

国际 DOI 编码: 10.15958/j.cnki.gdxbshb.2019.06.07

区域综合交通运输效率差异时空演化 及影响因素分析

张建斌, 陈巧丽

(长安大学 经济与管理学院, 陕西 西安 710064)

摘要: 经济新常态背景下, 交通运输供给侧结构性改革势在必行, 对交通运输效率进行评价, 有助于推动改革步伐。基于 30 个省市的公路、铁路、水路行业相关指标及经济发展、能源消耗等数据, 采用考虑非期望产出的超效率 SBM 模型、Dagum 基尼系数分解、核密度估计、地理探测器等模型, 测算了 2000 ~ 2016 省域综合交通运输效率, 对区域综合交通运输效率差异进行分解分析, 并从区域内和区域间、内外因方面探测了影响综合交通运输效率差异的主导因素。研究表明: (1) 中国省域综合交通运输效率呈“M”形波动趋势。(2) 区域内基尼系数西部 > 中部 > 东部, 区域间基尼系数东—西 > 中—西 > 东—中, 区域间差异是造成中国区域综合交通运输效率差异的主要原因。(3) 综合交通运输效率主导因素存在空间异质性, 主要是技术进步、市场规模、交通运输结构。最后, 提出了提升综合交通运输效率的相关对策。

关键词: 综合交通运输效率; 碳排放; 差异分解; 时空演化

中图分类号: C939 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 5099(2019)06 - 0034 - 09

Analysis of Spatial-Temporal Evolution and Influencing Factor in Regional Integrated Transport Efficiency Differences

ZHANG Jianbin, CHEN Qiaoli

(School of Economics and Management, Chang'an University, Xi'an, Shaanxi, 710064, China)

Abstract: In the context of the new normal of economy, supply-side structural reform of transportation is imperative. To evaluate the efficiency of the transportation is conducive to promoting the pace of reform. The research data is based on related parameters of highway, railway, waterway, economic development, energy consumption and others of 30 provinces and cities, using the super-efficiency SBM model considering unexpected outputs, the decomposition of Gini coefficient by Dagum, the kernel density estimation, the geography detector model to measure the provincial integrated transport efficiency of 2000 - 2016, decomposing and analyzing the regional integrated transport efficiency variance, and then detecting the dominant factors of integrated transport efficiency differences from intraregional and regional perspective. The results show that: firstly, provincial integrated transport efficiency shows a trend of M-shaped fluctuation; secondly, the intraregional Gini coefficient is greatest in the west, then in the middle, and next the east, while the regional Gini coefficient greatest between east and west, then middle-west, east-middle. The regional difference is the most important reason for the integrated transport efficiency differences in China; thirdly, there is spatial heterogeneity among the leading factors of integrated transport efficiency, mainly technical progress, market scale and transportation structure; finally, putting forward some suggestions to improve the integrated transport efficiency in China.

Key words: integrated transport efficiency; carbon emissions; differences decomposition; spatial-temporal evolution

经济新常态背景下, 供给侧结构性改革势在必行。交通运输业作为国民经济的基础性和先导性产业, 在供给侧结构性改革中发挥着先行作用。交

通运输效率是衡量一个国家或地区交通运输系统运行状况和发展潜力的重要指标, 反映了交通运输结构的合理程度以及各种运输方式间的协调程度。

收稿日期: 2019 - 09 - 12

基金项目: 陕西省社会科学基金项目(2015D007)。

作者简介: 张建斌, 男, 陕西合阳人, 副教授, 硕士生导师。研究方向: 交通产业经济、交通运输统计。

陈巧丽, 女, 陕西商洛人, 硕士研究生。研究方向: 交通产业经济、交通运输统计。

对交通运输效率进行评价,有助于推动交通运输供给侧结构性改革。提高交通运输效率,对于实现交通强国建设目标具有重要意义。

现有的交通运输效率研究主要有以下几个方面:从研究内容上分为能源及碳排放效率研究、^[1-4]环境效率研究、^[7-9]运输效率研究^[10-13]等;从研究角度上分为宏观、区域、省级行政单位;^[1-4]从研究对象上分为综合运输、单一运输^[1]或单一部门,^[14]或者客运、货运^[15]不同运输方式。在交通运输能源消耗及碳排放效率、环境效率研究方面,方国斌等^[3]基于三阶段 DEA 模型以能源消耗作为投入指标研究了中国 30 个省市的能源消耗效率。卢建锋等^[8]将交通运输业碳排放效率定义为总换算周转量与二氧化碳排放的比值,并基于因素分解模型分析了五种运输方式的碳排放效率。Jie^[8]以能源消耗作为投入、二氧化碳作为产出测算了中国 30 个省的环境效率,并分解到客运和货运两个系统。而能源消耗及碳排放效率,环境效率实则是运输效率研究的具体化。^[14]因此,研究中后期,运输效率研究成为主流,但往往集中于单一运输方式或单一部门,指标体系构建不尽合理。如 Kottas 等^[14]基于 BCC 模型对比分析了主要国际航空公司的运输效率,发现亚洲和欧洲航空公司的效率明显优于美国航空公司。鲁涛等^[11]基于网络 DEA 分别研究了中国道路运输效率以及客、货运子系统效率。刘斌全等^[12]基于超效率 SBM 模型研究了 18 个铁路局的运输效率。孙后鹏等^[13]采用 BCC 模型分析了省际(公铁)货物运输效率。

交通运输作为一个综合系统,研究其综合交通运输效率有利于构建全面的评价指标体系,取得更为合理的评价结果。国内对综合运输效率的研究成果尚待完善,李涛等^[15]基于传统的 DEA 模型研究了中国 31 个省市的综合运输效率,但未考虑能源消耗等投入要素。孟郁^[16]基于 CCR 模型从宏观角度评价了包括公路、铁路、水路、航空在内的中国综合运输效率,王冬冬等^[17]基于 BCC 模型评价了陕西省除管道外的综合运输效率,吴群琪等^[18]基于超效率三阶段 DEA 模型评价了省域五种运输方式的综合运输效率,但能源消耗要素投入及碳排放产出均未涉及。宋京妮^[19]分别采用 SBM - undesirable 模型和超效率 DEA 模型从动态和静态两个角度评价了中国省域综合运输效率,但忽视了水运在综合运输中的重要作用。此外,中国区域交通运输业发展差异较为明显,以往研究采用定性方

法^[20]描述区域交通运输效率的差异分布,但对差异的来源及程度、动态演变规律未做深入探究。现有研究虽然丰富了中国交通运输理论框架,但为交通运输业供给侧结构性改革提供借鉴,提升交通运输业发展水平,仍需进一步改进。

基于此,本文从综合运输角度出发研究中国的交通运输效率,以二氧化碳排放作为非期望产出,在资源环境约束趋紧下同时考虑能源、环境等效益,分析中国区域综合交通运输效率差异及其演变规律,从内因和外因角度提出改进策略。为提高综合交通运输效率,缩小区域差异,促进区域交通运输业协调发展提供保障。

一、研究方法、变量及数据处理

(一) 研究方法

1. 交通运输效率评价模型

效率评价方法中的计量模型基于投入、产出比率分析交通运输效率,得到了国际国内学者的广泛认可,计量模型主要有随机前沿分析法、确定性前沿分析法、神经网络分析法、数据包络分析法等,其中随机前沿分析法和确定性前沿分析法均属于参数分析,以假定生产函数的形式为前提,在参数估计有效性以及合理性检验上相对存在缺陷;神经网络和数据包络分析法均属于非参数分析,相比之下,数据包络分析法因更易操作而被广泛应用。^[14]本文采用的是 Tone^[21]提出的基于松弛变量(SBM)测度的超效率 DEA 模型,考虑到实际的生产情况,产出指标应当考虑非期望因素,因此构建了考虑非期望产出的超效率 SBM 模型。若假设每个 DMU 有投入 m 、期望产出 q_1 、非期望产出 q_2 ,则含非期望产出的超效率 SBM 模型定义为:

$$\begin{aligned} \min TE_k = & \frac{1 + 1/m \sum_{i=1}^m (s_i^-/x_{ik})}{1 - 1/(q_1 + q_2) \left(\sum_{r=1}^{q_1} s_r^+/y_{rk}^d + \sum_{t=1}^{q_2} s_t^{u-}/y_{tk}^u \right)} \\ s. t. & \\ & \sum_{j=1, j \neq k}^n x_{ij} \lambda_j - s_i^- \leq x_{ik}, i = 1, \dots, m \\ & \sum_{j=1, j \neq k}^n y_{rj}^d \lambda_j + s_r^+ \geq y_{rk}^d, r = 1, \dots, q_1 \\ & \sum_{j=1, j \neq k}^n y_{tj}^u \lambda_j - s_t^{u-} \leq y_{tk}^u, t = 1, \dots, q_2 \\ & 1 - 1/(q_1 + q_2) \left(\sum_{r=1}^{q_1} s_r^+/y_{rk}^d + \sum_{t=1}^{q_2} s_t^{u-}/y_{tk}^u \right) > 0 \\ & \lambda_j, s^+, s^- > 0, j = 1, \dots, n (j \neq k) \end{aligned} \quad (1)$$

2. 区域差异程度度量模型

一般用来衡量区域差异的标准主要有泰尔指数、基尼系数以及后来拓展的 Dagum 基尼系数。相较而言,Dagum 基尼系数^[2]弥补了泰尔指数和传统基尼系数衡量区域差异的不足,既描述了区域差距的来源,又考虑了子群样本的分布状况,解决了样本数据间交叉重叠问题,其应用愈发广泛,本文便采用此方法。根据 Dagum 基尼系数及其子群分解原理,总体基尼系数 G 可以分解为区域内的基尼系数 G_{jj} , 区域间的基尼系数 G_{jh} , 且等于区域内的差距贡献 G_w 、区域间的差距贡献 G_{nb} 、超变密度贡献 G_t 三者的加和,即:

$$G = G_w + G_{nb} + G_t \quad (2)$$

3. 动态演变规律估算模型

核密度估计是一种用来平滑估计密度函数未知变量的概率分布,并用连续的密度曲线加以展示的重要非参数方法,既能测度样本整体分布的形态,还能够反映样本整体分布的动态演变规律,相比于参数估计,核密度估计有效避免了事先设定模型的敏感性,摆脱了未知参数的影响。^[3] 本文采用高斯核函数估算区域综合交通运输效率差异分布的动态演进,高斯核密度估计为:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{2}\right) \quad (3)$$

4. 时空差异主导因素探测模型

综合交通运输效率受多种因素共同影响,而传统统计方法研究假设较多,模型适用性存在一定阻碍。^[4] 地理探测器分析方法的核假设是: 如因子 X 对因变量 Y 有重要影响,则它们的空间分布应当是相似的。^[4] 本文将其应用于探测各类因素对中国区域综合交通运输效率空间分异的作用。模型设定如下:

$$q = 1 - \frac{1}{N\sigma^2} \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2 \quad (4)$$

上式中 $h = 1, \dots, L$ 为因变量 Y 或因子 X 的分层(或分类); N_h, N 分别为层(类) h 和全区的样本数; σ_h^2, σ^2 分别为层(类) h 和全区因变量 Y 的方差。 q 取值为 $[0, 1]$, 表示的是因子 X 解释因变量 Y 空间分异的程度。

(二) 变量及数据处理

1. 效率评价指标

通过搜集整理国内外交通运输效率相关研究文献,初步把握效率评价指标体系构建方向,并结合综合交通运输发展特性,指标体系构建原则、数

据包络分析投入产出指标限制要求,最终确定综合交通运输效率评价指标体系,如表 1 所示:

表 1 综合交通运输效率评价指标体系

角度	指标
投入	交通运输业固定资产投资总额(亿元)、运输从业人员总数(人)、运输设备总数(万辆/艘)、运输网络总里程(万公里)、能源消耗(万吨标准煤)
	货物周转量(亿吨公里)、旅客周转量(亿人公里)、交通运输业增加值(亿元)
非期望产出	二氧化碳排放(万吨)

数据来源: 各省(市)统计年鉴、中国统计年鉴以及能源统计年鉴,2001~2017。下图、表同

管道运输性质特殊、航空运输效率评价以空港为基本单元,本文研究的综合交通运输主要由公路、铁路、水运 3 种运输方式组成。投入指标从交通运输资本要素投入、交通运输人力资源要素投入、交通运输设备要素投入、交通运输网络要素投入以及能源要素投入五个方面刻画,产出指标从周转量、增加值等有效产出及二氧化碳排放非有效产出两方面刻画,构建指标体系既包含价值量指标亦包含物量指标,能较好反映综合交通运输运行情况。

2. 影响因素指标

综合交通运输效率影响因素不仅包括其系统自身,如投入产出指标,还应包括其所处的外部环境,如经济发展水平、产业结构等。为探索交通运输结构对综合交通运输效率的影响,本文着重构建了反映交通运输结构内涵的指标,最终确定综合交通运输效率影响因素指标体系,如表 2 所示:

表 2 综合交通运输效率影响因素指标体系

类别	指标(因子)
基础设施	铁路运输业从业人员数 x_1 (人)、公路运输业从业人员数 x_2 (人)、铁路营业里程 x_3 (万公里)、公路营业里程 x_4 (万公里)
	交通运输业增加值占比 x_5 (%)、交通运输业固定资产投资占比 x_6 (%)
市场规模	GDP 增长率 x_7 (%)、人均可支配收入 x_8 (元)、城镇化率 x_9 (%)
经济发展水平	二产业增加值占比 x_{10} (%)、三产业增加值占比 x_{11} (%)
产业结构	单位 GDP 能耗 x_{12} (万吨标准煤/亿元)、二氧化碳排放 x_{13} (万吨)
技术进步	铁路运输换算周转量 x_{14} (亿吨公里)、公路运输换算周转量 x_{15} (亿吨公里)

分别从基础设施、市场规模、经济发展水平、产业结构、技术进步、交通运输结构等六个方面刻画综合交通运输效率影响因素。考虑到水运资源分布集中、铁路运输设备隶属 18 个铁路局,基础设施主要包括铁路、公路从业人员数及营业里程。市场规模从投入(交通运输业固定资产投资占比)、产出(交通运输业增加值占比)2 个角度以价值量反映。

经济发展水平从经济总量(GDP 增长率)、人民生活水平(人均可支配收入)、城市发展水平(城镇化率)三个方面描述。产业结构主要以二、三产业增加值占比反映。技术进步从资源消耗及污染物排放同时衡量,如研发新能源、优化能源结构,减少化石能源消耗,抑制碳排放。交通运输结构以铁路、公路换算周转量表示,相比运量指标更为合理。

3. 数据预处理

首先,本文选取的交通运输业能源消耗投入变量以及二氧化碳排放非期望产出变量均无全面、直接的统计资料。因此交通运输业能源消耗数据依据《中国能源统计年鉴》公布的交通运输业各类能源消耗量采用通用的标准煤折算系数折合成以标准煤计的能源消耗总量,由于西藏、港澳台相关资料缺失,本文只考虑其余 30 个省市。二氧化碳排放量依据 IPCC 在 2006 年公布的移动源排放测算

方法,采取“自上而下”的碳排放测算方法,^[23] 计算公式为:

$$T = \sum_{i=1}^n F_i E_i \quad (5)$$

公式(5)中 T 为二氧化碳排放总量; F_i 为第 i 种燃料的碳排放因子(源自 2006 年 IPCC 国家温室气体清单指南); E_i 为交通运输业第 i 种能源的消耗量(标准煤)。

其次,本文影响因素指标均为数值型变量,为获得可靠的结果,地理探测器模型要求指标必须为类别型变量,因此采用数据分类算法将其离散化。常用的分类算法包括等间距法、分位数法、k-means、自然断点法等,^[24] 分位数法可以较好避免出现空类、值过多或过少的类的情形,本文即采用此种方法。

二、区域综合交通运输效率评价及差异度量

(一) 综合交通运输效率分布特征

提高综合交通运输效率一般基于减少投入或增加产出两种角度进行调整,为了同时从投入、产出角度分析综合交通运输资源的配置效率,本文运用非角度、二氧化碳做非期望产出的超效率 SBM 模型,基于规模报酬不变(CRS)测算出省域综合交通运输效率,如表 3、图 1 所示:

表 3 综合交通运输效率评价结果

时间	全国		东部		中部		西部	
	平均值	无效率省市数	平均值	无效率省市数	平均值	无效率省市数	平均值	无效率省市数
2000	0.7071	16	1.0764	1	0.7149	4	0.3322	11
2001	0.6593	17	0.9417	3	0.6937	4	0.3518	10
2002	0.6468	18	0.9564	3	0.6729	4	0.3183	11
2003	0.6748	18	0.9409	4	0.7203	4	0.3758	10
2004	0.5930	19	0.9085	4	0.6593	4	0.2293	11
2005	0.5365	20	0.8194	5	0.6508	4	0.1703	11
2006	0.5819	18	0.8561	4	0.7316	3	0.1987	11
2007	0.6406	16	0.9257	3	0.7379	3	0.2846	10
2008	0.7182	18	0.9247	4	0.7737	4	0.4714	10
2009	0.6506	17	0.9588	3	0.6503	4	0.3425	10
2010	0.6298	18	0.9098	4	0.6478	4	0.3366	10
2011	0.6583	19	0.9188	5	0.6822	4	0.3805	10
2012	0.7445	18	1.0278	4	0.7426	4	0.4627	10
2013	0.7346	19	0.9114	5	0.8043	4	0.5070	10
2014	0.7470	17	1.0058	3	0.7786	4	0.4651	10
2015	0.7592	17	1.0716	2	0.7287	5	0.4689	10
2016	0.7563	17	1.0792	2	0.7171	5	0.4619	10

2000~2016年,中国30个省(市)的综合交通运输效率总体处于“M”型波动趋势,未见明显提升,无效率省(市)数量仍占据较大比重,最高达66.7%。西部^①各省市整体均处于无效率状态,东部无效率省市主要为辽宁、海南、北京,中部无效率省市主要为湖北、山西、黑龙江、吉林。东部综合交通运输效率均值远高于全国平均水平及中西部地区,中部效率均值与全国平均水平较为接近,西部综合交通运输效率水平最低,综合交通运输效率排名前十的省市依次为:天津、上海、河北、安徽、江西、湖南、福建、河南、浙江、山东。投入产出变量松

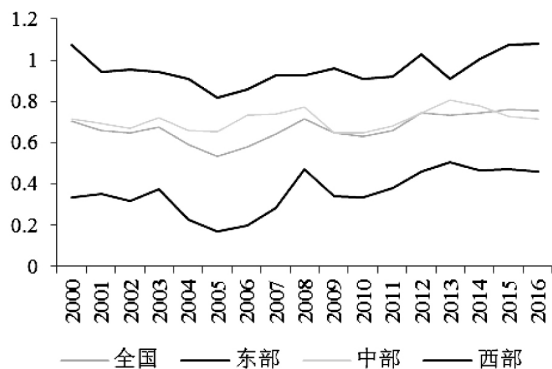


图1 综合交通运输效率

弛调整结果显示,综合交通运输 DEA 非有效省市中,运输资源(如运输设备、运输网络投入等)利用率低下是导致综合交通运输效率低下最主要的原因,其次是能源消耗及碳排放,且能源消耗投入及碳排放产出冗余率西部>东部>中部。期望产出中货物周转量、交通运输业增加值也待进一步增加。

(二) 区域综合交通运输效率差异度量
为度量区域综合交通运输效率差异,明确地区差异水平及差异来源,本文基于上述差异度量模型对中国2000~2016年的综合交通运输效率进行分解,分解结果如图2、图3、图4所示:

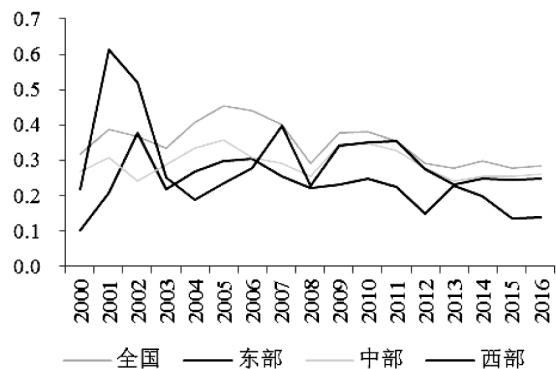


图2 区域内基尼系数

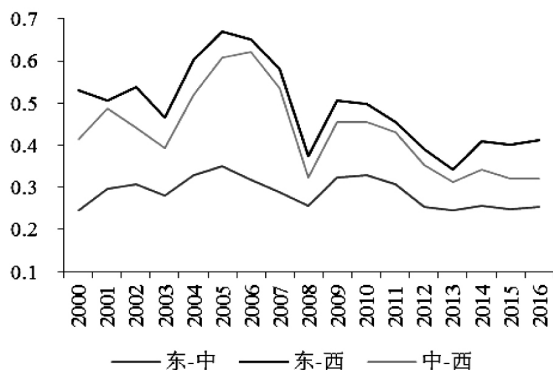


图3 区域间基尼系数

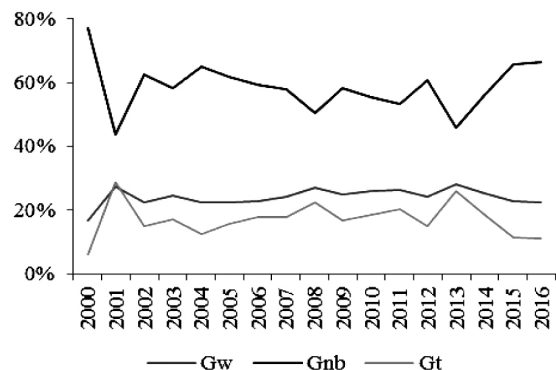


图4 差异贡献度

(1) 综合交通运输效率总体和区域内的差异演变。图2显示,2000~2016年间综合交通运输效率总体基尼系数呈波动下降趋势,总体基尼系数介于0.2~0.5之间,平均值为0.3499,各省市的交通运输发展差异较大。东部地区基尼系数介于0.1~0.4之间,平均值为0.2239;中部地区基尼系

数介于0.2~0.4之间,平均值为0.2921;西部地区基尼系数介于0.2~0.7之间,平均值为0.3079。三大区域基尼系数均呈现小幅波动,下降趋势不明显,三大区域内差异仍然较大,且西部>中部>东部。

(2) 综合交通运输效率区域间的差异演变。图3显示,综合交通运输效率区域间基尼系数波动

^①文中区域划分参考常用的三大地带划分法,东部地带包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南等11个省市;中部地带包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北、湖南等8个省;西部地带包括重庆、四川、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、广西、内蒙古等12个省、自治区。本文不包括西藏。

幅度明显。东、中、西三大区域间基尼系数均在 2005 年达到峰值,随后波动下降。东部和中部区域间基尼系数平均值为 0.2857,虽然远低于东部和西部、中部和西部区域间基尼系数,但未有明显下降,区域间差异扩大的风险仍然较大。东部和西部区域间基尼系数最高,平均值为 0.4906,中部和西部次之,平均值为 0.432,二者变化趋势极为接近,虽呈波动下降趋势,但区域间差异仍然很大。

(3) 综合交通运输效率区域差异的来源及贡献。图 4 显示,综合交通运输效率区域差异主要来源于区域间的差异 G_{nb} ,其次是区域内的差异 G_w ,最后是超变密度贡献 G_t 。样本期间内,区域间的

差异贡献远远高于区域内的差异贡献和超变密度贡献,区域间的差异贡献和区域内的差异贡献总和呈上升趋势,2016 年高达 88.97%。说明区域间的差异和区域内的差异是造成中国区域综合交通运输效率差异的最主要的原因。

三、区域综合交通运输效率差异分布的动态演变

运用高斯核函数估计综合交通运输效率的密度分布,以 2001、2005、2010、2016 年为样本,绘制全国及东、中、西区域的核密度分布曲线,如图 5,分析综合交通运输效率及其差异的动态演变趋势。

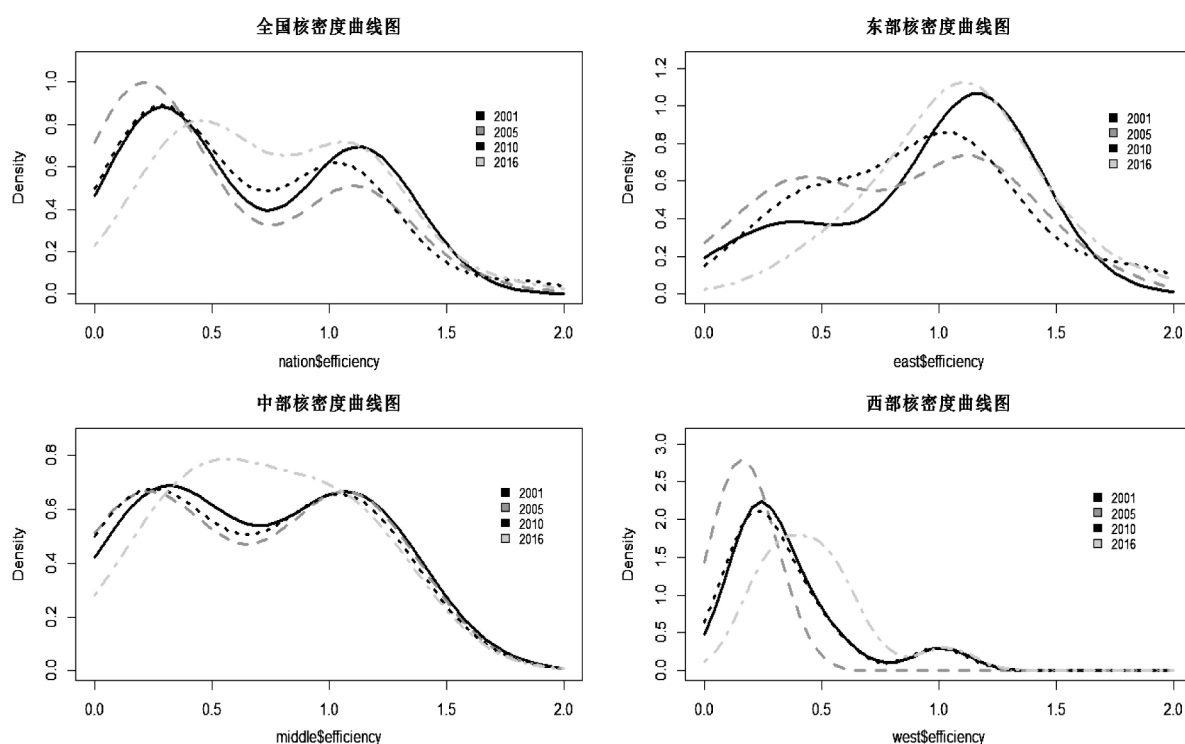


图 5 综合交通运输效率核密度曲线

随着时间的推移,全国以及各区域综合交通运输效率核密度曲线均向右偏移,但偏移幅度不大,表明交通运输效率水平提升较慢;低水平峰值下降幅度及高水平峰值上升幅度较不明显,区域差异仍然较大;全国范围内低效率水平地区较多,综合交通运输效率近一半处于 0.5 以下,呈现双峰状态,区域差异不断扩大;东部地区综合交通运输效率逐渐向高水平聚集,双峰演变为单峰,各省市之间存在追赶效益,综合交通运输效率趋于一致,大多处于 1 以上;中部地区综合交通运输效率高分布较为均匀,2016 年由双峰、中部塌陷逐渐演变为单

峰,两极分化趋势渐缓,综合交通运输效率处于中等水平,大多处于 0.5 以下及 1 以上;西部地区综合交通运输效率向低水平聚集,右尾双峰,两极分化最为严重,大多处于 0.5 以下,个别省市综合交通运输效率超过 1,有小幅提升趋势。

四、区域综合交通运输效率差异的主导因素探测

地理探测器模型要求每个分层中至少有两个样本点才可计算,^[24]而中部地区共 8 个样本,东西部各 11 个样本,因此采用四分位法将综合交通运

输效率和各影响因素由低到高划分为四个类型(低-1、中等-2、中高-3、高-4),并以差值判断各影响因素与综合交通运输效率的匹配类型,完全匹配时差值为0,相邻类型匹配时差值为-1和1,以上两种情形能较好反映各影响因素与综合交通运输效率的匹配程度,如表4。样本期间内,各影响因素与综合交通运输效率完全匹配和相邻类型

匹配的程度不一,但整体匹配效果良好,匹配程度最高达83%,绝大部分影响因素与综合交通运输效率的匹配程度超过50%,说明各因素与综合交通运输效率空间分布较为接近,接近程度:居民人均可支配收入(x_8)>公路运输换算周转量(x_{15})>二产业增加值占比(x_{10})>公路运输业从业人员数(x_2)>铁路运输换算周转量(x_{14})。

表4 各因素与综合交通运输效率完全匹配度与相邻类型匹配度(%)

时间	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}
2001	63	70	60	67	77	47	67	77	67	70	53	57	50	73	80
2005	63	70	63	67	70	43	73	77	70	83	63	57	63	77	70
2010	63	73	57	60	67	47	47	67	63	70	70	57	63	67	73
2016	53	77	57	60	53	50	83	83	70	73	57	50	67	67	77

根据地理探测器模型计算的各区域2000~2016年间各因子解释综合交通运输效率空间分异的程度,即q值,并得出样本期间各影响因素主导力的综合排名,如表5、图6:

从时间演变上看,区域内综合交通运输效率影响因素的主导力在样本期内存在较大差异,随着时间的推移,区域内综合交通运输效率主导因素也在不断更替。以东部地区为例,2001年主导因素为公路里程(0.697)、城镇化率(0.536)、GDP增长率(0.507),2005年主导因素为公路运输业从业人员数(0.719)、公路运输换算周转量(0.719)、二氧化碳排放(0.492),2010年主导因素为交通运输业固定资产投资占比(0.696)、铁路运输换算周转量(0.456)、二产业增加值占比(0.385),2016年主导因素为居民人均可支配收入(0.695)、交通运输业增加值占比(0.459)、铁路运输换算周转量(0.445)。

从空间演变上看,不同区域综合交通运输效率的主导因素有着明显不同。全域角度,综合交通运输效率的主导因素为二氧化碳排放、交通运输业固定资产投资占比、城镇化率、三产业增加值占比、

GDP增长率;东部地区综合交通运输效率主导因素为公路运输换算周转量、公路营业里程、交通运输业增加值占比、单位GDP能耗、二氧化碳排放;中部地区综合交通运输效率主导因素为铁路运输业从业人员数、铁路营业里程、公路运输业从业人员数、铁路运输换算周转量、人均可支配收入;西部地区综合交通运输效率主导因素为铁路营业里程、交通运输业固定资产投资占比、铁路运输业从业人员数、铁路运输换算周转量、公路营业里程。

从影响因素所属类别看,全域角度对综合交通运输效率起决定作用的是技术进步、市场规模、经济发展水平;东部地区对综合交通运输效率起决定作用的是技术进步、市场规模、交通运输结构;中部地区对综合交通运输效率起决定作用的是基础设施、交通运输结构、经济发展水平;西部地区对综合交通运输效率起决定作用的是基础设施、交通运输结构、市场规模。

此外,交互作用探测表明,相较单个因素,任意两个因素的共同作用都会增强对综合交通运输效率空间分异的解释能力。

表5 各区域探测因子决定力排名

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}
◆ 全	10	15	16	8	11	2	5	6	3	12	4	7	1	14	13
■ 东	14	12	15	2	3	6	13	5	7	8	9	3	4	10	1
▲ 中	1	3	2	11	7	12	8	5	15	6	14	9	13	4	10
× 西	3	8	1	5	13	2	7	14	12	6	14	15	9	4	10

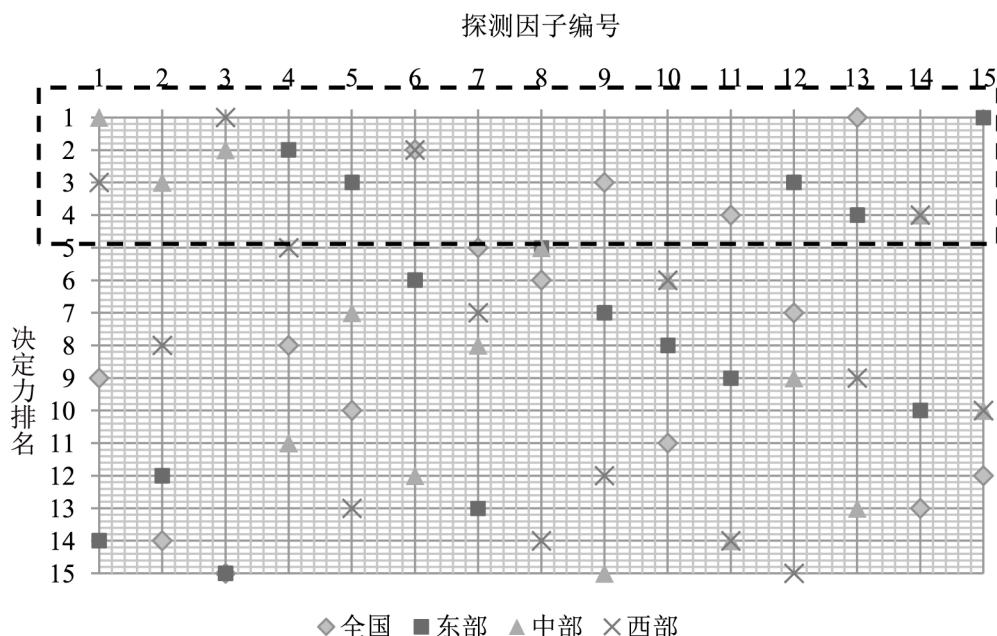


图6 各区域探测因子决定力排名

五、结论及对策

本文以中国30个省市的交通运输业发展研究对象,借助超效率SBM模型、Dagum基尼系数分解模型、核密度估计以及地理探测器模型等研究方法,分析了2000~2016年间中国30个省市的综合交通运输效率,并测度了中国交通运输业发展不平衡的程度及来源。通过内外因相结合,探测各区域综合交通运输效率差异的主导因素。结论如下:

(1) 中国30个省(市)的综合交通运输效率总体小幅波动,提升趋势不明显,无效率省市数量仍占比较大,西部整体均处于无效率水平,中部无效率省市占比一半。无效率的主要原因是运输资源利用率低下,能源消耗及碳排放量过高。

(2) 中国综合交通运输效率总体基尼系数呈波动下降趋势,西部区域内的基尼系数高于中部以及东部,东部和西部区域间的基尼系数高于中部和西部、东部和中部,区域差异的来源主要是区域间的差异,其次是区域内的差异。区域的差异缩减趋势不明显,各区域综合交通运输效率差异一直较大,且面临着差异扩大的风险。

(3) 区域综合交通运输效率分布格局演变受基础设施、市场规模、经济发展水平、产业结构、技术进步、交通运输结构等因素的影响,且影响强度具有空间异质性。区域内大部分因素对综合交通运输效率空间分异的决定力均较强,区域间综合交

通运输效率主导因素差异体现在,东部地区主要为公路运输换算周转量、公路营业里程等;中部地区主要为铁路运输业从业人员数、铁路营业里程等;西部地区主要为铁路营业里程、交通运输业固定资产投资占比等。对综合交通运输效率起决定作用的因素来源于技术进步、市场规模、交通运输结构、基础设施方面的因素,经济发展水平、产业结构次之。

在中国交通运输效率提速较慢,各运输方式发展不相协调,资源环境问题日益突出背景下,结合本文研究结果及交通运输实际发展现状,针对提高综合交通运输效率,提出以下对策:

(1) 从交通运输系统本身入手,调整当前运输结构,充分挖掘运输资源潜能,提高有效供给,尤其在货运领域大力发展效率高、能耗少的铁、水运输,促进节能减排,合理高效地将行业投入转化为优质产出。同时要注重与经济发展水平、产业结构演变等外部环境作用相适应。

(2) 结合区域交通发展现状及主导因素的差异,应采取针对性的改善策略,如在东部合理抑制高能耗的公路运输业的发展,引导运量向铁路、水路转移;在中部,充分利用资源禀赋,进一步发挥铁路运输优势;在西部,加大交通运输业的投资,尤其是铁路运输方式的投资。积极引导区域间加强合作,在政策及资金支持上,加大对贫困地区尤其是西北等地的倾斜力度,改善落后的交通条件等。

参考文献:

- [1] CUI Q, LI Y. The Evaluation of Transportation Energy Efficiency: An Application of Three-stage Virtual Frontier DEA [J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2014, 29: 1 – 11.
- [2] LIN W, CHEN B, XIE L, et al. Estimating Energy Consumption of Transport Modes in China Using DEA [J]. Sustainability, 2015, 7(4): 4225 – 4239.
- [3] 方国斌,马慧敏,宋国君. 中国交通运输能源效率及其影响因素分析——基于三阶段 DEA 和 GWR 方法 [J]. 统计与信息论坛, 2016, 31(11): 59 – 67.
- [4] 兰梓睿,张宏武. 中国交通运输业碳排放效率的省际差异研究 [J]. 物流技术, 2014, 33(7): 132 – 135.
- [5] 卢建锋,傅惠,王小霞. 区域交通运输业碳排放效率影响因素研究 [J]. 交通运输系统工程与信息, 2016, 16(2): 25 – 30.
- [6] 袁长伟,张帅,焦萍,等. 中国省域交通运输全要素碳排放效率时空变化及影响因素研究 [J]. 资源科学, 2017, 39(4): 687 – 697.
- [7] 王平春. 基于 MEA 方法对中国交通运输业能源及环境绩效的评估 [D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2015.
- [8] JIE W, ZHU Q, CHU J, et al. Measuring Energy and Environmental Efficiency of Transportation Systems in China Based on a Parallel DEA Approach [J]. Transportation Research Part D Transport & Environment, 2016, 48: 460 – 472.
- [9] PARK Y S, LIM S H, EGILMEZ G, et al. Environmental Efficiency Assessment of U. S. Transport Sector: A Slack – based Data Envelopment Analysis Approach [J]. Transportation Research Part D-transport and Environment, 2016: 152 – 164.
- [10] KOTTAS A T, MADAS M A. Comparative Efficiency Analysis of Major International Airlines Using Data Envelopment Analysis: Exploring Effects of Alliance Membership and Other Operational Efficiency Determinants [J]. Journal of Air Transport Management, 2018: 1 – 17.
- [11] 鲁涛,马明. 基于生产—消费视角的中国道路运输业效率分析 [J]. 统计与决策, 2018, 34(7): 144 – 147.
- [12] 刘斌全,吴威,苏勤,等. 中国铁路运输效率时空演化特征及机理研究 [J]. 地理研究, 2018, 37(3): 512 – 526.
- [13] 孙后鹏,郭小壮,蒋文静,等. 中国省域货物运输效率评价及时空演化研究——以“一带一路”为背景 [J]. 工业技术经济, 2018, 37(4): 53 – 61.
- [14] 吴威,曹有挥,梁双波. 运输效率研究述评及基于交通运输地理学视角的研究展望 [J]. 地理科学进展, 2013, 32(2): 243 – 250.
- [15] 李涛,曹小曙,杨文越,等. 中国区域综合运输效率的测度及时空演化 [J]. 地理科学, 2015, 35(2): 168 – 175.
- [16] 孟郁. 基于数据包络分析的综合运输效率评价研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2007.
- [17] 王冬冬,李丽琴,肖亮. 基于 DEA 的陕西省交通运输效率评价与分析 [J]. 数学的实践与认识, 2014, 44(20): 33 – 38.
- [18] 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.
- [19] 宋京妮. 综合运输效率形成机理及评价研究 [D]. 西安: 长安大学, 2017.
- [20] 石义寿. 交通运输发展的区域差异性及其对区域经济影响的研究 [D]. 深圳: 深圳大学, 2017.
- [21] TONE K. A Slacks-based Measure of Super-efficiency in Data Envelopment Analysis [J]. European Journal of Operational Research, 2002, 143(1): 32 – 41.
- [22] DAGUM C. A New Approach to the Decomposition of the Gini Income Inequality Ratio [J]. Empirical Economics, 1997, 22(4): 515 – 531.
- [23] 颜建军,徐雷,谭伊舒. 我国公共卫生支出水平的空间格局及动态演变 [J]. 经济地理, 2017, 37(10): 82 – 91.
- [24] 王劲峰,徐成东. 地理探测器: 原理与展望 [J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116 – 134.
- [25] 杜强,孙强,杨琦,等. 中国交通运输业碳排放驱动因素的通径分析方法 [J]. 交通运输工程学报, 2017, 17(2): 143 – 150.

(责任编辑: 杨 洋)