

文章编号:1005-0523(2018)04-0068-08

基于 DEA 模型的江西省综合交通运输 与经济社会发展协调性评价

周 珣¹,张 兵²,徐伟硕²,邹玉霞³

(1.江西省交通运输厅规划办公室,江西 南昌 330036;2.华东交通大学交通运输与物流学院,
江西 南昌 330013;3.江西省交通规划勘察设计院,江西 南昌 330008)

摘要:科学合理评价综合交通运输与经济社会发展的协调程度,对政府的规划决策具有重要的参考意义。首先建立了评价指标体系并运用主成分分析法选取了主要指标,其次通过数据包络分析法(data envelopment analysis,DEA)对江西省近些年综合交通运输与经济社会发展系统进行了有效值的计算和历时性的评价分析,最后从如何提高发展效益的角度对江西省中长期综合交通运输系统的发展提出了建议。

关键词:数据包络分析;综合交通运输;协调性评价

中图分类号:U111

文献标志码:A

目前江西省正处于经济快速发展期,随着基础设施投资的加大,交通运输事业也正加快发展。经过近些年的建设发展,江西省基本形成了以干线铁路、高速公路、高等级航道为主骨架,支线铁路、民航机场、国省干线公路、重要航道、农村公路等配套联网、综合立体的交通运输体系,为全省的经济社会发展提供了有力支撑。从江西省社会经济发展指向看,江西经济发展规模将迈上新的台阶,到2020年,将与全国同步全面建成小康社会,完成上述目标,要求全面提升交通运输的保障能力和服务水平,实现交通运输的科学发展。这也势必要求交通运输的发展与经济社会发展相协调。

综合交通运输与经济社会发展的协调性主要是指交通运输系统对于经济社会发展投入的资源利用效率。由于运输系统和经济系统复杂多样,国内外学者对交通运输和经济社会发展协调性的研究大部分仍然停留在定性分析层面上,如 Boarnet^[1],Chengri Ding^[2],Fry C^[3]等。而定量分析的方法主要是基于单一指标评价和主成分分析,如李洋^[4],邹海波^[5]等人的研究。其他研究如李洁等^[6]利用协整理论进行分析,武旭^[7]将 DEA 理论应用于评价。在现有研究中,虽然有不少学者以区域、省份或城市为样本,建立相关指标体系以评价区域、省份或城市的综合交通运输发展水平和经济社会发展水平,但是往往是着眼于两个系统各自的发展水平评价,却较少关注两个系统的内部结构以及系统间的相互联系,也很少研究系统的发展趋势。

DEA 方法是由查恩斯和库伯等^[8]于 1978 年提出的,此后越来越多的学者将这一方法用于投入产出系统的效率的评价当中^[9-13]。而运用 DEA 对交通运输与经济系统协调性的分析,实质上是对经济社会资源配置状况和效率的分析。所以本论文评价的主要目的是针对江西省近年来综合交通运输和经济社会发展现状,考察江西省综合交通运输与经济社会发展系统的资源利用效率及动态协调程度。可以将江西省综合交通运输与经济社会系统合并看作一种投入产出系统,某个年份在这个系统中效益越大,意味着这个年份综合交通运输与经济社会发展效率值越高,即系统越协调。在此基础上,对江西省近些年综合交通运输与经济社会发展协调性评价结果进行分析。

收稿日期:2018-03-11

基金项目:江西省重点研发计划项目(20161BBG70080);江西省交通运输厅科技项目(2017R0029)

作者简介:周珣(1976—),男,高级工程师,研究方向为交通运输规划与管理。

1 基于 DEA 的协调性评价模型

1.1 基本模型

DEA 以决策单元的各个投入指标和产出指标的权重为变量(称之为权变量)进行评价运算,而不是预先借助于主观判定或其它方法确定指标的权重,从而避免了确定权重的误差,使得评价结果更具客观性^[14]。

下面介绍 DEA 的基本模型——CCR 模型,这也是本文所采用的评价模型的基础。CCR 模型是以规模收益不变,对决策单元进行效率评价。假设有 p 个决策单元 DMU, 每个 DMU 有 m 种投入和 n 种产出,其投入,产出分别用 $x_{ij}(i=1,2,\dots,m)$ 和 $y_{rj}(r=1,2,\dots,n)$ 表示,则有效性指数表示为

$$\begin{aligned} \max \quad & \frac{\sum_{r=1}^n u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \\ \text{s.t.} \quad & \frac{\sum_{r=1}^n u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, j=1,2,\dots,n \\ & u_r, v_i \geq \varepsilon, r=1,2,\dots,n; i=1,2,\dots,m \end{aligned} \quad (1)$$

其中: u_r 为第 r 种产出的权重; v_i 为第 i 种投入的权重; ε 为非阿基米德无穷小量。

当有效性指数为 1 说明该决策单元为 DEA 有效, 但有效性指数小于 1 说明该决策单元为非 DEA 有效。模型(1)是一个分式规划,用 Charnes-Cooper 变化,转化为一个线性规划的形式

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{r=1}^n u_r y_{r0} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{r=1}^n u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, j=1,2,\dots,n \\ & u_r, v_i \geq \varepsilon, r=1,2,\dots,n; i=1,2,\dots,m \end{aligned} \quad (2)$$

其对偶形式为

$$\begin{aligned} \min \quad & \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^n s_r^+ \right) \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta x_{i0}, i=1,2,\dots,m \\ & \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = y_{r0}, r=1,2,\dots,n \end{aligned} \quad (3)$$

其中: $\theta(0 \leq \theta \leq 1)$ 为决策单元 DMU₀ 的相对效率值, θ 越大,反映的是相对效率越高,反之越低; s_i^- 、 s_r^+ 为非零松弛变量,它们分别表示第 i 种资源的无效投入量和第 r 种产出的不足量。根据以上 3 个变量数值的不同,可以将 DMU 结果分类:

- 1) 若 $\theta < 1$, 则 DMU₀ 为非 DEA 有效, 可以再通过模型判断其是否为技术有效;
- 2) 若 $\theta = 1$, 但存在某个松弛变量不为 0, 则 DMU₀ 为弱 DEA 有效;
- 3) 若 $\theta = 1$, 且所有松弛变量等于 0, 则 DMU₀ 为 DEA 有效^[15]。

1.2 模型的改进

由于 DEA 模型为单一目标决策,且不需要对指标的权重进行限制,这就有可能导致权重分配不合实际,造成有效的决策单元数量较多。为了解决模型权重取值的随意性,这里将原始模型转化为多目标决策模型,称为 CCRMP 模型。改进之后的模型可以使各权重更均衡,最大和最小的权重之间的差值更小。

将模型(3)改写成如下形式

$$\begin{aligned}
 & \max \quad \sum_{r=1}^n u_r y_{r0} \\
 & \min \quad A_{\max} - A_{\min} \\
 & \min \quad B_{\max} - B_{\min} \\
 & \text{s.t.} \quad \sum_{r=1}^n u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, j=1, 2, \dots, n \\
 & \quad \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \\
 & \quad \quad v_i \leq A_{\max} \\
 & \quad \quad v_i \geq A_{\min} \\
 & \quad \quad u_j \leq B_{\max} \\
 & \quad \quad u_j \geq B_{\min}
 \end{aligned} \tag{4}$$

从模型(4)可以看出,CCRMP 模型不仅要满足产出尽量大,还要满足最大和最小投入权重的差值以及最大和最小产出权重的差值尽量小的条件。因此相较模型(3),模型(4)求出的有效决策单元的数量会更少,而且权重分布会更为均匀。

2 评价实例及分析

本文以江西省为例,利用上述理论,对江西省综合交通运输与经济社会发展的协调性做出评价。具体的评价流程如下:

1) 选择评价指标体系,提取江西省 2000—2016 年共 17 个年份的投入产出数据,这些数据由中国统计年鉴、中国交通年鉴及国家统计局网站得到。

2) 指标约简。考虑到系统指标可能过多,为了避免指标过多对评价造成影响,需要借助于主成分分析法,对含有多个细化指标的综合指标进行主成分分析,提取细化指标的主成分作为新的输入或输出指标。本文运用 SPASS 19.0 软件,对细化指标数据进行主成分提取。

3) 基于数据包络分析的协调性评价。根据改进的模型(4),运用 MATLAB 软件编制线性规划求解程序,计算出江西省 2000—2016 年综合交通运输与经济社会发展系统的有效值,据此对年份进行协调水平的分析。

根据上述评价实例分析过程,我们可以建立江西省综合交通运输与经济社会发展协调水平评价流程,具体流程图如图 1 所示。

2.1 评价指标体系的选取

2.1.1 指标体系的选取原则

建立一套科学完善的输入输出指标体系是运用 DEA 进行效益评价和分析的前提和基础,因此对于评价指标体系的选取成为 DEA 分析应

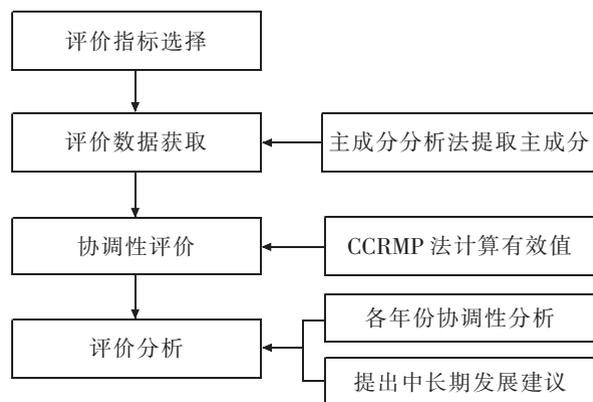


图 1 评价分析流程

Fig.1 Evaluation and analysis process

用中的最为关键的一步。

DEA 指标选取一般情况下遵循以下几个原则:

1) 目的性。指标体系的选取必须能够实现评价的目的,即能够对综合交通运输和经济社会发展系统的协调性(发展效益)进行评价。

2) 系统性。各指标之间要形成有序、有机的联系,保持严格的内部逻辑统一性,从多个方面反映江西省的发展水平。

3) 代表性。反映经济社会和交通发展的指标较多,这些指标间彼此可能存在着非常密切的关系,在构建目标指标体系时应注意所选指标之间的相关性,同时,所选指标应具有代表性,能很好地反映系统的发展水平。

4) 可比可行性。指标的选取应保证同一指标在时间上的纵向可比性或者在不同的空间范围内具有横向可比性。同时,定量指标数据应较易获得,具有较强的可行性。

5) 精简性。要考虑评价指标的数量,大量的输入输出指标将导致有效决策单元数目增加,从而不利于评价,因此评价指标应尽量精简。

2.1.2 指标体系的确定

1) 经济发展投入。系统协调性的评价必定包含经济发展的投入,其细化指标包括:国内生产总值、第三产业比重、全社会固定资产投资、消费品零售总额。

2) 社会发展投入。反映的是社会发展中人口、国土面积等要素的投入情况,因为本次评价仅仅是针对江西省,其国土面积为一定值,所以细化指标为人口总数、城镇化率。

3) 交通发展投入。反映了政府对交通运输事业的资金投入,主要为交通固定资产投资。

4) 路网运输规模。其细化指标包括:公路通车里程、铁路运营里程、内河航道里程、单位 GDP 客运量、单位 GDP 货运量。

5) 运输服务水平。运输服务水平决定运输质量和运输效率,其细化指标包括:农村客运班车通达率、公路网拥挤度、客运枢纽换乘时间、货物甩挂时间。

评价指标体系如图 2 所示。



图 2 评价指标体系

Fig.2 Evaluation index system

2.2 主成分提取

本文评价的决策单元 DMU 个数为 17 个,而建立的指标体系包括 16 个细化指标,细化指标数量较多。故需要进行主成分分析,选取包含细化指标 80%以上信息量的第 1 主成分,这些主成分包含了该类综合指标下所有细化指标的绝大部分信息量。可以将这些主成分作为综合指标的代表,再用这些选取的指标进行 DEA 评价。各指标第 1 主成分方差累计贡献率结果见表 1。

本例中四个综合指标中社会发展投入、交通发展投入、路网运输规模以及运输服务水平三个综合指标的第一主成分的方差累计贡献率均大于 80%,因此均可以将这些成分作为综合指标的代表。而经济发展投入指标中国内生产总值、第三产业比重方差累计贡献率分别为 75.150%、24.723%,且经过计算,国内生产总值、固定资产投资与消费品零售总额相关性显著,因此将国内生产总值与第三产业比重作为两个新的综合指标。

表1 各指标第1主成分方差累计贡献率结果
Tab.1 The cumulative contribution rate of the first PCA variance of each index

综合指标	主成分		方差累计贡献率/%	方差累计贡献率是否大于80%
经济发展投入	国内生产总值		75.150	否
	第三产业比重		24.723	否
社会发展投入	人口总数		99.729	是
交通发展投入	路网运输规模	公路总里程	81.374	是
	运输服务水平	农村客运班车通达率	93.526	是

最终的指标体系包括4个投入指标和2个产出指标。

投入指标分别是国内生产总值 X_1 , 第三产业比重 X_2 , 社会发展投入 X_3 , 交通发展投入 X_4 ; 产出指标分别是路网运输规模 Y_1 , 运输服务水平 Y_2 。

将收集到的江西省历年原始数据进行标准化处理, 然后再对投入和产出指标项进行非负化处理。经过主成分分析及处理后的数据见表2。

表2 主成分分析及标准化处理结果
Tab.2 PCA and standardized processing results

年份/年	投入指标				产出指标	
	X_1	X_2	X_3	X_4	Y_1	Y_2
2000	0.874	3.485	0.269	0.823	0.271	0.314
2001	0.904	3.421	0.536	0.938	0.793	0.479
2002	0.953	3.118	0.795	1.054	0.802	0.854
2003	1.017	2.269	1.025	1.179	0.813	0.899
2004	1.132	1.705	1.241	1.440	0.829	1.274
2005	1.239	1.485	1.435	1.594	0.838	1.544
2006	1.375	1.052	1.637	1.671	2.321	1.725
2007	1.549	0.912	1.845	1.467	2.373	1.845
2008	1.758	1.152	2.076	1.361	2.447	1.995
2009	1.880	1.369	2.306	1.898	2.519	2.235
2010	2.199	0.896	2.522	2.347	2.600	2.400
2011	2.600	1.056	2.709	2.214	2.735	2.565
2012	2.822	1.432	2.824	2.287	2.825	3.045
2013	3.082	1.702	2.954	2.349	2.859	3.105
2014	3.313	2.152	3.098	3.256	2.935	3.166
2015	3.493	2.918	3.270	3.761	2.960	3.226
2016	3.809	3.875	3.458	4.363	3.079	3.331

2.3 计算结果及分析

根据前一节对 CCR 的改进模型 CCRMP 模型描述,对江西省 2000—2016 年综合交通运输与经济社会发展系统进行效率计算,计算结果见表 3,评价结果历时图如图 3 所示。

表 3 基于 CRMP 模型效率计算结果
Tab.3 The result of efficiency calculation based on CRMP model

年份/年	有效值	投入指标				产出指标	
		X_1	X_2	X_3	X_4	Y_1	Y_2
2000	0.641	0.874	3.485	0.269	0.823	0.271	0.314
2001	0.743	0.904	3.421	0.536	0.938	0.793	0.479
2002	0.836	0.953	3.118	0.795	1.054	0.802	0.854
2003	0.782	1.017	2.269	1.025	1.179	0.813	0.899
2004	0.893	1.132	1.705	1.241	1.440	0.829	1.274
2005	0.996	1.239	1.485	1.435	1.594	0.838	1.544
2006	1	1.375	1.052	1.637	1.671	2.321	1.725
2007	1	1.549	0.912	1.845	1.467	2.373	1.845
2008	1	1.758	1.152	2.076	1.361	2.447	1.995
2009	0.984	1.880	1.369	2.306	1.898	2.519	2.235
2010	0.91	2.199	0.896	2.522	2.347	2.600	2.400
2011	0.854	2.600	1.056	2.709	2.214	2.735	2.565
2012	0.917	2.822	1.432	2.824	2.287	2.825	3.045
2013	0.904	3.082	1.702	2.954	2.349	2.859	3.105
2014	0.858	3.313	2.152	3.098	3.256	2.935	3.166
2015	0.819	3.493	2.918	3.270	3.761	2.960	3.226
2016	0.792	3.809	3.875	3.458	4.363	3.079	3.331

注:若各单元的目标值,即达到有效的值是原始值,则认为 DEA 有效。

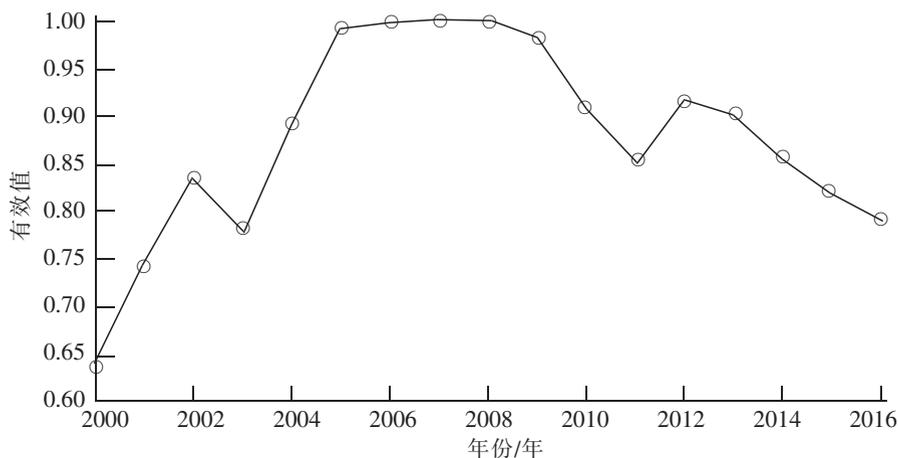


图 3 江西省评价系统有效值历时图

Fig.3 Effective value diachronic graph of evaluation system in Jiangxi province

从有效值评价结果和图3可以看出,2000—2016年间江西省综合交通运输与经济社会发展系统的效率值均有效,17年间效率值总体呈现先升后降的趋势。其中2000年效率值最低,为0.641,此后几年明显上升,并于2006—2008年3年间达到1的效率值,达到效率最优状态;而2009—2016年间,效率值总体上逐年小幅度下降,并于2016年达到0.792的较低点。

2000—2006年效率值平均以每年0.060的速度增加,主要原因是这几年江西省经济社会发展水平总体较低,随着国家“中部地区崛起”战略的制定以及江西省一系列经济投资和重大战略的部署,在全省进行经济结构调整和交通基础设施建设,从而为经济社会与交通运输协调发展效率的快速增长提供了重要保证。2006—2008年间的效率值达到1,说明经济社会发展与综合交通运输发展整体上较协调,经济社会发展投入与综合交通运输产出较为均衡,这也是逐年增加交通固定资产投资以及产出滞后性的结果。但公路通车里程从2006年开始包括村道,故这一指标在2006年前后数据可比性不大,其对评价结果会产生一定影响。2008—2016年间的效率值总体上逐年小幅下降,说明江西省经济社会发展与交通运输发展的协调性在降低,根据DEA的计算结果,发现2011—2016年系统投入松弛变量取值即投入冗余值不断增长,而产出不足值为0,特别是在2016年指标 X_1 的投入冗余值达到了最高的1.873,说明经济发展的投入过高。表明近些年江西省经济社会发展对交通运输行业的贡献已然较大,全省综合交通运输总体上已超前发展。虽然经济在快速发展,但是交通问题依然很难得到彻底解决,交通运输系统与经济社会系统的协调水平并没有随着经济社会投入的提高而大幅度提高,系统的发展效率有待提升。

3 结论与建议

本文利用DEA的改进模型CCRMP对江西省近些年综合交通运输与经济社会发展系统建立了协调性评价模型,进行了有效值的计算和评价分析,得到了江西省综合交通运输发展状况以及资源利用效率,为江西省提供了自我发展的评估工具。

为了保证中长期江西省综合交通运输和经济社会系统之间能够更加协调发展,有助于江西省中长期交通运输发展政策的制定、优化资源配置以及提高资源利用效率,本文对江西省中长期综合交通运输系统的发展提出以下建议:

1) 江西省交通基础设施建设应当根据省内的经济社会条件,合理确定建设规模。长远来看,江西省应避免盲目投资、过度投资,减少资源的浪费。

2) 交通运输的发展不但需要大量的资金投入,而且更要注意提高投入资金的分配和利用效率。中长期,江西省综合交通运输系统需要从调整交通运输结构入手,重视各运输方式的实际需求和运输效益。建议江西省加大对铁路运输、水路运输建设和运营的资金投入比例。

3) 为了进一步提高系统的产出,建议江西省加快完善综合客运枢纽以及物流园区、公路港的布局建设,注重多式联运效率,加快集疏运体系建设。同时应提升第二、三产业企业和园区周边的交通环境,注重各企业、产业园区、旅游区的实际需求和运输效益以及园区与交通设施的匹配性。

参考文献:

- [1] CHENGRI DING. Transport development, regional concentration and economic growth[J]. Urban Studys, 2012(7): 1-17.
- [2] BOARNET M G. Spillovers and the Locational Effects of Public Infrastructure[J]. Journal of Regional Science, 1998, 38(3): 381-403.
- [3] FRY C, TOMLINSON P. Integrated appraisal for transport[J]. Transport Our Highway to a Sustainable Future, 2003.
- [4] 李洋. 交通资源配置与区域经济发展协调性研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2016.
- [5] 邹海波, 吴群琪. 交通运输方式协调发展的状态评价[J]. 交通运输工程学报, 2007, 7(6): 24-29.
- [6] 李洁, 杨宇翔, 庞子帅. 基于协整分析的区域交通运输与经济发展协调性研究[J]. 交通运输工程与信息学报, 2016, 14(2): 83-91.

- [7] 武旭,胡思继,崔艳萍,等. 交通运输与经济协调发展评价的研究[J]. 北京交通大学学报:社会科学版,2005(2):10-14.
- [8] 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.
- [9] COOK W D, HABABOU M, TUENTER H. Multicomponent efficiency measurement and shared inputs in data envelopment analysis: An application to sales and service performance in bank branches[J]. *Journal of Productivity Analysis*, 2000, 14(3):209-224.
- [10] 王俊丹,曾小舟,冯琳. 基于DEA方法的我国机场运行效率评价[J]. 华东交通大学学报,2017,34(6):82-89.
- [11] 党晓旭,王元庆,吴洲豪,等. 改进的区域道路交通安全广义DEA评价模型[J]. 交通运输系统工程与信息,2016,16(4):11-16.
- [12] 张兵,曾明华,胡启洲. 基于AHP约束锥的区域交通网络DEA评价模型[J]. 公路工程,2015,40(6):59-63.
- [13] 曹玮,于清波. 基于DEA和Malmquist指数的福建沿海港口效率分析[J]. 华东交通大学学报,2013,30(4):89-96.
- [14] 余学林. 数据包络分析(DEA)的理论、方法与应用[J]. 科学学与科学技术管理,1992(9):27-33.
- [15] 罗艳. 基于DEA方法的指标选取和环境效率评价研究[D]. 合肥:中国科学技术大学,2012.

Coordination Evaluation on Comprehensive Transportation and Economic and Social Development in Jiangxi Province Based on DEA

Zhou Xun¹, Zhang Bing², Xu Weishuo², Zou Yuxia³

(1. Jiangxi Department of Transportation Planning Office, Nanchang 330036, China;

2. School of Transportation and Logistics, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;

3. Jiangxi Provincial Traffic Planning Reconnaissance and Design Institute, Nanchang 330008, China)

Abstract: Scientific and rational evaluation on the coordination degree of comprehensive transportation and economic and social development is of great significance for the governments' planning and decision-making. Firstly, this paper established the evaluation index system and main indicators were obtained by using PCA method. Then, effective value calculation and diachronic evaluation and analysis for comprehensive transportation and economic and social development of Jiangxi Province in recent years were carried out by DEA. Finally, from the perspective of how to promote development, this paper provided some suggestions for the medium-and long-term development of comprehensive transportation system in Jiangxi Province.

Key words: data envelopment analysis; comprehensive transportation; coordination evaluation