

基于城市复合生态系统理论的城市生态 交通发展评价

欧国立¹,王妍¹,王晋超²

(1. 北京交通大学 经济管理学院, 北京 100044; 2. 遵化市交通运输局, 河北 唐山 064200)

摘 要:针对当前中国城市化进程中城市交通存在的各种外部性问题,基于城市复合生态系统理论,构建了综合评价城市生态交通发展水平的指标体系,综合运用层次分析法和数据包络分析法构建评价模型,以此模型为基础,第一次提出了生态交通指数的计算方法,最后从区域协同发展视角出发,创新性地利用 Theil 系数对区域内城市生态交通发展水平的空间差异进行解构。为验证该模型的可行性及其对现实政策规划的指导作用,运用该模型对 2006~2015 年京津冀区域内 5 个城市的生态交通发展水平进行了评价研究。实证结果表明,该模型可行性良好,实证结果能够客观反映各个城市生态交通发展状况及存在问题,有利于指导现实政策规划;近 10 年来京津冀区域内部发展差异逐渐缩小,但整体发展水平仍然较慢,因此科学系统且具体可实施的规划方案是加快推动京津冀交通一体化的重要举措;区域内部城市生态交通发展水平随经济发展整体上呈现出“倒 U 型”发展趋势,亟待探究北京、天津等大城市生态交通指数的上升拐点;该区域平均生态交通指数呈现出下降趋势的主要原因在于机动车的过快增长,因而需要在短期内控制机动车的增长速度与排放水平,提高公共交通基础设施的投资建设水平并发展低碳交通方式则是长期内需要重点关注的问题。

关键词:生态交通指数;Theil 系数;层次分析法;数据包络分析法;时间维度;空间维度

中图分类号:TU984.191

文献标志码:A

文章编号:1671-6248(2018)03-0027-11

Evaluation research on urban ecological traffic development based on urban complex ecosystem

Ou Guo-li¹, Wang Yan¹, Wang Jin-chao²

(1. School of Economics and Management, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

收稿日期:2017-02-01

基金项目:北京市社会科学基金项目(16GLA003)

作者简介:欧国立(1961-),男,山东招远人,教授,博士研究生导师。

2. Zunhua Bureau of Traffic and Transportation, Tangshan 064200, Hebei, China)

Abstract: Aiming at various external problems of urban transportation in China's urbanization process, an index system for comprehensively evaluating the development level of urban ecological transportation was constructed based on theory of urban complex ecosystem. The analytic hierarchy process and data envelopment analysis methods were used to construct the evaluation model. Based on this model, the calculation method of ecological transportation index was proposed for the first time. Finally, from the perspective of regional collaborative development, the Theil coefficient was innovatively used to deconstruct the spatial differences of urban ecological transportation development level in the region. To verify the feasibility of the model and its guiding role for the practical policy planning, the model was used to evaluate the ecological transportation development level of 5 cities in Beijing, Tianjin and Hebei from 2006 to 2015. The empirical results show that the model is feasible, and the results can objectively reflect the development status and problems of each city's ecological transportation, which is conducive to guiding the realistic policy planning; in the past 10 years, the internal development differences of the Beijing-Tianjin-Hebei region have gradually narrowed, but the overall development level is still slow. Therefore, a scientific system and the concretely implementable planning plan are important measures to accelerate the integration of Beijing-Tianjin-Hebei transportation; the development level of urban ecological transportation within the region shows the development trend of "inverted U-shaped" with the overall development of the economy, and it is urgent to explore the rising point of the ecological transportation index of big cities such as Beijing and Tianjin; the main reason for the downward trend of the average ecological transportation index in this region is the excessive growth of motor vehicles. Therefore, it is necessary to control the growth rate and emission level of motor vehicles in a short period of time. Improving the investment and construction level of public transportation infrastructure and developing low "carbon transportation modes are issues that need long" term focus.

Key words: ecological transportation index; Theil coefficient; analytic hierarchy process; data envelopment analysis; time dimension; spatial dimension

一直以来,构建舒适、便捷、高效的宜居环境都是城市发展的重要主题,当前中国的城市化水平迅速提高,在经济持续增长以及居民生活水平稳步提升的同时,能源衰竭、环境恶化等问题也日益凸显。2013年至今,中国陆续出现了多次大范围、长时间的雾霾天气,严重影响了整体经济的正常运转以及人民的日常生活与身体健康。据保守估计,仅2013年1月的雾霾天气事件即造成全国交通与健康直接经济损失约230亿元,而损失最为严重的省份主要集中于京津冀等东部区域^[1]。通过对北京市雾霾污染主要成分PM_{2.5}的来源进行解构,检测结果显示

机动车、生活-商业燃煤以及工业排放对2013年初北京市PM₁₀的贡献率超过了50%,其中燃油机动车排放贡献率高达23%^[2]。除此之外,城市交通量的迅速增长也带来了诸如交通拥堵、噪声污染以及交通隐患等负面影响,严重阻碍了城市经济社会的发展以及居民生活水平的提高,是目前城市发展过程中亟待解决的重要问题^[3-4]。

城市交通系统的发展是人类为实现可持续发展而对城市交通进行的不断探索与改造的过程,是一个动态过程而非静态模型。随着近一个世纪以来城市交通各类问题的出现,“绿色交通”“低碳交通”“可持

续发展交通”“生态交通”等概念应运而生。“绿色交通”侧重于环境保护以及资源的节约与利用,强调在交通发展过程中要考虑环境污染的损失^[5];“低碳交通”的提出则以全球变暖问题为背景,强调交通的发展不能以二氧化碳排放量的上升为前提,主张交通发展与碳排放之间的相对脱钩^[6];“可持续交通”以“可持续发展理论”为依托,强调城市交通的发展既要满足当前城市发展所产生的合理交通需求,又不损害后代人满足其需求的能力^[7];“生态交通”以城市复合生态系统理论为基础,强调交通的发展应适应城市的生态发展规律,服从并服务于生态系统,既能够实现交通运输系统内部高效的一体化,又符合可持续发展的要求,属于交通系统发展的高级阶段^[8]。虽然这些概念的侧重点有所差异,但本质上都是人类在面对能源危机、环境污染以及生态破坏等问题时,对人类社会与自然生态环境之间关系的自我反思与调整。通过对比分析可以发现,“生态交通”涵盖的意义最为广泛,也是未来城市交通系统发展的理想模式与趋势。

在城市交通发展评价的理论分析框架方面,早在 20 个世纪七八十年代,国外许多学者便开展了对生态交通的研究,在城市交通规划过程中综合考虑道路交通的环境因素。Zerbe 等研究了交通规划过程中减少道路交通环境污染的方法,并深入分析了其所需的费用及产生的效益^[9]。Nishioka 研究发现道路交通与居民住宅之间的矛盾导致了交通污染,并提出了相应改善交通污染的措施,主要包括减少车辆有毒尾气的排放;将居民住宅与道路交通污染物分隔开来;减少交通出行需求等^[10]。进入 21 世纪后,越来越多的学者开始关注城市交通系统的综合影响。陈佐在分析城市轨道交通对城市生态系统的影响时,便关注和分析了城市轨道交通的经济效益、社会效益和环境效益^[11];马超群等在研究城市轨道交通的效益时分析了交通效益、土地开发效益、环境效益、经济效益和社会效益,并研究了各项效益的产生原因及相互作用机理^[12];李晓燕等将城市交通系统划分为经济、社会 and 自然环境 3 个层面分析构建城市交通规划的理论框架^[13];姜玉梅等则

从经济、社会和自然生态 3 个方面构建了城市交通发展水平综合评价的框架体系^[14-15];此外,还有一些学者将生态安全、绿色出行、和谐交通和政府管理等层面也纳入了城市交通发展评价的研究框架之中^[16-19]。综上所述,从经济、社会和环境 3 个层次分析城市问题的城市复合生态系统理论,能够较为系统地分析生态交通系统的发展状况,是分析生态交通发展问题的重要理论基础。

在城市交通发展评价的模型构建方面,目前学者在研究中多采用主成分分析法^[15]、熵技术^[16]、层次分析法^[17-18,20]以及投入-产出分析^[21]等方法构建城市交通发展评价模型,但目前的研究中评价指标体系的设定标准缺乏足够的理论机制探索,且评价方法大多易受到人为因素和不确定性因素的干扰,难以为决策者提供客观具体的解决方案。因此,本文将从城市复合生态系统理论出发,在对生态交通发展效益做出机制分析的基础之上,综合运用模糊层次分析法和数据包络分析法,构建城市生态交通发展水平的综合评价体系,提出生态交通指数计算方法,并利用 Theil 系数从区域协同发展视角探究改善生态交通水平的举措。文章最后以京津冀区域为例,对其发展水平进行实证研究,以期提出可供决策者参考的政策建议。

一、城市生态交通发展评价模型

(一) 评价原则

1. 科学性

评价指标的设计应保证指标选取的科学性,能够客观公正地反映城市生态交通各个方面的信息。

2. 完备性

评价指标体系的设计应综合体现城市生态交通发展各个方面的效益。

3. 典型性

评价指标体系的设计应结合中国目前城市交通发展中亟待解决的主要问题,突出城市生态化交通发展瓶颈。

(二) 评价指标选取

城市复合生态系统理论认为,城市如同一个复杂的有机体,包含着经济、社会和自然3个子系统,这3个子系统在特定的区域内形成以人为核心的相互依存、相互促进、和谐共生的复合体系。城市生态交通系统作为城市复合生态系统中的重要组成部分,其发展也必然遵循城市复合生态系统的规律^[22-23]。城市生态交通系统是以城市交通系统为核心,充分地将交通系统的经济效益、社会效益与环境效益纳入到城市交通系统的规划、建设、运营及管理的范围之内,在实现系统内部高效一体化运输的基础之上,最终形成经济可持续、社会可持续与环境可持续的城市一体化交通体系。

根据城市复合生态系统理论,城市生态交通系统可产生经济、社会和环境3个方面的效益,因此,本文从这3个方面构建城市生态交通发展评价指标体系,如表1所示,对城市生态交通发展水平进行评价研究。

城市生态交通系统的经济效益作为城市发展的物质基础,在城市生态交通系统的逐步发展与完善的过程中能够产生直接与间接两方面的经济效益。一方面,城市生态交通的建设不仅给运营企业带来了诸如票务收益、空间租赁收益以及其他相关服务收益等方面的直接运营效益,而且由于城市交通基础设施建设本身就是一项需要巨额投资的工程,投资作为城市经济发展的要素,通过乘数效应可以为城市经济的发展起到极大的促进作用,因而其直接经济效益可通过交通运输业生产总值占地区生产总值的比重加以衡量。另一方面,生态交通系统的不断完善能够促进乘客和货物的高效流动,进而提高了资源的配置效率;而且,交通沿线及周边交通条件改善后带来更多的客流,成为不同的客流集聚地,相应的商业服务企业的效益也将不断提升,使得交通沿线的区位优势得到极大提升,目前已有的研究中绝大多数均以交通沿线的地价增长水平作为衡量间接经济效益的典型代表,由于数据可得性的限制,本文选取各城市的平均地价增长率

加以衡量。

社会效益是城市交通系统发展的重要保障,城市生态交通系统的社会效益主要体现在“服务性”“安全性”和“公平性”3个方面。随着城市化进程的不断加快,私家车拥有量逐步攀升所造成的交通拥堵成为每个城市发展过程中不可避免的问题,生态交通系统的“服务性”要求实施“去机动化”战略,即城市交通系统能够提供速度快、准时性好、舒适度高的公共交通,并为以步行、自行车为主的私人交通出行提供较为良好的基础设施建设。因此,本文采用货运周转量、客运周转量和私家车拥有量来衡量城市交通的运作水平,并通过公共交通客运总量衡量城市公共交通的发展水平,最后用每小时的平均车流量来衡量交通系统对于整个社会的时效性影响。“安全性”即要求不断完善交通设施的建设与改进,最大程度地保障居民的出行安全,用交通事故财产损失占GDP的比重加以衡量;“公平性”则指不论出行者收入、年龄、性别和是否残疾等,都拥有平等的权利及能力享受基本的、可靠的出行服务,本文采用家庭交通支出占消费支出比重和万人拥有公交辆数加以衡量。

环境效益是城市交通系统对城市生态环境的作用结果,在城市交通系统实现其经济效益以及社会效益的过程中,必然会对环境产生影响。产权理论认为,由于城市交通大多具有公共物品属性,是可以自由进入并免费利用的,产权的不明晰必然会产生诸如环境污染、能源消耗以及城市空间结构等交通资源的配置以及利用的低效问题。此外,环境库兹涅茨曲线也表明,经济增长与生态环境质量之间存在“倒U型”演变规律,即随着经济的增长,城市的生态环境质量水平呈现出先下降后上升的趋势。因此,在经济获得极大发展的今天,城市交通系统所产生的噪声污染、空气污染、能源消耗、城市景观及用地布局等问题都是衡量城市交通发展水平的重要层面。城市生态交通系统要求尽可能使用低耗能、大容量的清洁能源公共交通,使得空气污染以及噪声污染等方面的负外部性影响得以改善。

表 1 城市生态交通发展评价指标体系

目标层	准则层		因素层		指标层		单位	指标性质
生态交通指数	A1	经济	B1	直接效益	C1	交通运输业对 GDP 贡献率	%	效益型
			B2	间接效益	C2	交通周边地价增长率	%	效益型
	A2	社会	B3	服务	C3	客运周转量	亿人公里	效益型
					C4	货运周转量	亿吨公里	效益型
					C5	私家车拥有量	辆	成本型
					C6	公共交通客运总量	万人次	效益型
					C7	平均车流量	辆 / 小时	效益型
					C8	交通财产损失占 GDP 比重	%	成本型
			B4	安全	C9	家庭交通支出占消费支出比重	%	成本型
	A3	环境	B5	公平	C10	万人拥有公交辆数	辆	效益型
			B6	噪声	C11	城市道路交通噪声等效声级	$dB(A)$	成本型
			B7	与机动车排放相关的空气污染物	C12	二氧化氮	毫克 / 立方米	成本型
					C13	可吸入颗粒物 (PM 10)	毫克 / 立方米	成本型
			B8	能耗	C15	交通运输业万元地区生产总值能耗	吨标准煤	成本型
			B9	景观	C16	城市绿化覆盖率	%	收益型
			B10	城市布局	C17	人均城市道路面积	平方米	收益型

在优化城市空间结构与布局方面,城市生态交通系统还要求提高城市的绿化水平并集约利用土地资源,尤其是采取地下轨道交通建设的方式,能够大大降低地面空间的占用,促进城市扩张方式的转化,引导城市由摊大饼式的发展向多中心性结构演变,进而优化城市空间布局。由于上述数据所代表的意义有较大差异,单位难以统一,难于直接构建生态交通指数,因此在确定指标数据以后,还应应对各个指标数据进行无量纲化处理。可以将评价生态交通发展水平的指标分为“效益型”和“成本型”两类,为排除极端值的影响,本文将采用下述方法对指标进行无量纲化处理

“效益型”指标
$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \times 40 + 60 \quad (1)$$

“成本型”指标
$$X'_{ij} = \frac{X_{\max} - X_{ij}}{X_{\max} - X_{\min}} \times 40 + 60 \quad (2)$$

式中, X'_{ij} 代表第 i 个指标在第 j 个单位的无量纲化数值, X_{ij} 代表第 i 个指标在第 j 个单位的原始值, X_{\max} 和 X_{\min} 分别为 i 指标的最大值和最小值。

(三) 评价模型构建

1. 指标权重的计算

作为多目标、多判据的系统选优排序的常用方

法,层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 在近年来得到了各个领域的广泛应用^[24]。该方法能够充分反映专家或者相关决策者的主观意见,但同时也会受到专家或决策者的主观偏好和知识经验的约束。而数据包络分析法 (Data Envelopment Analysis, DEA) 则是一种对若干具有多投入和多产出的同类决策单元 (Decision Making Unit, DMU) 进行相对效率评价的方法。该方法建立在决策单元的帕累托最优概念之上,利用线性规划的方法确定系统的最优生产前沿面,对每一个决策单元相对于其最优决策的相对效率进行评价,评价结果不受人为因素干扰^[25]。因此,本文将充分发挥两种方法的优势,利用两种方法计算指标的权重并进行加权综合,充分反映主、客观因素,对城市生态交通系统的发展水平进行综合评价。

(1) 基于 AHP 计算的主观指标权重

层次分析法通过相应专家咨询,对每一层因素构造评价相对重要度的两两比较矩阵。为了使任意两个指标的相对重要程度得以定量描述,本文采用如表 2 的标度方法,从而得到模糊互补判断矩阵 $A = (a_{pq})_{n \times n}$,并通过加和法计算各指标对应的权重 W ,对矩阵进行一致性检验以判断是否需要对相应

表2 同一层两个指标相对重要程度比较方法

指标的评价标度 a_{pq}	p 指标与 q 指标的重要度比较
0.5	p 指标与 q 指标同等重要
0.6	p 指标比 q 指标稍微重要
0.7	p 指标比 q 指标明显重要
0.8	p 指标比 q 指标重要得多
0.9	p 指标比 q 指标极端重要
0.4	q 指标比 p 指标稍微重要
0.3	q 指标比 p 指标明显重要
0.2	q 指标比 p 指标重要得多
0.1	q 指标比 p 指标极端重要

矩阵进行调整,当无需再进行调整以后,所得权重向量即为主观权重向量 W^* 。

此外,矩阵 A 应满足下列两点性质:

$$a_{pp} = 0.5, \quad p = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$a_{pq} = 1 - a_{qp}, \quad p, q = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

(2) 基于 DEA 计算的客观指标权重

数据包络分析法作为一种变权评价方法,建立针对每一个决策单元的线性规划模型,通过比较决策单元的各指标值与最优值之间的差距来确定不同决策单元的权重。DEA 方法的基本模型有 CCR 模型和 BCC 模型两种,前者基于规模报酬不变假设进行计算,而后者则根据规模报酬可变的假设进行计算。由于交通运输业具有典型的网络效应,本文选取 BCC 模型计算评价指标的客观权重。

设系统中有 n 个决策单元 $DMU_j (j = 1, 2, \dots, n)$, DMU_j 共有 m 项投入指标,即 $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})^T > 0$, s 项产出即 $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{sj})^T > 0$, 本文选取成本型指标作为投入指标,效益性指标作为产出指标。引入投入、产出的变权重向量 $U = (u_1, u_2, \dots, u_m)^T, V = (v_1, v_2, \dots, v_s)^T$, 从而对投入、产出向量进行加权,加权意义下的产出投入比即为决策单元 j 的投入-产出效益,得到如下模型:

min h

$$s. t. \begin{cases} \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j + s^- = X_0 h \\ \sum_{j=1}^n X_j \lambda_j - s^+ = Y_0 \\ \lambda_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n \\ s^- \geq 0; s^+ \geq 0 \end{cases} \quad (5)$$

求解上述最优化模型,即可得到 DEA 方法下各指标的客观权重,对各指标进行归一化处理,即可得到最终的客观权重 W_j 。

$$W_j = (u_1', u_2', \dots, u_m', v_1', v_2', \dots, v_s')^T \quad (6)$$

2. 城市生态交通指数的计算

为充分体现主、客观偏好,全面反映主观要求与客观实际情况,本文选取 AHP 方法和 DEA 方法分别计算评价指标的主观权重和客观权重,加权计算得到评价指标的综合权重,计算公式为

$$W_j^* = \alpha W^* + (1 - \alpha) W_j \quad (7)$$

式中,令第 j 个决策单元的无量纲化矩阵为 U_j ,即可求出第 j 个决策单元的生态交通指数 E_j , 计算公式为

$$E_j = U_j W_j^* \quad (8)$$

3. 城市生态交通发展水平的空间差异分析

Theil 系数采用信息理论中的“熵值”概念,采用人口比重加权,计算公式分别如公式(9)(10)所示,是分析区域发展空间差异的一种常见方法^[26]。根据 Theil 系数的分解计算,可以得到区域发展的总体差异、区际差异以及区内差异 3 个部分,用以衡量不同层次的区域发展差异化水平。本文采取 Theil 系数分解以计算京津冀区域的城市生态交通发展水平的整体差异、省际差异以及省内差异。

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \frac{E_{ij} \ln \frac{E_{ij}/E}{P_{ij}/P}}{E} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E} T_{pi} + \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E} \ln \frac{E_i/E}{P_i/P} = T_w + T_B \quad (9)$$

$$T_{pi} = \sum_{j=1}^m \frac{E_{ij} \ln \frac{E_{ij}/E_i}{P_{ij}/P_i}}{E} \quad (10)$$

式中, T 为 Theil 系数,公式(9)(10) 是以人口比重加权得到的 Theil 系数。 E_{ij} 为 i 省第 j 市的生态交通指数, E_i 为 i 省总体的生态交通指数, E 为京津冀区域总体的生态交通指数。 P_{ij} 为 i 省 j 市的人口数量, P_i 为 i 省的人口数量, P 为京津冀区域总体的入口数量。 T_{pi} 代表 i 省内各市生态交通发展水平之间的差异, T_w 为生态交通发展水平的省内差异, T_B 为生态交通发展水平的省际差异。

二、实证分析结果

利用上述模型,本文从国家统计局、历年《北京统计年鉴》《天津统计年鉴》《石家庄统计年鉴》《保定经济统计年鉴》和《唐山统计年鉴》获取京津冀区域城市近十年的相关数据进行计算,计算结果如表 3 所示。需要指出的是,由于河北省除石家庄、唐山和保定以外的其他城市历年数据缺失较多,本文共选取了具有代表性的京津石保唐五市进行实证分析,少量缺失数据采用线性插值法予以补齐。

(一) 时间维度结果分析

如表 3 所示,近十年来京津冀区域的平均城市生态交通指数在 77~83 之间浮动,波动幅度不大。以 2006 年为基期,同比增长最大幅度为 2009 年的 7.4%,而 2015 年的增长率仅为 2.2%,城市生态交通水平整体发展较慢。

为分析将各个城市历年生态交通发展状况,将城市生态交通指数绘制成趋势图 1 到图 5。北京市历年生态交通指数波动幅度较大,生态交通在 2006~2009 年间呈现出稳步向前推进的趋势,却在 2010 年出现了锐减。其主要原因是汽车保有量迅速积累带来的交通拥堵、噪声污染等问题在 2010 年积聚爆发。2006 年到 2010 年间,北京市私家车保有量年均增幅达到 26.7%,仅 4 年的时间里私人汽

车保有数量即翻了一番。现有城市发展状况无法合理疏解如此庞大的私家车保有量,生态交通指数在一年之内由 78.25 锐减为 68.99。随后,摇号购车、车辆限行等短期效果较为明显的政策将生态交通发展水平拉回原发展趋势之上,但在长期内如何引导城市的人、车、路的和谐发展这一内在问题又将城市管理者拉回现实——2013 年大范围持续雾霾天气爆发,这和交通排放关系密切。北京市生态交通呈现出螺旋式前进发展趋势,这意味着在长期范围内合理疏解城市发展与交通发展之间的矛盾将成为北京市接下来亟待解决的难题。相对而言,天津市和石家庄市的生态交通发展呈现出相对平缓的态势,天津市生态交通除在 2007 年出现突增以外,其他年份均呈现出稳中有升的趋势,而石家庄市的生态交通除受 2013 年极端天的影响以外,其他年份稳中趋降,近十年降低了近 3.5 个百分点。保定市生态交通在 2011 年之前基本呈现稳步增长的趋势,2012 年突然降低并在 2015 年迎来同比最大降幅 10.95%。唐山市生态交通指数整体水平相对较高,在经过 2009 年的大幅增长之后,基本处于平稳增长态势。

(二) 空间维度结果分析

综合运用近十年来 5 个城市的生态交通指数,根据泰尔系数计算公式对 5 个城市的生态交通发展水平进行空间结构,分析其发展能力的差异,如图 7。

表 3 京津冀区域城市生态交通指数

年份	地区					平均值	表现最好城市	表现最差城市
	北京	天津	石家庄	保定	唐山			
2006	72.96	71.21	85.52	79.70	75.64	77.01	石家庄	天津
2007	71.50	82.79	82.90	80.06	75.42	78.53	石家庄	北京
2008	73.47	76.90	85.08	78.80	74.26	77.70	石家庄	北京
2009	78.25	79.90	85.20	81.12	89.08	82.71	唐山	北京
2010	68.99	78.52	85.75	79.64	89.76	80.53	唐山	北京
2011	81.14	80.94	82.06	82.48	83.39	82.00	唐山	天津
2012	82.44	79.63	83.45	75.20	88.32	81.81	唐山	保定
2013	70.52	80.94	77.24	83.67	84.39	79.35	唐山	北京
2014	71.52	82.77	86.32	81.49	83.87	81.19	石家庄	北京
2015	72.74	81.66	82.54	70.97	85.78	78.74	唐山	保定
平均值	74.35	79.53	83.61	79.31	82.99	79.96		

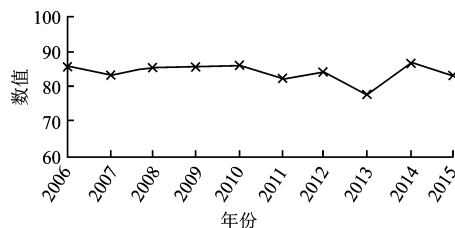


图1 石家庄市生态交通指数

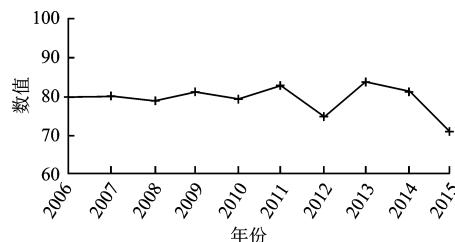


图2 保定市生态交通指数

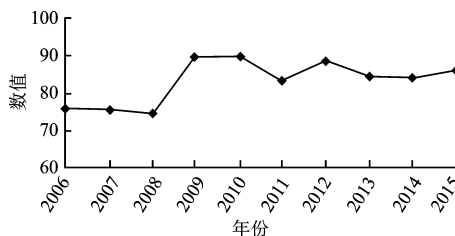


图3 唐山市生态交通指数

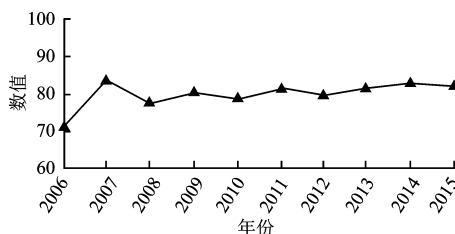


图4 天津市生态交通指数

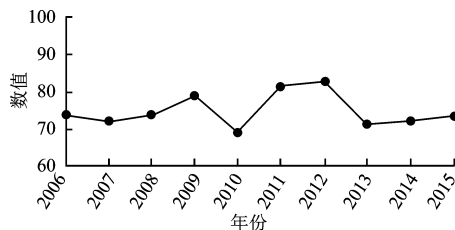


图5 北京市生态交通指数

京津冀区域的生态交通发展整体差异大幅降低,期间略有波动。京津冀区域整体差异由2006年的0.09降低为2015年的0.03,整体下降了66.67%,年均降幅7.4%,趋同趋势较为明显。京津冀省际差异和区域整体差异变化趋势基本保持一

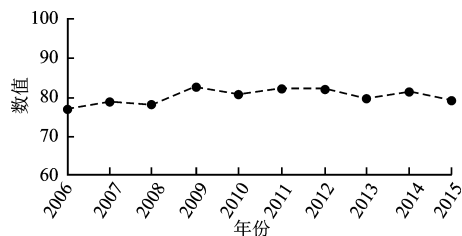


图6 京津冀生态交通平均指数

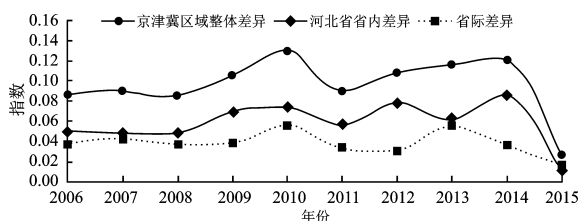


图7 生态交通指数城际差异

致。2010年以前,京津冀省际差异和区域整体差异逐渐加大,存在空间分化现象明显。但2010年以后,随着京津冀一体化步伐稳步推进,整体差异和省际差异水平逐渐缩小。河北省省内差异波动较为频繁,除个别年份外,省内差异不降反增,省内协调发展水平有待进一步提升。

从城市生态交通指数的平均水平来看,河北省3个城市生态交通指数的平均值为81.97,高于北京市和天津市历年均值水平:74.35和79.53。从历年城市生态交通发展表现来看,北京市历年生态交通发展欠佳,天津市和保定市的生态交通也有待进一步提升。对比而言,唐山市和石家庄市历年生态交通表现位于京津冀区域的领先水平。无论是从理论上讲还是从现实生活中看,北京市和天津市的经济社会发展水平都显著高于唐山市与石家庄市,而且近几年石家庄市与唐山市的空气质量颇为人诟病,但京津两市的生态交通发展水平却明显不如石唐两市。

为找出上述矛盾存在的原因,本文将近十年各个城市的人均GDP与生态交通指数的平均值之间的关系绘制成如图8所示。该图大致显示出城市生态交通发展与城市经济发展之间的关系:在经济发展水平较低的城市(如保定市),经济实力不足以为交通基础设施建设注入大量投资,城市交通基础设

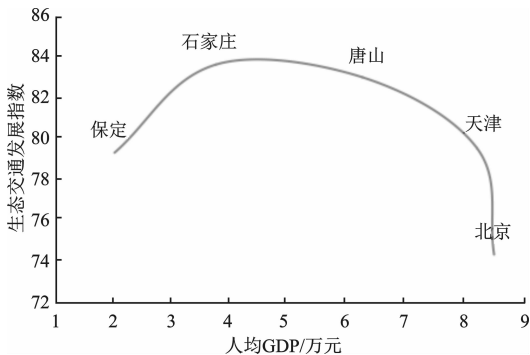


图8 城市生态交通与区域经济发展趋势图

施建设水平较低,低建设水平的城市交通所产生的经济效益、社会效益和环境效益水平也较低,生态交通发展潜力较大。在城市经济发展水平进一步提高之后(如石家庄市和唐山市),交通基础设施建设水平获得极大提升,城市交通建设产生巨大经济效益,交通拥堵、环境恶化等负面影响相对不明显,生态交通指数较高。当城市经济发展所产生的虹吸效应能够吸引大量人口涌入城市之时(如北京市和天津市),城市交通基础设施水平一时无法合理疏散大量人口的涌入和机动车数量的激增,交通拥堵、污染排放等问题会积聚爆发,城市交通此时所产生的环境和社会负效益将超过经济正效益,在接下来的阶段中,如何合理引导城市交通与城市发展的关系成为这些大中型城市亟待解决的难题。因此,虽然石唐两市的经济社会发展水平与京津两市存在较大差距,但综合考虑近十年各城市生态交通产生的经济效益、社会效益和环境效益,便可发现城市发展的早期阶段经济效益占主导地位,随着城市的不断发展,社会效益和环境效益的影响程度会不断加大,以至于出现了北京和天津这类城市经济发展水平较高而生态交通发展水平较低的状况。

三、研究结论与政策建议

(一) 研究结论

本文基于城市复合生态系统理论,从经济、社会和环境 3 个方面构建城市生态交通系统的评价指标体系,综合运用层次分析和数据包络分析的方法

拓展了城市生态交通发展水平的评价方法。首先利用层次分析法和数据包络分析法计算能够反映主客观要求的指标综合权重,以此计算用于评价城市生态交通的发展水平的生态交通指数;然后利用 Theil 系数对区域内城市生态交通发展水平的空间差异进行解构。以京津冀区域为例,主要得出如下研究结论。

第一,文章基于城市复合生态系统理论构建的城市生态交通发展评价模型能够较好地反映城市交通的生态化发展状态,基于 Theil 系数的区域生态交通指数差异测算有利于观察区域交通的协调发展程度,对于指导现实政策规划具有较为良好的借鉴意义。

第二,从时间维度来看,近十年来京津冀区域城市交通的生态化发展水平整体较慢,且波动幅度不大。北京市生态交通呈现螺旋式发展趋势,汽车保有量的迅速增长与政策抑制、交通基础设施建设水平有待提升是出现这一趋势的主要原因,接下来还需要重点疏散城市发展与交通发展之间的矛盾;天津市和石家庄市的生态交通发展相对平缓;唐山市生态交通指数整体水平相对较高,且基本处于平稳增长态势;保定市近年来下降幅度较大,但需要注意防治倒“U”型趋势的出现。

第三,从空间维度来看,唐山市和石家庄市的生态交通发展水平高于天津和北京,保定市发展最差;京津冀区域的生态交通发展整体差异大幅降低,期间略有波动;河北省省内差异波动较为频繁,除个别年份外,省内差异不降反增,省内协调发展水平有待进一步提升。

第四,随着城市经济水平的发展,交通经济效益、社会效益和环境效益在综合效益中的相对地位会发生改变,导致城市生态交通发展水平出现先上升后下降的趋势,即倒“U”型趋势的出现。针对不同区域发展特点,制定科学系统的规划方案,探索生态交通发展水平上升的拐点成为北京天津等大城市亟待解决的难题。

(二) 政策建议

第一,加强城市生态交通发展评价,指导城市

生态交通体系建设。改革开放以来,随着城市的快速发展,城市交通建设和运营水平都获得了极大提升,但日益严重的交通拥堵、尾气排放等问题开始令人们意识到城市交通的发展不能只考虑经济效益,还应综合考虑城市交通的社会效益与环境效益。党的十九大报告指出:“我国经济已由高速增长阶段转向高质量发展阶段”,要“加快生态文明体制改革,建设美丽中国”。因此,对于城市交通系统的评价也应该由传统的经济效益评价模式转变为综合评价模式,从而为政策规划提供借鉴,促进中国的城市交通发展模式由高速发展转向高质量发展,建设城市生态交通体系。

第二,短期内控制机动车增长速度,控制机动车排放水平。实证分析结果显示,近几年来5个城市的平均生态交通指数呈现出下降趋势,其原因主要是机动车的过快增长造成了交通拥堵、环境恶化等问题,这一现象在北京尤为明显。北京市发展经验也表明,在短期内控制机动车过快增长,控制机动车排放水平,可以有效解决短时间内的生态交通恶化现象,并加速淘汰高排低效车辆。

第三,长期提高公共交通基础设施投资建设水平,发展低碳交通方式。一方面,城市公共交通的投资建设不足易导致城市内部基础设施建设水平落后,服务较差,且难以实现交通的无缝连接,随着居民收入水平和消费水平的提升,更多出行者将选择私家车出行方式,因而加剧城市的交通拥堵和环境恶化问题;另一方面,公共交通业绩欠佳,政府的投资欠缺动力,导致公共交通状况进一步恶化。城市公共交通投资不足以及机动车保有量增长率的逐年攀升这两大突出问题已严重影响并将持续影响更多城市的生态交通发展,目前国家针对机动车增长问题提出的限号、限行等政策虽然在短期内能够有效抑制机动车过多造成的交通拥堵及环境恶化等问题,但若耍釜底抽薪,制定科学系统的规划方案,加大公共交通基础设施建设的投资力度,合理疏解城市交通压力势在必行。提高燃油品质、推广新能源汽车等措施也有利于解决机动车的尾气排放污染问题。

第四,制定科学系统的规划方案,推进京津冀交通一体化发展。地理学第一定律指出,世界上所有事物之间都存在联系,而相近事物之间的关联性也更为紧密。北京市和天津市地域版图被河北省包围,三地之间的城市生态交通发展较为紧密地相互影响,本文对京津冀区域整体差异的测算也验证了这种趋同化发展趋势。尤其是目前城市交通所产生的环境负效益日益凸显^[26],尾气排放和能源消耗等问题需要京津冀区域制定统一的标准联合治理。虽然目前出台了《大气污染防治行动计划》《京津冀交通一体化规划》等区域规划方案,但却未能针对京津冀区域的城市交通一体化发展作出具体规划与部署,城市交通建设各自为政,不利于交通负外部性治理的一致推进,某些地方政府搭便车行为时有发生。制定科学系统的规划方案,有利于提高区域城市生态交通发展的整体效率,带动落后城市加快生态交通建设。

四、结语

本文基于城市复合生态系统理论,运用数据包络分析与层次分析法,首次提出了生态交通指数的计算方法,用以评价城市生态交通发展水平,从区域协同发展视角利用 Theil 系数解构了城市生态交通发展的空间差异。京津冀区域的实证检验证明,上述模型具有较好的可实施性,对城市交通发展政策规划具有借鉴作用,尤其在对大城市生态交通发展水平提升办法的探索方面具有借鉴与警示作用,这也是未来城市交通发展问题研究的重要方向。

参考文献:

- [1] 穆泉,张世秋. 2013年1月中国大面积雾霾事件直接社会经济损失评估[J]. 中国环境科学, 2013(11): 2087-2094.
- [2] 张小曳,孙俊英,王亚强. 我国雾霾成因及其治理的思考[J]. 科学通报, 2013(13): 1178-1187.
- [3] Yakimov M. Optimal models used to provide urban transport systems efficiency and safety [J]. Transportation

- Research Procedia,2017(20):702-708.
- [4] Jakovcevic A, Steg L. Sustainable transportation in Argentina: values, beliefs, norms and car use reduction [J]. Transportation Research: Part F, 2013 (20): 70-79.
- [5] Lo C W. Effects of “green transport” on leisure behaviour in cities [J]. Transport, 2017 (2): 1-7.
- [6] Dong D, Duan H, Mao R, et al. Towards a low carbon transition of urban public transport in megacities: a case study of Shenzhen, China [J]. Resources Conservation & Recycling, 2018, 134 (3): 149-155.
- [7] 周伟. 新时期中国可持续交通发展战略与政策选择 [J]. 长安大学学报: 社会科学版, 2007, 9 (2): 1-7.
- [8] 欧国立. 基于三维视角的交通运输经济探析——理论与政策 [M]. 北京: 经济科学出版社, 2013.
- [9] Zerbo R O, Croke K. Urban transportation for the environment [M]. London: Cambridge Ballinger Publishing Company, 1975.
- [10] Nishioka S. Traffic pollution control policy and research trend [J]. Transportation Research. 1989 (4): 91-97.
- [11] 陈佐. 城市轨道交通对生态环境的影响 [J]. 中国铁道科学, 2001 (3): 129-135.
- [12] 马超群, 王玉萍, 陈宽民. 城市轨道交通效益的产生与作用机理分析 [J]. 铁道运输与经济, 2006, (7): 10-12.
- [13] 李晓燕, 陈红. 城市生态交通规划的理论框架 [J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2006, 26 (1): 79-82.
- [14] 姜玉梅, 郭怀成, 郁亚娟, 等. 城市生态交通系统综合评价方法框架浅析 [J]. 城市问题, 2007 (4): 27-30.
- [15] 姜玉梅, 郭怀成, 郁亚娟, 等. 城市生态交通系统综合评价方法及应用 [J]. 环境科学研究, 2007 (6): 158-163.
- [16] 李晓伟, 陈红, 邵海鹏, 等. 基于 AHP-熵复合物元的城市交通可持续发展评价 [J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2011, 43 (06): 831-837, 858.
- [17] 李晓伟, 陈红, 李聪攀. 基于可拓学的城市交通可持续发展水平综合评价 [J]. 广州大学学报: 自然科学版, 2011, 10 (4): 77-81.
- [18] 魏艳艳, 杨超. 基于变权法的城市交通系统可持续发展综合评价 [J]. 交通科学与工程, 2012, 28 (3): 82-89.
- [19] 王汉新. 城市生态交通系统理论与实现途径 [J]. 科技管理研究, 2016, 36 (1): 246-251.
- [20] Salling K B, Pryn M R. Sustainable transport project evaluation and decision support: indicators and planning criteria for sustainable development [J]. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 2015, 22 (4): 346-357.
- [21] Podvezko V, Sivilevicius H, Podvezko A. Scientific applications of the AHP method in transport problems [J]. Archives of Transport, 2014, 29 (1): 47-54.
- [22] 王如松, 欧阳志云. 社会—经济—自然复合生态系统与可持续发展 [J]. 中国科学院院刊, 2012 (3): 337.
- [23] 马世骏, 王如松. 社会—经济—自然复合生态系统 [J]. 生态学报, 1984 (1): 1-9.
- [24] 冯怡康, 王雅洁. 基于 DEA 的京津冀区域协同发展动态效率评价 [J]. 河北大学学报: 哲学社会科学版, 2016, 41 (2): 70-74.
- [25] Surhone L M, Timpelton M T, Marseken S F. Theil index [M]. Betascript Publishing, 2010.
- [26] 欧国立, 王睿哲. 基于三维综合交通运输理论视角下中国综合交通运输发展的思考 [J]. 长安大学学报: 社会科学版, 2017, 19 (1): 20-27.