

城市公共交通基础设施的经济、社会与环境效益协调发展评价

孙 钰^{1,2} 崔 寅¹ 冯延超^{1,3}

(1.天津大学管理与经济学部,天津 300072;2.天津商业大学公共管理学院,天津 300134;

3.天津商业大学国际教育学院,天津 300134)

[摘要] 城市公共交通基础设施的利用产生了经济、社会和环境三大效益,三大效益的协调发展水平对城市公共交通基础设施的利用水平至关重要。以我国四大直辖市为例,对城市公共交通基础设施三大效益协调发展水平进行评价。结果表明,四大直辖市的公共交通基础设施三大效益协调发展水平都较低。城市公共交通基础设施的发展目标、指导政策与建设水平,是影响其三大效益协调发展水平的主要原因。四大直辖市可以采取提高建设水平、制定可持续发展方案等方式,促进城市公共交通基础设施三大效益协调发展。

[关键词] 城市公共交通基础设施;三大效益;协调发展;耦合协调度模型;组合评价法

[DOI 编码] 10.13962/j.cnki.37-1486/f.2019.06.012

[中图分类号]F294 **[文献标识码]**A **[文章编号]**2095-3410(2019)06-0122-14

一、引言

城市公共交通基础设施是保证城市日常运行的基本条件之一。近年来,随着城市化进程的加快推进,我国很多城市已经初步形成了公交、地铁等设施为主体的公共交通基础设施系统。公共交通基础设施的建设能够有效地带动其周边地区土地价值的提高与产业结构的调整(周耀东、张佳仪,2013^[1];刘英等,2016^[2]),并且改变城市生产要素的空间布局(Beyazit, 2015)^[3],对城市经济的发展具有重要影响。同时,公共交通基础设施的建设改变了城市的居住条件,有助于加快人口流动、提高城市居民的生活水平、促进社会发展进步。另外,公共交通基础设施为居民出行带来便利,可以减少私人交通的使用,对保护城市环境有积极作用(Chester等,2013^[4];Fan和Lei,2016^[5])。因此,公共交通基础设施的利用对城市经济、社会和环境都具有积极影响,分别被称为城市公共交通基础设施的经济、社会和环境效益。三大效益相互影响、相互关联,共同构成了城市公共交通基础设施利用效益。

[基金项目]国家自然科学基金项目“城市公共基础设施利用效益研究”(NSF71273186);天津市哲学社会科学规划基金项目“城市公共基础设施绩效与公众感知评价的契合度研究——以京津冀主要城市为例”(TJGL15-040)

[作者简介]孙钰(1965-),女,天津人,天津大学管理与经济学部教授、博士生导师,天津商业大学公共管理学院教授。主要研究方向:城市公共设施运营管理与利用效益。

总而言之,作为重要的公共物品,公共交通基础设施在城市整体发展过程中的作用至关重要,要充分发挥其对于城市发展的影响力,必须将自身的发展与城市经济、社会和环境的发展紧密结合,提高其促进城市经济、社会和环境发展的积极作用。城市公共交通基础设施经济、社会和环境效益需要同时重视与协调发展。三大效益的协调发展对实现城市公共交通基础设施可持续发展具有重要意义。本文以我国四大直辖市为例,对城市公共交通基础设施三大效益之间的协调发展水平进行评价。它们都是我国经济较为发达的重要城市,其公共交通基础设施的建设规模也比较庞大,通车里程不断延长。图1反映了四大直辖市2006-2016年间公共交通基础设施通车里程的变化,它是城市公共汽车与轨道交通通车里程的总和。庞大的公共交通基础设施为城市各项事业的正常运行提供了运输保证。然而,四大直辖市公共交通基础设施的规模虽然巨大,但是在其利用过程中仍然存在着诸多问题,服务城市经济社会发展的能力还需要进一步提高,其经济、社会和环境效益发展水平是否协调尚不清楚。因此,本文试图运用组合评价法与耦合协调度模型对四大直辖市公共交通基础设施三大效益的协调发展水平进行评价,并对其原因进行分析。组合评价法能够有效地克服单一评价方法的片面性和不足,使得评价结果更加科学有效(程敏、李晋,2013)^[6]。而耦合协调度模型是分析系统之间相互影响关系的有效方法,受到了广泛的应用(刘登娟、吕一清,2015^[7];黄永春等,2018^[8])。本文期望通过对四大直辖市公共交通基础设施三大效益协调发展水平进行评价,为提高我国大城市公共交通基础设施利用效益水平提供有益建议。

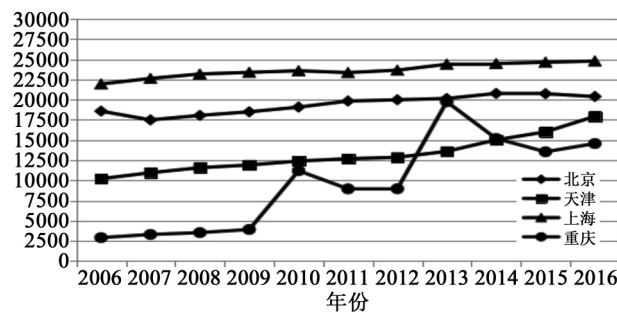


图1 四大直辖市公共交通基础设施通车里程(单位:公里)

二、文献综述

城市公共交通基础设施对城市发展的作用一直备受国内外学者的关注。国外学者比较关注公共交通基础设施对环境的影响,普遍认为大力发展公共交通可以有效地降低温室气体排放、应对气候变化、保护城市环境(Dirgahayani,2013^[9];Matute和Chester,2015^[10];Cheng等,2016^[11];Nanaki等,2017^[12])。除了保护环境之外,国外学者还重视公共交通基础设施对城市经济发展的影响,特别是沿线土地价值与商业开发,以及经济要素集聚。研究结果大多表明,公共交通基础设施提升了沿线土地的价值(Bowes和Ihlanfeldt,2001^[13];Efthymiou和Antoninou,2013^[14];Mathur和Ferrell,2013^[15]),促进了商业开发(Cervero和Duncan,2002)^[16],推动了企业向交通沿线布局(Mejia-Dorantes等,2012)^[17],使得生产要素向沿线地区流动(Chatman和Noland,2011^[18];Song等,2012^[19])。此外,公共交通基础设施还可以提高就业水平(Mayer和Trevien,2017^[20];Johnson等,2017^[21]),同时影响着城市居民的生活水平(Lee和Sener,

2016^[22]; Singleton 和 Clifton 2017^[23])。

国内学者则比较注重城市公共交通基础设施的运营效率,DEA 是比较常见的分析方法(宗刚、袁博文 2014^[24]; 戢晓峰等 2016^[25])。城市公共交通基础设施的建设,改变着城市的人口与生产要素分布,影响着城市的发展形态,进而对城市经济社会产生作用。这一点也受到了国内学者的广泛重视(孙铁山、李楠 2016^[26]; 郝伟伟等 2016^[27])。学者们普遍认为,公共交通基础设施有助于引导生产要素向其周边地区集聚,形成规模经济,有利于城市经济的长期发展。另外,随着环境问题的日益突出,有些学者开始研究城市公共交通基础设施在解决环境问题中的作用,认为公共交通的发展具有明显的污染治理效果(梁若冰、席鹏辉 2016)^[28]。

由此可见,国内外学者的研究成果,基本上肯定了公共交通基础设施对城市发展的积极作用,认为公共交通的建设可以促进城市经济发展、社会进步与环境保护,所采用的研究方法也是多种多样。然而,国内外较少学者将城市公共交通基础设施对经济、社会与环境的影响结合在一起,全面考察某个城市公共交通基础设施对其经济、社会与环境等多方面的影响水平。另外,城市公共交通基础设施利用效益作为一个整体,其中包括了经济、社会与环境三大效益。三者之间的关系如何?是否协调发展?国内外学者对该问题的研究并不多见。以往的文献大多将城市公共交通基础设施系统与经济、社会和环境系统分开,研究两者之间的相互影响关系。本文通过构建城市公共交通基础设施利用效益评价指标体系,将城市公共交通系统与经济、社会和环境系统相结合,形成一个完整的城市公共交通基础设施利用效益系统,并以我国四大直辖市为例,对该系统内的三大效益协调发展水平进行评价,力求对城市公共交通基础设施利用问题的相关研究进行有力的补充。

三、理论基础、指标体系与研究方法

(一) 城市公共交通基础设施三大效益协调发展的内在机理

城市公共交通基础设施经济效益主要指它通过外部效应和溢出效应对城市经济发展所产生的积极影响,城市公共交通基础设施社会效益主要指它在促进城市社会进步过程中的积极作用,而城市公共交通基础设施环境效益主要指它对于保护城市自然生态环境的影响。城市公共交通基础设施利用效益是一个由这三大效益组成的系统。与其他系统一样,其水平在很大程度上与三大效益之间的相互作用有关。城市公共交通基础设施三大效益协调发展是指它们之间相互影响、相互作用以实现其水平同步提高的状态。当三大效益很好地协调、同步发展时,城市公共交通基础设施利用效益水平提高;当它们不协调时,城市公共交通基础设施利用效益的改善也会受到制约。

首先,城市公共交通基础设施经济与社会效益相互影响。当城市公共交通基础设施促进经济发展时,它也创造了许多工作岗位。就业的增加提高了城市居民的工资水平,也有助于提高公共交通从业人员的可支配收入水平。而且,城市公共交通基础设施经济效益的改善增强了城市的经济实力,可以进一步加大城市公共交通基础设施的投入力度,扩大其建设规模,提高其运输能力与效率。由此可见,城市公共交通基础设施对社会发展的影响受到其经济效益水平的影响。与此同时,城市公共交通基础设施社会效益的改善也有利于提高其经济效益水平。城市公共交通基础设施的建设通过扩大就业规模等方式进一步刺激了该部门的固定资产

投资,同时也有利于带动其他相关产业的发展。而投资规模的扩大有助于增加交通运输产业的产值、提高相关产业的利润水平,带动城市经济的发展。另外,城市公共交通基础设施的运营,还可以通过提供更加便捷的出行条件,促使城市居民选择公共交通作为主要的出行方式,增加城市公共交通的消费支出,提高经济效益。因此,城市公共交通基础设施社会效益对它的经济效益水平也有很大影响。

其次,城市公共交通基础设施环境效益与它的经济和社会效益也是相互影响的。提高城市公共交通基础设施经济效益的水平增强了城市的经济实力,也有助于增加改善城市公共交通基础设施技术水平的投资。提高城市公共交通基础设施的技术水平有利于降低能源消耗,进而减少污染物排放,保护城市环境。同样,城市公共交通基础设施污染物排放水平的降低,也会进一步降低其运营成本,有助于城市公共交通部门扩大投资,增加其生产总值,并且可以带动相关行业的发展。另外,城市公共交通基础设施在为城市居民提供便利的出行条件的同时,也能够缓解城市交通系统的运输压力,有助于降低城市交通的污染物排放。同时,城市公共交通基础设施环境效益的改善,也会因其促进经济效益水平的提高,带动城市公共交通部门的就业与收入水平的提升,从而提高其社会效益的发展水平。因而,城市公共交通基础设施环境效益对它的经济和社会效益有明显影响。

总而言之,三大效益相互联系、相互影响,构成了一个动态复杂的城市公共交通基础设施利用效益系统。任何一效益的发展都将会影响其他两大效益的水平,该系统的稳定性取决于这三大效益是否处于协调发展的状态。它们之间只有相互影响、相互促进与共同发展,才能够带动城市公共交通基础设施利用效益整体水平逐步提升。因此,三大效益的协调发展水平对于城市公共交通基础设施利用效益至关重要,它们之间的协调发展也是城市公共交通基础设施利用效益水平不断提高的重要基础。

(二) 城市公共交通基础设施利用效益指标体系

1. 指标体系的构建

城市公共交通基础设施具有准公共物品的性质,其运营通过向使用者收取费用,获得经济利润。因此,城市公共交通基础设施的运营,可以提高城市交通运输业的生产总值,从而促进城市的经济增长。城市公共交通基础设施的建设,离不开大量的资本和建筑材料,该需求会刺激与交通运输行业相关的固定资产投资增加。因此,建设公共交通基础设施有助于吸引投资。同时,城市公共交通的发展,还会促进生产交通运输所需设施的行业的发展,并提高其利润水平。一方面,城市公共交通系统的运行,需要大量运输车辆的投入,因而可以带动汽车制造业的发展;另一方面,城市公共交通的运营,还需要配备其他相关的运输设备,因而可以推动相关运输设备制造业的发展。所以,城市公共交通基础设施的发展,可以提高汽车制造业与运输设备制造业等相关行业的利润水平。另外,城市公共交通的建成,通过提供便利的出行条件促进人口的流动,并促使大型商场和零售商店布局于公共交通沿线地区(Cervero和Duncan, 2002)^[16],有利于引导城市居民选择公共交通作为出行方式,增加城市居民在交通方面的消费支出。以上各类经济活动水平的提升,都会对城市经济发展产生积极影响,同时也有利于实现城市公共交通基础设施经济效益水平的提高。

公共交通基础设施不仅有助于城市的经济发展,还可以改善城市居民的生活条件,促进城市社会的进步。公共交通基础设施的建设,带动了交通运输产业的发展,进而需要大量的从业人员,因此提高了城市交通运输业的就业水平。交通运输业从业人员的收入水平,也会随着城市公共交通运输部门利润水平的提高而提高。所以,城市公共交通基础设施的快速发展,还可以提高其从业人员的收入水平。同时,城市公共交通基础设施的建设,为城市居民提供了便利的出行条件。一方面,大量的城市公共汽车与轨道交通投入运营,提高了城市公共交通基础设施的存量水平,也必然提高了城市人均的公共交通基础设施拥有量,为改善城市居民出行条件提供了物质基础;另一方面,城市公共交通基础设施规模的扩大,可以增加城市公共交通系统的客运量,提高其交通分担率,为加快城市社会运行、促进城市功能完善提供了能力保障。

公共交通基础设施对城市环境的积极影响主要体现在两方面:一方面,城市公共交通系统可以通过采用先进技术、提高能源使用效率,达到降低 NO_2 、 SO_2 等污染物排放和交通噪声强度的目的;另一方面,城市公共交通系统可以通过提高运输能力和效率,促使居民选择公共交通作为出行方式。当越来越多的人选择公共交通作为出行方式时,私人交通的减少不仅可以缓解城市的交通压力,同时可以减少污染物排放,从而达到保护城市自然环境和改善空气质量的目。

基于上述城市公共交通基础设施利用效益内容,本文构建了包括13个指标在内的城市公共交通基础设施利用效益评价指标体系,用于评价四大直辖市的公共交通基础设施利用效益。城市公共交通基础设施建设水平由公共汽车和轨道交通两种主要的交通方式的通车里程之和来表示,它在一定程度上反映了城市公共交通系统的运输能力。公共交通和轨道交通的通车里程越长,城市公共交通系统的运输能力越高。而且,城市公共交通基础设施的建设对沿线地区的经济、社会和环境产生影响。随着城市公共交通系统通车里程的延长,其影响范围和能力也在逐步增强,利用效益也会不断突出。

表1 城市公共交通基础设施利用效益评价指标体系

目标层	要素层	指标层	指标性质
城市公共交通基础设施利用效益(U)	经济效益(U_1)	交通运输业生产总值(U_{11})	正向
		交通运输业固定资产投资额(U_{12})	正向
		城镇人均交通消费支出(U_{13})	正向
		交通相关设施行业利润总额(U_{14})	正向
	社会效益(U_2)	交通运输业就业人数(U_{21})	正向
		交通运输业从业人员平均工资(U_{22})	正向
		每万人拥有公共交通车辆(U_{23})	正向
		公共交通客运量(U_{24})	正向
	环境效益(U_3)	环境空气质量优良率(U_{31})	正向
		交通干线噪声平均值(U_{32})	负向
		二氧化氮日均值(U_{33})	负向
		二氧化硫日均值(U_{34})	负向
		可吸入颗粒物日均值(U_{35})	负向

2. 指标计算方法

随着城市公共交通基础设施建设水平发生变化,其利用效益水平也会相应地变化。指标值应当反映出利用效益水平随公共交通基础设施水平变化而变化的程度,即公共交通基础设

施在多大程度上影响各个效益指标。因此 根据经济学中的弹性计算公式 $\eta_{y,x} = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0} \cdot \frac{x_0}{y_0}$ 城市公

共交通基础设施利用效益各评价指标值的计算方法为经济、社会和环境三大系统各指标变化率除以公共交通基础设施通车里程的变化率。它表示当公共交通基础设施通车里程发生 1% 的变化时 将会引起城市经济、社会和环境系统各变量变化的百分比。也就是说 公共交通基础设施通车里程的变化对城市经济、社会和环境系统各变量产生的影响。本文选取我国四大直辖市 2004-2016 年各指标的数据进行分析 考察四座城市公共交通基础设施利用效益各指标的动态变化过程。为避免由于基期不同造成的指标值的剧烈变化 各评价指标各年份的数值均以 2003 年为基期进行计算。原始数据来源于历年四大直辖市各自的统计年鉴。

(三) 研究方法

1. 城市公共交通基础设施利用效益评价方法——组合评价法

本文以统计年鉴中的客观数据为依据 对我国四大直辖市公共交通基础设施利用效益水平进行客观评价。常见的客观评价法包括熵值法、均方差决策法、离差决策法、主成分分析法、灰色关联分析法等。然而 任何一种评价方法都有各自的特点 也会存在某些不足之处。没有任何一种方法具有绝对的权威性。由于属性不同 运用不同的评价方法 得到的评价结果不尽相同 甚至存在比较明显的差异。为了缩小因不同评价方法造成的评价结果差异 本文提出将不同评价方法的评价结果进行线性组合 运用组合评价法对四大直辖市公共交通基础设施利用效益水平进行评价。该方法的基本步骤如下:

第一 选用若干种客观评价方法对四大直辖市公共交通基础设施利用效益水平进行评价 得到若干种不同的评价结果。

第二 对不同的评价结果进行事前检验 以确保它们之间具有一致性。本文采用 Kendall 一致性系数对运用若干种客观评价方法得到的评价结果进行事前检验。如果一致性检验通过 则对上述若干种评价结果进行线性组合; 如果未通过 则要对客观评价方法进行重新选择 直至结果具有一致性为止。具体的检验过程如下:

(1) 提出假设。原假设 H_0 : 三种评价方法不具有 consistency; 备择假设 H_1 : 三种评价方法具有 consistency。

(2) 构造统计量:

$$\chi^2 = k(n-1) W \quad (1)$$

式(1)中 $W = \frac{12 \sum_{i=1}^n r_i^2}{k^2(n^3-n)} - \frac{3(n+1)}{n-1}$ $r_i = \sum_{j=1}^k y_{ij}$ (n 为样本数 k 为评价方法数 y_{ij} 表示第 i 个被评价对象在第 j 种评价方法下的排序值)。 χ^2 服从自由度为 $n-1$ 的 χ^2 分布 给定显著性水平 α 查表得临界值 $\chi_{\alpha/2}^2(n-1)$ 。当 $\chi^2 > \chi_{\alpha/2}^2(n-1)$ 时 拒绝 H_0 接受 H_1 即认为三种评价方法在 α 显著性水平上具有一致性。

(3) 计算统计检验量并对假设进行检验。将各种评价方法的结果排序代入式(1) 计算得

到 χ^2 值。

第三,运用平均值组合评价法对若干种客观评价结果进行线性组合,得到四大直辖市公共基础设施利用效益的组合评价结果。

第四,对组合评价结果与若干种客观评价结果进行事后检验,以保证它们之间具有一定的相关性。本文运用 Spearman 等级相关系数进行事后检验,如果相关性检验通过,则该组合评价结果为最终的四大直辖市公共基础设施利用效益水平评价结果;如果未通过,则重新进行组合评价。具体的检验过程如下:

(1) 提出假设。原假设 H_0 : 组合评价法与三种评价方法无关;备择假设 H_1 : 组合评价法与三种评价方法有关。

(2) 构造统计量:

$$t = \rho \sqrt{\frac{n-2}{1-\rho^2}} \quad (2)$$

式(2)中 $\rho = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \rho_j$, $\rho_j = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (x_i - x_{ij})^2}{n(n^2-1)}$, ρ_j 表示组合评价法与第 j 种客观评价方法之间的 Spearman 等级相关系数,用来表示其相关程度,其值越大表示相关程度越高。 ρ 表示组合评价法与三种客观评价方法之间的平均相关程度。 t 服从自由度为 $n-2$ 的 t 分布。

(3) 将组合评价结果与三种客观评价结果分别代入式(2)计算相关程度,得到事后检验结果。

(3) 将组合评价结果与三种客观评价结果分别代入式(2)计算相关程度,得到事后检验结果。

本文首先选取熵值法、均方差决策法和离差决策法这三种客观评价方法对四大直辖市公共基础设施利用效益进行评价。三种方法的基本原理虽然不同,但是均根据指标数值的相对变化程度来确定指标的权重。变化程度越大的指标,对利用效益水平的影响越大,其权重也越大。

2.城市公共基础设施三大效益协调发展水平评价方法——耦合协调度模型

本文引入物理学中的耦合概念,计算四大直辖市公共基础设施三大效益发展的耦合度。耦合是指两个或者两个以上系统之间相互作用、相互影响,实现协调共生的动态关联关系,可以反映出它们之间相互依赖、相互制约的程度(黄永春等,2018)^[8]。该计算结果有助于考察三大效益之间关联作用的强弱。根据多要素的耦合度模型,城市公共基础设施三大效益的耦合度 C 的计算公式为:

$$C = \left[\frac{U_1 \times U_2 \times U_3}{(U_1 + U_2 + U_3)^3} \right]^{1/3} \quad (3)$$

式(3)中 U_1 、 U_2 和 U_3 分别代表城市公共基础设施的经济效益、社会效益和环境效益。耦合度反映出了系统之间的相互关联程度,但是在有些情况下并不能说明各系统之间的协同效应。因此,本文再构建一个城市公共基础设施三大效益的耦合协调度模型,用以分析城市公共基础设施三大效益之间的协调发展程度,其公式如下:

$$H = \sqrt{C \times U} \quad (4)$$

式(4)中, H 为耦合协调度, C 为耦合度, U 为城市公共交通基础设施利用效益水平值。它反映出城市公共交通基础设施三大效益的整体协调发展水平。

根据耦合协调度的水平值, 本文将城市公共交通基础设施三大效益协调发展程度划分为 10 个等级^[31]。具体的划分标准如表 2 所示。

表 2 耦合协调度等级划分

耦合协调度	协调等级
0.0-0.1	极度失调
0.1-0.2	严重失调
0.2-0.3	中度失调
0.3-0.4	轻度失调
0.4-0.5	濒临失调
0.5-0.6	勉强协调
0.6-0.7	初级协调
0.7-0.8	中级协调
0.8-0.9	良好协调
0.9-1.0	优质协调

四、四大直辖市公共交通基础设施三大效益协调发展水平评价结果

(一) 四大直辖市公共交通基础设施利用效益水平评价结果

本文将运用三种客观评价方法得到的各城市公共交通基础设施利用效益评价结果排序代入式(1), 得到城市公共交通基础设施利用效益组合评价事前检验的 χ^2 值, 如表 3 所示。取显著性水平 $\alpha=0.05$, 查表得 $\chi^2_{\alpha/2}(12) = 4.40$, 小于所有的 χ^2 值, 拒绝原假设 H_0 , 表明在给定 0.05 的显著性水平下三种评价方法具有一致性。

表 3 城市公共交通基础设施利用效益组合评价事前检验 χ^2 值

城市	经济效益(U_1)	社会效益(U_2)	环境效益(U_3)	城市公共交通基础设施利用效益(U)
北京	35.69	32.66	34.29	29.49
天津	35.74	28.04	24.57	25.71
上海	30.55	27.96	32.40	26.15
重庆	25.80	35.43	33.54	33.01

然后, 本文对四大直辖市公共交通基础设施利用效益水平进行组合评价, 首先对运用三种评价方法得到的评价值进行标准化处理, 然后对三种评价方法标准化后的评价值进行加权平均, 从而得到四大直辖市公共交通基础设施利用效益水平的组合评价值, 如图 2 至图 5 所示。另外, 表 4 给出了四大直辖市公共交通基础设施经济效益、社会效益、环境效益与整体利用效益的描述性统计。由表 4 可以看出, 2004-2016 年间, 北京市公共交通基础设施的利用效益水平变化最大, 而重庆市公共交通基础设施利用效益的平均水平明显低于其他三座城市的平均水平。

表 4 描述性统计分析

城市	经济效益(U_1)				社会效益(U_2)				环境效益(U_3)				城市公共交通基础设施利用效益(U)			
	最大值	最小值	平均值	标准差	最大值	最小值	平均值	标准差	最大值	最小值	平均值	标准差	最大值	最小值	平均值	标准差
北京	0.92	0.01	0.57	0.26	0.86	0.00	0.70	0.23	0.93	0.23	0.60	0.19	0.82	0.08	0.60	0.20
天津	0.75	0.15	0.44	0.16	0.88	0.22	0.77	0.17	0.77	0.22	0.65	0.14	0.71	0.38	0.63	0.10
上海	0.81	0.13	0.59	0.18	0.68	0.19	0.49	0.14	0.83	0.09	0.68	0.19	0.69	0.29	0.58	0.11
重庆	0.84	0.25	0.52	0.22	0.79	0.07	0.32	0.23	0.95	0.16	0.47	0.20	0.77	0.24	0.43	0.18

最后, 本文对组合评价结果进行事后检验。检验结果如表 5 所示。取显著性水平 $\alpha = 0.05$, 查表得 $t_{\alpha/2}(11) = 2.201$, 小于所有的 t 值, 拒绝原假设 H_0 , 表明在给定 0.05 的显著性水平下组合评价结果与三种客观评价结果具有相关性。

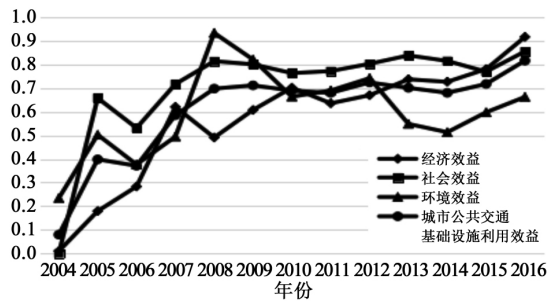


图2 北京市公共交通基础设施利用效益

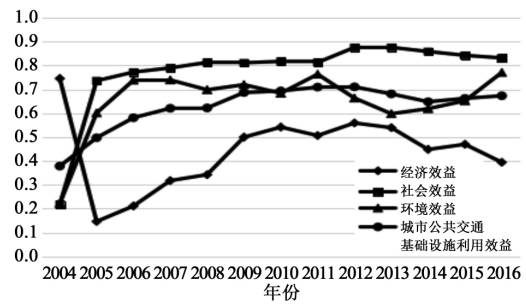


图3 天津市公共交通基础设施利用效益

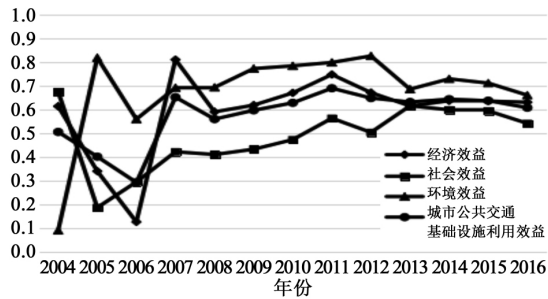


图4 上海市公共交通基础设施利用效益

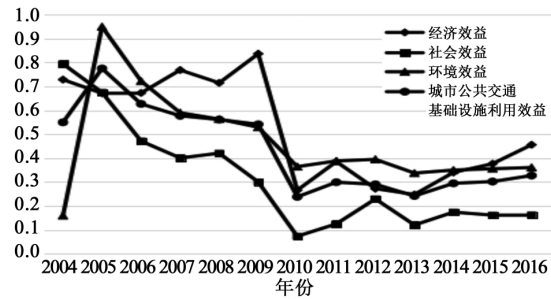


图5 重庆市公共交通基础设施利用效益

表5 城市公共交通基础设施利用效益组合评价事后检验 t 值

城市	经济效益(U_1)	社会效益(U_2)	环境效益(U_3)	城市公共交通基础设施利用效益(U)
北京	40.52	9.14	13.08	6.06
天津	31.98	5.04	4.24	4.26
上海	6.54	5.67	8.07	4.43
重庆	5.04	24.55	9.95	8.55

根据图2至图5的结果,可以看出,2004-2016年间四大直辖市公共交通基础设施利用效益水平的变化明显不同。北京市公共交通基础设施利用效益水平在2008年以前呈现出明显的上升趋势,自2008年起变化趋于稳定。天津市公共交通基础设施利用效益水平的变化自2006年起也趋于相对平稳。上海市在2007年之前经历了公共交通基础设施利用效益水平的剧烈变动,自2007年以后变化相对平稳。相反,重庆市则出现了公共交通基础设施利用效益水平逐渐下降的趋势。该结果表明,重庆市的公共交通基础设施利用效益水平低于其他三座城市的水平。

图2至图5还反映了2004-2016年间四大直辖市公共交通基础设施三大效益的变化趋势。首先,2004-2016年间,每座城市的三大效益都经历了一些剧烈的变化。北京市公共交通基础设施经济效益在2005年和2007年大幅上升,社会效益也在2005年大幅上升,而环境效益在2008年上升明显。天津市公共交通基础设施社会与环境效益水平在2005年大幅提高,而经济效益水平则在这一年大幅度下降。上海市公共交通基础设施的三大效益在2005-2007年间都发生了大幅度的变动。重庆市公共交通基础设施环境效益在2005年变化明显,经济效益在2010年变化明显。其次,四大直辖市发展水平最低的效益也存在差异。北京市的公共交通基础设施环境效益相对较低,而天津市的经济效益自2005年之后始终是水平最低的。上海市和重庆市的公共交通基础设施社会效益在绝大部分年份中都是最低的。

(二) 四大直辖市公共交通基础设施三大效益协调发展评价结果

四大直辖市 2004-2016 年间公共交通基础设施三大效益耦合协调度的计算结果如图 6 所示。其中,北京市公共交通基础设施三大效益的协调发展水平在 2005 年大幅上升,但是仍然处于不协调的发展状态,没有进一步的提高,2016 年达到勉强协调状态。同样,天津市公共交通基础设施三大效益的协调发展水平基本处于轻度失调或者濒临失调的状态。上海市公共交通基础设施三大效益协调发展水平在 2005-2006 年间有所下降,2007 年快速回升,但是此后也一直处于濒临失调的状态。而重庆市公共交通基础设施三大效益协调发展水平在 2004-2016 年间基本上处于不断下降的趋势。

根据图 6 的计算结果,结合表 2 的耦合协调度等级划分,我们可以总结为两点:第一,四大直辖市公共交通基础设施三大效益基本上处于失调的状态。除了重庆市之外,另外三座城市虽然在绝大多数年份里保持其公共交通基础设施三大效益协调发展水平的稳定,但是并没有进一步提高其协调发展程度,还存在着很大的提升空间。

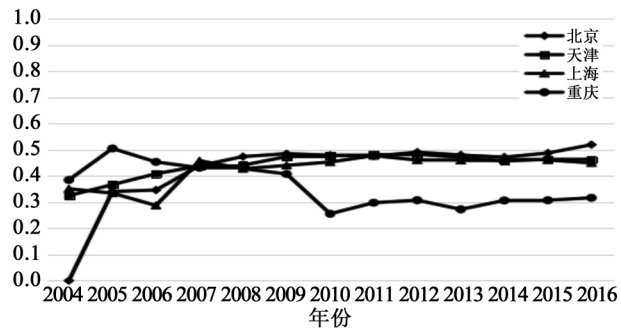


图 6 四大直辖市公共交通基础设施三大效益耦合协调度

它说明四大直辖市公共交通基础设施三大效益的协调发展水平并不稳定,协调发展程度偏低,三大效益水平之间存在差异。第二,四大直辖市之间,公共交通基础设施三大效益协调发展水平存在着明显的差别。天津市公共交通基础设施三大效益自 2006 年以后一直处于濒临失调状态。上海市的三大效益自 2007 年以后也处于濒临失调状态。北京市三大效益的关系在勉强协调与失调之间波动。而重庆市除 2005 年外,公共交通基础设施的三大效益都处于失调状态,并且协调发展水平逐步下降。这与重庆市公共交通基础设施利用水平偏低有很大关系。同时,也与重庆市公共交通基础设施的建设水平有关。总体而言,虽然三大效益协调发展水平存在差异,但是四大直辖市都需要继续提高公共交通基础设施三大效益的协调发展水平。

(三) 评价结果分析

本文以我国四大直辖市为例,对其公共交通基础设施经济、社会与环境三大效益的协调发展程度进行评价。根据评价结果,四大直辖市之间公共交通基础设施三大效益协调发展水平存在着明显的差异,协调发展程度并不高。具体而言,出现该结果的原因可以归结为以下几点:

第一,四大直辖市的公共交通基础设施三大效益协调发展水平虽然都不高,但是其发展水平相对滞后的子效益却不尽相同。具体而言,上海市和重庆市的公共交通基础设施社会效益相对较低,天津市的公共交通基础设施经济效益发展相对不足,而北京市在公共交通基础设施利用效益方面,则表现为其经济效益和社会效益快速提升之后稳步发展,但是环境效益水平却在 2008 年之后不断下降。其中,上海市和重庆市尽管都表现为城市公共交通基础设施社会效

益发展水平较低,然而其原因并不相同。上海市在城市公共交通基础设施建设规模和速度方面远远超过重庆市,但是其经济社会发展速度较快、人口密度较高,其现有的公共交通发展水平还是难以满足城市社会发展的需要。一方面,上海市公共交通基础设施的建设速度赶不上其人口的增长速度,导致上海市每万人拥有公共交通工具从2004年的18.24标台下降到2016年的12.70标台。由此可见,上海市的公共交通规模还不能够充分满足居民的出行需要。另一方面,上海市公共交通部门虽然不断增加本部门的就业岗位,但是其从业人员的工资水平的增长相对缓慢。根据上海市统计局发布的报告,2015年上海市城市公共交通运输业的从业人员年平均工资比全市职工年平均工资水平低两成左右,这些现象影响了上海市公共交通基础设施社会效益水平的提升。而重庆市公共交通基础设施受到城市地形等自然条件的影响发展较为缓慢,导致其无论在运输能力、人均拥有量以及从业人员收入水平等方面都远远落后于其他三座城市。另外,重庆市公共交通线路分布不均匀,尚未建立完整的城市公共交通路网结构,也导致其社会效益水平不断下降。天津市公共交通基础设施三大效益协调发展偏低,主要表现在其经济效益水平明显低于另外两大效益的水平。天津市公共交通基础设施建设规模虽然增长较快,但是其固定资产投资增长相对较慢,没有能够有效地促进交通运输业的快速发展。同时,该问题也制约了天津市公共交通部门溢出效应的发挥,未能较好地带动其他相关行业利润水平的提高,导致其整体的经济效益水平不高。而北京市公共交通基础设施环境效益发展趋势与另外两大效益相偏离,导致了其三大效益协调发展程度难以进一步提高。它表明北京市在扩大城市公共交通基础设施建设规模的同时,没有同步提高其能源使用效率和污染物排放标准,导致城市公共交通的运营对城市环境产生了不利的影响。

第二,四大直辖市没有制定关于公共交通基础设施三大效益协调发展的政策和目标,城市公共交通基础设施的发展方案仍然有待完善。近年来,我国许多城市,特别是四大直辖市,城市规模快速扩张,人口增长速度较快。作为影响城市发展的重要因素之一,公共交通的建设速度虽然也在不断提高,但是仍未能满足城市发展的需要,其基础性作用还未充分发挥,在提高居民生活水平与城市发展质量、保护城市自然环境等方面的积极影响还需要进一步扩大。四大直辖市高度重视公共交通基础设施建设对于城市经济增长的作用,忽视其对于社会发展与环境保护的作用,在城市公共交通的发展纲要中也没有相关的目标与措施。同时,由于建设较晚等原因,我国相比于发达国家,在城市公共交通系统发展规划方面相对滞后,缺乏比较完善的城市公共交通基础设施发展方案,城市公共交通基础设施三大效益的发展并没有被同步推动。关于公共交通基础设施的发展目标、规划设计、功能发挥等内容,四大直辖市还在不断地调整和探索中,还有很多需要完善的地方。该问题不仅出现在四大直辖市,也存在于我国很多城市。公共交通基础设施的发展要与城市的整体发展相互配合,推动城市经济、社会与环境的全面协调可持续发展。

第三,四大直辖市公共交通基础设施的建设水平存在着比较明显的差别,特别是轨道交通建设方面。目前,北京市和上海市均有10条以上轨道交通线路在运营,并将继续扩大轨道交通的通车里程,而天津市和重庆市的轨道交通建设则相对滞后。天津市虽然在1984年开通了首条地铁线路,但是建设速度比较缓慢,目前只拥有六条轨道交通线路在运营,有多条线路正

在建设中。重庆市直到 2005 年才拥有第一条轨道交通线路,目前也仅有六条轨道交通线路在运营,建设中的线路并不多。轨道交通具有快捷、方便等特点,可以在很大程度上提高城市公共交通的客运能力和效率。此外,发展城市轨道交通,可以通过加大对它的投资力度,有效地推动运输配套设施行业的发展,提高其利润水平,同时提高交通运输业自身的产值。因此,轨道交通建设规模相对较小,也是制约天津市和重庆市公共交通基础设施三大效益协调发展的重要因素。

五、研究结论与对策建议

根据本文的研究结果,目前我国四大直辖市城市公共交通基础设施三大效益的协调发展程度都比较低,仍有很大的提升空间。四大直辖市在城市公共交通基础设施的发展目标、指导政策以及建设水平等方面的问题,是导致其城市公共交通基础设施三大效益协调发展水平偏低的主要原因,该问题也是我国许多大城市面临的共同问题。因此,本文提出以下建议:

第一,四大直辖市应根据城市自身的发展需要,弥补各自公共交通基础设施利用中的不足之处,促进三大效益发展水平同步提高。上海市应当在扩大城市公共交通通车里程的基础上,进一步加大公共交通车辆的投放力度,扩大公共交通基础设施的供给规模。同时,上海市还应当稳步提高其城市公共交通运输业从业人员的工资水平,增加其收入,让公共交通基础设施经济效益的发展成果更多地惠及该部门的从业人员。重庆市需要在扩大城市公共交通基础设施通车里程的同时,注重全市各个区域之间公共交通服务供给的均衡化,优化城市公共道路网结构,有效提高城市公共交通服务覆盖范围。天津市则需要扩大公共交通基础设施部门的固定资产投资规模,充分发挥公共交通部门运营所产生的关联作用,以城市公共交通运输业的发展促进相关行业的快速发展,提高城市经济的发展水平。而北京市则需要制定严格的公共交通污染物排放标准,提高其能源使用效率,降低公共交通运营对城市环境造成的污染。

第二,四大直辖市需要制定城市公共交通基础设施可持续发展方案,同步推进城市公共交通基础设施三大效益的提升。全面、协调、可持续发展,是当今城市经济社会发展的主题,城市公共交通基础设施也不例外。四大直辖市公共交通主管部门应当制定城市公共交通的可持续发展方案,对于城市公共交通的发展目标进行细化,明确其发展对于城市经济发展、社会进步与环境保护所要产生的具体效益。城市公共交通对于经济发展、社会进步和环境保护的作用,应该同时被重视。今后,四大直辖市应在加大对公共交通基础设施投资的同时,加强对其发展的薄弱环节的监督与管理,重视公共交通对于促进社会进步、缓解交通压力、减少污染物排放等方面的作用,促进其三大效益水平的提高。四大直辖市的相关部门应当按照规划目标的要求,及时解决城市公共交通利用过程中存在的不足之处,排除制约三大效益协调发展的因素,推动三大效益的协调发展。

第三,天津市和重庆市还需要重点提高城市轨道交通基础设施的建设水平,推动城市公共交通系统的合理发展。公共汽车和轨道交通是城市公共交通基础设施的主要组成部分。两者的建设与发展水平直接影响着城市公共交通基础设施的利用效益水平。提高三大效益的协调发展水平,要注重公共汽车和轨道交通之间的大致均衡发展,保持两者之间适当的比例,不要形成“一方规模膨胀,另一方发展缓慢”的局面。天津市和重庆市应当加快城市轨道交通的建

设,完善城市公共交通体系,通过进一步合理规划线路、加强相关设施的建设等措施,提高城市公共交通基础设施的运输能力和服务水平,充分发挥其对城市发展的积极作用。

参考文献:

[1]周耀东,张佳仪.城市轨道交通经济效应实证研究——以北京市为例[J].城市问题,2013,(10):58-62.

[2]刘英,云俊,李明伟.基于系统动力学的城市轨道交通经济效益分析——以上海轨道交通为例[J].数学的实践与认识,2016,(19):125-132.

[3]Beyazit E. Are wider economic impacts of transport infrastructures always beneficial? Impacts of the Istanbul Metro on the generation of spatio-economic inequalities [J]. Journal of Transport Geography, 2015, 45 (4): 12-23.

[4]Chester M, Pincetl S, Elizabeth Z, et al. Infrastructure and automobile shifts: Positioning transit to reduce life-cycle environmental impacts for urban sustainability goals [J]. Environmental Research Letters, 2013, 8 (3): 1-10.

[5]Fan F Y, Lei Y L. Decomposition analysis of energy-related carbon emissions from the transportation sector in Beijing [J]. Transportation Research Part D: Transport & Environment, 2016, 42 (1): 135-145.

[6]程敏,李晋.基于组合评价的长三角城市基础设施投资绩效研究[J].运筹与管理,2013,(02):207-212.

[7]刘登娟,吕一清.长江经济带成渝城市群环境与经济协调发展评价[J].经济体制改革,2015,(02):36-42.

[8]黄永春,朱帅,雷砺颖.中国资源、经济和环境发展水平与协调度的研究[J].经济与管理评论,2018,(01):45-54.

[9]Dirgahayani P. Environmental co-benefits of public transportation improvement initiative: The case of Trans-Jogja bus system in Yogyakarta, Indonesia [J]. Journal of Cleaner Production, 2013, 58 (31): 74-81.

[10]Matute J M, Chester M V. Cost-effectiveness of reductions in greenhouse gas emissions from High-Speed Rail and urban transportation projects in California [J]. Transportation Research Part D: Transport & Environment, 2015, 40 (7): 104-113.

[11]Cheng H, Madanat S, Horvath A. Planning hierarchical urban transit systems for reductions in greenhouse gas emissions [J]. Transportation Research Part D: Transport & Environment, 2016, 49 (8): 44-58.

[12]Nanaki E A, Koroneos C J, Roset J, et al. Environmental assessment of 9 European public bus transportation systems [J]. Sustainable Cities and Society, 2017, 28 (1): 42-52.

[13]Bowes D, Ihlanfeldt K. Identifying the impacts of rail transit stations on residential property values [J]. Journal of Urban Economics, 2001, 50 (1): 1-25.

[14]Efthymiou D, Antoniou C. How do transport infrastructure and policies affect house prices and rents? Evidence from Athens, Greece [J]. Transportation Research Part A: Policy & Practice, 2013, 52 (6): 1-22.

[15]Mathur S, Ferrell C. Measuring the impact of sub-urban transit-oriented developments on single-family home values [J]. Transportation Research Part A: Policy & Practice, 2013, 47 (1): 42-55.

[16]Cervero R, Duncan M. Transit's value-added effects: Light and commuter rail services and commercial land values [J]. Transportation Research Record, 2002, 1805 (1): 8-15.

[17]Mejia-Dorantes L, Paez A, Vassallo J M. Transportation infrastructure impacts on firm location: The effect of a new Metro line in the suburbs of Madrid [J]. Journal of Transport Geography, 2012, 22 (4): 236-250.

[18]Chatman D G, Noland R B. Do public transport investments increase agglomeration economies? A review of literature and an agenda for research [J]. Transport Reviews, 2011, 32 (6): 37-41.

- [19] Song Y , Lee K , Anderson W P , et al. Industrial agglomeration and transport accessibility in metropolitan Seoul [J]. *Journal of Geographical Systems* , 2012 , 14 (3) : 299-318.
- [20] Mayer T , Trevien C. The impact of urban public transportation evidence from the Paris region [J]. *Journal of Urban Economics* , 2017 , 102 (6) : 1-21.
- [21] Johnson D , Ercolani M , Mackie P. Econometric analysis of the link between public transport accessibility and employment [J]. *Transport Policy* , 2017 , 60 (8) : 1-9.
- [22] Lee R J , Sener I N. Transportation planning and quality of life: Where do they intersect? [J]. *Transport Policy* , 2016 , 48 (4) : 146-155.
- [23] Singleton P A , Clifton K J. Considering health in US metropolitan long-range transportation plans: A review of guidance statements and performance measures [J]. *Transport Policy* , 2017 , 57 (5) : 79-89.
- [24] 宗刚 袁博文. 基于 DEA 的北京城市公共交通运输系统效率评价[J]. *开发研究* 2014 (01) : 144-147.
- [25] 戴晓峰 姜莉 陈方. 云南省城市公交发展水平测度[J]. *城市问题* 2016 (05) : 50-55.
- [26] 孙铁山 李楠. 城市轨道交通发展与产业扩散——以北京为例[J]. *长白学刊* 2016 (02) : 50-56.
- [27] 郝伟伟 张梅青 刘宗庆. 交通、城市紧凑度与城市生产率关系实证研究——基于京津冀地区地级市面板数据计量分析[J]. *宏观经济研究* 2016 (01) : 109-120.
- [28] 梁若冰 席鹏辉. 轨道交通对空气污染的异质性影响——基于 RDID 方法的经验研究[J]. *中国工业经济* 2016 (03) : 83-98.

(责任编辑: 宋 敏)

Evaluating the Coordinated Development of Economic , Social and Environmental Benefits for Urban Public Transportation Infrastructure

SUN Yu , CUI Yin , FENG Yanchao

- (1.College of Management and Economics ,Tianjin University , Tianjin 300072 , China;
2.School of Public Management ,Tianjin University of Commerce , Tianjin 300134 , China;
3.School of International Education ,Tianjin University of Commerce , Tianjin 300134 , China)

Abstract: The use of urban public transportation infrastructure generates economic , social and environmental benefits. The coordinated development level of these three benefits is vital for the utilization level of urban public transportation infrastructure. Taking four autonomous municipalities as an example , this article evaluates the coordinated development level of three benefits of urban public transportation infrastructure. The results show that the coordinated development levels of these four cities are relatively low and the development goals , guiding policies and construction level are the main influential factors. Four cities should adopt some means such as raising the construction level and formulating sustainable development plan to promote the coordinated development of three benefits of urban public transportation infrastructure.

Key Words: Urban public transportation infrastructure; Three benefits; Coordinated development; Coupling coordination degree model; Combination evaluation method