 4 所示。

表 4 低碳物流子系统各模块的有序度

年份	有序度			年份	有序度		
	基础设施	产业规模	生态水平		基础设施	产业规模	生态水平
2014	0.005 78	0.001 55	0.049 07	2019	0.248 27	0.138 79	0.073 49
2015	0.022 85	0.008 22	0.064 75	2020	0.245 63	0.143 55	0.293 93
2016	0.045 90	0.037 37	0.062 26	2021	0.307 52	0.215 66	0.311 18
2017	0.170 37	0.093 84	0.031 87	2022	0.328 21	0.265 16	0.290 48
2018	0.204 40	0.119 93	0.062 46	2023	0.344 31	0.288 37	0.269 82

由表 4 可知:山东省 2014—2023 年的低碳物流子系统各模块有序度总体增大,2016 年后增速明显加快,这与《山东省邮政和快递服务业转型升级实施方案》的实施密切相关。该政策通过优化行业结构与服务体系,全面提高邮政普遍服务运营效率和服务质量。2020 年受阶段性波动因素影响,物流运输规模减小,碳排放量阶段性下降,生态水平模块有序度短期快速增大后略减,需注意经济复苏过程中的持续减排压力,防范温室气体增量风险。这表明生态水平模块对低碳物流发展具有显著约束效应,各指标的有序度如表 5 所示。

表 5 生态水平模块各指标的有序度

年份	有序度			年份	有序度		
	物流业碳排放总量	物流业低碳化水平	碳生产率		物流业碳排放总量	物流业低碳化水平	碳生产率
2014	0.504 82	0	0	2019	0.038 16	0.293 30	0.261 61
2015	0.470 61	0.052 74	0.096 98	2020	1.000 00	0.667 75	0.888 33
2016	0.350 00	0.094 40	0.128 87	2021	0.785 53	0.860 71	1.000 00
2017	0	0.170 34	0.084 99	2022	0.553 51	0.935 52	0.943 44
2018	0.087 72	0.231 15	0.197 94	2023	0.321 93	1.000 00	0.896 58

由表 5 可知:山东省 2014—2023 年物流业低碳化水平与碳生产率的有序度总体增大,2019 年后增速显著。山东省工业化、城市化进程加速,对能源和资源的依赖度较高,使经济增长与碳排放正向相关。表明山东省在保障稳健发展经济的同时稳步推进物流低碳转型,通过实施“公转铁”“公转水”运输结构调整,推广低能耗运输方式与资源节约型生产模式,构建多主体减排机制。2014—2017 年物流业碳排放总量(负向指标)的有序度持续减小,2019—2020 年短期增大后持续回落;物流业碳排放排放总量逐年增长,但在“双碳”目标约束下增速明显趋缓,说明产业结构低碳化对经济-资源-环境协同起到促进作用。持续减少物流业碳排放量将强化生态支撑能力,为山东新旧动能转换与绿色低碳高质量发展注入新动力^[23-24]。

区域经济子系统各模块有序度如表 6 所示。由表 6 可知:山东省 2014—2023 年区域经济子系统中经济总量、产业结构、经济效益的有序度持续增大,主要受工业与农业经济稳步增长、产业结构优化及政策支持等因素驱动。其中产业结构模块的发展水平相对滞后,其具体指标的有序度如表 7 所示。

表 6 区域经济子系统各模块的有序度				表 7 产业结构模块各指标的有序度			
年份	有序度			年份	有序度		
	经济总量	产业结构	经济效益		第一产业增加值	第二产业增加值	第三产业增加值
2014	0.022 11	0	0	2014	0	0	0
2015	0.041 54	0.035 53	0.036 48	2015	0.105 82	0.098 94	0.113 64
2016	0.079 31	0.035 82	0.069 33	2016	0.018 67	0.159 44	0.249 07
2017	0.124 14	0.055 59	0.096 90	2017	0.020 11	0.269 16	0.379 97
2018	0.166 07	0.069 84	0.131 15	2018	0.089 09	0.317 39	0.351 16
2019	0.177 30	0.101 91	0.160 38	2019	0.186 25	0.369 66	0.497 17
2020	0.205 90	0.133 11	0.171 63	2020	0.331 41	0.392 64	0.553 50
2021	0.322 01	0.247 96	0.235 38	2021	0.720 60	0.745 69	0.765 62
2022	0.353 14	0.297 75	0.240 06	2022	0.878 45	0.921 47	0.854 55
2023	0.367 06	0.336 40	0.281 10	2023	1.000 00	1.000 00	1.000 00

由表 7 可知:产业结构模块中,3 个指标有序度波动增大,其中第三产业增加值的有序度增速最快,且高于第一、二产业增加值的有序度,主要受益于教育、医疗、文化等服务需求增长带动的市场扩张;第一产业增加值的有序度偏小,在一定程度上限制了区域经济的发展,亟需通过产业扶持与结构优化突破发展瓶颈。

2.3 相关建议

优化物流运输网络,推广绿色交通。针对物流运输需求增大带来的交通拥堵和环境污染问题,构建智能化多式联运网络,推进“公转铁”“公转水”运输模式,结合低空无人机物流配送技术智能规划末端配送路径,提高城乡末端物流低碳化水平;推广使用氢能源卡车、电动船舶等清洁动力运输工具,同步建设配套的加氢站与充电设施,实现运输过程低碳化监控与管理^[25-26]。

推动能源结构转型,提高能源利用效率。基于山东省工业能源消耗较高的现状,建议充分利用物流枢纽的大面积屋顶资源,安装光伏发电系统,结合储能系统调节供需;在仓储环节采用节能型自动化分拣设备,开发余热回收技术用于冷链保温,构建能源生产、传输与消耗实时联动的智能管理系统^[27-28]。

推广绿色物流技术,建立绿色供应链。建立覆盖全链条的碳排放在线监测平台,推广可循环包装箱和标准化物流容器;应用虚拟仓库技术实现多地库存共享,借助人工智能预测优化存货周转;创新开发绿色信贷与碳交易金融产品,支持企业引入碳捕获技术和环保材料。

发展低碳农业,推动农业绿色转型。针对农业基础设施薄弱、农业产业化程度较低等问题,通过科技创新提高农业废弃物的二次利用率,减少对环境造成的污染^[29-30];加大对低碳农业的财政补贴和政策支

持,打造绿色农业生产链,增加农产品附加值。

3 结束语

构建低碳物流与区域经济的发展评价指标体系,基于熵权法与耦合协调度模型,分析山东省 2014—2023 年低碳物流与区域经济的综合发展水平及二者的耦合协调发展水平。低碳物流与区域经济的综合发展水平持续增长,山东省在保持经济强劲增长的同时,通过强化低碳政策与资源投入,推动物流低碳化转型;低碳物流与区域经济的耦合协调发展水平不断提高,经历了由中度失调转为初级协调再到优质协调的变化过程;低碳物流有序度与区域经济有序度显著正相关,低碳物流与区域经济呈高度协同的交互机制,未来协调发展趋势持续向好;限制低碳物流与区域经济协调发展的关键因素分别为生态水平模块和产业结构模块,加速两模块核心指标建设是提高低碳物流与区域经济耦合协调等级的关键路径。

参考文献:

- [1] 孔庆华. 区域物流与区域经济发展关系研究[J]. 物流技术, 2013, 32(17):268-270.
- [2] 刘贵生. 现代物流与区域经济发展研究[J]. 生产力研究, 2015(1):52-54.
- [3] 李娟. 区域物流与区域经济之间的关系研究[J]. 统计与管理, 2016, 31(9):42-43.
- [4] 何波,殷旅江,贾静,等. 长江经济带物流-经济-环境系统耦合协调度评价及时空效应[J]. 中国流通经济, 2023, 37(7):29-39.
- [5] 薛阳,郭世乐,冯银虎. 长江经济带数字物流与物流高质量发展[J]. 华东经济管理, 2024, 38(3):23-34.
- [6] 何珊珊. 区域物流与经济高质量发展的协调发展研究:以山东省为例[J]. 中国商论, 2024(6):91-94.
- [7] 王栋,丁浩. 山东省区域物流与区域经济耦合协调发展研究[J]. 甘肃科学学报, 2020, 32(6):143-147.
- [8] 贾春光,程钧谟,谭晓宇,等. 山东省物流业与区域经济耦合协调及时空演化研究[J]. 铁道运输与经济, 2019, 41(11):14-19.
- [9] 杨扬,李燕. 低碳物流与区域经济耦合协调研究:以云南省为例[J]. 生态经济, 2023, 39(6):86-92.
- [10] 刘聪,李珍珍. 长三角低碳物流对区域经济发展的影响分析[J]. 华东经济管理, 2023, 37(1):33-40.
- [11] 李江珊. 浙江省低碳物流与区域经济耦合协调研究[J]. 中国商论, 2024(4):88-91.
- [12] 郭子雪,曹秀萌. 低碳视角下物流产业与区域经济耦合协调发展:以京津冀为例[J]. 河北农业大学学报(社会科学版), 2022, 24(2):16-24.
- [13] 谈晓勇,叶爽. 低碳物流与区域经济耦合及驱动因素研究:基于重庆市数据实证检验[J]. 武汉商学院学报, 2024, 38(2):21-27.
- [14] 周泰. 低碳视角下区域物流与生态环境协调发展研究[J]. 统计与信息论坛, 2021, 36(6):62-72.
- [15] 宋二行,周晓唯. 中国区域物流竞争力评价及其协调发展研究[J]. 价格月刊, 2020(8):70-78.
- [16] 李晓梅,赵晓洁,李焕焕. 数字物流与区域韧性耦合协调发展研究[J]. 华东经济管理, 2024, 38(8):82-93.
- [17] 刘洋,许继红,刘媛媛. 黄河流域生态环境与文旅产业耦合协调关系研究[J]. 经济问题, 2024(2):105-112.
- [18] 李林红,廖鑫,侯正权. 云南省区域物流与绿色旅游经济耦合协调实证研究[J]. 生态经济, 2021, 37(5):132-138.
- [19] 杨立,黄涛珍. 基于耦合协调度模型的生态文明与新型城镇化作用机理及关系研究[J]. 生态经济, 2019, 35(12):60-66.
- [20] 郭湖斌,邓智团. 长江经济带区域物流与区域经济耦合协调发展研究[J]. 当代经济管理, 2019, 41(5):41-48.
- [21] 陈莹. 经济高质量发展背景下我国区域物流能力评价与提升对策:以山东省为例[J]. 商业经济研究, 2021(15):113-116.
- [22] 来逢波,孙婷,李庆军,等. 山东省交通运输-区域经济-生态环境耦合协调时空演变研究[J]. 济南大学学报(自然科学版), 2024, 38(5):526-532.
- [23] 王军,宋纪薇. 物流业对经济增长与生态环境协调发展的影响研究[J]. 北京交通大学学报(社会科学版), 2023, 22(1):90-101.
- [24] 张清华,于振山,郭兰英. 中国物流业与经济高质量协调发展时空演化研究[J]. 经济问题, 2023(2):60-68.

- [25] 郭湖斌, 齐源. 长三角区域物流与区域经济协同发展水平及空间协同特征研究[J]. 经济问题探索, 2018(11): 77-85.
- [26] 马信春, 赵思雅, 胡宝华, 等. 高质量发展背景下边疆区物流与区域经济协调发展研究:以新疆为例[J]. 资源开发与市场, 2023, 39(5):591-599.
- [27] 李宝库, 李销. 长三角区域物流与区域经济互动关系研究:基于苏、浙、皖、沪的实证[J]. 华东经济管理, 2020, 34(8):26-32.
- [28] 徐昊, 窦亚冬. 长江经济带物流业发展对经济增长的冲击效应[J]. 商业经济研究, 2023(15):87-90.
- [29] 朱小刚, 詹丽珍. 数字经济与农村物流的耦合协调关系测度研究[J]. 南昌大学学报(人文社会科学版), 2024, 55(2):57-71.
- [30] 郭湖斌, 齐源. 基于耦合模型的长三角区域物流与区域经济协调发展研究[J]. 工业技术经济, 2018, 37(10): 51-58.

Research on the coupling coordination of low-carbon logistics and regional economy in Shandong Province

HONG Guang, TIAN Dong^{}, QIAO Hongbin, WANG Shuo*

School of Economics and Management, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot 010051, China

Abstract: To analyze the coupling coordination development level between low-carbon logistics and regional economy in Shandong Province, a multidimensional evaluation index system for low-carbon logistics and regional economy is constructed. The entropy weight method and a coupling coordination degree model are employed to assess the comprehensive development levels of low-carbon logistics and regional economy and their coupling coordination degree in Shandong Province from 2014 to 2023, identifying key factors influencing their coordinated development. Results indicate that the comprehensive development levels of both low-carbon logistics and regional economy in Shandong Province continuously increase from 2014 to 2023, with the low-carbon logistics composite score rising from 0.066 3 to 0.912 6 and the regional economy composite score growing from 0.032 1 to 0.994 6. The coupling coordination degree increases from 0.215 to 0.976, transitioning from moderate imbalance to primary coordination and further to high-quality coordination. The order degree of regional economy and low-carbon logistics shows a significant positive correlation, reflecting a highly synergistic interaction mechanism with sustained positive coordination trends. The main constraints for coordinated development are ecological level and industrial structure. Shandong Province can achieve low-carbon transformation of logistics and high-quality development of the regional economy by optimizing transport networks, promoting energy structure transition, advancing green logistics technologies, and developing low-carbon agriculture.

Keywords: low-carbon logistics; regional economy; coupling coordination degree; entropy weight method

(责任编辑:赵玉真)