

基于 DEA-Malmquist 模型的公路货 运行业效率评价研究 ——来自省际面板数据的实证分析

周广澜^a 莫玲洁^{b1}

(浙江工商大学: a. 现代商贸研究中心;

b. 管理工程与电子商务学院, 浙江 杭州 310018)

【摘要】: 采用传统的 DEA 模型与 Malmquist 指数法, 对我国 2015-2019 年 31 个省(市、自治区)公路货运行业的投入产出效率进行实证分析。研究发现, 从整体来看, 规模效率是提高公路货运业高质量发展的关键因素; 在省际层面, 不同区域公路货运发展较不平衡, 东部地区综合效率与增速均较高, 中部地区综合效率高但增速慢, 西部地区综合效率与增速均较低。提出了合理扩建市场规模、实施差异化政策与加强区域协作等建议。

【关键词】: 公路货运 行业效率 DEA-Malmquist 全要素生产率

【中图分类号】: F511. 41 **【文献标志码】:** A **【文章编号】:** 1671-3079(2022)02-0100-09

道路运输业作为国民经济的基础性产业, 占据综合运输体系重要地位。现阶段, 公路货物运输行业运行效率的探讨基本围绕两方面。一是通过定性分析方法对公路货运高质量发展的研究。目前, 我国货运企业管理经营模式比较粗放, 服务市场管理较为混乱, 基础设施较差, 企业应选择正确的道路货运物流发展模式。^[1]基于国家发展规划, 应关注城市群之间的综合运输体系的有机衔接问题, 并进行服务创新与装备提升。^[2]基于构建的道路货运行业周期检测指数研究可知, 当前公路货运行业发展将延续稳中有升的趋势, 行业发展具有较强的周期性特征。^[3]二是通过定量分析方法对相关货运行业效率的研究。对行业效率的定量分析大多采用数据包络分析(Data envelopment analysis, 简称 DEA)及拓展方法, 如利用数据包络分析法和空间自相关分析法揭示长江经济带物流效率水平, 为促进长江经济带物流业高效发展提出了建议。^[4]针对中部六省(市、自治区)的物流行业投入产出效率, 采用 DEA-Malmquist 指数模型构建指标体系, 研究显示, 不同省(市、自治区)之间的效率值有明显差异, 技术进步是推动产业效率增长的关键因素。^[5]采用三阶段 DEA 方法对我国“一带一路”沿线区域物流效率进行研究发现, “一带一路”沿线地区物流行业受外部因素影响较大。^[6]利用超效率 DEA-ESDA¹方法对西部物流效率进行研究发现, 西部物流效率呈现“中心-外围”分布, 且集聚效果不明显。^[7]

作者简介: 周广澜(1983-), 男, 浙江杭州人, 浙江工商大学现代商贸研究中心副教授, 硕士生导师, 研究方向为数字经济; 莫玲洁(1999-), 女, 浙江杭州人, 浙江工商大学管理工程与电子商务学院在读硕士研究生, 研究方向为供应链管理。

基金项目: 杭州市哲学社会科学规划课题(Z21JC096); 全国统计科学研究项目(2020LY102); 国家留学基金委高等学校青年骨干教师出国研修项目(202009545007); 中国(杭州)跨境电商学院资助项目(2021KXYJ04); 浙江省“十三五”优势专业建设项目(1310XJ0518002); 浙江工商大学研究生院项目(YJG2021219, YJG2018306)

学者主要运用数据包络分析方法进行效率分析，集中于物流效率方面的实证分析，但关于公路货运行业效率研究的文献稍显空白。本文运用 DEA-Malmquist 指数对我国公路货运行业运行效率进行测算，通过建立强相关性指标体系，对行业效率进行研究，其成果可以与相关政策相结合，提高公路货运在运输系统中的分担率和运行效率，从而推动行业的转型升级，并为各省(市、自治区)道路货运行业管理部门和经济运行调节部门提供决策参考。

一、研究方法和指标体系构建

(一)研究方法

1. 数据包络分析法(DEA)

数据包络分析法作为测算物流效率最常见的方法之一，被用于评价同部门间的相对有效性。它利用线性规划的思路，通过投入产出指标的分析对相同类型的决策单元进行相对有效性评价。

根据规模报酬是否可变，DEA 模型被划分为 BCC 和 CCR 两种。BCC 以规模效益不变为前提，衡量其综合效率；CCR 以规模效益可变为前提，衡量其纯技术效率。本文选择以投入为导向的 CCR 和 BCC 模型对全国公路货运行业效率进行分析。

DEA 最早由 Charnes 等人提出，^[8]其假定共有 k 个决策单元，在决策单元中包含 m 种输入 $x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj}$, n 种输出 $y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{nj}$ ($x_{ij} > 0, y_{ij} > 0$)， λ_j 是规划决策变量权重。每个决策单元都有相应的效率评价指数 θ 满足以下公式：

$$(DS) \begin{cases} \min \theta \\ \sum_{j=1}^k \lambda_j y_j \leq \theta x_0 \\ \text{s. t. } \sum_{j=1}^k \lambda_j y_j \geq y_0 \\ \sum_{j=1}^k y_i = 1 \end{cases}, \quad \text{其中 } \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$$

利用 DEAP2.1 软件进行传统的 DEA 模型分析，得到包括综合技术效率(TE)、纯技术效率(PTE)、规模效率(SE)等测算数据，对指标数据进行相对效率评估。其中，纯技术效率是产业结构在管理和技术等因素的影响下能发挥的最大经济和社会效益，规模效率是产业结构通过优化配置对产出单元所发生的作用强度，而综合技术效率则是在纯技术效率和规模效率综合作用的结果，是两者的乘积。

2. Malmquist 指数

Malmquist 指数是 1953 年由瑞典经济学家和统计学家 Sten Malmquist 提出的，这也是 Malmquist 指数的名称的由来。^[9]Rolfäre 等人将这一非参数线性规划模型与数据包络分析法理论相结合之后，该方法开始被广泛应用。

Malmquist 指数的基本原理如下：假设共存在 n 个决策单元， T 个生产日期，以 t 和 $t+1$ 表示 2 个不同的生产日期，以 X_{rt} 和 Y_{rt} 分别代表时期 t ($t=1, 2, \dots, T-1$) 和决策单元 r ($r=1, \dots, n$) 的投入和产出向量， $D_{rt}(X_{rt+1}, Y_{rt+1})$ 表示以 t 时期生产前沿面为基准测算 $t+1$ 时期决策单元 r 生产的 DEA 效率，则其 t 至 $t+1$ 时期的 Malmquist 指数的计算公式表示如下：

$$M_r = \left[\frac{D_r^t(X_r^{t+1}, Y_r^{t+1})}{D_r^t(X_r^t, Y_r^t)} \times \frac{D_r^{t+1}(X_r^{t+1}, Y_r^{t+1})}{D_r^{t+1}(X_r^t, Y_r^t)} \right]^{\frac{1}{2}} = \frac{D_r^{t+1}(X_r^{t+1}, Y_r^{t+1})}{D_r^t(X_r^t, Y_r^t)} \times \left[\frac{D_r^t(X_r^{t+1}, Y_r^{t+1})}{D_r^{t+1}(X_r^{t+1}, Y_r^{t+1})} \times \frac{D_r^t(X_r^t, Y_r^t)}{D_r^{t+1}(X_r^t, Y_r^t)} \right]^{\frac{1}{2}} = TEC \times TC$$

构建 DEA-Malmquist 模型，得到包括全要素生产率指数(TFP)、技术效率变化指数(TEC)、技术进步指数(TC)、纯技术效率变化指数(PEC)以及规模效率变化指数(SEC)等测算数据，其中全要素生产率指数包括技术效率变化指数和技术进步指数。技术效率变化指数又划分为纯技术效率变化指数与规模效率变化指数。利用 DEAP2.1 软件计算相关指标数据， $M_r > 1$ 表示决策单元的生产力在该时期得到改善， $M_r < 1$ 则表示决策单元的生产力在该时期呈现衰退状态。

(二)评价指标体系构建

借鉴文献[10-13]的方法，从投入和产出两个层面构建公路货运行业运行效率的测算效率评价模型。运用 DEA 模型评价物流行业效率时，投入指标参照道格拉斯生产函数，^[14]倾向于资本、物力、人力方面，^[15]而产出指标则倾向于经济效益和社会效益。基于此，结合指标数据的可得性与可操作性，以交通运输固定资产投资反映资产情况，以载货车辆和公路运输总里程反映物力投入，以交通运输、仓储、邮政业就业人数反映人力投入，产出指标用交通运输、仓储、邮政业的增加值表示，公路货运行业运行效率指标如表 1。

表 1 公路货运行业运行效率指标

指标属性	指标名称	代码
投入指标	交通运输固定资产投资/亿元	I ₁
	载货车辆/万辆	I ₂
	公路运输总里程/km	I ₃
	交通运输、仓储、邮政业就业人数/万人	I ₄
产出指标	交通运输、仓储、邮政业增加值/亿元	O ₁
	公路运输货运量/万吨	O ₂
	公路运输货物周转量/亿吨公里	O ₃

(三)数据来源

本文分析我国 2015-2019 年 31 个省(市、自治区)的面板数据，研究该时期各省(市、自治区)公路货运行业效率值的变化特点，各变量指标数据均来自历年的《中国统计年鉴》以及国家统计局网站，模型借助 DEA-SOLVER 和 DEAP2.1 软件进行测算。

由表 2 可知，所有的公路货运行业投入和产出指标数据均成显著正相关，且相关系数总体较大。而从表 3 可以看到，各个指

标变量的最大值与最小值之间的差异很大。其中，差距最大的公路运输货物周转量标准差为 1864.0，公路运输货物周转量最大值为 8550.15 亿吨公里，最小值为 40.8 亿吨公里，两者相差约 209 倍。其余变量的最大值和最小值之间的相差倍数均在 25 倍以上，说明各省(市、自治区)之间在投入产出指标方面存在较为严重的不平衡现象。因此，利用该样本数据进行效率测度分析有效。

表 2 Pearson 相关性分析结果

变量	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄
O ₁	0.691**	0.745**	0.519**	0.785**
O ₂	0.646**	0.750**	0.715**	0.575**
O ₃	0.434**	0.883**	0.577**	0.398**

注：**表示 $p < 0.01$ 。

表 3 描述性分析(样本量 155)导

变量	均值	标准差	最小值	最大值
I ₁	1784.0	1189.2	168.3	5605.4
I ₂	42.3	30.6	2.7	144.0
I ₃	0.7	8.1	1.3	33.7
I ₄	6994.4	87079.9	5191.0	397895.0
O ₁	69.7	868.0	37.5	3658.0
O ₂	6150.9	76577.9	1906.0	312807.0
O ₃	149.7	1864.0	40.8	8550.15

二、实证分析

(一)DEA 模型的静态分析

1. 总体效率分析

如表 4 所示，2015-2019 年，我国公路货运效率呈现逐步上升的趋势，且该时间段内公路货运市场运行效率整体一般。计算可得，5 年间道路货运行业相关数据的平均综合效率为 0.725，未实现 DEA 有效，综合效率、纯技术效率以及规模效率变化趋势一致，至 2019 年，综合效率上升至 0.819，纯技术效率上升至 0.868，规模效率上升至 0.936。

表 4 2015-2019 年全国公路货运市场相关效率数据

年份	综合效率	纯技术效率	规模效率
2015	0.633	0.718	0.894
2016	0.668	0.750	0.898
2017	0.725	0.803	0.905
2018	0.782	0.852	0.919
2019	0.819	0.868	0.936
均值	0.725	0.798	0.910

2. 区域效率分析

如表 5 所示,按照不同区域的经济社会发展状况,将全国划分为四大区域:东部、中部、西部及东北部地区。分地区看,各省(市、自治区)公路货运行业的综合效率空间分布存在明显的区域分布差异,结合中国四大经济区域,公路货运市场的综合运行效率按照由大到小的顺序可排列为中部、东部、西部、东北部。据统计,2019年,山东、河北、河南、江苏、安徽五省的载货车辆占比超过全国总量的40%,中部、东部地区的建设规模力度较大,但相对较低的纯技术效率说明中部地区应着重提升技术水平与管理水平。西部和东北部地区的综合效率、纯技术效率、规模效率总体偏低,其中较低的纯技术效率导致东北部地区综合效率在四个区域中处于落后地位。近年来,振兴东北老工业基地的战略为东北地区的物流行业带来巨大的发展空间,而物流企业、物流项目的不断增加,为东北地区的道路货运行业带来发展契机,其规模效率接近有效,道路货运配置能力较高,而纯技术效率仅为0.627,需更加注重技术的发展。

表 5 2015-2019 年各区域公路货运市场相关效率数据表

区域		综合效率		纯技术效率		规模效率	
		分值	平均	分值	平均	分值	平均
东部	北京	0.635	0.827	0.765	0.911	0.815	0.905
	天津	0.963		0.994		0.969	
	河北	0.935		0.936		0.999	
	上海	0.908		0.998		0.910	
	江苏	0.716		0.837		0.856	
	浙江	0.877		0.897		0.977	
	福建	0.859		0.864		0.994	
	山东	0.863		0.937		0.920	

	广东	0.871		0.928		0.938	
	海南	0.645		0.953		0.674	
中部	山西	0.635	0.837	0.646	0.853	0.984	0.981
	安徽	0.964		0.966		0.998	
	江西	0.943		0.947		0.995	
	河南	0.703		0.763		0.928	
	湖北	0.855		0.872		0.980	
	湖南	0.923		0.924		0.999	
西部	内蒙古	0.906	0.617	0.910	0.720	0.996	0.873
	广西	0.875		0.883		0.990	
	重庆	0.550		0.590		0.932	
	四川	0.500		0.503		0.994	
	贵州	0.750		0.794		0.946	
	云南	0.602		0.634		0.946	
	西藏	0.307		0.962		0.317	
	陕西	0.647		0.663		0.974	
	甘肃	0.471		0.490		0.959	
	青海	0.373		0.720		0.518	
	宁夏	0.940		0.995		0.944	
	新疆	0.477		0.500		0.953	
	东北部	辽宁		0.929		0.597	
吉林		0.532	0.584	0.909			
黑龙江		0.330	0.366	0.903			
全国平均		0.725		0.798		0.910	

以纯技术效率与规模效率角度观察各省(市、自治区)公路货运行业效率,纯技术效率与规模效率均高于0.9的省(市、自治区)有天津、河北、内蒙古、辽宁、上海、安徽、江西、山东、湖南、广东、宁夏,纯技术效率大于0.9而规模效率未达标的省(市、自治区)有海南和西藏,规模效率大于0.9而纯技术效率未达标的省(市、自治区)有山西、吉林、黑龙江、浙江、福建、河南、湖北、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、新疆,纯技术效率与规模效率均未达到0.9的省(市、自治区)有北京、江苏和青海。

(二) Malmquist 指数的动态分析

1. 总体效率分析

如表 6 所示,就全国范围而言,2015-2019 年公路货运行业的 Malmquist 指数均值达到 1.083,年均增长 8.3%,国内公路货运行业技术效率年均增长率为 1.4%,纯技术效率的年均增长率为 1.6%,规模效率的年均增长率为负值,数值为-0.2%,技术进步的平均增长率为 6.8%。由此可见,技术进步指标是拉动货运市场的全要素生产率增长的关键指标,是 Malmquist 指数均值增长 8.3% 的关键因素所在,而技术效率的驱动效用次之。同时,较低的规模效率是制约技术效率增长的主要因素,因此,应侧重于加强公路货物运输市场的建设,适当增加专业化的货运物流企业。

表 6 2015-2019 年全国公路货运市场 Malmquist 指数及分解状况

年度	TEC	TC	PEC	SEC	TFP
2015-2016	1.012	1.045	1.019	0.993	1.058
2016-2017	0.985	1.120	0.995	0.989	1.103
2017-2018	1.050	1.058	1.042	1.007	1.111
2018-2019	1.010	1.050	1.008	1.002	1.061
均值	1.014	1.068	1.016	0.998	1.083

如图 1 所示,从时间趋势上来看,2015-2019 年全要素生产率指标先升后降,与技术进步指标的曲线变化趋势及波动方向基本一致,这也印证了对中国公路货运行业的高质量发展起到重要推动作用的因素是技术进步指标。从各时间段的变化来看,虽然全要素生产率在不同年份呈现上下波动的状态,但总体呈上升趋势,仅在 2018-2019 年增速放缓,表明这一年公路货运产业要素投入和配置可能存在不合理之处,影响了效率水平的提高。

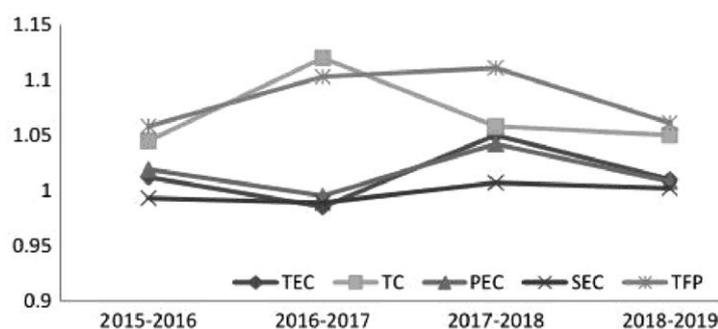


图 1 2015-2019 年公路货运市场 Malmquist 指数分解指标变化趋势

2. 区域效率差异对比

如表 7 所示,2015-2019 年中国公路货运行业四大区域的年均 Malmquist 指数均大于 1,呈现出“东部>东北部>中部>西部”的格局。排在首位的东部地区由于大部分省(市、自治区)为经济发达地区,科学技术发达,综合物流能力强,公路货运发展迅猛,

加之东部地区建设成本低，基础设施建设较为强劲，因此，全要素生产率年均增长最快。东北地区拥有强劲的技术进步指标，从而拉动了全要素生产率的增长，加之近年来创新能力的提高以及东北西部和大兴安岭地区快速铁路、公路、航空基础设施的建设，也给东北地区的公路货运行业带来更有利的发展契机，提高了地区的公路货运市场运行效率。但同时，东北地区在规模效率变化指数上小于1，说明地区在注重行业规模发展的同时，也应强调投入产出的质量。中部地区与西部地区的技术效率变化指标、技术进步指标以及纯技术效率变化指标都大于1，拉动全要素生产率提升的主要因素是技术进步指标，而在规模效率变化指标方面发展较弱，其货运发展有待提升。

表7 2015-2019年区域公路货运市场 Malmquist 指数及分解状况

区域	TEC	TC	PEC	SEC	TFP	
东部	北京	1.077	1.172	1.047	1.030	1.263
	天津	1.000	1.079	1.000	1.000	1.079
	河北	1.000	1.059	1.000	1.000	1.059
	上海	1.000	1.132	1.000	1.000	1.132
	江苏	0.970	1.085	1.000	0.970	1.053
	浙江	1.013	1.098	1.000	1.013	1.112
	福建	1.000	1.102	1.000	1.000	1.102
	山东	0.998	1.053	1.000	0.998	1.051
	广东	1.000	1.067	1.000	1.000	1.067
	海南	1.063	1.121	1.000	1.063	1.192
	平均	1.012	1.097	1.005	1.007	1.111
中部	山西	1.084	1.067	1.069	1.014	1.157
	安徽	1.000	0.982	1.000	1.000	0.982
	江西	1.000	1.043	1.000	1.000	1.043
	河南	1.003	1.080	1.018	0.985	1.083
	湖北	1.000	1.110	1.000	1.000	1.110
	湖南	1.000	1.081	1.000	1.000	1.081
	平均	1.015	1.061	1.015	1.000	1.076
西部	内蒙古	1.000	1.058	1.000	1.000	1.058
	广西	1.052	0.994	1.052	1.000	1.046
	重庆	0.948	1.064	0.937	1.012	1.009

	四川	1.010	1.057	1.009	1.000	1.067
	贵州	1.072	1.081	1.066	1.005	1.158
	云南	1.086	1.056	1.051	1.034	1.147
	西藏	0.873	1.065	1.000	0.873	0.930
	陕西	1.071	1.024	1.065	1.005	1.097
	甘肃	1.045	1.011	1.039	1.006	1.056
	青海	0.944	1.057	1.008	0.936	0.997
	宁夏	1.000	1.016	1.000	1.000	1.016
	新疆	1.114	1.052	1.100	1.012	1.172
	平均	1.018	1.045	1.027	0.990	1.063
东北部	辽宁	1.000	1.135	1.000	1.000	1.135
	吉林	1.032	1.067	1.055	0.979	1.102
	黑龙江	1.014	1.055	1.002	1.012	1.069
	平均	1.015	1.086	1.019	0.997	1.102
全国平均	1.014	1.068	1.016	0.998	1.083	

根据表 7 的相关数据显示，2015-2019 年全国大部分省(市、自治区)的 Malmquist 指数均值都大于 1,随着时间的推移，且大部分地区的公路货运发展在 5 年间均呈上升趋势，在规模建设和技术进步两个层面都有极大的进步。其中，北京、海南、新疆的增长率较高，带动了东西部其他省(市、自治区)的道路货物运输发展。北京全要素生产率的年增长率为 26.3%,在所有省(市、自治区)中增长最为明显，其持续稳定的发展主要得益于先进的技术支持。西藏、安徽、青海三省(市、自治区)的 TFP 小于 1,引起西藏道路货运市场发展效率下降的因素是技术效率变化指数，进一步分解后发现，主要原因在于 87.3%的规模效率变化指数，这也与全国总体指标情况一致。基于此，扩大产业建设以及提高基础设施建设的质量是今后促进公路货运高质量发展的主要目标。观察各省(市、自治区)技术效率变化指数和技术进步指数的空间分布(如图 2)发现，宁夏、甘肃、安徽、广西四省(市、自治区)的技术进步指数低于 1,应加快技术创新，借鉴北京、辽宁等省(市、自治区)的公路货运行业发展的相关经验，提高管理水平。

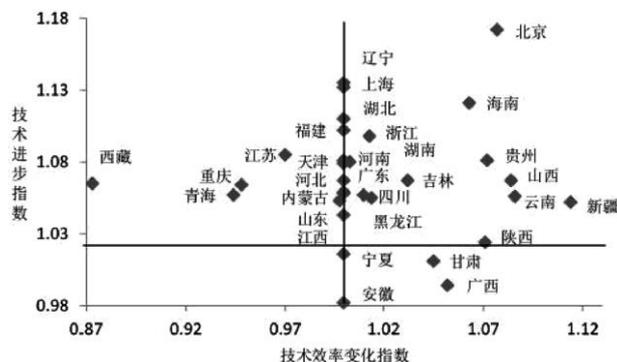


图 2 全国各省(市、自治区)技术效率变化指数和技术进步指数的空间分布

三、结论与建议

(一) 结论

本文采用 DEA-Malmquist 方法, 全面分析我国 2015-2019 年 31 个省(市、自治区)的公路货运市场的运行效率, 从时空演变和省(市、自治区)际差异两个维度开展了实证研究。

第一, 从发展的时序上来看, 中国公路货运市场运行效率处于稳定上升的趋势, 但总体偏低, 处于规模不经济状态, 平均综合技术效率为 0.725; 从空间角度看, 各省(市、自治区)的综合效率均值空间分布存在明显的区域差异, 发展效率呈现出“中部>东部>西部>东北部”的状态。

第二, 就全国范围而言, 2015-2019 年我国公路货物运输行业的 Malmquist 指数年均增长幅度为 8.3%, 总体呈上升趋势, 技术进步指数是推动全要素生产率增长的首要因素; 从区域角度看, 全要素生产率增长速度呈现“东快、中次、西慢”的格局, 即东部地区综合效率与增速都处于较高水平, 中部地区综合效率高但增速慢, 西部地区综合效率与增速处于较低水平。

第三, 在影响我国公路货运行业的主要因素中, 技术进步水平对行业效率的影响呈显著的正效应, 而规模水平则对中国公路货运行业的高质量发展产生了负效应, 这也表明我国公路货物运输行业未来的重点在于加大规模扩建的力度, 奋力实现最优规模报酬。

(二) 建议

1. 合理扩建市场规模

一方面, 合理加大固定资产投资力度。固定资产的投资在促进国家成功实现年度增长目标、增强城市辐射力与竞争力方面的作用至关重要, 是发展我国经济的有力工具。另一方面, 加大网上货运市场的建设力度。促进网络货运发展, 引导当地“网络货运”企业组建产业联盟, 鼓励现代信息技术在该领域的创新应用, 以此提高投入产出效率。

2. 各区域公路货运行业实施差异化政策

各个地区应当根据自身行业发展的特点, 实行有助于产业发展的不同政策与措施。东北地区相较于规模效率, 在纯技术效率方面有待提升。通过促进区域间各个要素的自由流动, 提高资产的利用率和周转速度, 加快行业转型升级。中西部地区应以提高规模效率增速为目标, 通过进一步扩大人才引进规模和基础设施设备的建设, 有效提高中西部地区公路货运行业发展的整体效率水平。

3. 加强区域协作

当前, 区域经济一体化已成为经济发展的主流趋势, 区域物流作为区域经济的重要组成部分, 对公路货物运输行业的发展形成重要的推动作用。加强各区域之间的协作, 有利于整合有限的资源, 提高资源利用水平。健全区域协调机制, 加强各省(市、自治区)之间公路货物运输行业在信息、人才、资源、技术方面的交流与合作, 鼓励货运企业跨地区、跨部门资源整合, 转向集约化发展。

参考文献:

- [1]刘静,惠宁,南士敬.数据赋能驱动文化产业创新效率的非线性研究——基于STR模型的实证检验[J].经济与管理研究,2020,41(7):31-46.
- [2]汪鸣.货运企业战略的路径与选择[J].物流技术与应用(货运车辆),2011(6):26-28.
- [3]刘静,惠宁,南士敬.数据赋能驱动文化产业创新效率的非线性研究——基于STR模型的实证检验[J].经济与管理研究,2020,41(7):31-46.
- [4]钟昌宝,钱康.长江经济带省域物流效率及空间差异研究[J].北京交通大学学报(社会科学版),2017,16(2):120-127.
- [5]龚雪.中部六省物流效率评价[J].统计与决策,2019,35(18):59-63.
- [6]王博,祝宏辉,刘林.我国“一带一路”沿线区域物流效率综合评价——基于三阶段DEA模型[J].华东经济管理,2019,33(5):76-82.
- [7]高康,张步阔,王茂春,等.基于超效率DEA-ESDA的中国西部物流效率空间格局及差异性研究[J].地域研究与开发,2019,38(6):6-10.
- [8]CHARNES A, COOPER W W, RHODES E. Measuring the Efficiency of Decision Making Units[J]. North-Holland, 1978, 2(6): 429-441.
- [9]吴延兵.用DEA方法评测知识生产中的技术效率与技术进步[J].数量经济技术经济研究,2008(7):67-79.
- [10]商传磊,张悟移,陈俊营.基于DEA和Malmquist指数的中国物流业全要素能源效率评价[J].生态经济,2019,35(3):51-56.
- [11]田刚,李南.中国物流业技术效率差异及其影响因素研究——基于省级面板数据的实证分析[J].科研管理,2011,32(7):34-44.
- [12]张璐璐,吴威,刘斌全.基于DEA-Malmquist指数的长江三角洲地区公路交通运输效率评价与分析[J].中国科学院大学学报,2017,34(6):712-718.
- [13]吴群琪,宋京妮,巨佩伦,等.中国省域综合运输效率及其空间分布研究[J].经济地理,2015,35(12):43-49.
- [14]龚雪,荆林波.基于DEA-Malmquist模型的中国省域物流效率研究——来自省际面板数据的实证分析[J].河北经贸大学学报,2019,40(5):60-69.
- [15]王黎莹,杨妍,高鲜鑫.我国区域技术市场运行效率差异分析——基于DEA-BCC和DEA-Malmquist模型[J].科技与经济,2020,33(1):36-40.

注释:

1 指探索性空间数据分析, Exploratory Spatial Data Analysis, 简称 ESDA。