

文章编号: 1672-4747 (2017) 04-0061-07

## 综合运输系统与经济系统协调性分析

薛 锋<sup>1,2</sup>, 邹 彪<sup>1</sup>

(1. 西南交通大学, 交通运输与物流学院, 成都 610031;

2. 西南交通大学, 综合交通运输智能化国家地方联合工程实验室, 成都 610031)

**摘 要:** 为衡量时序演进下综合运输与经济发展两者之间的关系, 运用系统分析方法遴选出综合运输系统、经济系统的相关指标, 建立评价指标集。从协调性出发, 构建了综合运输系统与经济系统的协调发展评价模型, 并给出了协调状态的评判标准, 进而对两者之间的协调程度进行定量分析。以四川、重庆、广西和贵州西部四省市为研究对象, 从阶段性和时序性发展水平对其近年来综合运输系统与经济系统协调发展的状态进行测度。结果表明综合运输系统与经济系统间的不协调是制约发展的主要原因之一, 且综合运输系统与经济系统间存在动态平衡协调关系。

**关键词:** 综合运输系统; 经济系统; 时序性; 协调性; 评价指标

中图分类号: U116.1

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1672-4747.2017.04.009

## Coordination Analysis between Transportation Systems and Economic Systems

XUE Feng<sup>1,2</sup>, ZOU Biao<sup>1</sup>

(1. School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2. National United Engineering Laboratory of Integrated and Intelligent Transportation, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** The paper analyzes the time-series coordination between transportation systems and economic systems. The evaluation indices of transportation systems and economic systems are selected using the system analysis method, and the level of system-coordination is then proposed to analyze the level of coordination between the two systems. An example is provided using the data from Sichuan, Chongqing, Guangxi, and Guizhou provinces in Western China. The results show that there is a dynamic balance between the two systems and the coordination of the two systems usually yields better economic development.

**Key words:** transportation system; economic system; time-series analysis; system coordination; evaluation indices

## 0 引 言

综合运输体系是公路、铁路、民航、水运、

管道等多种运输方式的集合, 其功能的实质是发展经济。以铁路、公路、航空为主的多种运输系

收稿日期: 2016-11-28

基金项目: 国家社会科学基金项目(15BGL003); 四川省教育厅自然科学项目(15ZB0477); 四川省社会科学重点研究基地——西部交通战略与区域发展研究中心资助项目, 西南交通大学中央高校基本科研业务费资助项目(XJQ010)

作者简介: 薛锋(1981—), 男, 山东邹城人, 博士, 西南交通大学副教授, 研究方向运输组织理论与系统优化。

通信作者: 邹彪(1994—), 男, 江西九江人, 西南交通大学硕士研究生, 研究方向交通运输工程。

引文格式: 薛锋, 邹彪. 综合运输系统与经济系统协调性分析[J]. 交通运输工程与信息学报, 2017, 15(4):61-66, 86.

统应该满足经济发展对综合运输系统的质量要求,即需要满足经济系统对综合运输系统运输供给数量的要求,并适当促进社会经济的发展。从经济系统结构分析,综合运输经济是国民经济的一部分,综合运输系统将国民经济基础产业之间相互关联,并使得生产和销售环节相互联系<sup>[1]</sup>。

方便快速的交通运输系统作为缩小地区差距、促进地区间经济社会平衡发展的重要手段,只有合理地发展,形成综合运输体系,才能促进经济落后地区与外界的经济交流。再者,交通运输系统是国民经济发展的保障,综合运输系统和经济系统之间的协调发展程度是评价交通运输系统发展的前提。西部地区交通基础设施虽然相对落后,但发展比较快,如何评价综合运输系统和经济系统间的协调性,促进二者协调发展,进一步增强西部地区经济实力值得研究。对于系统间的协调发展问题,李祚泳<sup>[2]</sup>研究了社会、经济和环境间的相互协调发展,建立了协调发展的评价指标体系和评价模型;赵莉<sup>[3]</sup>通过对中国物流产区与区域经济间存在问题的研究,构建了物流产业与区域间的复合系统协调发展的评价模型,并对两者间的协调度进行实证分析测算;张生瑞<sup>[4]</sup>运用协同学理论知识及可持续发展的方法,对交通运输系统间的协调性进行了初步的探索。但目前对于协调发展的评价,所采用的方法多基于某一状态或用数据包络法分析整个时序性,缺少对两个系统进行综合性的评价。本文从协调性角度出发,对综合运输系统和经济系统间的协调程度进行定量分析。

## 1 综合运输系统与经济系统的协调发展分析

协调度是指系统之间在彼此发展的过程中,相互影响的某一程度,为实现系统间的相互发展而采取的调控措施称之为协调方式,其与协调度

共同反映出系统之间从无序至有序之间的程度。协调发展是指系统间的组成要素在发展过程中相互协调,达到相互之间从无序到有序的一种状态,强调的是整体之间的发展<sup>[5,6]</sup>。

### 1.1 综合运输系统

综合运输系统包含铁路、公路、航空、水运和管道多种运输方式。对综合运输系统而言,其与经济系统之间的协调就是综合运输系统子系统针对其各子系统的特点,最大限度的满足经济生产活动中货物运输和人员迁移的需求<sup>[7]</sup>。通常表现为配合当前的宏观政策调控,重点发展某区域的综合运输系统,以达到促进该区域经济快速增长的目的。综合运输系统内各个子系统,即每种运输方式都承担着不同的运输任务,满足不同的运输需求,各种运输方式之间也是通过不断地竞争发展、协调发展从而达到相对的协调平衡。

### 1.2 经济系统

经济系统是一个以人类活动为中心,涉及多个领域的多层次、多结构系统的有机整体。从经济系统的角度来看,其与综合运输系统之间的协调包括交通经济在内的多种经济形式,通过人员、货物的交流来加强综合运输系统内部的协调性<sup>[8]</sup>。通常表现为针对各个交通方式的特点,采取不同的交通运输方式,以达到节约时间、费用的经济目的。经济系统内部的各个领域,也是通过运输系统进行人员、货物的交流,领域间不断地摩擦、渗透,达到完善自身功能的目的。

### 1.3 综合运输系统与经济系统间的协调发展

经济系统和综合运输系统间的协调发展是一个不断协调、不断发展的过程。在这个过程中,两个系统不断地调整、相互作用,从抑制、促进到共同发展。综合运输系统与经济系统之间的协调不仅仅表现为两个系统的协调,而且表现为它们子系统之间存在的相互协调关系。具体表现为相互之间的物质循环、能力流动、信息传递等形式。在这个动态的协调过程中两个系统的子系统

针对其各自的特点，不断竞争发展、协调发展，从而达到动态平衡促进整个系统的发展。

## 2 系统间的协调发展评价

### 2.1 综合评价方法

协调不仅仅是一个状态，更是一个动态的过

程，在这个过程中，其系统内部和其它系统之间相互影响、相互促进。因此，在评价两个系统间的协调水平时，不能仅仅只从某些状态分析，还应连续的动态评价其系统间的协调性，其评价过程如图 1 所示。

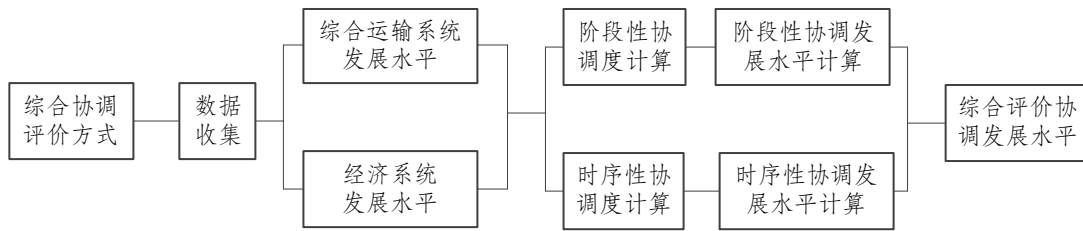


图 1 系统协调性的评价过程

Fig.1 The evaluation process of system coordination

### 2.2 协调发展评价模型的构建

由于数据的种类较多，不利于整理，因此本文采用分层评价模型进行协调发展的综合评价，指标体系如表 1 所示。

表 1 指标体系结构模型

Tab.1 Structural model of the evaluation index system

系统层	指标层
综合运输系统 ( $A_n$ )	铁路旅客人次 ( $a_{1j}$ )
	公路旅客人次 ( $a_{2j}$ )
	航空旅客人次 ( $a_{3j}$ )
	铁路货运量 ( $a_{4j}$ )
	公路货运量 ( $a_{5j}$ )
经济系统 ( $B_n$ )	GDP ( $b_{1j}$ )
	第三产业占比 ( $b_{2j}$ )
	人均 GDP ( $b_{3j}$ )
	投资 ( $b_{4j}$ )

#### 2.2.1 数据处理

为了减少数据之间的波动、减少误差，增强数据之间的相关性，加强与时序性发展水平之间的联系，本文采取一种动态数据弱化的数据处理方式。这种处理方式不仅能减少数据过快增长或

迅速衰减带来的冲击干扰，还能与时序性发展水平相结合，增强模型评价的准确性。

设  $(x_n, x_{n-1}, \dots, x_k, \dots, x_1)$  为系统中某一指标层对应数据相邻年份的集合：

$$x_k^* = \left( x_n^{\alpha(n)} \cdot x_{n-1}^{\alpha(n-1)} \dots x_k^{\alpha(k)} \cdot x_1^{\alpha(1)} \right)^{\frac{1}{\alpha(n)+\dots+\alpha(1)}} \quad (1)$$

式 (1) 中， $x_k^*$  为对应  $x_k$  数据弱化处理后的值； $\alpha(i)$  ( $i=1,2,3,\dots,n$ ) 为对应数据年份 ( $x_n$ ) 的指数权重，权重可以根据主观法 (专家打分) 得到，也可通过客观计算得到<sup>[9]</sup>。

#### 2.2.2 无量纲化处理

由于数据之间计算单位和量纲的不同，其数值之间无法进行比较，会对分析结果产生较大的影响。因此，需要对数据指标进行无量纲化处理，此处采用标准差标准化法处理：

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}^* - x_{\min j}^*}{x_{\max j}^* - x_{\min j}^*} \quad (2)$$

### 2.3 协调度的计算

协调度是用来衡量两个子系统协调情况的一个数值，需要用科学的评价方法对其研究，其

中涉及到指标权重的确定和衡量协调度的模型。本文采用熵值赋权法,它主要通过分析系统内各个指标之间的联系程度和指标内信息量的大小来确定指标权重 $\omega_j$ 。由于其产生于客观环境的原始信息,因此可以在一定程度上减少主观因素的影响:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_{ij} = \frac{x_{ij}^*}{\sum_{i=1}^m x_{ij}^*} \\ e_j = -\sum_{i=1}^m y_{ij} \ln y_{ij} \\ h_j = 1 - e_j \\ \omega_j = \frac{h_j}{\sum_{j=1}^n h_j} \end{array} \right. \quad (3)$$

式中, $y_{ij}$ 表示该数据在指标中所占的比重; $e_j$ 为度量指标 $j$ 的信息熵,用来衡量指标数据的效用价值。

协调度是某一系统与其它系统适应情况的一个数值,本文采用模糊数学的建模方法,用隶属度函数中的分布密度函数对其协调度进行描述,公式为:

$$\left\{ \begin{array}{l} Y_j = \sum_{j=1}^m \omega_j x_j \\ C = e^{-k(A-B)^2} \\ k = \frac{2}{s^2} \end{array} \right. \quad (4)$$

式(4), $Y_j$ 为综合运输系统或经济系统的发展水平; $C$ 为协调度; $s^2$ 为 $A$ 、 $B$ 方差的几何均值。

#### 2.4 协调发展水平衡量

协调发展度只能反映出系统间的协调程度,不能反映系统所处的协调发展水平。因此,需将协调度与其系统的发展水平结合起来。系统间的协调发展水平 $D$ 定义为:

$$D = \sqrt{C \cdot \sqrt{A \cdot B}} \quad (5)$$

协调发展水平的度量标准如表2所示。

表2 协调发展水平的度量表

协调值	协调发展水平
1.00~0.80	完全协调
0.80~0.60	协调
0.60~0.40	基本协调
0.40~0.20	基本不协调
0.20~0.00	完全不协调

#### 2.5 时序性协调发展模型的构建

系统间的协调发展不仅仅是一个状态,而且还是一个过程,因此在评价的过程中还需要对其时序性进行考虑。定义一个系统中某个指标数据的发展,是由之前多个年份连续的发展而得来的,越靠近该数据的年份,其指标的权重就越大。为了凸显这种差异,将其定义为指数型的变化,其权重如表3所示。

表3 年份个数与当年的权重

考虑年份 个数	$n$	$n-1$	$n-2$	$n-3$	$n-4$
3	0.665 2	0.244 7	0.090 1		
4	0.643 9	0.236 9	0.087 1	0.032 1	
5	0.636 4	0.234 1	0.086 1	0.031 7	0.011 7
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$n$	0.636 4	0.234 1	0.086 1	0.031 7	0.011 7

在时序性评价中,时序立体数据可以看成由时间、指标和评价对象构成的三维立体数据,此处把时间因素作为二次权重<sup>[10]</sup>,突出年份对该数据的影响,设时间参数 $T=(t_n, t_{n-1}, \dots, t_1)$ 其公式定义如下:

$$C^* = C' \cdot T \quad (6)$$

$$D^* = \sqrt{C^* \cdot \sqrt{A' \cdot B'}} \quad (7)$$

式中, $C'$ 为不进行弱化处理数据计算所得的协

调度； $C^*$ 为对  $C$  进行时间向量加权所得的时序性协调度； $D^*$ 为进行时间向量加权后的协调发展水平； $A'$ 和 $B'$ 为不进行弱化处理数据  $A$ 、 $B$  的值。

### 3 西部省份综合运输系统与经济系统间的协调发展实例分析

#### 3.1 指标设置

在设置综合运输系统和经济系统的指标时，应遵循科学性、可操作性、相对独立性、主成分性和针对性等原则。

综合运输系统分为铁路客货运输、公路客货运输、民航旅客运输和水上货物运输六个输出指标。由于西部省份地理位置等特点，水路旅客运输不做考虑；管道运输由于其经济技术等特性也不做考虑；民航货运由于运量相对其它两种运输方式占比较小亦不做考虑；经济系统包含 GDP、人均 GDP、投资和第三产业 GDP 占比四个输出指标。本文采集了 2006—2013 年间四川、广西、

贵州三个省份以及重庆市的数据，并以 2006—2013 年间的 8 个年份数据为基本单元，运用计算机软件对公式 (1)~(7) 进行计算，将这 8 年间的综合运输系统与经济系统间的协调发展水平进行定量化计算。

#### 3.2 阶段性协调发展模型的计算

在进行协调发展水平计算时，先对数据进行动态弱化处理，减少数据间的波动，然后求出各个指标在系统中的权重，运用模型得出综合运输系统和经济系统各自的发展状况，最后根据分布密度函数求出其协调发展程度。

其中：对公式 (1) 中  $a(i)$  ( $i=1,2,3,\dots,n$ ) 的取值，利用文中数据年份在时间序列中的关系，并运用专家打分对其修正定义；对当年数据产生影响的年份为与选择年份相邻的 1 年，则  $a(i)$  ( $i=1,2,3$ )= $[0.3,1,0.3]$ 。

计算综合运输系统和经济系统各自的发展水平，及其之间的协调度和协调发展水平，汇总于表 4。

表 4 系统的阶段性发展水平及其之间的协调度发展水平

Tab.4 System indices and levels of system coordination

年份	经济系统发展水平				综合运输系统发展水平				协调度				协调发展水平			
	川	渝	桂	黔	川	渝	桂	黔	川	渝	桂	黔	川	渝	桂	黔
2012	0.6452	0.4829	0.3536	0.2265	0.8827	0.2501	0.4804	0.2014	0.5757	0.5885	0.8542	0.9939	0.6591	0.4523	0.5934	0.4607
2011	0.7169	0.5468	0.4319	0.2339	0.8828	0.1750	0.5310	0.2409	0.7802	0.2872	0.9151	0.9996	0.7878	0.2981	0.6620	0.4871
2010	0.6779	0.4570	0.3566	0.1982	0.8733	0.2683	0.5329	0.2360	0.6963	0.7134	0.7450	0.9866	0.7319	0.4998	0.5699	0.4619
2009	0.6727	0.4436	0.3205	0.1997	0.8393	0.2594	0.5270	0.1805	0.7701	0.7266	0.6693	0.9965	0.7607	0.4965	0.5245	0.4349
2008	0.6782	0.4491	0.3037	0.1932	0.8286	0.2416	0.5163	0.1649	0.8121	0.6730	0.6600	0.9927	0.7803	0.4708	0.5112	0.4209

#### 3.3 时序性协调发展模型的计算

在时序性发展水平的计算中，先对其原始数据进行综合运输系统和经济系统发展水平的计算，再以时间为二次权重，综合考虑时间序列对数据的影响。其中，定义时序性发展水平模型中

影响年份的个数为 3 个，则第  $n$  年， $n-1$  年， $n-2$  年的权重分别为 0.665 2、0.244 7、0.090 1。计算基于时间序列影响下综合运输系统和经济系统各自的发展水平，及其之间的协调度和协调发展水平，汇总于表 5。

表 5 时间序列影响下系统的发展水平及其之间的协调度发展水平

Tab.5 System indices and levels of system coordination considering time-series weights

年份	经济系统发展水平				综合运输系统发展水平				协调度				协调发展水平			
	川	渝	桂	黔	川	渝	桂	黔	川	渝	桂	黔	川	渝	桂	黔
2012	0.4388	0.3303	0.2453	0.1514	0.6017	0.1613	0.3277	0.1303	0.7723	0.7571	0.9360	0.9957	0.6300	0.4180	0.5151	0.3740
2011	0.4531	0.3033	0.2530	0.1405	0.6054	0.1924	0.3466	0.1570	0.7975	0.8870	0.9181	0.9973	0.6463	0.4629	0.5214	0.3848
2010	0.4680	0.3124	0.2448	0.1270	0.5839	0.1778	0.3490	0.1556	0.8810	0.8430	0.9027	0.9923	0.6786	0.4457	0.5137	0.3735
2009	0.5374	0.2965	0.2139	0.1377	0.5674	0.1783	0.3540	0.1122	0.9925	0.8895	0.8482	0.9946	0.7403	0.4522	0.4831	0.3516
2008	0.4491	0.2961	0.1923	0.1427	0.5646	0.1572	0.3545	0.1076	0.8941	0.8506	0.8018	0.9897	0.6710	0.4284	0.4575	0.3502

### 3.4 对比与分析

为了便于观察与分析,将表 4、表 5 中的数据制成折线图,如图 2、图 3 所示。

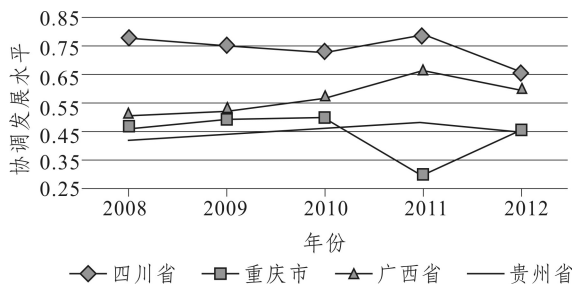


图 2 阶段性协调发展程度

Fig.2 Trends of system coordination

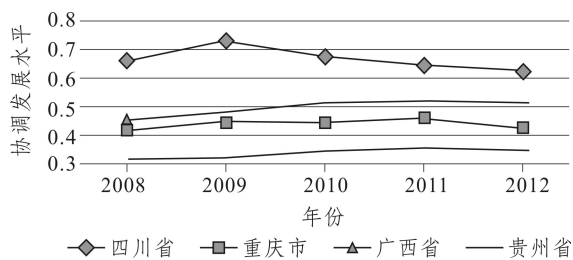


图 3 时序性协调发展程度

Fig.3 System coordination considering time-series weights

通过对图 2、图 3 的对比观察可以看出:

(1) 阶段性的协调发展水平容易产生波动,而时序性的协调发展水平更加的平稳。即单独看某一年份的协调发展值其与周边年份的发展值可能存在很大差值,而时序性的数值受附近年份的影响,其变化较小。

(2) 在加权后的时序发展协调水平的基础上参考其阶段性发展水平,可以推测出一种趋势。如四川省在 2008—2012 年间,其协调发展水平都处于协调这一指标中,但是可以推断出,若无重大的干预,其协调发展水平将呈现下降的趋势;相反广西虽然在 2011 年波动较大,但在图 3 中其整体处于平稳上升的阶段。因此,可以预测在未来几年中,其协调发展水平仍将不断上升。

为了便于分析其原因,提取重庆市的综合运输和经济系统的数据,如图 4 所示。

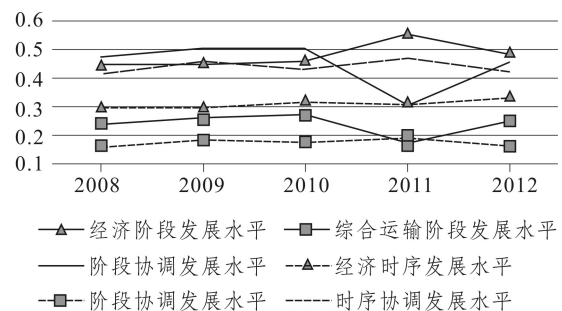


图 4 重庆市 2008—2012 年发展情况

Fig.4 The development of Chongqing between 2008—2012

由图 4 可以得出:

(1) 2011 年重庆市综合运输系统与经济系统之间的协调性产生较大波动的原因是综合运输系统的发展滞后于经济系统的发展。当年经济出现较大增长而综合运输系统却未得到相应的增长,导致其系统间出现不协调发展的情况。

- by metabolism behaviors[J]. China Information Sciences, 2015, 58(10):1-15.
- [11] YI X, FENG A, SHAO W, et al. Synthesis and properties of graphene oxide-boron-modified phenolic resin composites [J]. High Performance Polymers, 2015, 28.
- [12] 何南, 赵胜川. 城市道路阻抗函数模型研究——以大连市为例[J]. 公路交通科技, 2014, 31(2):104-108.
- [13] 张玲瑞, 杨扬. 货运 OD 矩阵反推中改进的 BPR 道路阻抗函数研究[J]. 公路交通科技, 2016, 33(7).
- [14] 姜耀武. 高速铁路车站售票及安检设备数量配置研究[D]. 长沙: 中南大学, 2013.
- [15] 刘媛. 基于 M/G/1 排队模型的公交靠站泊位数研究[J]. 交通信息与安全, 2017, 15(1): 131-136.
- [16] 郭旭. 大型铁路客运站仿真建模研究[D]. 大连: 大连交通大学, 2013.
- [17] 王健, 张琳, 孙广林. 基于多成本分析的出发时刻选择模型研究[J]. 交通信息与安全, 2011, 29(6):11-17.

(中文编辑: 刘娉婷)

上接第 66 页

(2) 综合运输系统与经济系统间具有动态平衡协调关系, 在波动后的 2012 年, 经济系统的增长相应放缓, 而综合运输系统得到了极大增长, 体现出其系统间密切的关系。

## 4 结 论

本文通过对阶段性发展水平和时序性发展水平两种评价方法的综合运用, 对中国西部省份综合运输系统和经济系统协调发展程度做出了定量分析和评价, 并对综合运输系统和经济系统发展过程中, 可能影响其发展水平的因素进行了探讨。通过实例分析可以得出:

(1) 综合运输系统的发展水平是制约经济系统发展的因素之一, 只有综合运输系统平稳快速发展, 才能保障经济持续快速增长。

(2) 只有针对不同交通运输方式的特点, 将综合运输系统发展过程中的规模、质量和产出效应相统一, 科学发展综合运输系统, 才能促进经济系统发展。

## 参考文献

- [1] 国家发展改革委交通运输部《交通运输协调发展研究》课题组. 我国交通运输系统协调发展的目标与重点[J]. 综合运输, 2005, 26(11): 6-9.
- [2] 李祚泳, 沈仕伦, 邓新民. 社会、经济与环境协调发展指数评价模型[J]. 上海环境科学, 2000(5): 201-204.
- [3] 赵莉. 中国物流产业与区域经济协调发展研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨商业大学, 2013.
- [4] 张生瑞, 邵春福. 交通运输系统协调发展理论与模型研究[J]. 数学的实践与认识, 2007, 37(6): 1-6.
- [5] 孟庆松, 韩文秀. 复合系统协调度模型研究[J]. 天津大学学报, 2000, 33(4): 444-446.
- [6] 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, 4(2): 10-14.
- [7] 邓润飞. 城市群交通运输系统演化模型及规律特征研究[J]. 交通运输工程与信息学报, 2017, 15(3): 100-108.
- [8] 刘波林. 基于数据包络分析的综合运输系统协调度量研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2010.
- [9] 党耀国, 刘思峰, 刘斌, 等. 关于弱化缓冲算子的研究[J]. 中国管理科学, 2004, 12(2): 109-112.
- [10] 郭亚军, 潘建民, 曹仲秋. 由时序立体数据表支持的动态综合评价方法[J]. 东北大学学报, 2001, 22(4): 464-467.

(中文编辑: 李愈)