

文章编号:2095-0365(2024)02-0028-08

碳约束下生鲜农产品冷链物流效率和时空特征分析

——以中部六省为例

彭文, 邹筱

(湖南工业大学 商学院, 湖南 株洲 412007)

摘要:为了解碳约束下生鲜农产品冷链物流发展效率,加速低碳冷链物流业的发展,文章利用超效率SBM-DEA和GML指数方法,测度中部六省2011—2021年在碳约束下生鲜农产品冷链物流静态效率值及动态变化趋势,选取年度效率值进一步研究生鲜农产品冷链物流发展的空间变化。研究表明:整体而言,中部六省生鲜农产品低碳物流发展效率值总体不高;时间维度上,中部六省生鲜农产品低碳物流发展效率值呈现缓慢波动上升趋势,且各省份间效率值差距较大,但差异逐年减小;空间维度上,生鲜农产品冷链物流发展高效率区域由东向西逐渐移动,最终呈现出各区域均衡发展的趋势。最后,从不同维度提出相关建议,以促进中部六省生鲜农产品冷链物流协调发展。

关键词:碳约束;超效率SBM-DEA模型;生鲜农产品;物流效率;时空特征

中图分类号:F252.5 **文献标识码:**A **DOI:**10.13319/j.cnki.sjztdxxbskb.2024.02.04

一、引言

据《中国冷链物流发展报告(2023)》,我国2022年冷链物流需求总量已达32450万吨,同比增长15.4%,并且预计5年内我国冷链物流需求将持续保持增长趋势^[1]。但是目前我国冷链物流业仍然存在成本高、效率低、高排放等问题^[2]。而截止目前,中部六省凭借承东启西、联接南北的独特地理优势,已经建立起了多个国家物流中心,构成了一个便利的水陆空交通网络。其中武汉、长沙、郑州、合肥、南昌、太原等城市是以生产服务、陆港服务、商业服务为主的国家物流枢纽,对物流业的发展起到了重要作用。在发展低碳冷链物流的同时,考虑环境的影响,并且满足国家可持续发

展的目标成为重要议题。因此,本文以中部六省为例,采用超效率SBM和Malmquist模型测算碳约束下生鲜农产品冷链物流效率,并分析其时空特征分布,为生鲜农产品冷链物流发展提出建设性建议。

生鲜农产品冷链物流作为流通中的重要环节之一,物流效率近年来逐渐受到学者的关注。杨维琼等^[3]利用因子分析方法对京津冀地区2011—2018年的相关面板数据进行降维提取,并采用DEA-Malmquist指数分析方法对该地区农产品流通体系进行静态效率评价。王刘坤等^[4]利用30省份面板数据对农产品流通效率进行评价,研究发现我国农产品流通效率逐年提升,但是存在地区发展不平衡的问题。杨

收稿日期:2023-10-24

基金项目:湖南省自然科学基金项目“基于价值共创的株洲市农产品平台供应链协同机制研究”(2022JJ50089);湖南省教育厅重点项目“双碳目标下生鲜供应链多元协同机制与实现路径研究”(22A0405)

作者简介:彭文(2000-),男,硕士研究生,研究方向:企业物流与供应链管理。

通讯作者:邹筱(1976-),女,博士,教授,研究方向:物流管理、集群经济。

本文信息:彭文,邹筱.碳约束下生鲜农产品冷链物流效率和时空特征分析——以中部六省为例[J].石家庄铁道大学学报(社会科学版),2024,18(2):28-35.

博等^[5]通过研究绿色技术创新对生鲜农产品绿色物流效率的影响发现,我国生鲜农产品冷链物流效率整体偏低,且绿色技术创新与生鲜农产品绿色物流效率呈“U”型非线性关系。原雅坤等^[6]在约束碳排放量的情况下,利用三阶段数据包络分析模型对 2012—2017 年长江经济带生鲜农产品冷链物流效率进行了测度,并利用 σ 和 β 收敛模型来分析省际效率差异的收敛性。孙健^[7]借助 Tobit 和两阶段 DEA,测度东北地区冷链物流效率及其影响因素,研究表明乳制品冷链物流是效率值较高。

此外,由于我国物流效率地区发展不平衡,学者开始关注物流效率存在的时空特征。王辉等^[8]对不同物流模式进行对比评价,并为物流发展提出相关建议。林秀群等^[9]运用超效率 SBM 与 Malmquist 指数模型对 2005—2019 年长江经济带的物流业碳排放效率进行分析,并使用莫兰指数对空间自相关性进行了研究。周颖等^[10]采用交叉效率 DEA 的方法,测算河北省整体及各地级市的综合物流效率并且分析物流效率差异的收敛性。龚瑞风等^[11]利用 DEA 模型对 2009—2018 年中国 31 个省份的物流效率进行测度与比较,发现我国物流效率呈“东高西低”的格局。Long 等^[12]以长江经济带各省市物流业为研究对象,分析绿色效率值的时间和空间集聚性,实证结果表明,长江经济带物流生态效率之间存在显著的空间相关性。王雯雯等^[13]以皖江城市带为例,结合高质量发展要求和区域特点,集成核密度估计和空间布局分析探究其时空演变特征。

通过以上国内外学者的研究可知,目前关于生鲜农产品冷链物流效率的研究成果越来越丰富,但仍存在以下不足:现有文献较多针对生鲜农产品冷链物流效率展开研究,缺少地区之间的空间状态分析;大部分文献在考虑碳排放生鲜农产品冷链物流方面,仅针对路径优化问题进行研究,罕有文献在碳约束下对生鲜农产品冷链物流效率进行研究。因此,在已有文献基础上,采用超效率 SBM 和 Malmquist 模型,对碳约束下中部六省市生鲜农产品冷链物流效率进行测算,同时分析各地区时空特征,最后根据实证结果对中部六省生鲜农产品冷链物流发展提出对策建议。

二、研究方法与数据来源

(一)超效率 SBM-DEA 方法

为了解决径向模型在效率评价过程中对松弛变量的忽视问题,Tone 提出新的 DEA 模型,即 SBM,是一个非径向非角度 DEA 模型,但基础的 SBM 无法对有效的 DMU 进行比较。基于此,Tone 构建了超效率 SBM 模型。同时,为了能够有效解决资源投入和非期望产出之间的问题,文章参考成刚^[14]推出的公式,使用带有非期望产出的超效率 SBM 模型评估 DMU,见公式(1)。本文通过超效率 SBM-DEA 方法对碳约束下中部六省生鲜农产品冷链物流静态效率进行测算。

$$\rho = \min \left[\frac{1 + \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^x}{x_{i0}}}{1 - \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{k=1}^{s_1} \frac{s_k^y}{y_{k0}} + \sum_{l=1}^{s_2} \frac{s_l^z}{z_{l0}} \right)} \right]$$

$$\text{s. t.} \begin{cases} \sum_{j=1, j \neq 0}^n x_j \beta_j - s_i^x \leq x_{i0}; \\ \sum_{j=1, j \neq k}^n y_j \beta_j + s_k^y \geq y_{k0}; \\ \sum_{j=1, j \neq k}^n z_j \beta_j - s_l^z \leq z_{l0}; \forall i, k, l; \\ 1 - \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{k=1}^{s_1} \frac{s_k^y}{y_{k0}} + \sum_{l=1}^{s_2} \frac{s_l^z}{z_{l0}} \right) > 0; \\ s_i^x \geq 0, s_k^y \geq 0, s_l^z \geq 0, \beta_j \geq 0, \forall i, j, k, l. \end{cases} \quad (1)$$

式中, x_i 为投入指标; y_k 为期望产出指标; z_l 为非期望产出指标; s^x 、 s^y 、 s^z 分别代表 x_i 、 y_k 、 z_l 所对应的松弛变量; ρ 为低碳冷链物流效率值,若 ρ 大于 1,说明达到有效生产前沿面, ρ 小于 1 时,说明未达到有效生产前沿面, ρ 等于 1 时,说明该决策单元有效, ρ 越大,代表该地区低碳冷链物流发展效率值越大。

(二) GML 指数方法

超效率 SBM 仅能对截面数据进行分析,即仅能对同一时期决策单元的静态效率进行测算。此时 GML 指数可以处理时间序列数据,即它能够对不同决策单元在不同时期动态效率进行分析,同时还可以测算包含非期望产出的全要素生产率,避免了 ML 指数无解的情况。本文参考

Pastor & Lovell^[15] 所提出的 GML 测算模型, 具体表达式如公式(2), 本文通过 GML 指数方法对碳约束下中部六省生鲜农产品冷链物流动态效率进行测算。

$$GML_C^G(x^t, y^t, z^t, x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1}) = \frac{E_C^G(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})}{E_C^G(x^t, y^t, z^t)} = \frac{E_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})}{E_C^t(x^t, y^t, z^t)} \times \left\{ \frac{E_C^G(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})}{E_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})} \frac{E_C^t(x^t, y^t, z^t)}{E_C^G(x^t, y^t, z^t)} \right\} = \frac{E_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})}{E_C^t(x^t, y^t, z^t)} \frac{TG_C^{G,t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, z^{t+1})}{TG_C^{G,t}(x^t, y^t, z^t)} = (GML)EC_C \times (GML)TC_C \quad (2)$$

式中, $(GML)EC_C$ 代表全局技术效率变化指数; $(GML)TC_C$ 代表全局技术进步指数; GML 指数模型是用来测算在 t 变化到 $t+1$ 时, $GML > 1$, 说明全要素生产效率值在 t 与 $t+1$ 期间呈上升状态, 效率提升; $GML < 1$, 说明全要素生产效率值在 t 与 $t+1$ 期间呈下降状态, 效率下降; $GML = 1$ 说明全要素生产效率值在 t 与 $t+1$ 期间没有变化, 效率不变。

(三) 变量选取与数据来源

超效率 SBM 评价指标由投入变量、期望产出变量、非期望产出变量构成。本文基于帕雷托效率理论、哈罗德—多马增长模型及罗默尔内生增长理论, 遵循所获数据指标的全面性、系统性、典型性、科学性、可得性、可比性原则, 保证实证结果的准确客观, 选取了多个投入和产出指标, 搭建了碳约束下生鲜农产品物流效率评价指标体系, 见表 1。以中部六省 2011—2021 年的数据为样本分析碳约束下生鲜农产品物流效率, 其数据来源包括《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》以及各省市历年统计年鉴和国家统计局官方网站。

表 1 碳约束下生鲜农产品物流效率评价指标体系

| 类型 | 变量 | 单位 |
|------|----------------------|----------|
| 投入指标 | 物流业固定资产投资 | 亿元 |
| | 物流业从业人数 | 万人 |
| | 运输路线长度 | 万公里 |
| 产出指标 | 农产品产量 | 万吨 |
| | 农产品冷链物流总额 二氧化碳排放量 | 亿元 万吨 |

(1) 投入变量。通过物流效率获知投入到生鲜农产品物流的生产要素主要包括人力、物力、财力, 因此本文选取劳动力、固定资产投资、运输路线长度作为衡量生鲜农产品物流效率的投入指标。其中劳动力投入选取各省份物流业年末就业人口数、固定资产投资选取各省份固定资产投资存量、运输路线长度选取指各省份域的铁路、公路以及水运营业里程。为了提高数据的准确性, 对生鲜农产品投入的各个变量乘以生鲜农产品运输量占总运输量的比值。

(2) 产出变量。由于现有统计年鉴并没有生鲜农产品物流的相关数据, 因此本文将依据《中国冷链物流发展报告(2023)》中对于生鲜农产品的统计标准, 将各地区肉类、水产品、蔬菜、茶叶、水果、牛奶产量之和作为生鲜农产品的货运量, 以便准确系统地反应我国生鲜农产品物流的产出指标。对于农产品冷链物流总额这一产出指标, 现有数据只是统计了每年全国农产品冷链物流总额, 尚未统计公布各省份域的农产品冷链物流总额数据。所以本文将全国农产品冷链物流总额与各省域农产品产量占全国总的农产品产量的比例进行相乘来表示各省域的农产品冷链物流总额。然后对于非期望产出指标, 考虑到冷链物流业的发展会消耗大量能源, 大量的能源消耗必然会加剧碳排放, 所以本文选取的非期望产出指标是冷链物流行业的二氧化碳排放量(见表 2)。

表 2 中部六省各指标描述性统计

| 种类 | 指标 | 单位 | 最大值 | 最小值 | 极差 | 标准差 |
|-------|-----------|-----|-----------|-----------|-----------|----------|
| 投入 | 固定资产投资 | 亿元 | 2 551.18 | 868.51 | 1 652.67 | 556.92 |
| | 从业人数 | 万人 | 180.58 | 129.28 | 51.30 | 17.90 |
| | 运输路线长度 | 万公里 | 24.52 | 19.25 | 5.27 | 1.73 |
| 期望产出 | 农产品产量 | 万吨 | 5 505.58 | 4 414.01 | 1 091.57 | 293.46 |
| | 农产品冷链物流总额 | 亿元 | 1 643.67 | 1 050.27 | 593.40 | 151.63 |
| 非期望产出 | 二氧化碳排放量 | 万吨 | 72 591.96 | 41 988.78 | 30 603.18 | 9 004.28 |

通过对统计年鉴中各省数据进行整理和分析,得到如表 2 的描述性数据统计。可以看出,中部六省的各投入产出指标数据相差较大,这说明中部六省间生鲜农产品冷链物流发展存在不稳定性,同时各省在碳约束下生鲜农产品冷链物流效率发展也可能存在差异。因此,有必要对中部六省各省的碳约束下生鲜农产品物流发展效率值进行测算分析,并进行对比分析,以期各省之间协调发展。

三、实证分析结果

(一)碳约束下生鲜农产品发展效率测算及分析

本文基于非期望超效率 SBM 模型,根据公式(1)利用 Matlab 对中部六省碳约束下生鲜农产品物流效率进行测算,并对测算结果进行数据分析,绘制出中部六省生鲜农产品物流效率变化趋势图,如图 1。

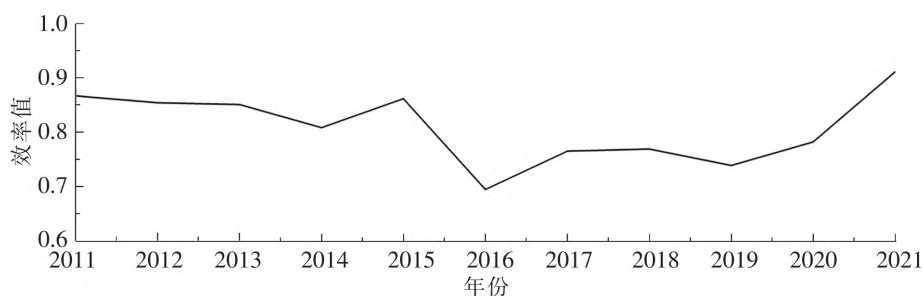


图 1 中部六省生鲜农产品低碳物流效率折线图

从图 1 可以看出,2011—2021 年中部六省碳约束下生鲜农产品物流效率的平均值为 0.818,总体上看,中部六省碳约束下生鲜农产品物流发展效率呈波动上升的趋势,从 2011 年的 0.867 增加到 2021 年的 0.911,增长率为 4.86%,表明近年来中部六省碳约束下生鲜农产品物流效率发展趋势向好。从变化趋势来看,中部六省生鲜农产品物流效率发展大致可以分为两个阶段:第一阶段(2011—2016 年)整体呈下降趋势,由 0.867 下降到 0.694,主要是由于传统的冷链物流的发展对环境造成了

较大的影响,排放出大量的二氧化碳;第二阶段(2016—2021 年)整体呈上升趋势,由 0.694 增加到 0.911,这主要得益于国家节能减排低碳发展行动方案以及“双碳”目标的提出,这说明政策的提出在一定程度上有效地提高了绿色物流的发展。

为了详细和准确地说明中部六省在碳约束下生鲜农产品物流效率的发展情况,表 3 详细地列出了中部六省 2011—2021 年生鲜农产品物流效率值,图 2 展示了中部六省生鲜农产品物流效率变化趋势。

表 3 中部六省生鲜农产品冷链物流发展效率值

| 年份 | 湖南 | 湖北 | 江西 | 山西 | 安徽 | 河南 | 中部地区 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 2011 | 0.739 | 0.604 | 1.000 | 0.933 | 1.000 | 0.921 | 0.866 |
| 2012 | 0.813 | 0.616 | 1.000 | 0.857 | 0.821 | 1.014 | 0.853 |
| 2013 | 0.867 | 0.644 | 1.000 | 0.921 | 0.665 | 1.005 | 0.850 |
| 2014 | 0.863 | 0.576 | 0.777 | 1.000 | 0.627 | 1.000 | 0.807 |
| 2015 | 0.934 | 0.637 | 1.000 | 1.000 | 0.584 | 1.012 | 0.861 |
| 2016 | 0.824 | 0.592 | 0.756 | 0.661 | 0.420 | 0.912 | 0.694 |
| 2017 | 0.817 | 0.572 | 0.843 | 1.000 | 0.401 | 0.955 | 0.765 |
| 2018 | 1.002 | 0.588 | 0.912 | 0.710 | 0.399 | 1.000 | 0.769 |
| 2019 | 0.897 | 0.608 | 0.779 | 0.728 | 0.398 | 1.019 | 0.739 |
| 2020 | 1.026 | 0.706 | 0.855 | 0.696 | 0.408 | 1.000 | 0.782 |
| 2021 | 1.047 | 1.003 | 1.000 | 1.000 | 0.412 | 1.003 | 0.911 |
| 平均值 | 0.886 | 0.644 | 0.910 | 0.876 | 0.595 | 0.996 | 0.818 |

从表 3 可以看出,中部六省生鲜农产品物流效率总体上处于非 DEA 有效,说明中部六省生鲜农产品物流的投入指标没有被充分利用,存在提升空间,这表明中部六省应该及时调整投入指标,注重冷链物流的低碳环保发展,以提升中部六省生鲜农产品冷链物流效率。其中,河南省、江西省的生鲜农产品物流效率接近 DEA 有效,说明其投入指标较其他省份利用的更加充分,但是并没有达到 DEA 有效生产前沿;安徽省的生鲜农产品物流效率最低,应该及时调整并充分利用投入指标,注重低碳发展。图 2 说明湖南和湖北的生鲜农产品物流效率呈稳步增长趋势,湖北省冷链物流效率在 2021 年达到最大值,湖南省在碳约束

下冷链物流效率正处于高发展水平,并且近几年开始均处于 DEA 有效生产前沿面,这说明湖南、湖北两省近年来越来越重视生鲜农产品冷链物流低碳发展,同时注重物流绿色发展。江西省和山西省在碳约束下生鲜农产品物流效率呈波动趋势,江西省在 2016 年之前,物流效率相对较稳定,而近年来波动较大,说明江西省在生鲜农产品物流效率仍有较大的发展空间;山西省物流效率发展呈现不稳定的趋势,波动较大。安徽省的生鲜农产品物流效率整体呈下降趋势,由于安徽省发展冷链物流时运行成本较大,碳排放量大,造成效率值偏低。河南省作为中部地区较大的生鲜农产品省份,其物流效率值总体发展平稳,大多数处于有效生产前沿面。

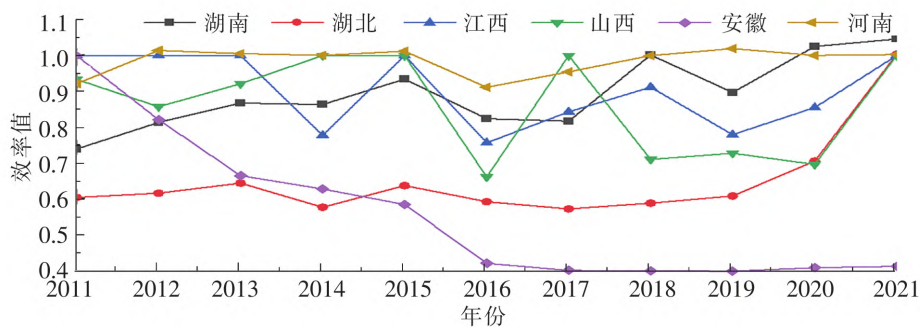


图 2 中部六省各省份低碳冷链物流效率发展折线图

(二)碳约束下生鲜农产品发展效率时间演变分析

在测算了中部六省碳约束下生鲜农产品物流发展静态效率后,本部分内容利用 Matlab 软件中全局参比 Malmquist 指数(GML),即公式(2),对中部六省在碳约束下生鲜农产品物流效率值进行 GML 指数分解,以分析技术变化情况对全要素生产率指数的影响,并且观察 2011—2021 年间中部六省物流效率值的动态变化。

表 4 展示了 2011—2021 年中中部六省在碳约束下生鲜农产品物流发展的全要素生产率情况,全要素生产率平均值为 1.008 3,说明在 2011—2021 年期间低碳物流全要素生产率增长了 0.83%,其中技术效率增长了 0.25%,技术进步增长了 1.40%。GML 大于 1,说明在 2011—2021 年期间 GML 指数年均 0.83%的速率增加。从表 4 可以看出,2014—2015 年、2016—2017 年、2017—2018 年、2019—2020 年、2020—2021 年,这些年份 GML 指数大于 1,说明其全要素生产率比上一期增长。EC 大于 1,表明中部六省碳约束

下生鲜农产品物流技术效率值有所提升,但其增速相对较小,说明中部六省还需继续优化生鲜农产品冷链物流技术和资源配置等。TC 大于 1,说明中部六省生鲜农产品冷链物流技术进步较大,表明中部六省近年来一直在加强低碳冷链物流的相关创新技术。

表 4 不同时期中部六省全要素生产率的变化

| 年份 | 全要素生产率 指数(GML) | 技术效率 指数(EC) | 技术进步 指数(TC) |
|-----------|-------------------|----------------|----------------|
| 2011—2012 | 0.993 3 | 1.003 2 | 0.990 2 |
| 2012—2013 | 0.998 0 | 1.079 1 | 0.947 7 |
| 2013—2014 | 0.948 8 | 0.950 0 | 1.010 6 |
| 2014—2015 | 1.069 2 | 0.988 4 | 1.082 1 |
| 2015—2016 | 0.808 1 | 1.024 4 | 0.827 8 |
| 2016—2017 | 1.097 5 | 0.984 6 | 1.117 0 |
| 2017—2018 | 1.014 9 | 0.988 7 | 1.027 3 |
| 2018—2019 | 0.971 2 | 0.999 5 | 0.971 1 |
| 2019—2020 | 1.060 4 | 0.993 7 | 1.068 0 |
| 2020—2021 | 1.176 6 | 1.011 6 | 1.163 9 |
| 几何平均值 | 1.008 3 | 1.002 5 | 1.014 0 |

图 3 为 2011—2021 年中部六省全要素生产率变化趋势,从图 3 中可以看出,GML 指数和 TC 指数有着极度相似的变化趋势,且从 2014—2015 年开始,其变化趋势高度相似,这说明中部六省在碳约束下生鲜农产品全要素生产率的变化

主要受技术指数进步影响,同时,技术效率增加也是导致 GML 指数增加的原因之一,但其影响较小。因此,为了增加中部六省生鲜农产品物流全要素生产率,应该更加注重中部六省生鲜低碳物流业的技术变革。

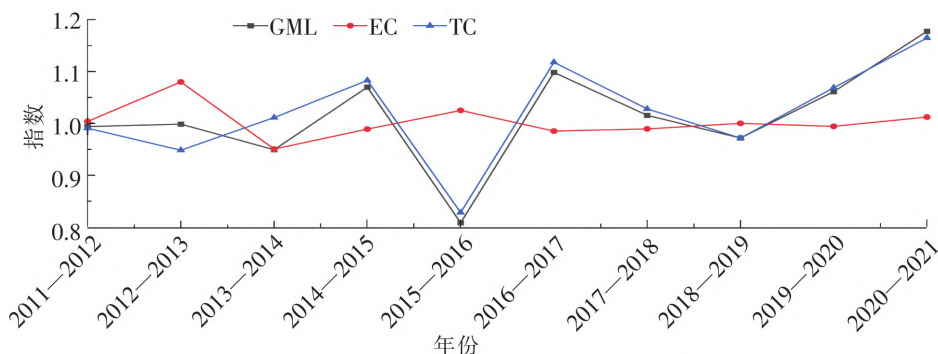


图 3 中部六省 2011—2021 年全要素生产率变化趋势

(三)碳约束下生鲜农产品发展效率空间分析

为了分析中部六省生鲜农产品冷链物流效率的空间集聚效应,选取六个省 2011 年、2017 年和 2021 年的物流效率值作为观察期的观测值,借助 ArcGIS10.7 软件对中部六省生鲜农产品冷链低

碳物流效率值进行空间分布特征分析。本文采用自然断裂法将各省份各时期测算出的物流效率值进行划分,分别为生鲜农产品低碳物流效率高水平、生鲜农产品低碳物流效率中水平、生鲜农产品低碳物流效率低水平,在绘制出的空间分布图中颜色由深至浅,各区间各时期的效率值如表 5。

表 5 不同效率区间分布表

| 效率等级 | 2011 年 | 2017 年 | 2021 年 |
|---------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 物流效率低水平 | (0.482 1~0.682 9) | (0.401 2~0.643 5) | (0.410 0~0.612 5) |
| 物流效率中水平 | (0.682 9~0.858 1) | (0.643 5~0.845 0) | (0.612 5~0.825 0) |
| 物流效率高水平 | (0.858 1~1.120 1) | (0.845 0~1.001 0) | (0.825 0~1.050 0) |

表 6 为各省份分别在 2011 年、2017 年和 2021 年在碳约束下生鲜农产品物流效率变化图。通过观察如下三个时期不同省份的效率变化,可以得出:①中部地区在碳约束下的物流发展效率呈波动上升趋势。②中部六省之间的低碳物流发展趋于平衡,呈均匀发展趋势。③低碳物流效率

发展势头由东向西发展,且山西和河南一直处于物流高效率发展阶段。④区域间低碳物流发展具有一定辐射作用,带动了湖南和湖北的低碳物流效率发展,但是存在一定局限性,安徽省并没有受到区域辐射的作用,其效率仍处于中效率阶段。

表 6 各省效率发展分布

| 年份 | 高效率地区 | 中效率地区 | 低效率地区 |
|------|---------------------|---------|---------|
| 2011 | 山西省、河南省、安徽省、江西省 | 湖南省 | 湖北省 |
| 2017 | 山西省、河南省 | 湖南省、江西省 | 湖北省、安徽省 |
| 2021 | 山西省、河南省、湖北省、湖南省、江西省 | — | 安徽省 |

观察 2011 年和 2021 年两个时期不同省份的效率发展值可以看出,低碳物流效率由东向西发展,且北部一直处于高效率水平。从 2017 年效率分布可以看出,江西省步入高效率地区,原因可能

是生鲜农产品物流在电子商务中得到了重视。而安徽省下降的原因可能是由于其粗犷式生鲜冷链物流未取得成功。2021 年效率分布可以看出,中部六省低碳物流发展效率区域平衡,符合“双碳”

目标的提出和实施;同时还符合“十三五”规划期间对我国冷链物流提出的要求:实现物流业现代化、降低物流业成本;此外通过效率发展分布图可以看出,安徽省的低碳物流效率发展呈下降趋势,这不仅与该省冷链物流发展技术、地理位置有关,同时也说明中部其他省份高效率发展并未惠及安徽省,其效率仍处于中效率阶段,此外中部其他有关省份积极发挥低碳物流高效率的带动作用,促进中部六省在碳约束下生鲜农产品物流效率的均衡发展。

四、结论与建议

本文通过非期望超效率 SBM 模型和 Malmquist 指数分别对中部六省在碳约束下生鲜农产品冷链物流效率进行静态和动态测算,最后借助 ArcGIS10.7 软件从空间发展角度分析我国中部六省生鲜农产品低碳冷链物流效率情况。研究表明:①从生鲜农产品冷链物流效率发展时间演变角度分析,中部六省平均 GML 指数大于 1,主要受技术进步指数影响,说明中部六省在近 10 年间,越来越重视低碳冷链物流的技术发展与改革。但是,安徽省的绿色全要素生产率小于 1,且下降速率最快,因此,安徽省在注重低碳环保减少二氧化碳排放的同时,还需加强低碳冷链物流效率发展。②从生鲜农产品冷链物流效率发展空间演变角度分析,中部地区生鲜农产品低碳冷链物流高效率水平渐渐由东向西加强,同时各省份之间的高水平效率差异缩小,趋于平衡。但是仍然存在中低水平发展的地区,为了各省市之间低碳冷链物流效率均衡发展,应该发挥高水平效率省份的带头作用,加强区域间的合作,促进中部六省低碳冷链物流的协调发展。③碳约束下中部六省生鲜农产品冷链物流发展效率呈缓慢波动上升趋势,但上升趋势较小,在 2011—2021 年期间我国中部六省生鲜农产品物流发展平均效率值小于 1,说明中部六省在近 10 年期间生鲜农产品冷链物流发展效率处于非 DEA 有效生产前沿面。从整体来看,中部六省存在投入

与产出不匹配的情况,且各省份之间冷链物流发展效率存在较大差距,发展不均衡,其中低碳冷链物流发展水平最高的是河南省,发展水平最低的是安徽省,湖北省是近 10 年间低碳冷链物流发展进步最快的省份。

根据中部六省生鲜农产品低碳冷链物流的发展现状,结合上述研究结果,提出以下相关建议:

(1)生鲜农产品冷链物流效率水平高的地区应发挥自身优势以及辐射作用,推动中部六省农产品冷链物流的协同发展。不同发展效率省份采用不同方案,对中部六省生鲜农产品冷链物流进行分级管理,而山西、河南等省份作为中部六省中物流效率值较高,发展水平较好的省份,应该充分发挥区域辐射带动作用,积极与其他生鲜农产品低碳冷链物流效率发展水平不高的省份分享和交流在农产品流通过程中冷链保鲜技术水平等,以提高低碳冷链物流水平较低地区的发展,从而促进我国中部六省生鲜农产品低碳冷链物流协调高水平发展。

(2)推广生鲜农产品冷链物流低碳发展理念,提升冷链物流技术水平。作为高能耗行业之一,生鲜农产品冷链物流业在发展过程中还需考虑高排放对环境带来的不利影响。调整并优化新型的低碳冷链物流标准体系,促使生鲜冷链物流业向专业化、精细化转型升级。此外,在现有冷链物流技术的基础上,还需进行优化升级,降低非期望产出二氧化碳的排放量,以引导生鲜农产品冷链物流业向低碳化和可持续化方向发展。

(3)调整生鲜农产品冷链物流业产业规模,合理配置、有效使用投入的资源。中部六省亟须加强技术研发和创新,引进先进的冷链设备和管理技术,在物流过程中实现高效、低能耗的运作模式,提高投入产出利用率。同时,优化资源配置,做到合理规划冷链设施的布局,确保供应链各环节良好连接,避免资源浪费和重复建设。此外,建立统一的信息共享平台,提高供应链的可视性和协同性,减少物流环节的时间损耗和资源浪费,以促进生鲜农产品冷链物流业高效率发展。

参考文献:

[1]中国物流与采购联合会冷链物流专业委员会,国家农产品现代物流工程技术研究中心.中国冷链物流发展报告(2023)[R].北京:中国财富出版社,2023.

[2]谭晓伟,王雪韵,胡大伟.考虑动态需求的多中心沿途补货冷链物流配送路径优化[J].四川大学学报(自然科学版),2023(2):70-80.

- [3]杨维琼,邵小珈. 京津冀农产品流通效率评价:基于PCA-DEA-Malmquist指数分析[J]. 商业经济研究, 2021(11): 143-146.
- [4]王刘坤,祁春节,汤路昀,等. 统一大市场背景下农产品流通效率评价与时空分析:基于现代流通理论“三维”视角[J]. 农业经济问题, 2023(8): 127-143.
- [5]杨博,王征兵. 绿色技术创新对生鲜农产品绿色物流效率的影响:基于产业集聚的调节效应[J]. 中国流通经济, 2023, 37(1): 60-70.
- [6]原雅坤,陈久梅,但斌. 碳约束下冷链物流效率及其收敛性研究:以生鲜农产品为例[J]. 科技管理研究, 2020, 40(14): 253-260.
- [7]孙健. 东北地区农产品冷链效率测度及其影响因素分析[D]. 沈阳:沈阳农业大学, 2016.
- [8]王辉,陈高杨,刘志扬. 众包物流线上平台发展现状及前景分析[J]. 石家庄铁道大学学报(社会科学版), 2021, 15(3): 7-13.
- [9]林秀群,李嘉新,李阳,等. 长江经济带物流业碳排放效率的测度及时空演化特征研究[J]. 生态经济, 2022, 38(12): 31-38.
- [10]周颖,秦双双. 河北省物流效率评价与分析:基于交叉效率DEA与熵权法[J]. 石家庄铁道大学学报(社会科学版), 2023, 17(1): 22-28.
- [11]龚瑞风,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.
- [12]LONG R Y, OUYANG H Z, GUO H Y. Super-slack-based measuring data envelopment analysis on the spatial-temporal patterns of logistics ecological efficiency using global Malmquist index model [J]. Environmental technology & innovation, 2020, 18: 100700.
- [13]王雯雯,孟凡会,程紫激. 高质量发展背景下区域物流能力测度及时空演变分析:以皖江城市带为例[J]. 石家庄铁道大学学报(社会科学版), 2022, 16(3): 24-29.
- [14]成刚. 数据包络分析方法与MaxDEA软件[M]. 北京:知识产权出版社, 2014.
- [15] PASTOR J T, LOVELL C A K. A global Malmquist productivity index [J]. Economics letters, 2005, 88(2): 266-271.

Analysis of the Efficiency and Spatiotemporal Characteristics of Cold Chain Logistics for Fresh Agricultural Products under Carbon Constraints: A Case Study of Six Provinces in Central China

PENG Wen, ZOU Xiao

(School of Business, Hunan University of Technology, Zhuzhou 412007, China)

Abstract: To understand the efficiency of cold chain logistics development for fresh agricultural products under carbon constraints and accelerate the development of low-carbon cold chain logistics industry, this article uses the super efficiency SBM-DEA and GML index methods to measure the static efficiency values and dynamic trends of fresh agricultural cold chain logistics in the six central provinces from 2011 to 2021 under carbon constraints. Finally, the annual efficiency values of the six central provinces are selected to further study the spatial changes in the development of fresh agricultural cold chain logistics in the six central provinces. Research shows that: (1) Overall, the overall development efficiency of low-carbon logistics for fresh agricultural products in the six central provinces is not high. (2) In terms of time dimension, the efficiency value of low-carbon logistics development for fresh agricultural products in the six central provinces shows a slow fluctuating upward trend, and there is a significant difference in efficiency values among provinces, but the difference is decreasing year by year. (3) In terms of spatial dimension, the high-efficiency areas for the development of fresh agricultural cold chain logistics gradually move from east to west, and ultimately show a trend of balanced development among various regions. Finally, relevant suggestions are proposed from different dimensions to promote the coordinated development of cold chain logistics for fresh agricultural products in the six central provinces.

Key words: carbon constraints; ultra efficient SBM-DEA; fresh agricultural products; cold chain logistics efficiency; temporal and spatial characteristics