

【交通物流 / Transportation Logistics】

公交专用道设置效益的分析评价方法

林坤¹, 孙煦^{1,2}, 白紫秀¹, 焦朋朋¹

1) 北京建筑大学土木与交通工程学院, 北京 100044; 2) 清华大学土木工程系, 北京 100084

摘要: 将静态理论模型与动态仿真模型相结合, 构建公交专用道设置效益指标评价体系, 分别通过数学理论模型与 VisSim 仿真得到设置公交专用道前后道路各项指标的变化情况. 探究公交专用道设置效益的综合评价方法, 提升评价结果的科学性. 结果表明, 当道路饱和度为 0.76 时, 设置公交专用道具有最佳效益. 理论模型的计算结果可为仿真模型的参数标定提供参考, 仿真结果又可以与理论模型计算结果进行对比分析, 验证理论模型的有效性, 保证最终效益评价结果准确. 探究路段设置公交专用道所对应的最佳饱和度等临界条件, 为公交专用道的设置提供理论参考. 该方法可用于提升公交专用道效益评价的可靠性和鲁棒性, 并为提高仿真建模精确度提供参考.

关键词: 交通规划与管理; 公交专用道; 优化评价方法; 数学评价; 仿真建模; VisSim 软件

中图分类号: U491.1 **文献标志码:** A **doi:** 10.3724/SP.J.1249.2022.02201

Benefit analysis and evaluation of bus lane setting

LIN Kun¹, SUN Xu^{1,2}, BAI Zixiu¹, and JIAO Pengpeng¹

1) School of Civil and Transportation Engineering, Beijing University of Civil Engineering and Architecture, Beijing 100044, P. R. China

2) School of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, P. R. China

Abstract: By combing the static theoretical model with the dynamic simulation model, we develop a benefit index evaluation method for bus lane setting. By using mathematical theoretical model and simulation software VisSim, we obtain the changes of indexes under the conditions of whether or not to set the bus lane to investigate the comprehensive evaluation method of the benefits of bus lane setting and to improve the accuracy of the evaluation results. The evaluation results show that the bus lane has the best benefit when the road saturation is 0.76. It is confirmed that while the results of mathematical theoretical model can provide references for the simulation model during parameter setting, the simulation results can make a comparative analysis with the mathematical results as well to verify the validity of theoretical model and to ensure the accuracy of the final benefit evaluation result. This research explores the critical conditions such as optimal saturation, and provides a theoretical reference of bus lane setting. This method improves the reliability and robustness of benefit evaluation of bus lane setting and provides a reference for improving the accuracy of simulation modeling.

Key words: transportation planning and manage; bus lane; optimizing evaluation methods; mathematical evaluation; simulation modelling; VisSim software

随着中国城市化进程的不断加快, 城市规模扩大与城市人口增长导致交通需求量急剧上升, 机动

车保有量与道路面积的不平衡增长, 导致城市交通拥挤与供需不平衡现象越来越突出^[1]. 公交车辆具

Received: 2020-12-19; **Revised:** 2021-06-20; **Accepted:** 2021-06-23; **Online (CNKI):** 2021-08-18

Foundation: National Natural Science Foundation of China (51578040); Importation and Development of High-Caliber Talents Project of Beijing Municipal Institutions (CIT&TCD20180324); Program for Scientific Research of Beijing Education Commission (KM202110016013)

Corresponding author: Professor JIAO Pengpeng. E-mail: jiaopengpeng@bucea.edu.cn

Citation: LIN Kun, SUN Xu, BAI Zixiu, et al. Benefit analysis and evaluation of bus lane setting [J]. Journal of Shenzhen University Science and Engineering, 2022, 39(2): 201-208. (in Chinese)



有大运力与大载客率的特性,是一种高效率的出行方式,发展公共交通、实施公交优先策略是缓解交通拥堵,高效提高道路利用率的有效方法^[2].针对中国很多城市道路资源有限,无法新建道路的现状,在现有路网中划分公交专用道,为公交车提供更多通行空间成为一种行之有效的方法.

指标评价体系是分析公交专用道设置效益的重要组成部分,设置公交专用道对于路网中的道路延误、交通容量、道路流量及车辆速度等指标均有不同程度的影响,不同条件下各指标所占的比重也不同.目前,主要通过数学理论模型评价与仿真模型评价的方法研究设置公交专用道的效益.

数学理论模型评价方法通过选择适用的数学解析模型,按照调查数据标定模型参数,通过设置公交专用道前后指标的变化情况,评价方案对该道路带来的影响.宋现敏等^[3-4]以人均出行时间最少和道路通过总乘客数最大为目标提出优化模型,并借助 Matlab 软件进行求解,结果表明,当社会车辆与公交车辆占比呈现特定占比时,公交优先策略具有最佳效益.也有研究采用 Vague 物元理论^[5]和模糊综合评价法^[6]优化现有公交专用道效益评价方法,采用改进的因子评点法^[7]对公交服务水平进行分级研究,并从道路网络角度出发,采用 Floyd 算法^[8]、Frank-Wolfe 和遗传算法^[9]等进行求解.

仿真模型评价方法通过收集道路的基础数据,使用仿真软件建立道路仿真模型,根据设置专用道前后采集的仿真数据进行效益评价.朱琳等^[10-11]等基于 Integration 与 Paramics 仿真平台对快速路条件下不同形式的公交专用道布设方案进行效益评价.苗齐壮等^[12]利用 Trans Modeler 微观模型针对实际案例进行仿真并提出优化方案.微观仿真软件 VisSim 也被用于公交专用道的效益评价研究中,陈炯迪等^[13]针对交叉口处的停车延误,提出可跨周期的公交专用道绿波信号协调控制方法;YE 等^[14]利用 VisSim 软件,分析不同交通组织形式下行程时间的变化,认为公交专用道优先的距离越短,对社会交通量负面影响越小.林晓辉^[15]借助 VisSim 软件对案例路段设置公交专用道的效益进行研究,并对评价指标进行分类;杨熙宇等^[16]则验证不同影响参数下设置公交专用道的车辆行程时间概念模型.

以上研究大多基于单一方法进行评价,应用数学理论模型进行评价时可能无法准确描述公交专用道设置对于路网交通流运行状况的影响,难以验证

模型参数取值的准确性.仿真模型评价方法能够基于实验数据标定交通网络的模型参数,但建模过程多基于简化交通流环境,限制了方法的适用范围.也较少有研究验证其模型误差是否符合要求,缺乏对比分析,无法保证案例分析结果的准确性.

基于此,本研究结合数学理论模型和动态仿真模型,对公交专用道的设置效益进行深入分析和评价,提出优化的公交专用道设置效益评价流程和方法.分别使用两种评价方法对道路 A 进行专用道效益研究,在确保优化模型符合要求的情况下,对相似道路 B 进行效益评价.评价过程中通过两种方法的交叉验证提高评价的准确性,若评价结果在误差范围内,则证明道路 A 的评价结果可靠,再使用道路 A 优化模型的参数评价相似道路 B 设置专用道的效益,可进一步加强评价结果的科学性.

1 指标评价体系

1.1 基本思路

本研究从道路使用者角度出发,以车辆为基本单位,评价公交专用道对于道路上各类使用者通行效益的影响.通过正交试验法选取对道路交通状况具有显著影响的因素,基于路阻函数模型、车速-饱和度计算公式及延误模型,选取车辆行驶时间和行驶速度作为评价指标;根据实际采集数据,在初始模型基础上,借助 Matlab 软件对模型参数进行标定,使计算结果更符合道路实际运行状态,并分析各指标的变化情况.

在后续仿真建模过程中,利用道路实测数据和数学模型获得各指标的变化情况,如道路网车流初始行驶速度、车辆行程时间及车辆延误等,调整仿真模型的基本参数及车辆初始状态,以此提高动态仿真建模的准确性.

1.2 构建评价指标体系

根据评价对象不同,公交专用道运行效益的评价方法可分为单个指标评价与多指标综合评价;根据评价主体不同,可分为主观评价和客观评价方法.根据类型不同,评价体系可分为社会经济指标、交通环境指标、舒适程度指标及交通功能指标等.

为体现专用道设置对道路交通状态的影响程度,各指标之间应具有较强的独立性,并能够多维度反映公交专用道的运行效益.因此,本研究采取各指标单独评价的方法对公交专用道效益进行分

析, 使用正交试验法选取6类代表性指标构建评价体系, 分别为公交车速度、小汽车速度、人均耗时、行程时间、车辆延误及平均停车次数.

1.2.1 道路基本通行能力

现有研究中, 各种模型均需计算道路饱和度, 道路通行能力是饱和度计算过程的重要组成部分, 常用的通行能力 C_i 为

$$C_i = \sigma C_0 C_1 C_w \quad (1)$$

其中, C_0 为标准车道的理论通行能力(单位: pcu/h), 根据道路的设计速度取值; C_1 为车道折减系数, 按照距离中心线的位置进行折减; C_w 为车道宽度折减系数, 根据车道宽度进行折减; σ 为其他影响因素的综合参数值, 使用调查数据和 Matlab 拟合标定.

1.2.2 设置专用道前的路阻函数模型

车辆行程时间和速度等指标可通过测量方法或通过调查道路交通量和道路通行能力. 通过美国联邦公路局提出的 BPR (bureau of public road) 路阻函数计算车辆的平均行驶时间 T 为

$$T = T_0 \left[1 + \alpha \left(\frac{Q}{C} \right)^\beta \right] \quad (2)$$

其中, T_0 为车辆自由行驶状态下通过道路所需时间(单位: s); Q 为路段实际交通流量(单位: pcu/h); C 为路段通行能力(单位: pcu/h); α 和 β 为模型参数, 按照地区不同, 通过数据调查以及 Matlab 软件进行回归分析进行标定, 本研究取 $\alpha = 0.15$, $\beta = 4.0$.

当道路饱和度接近1时, BPR 函数的模型误差急剧增大, 不再适用, 此时可采用 Davidson 模型作为路阻函数模型, 为

$$T = T_0 \left(1 + \frac{aQ}{C - Q} \right) \quad (3)$$

其中, a 为服务水平参数, 本研究取 $a=0.855$.

1.2.3 设置专用道前的交通流车速计算

在实际情况中, 由于社会车辆具有更优越的驾驶性能, 社会车辆的平均车速要高于路段所有车辆的平均车速, 因此, 提出设置专用道前后的交通流车速基础模型^[17-18], 混合行驶时社会车辆的平均速度 V_c 为

$$V_c = V_{co} \left(-0.3619 \frac{Q}{C} + 1.0205 \right) \quad (4)$$

其中, V_{co} 为路段上社会车辆自由流速(单位: km/h); 混合行驶时公交车辆的平均速度 V_b 为

$$V_b = V_{bo} \left(-0.229 \frac{Q}{C} + 1.0037 \right) \quad (5)$$

其中, V_{bo} 为路段上公交车辆自由流速(单位: km/h).

1.2.4 设置专用道后的交通流车速计算

在设置专用道后, 道路上的车辆具有各自的路权, 但是由于相互间的运行特征不同, 社会车辆依然会对公交车辆的行驶造成影响. 因此, 基于公交车辆的车道饱和度, 提出设置公交专用道后的车速模型. 当公交车流量较低时, 依然采用式(4)和(5)的车速基础模型. 当公流量较高时, 两者相互影响较大, 社会车辆的车速为

$$V_c = \begin{cases} V_{co} \left(-0.3747 \frac{Q_c}{C_c} + 1.0803 \right), & S_b \leq 0.3 \\ V_{co} \left(-0.3718 \frac{Q_c}{C_c} - 0.0931 \frac{Q_b}{C_b} + 1.0928 \right), & S_b > 0.3 \end{cases} \quad (6)$$

其中, Q_c 为社会车辆每小时交通量(单位: pcu/h); Q_b 为公交车辆每小时交通量(单位: pcu/h); C_c 为社会车道的实际通行能力(单位: pcu/h); C_b 为公交车道的实际通行能力(单位: pcu/h); S_b 为公交车道饱和度. 公交车辆的车速为

$$V_b = \begin{cases} V_{bo} \left(-0.2068 \frac{Q_b}{C_b} + 1.0659 \right), & S_b \leq 0.5 \\ V_{bo} \left(-0.2054 \frac{Q_b}{C_b} - 0.0832 \frac{Q_c}{C_c} + 1.1066 \right), & S_b > 0.5 \end{cases} \quad (7)$$

1.2.5 总车辆延误

根据 Webster 延误计算公式^[19], 信号交叉口处车辆的平均延误 d 为

$$d = \frac{c(1 - \lambda)^2}{2(1 - \lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1 - x)} - k \left(\frac{c}{q^2} \right)^{\frac{1}{3}} x^{(2+5x)} \quad (8)$$

其中, c 为信号控制周期时长(单位: s); λ 为绿信比, 即有效绿灯时间与周期时长的比值; q 为实际交通量(单位: pcu/h); x 为道路饱和度. 式(8)等号右边的第1项为车辆均匀到达造成的延误; 第2项为车辆随机到达引起的延误, 主要由红绿信号变换引起; 第3项为从仿真方法求得的修正项. 因此, 车辆总延误 D 为

$$D = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left\{ \left[\frac{c(1 - \lambda)^2}{2(1 - \lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1 - x)} - k \left(\frac{c}{q^2} \right)^{\frac{1}{3}} x^{(2+5x)} \right] q_{ij} \right\} \quad (9)$$

其中, q_{ij} 为多交叉口之间相互影响的修正参数.

2 标定模型参数

为获得更加准确的计算结果, 当对实际案例进行研究计算时, 需要根据交通调查数据对数学模型参数进行重新标定, 使计算结果更符合路网车辆的实际运行状态. 在数学模型的构建过程中, 可借助采集的数据标定参数, 但仍无法准确描述设置公交专用道对路网交通流运行状况的影响, 因此, 本研究提出构建仿真模型的方法研究交通流之间的相互影响, 以提高评价结果的可靠性. 一方面可用于验证模型参数取值的准确性, 获得的模型数据也可用于后续仿真模型的构建和分析; 另一方面也可进行交叉验证, 为后续研究提供理论支撑.

2.1 道路现状简介

广安门内大街(以下简称道路 A)位于中国北京市西城区南二环, 道路为东西走向, 已建有路侧型公交专用道, 优先通行时间为早晚高峰, 道路通过 2 个交叉口, 以双向 6 车道为主, 道路横断面组成如图 1. 道路车辆饱和度为 0.68, 公交车停靠站以路外-直线型为主, 停靠站平均间距为 600 m, 数据

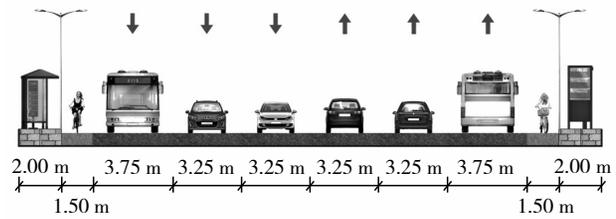


图 1 道路 A 横断面图

Fig. 1 Cross section of road A

采集时间为 2019-07-05 至 2019-07-12, 每日持续采集时间为 2 h.

2.2 基本假设

本研究主要考虑专用道设置前后的效益, 为排除特殊因素的干扰, 提出以下假设: ① 在设置专用道前后, 不改变道路周边客流吸引点的数量, 即道路车流量、车辆种类及组成相对稳定; ② 道路的车辆组成仅为公交车和小汽车; ③ 设置专用道前后不发生影响系统稳定运行的特殊情况.

2.3 基于数学模型的评价分析

道路 A 现已有公交专用道, 通过式(1)至(9)计算该路段在设置公交专用道后, 道路各个指标的影响, 探究该交通条件下道路 A 的公交专用道是否能达到预期效益, 结果见表 1.

表 1 道路 A 基于数学模型的指标变化

Table 1 Index changes of road A based on mathematical model

	社会车辆行驶 时间 T_s/s	公交车辆行驶 时间 T_B/s	总消耗时间/s	人均消耗时间/ s	$V_c/(km \cdot h^{-1})$	$V_B/(km \cdot h^{-1})$	车辆总延误 时间/s
设置前	$1.185T_0$	$1.185T_0$	$2.287T_0$	$1.185T_0$	27.69	17.17	369
设置后	$1.253T_0$	$1.050T_0$	$2.389T_0$	$1.129T_0$	26.64	19.93	382
变化	5.74%	-15.19%	4.46%	-4.73%	-3.78%	16.06%	3.52%

由表 1 可见, 在现有道路和交通条件下, 设置专用道后, 道路 A 公交车辆的行程时间减少了 15.19%, 车辆的行程速度提高了 16.06%, 公交车的行车延误得到有效降低, 准点率和兑现率得到提高, 且对社会车辆的行程时间、行程速度及延误等影响较小. 对于道路系统, 道路网的总消耗时间增加了 4.49%, 但人均消耗时间反而小幅降低了 4.72%, 主要原因是由于两种交通方式的运力不同, 将 1 条社会车道设置为公交专用道, 为公共交通提供更良好的行车条件, 减少了人均延误. 因此, 基于数学解析模型的研究表明, 道路 A 设置公交车道对于提高整条道路的使用率, 缓解交通拥堵具有积极作用.

<http://journal.szu.edu.cn>

2.4 基于 VisSim 的仿真评价

2.4.1 基于道路 A 的仿真模型构建

利用调查数据与计算数据可得道路 A 的各指标数值, 为了更准确模拟实际交通状况, 保证所构建模型与道路实际情况吻合, 需要对仿真软件中全局参数和局部参数的默认值进行重新标定, 本研究采用正交试验法^[20]选取重要指标并进行标定^[21].

除道路基本条件外, 仿真模型还加强了对于道路交通条件、环境条件和区域特殊性的考虑, 完善模型的仿真环境, 降低模型误差. 根据数学模型提供的计算结果, 如道路网人均耗时及道路车辆延误等, 对仿真模型中的乘客数量及车辆加减速等参数的默认值进行调整, 使其更符合路网的实际情况.

模型拟合数据与道路实际采集数据对比情况 如表2.

表2 道路拟合效果分析
Table 2 Road fitting effect analysis

	社会车车流量/ (pcu·h ⁻¹)	公交车车流量/ (pcu·h ⁻¹)	社会车辆行程 时间/s	公交车行程 时间/s	$V_C/(km·h^{-1})$	$V_B/(km·h^{-1})$
实际数据	1 656	144	228	280	33.05	26.30
拟合数据	1 669	140	215	270	33.83	26.51
变化	0.79%	2.78%	5.70%	3.57%	2.31%	0.79%

由表2可见, 仿真模型各项指标的采集数据与测量数据的误差范围均在10%以内, 模型还保证了道路交叉口的信号配比方案、停靠站间距以及道路车道变化与实际情况相同.

最后, 对交通量进行GEH(Geoffrey E Havers)统计分析^[21], 通过采集的数据信息和数学模型计算得到的数据对仿真模型进行参数修正, 进一步的提高模型的准确性, 其对应的GEH值均小于5.0, 进

一步验证了模型的有效性, 本模型满足实际道路建模要求.

2.4.2 基于仿真的效益分析

在确保仿真模型准确的情况下, 基于上述模型对道路A进行效益研究, 选取车辆通行时间、通行速度以及车辆延误为基本指标, 设置专用道前后各指标的变化情况如表3.

表3 道路A基于仿真模型的指标变化表

Table 3 Index changes of road A based on simulation model

	T_S/s	T_B/s	$V_C/(km·h^{-1})$	$V_B/(km·h^{-1})$	社会车辆延误时间/s	公交车辆延误时间/s
设置前	746	835	27.26	15.89	366	377
设置后	789	708	26.20	19.23	386	320
变化	5.36%	-15.21%	-3.89%	21.02%	5.46%	-15.12%

由表3可见, ①两次评价结果相近, 各项指标误差在允许范围内, 表明两种方法建模准确, 模型构造与该路段的特性相匹配; ②两种评价方法的分析结果基本吻合, 且设置专用道对社会车辆的通行影响较低, 表明在道路A设置公交专用道能显著提升道路通行效率; ③在使用调查数据提供信息的基础上, 通过数学模型提供的参数构建仿真模型, 能有效降低仿真模型的GEH值等评价指标, 提高模型精确性和科学性, 借助仿真软件的数据监测功能, 后续可用于研究其他评价指标的变化, 有助于深入研究设置公交专用道的效益问题.

3 基于优化模型参数的应用

3.1 优化模型应用的意义

效益评价的评价结果准确性取决于模型参数的准确性, 以往研究直接根据采集数据进行拟合, 这样标定的模型精度较低, 当需要更高精度数据时, 难以满足实际需求. 本研究通过对评价道路进行预先建模, 即选择相似道路先进行参数拟合, 得到符合该区域特性的模型与参数, 再利用完成优化的模

型重新对道路进行评价. 因此, 在道路A模型基础上, 选取相似道路B, 通过计算与仿真获得的模型参数, 对道路B设置公交专用道的效益进行评价.

3.2 道路条件简介

道路B选择广安门外大街, 其为双向6车道路, 道路饱和度为0.54, 该路段未设置公交专用道, 与道路A相连接, 两者具有相似的交通条件与区域特性, 道路相对位置如图2. 道路B满足设置公交专用道的基本条件^[22], 本研究直接将道路B最外侧的车道用于设置专用道, 采用路外-直线型停靠站, 停靠站间距等参数和实际道路相同.



图2 道路位置

Fig. 2 (Color online) Road location map

3.3 基于优化模型评价道路 B

经验证, 道路 A 的优化模型参数符合该区域的实际情况, 因此, 在道路 A 优化模型的基础上, 对道路 B 设置公交专用道进行效益评价, 评价详情见表 4. 可见, 在道路 B 上设置公交专用道, 可将公交车辆的行驶时间减少 7.63%、行驶速度提高 9.54%, 对公交车辆的通行具有积极作用, 但同时降低了社会车辆的通行效率, 社会车辆的行程时间增加 1.87%, 行驶速度降低 4.91%. 对于整个路网

而言, 增加了道路网的总消耗时间和车辆延误.

因此, ① 基于道路 B 的现有道路条件和交通条件, 在该路段设置公交专用道能小幅提高公交车车速, 并缩短行程时间, 但综合考虑工程误差等因素, 在现有条件下设置公交专用道的性价比较低; ② 该评价结果是基于优化模型的参数与实际采集数据综合分析得到的, 评价结果可靠性较高; ③ 两种评价方法的分析结果在误差允许范围内, 验证了模型的准确性, 模型符合该地区的交通特性.

表 4 道路 B 设置专用道前后指标变化表

Table 4 Index changes before and after the setting of road B

		T_s/s	T_B/s	总消耗 时间/s	人均消耗 时间/s	$V_C/$ ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	$V_B/$ ($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)	车辆延误 时间/s	车辆平均 停车次数
数学模型 评价方法	设置前	$1.179T_0$	$1.179T_0$	$2938.07T_0$	$1.179T_0$	28.39	17.42	107.6	
	设置后	$1.201T_0$	$1.089T_0$	$3090.90T_0$	$1.154T_0$	27.00	19.09	110.2	
	变化	1.87%	-7.63%	5.17%	-2.12%	-4.91%	9.54%	2.60%	
仿真模拟 评价方法	设置前	228	280			27.54	16.55	106.4	2.30
	设置后	234	267			26.56	18.17	109.6	2.14
	变化	2.81%	-4.96%			-3.56%	9.77%	3.01%	-7.48%

3.4 设置公交专用道的最佳饱和度

设置公交专用道满足基本条件^[23]并不能说明道路设置公交专用道具有高性价比. 由 3.3 节可知, 道路 B 满足设置公交专用道的基本条件, 但未能有效提升公共交通的通行效率, 规划公交专用道不仅需要耗费大量成本, 还需要对驾驶员进行教育. 因

此, 本研究基于已构建道路 B 的仿真模型^[24], 探究该道路设置专用道的最佳饱和度, 具体步骤为: ① 保持模型其他参数不变, 逐次改变道路 B 的道路饱和度; ② 采集和分析在不同饱和度情况下的车辆行驶速度、道路延误及行程时间等数据; ③ 寻求设置专用道的最佳饱和度. 仿真结果如图 3.

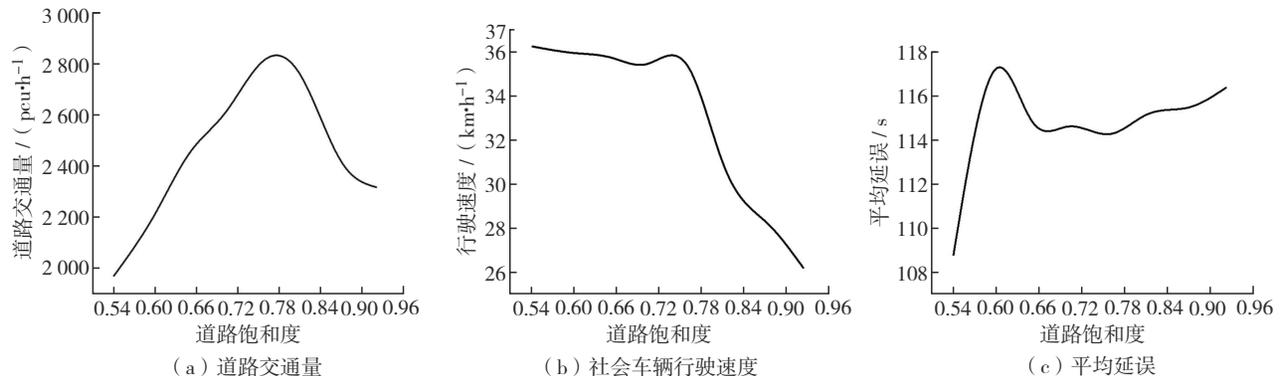


图 3 临界条件

Fig. 3 Critical point condition

由图 3 可见, 随着道路饱和度的逐步增加, 道路 B 的交通状况发生改变. 由于道路容量较大, 因此, 道路通行量先逐步增加, 达到顶峰后, 受到道路条件的限制以及车辆数量的影响, 车辆速度开始

下降, 道路通行量降低, 等待时间以及道路延误逐步增加. 经过综合分析, 当道路 B 的饱和度达到 0.76 时, 设置公交专用道具有显著效益, 此时设置公交专用道不仅对于社会车辆的影响较小, 而且能

够明显提升整条道路的运行效率。同理, 使用该方法也可以探究其他指标的最佳值。

结 语

本研究提出将数学理论模型和动态仿真模型相结合的综合评价分析方法, 可实现评价结果的互相验证, 有效提升最终评价结果的准确性, 并拓展效益评价过程中仿真模拟的功能性。将数学理论模型与动态仿真模型相结合进行公交专用道设置效益评价的研究, 可作为相互间数据可靠性的支撑, 该方法不仅可以评价已实施工程是否达到预期效果, 也能对即将设置专用道的道路进行预评价。以北京市西城区道路为案例, 设置专用道可大大提高道路通行效率。在现有研究基础上, 结合两种评价方法, 为城市实行公交优先策略提供理论支撑, 对充分发挥公共交通的优势具有积极影响, 也对未来公交专用道效益评价研究起到参考作用。

本研究模型参数的准确性还有待加强。实际道路的指标体系是一个整体, 各指标之间相互联系, 未来研究可采取指标综合评价方法。也可考虑进一步的加强数学模型和仿真模型之间数据的关联形式, 充分发挥各自方法的优势。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (51578040); 北京市属高校高水平教师队伍支持计划资助项目 (CIT&TCD20180324); 北京市教委科研计划资助项目 (KM202110016013)

作者简介: 林 坤 (1996—), 北京建筑大学硕士研究生。研究方向: 城市交通、公共交通。
E-mail: 2108521319088@stu.buea.edu.cn

引 文: 林 坤, 孙 煦, 白紫秀, 等. 公交专用道设置效益的分析评价方法[J]. 深圳大学学报理工版, 2022, 39(2): 201-208.

参考文献 / References:

- [1] ZHAO Fang, ZENG Xiaogang. Optimization of user and operator cost for large-scale transit network [J]. *Journal of Transportation Engineering*, 2007, 133(4): 240-251.
- [2] 陈 峻, 王 涛, 李春燕, 等. 城市公交车与社会车辆混合流速度模型及交通运行状态分析[J]. *中国公路学报*, 2012, 25(1): 128-134.
CHEN Jun, WANG Tao, LI Chunyan, et al. Speed models of mixed traffic flow on bus-car and vehicle and analysis of traffic running state [J]. *China Journal of Highway and Transport*, 2012, 25(1): 128-134. (in Chinese)
- [3] 宋现敏, 张明业, 李振建, 等. 动态公交专用道的设置及其仿真分析评价[J]. *吉林大学学报工学版*, 2020, 50(5): 1677-1686.
- SONG Xianming, ZHANG Mingye, LI Zhenjian, et al. Setting of dynamic bus lane and its simulation analysis and evaluation [J]. *Journal of Jilin University Engineering and Technology Edition*, 2020, 50(5): 1677-1686. (in Chinese)
- [4] 窦慧丽, 马万经, 王国华. 基于公交优先的单元交叉口车道信号协同配置模型[J]. *公路交通科技*, 2019, 36(11): 75-82.
DOU Huili, MA Wanjing, WANG Guohua. An integrated lane-marking and signal timing model for isolated intersection based on transit priority [J]. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 2019, 36(11): 75-82. (in Chinese)
- [5] 杨丽红. 限时公交专用道的交通效益评价[D]. 大连: 大连交通大学, 2016.
YANG Lihong. Traffic benefit evaluations of sub-period bus lanes [D]. Dalian: Dalian Jiaotong University, 2016. (in Chinese)
- [6] 刘昱岗, 徐宜河. 基于模糊综合评价的公交专用道的交通效益评价[J]. *公路工程*, 2015, 40(4): 193-201.
LIU Yugang, XU Yihe. Based on fuzzy comprehensive evaluation of traffic benefit of dedicated bus lanes [J]. *Highway Engineering*, 2015, 40(4): 193-201. (in Chinese)
- [7] 霍月英, 李文权. 基于改进因子评点法的公交专用道服务水平分级[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2018, 18(1): 152-157.
HUO Yueying, LI Wenquan. Level of service criteria of bus lane based on improved factor assessment method [J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2018, 18(1): 152-157. (in Chinese)
- [8] 刘海洋, 木 仁. 基于 Floyd 算法的公交专用车道设置路段分析[J]. *中国管理科学*, 2015, 23(增刊1): 257-261.
LIU Haiyang, MU Ren. The research on bus lane path setting based on Floyd algorithm [J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2015, 23(Suppl.1): 257-261. (in Chinese)
- [9] 陈 芳, 龙建成. 基于双层规划的城市公交专用道优化设计[J]. *合肥工业大学学报自然科学版*, 2016, 39(3): 296-302.
CHEN Fang, LONG Jiancheng. Optimum design of city bus lane based on bi-level programming [J]. *Journal of Heifei University of Technology*, 2016, 39(3): 296-302. (in Chinese)
- [10] 朱 琳, 于 雷, 赵娜乐, 等. 基于 INTEGRATION 的北京西三环公交专用道设置方案研究[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2011, 11(1): 50-55.

- ZHU Lin, YU Lei, ZHAO Nale, et al. Bus lane deployment alternatives on western 3rd ring-road expressway in Beijing based on INTEGRATION [J]. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*, 2011, 11(1): 50-55. (in Chinese)
- [11] 陈冠男, 陈艳艳, 吴克寒, 等. 基于Paramics的快速路公交专用道设置效果评价[J]. *道路交通与安全*, 2016, 16(1): 24-28.
- CHEN Guannan, CHEN Yanyan, WU Kehan, et al. Evaluation of performance of bus lanes on urban expressway using Paramics micro-simulation model [J]. *Journal of Transportation Engineering*, 2016, 16(1): 24-28. (in Chinese)
- [12] 苗齐壮, 孙凤英. 城市公交专用道效益评价及仿真[J]. *森林工程*, 2012, 28(2): 71-74.
- MIAO Qizhuang, SUN Fengying. Efficiency evaluation and simulation for city public transportation lanes [J]. *Forest Engineering*, 2012, 28(2): 71-74. (in Chinese)
- [13] 陈炯迪, 姜桂艳, 刘彬, 等. 公交专用道绿波信号协调控制及仿真[J]. *武汉理工大学学报交通科学与工程版*, 2015, 39(4): 837-841.
- CHEN Jiongdi, JIANG Guiyan, LIU Bin, et al. Green wave coordinated control and simulation of bus lanes [J]. *Journal of Wuhan University of Technology Transportation Science and Engineering*, 2015, 39(4): 837-841. (in Chinese)
- [14] YE Xinchun, MA Wanqing. Influence of access traffic on the operational efficiencies of bus lane and main road [J]. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2013, 96: 1648-1658.
- [15] 林晓辉. 公交专用道效益评价及仿真[J]. *交通科技与经济*, 2013, 15(6): 32-34, 39.
- LIN Xiaohui. Efficiency evaluation and simulation for bus lane [J]. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 2013, 15(6): 32-34, 39. (in Chinese)
- [16] 杨熙宇, 李鹏凯, 曹丽艳. 基于Vissim仿真的公交行程时间可靠性研究[J]. *交通信息与安全*, 2014, 32(4): 52-56.
- YANG Xiyu, LI Pengkai, CAO Liyan. Reliability of bus travel time based on Vissim simulation [J]. *Journal of Transport Information and Safety*, 2014, 32(4): 52-56. (in Chinese)
- [17] 黄娟. 城市公交专用道设计及评价研究[D]. 西安: 长安大学, 2011.
- HUANG Juan. Study on design and evaluation of bus lane [D]. Xi'an: Chang'an University, 2011. (in Chinese)
- [18] 黄艳君, 陈学武, 张卫华. 公交专用道设置前后路段交通流模型比较[J]. *华中科技大学学报城市科学*, 2003(4): 68-70.
- HUANG Yanjun, CHEN Xuewu, ZHANG Weihua. Comparison of traffic flow models before and after the setting of bus lanes [J]. *Journal of Huazhong University of Science and Technology Urban Science Edition*, 2003(4): 68-70. (in Chinese)
- [19] 沈旅欧, 刘好德. 信号交叉口控制延误算法的适应性研究[J]. *同济大学学报自然科学版*, 2012, 40(4): 559-563.
- SHEN Lvou, LIU Haode. Applicability study of different control delay calculation methods [J]. *Journal of Tongji University Natural Science*, 2012, 40(4): 559-563. (in Chinese)
- [20] 于泉, 王萌, 邓小惠. 基于正交试验法的单个信号交叉口仿真参数标定[J]. *公路交通科技*, 2012, 29(增刊1): 57-63.
- YU Quan, WANG Meng, DENG Xiaohui. Simulation parameter calibration of single signalized intersection based on orthogonal experiment method [J]. *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 2012, 29(Suppl. 1): 57-63. (in Chinese)
- [21] DOWLING R G, SKABARDONIS A, HALKIAS J, et al. Guidelines for calibration of microsimulation models: framework and applications [J]. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2004, 1876: 1-9.
- [22] 龚博文. 中小城市公交专用道布设及交通组织优化设计研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2017.
- GONG Bowen. Design and traffic organization optimization of bus lane on small and medium-sized city [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2017. (in Chinese)
- [23] 北京市质量技术监督局. 公交专用车道设置规范: DB11/T 1163-2015[S]. 北京: 北京市质量技术监督局, 2015.
- Beijing Quality and Technical Supervision. Public transportation lane setting standards: DB11/T 1163-2015 [S]. Beijing: Beijing Quality and Technical Supervision, 2015. (in Chinese)
- [24] 陈元朵, 徐建闽. 基于Vissim的广州快速公交系统交通仿真建模与分析[J]. *科学技术与工程*, 2010, 10(30): 7472-7476.
- CHEN Yuanduo, XU Jianmin. Modeling and analysis of traffic simulation of Guangzhou bus lane based on Vissim [J]. *Science Technology and Engineering*, 2010, 10(30): 7472-7476. (in Chinese)

【中文责编: 方圆; 英文责编: 淡紫】