

“一带一路”沿线区域物流业绿色发展效率 时空动态演进 ——基于减污降碳视角

卢 亮

江苏大学管理学院, 江苏 镇江

收稿日期: 2024年10月28日; 录用日期: 2024年11月18日; 发布日期: 2025年1月17日

摘 要

本文基于超效率EBM模型, 科学测度了2012~2021年“一带一路”国内沿线区域物流业绿色发展效率(LIGDE), 深入剖析了研究区域的时空分布特征及其动态变化趋势。研究表明: 考察期内沿线整体区域LIGDE总体偏低, 仅有0.601。从时空角度探讨沿线区域LIGDE的发展规律, 核密度估计结果表明, 整体沿线表现出“发展水平先降后升、绝对差异缩小”的特征, 各分区LIGDE发展过程波折起伏且不尽相同。空间条件Markov链分析表明, 各区域LIGDE受到邻域水平的影响存在一定等级下降风险。揭示“一带一路”沿线区域LIGDE的时空动态演进, 不仅为政策制定者提供了科学依据, 还能够激励企业在技术创新和环保实践上不断进步, 推动“一带一路”物流业向绿色可持续发展迈进。

关键词

绿色发展效率, 超效率EBM-DEA模型, 核密度估计, 空间马尔科夫链

Spatio-Temporal Dynamic Evolution of Green Development Efficiency of Logistics Industry in Regions along the “Belt and Road”

—Based on the Perspective of Pollution Reduction and Carbon
Reduction

Liang Lu

School of Management, Jiangsu University, Zhenjiang Jiangsu

文章引用: 卢亮. “一带一路”沿线区域物流业绿色发展效率时空动态演进[J]. 电子商务评论, 2025, 14(1): 2115-2124.
DOI: 10.12677/ecl.2025.141264

Abstract

Based on the super efficiency EBM model, this paper scientifically measured the green development efficiency (LIGDE) of the logistics industry in the regions along the “Belt and Road” from 2012 to 2021, and deeply analyzed the spatial and temporal distribution characteristics and dynamic change trend of the research region. The research results indicate that during the investigation period, the overall LIGDE of the area along the line was relatively low, only 0.601. Exploring the development pattern of LIGDE along the line from a spatiotemporal perspective, the nuclear density estimation results show that the overall development level along the line exhibits a characteristic of “first decreasing and then increasing, and the absolute difference narrows”. The development process of LIGDE in each zone has ups and downs and is not entirely the same. The spatial conditional Markov chain analysis indicates that there is a certain level of risk of LIGDE degradation in each region due to the influence of neighborhood level. Revealing the temporal and spatial dynamic evolution of LIGDE in the regions along the “Belt and Road” not only provides a scientific basis for policy makers, but also can encourage enterprises to make continuous progress in technological innovation and environmental protection practices, and promote the “Belt and Road” logistics industry to move towards green and sustainable development.

Keywords

Green Development Efficiency, Super-Efficient EBM-DEA Model, Nuclear Density Estimation, Spatial Markov Chain

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2017 年 4 月 26 日, 环境保护部携手外交部、国家发展改革委员会及商务部, 联合颁布了《关于推进绿色“一带一路”建设的指导意见》, 这一举措标志着绿色“一带一路”倡议的正式启航。同年 10 月, 党的二十大报告明确, 要“协同推进降碳、减污、扩绿、增长, 推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展” [1]。由此可见, 新时代“一带一路”的绿色发展逐渐成为国家政府建设“一带一路”的核心内容和目标。鉴于我国在全球温室气体排放及空气质量方面的现状, 推动“一带一路”沿线物流业的绿色转型已成为不可逆转的趋势。绿色发展的核心在于优化效率, 这一效率指标综合衡量了社会、经济及环境三者的和谐共生状况。

当前针对绿色发展效率的研究较为丰富, 在研究方法上, 许多学者利用数据包络分析模型(DEA)构建投入产出测量体系。龚雪[2]运用 DEA-Tobit 模型分析了中国区域物流效率及其影响因素。随着双碳话题讨论热度的升高, 生态效率也逐渐成为研究热点。黄冬春等[3]结合了超效率 SBM 模型与 DEA 窗口分析法, 对长江中游城市群的旅游生态效率进行测度并分析其动态变化。此外, 大部分学者以我国区域物流业为对象进行研究。张瑞等[4]利用超效率 SBM 模型和 PVAR 模型测度分析中国 30 个省物流业的能源生态效率与其影响因素, 提出加快建设新型城镇化的建议。Wang Y 等[5]采用 SBM 模型的 GML 指数衡量中国物流业生态全要素能效, 发现中国与“一带一路”倡议成员国的贸易通过生态技术进步促进了物流业生态全要素能效。

综观当前物流业绿色发展效率研究领域的成果, 学者们普遍倾向于运用 DEA (数据包络分析) 相关模型作为评估工具。然而, 传统 DEA 模型在效率估算过程中常受到一定局限, 导致结果可能存在一定的偏差或误差, 较为主流的 SBM 模型存在对输入输出选择敏感和缺乏统计推断能力的缺点。而从研究视角和对象来看, 大多数学者从碳减排或者低碳角度, 对地区物流业的静态和动态物流效率值进行研究, 且缺少地区之间的时空演化分析; 研究对象多以中国 31 个省市、长三角或长江经济带区域为大多数。因此, 本文基于减污降碳视角, 将 2012~2021 年“一带一路”沿线地区物流业投入产出数据作为研究对象, 采用基于非期望产出的超效率 EBM-DEA 模型构建投入产出指标体系, 接着运用 KDE 核密度估计、空间马尔科夫链模型探究其时空演变特征, 为物流业绿色发展理论与实践研究提供一些科学参考价值。

2. 研究设计

2.1. 研究方法

1) 考虑非期望产出的超效率 EBM 模型。Tone & Tsutsui (2010) 提出的 EBM 模型兼容了径向和非径向的混合距离函数测度模型, 有效提高了测度结果准确性[6]。将 EBM 模型扩展成基于非期望产出的 EBM 模型[7]结合 Andersen 等[8]提出的超效率模型, 则非期望产出、非导向的超效率 EBM 模型形式如式(1):

$$\begin{aligned} \rho = \min_{\lambda, x, y} & \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}_i}{\chi_{io}} \\ & \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{\bar{y}_r^g}{y_{ro}^g} + \sum_{k=1}^{s_2} \frac{\bar{y}_k^g}{y_{ko}^g} \right) \\ \text{s.t. } & \bar{x} \geq \sum_{j=1, j \neq 0}^L \lambda_j x_j \\ & \bar{y}^g \leq \sum_{j=1, j \neq 0}^L \lambda_j y_j^g \\ & \bar{y}^b \geq \sum_{j=1, j \neq 0}^L \lambda_j y_j^b \\ & \bar{x} \geq x_o, \bar{y}^g \leq y_o^g, \bar{y}^b \geq y_o^b \\ & \bar{y}^g \geq 0, \bar{y}^b \geq 0, l \leq e\lambda \leq u, \lambda_j \geq 0 \\ & \bar{x}_i = x_{io} + s^- \quad (i=1, \dots, m) \\ & \bar{y}_r^g = y_{ro}^g - s^g \quad (r=1, \dots, s_1) \\ & \bar{y}_k^b = y_{ko}^b + s^b \quad (k=1, \dots, s_2) \end{aligned} \quad (1)$$

其中, p^* 为规模报酬不变情况下的最佳效率; θ 为径向部分的规划参数; ε_x 为关键参数, 满足 $0 \leq \varepsilon_x \leq 1$ 。 w_i^- 为投入指标的重要程度; s_i^- 为投入要素 i 的松弛量; ε_y 为关键参数; ϕ 为产出扩大比; s_r^+ 为 r 类期望产出的松弛变量; s_p^b 为 p 类非期望产出的松弛变量; w_r^+ , w_p^b 分别为两者的指标权重; b_{pk} 为决策单元 k 的第 p 类非期望产出; q 为非期望产出的数量; j 为决策单元; λ_j 为线性组合系数; j_o 表示当被评论决策单元为 $DMUj_o$ 时, 在剔除掉 $DMUj_o$ 的新的有效前沿面上 $DMUj$ 的超效率值。

2) Kernel 密度估计。核密度估计法作为非参数统计中的一种重要工具, 能够精确地捕捉并描绘出变量的分布的核心位置、具体形态、分布的延展广度以及潜在的极化趋势。本文采用该方法分析中国“一带一路”沿线各省市物流业绿色发展水平的动态演进趋势。传统的核密度估计式如式(2)~式(3)所示:

$$f(x) = \frac{1}{Nh} \sum_{i=1}^N k\left(\frac{X_i - x}{h}\right) \quad (2)$$

$$k(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\exp\left(-\frac{x^2}{2}\right)$$

(3)

其中 $f(x)$ 代表随机变量 X 的密度函数, $k(\cdot)$ 是高斯核函数。其中, N 代表观测值的个数, 而 h 为带宽, 影响着核密度曲线的估计的精确度与光滑程度: 当 h 增大时, 曲线变得更为平滑, 估计精度下降; 相反, 若 h 减小, 曲线则变得粗糙, 估计精度提高。

3) Markov 链分析。Markov 链分析方法是通过对构建 Markov 转移矩阵, 来呈现中国“一带一路”沿线各省市 LIGDE 分布的动态演进特征。Markov 链分析方法是一个随机过程 $\{x(t), t \in T\}$ 。参考刘华军[9]的方法, 令随机变量 $X_t = j$, 即在 T 时期的状态为 j , 该系统满足式(4):

$$P\langle X_t = j | X_{t-1} = i, X_{t-2} = i_{t-2}, \cdots, X_0 = i_0 \rangle = P\langle X_t = j | X_{t-1} = i \rangle = P_{ij}$$

(4)

其中, n_i 代表整个样本期内第 i 个物流业效率状态出现的总频次; 而 n_{ij} 特指物流业效率从第 i 个状态具体转向第 j 个状态所观察到的次数, 具体的计算公式如式(5)所示。

$$P_{ij}=\frac{n_{ij}}{n_i}$$

(5)

空间马尔科夫链(Spatial Markov Chain)是将“空间滞后”概念引入 Markov 分析过程, 通过对比非空间矩阵与空间矩阵中相对应元素的转移概率以及与相邻区域之间的关系, 能较好地揭示区域某属性变化过程中与相邻区域的空间相互作用关系及可能存在的空间溢出效应[10]。通过设定空间权重矩阵, 把 $N \times N$ 的转移概率矩阵分解为 $N \times N \times N$ 的转移概率矩阵, 则 P_{ij} 为某省份在 t 年空间滞后类型为 N_i 的情况下, 从 t 年的 i 类型转移到 $t + 1$ 年的 j 类型的概率, 进而揭示空间效应对“一带一路”沿线各省市 LIGDE 动态演进的影响。

2.2. 指标体系构建与数据说明

理论依据方面。基于物流业绿色发展效率的内涵界定, 参考龚雪[2]、张瑞和孙夏令[11]、龚瑞凤等[12]、李健和刘恋[13]的研究, 基于“减污降碳”视角构建物流业绿色发展效率评价指标体系如表 1 所示:

Table 1. The performance evaluation index system of the “Belt and Road” logistics industry under pollution reduction and carbon reduction

表 1. 减污降碳下“一带一路”物流业绩效评价指标体系

类别	一级指标	二级指标	单位
投入	资本投入	物流业固定资产投资额	亿元
	劳动力投入	物流业当年从业人数	万人
	基础设施投入	运输里程(公路 + 铁路)	公里
	能源投入	各地区每年的能源消费量	万吨标准煤
产出	期望产出	物流业生产总值	亿元
		货运总量	万吨
	非期望产出	CO ₂ 排放总量	百万吨
		PM2.5 浓度总量	微克

鉴于没有直接数据统计物流业的碳排放数据和 PM2.5 浓度总量数据, 本文借鉴闫妍[14]的研究方法, 对“一带一路”沿线省市的物流行业碳排放量进行估算, 计算公式如下:

$$CO_2 = \sum_{i=1}^n E_i \times EF_i$$

(6)

$$EF_i = NCV_i \times NCE_i \times COF_i \times \frac{44}{12}$$

(7)

其中，CO₂是碳排放总量，E_i是能源消耗，EF_i是碳排放因子，NCV_i是平均低热量值，NCE_i是单位热量值的碳含量，COF_i是碳氧化速率，排放系数参考 IPCC2006 年版《国家温室气体清单指南》和《中国能源统计年鉴》。物流业 PM2.5 浓度总量的数据则采用地区物流业 GDP 占地区 GDP 总量的比值与地区 PM2.5 的数值乘积表示。我国“一带一路”沿线 17 个区域 2012~2021 年的初始投入和产出指标数据来源于《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国物流业统计年鉴》、EPS 数据库和国泰安数据库。

3. “一带一路” 沿线物流业绿色发展效率测度

根据 2015 年发布的《推动共建丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路的愿景与行动》，可以将国内“一带一路”沿线区域划分为 4 大区域：东北地区(辽宁、吉林、黑龙江)、西北地区(内蒙古、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆)、沿海地区(上海、浙江、福建、广东、海南)，西南地区(广西、云南和重庆)。通过 iDEA Ultra 软件运行的结果如表 2 和表 3 所示。

Table 2. The measurement results of green development efficiency of logistics industry in 17 regions from 2012 to 2021
表 2. 2012~2021 年 17 个区域物流业绿色发展效率测度结果

区域	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	均值
内蒙古	0.656	0.556	0.590	0.549	0.659	0.848	1.039	0.962	1.001	1.007	0.787
辽宁	0.784	0.621	0.552	0.538	0.745	0.784	1.019	1.007	0.839	0.554	0.744
吉林	1.008	0.483	0.334	0.291	0.284	0.302	0.366	0.335	0.390	0.487	0.428
黑龙江	0.317	0.291	0.228	0.191	0.189	0.199	0.242	0.219	0.231	0.317	0.242
上海	0.756	0.673	0.751	0.606	0.608	0.670	0.817	1.000	1.087	1.043	0.801
浙江	0.838	0.721	0.592	0.560	0.607	0.669	0.778	0.845	0.863	1.056	0.753
福建	0.654	0.464	0.458	0.461	0.482	0.526	0.546	0.604	0.664	1.199	0.606
广东	0.722	0.675	0.588	0.541	0.581	0.579	0.631	0.647	0.622	1.125	0.671
广西	1.041	0.796	0.546	0.583	0.613	0.646	0.718	0.688	0.800	1.027	0.746
海南	0.534	0.417	0.283	0.256	0.245	0.253	0.288	0.396	0.386	0.498	0.356
重庆	1.095	1.006	0.737	0.727	0.721	0.757	0.881	0.712	0.746	1.007	0.839
云南	0.518	0.547	0.381	0.381	0.403	0.449	0.493	0.444	0.434	0.620	0.467
陕西	1.038	1.010	0.741	0.725	0.818	0.928	1.005	0.860	1.008	1.065	0.920
甘肃	1.011	0.492	0.293	0.299	0.313	0.323	0.374	0.335	0.334	0.554	0.433
青海	0.560	0.286	0.206	0.209	0.209	0.200	0.208	0.210	0.166	0.313	0.257
宁夏	1.179	1.027	0.718	0.743	0.737	0.635	0.683	0.774	0.823	0.834	0.815
新疆	0.435	0.394	0.304	0.262	0.295	0.295	0.394	0.385	0.266	0.420	0.345

总的来看，所测算沿线的各个省市效率值变化幅度较大，且均值均未达到 1，表明“一带一路”沿线区域的 LIGDE 整体较低，沿线整体效率值在 0.501~0.773 内呈现“U”型的先降后升的波动变化。分区域来看(见表 3)，观察期内四大区域中沿海地区均效率值最高，而西南地区的效率值最低，东北和西北地区效率值接近，造成这种区域之间效率差异的原因可能与区域的地理位置、经济发展水平以及物流业基础

设施建设等因素有关。

Table 3. The green development efficiency of logistics industry in 17 regions from 2012 to 2021
表 3. 2012~2021 年 17 个区域物流业绿色发展效率

区域	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	均值
整体	0.773	0.615	0.488	0.466	0.501	0.533	0.617	0.613	0.627	0.772	0.601
东北	0.766	0.629	0.472	0.460	0.480	0.727	0.546	0.577	0.603	0.883	0.614
西北	0.574	0.487	0.441	0.482	0.518	0.625	0.659	0.669	0.687	1.199	0.634
西南	0.517	0.423	0.353	0.377	0.450	0.511	0.521	0.532	0.479	0.367	0.453
沿海	0.968	0.817	0.574	0.575	0.598	0.618	0.687	0.625	0.669	0.816	0.695

4. “一带一路” 沿线地区物流业绿色发展效率的动态演进

4.1. 中国物流业效率的核密度估计

为了深入研究“一带一路”沿线物流业绿色发展水平的绝对差异和动态演进规律，本文从可视化的角度，绘制了全样本与各分区层面的 LIGDE 的三维 Kernel 核密度图。通过 MaltlabR2024a 版软件作图，结果见图 1 和图 2，并详细参考表 4。

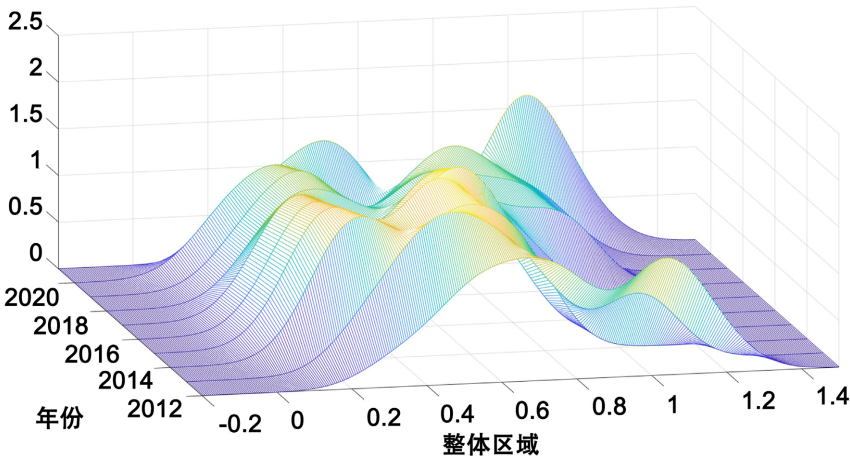
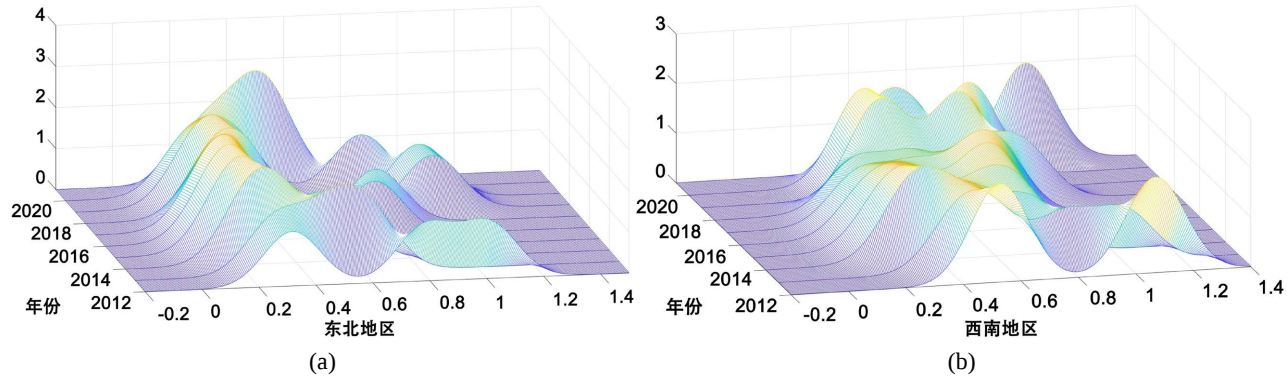


Figure 1. The core density distribution of green development efficiency of logistics industry in the whole region along the “Belt and Road”

图 1. “一带一路” 整体沿线区域物流业绿色发展效率核密度分布



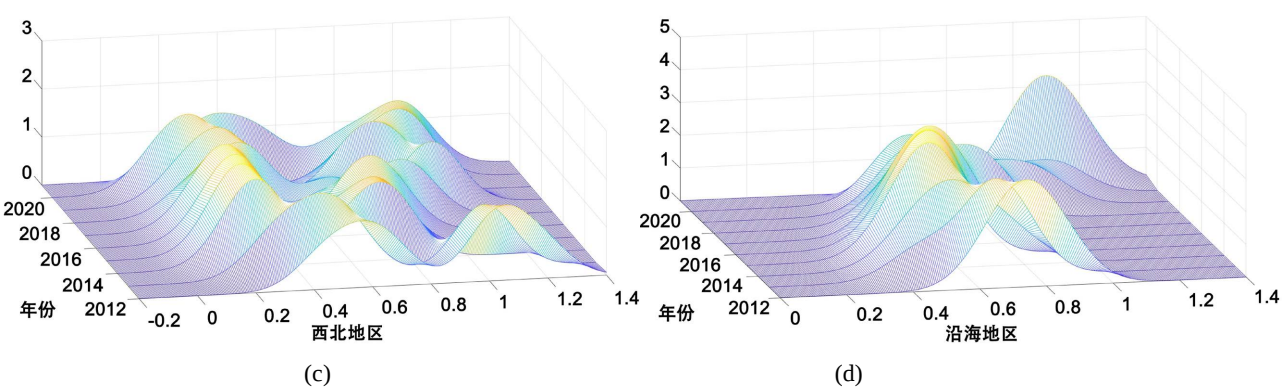


Figure 2. Distribution of green development efficiency and core density of logistics industry in the regions along the “Belt and Road” and the four major regions
图 2. “一带一路” 沿线区域及四大分区物流业绿色发展效率核密度分布

“一带一路” 沿线区域整体物流业绿色发展效率的分布动态演进。图 2 呈现了“一带一路” 沿线区域整体 LIGDE 的三维 Kernel 核密度图。由图 2 可知：尽管“一带一路” 沿线物流业的绿色发展水平波动变化频繁，但总体上展现出积极的增长态势。波峰宽度的先减后增趋势，预示着地区间绿色发展效率的差距在经历一定阶段的分化后，开始呈现逐步收敛的趋势。沿线区域绿色发展效率分布曲线的独特形态——“右 - 左 - 右 - 左” 双侧拖尾现象，沿线区域整体 LIGDE 分布曲线在 2012~2017 年都以双主峰为主，在 2018~2020 年出现多极化现象，表明各省市 LIGDE 的空间分布特征呈现出有扩大的趋势。这既表明了发展过程中的不稳定性，也暗示了沿线各国或地区在推进绿色物流转型时面临的挑战与机遇并存的状态。

Table 4. Dynamic evolution characteristics of distribution of green development efficiency of logistics industry in the regions along the “Belt and Road” and the four major regions
表 4. “一带一路” 沿线区域及四大分区物流业绿色发展效率的分布动态演进特征

区域	分布位置	分布形态	分布延展性	极化趋势
整体	右移	波峰高度波动性上升，宽度缩小	双侧拖尾，延展性扩大	多极化趋势
东北	右移	波峰高度波动性上升，宽度缩小	右拖尾，延展性收缩	两极化趋势
西北	左移	波峰高度波动性下降，宽度扩大	双侧拖尾，延展性扩大	两极化趋势
西南	左移	波峰高度波动性上升，宽度缩小	双侧拖尾，延展性收缩	多极化趋势
沿海	右移	波峰高度波动性上升，宽度缩小	右拖尾，延展性扩大	无 - 多极化趋势

沿线四大分区物流业绿色发展效率的分布动态演进。图 2(a)~(d)分别描述了沿线东北地区、西北地区、西南地区以及沿海地区 LIGDE 的三维 Kernel 核密度图，表 4 直观地表达了四大分区的 LIGDE 的分布动态演进特征。从分布位置来看，2012~2021 年四大分区 LIGDE 分布曲线均呈现出不同程度的左右偏移的变动态势。这可能说明表明，这可能由于四大分区的资源禀赋、地理区位等空间异质性使得沿线西北地区和西南地区 LIGDE 呈现出不同演化路径的波动性下降态势，而东北地区和沿海地区则呈现波动性上升趋势。从分布形态来看，除沿线西南地区之外，东北、西北和沿海地区的 LIGDE 差异均呈总体扩大趋势。四大区域的 LIGDE 分布曲线均展现出“上升 - 下降” 的频繁波动，这反映了各区绿色发展效率水平的不稳定性和动态调整过程。从分布延展性来看，沿线西北和西南地区 LIGDE 分布曲线呈现在考察期内呈现双侧拖尾的现象。这主要是由于两区域中存在 LIGDE 较高和较低的省市导致了左右拖尾现象。

总体看来，不论是从“一带一路” 沿线整体还是沿线四大区域的层面来看，LIGDE 的总体演化态势

表现出“先降后升、绝对差异扩大”等特征，发展过程频繁变化、起伏波折，内部稳定性较差。同时，沿线西南地区各省市 LIGDE 平均值普遍低于其他地区，可能是由于地理条件受限、资源配置不均衡等因素的影响，后期可通过加强加大对物流行业绿色发展政策支持力度，建立绿色物流基础设施等措施实现更加均衡的发展。

4.2. 空间马尔科夫链分析

空间 Markov 链分析。相比于核密度估计，Markov 链分析方法可以有效反映各地区物流业效率水平状态的转移方向和转移概率。该方法将时间跨度纳入空间邻接权重以研究趋势变化。基于省域 LIGDE 等级(0~0.25 为低效率,0.251~0.5 为中低效率,0.51~0.75 为中高效率,0.751~1 为高效率)。通过 MaltlabR2024a 版软件得到 2012~2021 年时间跨度为 1~5 年的“一带一路”沿线区域 LIGDE 效率状态转移的空间 Markov 转移矩阵，如表 5 所示。

本研究探讨了考虑空间滞后项的 Markov 转移概率矩阵，如表 5 所示。结果发现：当 $T=1$ 时，表中对角线上的转移概率值仍然高于其他位置的概率值，而当 $T=5$ 时，对角线上的转移概率值出现了比其他位置的概率值低的情况。因此，在考虑相邻地区 LIGDE 水平并考虑时间跨度后，沿线各省份的 LIGDE 水平随着时间推移而发生向上或向下的转移，说明各地区 LIGDE 的稳定性逐渐变差，内部流动性增加。产生此类现象与当地 LIGDE 水平受到邻域 LIGDE 水平的影响有关，即受到了空间因素的影响。此外，除了紧邻对角线位置的数值外，矩阵中的绝大多数元素接近于零。这表明相邻省份在 LIGDE 上不论其初始水平如何，省份间实现 LIGDE 跨越式增长的难度较大，呈现出显著的路径依赖与稳定性特征，而非频繁或大幅度的等级跃迁。

Table 5. Spatial Markov transfer probability matrix of green development efficiency of regional logistics industry along the “Belt and Road”

表 5. “一带一路”沿线区域物流业绿色发展效率的空间 Markov 转移概率矩阵

$T=1$	类别	低	中低	中高	高	$T=5$	类别	低	中低	中高	高
低水平 邻居	低	0.818	0.182	0	0	低水平 邻居	低	0.667	0.333	0	0
	中低	0.5	0.5	0	0		中低	0	0	0	0
	中高	0	0	0	0		中高	0	0	0	0
	高	0	0	0	0		高	0	0	0	0
中低 水平邻居	低	0.947	0.053	0	0	中低 水平邻居	低	0.533	0.467	0	0
	中低	0.214	0.429	0.357	0		中低	0.077	0.154	0.308	0.462
	中高	0	0.167	0.611	0.222		中高	0	0.077	0.231	0.692
	高	0	0.2	0	0.8		高	1	0	0	0
中高 水平邻居	低	0.7	0.3	0	0	中高 水平邻居	低	0	0	0	0
	中低	0.176	0.706	0.118	0		中低	0.444	0.111	0.222	0.222
	中高	0	0.063	0.625	0.313		中高	0	0.125	0.25	0.625
	高	0	0.176	0.176	0.647		高	0.143	0	0.571	0.286
高水平邻居	低	1	0	0	0	高水平邻居	低	1	0	0	0
	中低	0	0.75	0.25	0		中低	0.333	0.667	0	0
	中高	0	0.25	0.5	0.25		中高	0	0.25	0.25	0.5
	高	0	0	0.273	0.727		高	0	0	0.4	0.6

5. 结论与启示

5.1. 研究结论

本文构建了考虑非期望产出的超效率 EBM 模型,对 2012~2021 年“一带一路”国内沿线区域物流业绿色发展效率(LIGDE)进行了科学测度,并深入探究了其时空格局及动态演变态势。研究表明,考察期内沿线整体 LIGDE 总体偏低,效率均值仅为 0.601。在区域层面,沿海地区的 LIGDE 效率值最高,西北和东北地区次之,而西南地区则显著落后,处于中低效率水平。时空角度探讨沿线地区 LIGDE 的发展规律时,核密度估计结果显示,沿线整体及西北和沿海地区的 LIGDE 表现出“发展水平先降后升、绝对差异缩小”的特征;东北和西南区域则呈现出“先降后升、绝对差异缩小”的特征,各区域发展过程波折起伏,特征各异。空间 Markov 链分析结果显示,考虑空间因素后,各区域的 LIGDE 受到邻域水平影响,存在一定的等级下降风险,且随着时间延长,发生下降转移的概率显著增加。总体来看,无论是否考虑空间因素,各省份的 LIGDE 都难以实现跨越式提升。揭示“一带一路”沿线区域 LIGDE 的时空动态演进,不仅为政策制定者提供了科学依据,还能激励企业在技术创新和环保实践上不断进步,共同推动“一带一路”物流业向绿色和可持续发展迈进。

5.2. 管理启示

基于实证研究的结论与当前现实背景的综合考量,本文得到以下管理启示以供参考:(1) 推动沿线低水平省市物流业绿色水平发展,逐渐缩小区域间的 LIGDE 差异,进一步实现均衡发展。根据 DEA 的测度结果,沿线西南地区与东北、西北以及沿海地区的绿色物流效率存在显著差距。各地方政府也应根据地区差异出台相应政策进行调节,物流业绿色发展水平较低的省份应积极合作与交流,学习其他省份在减污降碳方面的先进经验与技术。(2) 重视空间联动作用,高效利用高效率地区的辐射带动作用,促进低效率区域物流业的绿色发展水平提升。高水平效率值省市应充分利用其优势地位聚焦于绿色技术与科技创新的深化,持续强化其经济繁荣的基石。同时积极倡导并构建跨省市的合作框架,特别是与发展相对滞后的地区建立紧密联系,从而促进物流领域的资本流动、技术交流与人才共享,打破地域界限,强化核心省市对周边地区的正向牵引力。(3) 政府要加强“低碳引导”和政策鼓励,将减污降碳协同发展理念融入物流业的长期发展,引导物流业的绿色发展。同时,支持物流企业的低碳技术创新与应用,设立专项资金和补贴政策,支持物流企业引入物流技术和节能设备,提高能效和减少污染物排放。

参考文献

- [1] 刘华军,郭立祥,乔列成. 减污降碳协同效应的量化评估研究——基于边际减排成本视角[J]. 统计研究, 2023, 40(4): 19-33.
- [2] 龚雪. 区域物流效率测度及影响因素分析[J]. 统计与决策, 2022, 38(12): 112-116.
- [3] 黄冬春,王兆峰. 长江中游城市群旅游生态效率空间网络结构演变及其效应[J]. 长江流域资源与环境, 2023, 32(11): 2326-2337.
- [4] 张瑞,胡彦勇,鄯晓彤. 中国物流业能源生态效率与其影响因素的动态响应研究[J]. 经济问题, 2021(8): 9-17.
- [5] Wang, Y. and Xin, L. (2020) The Impact of China's Trade with Economies Participating in the Belt and Road Initiative on the Ecological Total Factor Energy Efficiency of China's Logistics Industry. *Journal of Cleaner Production*, 276, Article 124196. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124196>
- [6] 王燕燕,黄森慰. 中国农村人居环境治理效率动态演进及影响因素研究[J/OL]. 中国农业资源与区划, 2024: 1-16. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3513.S.20240607.1535.021.html>, 2024-06-23.
- [7] Cheng, G. and Qian, Z. (2011) An Epsilon-Based Measure of Efficiency in DEA—An Alternative Method for the Affinity Index. University Library of Munich, Germany.
- [8] Andersen, P. and Petersen, N.C. (1993) A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis.

Management Science, **39**, 1261-1264. <https://doi.org/10.1287/mnsc.39.10.1261>

- [9] 刘华军, 郭立祥, 乔列成, 等. 中国物流业效率的时空格局及动态演进[J]. 数量经济技术经济研究, 2021, 38(5): 57-74.
- [10] 刘雨婧, 唐健雄. 中国旅游业绿色发展效率时空演变特征及影响机理[J]. 自然资源学报, 2022, 37(3): 681-700.
- [11] 张瑞, 孙夏令. 中国省域物流业绿色全要素生产率的演进及溢出[J]. 商业研究, 2020(3): 29-38.
- [12] 龚瑞凤, 薛俭, 刘汝丽. 中国区域物流效率测度及其时空特征分析[J]. 统计与决策, 2022, 38(10): 141-145.
- [13] 李健, 刘恋. 省际物流业绿色全要素生产率时空差异及空间收敛性研究[J]. 长江流域资源与环境, 2020, 29(4): 799-812.
- [14] 闫妍. 我国“一带一路”沿线区域物流动态效率测度及其影响因素研究——基于双碳视角[J]. 商业经济研究, 2022(13): 93-97.