

DOI: 10.13791/j.cnki.hsfwest.20210406

丁川, 张慧, 杨励雅, 等. 建成环境与交通需求管理的协同效应研究展望[J]. 西部人居环境学刊, 2021, 36(4): 45-51.

DING C, ZHANG H, YANG L Y, *et al.* Analysis of the Research Problem on the Synergistic Effect Between the Built Environment and Transportation Demand Management[J]. Journal of Human Settlements in West China, 2021, 36(4): 45-51.

建成环境与交通需求管理的协同效应研究展望

Analysis of the Research Problem on the Synergistic Effect Between the Built Environment and Transportation Demand Management

丁 川 张 慧 杨励雅 曹新宇 DING Chuan, ZHANG Hui, YANG Liya, CAO Xinyu

摘 要: 作为促进绿色出行的重要举措, 已有诸多研究分析建成环境或交通需求管理对出行行为的影响, 但大多数忽视了两者的协同作用。准确分析建成环境、交通需求管理对出行行为的影响机制, 以及其协同效应, 能够为促进我国大城市绿色出行、贯彻绿色发展理念提供理论支撑和精准施策依据。本文基于当前研究现状, 对建成环境与出行行为、交通需求管理与出行行为的影响, 以及建成环境和交通需求管理的协同作用研究进行了总结, 并结合我国大城市建成环境和居民出行特征对学术研究热点问题展开展望。

关键词: 土地利用; 交通需求管理; 阈值效应; 协同作用

中图分类号 TU984.11+6

文献标识码 B

文章编号 2095-6304(2021)04-45-07

作者简介

丁 川: 北京航空航天大学交通科学与工程学院, 副教授, 博士生导师

张 慧: 北京航空航天大学交通科学与工程学院, 硕士研究生

杨励雅: 中国人民大学公共管理学院, 教授

曹新宇(通讯作者): 美国明尼苏达大学公共事务学院, 教授, 博士生导师, cao@umn.edu

Abstract: Green travel refers to travel behavior that have little impact on the environment, including preferential choice of green transportation modes such as public transportation, bicycles, and walking. Advocating green travel is a realistic choice to alleviate traffic congestion in big cities and reduce the air pollution. It is also a strategic need to respond to the energy crisis and global climate change. Measures to promote green travel can be considered from two aspects: built environment planning and transportation demand management. The built environment plan aims to promote the transformation of residents' transportation options to green travel by creating a built environment for residential areas and main activity locations. Compared with built environment planning, transportation demand management can increase the proportion of green travel such as public transportation and slow traffic without changing the land layout. As two important measures to promote green travel, there have been many studies analyzing the impact of the built environment or transportation demand management on travel behavior, but most of them ignore the synergy between them. A better understanding of the impacts of the built environment and transportation demand management on travel behavior and their synergistic effects can provide theoretical support and nuanced policy implications for promoting green travel in large cities, and have academic significance for improving the basic scientific level of urban traffic planning and management. This paper summarizes previous studies on the impacts of the built environment and transportation demand management on travel behavior and the synergy between the built environment and transportation demand management. In light of the connections between built environment attributes and travel behavior in Chinese large cities, this study also offers some recommendations for future studies.

The built environment and transportation demand management are two key factors that affect residents' travel behavior. However, related researches on the built environment, transportation demand management, and travel behavior are far from meeting the requirements of fully and accurately describing and explaining the internal relationships of the three, and cannot support the scientific and accurate implementation of various travel policies. Accurate analysis of the impact of the built environment and transportation demand management on

travel behavior, as well as the threshold effect and synergy between the two on travel behavior, can provide theoretical support and accurate policy basis for promoting green travel in big cities. This paper summarizes previous studies on the impacts of the built environment and transportation demand management on travel behavior and the synergy between the built environment and transportation demand management. In the literature review of the research on the relationship between the built environment and travel behavior, this paper mainly explains the reasons for the current research controversy from four aspects: sample segmentation problems, modifiable area unit problem, nonlinear and threshold effect of the built environment, and modeling methods for built environment and green travel behavior. At present, there are many related studies analyzing the impact of transportation demand management policies on travel behavior and its effectiveness evaluation. This paper mainly reviews the previous literature from three aspects: travel cost, travel restriction, and effectiveness evaluation of transportation demand management policies. In addition, considering the development level of the city, the built environment, and the travel purposes of different residents, the general city will implement multiple transportation demand management policies at the same time, and there are also relevant studies that suggest multiple measures to be implemented at the same time. This paper summarizes the literatures that studied the simultaneous implementation of multiple transportation demand management policies. We also focus on the analysis of the synergy between the built environment and transportation demand management. A conceptual model diagram of the causal relationship between the built environment, travel attitude and green travel is drawn to visually explain the mutual effects. Although scholars have pointed out that the relationship between the built environment and transportation demand management is not a substitute, but there is a synergistic effect, there are few studies that consider the synergy between the built environment and transportation demand management at the same time. Analyzing the differential impact of built environment characteristics under different transportation scenarios can provide scientific guidance for coordinating built environment planning and transportation demand management measures. The relationship between the built environment and transportation demand management involves many factors and complex mechanisms. Although there are related researches, the current research results still cannot meet the requirements of accurately and fully describing and explaining the synergistic effects and evolution laws between the two. Based on the current research status, combined with the built environment of big cities and the characteristics of residents' travel, the following aspects need to be carried out urgently: 1) model analysis of the spatial scale and threshold effect of the built environment affecting green travel; 2) identification of psychological influencing variables and integration of theoretical frameworks into green travel behaviors of residents in large cities; 3) built environment, travel attitude, and causal sequence and evolution process identification of green travel.

Keywords: Land Use; Transportation Demand Management; Threshold Effect; Synergy Effect

0 引言

绿色出行是指对环境影响较小的出行行为,包括优先选择公共交通、自行车和步行等绿色交通方式^[1]。倡导绿色出行,是缓解大城市交通拥堵、降低大气污染水平的现实选择,亦是应对能源危机和全球气候变化的战略需要。2016年,北京和上海的新版城市总体规划提出了至2035年公交、自行车、步行等绿色出行比例不低于80%的目标;2019年,交通运输部等多部委联合印发《绿色出行行动计划(2019—2022)》,将提高公交、慢行交通等绿色出行水平作为深入贯彻党的十九大关于绿色发展理念的重要战略部署。

促进绿色出行的措施可以从建成环境规划和交通需求管理(transportation demand management, TDM)两个方面考虑。建成环

境规划旨在通过营造居住地及主要活动地点的建成环境促使居民的交通选择向绿色出行转变。美国的“新城市主义”“公交导向开发模式(transit-oriented development, TOD)”、欧洲的“紧凑发展”理念以及近年来我国的“窄路密网”发展模式,均提倡通过高密度发展、土地混合利用以及公交高可达性来减少小汽车使用并促进绿色出行^[2-3]。交通需求管理则是实行一系列政策来改变人们出行行为及观念,引导个体自觉选择绿色出行。相比建成环境规划,交通需求管理具有更高的“投入产出”效益,能够在不改变土地布局的前提下提升公交、慢行交通等绿色出行比例^[4-5]。交通需求管理在国外实践较多,如澳洲的“骑行通勤日计划”^[6]、美国波特兰的“精明出行计划”^[7]等,以及新加坡的机动车使用调控政策。新加坡已于1998年成为全球首个通过电子道

路收费解决交通拥堵的城市,此后也一直不断巩固和完善收费和拥车证制度,并加强其他配套政策。鉴于上述两类措施可能的互补协同效应,建成环境规划与交通需求管理的协同施策思路也开始被关注。澳洲^[8]和美国^[9]的实证研究发现“绿色出行营销计划”在TOD社区的实施效果优于在低密度和功能单一社区的实施效果。

建成环境措施、交通需求管理措施以及两者协同措施构成各国促进绿色出行的政策体系,但政策效果却时常遭受质疑。例如,蒂拉约特·利马诺德(Thirayoot Limanond)和黛比·尼迈尔(Debbie A. Niemeier)^[10]、马克·史蒂文斯(Mark R Stevens)^[11]认为“紧凑发展”模式对绿色出行的促进微乎其微;又如,北京市近年来持续开展“绿色出行月”“公益骑行活动”等绿色出行促进活动,但自2015年至2017年自行

车出行比例不升反降^[12]。各类政策的制定须建立在对其背后机理和规律的精准把握之上。具体而言,建成环境规划的科学实施需要施策者精准把握建成环境与出行行为的关联机制,例如了解建成环境变量对出行行为的非线性及阈值效应;交通需求管理的科学实施,需要施策者明确政策的效用以及政策间的相互作用。建成环境规划与交通需求管理的协同措施,还需进一步明确建成环境与交通需求管理政策的交互机理及其对出行行为的叠加效应。

建成环境与交通需求管理是影响居民出行行为的两大关键因素。然而国内外有关建成环境、交通需求管理与出行行为的相关研究远未达到充分准确地描述、解释三者内在关联机制的要求,无法支撑各类出行政策的科学精准实施。建成环境与出行行为的关系研究,起步较早且成果丰硕,但迄今为止相关研究结论仍存在大量争议和矛盾,对实践的指导意义有限^[11];建成环境与交通需求管理的阈值及协同效应研究,起步相对较晚,理论基础零散,缺乏系统的分析框架,理论方法体系亟待丰富与完善。此外,由于国内外在城市化水平、机动化发展阶段与居民出行习惯等方面存在较大差异,国外研究成果无法照搬应用。

准确分析建成环境、交通需求管理对出行行为的影响机制,以及两者对出行行为的阈值效应和协同作用,能够为促进我国大城市绿色出行、贯彻绿色发展理念提供理论支撑和精准施策依据,同时对厘清建成环境与出行行为领域研究争议、促进学科融合发展,提升我国城市交通规划与管理的基础科学水平具有学术意义。本文对建成环境对出行行为、交通需求管理对出行行为的影响以及建成环境和交通需求管理的协同作用研究进行了总结,并结合我国大城市建成环境和居民出行特征对学术研究热点问题展望。

1 建成环境与出行行为关系研究综述

近几十年来,建成环境与出行行为关系一直是交通工程、城市规划、城市地理等诸多领域的研究热点,然而丰硕的研究成果对

实践的指导意义却十分有限,其原因是“建成环境和出行行为研究领域,不同研究常常得出不同甚至相矛盾的结论”^[11]。例如,孙斌栋等^[13]认为高密度混合土地利用能大幅削减小汽车使用,促进公交、骑行、步行等绿色出行;马特(K Maat)和蒂默曼斯(H Timmermans)^[14]、罗伯特·诺兰(Robert B. Noland)和托马斯(J V Thomas)^[15]、拉克蒂姆·米特拉(Raktim Mitra)^[16]、迈克尔·曼维尔(Michael Manville)等^[17]持相反观点,认为“紧凑发展”等策略反而会带来更多的小汽车使用和更长的出行距离;乔·韦伯(Joe Weber)和关美宝(Mei-Po Kwan)^[18]、蒂拉约特·利马诺德(Thirayoot Limanond)和黛比·尼迈尔(Debbie A. Niemeier)^[10]认为建成环境对绿色出行行为的影响微乎其微。寻找“研究结论不一致”的原因,并在建成环境与出行行为研究中系统、充分地考虑这些因素,是厘清建成环境与出行行为关系机理,完善二者关系理论与方法框架的关键。一些被学界认可但尚未被充分探究的可能原因包括:样本细分问题、可变面积单元问题、阈值效应和建模技术。

第一,样本细分问题。剖析以往文献资料,或以工作/上学为目的的通勤出行行为研究对象^[13, 16],或以购物为目的的休闲出行行为研究对象^[10],有的则未对出行目的加以区分^[14]。因此可提出合理假设:建成环境与出行行为之间的关系可能受到出行目的的影响。然而这一影响的具体机制仍缺乏深入剖析和实证。此外,不同细分方式因活动尺度不同对建成环境的依赖程度亦可能具有差别^[16, 19]。从出行方式、出行目的等不同维度细分样本,检验建成环境对不同样本的影响,将有助于厘清当前的研究争议。

第二,可变面积单元问题(the modifiable area unit problem, MAUP)。MAUP是指由于空间数据聚合的空间尺度和标准不同而导致分析结果不同的问题^[20]。对MAUP的研究主要集中在地理学领域,在建成环境与交通出行研究中通常被忽视。尽管现有研究可区分为城市层面^[21-22]、社区层面^[23-24]或街区层面^[25],但这些研究通常是将尺度作为一种类别而非空间特征,并非是对MAUP问题的探讨。在建成环境和出行行为领域,真正意义上展开MAUP研

究的有拉克蒂姆·米特拉(Raktim Mitra)和荣·布良(Ron Buliung)^[16]、洪金铉(Jinhyun Hong)等^[26]、安德鲁·克拉克(Andrew F. Clark)和达伦·斯科特(Darren Scott)^[27]。如,洪金铉等比较了交通分析区(traffic analysis zone)和居住地周边1 km缓冲区范围建成环境对小汽车出行距离(VMT)的影响,并发现VMT对交通分析区范围内的空间变量更加敏感。上述研究证实了建成环境与出行行为关系的空间尺度效应,但尚未触及空间尺度效应产生的深层机理与规律。通过细分出行目的和出行方式,寻找各细分空间行为与建成变量空间尺度的关联规律,揭示建成环境空间尺度效应的发生机理应作为未来研究的方向之一。

第三,建成环境的阈值效应。以往研究通常假设建成环境与出行行为之间为线性关系^[28]或预先设定的非线性关系^[29],这些假设会影响建成环境变量对出行行为影响有效范围的判断。准确分析建成环境的阈值效应有助于在实际规划中的实践应用。比如,高密度有利于促进绿色出行,但随着密度的增加规划建设成本也在增加。如果规划师把握密度的阈值效应,他们就可以在密度的有效范围内提高密度,以获得对出行行为的最佳影响。当前有相关研究证实了建成环境的阈值效应。严贤珠(Hyunjoo Eom)和赵基孝(Gi-Hyoung Cho)^[30]、丁川等^[9]对分别对韩国首尔和美国华盛顿特区的研究发现建成环境变量对绿色出行的边际效应存在递减现象,即当建成环境变量取值超过某一“阈值”后对绿色出行的促进作用将不再显著,甚至产生阻碍作用。丁川等^[31]利用奥斯陆的数据研究了建成环境变量对行驶距离的非线性影响关系,他们发现人口密度的有效影响范围是30人/hm²。陶涛等^[32]研究发现建成环境变量对慢行出行行为的影响存在着阈值效应,并且非线性模式随着自变量的变化而变化。在我国大城市高密度开发背景下,“阈值”测定对于指导“TOD”及“窄路密网”等政策实践具有重要启示,结合前述样本细分与可变单元面积问题,测定不同空间尺度下建成环境的效应区间和阈值范围,有望获得更具启发性和政策价值的研究结论。

第四,建模技术及方法。上述各效应的精准识别有赖于科学的建模方法与技术。

目前出行行为领域常用的建模技术有多项/有序Logit模型^[16, 33]、分层Logit模型^[34-35]、分层线性模型^[26, 36]等。然而,由于空间相关性的存在,备选方案之间、因变量(或模型误差项)在邻近区域及相似区域不再相互独立,上述传统模型无法刻画空间相关性,易导致估计结果的偏误。设计并求解能够刻画各类空间相关性的模型结构亦是该领域的研究重点。例如,孙斌栋等^[13]在研究上海市建成环境变量对居民通勤方式和出行距离的影响时,采用了基于Coupla分布的联合选择模型来捕捉备选方案之间的相关性;刁弼等^[37]在研究轨道交通建设的经济社会影响时在模型中引入因变量的空间滞后项和空间误差项以刻画空间相关性。近年来,随着大数据和人工智能等技术的发展,基于机器学习的方法也逐渐被引入到建成环境与出行行为的研究中。例如,涂梅婷(Tu Meiting)^[38]等利用梯度提升决策树的方法分析了建成环境对拼车出行的非线性影响问题;程龙(Cheng Long)等构建随机森林模型分析建成环境对步行的非线性作用^[39];丁川等^[40]应用梯度提升决策树研究建筑环境变量对客流量的非线性影响,并利用华盛顿地区的地铁数据进行实证研究。

2 交通需求管理与出行行为关系研究综述

出行行为不仅受到建成环境的影响,还会受到交通需求管理的影响,例如提倡拼车、公共交通、拥堵收费等绿色出行支持性政策。相比建成环境,交通需求管理旨在需求侧降低出行需求及对小汽车的依赖,能够在不改变土地布局前提下减少小汽车出行,促进绿色出行,具有更高的“投入产出”效益。在国内,如北京的单双号限行政策、车辆限购政策以及停车收费政策,上海的牌照拍卖政策,香港的“燃油税”等。

当前已有较多分析交通需求管理政策对出行行为的影响及其有效性评估的相关研究。在汽车或公共交通使用成本方面,周江平^[41]在对加州大学洛杉矶分校的学生出行行为研究中发现,拥有折扣公交卡对其选择汽车出行呈负相关关系。而上海的交通补贴(向员工发放现金补贴)增加了汽车保有

量,降低了员工公共交通的出行选择^[42]。图巴·基拉乌兹(Tuba Kilavuz)和雷杰普·基斯拉(Recep Kisla)^[43]提出了一种拥堵收费以及促进高运输率车辆应用的需求管理策略,以减少小汽车的使用,促进绿色出行。在限制出行方面,穆罕默德·法尔达(Muhammad Farda)和钱德拉·巴利耶帕利(Chandra Balijepalli)^[44]根据印度尼西亚万隆道路网和起点目的地矩阵模拟了高峰时段实行无车日和单双号限行两种需求管理政策措施对交通拥堵和环境的影响。在对交通需求管理政策有效性评估方面,唐纳德·舒普(Donald Shoup)^[45]利用加州数据研究发现,取消工作地免费停车的措施减少了17%的私家小汽车驾驶量。露西亚·罗塔里斯(Lucia Rotaris)和罗密欧·丹尼尔斯(Romeo Danielis)^[46]对意大利的里雅斯特大学的九种假设交通政策的有效性和效率进行评估,发现补贴公共交通费用是最有效的政策。

综合考虑城市的发展水平、建成环境以及不同居民出行目的等情况,一般城市会同时实行多个交通需求管理政策,同时也有相关研究建议多个措施同时实施^[47]。尼尔·索普(Neil Thorpe)等^[48]对两个城市数据研究发现不同的交通需求管理政策在对公众接受程度上会产生相互影响,并且同时改善公共交通设施和实行道路收费能够更有效降低私家车使用频率。卡罗琳·奥法伦(Carolyn O' Fallon)等^[49]调查了新西兰三个城市11项交通需求管理政策对居民高峰时刻驾驶私家车上上班或上学的潜在影响,认为单一政策的特征可能对不同人群存在不同限制,同时实施多个交通需求管理政策可以涵盖更多的人群。若昂·维埃拉(João Vieira)等^[50]对14个交通需求管理政策的优

缺点以及实施限制进行了评估,并对两两实施中的潜在协同效应进行了分析。

3 建成环境与交通需求管理的协同效应解析

建成环境与交通需求管理之间存在深刻互动关系。一方面,由于交通需求管理措施如停车是否收费会改变建成环境变量如公交站点密度对出行行为的影响程度,即交通需求管理政策导向(交通需求—建成环境);另一方面,同样的交通需求管理政策下,建成环境的不同也会影响交通需求管理对出行行为的影响机制,即(建成环境—交通需求)。两类效应的强度大小,决定建成环境和交通需求管理在影响绿色出行行为中的相对重要性,根据其相对重要性可以分为“交通需求管理”主导型、“建成环境”主导型和“交通需求管理”与“建成环境”共同主导型如图1所示。研究两类效应的发生条件及其与出行行为的关系,对揭示绿色出行行为发生机理具有重要意义。

第一,政策导向问题。建成环境特征不变的情况下,不同的交通需求管理政策会改变建成环境对出行行为的影响程度。丁川等^[9]对建成环境和交通需求管理的研究中发现,建成环境变量对汽车出行选择的影响因交通需求管理政策的存在而产生明显差异。当目的地停车免费时,居住地和就业地的建成环境变量的影响是有限的;当停车收费时,建成环境会对出行的选择产生更大的影响。沙赫扎德·霍斯拉维(Shahzad Khosravi)等^[51]建立系统动力学模型评估交通需求管理有效性发现,与定价措施同步完成地铁网络建设,是未来促进绿色出行、降低能源消

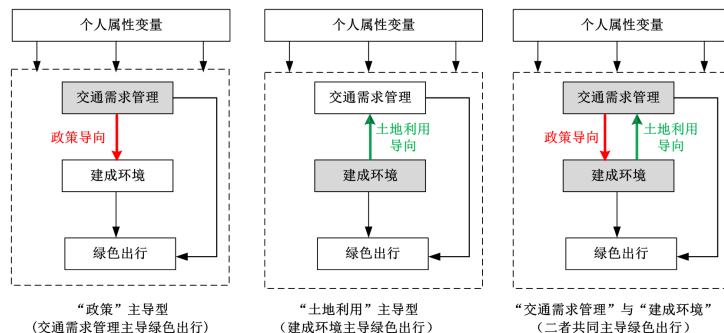


图1 建成环境与交通需求管理的协同效应框架

Fig.1 framework of synergistic effect between the built environment and transportation demand management

耗、减少空气污染的最优组合措施。

第二,土地利用导向问题。同样的交通需求管理在不同地区的效应是不同的,即建成环境变量会改变交通需求管理对出行行为的影响效果。郭湛(Zhan Guo)等^[52]研究了波特兰交通拥堵收费政策和土地利用之间的关系,发现两者是相互支持而不是替代的关系,并且交通拥堵收费对城市地区减少汽车行驶里程的影响要比郊区更大。此外,对汽油价格与建成环境之间的研究发现,在人口密度较高的城市地区,汽油价格对公共交通客流量的影响更大^[53]。张文佳等^[54]分析土地利用特征和定价政策对居民非工作出行方式选择的影响以及相互作用时发现,在人行道密度较高、交通便利的地区,定价政策对减少驾驶更加有效。在建成环境有利于增加车辆行驶里程的地区,实施相关的交通需求管理措施对于降低车辆行驶里程更加明显^[55]。

尽管已有学者指出建成环境与交通需求管理之间并不是替代关系,而是存在着协同效应,但同时考虑建成环境和交通需求管理的协同作用的研究也比较少。分析不同交通场景下建成环境特征的差异影响,可以为协调建成环境规划和交通需求管理措施提供科学的指导。

4 研究展望

建成环境与交通需求管理之间的关系涉及因素众多、机理复杂。尽管国内外已有相关研究,但目前的研究成果仍无法达到准确充分地描述、解释两者之间协同效应及演变规律的要求。基于国内外研究现状,并结合我国大城市建成环境和居民出行特征,以下几方面工作亟待开展。

第一,建成环境影响绿色出行的空间尺度效应和阈值效应的模型刻画和机理解析。绿色出行被视为发生在一定建成环境上的空间行为,各类绿色出行行为在相邻区域或相似区域(基于某些经济社会变量或建成环境变量)存在空间相关性,因此在构建绿色出行与建成环境关系模型以及绿色出行方式的离散选择模型时,均不宜采用传统logit模型和基于OLS的线性回归模型。为精准识别建成环境的最优空间尺度及阈值范

围,根据数据结构构建能够刻画备选方案之间、因变量之间以及随机误差项之间空间相关性的模型结构,应作为未来研究的重点。

进一步,在改进模型技术的支持下,解析样本异质效应、空间尺度效应与阈值效应对“建成环境与绿色出行”关系的影响机制亦是未来研究的重点。尽管已有研究证实了建成环境空间尺度效应的存在,但是不同目的、不同出行方式对应的建成环境尺度效应是否一致、有无规律可循,目前尚不明确;不同空间尺度下的建成环境影响绿色出行的有效区间和阈值范围是否一致、有无规律可循,亦不明确。有必要将各类效应结合起来系统研究,挖掘各细分行为与建成环境变量空间尺度、阈值范围之间的关联规律,测定不同空间尺度下建成环境影响绿色出行的有效区间和阈值范围,深度揭示各类效应的发生规律及其对“建成环境—绿色出行”关系的影响机制。

第二,交通需求管理政策整合及多个需求管理政策互动作用分析。每个交通需求管理政策都以其自身特征对居民出行产生不同的影响,都有各自实施的优缺点及对不同人群的限制。同时实施多个需求管理政策可能会比单一政策更加有效,由于存在相互作用,多项政策同时实施的效果并不等同于单一政策的叠加效果,如何有效整合和实施不同政策是当前研究中的一个难题。整合交通需求管理政策,准确分析不同交通政策之间的相互作用机制,了解同时实施多种政策的协同效果,形成科学理论体系,能够为各类出行政策的科学精准实施提供支撑。

第三,建成环境、交通需求管理与出行行为的因果次序与协同关系识别。建成环境与交通需求管理之间存在双向互动关系。其中,交通需求管理对建成环境的影响(即政策导向问题)是建成环境与出行行为领域的研究焦点,以往研究存在研究假设与现实差距较大、缺乏多时点分析等问题;建成环境对交通需求管理的反作用(即土地利用导向)则通常被忽略,在建成环境高速发展的中国大城市,忽视这种反作用将会导致研究结果的偏误。未来研究,一方面需要综合考虑两种效应,构建能够刻画二者互动关系的建成环境、交通需求管理与绿色出行的因果次序模型结构,通过检验不同细分样本群对

模型次序结构的拟合程度,识别建成环境、交通需求管理与绿色出行在不同样本中的因果次序类别;另一方面,需要开展多时点数据调查,结合多阶段面板数据分析技术,识别建成环境与交通需求管理在不同时点的互动机制及对绿色出行行为的影响,明确个体层面建成环境、交通需求管理与出行行为随时间推移的演化过程,深度揭示建成环境、交通需求管理与绿色出行的动态关联机制。

参考文献:

- [1] BAMBERG S. Changing Environmentally Harmful Behaviors: A Stage Model of Self-Regulated Behavioral Change[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2013, 34(4): 151-159.
- [2] 彼得·卡尔索普. 未来美国大都市: 生态, 社区和美国梦[M]. 郭亮, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.
- [3] CALTHORPE P. The Next American Metropolis: Ecology, Community, and the American Dream[M]. GUO L, trans. Beijing: China Architecture & Building Press, 2009.
- [4] ACKER V V, WEE B V, WITLOX F. When Transport Geography Meets Social Psychology: Toward a Conceptual Model of Travel Behaviour[J]. *Transport Reviews*, 2010, 30(2): 219-240.
- [5] BRÖG W. Individualized Marketing: Implications for Transportation Demand Management[J]. *Transportation Research Record*, 1998, 1618(1): 116-121.
- [6] ERIKSSON L, FORWARD S E. Is the Intention to Travel in a Pro-Environmental Manner and the Intention to Use the Car Determined by Different Factors?[J]. *Transportation Research Part D*, 2011, 16(5): 372-376.
- [7] MA L, MULLEY C, LIU W. Social Marketing and the Built Environment: What Matters for Travel Behaviour Change?[J]. *Transportation*, 2017, 44(5): 1147-1167.
- [7] DILL J, MOHR C. Long-Term Evaluation of Individualized Marketing Programs for Travel Demand

- Management[Z]. OTREC-RR-10-08. Portland: Transportation Research and Education Center, 2010.
- [8] MULLEY C, MA L. How the Longer Term Success of a Social Marketing Program is Influenced by Socio-Demographics and the Built Environment[J]. *Transportation*, 2018, 45: 291-309.
- [9] DING C, CAO X, WANG Y. Synergistic Effects of the Built Environment and Commuting Programs on Commute Mode Choice[J]. *Transportation Research Part A*, 2018, 118: 104-118.
- [10] LIMANOND T, NIEMEIER D A. Effect of Land Use on Decisions of Shopping Tour Generation: A Case Study of Three Traditional Neighborhoods in WA[J]. *Transportation*, 2004, 31(2): 153-181.
- [11] STEVENS M R. Does Compact Development Make People Drive Less?[J]. *Journal of the American Planning Association*, 2017, 83: 7-19.
- [12] 郭继孚, 李先. 北京交通发展年报(2018年度)[M]. 北京交通发展研究院, 2019.
- GUO J F, LI X. Beijing Transportation Development Annual Report (2018)[M]. Beijing Transport Institute, 2019.
- [13] SUN B, ERMAGUN A, DAN B. Built Environmental Impacts on Commuting Mode Choice and Distance: Evidence from Shanghai[J]. *Transportation Research Part D*, 2016, 52B: 441-453.
- [14] MAAT K, TIMMERMANS H. Influence of Land Use on Tour Complexity: A Dutch Case[J]. *Transportation Research Record*, 2006, 1977: 234-241.
- [15] NOLAND R B, THOMAS J V. Multivariate Analysis of Trip-Chaining Behavior[J]. *Environment and Planning B*, 2007, 34: 953-970.
- [16] MITRA R, BULIUNG R, ROORDA M. Built Environment and School Travel Mode Choice in Toronto, Canada[J]. *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, 2010, 2156: 2150-2159.
- [17] MANVILLE M, BEATA A, SHOUP D. Turning Housing into Driving: Parking Requirements and Density in Los Angeles and New York[J]. *Housing Policy Debate*, 2013, 23(2): 350-375.
- [18] WEBER J, KWAN M P. Evaluating the Effects of Geographic Contexts on Individual Accessibility: A Multilevel Approach[J]. *Urban Geography*, 2003, 24(8): 647-671.
- [19] LIANG M, CAO J, AXHAUSEN K W. How Perceptions Mediate the Effects of the Built Environment on Travel Behavior?[J]. *Transportation*, 2019, 46, 175-197.
- [20] OPENSHAW S. The Modifiable Areal Unit Problem[M]. Norwich: Geo Books, 1984.
- [21] 潘海啸. 后世博上海低碳城市的交通与土地使5D模式[J]. *上海城市规划*, 2011(1): 27-32.
- PAN H X. Post-Expo Shanghai's Low-Carbon City Traffic and Land Use 5D Model[J]. *Shanghai City Planning*, 2011(1): 27-32.
- [22] MOHAJERI N, GUDMUNDSSON A, FRENCH J R. CO₂ Emissions in Relation to Street-Network Configuration and City Size[J]. *Transportation Research Part D*, 2015, 35: 116-129.
- [23] 张艳, 柴彦威. 基于居住区比较的北京城市通勤研究[J]. *地理研究*, 2009(5): 1327-1340.
- ZHANG Y, CHAI Y W. Characteristics of Commuting Pattern in Beijing: Based on the Comparison of Different Urban Residential Areas[J]. *Geographical Research*, 2009(5): 1327-1340.
- [24] MAJID M R, NORDIN A N, MEDUGU I N. Influence of Housing Development Designs on Household Vehicle Miles Traveled: A Case of Iskandar Malaysia[J]. *Transportation Research Part D*, 2014, 33: 63-73.
- [25] 韦亚平, 潘聪林. 大城市街区土地利用特征与居民通勤方式研究——以杭州城西为例[J]. *城市规划*, 2012(3): 76-84.
- WEI Y P, PAN C L. Urban Land-Use Characteristics and Commuters' Travel Pattern: A Case Study of West Hangzhou[J]. *City Planning Review*, 2012(3): 76-84.
- [26] HONG J, SHEN Q, LEI Z. How do Built-Environment Factors Affect Travel Behavior? A Spatial Analysis at Different Geographic Scales[J]. *Transportation*, 2014, 41(3): 419-440.
- [27] CLARK A, SCOTT D. Understanding the Impact of the Modifiable Areal Unit Problem on the Relationship Between Active Travel and the Built Environment[J]. *Urban Studies*, 2013, 51(2): 284-299.
- [28] BOARNET M G, GREENWALD M, MCMILLAN T E. Walking, Urban Design, and Health: Toward a Cost-Benefit Analysis Framework[J]. *Journal of Planning Education & Research*, 2008, 27(3): 341-358.
- [29] HEESCH K C, GILES-CORTI B, TURRELL G. Cycling for Transport and Recreation: Associations with the Socio-Economic, Natural and Built Environment[J]. *Health & Place*, 2015, 36: 152-161.
- [30] EOM H, CHO G. Exploring Thresholds of Built Environment Characteristics for Walkable Communities: Empirical Evidence from the Seoul Metropolitan Area[J]. *Transportation Research Part D*, 2015, 40: 76-86.
- [31] DING C, CAO X J, NAESS P. Applying Gradient Boosting Decision Trees to Examine Non-Linear Effects of the Built Environment on Driving Distance in Oslo[J]. *Transportation Research Part A*, 2018, 110: 107-117.
- [32] TAO T, WU X, CAO J, *et al.* Exploring the Nonlinear Relationship Between the Built Environment and Active Travel in

- the Twin Cities[J]. *Journal of Planning Education and Research*, 2020(1): 1-16.
- [33] MA J, MITCHELL G, HEPPENSTALL A. Daily Travel Behaviour in Beijing, China: An Analysis of Workers' Trip Chains, and the Role of Socio-Demographics and Urban Form[J]. *Habitat International*, 2014, 43: 263-273.
- [34] HO C, MULLEY C. Tour-Based Mode Choice of Joint Household Travel Patterns on Weekend and Weekday[J]. *Transportation*, 2013, 40(4): 789-811.
- [35] YANG L, SHEN Q, LI Z. Comparing Travel Mode and Trip Chain Choices Between Holidays and Weekdays[J]. *Transportation Research Part A*, 2016, 91(9): 273-285.
- [36] ELLDER E. Residential Location and Daily Travel Distances: The Influence of Trip Purpose[J]. *Journal of Transport Geography*, 2014, 34(1): 121-130.
- [37] DIAO M, LEONARD D, SING T F. Spatial-Difference-in-Differences Models for Impact of New Mass Rapid Transit Line on Private Housing Values[J]. *Regional Science and Urban Economics*, 2017, 67: 64-77.
- [38] TU M, LI W X, ORFILA O, *et al.* Exploring Nonlinear Effects of the Built Environment on Ridesplitting: Evidence from Chengdu[J]. *Transportation Research Part D*, 2021, 93, 102776.
- [39] CHENG L, VOS J D, ZHAO P, *et al.* Examining Non-Linear Built Environment Effects on Elderly's Walking: A Random Forest Approach[J]. *Transportation Research Part D*, 2020, 88: 102552.
- [40] DING C, CAO X, LIU C. How does the Station-Area Built Environment Influence Metrorail Ridership? Using Gradient Boosting Decision Trees to Identify Non-Linear Thresholds[J]. *Journal of Transport Geography*, 2019, 77: 70-78.
- [41] ZHOU J. Sustainable Commute in a Car-Dominant City: Factors Affecting Alternative Mode Choices Among University Students[J]. *Transportation Research Part A*, 2012, 46(7): 1013-1029.
- [42] SHEN Q, CHEN P, PAN H. Factors Affecting Car Ownership and Mode Choice in Rail Transit-Supported Suburbs of A Large Chinese City[J]. *Transportation Research Part A*, 2016, 94: 31-44.
- [43] KILAVUZ T, KISLA R. Demand Management Methods for the Environment Oriented Hybrid Traffic System to be Implemented in Istanbul[J]. *Transportation Research Procedia*, 2016, 14: 3380-3389.
- [44] MUHAMMAD F, CHANDRA B. Exploring the Effectiveness of Demand Management Policy in Reducing Traffic Congestion and Environmental Pollution: Car-Free Day and Odd-Even Plate Measures For Bandung City in Indonesia[J]. *Case Studies on Transport Policy*, 2018, 6(4): 577-590.
- [45] SHOUP D C. Evaluating the Effects of Cashing Out Employer-Paid Parking: Eight Case Studies[J]. *Transport Policy*, 1997, 4(4): 201-216.
- [46] ROTARIS L, DANIELIS R. Commuting to College: The Effectiveness and Social Efficiency of Transportation Demand Management Policies[J]. *Transport Policy*, 2015, 44: 158-168.
- [47] MARSHALL S, BANISTER D. Travel Reduction Strategies: Intentions and Outcomes[J]. *Transportation Research Part A*, 2000, 34(5): 321-338.
- [48] THORPE N, HILLS P, JAENSIRISAK S. Public Attitudes to TDM Measures: A Comparative Study[J]. *Transport Policy*, 2008, 7(4): 243-257.
- [49] O'FALLON C, SULLIVAN C, HENSHER A D. Constraints Affecting Mode Choices by Morning Car Commuters[J]. *Transport Policy*, 2004, 11(1): 17-29.
- [50] VIEIRA J, MOURA F, VIEGAS J M. Transport Policy and Environmental Impacts: The Importance of Multi-Instrumentality in Policy Integration[J]. *Transport Policy*, 2007, 14(5): 421-432.
- [51] KHOSRAVI S, HAGHSHEENAS H, SALEHI V. Macro-Scale Evaluation of Urban Transportation Demand Management Policies in CBD by Using System Dynamics Case Study: Isfahan CBD[J]. *Transportation Research Procedia*, 2020, 48: 2671-2689.
- [52] GUO Z, AGRAWAL A W, DILL J. Are Land Use Planning and Congestion Pricing Mutually Supportive?[J]. *Journal of the American Planning Association*, 2011, 77(3): 232-250.
- [53] LEE B, LEE Y. Complementary Pricing and Land Use Policies: Does It Lead to Higher Transit Use?[J]. *Journal of the American Planning Association*, 2013, 79(4): 314-328.
- [54] ZHANG W, ZHANG M. Incorporating Land Use and Pricing Policies for Reducing Car Dependence: Analytical Framework and Empirical Evidence[J]. *Urban Studies*, 2018, 55(13): 3012-3033.
- [55] MULLEY C, MA L. How the Longer Term Success of a Social Marketing Program is Influenced by Socio-Demographics and the Built Environment[J]. *Transportation*, 2018, 45(2): 291-309.

图表来源:
图1: 作者绘制

收稿日期: 2021-04-30
(编辑: 田洁)