

# 山东省综合交通运输效率评价与关联度分析

李兴宏,刘华琼\*,胡宗磊

山东交通学院 交通与物流工程学院,山东 济南 250357

**摘要:**为测度山东省综合交通运输效率,以2010—2019年山东省的公路通车里程、铁路运营里程、航空里程及港口码头泊位数为投入指标,以客、货运输量及周转量为产出指标,采用以投入为导向的数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)模型计算山东省综合交通运输效率;采用灰色关联分析(grey relation analysis, GRA)模型分析影响综合交通运输发展的国内生产总值(gross domestic product, GDP)、城镇化率、人口数量等关联因素与山东省综合交通运输效率的关联度。研究表明:在政策引导下,2010—2019年山东省综合交通运输效率呈周期性波动增长;人口数量、城镇化率及GDP对山东省综合交通运输效率影响显著,且关联度依次增大。综合交通运输效率评价与关联度分析可为山东省综合交通运输系统治理和效率提升提供理论依据。

**关键词:**综合交通;运输效率;DEA;GRA;关联度

**中图分类号:**U491

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-0032(2022)03-0055-07

**引用格式:**李兴宏,刘华琼,胡宗磊.山东省综合交通运输效率评价与关联度分析[J].山东交通学院学报,2022,30(3):55-61.

LI Xinghong, LIU Huaqiong, HU Zonglei. The evaluation and correlation analysis of comprehensive transportation efficiency in Shandong Province [J]. Journal of Shandong Jiaotong University, 2022, 30(3):55-61.

## 0 引言

“一带一路”倡议及交通强国战略为山东省综合交通发展注入了新动力,计算山东省综合交通运输效率可衡量山东省整体发展情况和交通运输体系的运行状况,明晰各因素对山东省综合交通运输效率的影响程度,对综合交通运输建设进行合理的资源投入,提升山东省综合交通运输效率,实现交通强国的建设目标。

目前,交通运输效率的主要研究内容包括构建评价模型、选取评价指标、分析关联度等。结合交通运输的快速发展状况,构建评价模型多采用数据包络分析(data envelopment analysis, DEA)模型进行评价。Kottas等<sup>[1]</sup>借助DEA模型中的BCC模型对国际航空公司运输效率进行对比分析,发现亚洲和欧洲航空公司的运输效率明显优于美国航空公司;鲁涛等<sup>[2]</sup>构建复合网络DEA模型,分析了我国道路运输中旅客和货物运输子系统的效率;刘斌全等<sup>[3]</sup>以铁路局为研究单元,通过改进的DEA模型分析2005—2013年我国铁路运输效率的时空演化特征及影响机理;孙启鹏等<sup>[4]</sup>将非期望因素纳入指标体系,采用BCC模型研究评价省际公路和铁路货物运输效率;李涛等<sup>[5]</sup>基于DEA模型研究了我国31个省(直辖市、自治区)的综合运输效率,但未将能源消耗量纳入影响因素体系中。影响交通运输效率的评价指标主要分为投入与产出2类,投入与产出的细分因素则各有不同<sup>[6-7]</sup>。Wu等<sup>[8]</sup>在客运、货运2个系统中以能源消耗作为

**收稿日期:**2021-07-15

**第一作者简介:**李兴宏(1992—),女,山东潍坊人,硕士研究生,主要研究方向为交通运输规划与管理,E-mail:1848199822@qq.com。

\* **通信作者简介:**刘华琼(1979—),男,浙江巢湖人,教授,工学博士,主要研究方向为物流规划、物流优化、电商物流协同,E-mail:lhq5983442@163.com。

投入,二氧化碳作为产出,测度我国30个省级区域的交通运输系统能源与环境效率;方国斌等<sup>[9]</sup>将能源消耗作为投入指标,采用三阶段的DEA模型研究评价我国各地区交通运输的能源消耗;卢建锋等<sup>[10]</sup>重新定义了交通运输碳排放效率,以吉林省为例建模分析了现有运输方式的碳排放效率。综合交通运输业与社会整体协同发展情况,分析关联度多侧重于社会发展指标对综合交通运输效率的影响程度;车亮亮等<sup>[11]</sup>运用空间关联性全面分析我国交通运输业的发展,但所研究的交通运输效率为单一运输方式且选取的数据年份较早。

目前,学者对交通运输效率研究多集中于单一或2种运输方式,对综合交通运输效率的研究较少,选取与分析交通运输产业发展的直接影响因素,忽略了其他因素对综合交通运输产业发展的影响<sup>[12]</sup>。本文在已有研究成果基础上,对山东省的公路、铁路、水路、航空多种运输方式进行综合考量,以交通运输产业投入、产出为出发点和落脚点,采用DEA模型测度山东省2010—2019年的综合交通运输效率;采用灰色关联度分析(grey relation analysis, GRA)模型计算综合交通运输产业发展与国内生产总值(gross domestic product, GDP)、城镇化率及人口数量的关联度,为山东省综合交通运输系统治理和效率提升提供理论依据。

## 1 综合交通运输效率评价指标与关联因素

### 1.1 选取评价指标

交通运输发展的根本目的是满足旅客和货物运输需求,需分别从客、货运输2方面构建综合交通运输系统投入及产出效率的评价指标。考虑到公路、铁路、航空、水路、管道5种运输方式的战略属性及数据获取难度,本文对管道运输暂不做考量。公路、铁路、航空的运输里程和水路运输的港口码头泊位数代表山东省交通运输状况,能源消耗变动代表综合交通运输绿色可持续发展的程度,因此选取山东省的公路通车里程、铁路运营里程、航空里程、港口码头泊位数、内河通航里程及交通运输行业的能源消耗增长比例作为投入指标。

根据已有研究成果可知,一般采用运输量和周转量衡量交通运输产出,因此将能够表征综合交通运输产业实际生产情况的客、货运输量和客、货周转量作为产出指标。

### 1.2 确定关联因素

影响交通运输产业发展的因素主要分为自然因素与社会因素:自然因素包括地形、地质、水文、气候等,社会因素包括人口密度、社会经济因素、技术因素等<sup>[13-14]</sup>。我国交通建设克服了自然因素和技术因素对交通建设带来的不利影响,因此不再将自然因素与技术因素纳入关联因素中。社会经济的发展 and 农村城镇化进程与综合交通运输产业的发展相辅相成,人口数量的不断增长推动了综合交通运输产业的快速发展<sup>[15]</sup>。因此选取山东省人口数量、GDP及城镇化率作为影响综合交通运输效率的关联因素,分析各关联因素与综合交通运输效率的关联度,为促进综合交通运输发展及资源调配提供理论依据。

## 2 评价模型

采用DEA模型测度山东省综合交通运输效率,并以综合交通运输效率的计算结果为效率参考值,通过GRA模型测算人口数量、GDP及城镇化率等关联因素对山东省综合交通运输发展的影响程度。

### 2.1 DEA模型

DEA是对具有相似特点及可比性的同类型指标进行有效评价与分析的方法,具有线性规划的特点,允许多个投入指标和产出指标同时参与计算<sup>[16]</sup>。DEA模型能在一定程度上避免人为确定各项指标权重时的主观性偏差,保证评价结果的客观性,目前广泛应用于资源配置、交通运输等多输入、多输出领域的综合分析与评价<sup>[17-20]</sup>。DEA模型包括以投入为导向和以产出为导向2类模型。

以投入为导向的DEA模型的计算公式为:

$$h_k = \max \frac{\sum_{r=1}^n u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}}, \quad (1)$$

式中: $h_k$  为第  $k$  个决策单元的评价效率; $y_{rk}$  为第  $k$  个决策单元对应的第  $r$  个产出指标的产出量; $u_r$  为第  $r$  个产出指标的权重,采用熵值法计算; $n$  为产出指标的数量; $x_{ik}$  为第  $k$  个决策单元对应的第  $i$  个投入指标的投入量; $v_i$  为第  $i$  个投入指标的权重,采用熵值法计算; $m$  为投入指标的数量。

### 2.2 GRA 模型

GRA 适用于多个因素统计与分析,通常度量存在于 2 个体系间,并随着时间推移或对象不同而不断变化的多个因素间的关联度。GRA 模型分析过程简单,样本数据量要求不苛刻,计算量少,分析结果可靠且与定性分析吻合,广泛应用于因素分析、方案决策、优势分析等方面<sup>[21]</sup>。

采用 GRA 模型计算第  $k$  个决策单元对应的第  $l$  个关联因素与效率参考值的关联度

$$\zeta_l(k) = \frac{\min_l |x'_0(k) - x'_l(k)| + \rho \cdot \max_l |x'_0(k) - x'_l(k)|}{|x'_0(k) - x'_l(k)| + \rho \cdot \max_l |x'_0(k) - x'_l(k)|}, \quad (2)$$

式中: $x'_0(k)$  为第  $k$  个决策单元的效率参考值; $x'_l(k)$  为第  $k$  个决策单元对应的第  $l$  个关联因素无量纲处理后的数据, $x'_l(k) = x_l(k) / \sum_{l=1}^p x_l(k)$ ,其中  $x_l(k)$  为第  $k$  个决策单元对应的第  $l$  个关联因素的原始数据, $p$  为关联因素个数; $\rho$  为分辨系数,通常  $\rho = 0.5$ 。

## 3 综合交通运输效率评价及关联度分析

### 3.1 山东省综合交通运输效率评价

山东省综合交通运输建设具有较高的完成度,需要多项投入与产出指标进行测度。综合考虑 DEA 模型与测度对象的特点,将 2010—2019 年中每 1 a 作为 1 个决策单元,选取以投入导向的 DEA 模型分析与计算山东省综合交通运输效率。

#### 3.1.1 数据获取与处理

根据文献[22-23]获取 2010—2019 年综合交通运输效率投入指标与产出指标的原始数据,并进行无量纲处理,结果如表 1、2 所示。鉴于 2020 年新冠肺炎疫情对全社会发展的影响,综合交通运输产业数据存在一定程度的异常,因此暂不考虑 2020 年的数据。

表 1 2010—2019 年山东省综合交通运输效率投入指标原始数据与无量纲处理结果

年份	铁路通车里程		公路通车里程		民航航线		港口泊位		内河通航里程		能源消耗增长比例	
	原始数据/km	无量纲处理	原始数据/km	无量纲处理	原始数据/km	无量纲处理	原始数据/个	无量纲处理	原始数据/km	无量纲处理	原始数据/%	无量纲处理
2010	3833	0.002 7	229 858	0.162 5	632 458	0.447 0	473	0.334 3	1150	0.000 8	7.45	0.052 7
2011	4177	0.002 7	233 189	0.149 0	774 474	0.494 9	485	0.309 9	1150	0.000 7	6.68	0.042 7
2012	4306	0.002 6	244 586	0.149 9	833 754	0.510 8	501	0.307 0	1150	0.000 7	4.73	0.029 0
2013	4397	0.002 6	252 785	0.147 6	889 397	0.519 2	518	0.302 4	1150	0.000 7	4.74	0.027 7
2014	4546	0.002 4	259 514	0.139 6	1 024 411	0.550 9	537	0.288 8	1150	0.000 6	3.29	0.017 7
2015	4863	0.002 4	263 447	0.132 3	1 126 430	0.565 7	556	0.279 2	1150	0.000 6	3.95	0.019 8
2016	4882	0.002 3	265 720	0.127 4	1 225 192	0.587 2	569	0.272 7	1150	0.000 6	2.05	0.009 8
2017	5115	0.002 3	270 590	0.124 0	1 315 189	0.602 7	581	0.266 3	1150	0.000 5	0.90	0.004 1
2018	5676	0.002 4	275 642	0.117 4	1 457 206	0.620 7	596	0.253 9	1150	0.000 5	1.20	0.005 1
2019	5972	0.002 4	280 325	0.112 0	1 589 225	0.635 0	606	0.242 2	1150	0.000 5	1.99	0.008 0

表2 2010—2019年山东省综合交通运输效率产出指标原始数据与无量纲处理结果

年份	客运量		客运周转量		货运量		货运周转量	
	原始数据/万人	无量纲处理	原始数据/(万人·km)	无量纲处理	原始数据/万t	无量纲处理	原始数据/(万t·km)	无量纲处理
2010	250 951.50	0.132 7	16 577 700	0.087 7	298 085.10	0.157 6	117 632 400	0.622 0
2011	252 883.19	0.126 3	17 420 100	0.087 0	314 993.13	0.157 3	126 024 200	0.629 4
2012	267 478.80	0.142 0	18 472 700	0.098 1	330 301.03	0.175 4	110 099 800	0.584 5
2013	272 273.70	0.148 3	19 091 000	0.104 0	344 433.70	0.187 6	102 799 000	0.560 0
2014	76 804.30	0.060 3	11 583 000	0.091 0	261 016.90	0.205 0	81 960 300	0.643 7
2015	63 185.49	0.049 7	11 464 000	0.090 2	258 480.12	0.203 3	83 533 400	0.656 9
2016	67 037.90	0.049 7	11 886 100	0.088 1	281 595.62	0.208 7	88 154 100	0.653 5
2017	69 559.62	0.047 0	12 482 600	0.084 3	322 605.03	0.217 8	96 424 000	0.651 0
2018	72 454.00	0.046 8	12 914 100	0.083 4	349 526.60	0.225 6	99 810 400	0.644 3
2019	73 520.00	0.048 4	13 028 300	0.085 8	304 781.00	0.200 7	100 975 100	0.665 0

### 3.1.2 山东省综合交通运输效率评价结果

采用熵值法计算投入、产出指标的权重,将无量纲处理后的综合交通运输效率投入、产出指标数据代入式(1),计算得到2010—2019年山东省综合交通运输评价效率如表3所示。

表3 2010—2019年山东省综合交通运输评价效率

年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
交通运输评价效率	0.98	0.92	0.76	0.60	0.85	0.86	0.80	0.77	0.82	0.84

由表3可知,2010—2019年山东省综合交通运输效率呈周期性波动增长态势。2010、2015年山东省综合交通运输效率分别达到周期内峰值0.98、0.86,通过查阅文献可知,2013、2014年系列交通基础设施政策的正向引导是2015年综合交通运输效率达到峰值的主要原因。快速高效的建设期使山东省综合交通运输产业具有适度超前性,因此在2010、2015年后出现效率下降现象,但山东省综合交通运输效率整体上处于增长趋势。2018年以来,“一带一路”倡议及交通强国战略不断推动山东省交通运输产业的高速发展,因此,2019年山东省综合交通运输效率处于提升态势。

### 3.2 山东省综合交通运输关联度分析

国家政策对综合交通运输产业的发展具有促进作用,社会发展因素同样影响综合交通运输产业的发展<sup>[24]</sup>。根据文献[22]获取2010—2019年山东省人口数量、GDP及城镇化率等关联因素的原始数据,其中城镇化率为城镇人口与农村人口的百分比,如表4所示。

表4 2010—2019年山东省综合交通运输效率关联因素原始数据与无量纲处理结果

年份	人口数量		GDP		农村人口		城镇人口		城镇化率/%
	原始数据/万人	无量纲处理	原始数据/亿元	无量纲处理	原始数据/万人	无量纲处理	原始数据/万人	无量纲处理	
2010	9 579	0.180 6	33 922.49	0.639 6	5 698	0.107 4	3 839	0.072 4	67
2011	9 637	0.165 3	39 064.93	0.670 1	5 646	0.096 9	3 945	0.067 7	69
2012	9 685	0.155 7	42 957.31	0.690 4	5 559	0.089 3	4 021	0.064 6	72

表4(续)

年份	人口数量		GDP		农村人口		城镇人口		城镇化率/%
	原始数据/万人	无量纲处理	原始数据/亿元	无量纲处理	原始数据/万人	无量纲处理	原始数据/万人	无量纲处理	
2013	9 733	0.145 9	47 344.33	0.709 9	5 482	0.082 2	4 130	0.061 9	75
2014	9 789	0.139 2	50 774.84	0.722 1	5 462	0.077 6	4 285	0.060 9	78
2015	9 847	0.131 4	55 288.79	0.737 6	5 120	0.068 3	4 702	0.062 7	92
2016	9 947	0.126 5	58 762.46	0.7473	5 056	0.064 3	4 865	0.061 9	96
2017	10 006	0.120 5	63 012.10	0.758 9	4 984	0.060 0	5 024	0.060 5	101
2018	10 047	0.115 8	66 648.87	0.767 9	4 953	0.057 1	5 143	0.059 3	104
2019	10 070	0.110 3	71 067.53	0.778 5	5 080	0.055 6	5 068	0.055 5	99

将表4中关联因素数据代入式(2)中,利用表3中计算得到的综合交通运输效率作为效率参考值,计算各关联因素与山东省综合交通运输效率的关联度,结果如表5所示。

表5 各关联指标与山东省综合交通运输效率的关联度

年份	关联度			年份	关联度		
	人口数量	GDP	城镇化率		人口数量	GDP	城镇化率
2010	0.73	0.96	0.98	2015	0.62	1.00	0.99
2011	0.69	0.97	0.98	2016	0.59	1.10	0.99
2012	0.62	0.99	0.98	2017	0.56	1.14	1.01
2013	0.57	0.98	0.98	2018	0.53	1.15	1.03
2014	0.63	1.00	0.98	2019	0.53	1.00	0.99

由表5可知:人口数量、城镇化率、GDP对山东省综合交通运输效率影响显著,自2012年起关联度依次增大。GDP与山东省综合交通运输效率的关联度稳步增长,自2014年起关联度均不小于1,说明二者具有绝对相关关系,GDP的变动将直接影响山东省综合交通运输产业的发展;城镇化率与山东省综合交通运输效率的关联度逐年增强,二者的发展相辅相成;相比之下,人口数量增长对山东省综合交通运输产业发展影响程度有所降低,但关联度仍保持在0.50以上,因此仍不能忽视其作用。

## 4 结语

通过以投入为导向的DEA、GRA模型分析了在交通建设政策引导下山东省综合交通运输效率呈周期性波动增长,且人口数量、城镇化率及GDP与山东省综合交通运输效率关联度依次增大。结合本文分析结果与发展现状,在交通强国政策引导下,山东省综合交通运输发展将进入下一个迅速发展时期,为构建高效的综合交通运输体系应稳步提升GDP,加快城镇乡一体化进程,合理控制人口增长等。本文所构建的模型能够测度山东省综合交通运输效率并对其影响因素进行关联度分析,但随着我国综合交通产业的发展,未来可对评价指标及模型进行不断扩充与完善,使评价结果更具现实性。

### 参考文献:

- [1] KOTTAS A T, BOZOUNDIS M N, MADAS M A. Turbofan aero-engine efficiency evaluation: an integrated approach using VSBM two-stage network DEA[J]. Omega, 2020;102167.
- [2] 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.

- [3] 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.  
LIU Binquan, WU Wei, SU Qin, et al. Spatio-temporal evolution characteristics and mechanism of railway efficiency in China [J]. Geographical Research, 2018,37(3):512-526.
- [4] 孙启鹏,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.  
SUN Qipeng, GUO Xiaozhuang, JIANG Wenjing, et al. Study on efficiency evaluation and spatio-temporal evolution of freight transport in China: with "One Belt and One Road" as the background [J]. Journal of Industrial Technology Economics, 2018,37(4):53-61.
- [5] 李涛,曹小曙,杨文越,等. 中国区域综合运输效率的测度及其时空演化[J]. 地理科学,2015,35(2):168-175.  
LI Tao, CAO Xiaoshu, YANG Wenyue, et al. Comprehensive measurement and evolution of regional integrated transport efficiency in China [J]. Scientia Geographica Sinica, 2015,35(2):168-175.
- [6] 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.
- [7] 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.  
WANG Dongdong, LI Liqin, XIAO Liang. Evaluation and analysis of Shaanxi Province transportation efficiency based on DEA [J]. Mathematics in Practice and Theory, 2014,44(20):33-38.
- [8] WU J, ZHU Q Y, CHU J F, et al. Measuring energy and environmental efficiency of transportation systems in China based on a parallel DEA approach [J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2016,48:460-472.
- [9] 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.  
FANG Guobin, MA Huimin, SONG Guojun. Energy performance and influence factor analysis of transport sector in China [J]. Statistics and Information Forum, 2016,31(11):59-67.
- [10] 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.  
LU Jianfeng, FU Hui, WANG Xiaoxia. Research on the impact of regional transportation emissions efficiency factors [J]. Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 2016,16(2):25-30.
- [11] 车亮亮,韩雪,武春友. 中国煤炭流动格局与利用效率的空间关联分析[J]. 经济地理,2015,35(2):134-140.  
CHE Liangliang, HAN Xue, WU Chunyou. The analysis of the coal flow pattern and the spatial association of coal utilization efficiency in China [J]. Economic Geography, 2015,35(2):134-140.
- [12] 徐璐妮. 基于广义DEA方法的铁路运输效率分析[D]. 北京:北京交通大学,2016.  
XU Luni. Railway transport efficiency analysis based on generalized DEA model [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2016.
- [13] WASHINGTON S P, KARLAFTIS M G, MANNERING F L. Statistical and econometric methods for transportation data analysis [M]. New York: Chapman and Hall/CRC, 2003.
- [14] 齐文,陈文龙,吴廖杰. 广东省道路货运业与经济发展相关性分析[J]. 综合运输,2017,39(2):87-89.  
QI Wen, CHEN Wenlong, WU Liaojie. Correlation analysis on road freight industry and national economic development in Guangdong [J]. Comprehensive Transportation, 2017,39(2):87-89.
- [15] 郭凡良. 喀什经济开发区综合交通规划中交通需求预测[J]. 北京交通大学学报,2013,37(6):112-117.  
GUO Fanliang. Traffic demand forecasting of Kashi economic development zone in comprehensive transportation planning [J]. Journal of Beijing Jiaotong University, 2013,37(6):112-117.
- [16] YANG G, GAO Y L, DONG N, et al. Development of German ecological comprehensive transportation and its enlightenment to China [C]//Sustainable Cities Development and Environment Protection IV: Selected, Peer Reviewed Papers. Haikou, China: International Conference on Civil Engineering, Architecture and Building Materials, 2014: 1741-1748.
- [17] COOPER W W, SEIFORD L M, TONE K. Data envelopment analysis [M]. 2nd Ed. Springer, Boston, MA, USA: Springer Science and Business Media, 2007: 122-124.
- [18] 杨国梁,刘文斌,郑海军. 数据包络分析方法(DEA)综述[J]. 系统工程学报,2013,28(6):840-860.  
YANG Guoliang, LIU Wenbin, ZHENG Haijun. Review of data envelopment analysis [J]. Journal of Systems Engineering, 2013,28(6):840-860.
- [19] 付森. 基于DEA-Malmquist指数法的宁夏制造业全要素生产率分析研究[J]. 科技和产业,2020,20(12):1-7.

- FU Sen. Analysis and research on total factor productivity of Ningxia manufacturing based on DEA-Malmquist index method [J]. Science Technology and Industry, 2020, 20(12): 1-7.
- [20] 吴世峰,陶盈盈. 基于DEA的广西南宁高新技术产业园区效率研究[J]. 市场论坛, 2015(4): 22-24.
- [21] 孙晴晴. 区域交通信号控制效果评价方法研究[D]. 北京:北方工业大学, 2018.
- SUN Qingqing. Research on evaluation method of regional traffic signal control effect[D]. Beijing: North China University of Technology, 2018.
- [22] 山东省统计局. 山东省统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社.
- [23] 山东省地方志办公室. 山东年鉴[M]. 济南:山东年鉴社.
- [24] 罗生,魏学俭,于一川,等. 建立综合交通运输管理体制研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2001, 1(4): 345-347.
- LUO Sheng, WEI Xuejian, YU Yichuan, et al. Research on the establishing of a comprehensive transport management system[J]. Journal of Communication and Transportation Systems Engineering and Information, 2001, 1(4): 345-347.

## The evaluation and correlation analysis of comprehensive transportation efficiency in Shandong Province

*LI Xinghong, LIU Huaqiong\*, HU Zonglei*

*School of Transportation and Logistics Engineering, Shandong Jiaotong University, Jinan 250357, China*

**Abstract:** In order to measure the comprehensive transportation efficiency of Shandong Province, taking the highway mileage, railway mileage, air mileage and port berth number of Shandong Province from 2010 to 2019 as the input index, volume and turnover of passenger and freight traffic as the output index, the input-oriented data envelopment analysis (DEA) model is adopted to calculate the transportation efficiency of Shandong Province. The grey relation analysis (GRA) model is used to analyze the degrees of correlation between some related indicators gross domestic product (GDP), urbanization rate, population and other related factors that affect the development of comprehensive transportation and the efficiency of comprehensive transportation in Shandong Province. The results show that: under the guidance of the governmental policy, the comprehensive transportation efficiency of Shandong Province shows a spiral fluctuation growth from 2010 to 2019; such factors as the number of population, urbanization rate and GDP have significant influence on the comprehensive transportation efficiency of Shandong Province, and the correlation degrees increase successively. Comprehensive transportation efficiency evaluation and correlation degree analysis can provide theoretical basis for Shandong Province comprehensive transportation systematic governance and efficiency improvement.

**Keywords:** comprehensive transportation; transportation efficiency; DEA; GRA; degrees of correlation

(责任编辑:郭守真)