

长三角低碳物流对区域经济发展的影响分析¹

刘 聪，李珍珍

(辽宁工程技术大学 营销管理学院, 辽宁 葫芦岛 125105)

【摘要】：文章选取 2008—2019 年长三角三省一市的面板数据，以投入产出为切入点建立低碳物流指标评价体系，结合熵值法和线性加权法对各指标进行赋权计算，运用 DEA-BCC 模型对各省份低碳物流产业的效率变化趋势进行测度，采用固定效应模型从经济视角分析了低碳物流与区域经济的关系，并选择灰色关联分析对低碳物流指标进行拆解排序，以剖析低碳物流对区域经济发展的影响强弱。结果显示：长三角低碳物流产业效率在动态中向好发展，低碳物流的确能改善区域经济发展水平。研究结论在进行稳健性检验后依然成立，以期为改善长三角区域经济发展质量提供一定参考。

【关键词】：低碳物流；区域经济；固定效应模型；灰色关联分析；长三角

【中图分类号】：F127 **【文献标识码】**：A **【文章编号】**：1007-5097 (2023) 01-0033-08

一、引言

“双碳”时代的到来意味着我国经济正由高速增长逐步向高质量发展阶段过渡转型，而物流业作为新兴的复合服务型产业，是我国经济增长的重要驱动力之一^[1]。为此，国家“十四五”节能减排综合工作方案中明确指出，要落实交通运输的降碳减排工作、加快低碳循环经济体建设等^[2]。长三角作为全国经济发展的领头羊，地区物流业的发展潜力不可估量。根据长三角三省一市统计局发布的数据，2020 年长三角物流产业增加值为 8 653.51 亿元，约占第三产业增加值的 6.3%，可见长三角物流业对区域经济的贡献力度不容小觑。然而，在加快区域经济升级转型过程中，长三角物流业的运作模式尚未摆脱能源损耗严重、污染环境等问题。2018 年长三角一体化发展上升为国家战略，为长三角区域经济发展提供了新机遇。基于此，客观评价低碳物流的运行效率，衡量低碳物流的发展水平，对于加快长三角区域经济发展具有重要的实践意义。

低碳物流是从绿色物流引申而来的概念，其本质是在保护环境的前提下，力图实现能源消耗最小的同时达到效率最优。随着近年来全球气候逐渐变暖、极端天气频发，生态环境问题愈发不容小觑，低碳物流逐渐引起学界重视。目前有关低碳物流的研究主要分为两方面，包括低碳物流运作模式和低碳约束下物流业效率及其影响因素。前者主要探讨低碳约束下物流车辆配送路径优化和选址方面的问题，如康凯等、宁涛等^[3,4]均以生鲜农产品为研究对象，围绕冷链物流车辆的配送路径进行仿真优化，努力降低碳排放成本；与之不同的是，冷龙等^[5]则将选址和路径问题一并考虑，通过算法模拟来实现碳排放量最小的目的。后者有关低碳物流效率方面的研究，众多学者主要针对低碳约束下的物流产业效率进行定量分析。如刘承良和管明明^[6]从空间分布特征对中国物流业的效率及影响因素进行分析；而杨传明^[7]则分别从静态和动态角度对江苏省物流产业的运作效率展开测量，并据此提出改进建议。

¹ 收稿日期：2022-05-13

基金项目：辽宁省社会科学规划项目“自我威胁对消费者情绪调节策略及产品选择的影响研究：基于内隐情绪理论的视角”（L20BGL027）

作者简介：刘 聪（1983—），女，辽宁沈阳人，副教授，硕士生导师，博士，研究方向：市场营销，物流管理；李珍珍（1993—），女，河北邯郸人，硕士研究生，研究方向：区域物流，区域经济。

既有研究从不同角度梳理了低碳物流的发展水平和影响因素，但在探究长三角低碳物流效率与经济发展关系这一领域仍有拓展空间，具体存在以下三点不足：①目前围绕低碳物流的研究对象主要集中在单独省份或全国范围，而针对长三角低碳物流效率开展研究的文献少之又少，这不利于“双碳”背景下加快长三角一体化发展；②现有研究多从宏观视角分析区域物流与区域经济的关系^[8,9,10]，尚未有学者进一步探究低碳物流与区域经济的关系；③从已有文献的研究方法来看，大多应用单一的方法模型，诸如随机前沿分析法^[11]、三阶段 DEA 模型等^[12]，其对物流业效率的分析难以透彻，也无法系统全面地梳理物流与经济之间的复杂关系。基于此，本文以长三角地区为研究对象，探究低碳物流与区域经济之间的关系。

本文的研究贡献主要有：①选取全国经济发展最为活跃的区域——长三角地区作为研究样本，使研究更具有代表性；②以低碳物流-区域经济为研究框架，充分讨论长三角低碳物流对区域经济的影响；③为能精准全面地证明低碳物流对区域经济确有影响，本文综合应用 DEA-BCC 模型、固定效应模型以及灰色关联分析，层层梳理两者之间的关系。

二、研究方法

（一）指标体系构建

考虑指标体系的科学性与可获得性，以低碳物流理论为指导，借鉴已有的研究成果^[13,14]，从投入与产出两方面建立低碳物流的指标体系，具体见表 1 所列。

在物流投入方面，众多研究主要从人力投入和财力投入两方面建立，而本文则从四个方面对物流投入进行分析，具体为 CO2 的排放量、物流从业人数、物流固定资产投资和等级公路里程，从而更加直观全面地体现低碳物流产业的发展基础；在物流产出方面，分别从物流产业增加值、货运量和货物周转量三个维度进行综合考量，从而反映低碳物流的运行成果。

表 1 低碳物流指标体系

系统层	指标类型	指标内容	单位	变量
低碳物流系统	投入指标	CO2 的排放量	万吨	X1
		物流从业人数	万人	X2
		物流固定资产投资	亿元	X3
		等级公路里程	公里	X4
	产出指标	物流产业增加值	亿元	Y1
		货运量	万吨	Y2
		货物周转量	亿吨/千米	Y3

原始数据分别来自《中国能源统计年鉴》《中国统计年鉴》《上海统计年鉴》《江苏统计年鉴》《浙江统计年鉴》《安徽统计年鉴》以及长三角三省一市国民经济和社会发展统计公报等。

（二）指标数据处理

1. 数据不变价处理

为消除价格波动的影响，利用 GDP 平减指数，将与价格相关的指标平减为 2008 年为基期的不变价格水平。以人均国内生产总值指标为例，数据预处理的结果见表 2 所列。

表 2 2008—2019 年长三角各省份人均国内生产总值不变价处理结果

年份	上海	江苏	浙江	安徽
2008	73 124.00	39 622.00	42 214.00	14 485.00
2009	79 094.89	44 803.98	44 700.84	16 430.00
2010	71 229.50	49 475.07	48 417.97	19 557.82
2011	71 475.65	53 927.06	51 294.34	22 214.07
2012	72 184.00	57 788.29	53 583.55	24 344.02
2013	74 515.82	61 708.05	56 625.47	26 206.09
2014	79 873.86	67 162.30	59 884.48	28 239.27
2015	85 065.79	72 116.12	63 632.98	29 501.27

2. 面板数据熵值法

在构建客观合理的指标评价体系基础上，进一步采用熵值法对数据作标准化处理，测算熵值和冗余度，最终得出各指标的权重和各省份低碳物流系统的综合得分。考虑熵值法已经广泛应用在学术研究中，此处详细步骤可参考李晓梅和崔靛[15]的做法。

（三）模型构建

1. 低碳物流产业运作效率

数据包络分析法 (DEA) 最早由 Charnes 提出^[16], 该方法广泛应用于对各种产业效率的测度。曹炳汝等^[17]以长江经济带为例, 通过巧妙结合 DEA-BCC 模型以期掌握物流效率在时间维度上的变化; 梅国平等^[18]采用三阶段 DEA 模型对华东地区物流效率展开分析, 结果表明, 在一定条件下, 物流产业效率在空间上呈现由沿海逐渐向内陆递减的趋势。

本文选取数据包络分析法中的 BCC 模型, 对低碳物流产业效率进行测算。一方面是由于 BCC 模型可以解决投入和产出变量多以及各变量量纲不同的问题; 另一方面是由于该模型不仅能测算综合技术效率, 还可以进一步得出纯技术效率和规模效率的数值, 进而能够有针对性地提出改进建议, 拓宽研究思路。考虑 DEA-BCC 模型经常被运用, 此处具体的推导过程参考了谈毅^[19]的做法。

2. 低碳物流与区域经济的计量分析

(1) 被解释变量。

鉴于人均国内生产总值是衡量区域经济发展水平比较有代表性的参照指标^[20,21,22], 此处选取人均国内生产总值 (pgdp) 作为测算经济增长的标准。

(2) 解释变量。

低碳物流 (lcl) 为本文的关键变量, 根据面板数据熵值法的处理, 将长三角各省份低碳物流产业的综合得分作为解释变量。

(3) 控制变量。

区域经济发展受多个变量影响, 为精准分析低碳物流如何作用于区域经济发展, 本文综合以往文献, 选取教育支出 (edu)、政府规模 (gov) 和环境规制程度 (rate) 作为控制变量^[23]。其中: 教育支出由各省份教育支出占各自 GDP 的比重来表示, 教育支出增加会培养出更多复合型人才, 进一步为区域经济发展注入活力; 政府规模用各省份财政支出占各自 GDP 的比重来表示, 表明政府活动对经济增长的干预程度; 环境规制程度用工业固体废物综合利用效率来表示, 经济的健康发展离不开对环境的管控, 该指标数值与环境规制程度成正比。

基于此, 对各变量预处理后, 再进行固定效应回归分析, 具体公式如下:

$$pgdp_{it} = \alpha + \beta_1 lcl_{it} + \beta_2 control + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中: pgdp_{it} 表示人均国内生产总值; lcl_{it} 表示低碳物流; control 表示控制变量集合; α 为常数项; β_1 、 β_2 均为待估参数; μ_i 表示个体固定效应; ε_{it} 为随机误差项。

3. 低碳物流对区域经济发展的灰色关联分析

采用灰色关联分析方法剖析长三角低碳物流系统各指标对区域经济发展的影响。依据灰色关联分析的步骤^[24], 具体如下:

首先，建立参考序列和比较序列。本文选取长三角人均国内生产总值作为参考序列，选取低碳物流各个指标构成比较序列。

设 $X_0' = [x'_0(1), x'_0(2), \dots, x'_0(m)]$ 为参考序列， $X'_i = [x'_i(1), x'_i(2), \dots, x'_i(m)]^T$ 为比较序列，其中： $i=1, 2, \dots, n; m$ 为每列数列的维度。

其次，对原始数据序列进行无量纲处理，此处选用初值法，即

$$x_i(k) = \frac{x'_i(k)}{x'_i(1)} \quad (2)$$

最后，计算关联系数和关联度大小，并对各指标关联度大小进行排序，以便后续分析。

$$\delta_i(k) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{\left| x_0(k) - x_i(k) \right| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|} \quad (3)$$

$$\gamma_{0i} = \frac{\sum_{k=1}^m \delta_i(k)}{m} \quad (4)$$

其中： $k=1, 2, \dots, m$ ； $\delta_i(k)$ 为关联系数； ρ 为分辨系数，取值范围为 $(0, 1)$ ，通常取 0.5； γ_{0i} 表示两个数列之间的关联度。

三、实证分析

(一) 长三角各省份低碳物流产业效率分析

运用 DEAP2.1 软件对长三角各省份低碳物流产业效率进行测度，具体分析结果见表 3—表 5 所列。

综合技术效率分析结果见表 3 所列。2008—2019 年，长三角三省一市低碳物流综合技术效率的取值范围为 0.821~1.000，并且在 2015 年达到最小值 0.926，平均值为 0.971，此后呈现持续上升趋势，说明长三角低碳物流发展水平整体在波动状态中向好发展，各省份低碳物流综合技术效率相差甚微。具体来看：浙江和江苏两地低碳物流综合技术效率水平的平均值最高，分别为 0.992 和 0.984；上海低碳物流综合技术效率虽然波动幅度相对较大，但最小值也达到了 0.871；安徽低碳物流综合技术

效率在 0.821~1.000 之间，其中，2008—2014 年均处于 DEA 有效状态，2015—2019 年又呈现出较为明显的上升趋势。整体来看，长三角三省一市低碳物流综合技术效率的均值均在 0.9 以上，最小值也保持在 0.8 以上，这表明长三角低碳物流的资源配置和管理效率比较合理。

表 3 2008—2019 年长三角各省份低碳物流综合技术效率

年份	上海	江苏	浙江	安徽	长三角
2008	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2009	0.871	0.941	0.959	1.000	0.943
2010	0.978	0.965	1.000	1.000	0.986
2011	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2012	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2013	0.917	1.000	0.972	1.000	0.972
2014	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2015	0.948	0.956	0.978	0.821	0.926
2016	0.923	0.966	1.000	0.836	0.931
2017	0.881	1.000	1.000	0.853	0.934
2018	0.981	0.975	1.000	0.862	0.955
2019	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
平均值	0.958	0.984	0.992	0.948	0.971

纯技术效率分析结果见表4所列。2008—2019年,长三角三省一市低碳物流纯技术效率为1的决策单元有33个,占比68.75%。其中:浙江、江苏、上海和安徽的DEA有效年份分别为10个、8个、7个和8个。浙江和江苏纯技术效率的平均值均为0.997,排名并列第一。除2013年和2015年外,浙江纯技术效率长期处于DEA有效状态;江苏纯技术效率取值介于0.986~1.000之间,取值均在0.9以上较高水平,可见江苏物流产业的资源利用效率比较理想;紧随两省排名之后的便是上海,上海纯技术效率的平均值为0.989,高于其规模效率的平均值,说明上海综合技术效率水平更多地受到规模效率的影响,未来上海应进一步优化低碳物流的规模结构;位居末尾的安徽,虽然纯技术效率的平均值低于其他三个省份,但整体水平也均能达0.8以上,说明其进一步提升的空间还有待拓展。

表4 2008—2019年长三角各省份低碳物流纯技术效率

年份	上海	江苏	浙江	安徽	长三角
2008	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2009	0.986	1.000	1.000	1.000	0.997
2010	1.000	0.992	1.000	1.000	0.998
2011	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2012	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2013	0.991	1.000	0.975	1.000	0.992
2014	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2015	1.000	0.993	0.993	0.875	0.965
2016	0.961	0.986	1.000	0.859	0.952
2017	0.938	1.000	1.000	0.858	0.949
2018	0.996	0.990	1.000	0.863	0.962
2019	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
平均值	0.989	0.997	0.997	0.955	0.985

规模效率分析结果见表 5 所列。2008—2019 年，长三角物流规模效率最大值为 1.000，最小值为 0.884，平均值达到 0.986。浙江在各地区低碳物流平均规模效率中排名第一，紧随其后的分别是安徽、江苏和上海。浙江除 2009 年、2013 年和 2015 年外，规模效率均处于 DEA 有效状态；安徽则在 2008—2014 年期间，规模效率持续稳定为 1；而江苏和上海的规模效率则处于不断波动状态，规模效率未达到 1 的年份说明投入与产出没有达到最优规模，有待继续降本增效，提高低碳物流的规模效率，进而提升长三角低碳物流综合技术效率。

表 5 2008—2019 年长三角各省份低碳物流规模效率

年份	上海	江苏	浙江	安徽	长三角
2008	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2009	0.884	0.941	0.959	1.000	0.946
2010	0.978	0.973	1.000	1.000	0.988
2011	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2012	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2013	0.925	1.000	0.997	1.000	0.981
2014	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2015	0.948	0.963	0.986	0.938	0.959
2016	0.960	0.980	1.000	0.973	0.978
2017	0.939	1.000	1.000	0.994	0.983
2018	0.986	0.985	1.000	0.999	0.993
2019	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
平均值	0.968	0.987	0.995	0.992	0.986

（二）低碳物流与区域经济发展的计量分析

1. 描述性统计

本文采用 Stata15 计量经济软件对模型进行描述性统计分析，表 6 详细列出 2008—2019 年被解释变量、解释变量以及控制

变量的样本数、均值、标准差、最小值及最大值。由表 6 数据可知，人均国内生产总值(pgdp)的最小值为 14 485，最大值为 116 344，表明长三角三省一市的经济发展水平显著不同；低碳物流(lcl)的均值为 0.345，最小值为 0.117，最大值为 0.796，说明三省一市的低碳物流发展水平差异略大。在控制变量中，教育支出(edu)的标准差最小，为 0.006；相比之下，政府规模(gov)和环境规制程度(rate)的标准差分别为 0.048 和 0.052，波动幅度明显大于教育支出(edu)。

表 6 变量描述性统计结果

变量	样本数	均值	标准差	最小值	最大值
pgdp	48	59 260	24 687	14 485	116 344
lcl	48	0.345	0.180	0.117	0.796
gov	48	0.174	0.048	0.103	0.256
edu	48	0.028	0.006	0.020	0.042
rate	48	0.916	0.052	0.786	0.987

2. 相关系数矩阵

本文通过测算相关系数矩阵和方差膨胀因子，以此判断解释变量与控制变量之间是否存在多重共线性问题，具体见表 7、表 8 所列。由运行结果可知 $VIF < 5$ ，根据经验判断各变量之间存在多重共线性的可能性很低^[25]，可以进行回归分析。

表 7 解释变量和控制变量的相关系数矩阵

变量	pgdp	lcl	gov	edu	rate
pgdp	1.000				
lcl	0.250	1.000			
gov	-0.022	-0.424	1.000		
edu	-0.442	-0.183	0.783	1.000	
rate	0.648	0.034	-0.342	-0.671	1.000

表 8 各变量的方差膨胀因子

变量	VIF	1/VIF
edu	5.270	0.190
gov	3.870	0.260
rate	2.180	0.460
lcl	1.320	0.760
均值	3.160	

3. 固定效应模型分析

为了消除异方差造成的影响，在回归分析之前，统一对各变量进行对数化处理。通过豪斯曼（Hausman）检验可知，应当选择固定效应模型，分析结果见表 9 所列。低碳物流所对应的系数为正，即为 0.633，且在 1% 的显著性水平上显著，这充分说明低碳物流的发展水平越高，越有利于改善长三角经济发展质量^[26, 27, 28]。控制变量中，教育支出系数为 0.659，且在 1% 的显著性水平上显著，说明长三角生态文化教育支出有显著成效，公众生态文化素养较高，生态意识较强，生态文明知识储备相对充足，有利于提升长三角区域经济发展质量^[29]；而政府规模和环境规制程度的系数均为负数，分别为-0.725、-1.034，同时，政府规模在 1% 的显著性水平上显著，环境规制程度则在 5% 的显著性水平上显著，说明地方政府可能迫于政绩压力，更注重短期成效，侧重把资金投入对地区经济增长回报快、贡献高的生产性领域，造成财政支出结构失衡^[23]；在环境管制方面，为了实现经济量的增长，降低环境管控门槛，加快引进各种产业，最终不可避免地造成环境破坏，也使得经济发展质量受损^[30]。

表 9 固定效应模型回归分析结果

变量	相关系数	标准差	T 值	P 值
lnlcl	0.633***	0.039	16.340	0.000
lngov	-0.725***	0.217	-3.350	0.002
lnedu	0.659***	0.180	3.660	0.001
lnrate	-1.034**	0.400	-2.590	0.013
中	91.95%			
F 值	114.270			

注：***、**分别表示 1%、5% 的显著性水平。下同

4. 稳健性检验

为验证研究结论的稳健性，分别选取替换变量、调整样本期、核心变量滞后一期以及加入遗漏变量的方法进行检验，研究结果见表 10、表 11 所列。

表 1 0 稳健性检验

变量	被解释变量 lnpgdp		
	替换被解释变量	调整样本期	解释变量滞后一期
lnlcl	0.629*** (11.85)	0.635*** (17.41)	0.531*** (14.22)
lngov	-0.611** (-2.06)	-0.803*** (-4.02)	-0.195 (-0.89)
lnedu	0.887*** (3.59)	0.607*** (3.74)	0.421** (2.20)
lnrate	-1.116** (-2.04)	-1.042*** (-2.84)	-1.165** (-2.66)
R2	87.62%	92.11%	88.76%
F 值	70.790	105	71.040
Observations	48	44	44

注：括号内为 t 值。下同

表 1 1 稳健性检验（加入遗漏变量）

变量	被解释变量 lnpgdp		
	(1)	(2)	(3)
lnlcl	0.733*** (18.71)	0.594*** (15.84)	0.692*** (17.48)
lninv	-0.428*** (-4.43)		-0.377*** (-4.11)
Intra		-0.272*** (-3.05)	-0.206*** (-2.68)
lngov	-0.860*** (-4.74)	-0.906*** (-4.40)	-0.981*** (-5.62)
lnedu	0.754*** (5.01)	0.696*** (4.23)	0.770*** (5.51)
lnrate	-0.511 (-1.46)	-0.499 (-1.23)	-0.168 (-0.48)
中	94.65%	93.50%	95.50%
F 值	137.970	112.190	134.340
Observations	48	48	48

(1) 替换变量。

本文主要通过调整被解释变量人均国内生产总值 (lnpgdp) 来验证低碳物流与区域经济之间的关系, 此处使用长三角三省一市各自实际 GDP 的对数值进行代替^[31,32]。表 10 第 1 列的结果表明, 核心解释变量低碳物流 (lnlcl) 通过了 1% 的显著性水平检验。除此之外, 其他控制变量并未发生剧烈变动, 这表明研究结论即低碳物流可以促进区域经济增长是相对稳健的。

(2) 调整样本期。

2008 年金融危机席卷全球, 给我国各地区经济发展带来一定的负面冲击。考虑区域经济在受到外部冲击后可能会对研究结论产生影响, 本文进一步将研究样本的时间范围调整为 2009—2019 年再次测试, 检验结果见表 10 第 2 列。结果表明, 不但核心解释变量低碳物流 (lnlcl) 通过了 1% 的显著性水平检验, 而且其他控制变量基本上没有发生显著变动, 再一次验证了研究结论的稳健性。

(3) 核心变量滞后一期。

考虑核心解释变量可能存在内生性问题, 本文对解释变量即低碳物流 (lnlcl) 进行滞后一期后再测算, 结果见表 10 第 3 列。结果表明, 低碳物流 (lnlcl) 系数为 0.531, 即核心解释变量的系数与显著性水平同表 10 第 1、第 2 列所呈现的结果相差甚微, 也相对有效地证明了基准回归的稳健性。

(4) 加入遗漏变量。

稳健性检验有时也因为遗漏了变量而导致结果偏差, 下面将在原有控制变量的基础上, 引入影响区域经济发展的重要变量, 包括固定资产投资 (inv) 和对外开放水平 (tra) [20, 23]。其中, 固定资产投资 (inv) 用各地固定资产投资总额与各地 GDP 之比表示, 对外开放水平 (tra) 用各地进出口贸易额与各地 GDP 之比表示。具体回归结果见表 11 所列, 不难发现, 在增加可能遗漏的变量后, 低碳物流对区域经济的估计系数与前文基准回归结果相差无几, 同样增强了研究结论的说服力。

(三) 低碳物流与区域经济的灰色关联分析

通过前文计量分析, 已知低碳物流能够正向影响长三角经济发展, 为了剖析低碳物流系统各指标对区域经济的作用, 利用公式 (2) — (4) 计算得出长三角低碳物流对经济发展的灰色关联度, 运行结果见表 12 所列。

表 12 长三角低碳物流各指标对经济发展的灰色关联度

指标名称	灰色关联度
CO2 的排放量	0.914
物流从业人员	0.790
物流固定资产投资	0.628
等级公路里程	0.734
物流产业增加值	0.908
货运量	0.807
货物周转量	0.774

对表 12 各指标的灰色关联度大小进行排序，各指标从高到低为：CO₂ 的排放量>物流产业增加值>货运量>物流从业人员>货物周转量>等级公路里程>物流固定资产投资。

低碳物流系统各指标与区域经济灰色关联度数值均在 0.6 以上，表明整体关联程度比较密切，进一步说明低碳物流能够推动区域经济发展。具体来看：首先，二氧化碳排放量与长三角经济发展呈现强关联，关联度达到了 0.914，说明二氧化碳排放程度对经济发展质量起到尤为关键的作用，降碳减排不但能加强对区域环境的保护，更是促进经济长久健康发展的基础^[33]；其次，物流产业增加值与长三角经济发展呈现强关联，以 2019 年为例，长三角三省一市物流产业增加值达到了 8 743.68 亿元，占长三角 GDP 总量的 4%左右，对经济发展的带动作用显而易见；再次，货运量、货运周转量的关联度分别为 0.807 和 0.774，两者在一定程度上代表物流的运输和周转能力，而物流从业人员数量则又能体现出从事低碳物流产业的人才规模，三者均可以从不同方面反映出低碳物流对区域经济的带动作用；最后，就等级公路里程而言，万物流通公路先行，这是低碳物流发展的前提和基础，良好的物流基础设施有助于加快货物流动，进而加快区域经济前进的步伐。

四、结论与建议

（一）结论

本文选取 2008—2019 年长三角三省一市数据为研究样本，首先，利用 DEA-BCC 模型对低碳物流产业效率进行初步测算；其次，选取人均国内生产总值为被解释变量，低碳物流系统的综合得分为解释变量，教育支出、政府规模和环境规制程度为控制变量，从经济视角展开回归分析；最后，运用灰色关联剖析了低碳物流各指标对区域经济发展的影响程度。研究得出以下结论：

第一，效率分析结果表明，长三角低碳物流运行效率比较理想，三省一市综合技术效率平均值差距较小，处于 DEA 有效状态的年份个数均不低于 5 个。其中，安徽在 2008—2014 年期间始终处于 DEA 有效状态，其余三个省份的低碳物流运行效率动态起伏。

第二，从计量回归分析结果可知，低碳物流产业的确促进了长三角经济发展，同时，教育支出对区域经济发展也起到了正向作用^[34]，但政府支出和环境规制程度对区域经济发展呈现出负面影响。

第三，从灰色关联分析结果来看，长三角低碳物流与经济灰色的关联度排序为：CO₂ 的排放量>物流产业增加值>货运量>物流从业人员>货物周转量>等级公路里程>物流固定资产投资。

（二）建议

基于以上研究结果，为了提升长三角低碳物流产业的运作效率，同时加快改善长三角经济发展质量，提出以下建议：

第一，各省份低碳物流产业效率的均值虽未达到有效状态，但整体发展形势良好。安徽低碳物流效率水平主要受纯技术效率影响，而其他三个省份低碳物流效率则更多受到规模效率的作用，可见长三角低碳物流的综合技术效率水平高低，既离不开纯技术效率的支持，也与规模效率水平密切相关。应充分关注低碳物流产业的资源利用情况和规模发展状况，打通区域间的地理障碍，促进要素自由流动，完善低碳物流网络布局，引导低碳物流实现 1+1+1>4 的效果。

第二，协调好低碳物流产业与经济发展之间的关系，不能一味地追求经济量的增长幅度，而忽略经济质的转变，违背了经济高质量发展的内在要求。建议政府对财政支出结构进行适当调整，而不仅仅倾向于投向收益见效快的产业^[35]。同时，为了推动区域经济高质量发展，适当提高企业进入长三角地区的门槛，加大环境规制程度，严格控制碳排放，平衡好区域经济发展质量与生态环境之间的关系。

第三, 建议加大降碳减排整治力度, 推广物流行业使用节能减排新技术和新能源。对于低碳物流产业而言, 应当密切关注物流产业的基础设施状况, 适时增加对硬件设施的投资力度, 提高互联网普及率, 优化运输路线, 尽快从传统运行方式逐步转变为节能高效模式。加快物流产业数字化转型, 运用大数据技术实现信息共享, 加快长三角物流行业公共信息平台搭建, 真正落实物流资源共享、信息畅通无阻, 进而优化运输结构, 提高货运量和货运周转量。此外, 还应重视人才引进, 增强低碳物流产业发展活力。

参考文献

- [1] 陈治国, 陈俭, 杜金华. 我国物流业与国民经济的耦合协调发展——基于省际面板数据的实证分析[J]. 中国流通经济, 2020, 34(1):9-20.
- [2] 国务院关于印发“十四五”节能减排综合工作方案的通知[EB/OL]. (2021-12-28)[2022-05-05]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2022-01/24/content_5670202.htm.
- [3] 康凯, 韩杰, 普玮, 等. 生鲜农产品冷链物流低碳配送路径优化研究[J]. 计算机工程与应用, 2019, 55(2):259-265.
- [4] 宁涛, 苟涛, 刘向东. 考虑低碳约束的生鲜农产品冷链物流策略仿真研究[J]. 系统仿真学报, 2022, 34(4):797-805.
- [5] 冷龙龙, 赵燕伟, 蒋海青, 等. 求解物流配送同时取送货低碳选址——路径问题的量子超启发式算法[J]. 计算机集成制造系统, 2020, 26(3):815-828.
- [6] 刘承良, 管明明. 低碳约束下中国物流业效率的空间演化及影响因素[J]. 地理科学, 2017, 37(12):1805-1814.
- [7] 杨传明. 低碳约束下江苏物流产业效率测度[J]. 华东经济管理, 2018, 32(1):27-32.
- [8] 张林, 姚进才, 王钦, 等. 发展物流产业助推区域经济增长的协同凝聚研究——基于国家物流枢纽城市面板数据[J]. 城市发展研究, 2021, 28(5):1-6.
- [9] 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.
- [10] 崔宏凯, 张林, 王子健, 等. 物流产业发展和区域经济增长的关联效应研究——基于长江经济带三大都市圈的面板数据[J]. 经济问题, 2021(3):78-85.
- [11] 王海峰, 田强, 李金华, 等. “一带一路”沿线省份物流效率及其影响因素的随机前沿分析[J]. 公路交通科技, 2020, 37(10):151-158.
- [12] 汪文生, 考晓璇. 高质量发展视角下环渤海地区物流效率测度研究——基于三阶段 DEA 模型[J]. 商业研究, 2021(4):75-84.
- [13] 柳键, 涂建. 中国产业结构调整对低碳物流效率的影响研究——基于超效率 DEA 低碳物流效率评价模型的实证分析[J]. 价格理论与实践, 2017(12):130-133.

-
- [14] 陈恒, 刘柯, 杨帆. “丝路经济带”核心区物流非均衡发展态势及其效应——以陕西省城市样本为例[J]. 技术经济, 2020, 39(7):99-111, 139.
- [15] 李晓梅, 崔靛. 数字物流、区域经济与碳环境治理耦合及影响因素——基于我国 30 个省级面板数据的实证检验[J]. 中国流通经济, 2022, 36(2):11-22.
- [16] CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units[J]. European Journal of Operational Research, 1978, 2(6):429-444.
- [17] 曹炳汝, 孔泽云, 邓莉娟. 长江经济带省域物流效率及时空演化研究[J]. 地理科学, 2019, 39(12):1841-1848.
- [18] 梅国平, 龚雅玲, 万建香, 等. 基于三阶段 DEA 模型的华东地区物流产业效率测度研究[J]. 管理评论, 2019, 31(10):234-241.
- [19] 谈毅. 基于 DEA-BCC 方法的我国高校科技投入产出效率研究[J]. 科技管理研究, 2015, 35(20):106-111.
- [20] 赵磊, 方成. 城旅融合的经济增长空间效应研究——基于空间动态面板数据 (SDPD) 模型的实证分析[J]. 中国软科学, 2021(11):67-79.
- [21] 黎文靖, 彭远怀, 谭有超. 知识产权司法保护与企业创新——兼论中国企业创新结构的变迁[J]. 经济研究, 2021, 56(5):144-161.
- [22] 朱玉鑫, 姚顺波. 基于生态系统服务价值变化的环境与经济协调发展研究——以陕西省为例[J]. 生态学报, 2021, 41(9):3331-3342.
- [23] 李金林, 陈立泰, 刘梅. 互联网发展对中国区域绿色经济效率的影响[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(10):149-157.
- [24] 李守林, 赵瑞, 陈丽华. 基于灰色关联分析和 TOPSIS 的物流企业创新绩效评价[J]. 工业技术经济, 2018, 37(4):12-21.
- [25] 靳涛, 陶新宇. 政府支出和对外开放如何影响中国居民消费? ——基于中国转型式增长模式对消费影响的探究[J]. 经济学(季刊), 2017, 16(1):121-146.
- [26] 龚翔, 朱万春. 低碳经济环境下物流业网络构建对城镇化发展的影响[J]. 生态经济, 2021, 37(3):101-105.
- [27] 陈涛, 刘攀. 绿色物流对分享经济发展的作用研究[J]. 商业经济研究, 2019(12):83-86.
- [28] 汤中明, 周玲. 物流业发展对低碳经济影响的实证研究[J]. 生态经济, 2016, 32(11):84-87.
- [29] 詹新宇, 刘文彬. 中国财政性教育支出的经济增长质量效应研究——基于“五大发展理念”的视角[J]. 教育与经济, 2019(1):46-57.
- [30] CHANG K, WAN Q, LOU Q C, et al. Green Fiscal Policy and Firms' Investment Efficiency: New Insights into Firm-Level Panel Data from the Renewable Energy Industry in China[J]. Renewable Energy, 2020, 151:589-597.

-
- [31] 张少华, 陈治. 数字经济与区域经济增长的机制识别与异质性研究[J]. 统计与信息论坛, 2021, 36(11):14-27.
- [32] 林木西, 肖宇博. 数字金融、技术创新与区域经济增长[J]. 兰州大学学报(社会科学版), 2022, 50(2):47-59.
- [33] 刘志华, 徐军委, 张彩虹. 省域碳减排—经济增长—环境保护协调发展的时空分异及驱动机制[J]. 海南大学学报(人文社会科学版), 2021, 39(5):63-72.
- [34] 王敏, 金春红, 张刚. 公共教育支出对地区经济发展的影响——基于辽宁省面板数据的实证分析[J]. 辽宁大学学报(哲学社会科学版), 2019, 47(4):42-46.
- [35] 周占伟, 贺心悦. 地方财政分权程度对企业全要素生产率的影响[J]. 华东经济管理, 2022, 36(3):82-92.