

多种交通方式下的城市空间分配

On the Allocation of City Space to Multiple Transport Modes

Eric J. Gonzales¹, Nikolas Geroliminis², Michael J. Cassidy¹, Carlos F. Daganzo¹ 著, 李长波³ 译

(1.美国加州大学伯克利分校交通研究院,加利福尼亚州 94720;2.瑞士洛桑联邦高等理工学院环境、建筑与土木工程学院,洛桑 CH-1015;3.中国城市规划设计研究院,北京 100037)

Written by Eric J. Gonzales¹, Nikolas Geroliminis², Michael J. Cassidy¹, Carlos F. Daganzo¹, Translated by Li Changbo³

(1. Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, CA 94720, USA; 2. School of Architecture, Civil and Environmental Engineering, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne CH-1015, Switzerland; 3. China Academy of Urban Planning & Design, Beijing 100037, China)

摘要: 从集计角度分析了运行多种交通方式的都市交通系统。利用目前已受关注的宏观基本图(简称MFD),描述城市交通的整体特性。以旧金山某区为例,使用现有数据,通过仿真论证如何应用MFD监管真实交通网络。然后讨论了同一路网中不同交通方式间如何相互作用,以及如何将这些作用纳入包含多种交通方式路网的MFD。研究得到的两个主要结论是:1)证实了已有研究猜想——对市区拥挤区域限行,可提高包括被限行者在内的所有出行者的机动性;2)为公交方式提供专用道路空间可提高所有交通方式的可达性。

Abstract: This paper analyzes urban multimodal transportation systems in an aggregated way. To describe the aggregate behavior of traffic in cities, use is made of an idea that is now receiving some attention: the macroscopic fundamental diagram (MFD). We demonstrate through simulation how the MFD can be used to monitor and control a real network, in this case a portion of San Francisco, using readily available input data. We then show how different modes interact on the same network and discuss how these interactions might be incorporated into an MFD for multimodal networks. The work unveils two main results: first, it confirms recent results showing that restricting access to a city's congested areas can improve mobility for all travelers, including those who endure the restrictions; and second, that dedicating street space to collective transportation modes can improve accessibility for all modes, even those from which space is taken away.

关键词: 拥挤;宏观基本图;多种交通方式;旧金山

Keywords: congestion; macroscopic fundamental diagram; multimodal traffic; San Francisco

中图分类号: TU984.11³

文献标识码: A

收稿日期: 2012-02-13

作者简介: Eric J. Gonzales, 男, 博士, 主要研究方向: 城市交通系统的运营、管理与设计。E-mail: gonzales@berkeley.edu

译者简介: 李长波(1979—), 男, 山东利津人, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 城市交通规划。E-mail: licb@caupd.com

文章来源: Transportation Planning and Technology, 2010年12月, 第33卷第8期 643-656页, Taylor & Francis Group, <http://dx.doi.org/10.1080/03081060.2010.527171>

1 研究背景

由于人们对工作、购物、教育、医疗、社交等活动的可达性需求日益提高,使得城市快速发展、机动化程度迅速提高。同时,随着人口的不断增加,有限的城市空间越来越难以满足交通需求,因此,有必要研究精细化的城市空间分配方法,以及如何借由空间分配提高人们的可达性。最终,要实现的一个重要目标是:明确不同空间结构的可达性城市能达到的可持续水平;同时,对不同城市空间结构及混合交通模式的可达性效果进行量化将有利于决策制定,有助于城市实现可持续发展目标。

基于对可达性及多种交通方式下道路网络问题特性的背景讨论,综述了道路网络分析的已有成果及最近提出的可弥补现有路网模型不足的建模框架。尽管该框架由服务于单一交通方式的路网发展而来,但其对城市交通拥堵提供了客观、现实的描述,且在宏观层面的相关描述也较为详尽,在现有数据下可直接应用。

本文以旧金山市区道路网(假设其仅服务于汽车)为例,论证上述建模方法的鲁棒性;然后,描述了以竞争方式分配道路空间对可达性的影响。得到的两个结论是:1)仿真结果表明,减少道路上的机动车数量或在市区拥挤区域实施限行措施,可提高包括被限行者在内的所有出行者的机动性,这与文献[1—2]的猜想吻合;2)减少机动车出行空间,增加自行车和公共汽车等可持续交通方式的出行空间,可提高包括机动车在内的所有交通方式的可达性。

1.1 可达性

可达性的定义是在给定的时间或金钱预算内出行者可到达的场所(如工作、购物、休闲等)数量。其值既与城市空间结构中此类场所的分布密度有关,又与人们的出行速度(即交通系统提供的机动性)有关;较高的可达性有赖于紧凑的城市空间结构和机动性的提高。在城市发展与交通基础设施相互竞争空间的条件下,如何通过空间分配提高可达性显得尤为重要。尽管紧凑型城市有更加拥挤的趋势,但其缩短了出行者与目的地的距离,提高了可达性。

关于城市空间结构和机动性对可达性的影响,有两种研究方法:1)在既定的交通系统机动性特征下,寻求合理的城市空间结构,例如规划师对TOD模式的研究。通过分析既定交通模式下不同的城市空间结构,可全面、系统地研究空间可达性。2)交通工程师经常采用的二元方法是考虑城市空间结构和交通需求,以此寻求机动性的改进。该方法适用于研究任何城市形态的空间可达性。本文将采用此种交通工程学方法。

1.2 问题特性与研究领域

城市交通系统包含竞争相同道路空间的多种交通方式。不同的城市,交通方式不同,但大多包括步行、非机动车、公共汽车和小汽车。这些交通方式的运行特征各不相同,彼此间相互干扰,由此导致的交通拥堵限制了所有出行者的机动性。为了提高出行效率,需谨慎、合理地分配各种交通方式的道路空间。尽管这种分配很大程度上具有显著的政治性,但仍然需要科学、正确的方法,本文将就这些方法展开探讨。

2 已有研究

现实中城市交通非常复杂,如多种交通方式并存、全日不同时段交通拥堵状况不同等。目前,研究城市机动性的已有文献大致可分为城市层面(宏观)和道路层面(微观)两种。城市层面多着眼于单一交通方式的特性研究,忽略了交通拥堵的动态性;而对多种交通方式的研究则仅在道路层面进行,且其研究环境设定为与时间无关的虚拟场景。因此,有必要进一步研究宏观层面的城市交通模型,且此模型应具备写实性、时间相关性和融合多种交通方式的特征。

2.1 城市层面的单一交通方式

早期的交通模型可计算出城市路网承载的车流量。文献[3]通过构建模型模拟了下述三种情况:1)可进入城镇中心而不造成交通拥堵的最大车辆数;2)某区域的道路面积率;3)道路通行能力。同时,利用从多个城镇采集的数据,对比了不同形态(环形、放射式、环形放射式)路网的理论通行能力,发现根据路网面积和形态可粗略预测理论通行能力。文献[3]更深远的影响是给出了平均车速与路网流量的线性关系^[4]。文献[5]扩展了上述模型,综合考虑了城市中心区平均车速与平均路网流量、信号控制交叉口密度及绿信比的关系。文献[6]推断,城市路网密度和平均车速间的关系系数 α 应与实际交通流密度成比例,且由于不同社区的 α 值不同,可将 α 作为各社区的衡量指标之一^[7]。尽管这些模型从城市层面讨论了交通问题,但由于其建立在速度—流量关系单调递增的假设条件下,具有一定的局限性,并不适用于严重拥堵、速度和流量都很低的路网。

文献[8]测试了某城市路网中平均车速与车辆密度、行驶里程的关系,并首次提出了城市层面的速度—流量关系,对实现全速行驶具有重要意义。随后,文献[9]引入了“二流体模型”(two-fluid model, TFM),并在1984年被文献[10]进一步证实:就城市层面来说,该模型很贴近实际交通情况,但由于其尝试模拟许多其他状况,因此包含了某些不必要的约束条件。最近,文献[1—2]在此模型基础上就流量—密度关系提出了一个约束条件更少的模型,通过增加某些假设条

件，用城市交通动力学理论模拟交通拥堵现象。

当然，并不是所有宏观层面的研究都集中于小汽车交通，建模者也关注城市层面的公交系统设计问题。尤其是文献[11—12]探索了在乘客和运营商花费最少的理想化城市里如何系统性设计公交系统的问题。文献[13]指出，上述文献中的方法也可用于其他城市系统(包括货运系统)。不过，本文研究发现，目前上述方法仅在稳定状态下应用于一种交通方式。

2.2 道路层面的多种交通方式

就多种交通方式共享城市道路空间的相关研究，一直以来好像都局限于道路层面。文献[14—16]及其他一些研究通过分析高速公路上的交通方式发现，不同方式服务的出行者数量不同，因此研究时不能对所有方式一视同仁。但这些文献的研究范围仅限于小规模的道路系统。与此同时，对城市道路多种交通方式的系统性分析也在研究规模上受到了限制，如文献[17—18]。此外，上述研究也未考虑排队车辆的波动性及溢出效应，而它们恰恰在城市交通拥堵演变中起主要作用。

本文发现，仅有某些微观仿真同时从城市和道路两个层面考虑了上述影响(如文献[19])，这些仿真表明需要借助城市规划研究，解释多种交通方式带来的社会、经济、环境影响。可惜的是，微观仿真研究不能系统涵盖城市空间中可能的输入变量，使得从城市层面解读多种交通方式仍存在很多困难。

3 城市层面的模型分析框架

微观仿真模型需要许多难以获得的数据，如不同时段的OD数据。同时，由于城市交通的混沌性^[20]，无法预测详细的路网拥堵信息。鉴于这些限制，本文将集中讨论涉及细节较少、输入数据容易获取、输出变量明显的集计模型。

从集计角度研究道路交通很像研究一个蓄水池，不必详细研究池中每股水流的流动问题，只需研究蓄水池的必要特征、水量以及如何使池中的水尽快流完。就交通来说，已知城市或社区路网的一些信息及道路上积聚的车流量，即可预测汽车和人到达目的地的速度。蓄水池和交通池的

不同之处在于，若后者有太多的小汽车，则车流流出就很慢。基于此，文献[1—2]提出了城市交通动力学理论，给出了相关公式，并在文献[2，21]中被进一步证实。

上述交通池的大小取决于城市空间结构，同时受路网设计形式和城市交通管理政策的影响。例如，增加道路条数可增加交通池的大小，改变其特性。

实验表明，对于一个给定的出行参数集，无需提供OD数据，即可用交通池模型预测车辆的出行时耗、出行距离以及出行者采用的出行方式和每天的出行时耗等^[21]。这些参数是决定城市交通是否可持续的关键因素，非常有价值。基于交通池的特性，可将模型输出参数与某些指标相联系，包括可达性、用户和服务提供者的成本、尾气排放和能源消耗的外部效应等。

也可将交通池模型扩展到包含不止一种交通方式的路网。例如，可将一个交通池分割成包含不同交通方式的子交通池。本文将以旧金山市中心(尽管其非常混乱)为例进行论证，揭示当以单一交通方式研究路网时，交通池模型可很好地定义交通变量的宏观关系。

4 只允许一种交通方式通行：以旧金山为例

对交通池动力学进行描述的两个关键要求是：1)定义明确的宏观基本图(macroscopic fundamental diagram, MFD)，即附近路网的小汽车数量(即交通池的车辆积聚量)与路网联络线平均流量的关系；2)路网联络线平均流量与路网车辆数(无论是从路网驶出的车辆还是路网内到达的车辆，即交通池的车辆流出量)存在一种固定比例关系^[1-2, 21]。

从1)和2)得到的交通池车辆积聚量和流出量的关系相当于从1)得到的、按比例扩大的MFD。就单一联络线来说，这两种关系在形式上与所谓的交通流基本图相似(如文献[22])，但事实上前者(即从1)和2)得出的新关系)描述了整个路网的交通行为。在单一联络线情况下，本文希望这些MFD是单向、非负的。当交通池的车辆积聚量较少时，流出量也较少，原因是交通池中的车辆较

少,能流出的车辆也较少。同样地,交通池积聚的车辆非常多时,流出量也会很少,原因是交通拥堵阻碍了车辆的正常移动。这两种情况下应存在一个使流出量达到最大的最优点,该点即为路网容量,整个路网将在该点产生最大的流动性。

为了检验上述猜想,利用旧金山中央商务区(CBD)的不同OD表进行了4 h的仿真试验,试验中的交通池为图1所示的整个路网,仿真了车辆积聚量从低到高、路网从空闲至拥堵的全过程。结果显示,尽管交通流在道路层面存在混沌现象,但在宏观层面却比较有序。每次仿真中,车辆积聚量和流出量的散点图均落在了一条清晰的曲线上,且所有仿真产生的点集均沿相同的曲线分组,如图2所示。图中四种不同符号表示不同需求模式下的仿真情况,其中两种情况下的OD空间分布如图3所示。仿真场景1中,进入CBD的出行占主导地位,80%的出行产生于CBD外部;仿真场景2中,70%的出行产生于内部、流向外部。这一发现表明,尽管OD分布差异很大,在不知道出行需求模式的情况下仍可通过监测路

网中的车辆积聚量预测流出量。

由于上述系统适应于更广泛的需求模式,在面对某社区不可预知的出行需求分布变化时,可利用社区MFD有效地进行交通控制和决策。图2中,当车辆积聚量超出某个可重复的值后,流出量趋于零。为了增加流出量,就要设法阻止车辆进入拥堵区域,采取的措施有调整信号配时、收取交通拥堵费等。

对场景1进行二次仿真时,通过减少交通池入口方向外围交通信号灯的绿灯时间(调整信号配时是最易实施的方法),限制车辆进入,防止路网流量超过其容量。如图4所示,在原始无控制状态,出行完成比例首先随车辆流出量的上升而上升;当车辆积聚量超过路网容量时,由于交通拥堵的出现,使得车辆难以到达目的地,出行完成比例下降。实施信号控制措施后,整个仿真过程中系统均保持较高的出行完成比例,即实施信号控制措施后有更多的车辆到达了目的地,完成了出行。

可利用MFD研究的拥堵控制策略包括车牌配

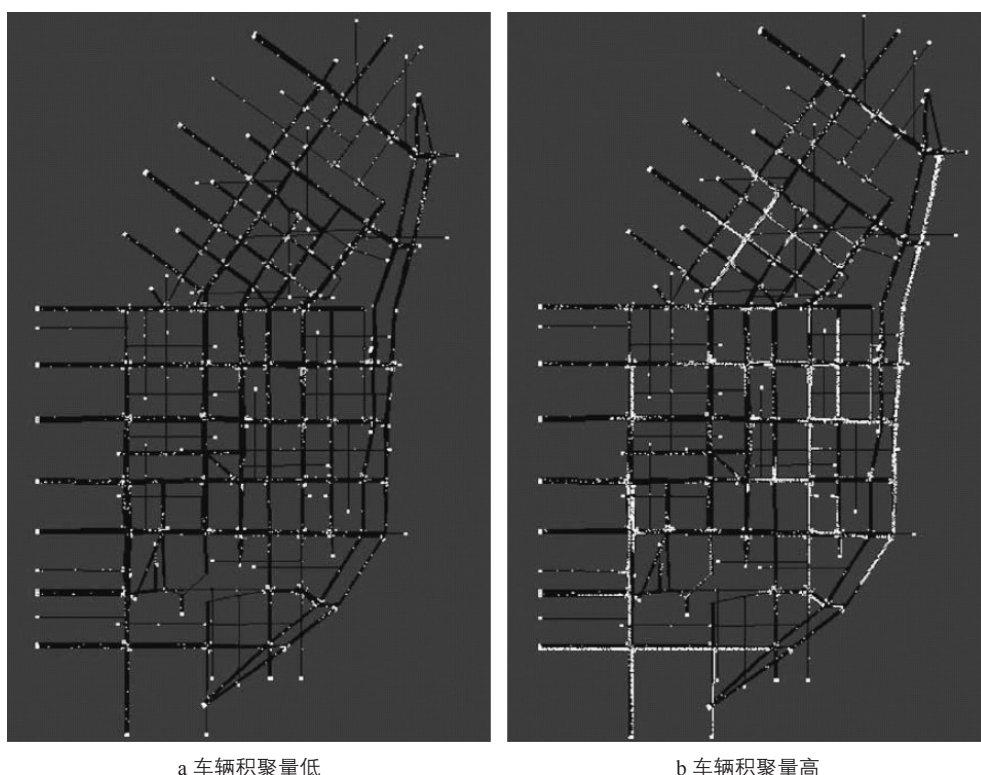


图1 高低两种车辆积聚量下旧金山路网图(白点表示车辆,黑色部分表示空闲的道路空间。路网动态图见 <http://www.ce.berkeley.edu/~daganzo/Simulations/MFD/MFD.html>)

Fig.1 Views of the San Francisco network under low and high accumulations(White dots represent vehicles, and black sections show vacant road space. For our animation, see <http://www.ce.berkeley.edu/~daganzo/Simulations/MFD/MFD.html>)

给制度、基于里程和/或基于区域的拥堵收费、停车管制及停车价格控制。真正的综合性交通管理措施必须能适用于互相竞争道路空间这一稀有资源的所有交通方式，而利用交通池模型(包括考虑不同交通方式的子交通池模型)可设计出适宜多种交通方式的政策。

5 多种交通方式的实验性证据

这里以一个交通池服务两种交通方式进行考虑。这两种交通方式既可以混合行驶，也可以分道行驶，见图5。当两种交通方式相差很大时，须分道行驶，如行人与机动交通；某些情况下，即使两种交通方式很相似，也应分道行驶，如合乘车辆(HOV)与一般社会车辆。本文以比较有代

表性的HOV车道为例予以说明。

研究显示，在高速公路上施划HOV车道后，通过瓶颈的车辆总流量增加。同时，已有仿真表

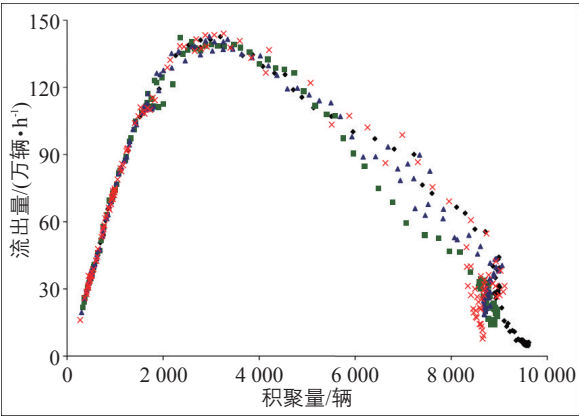
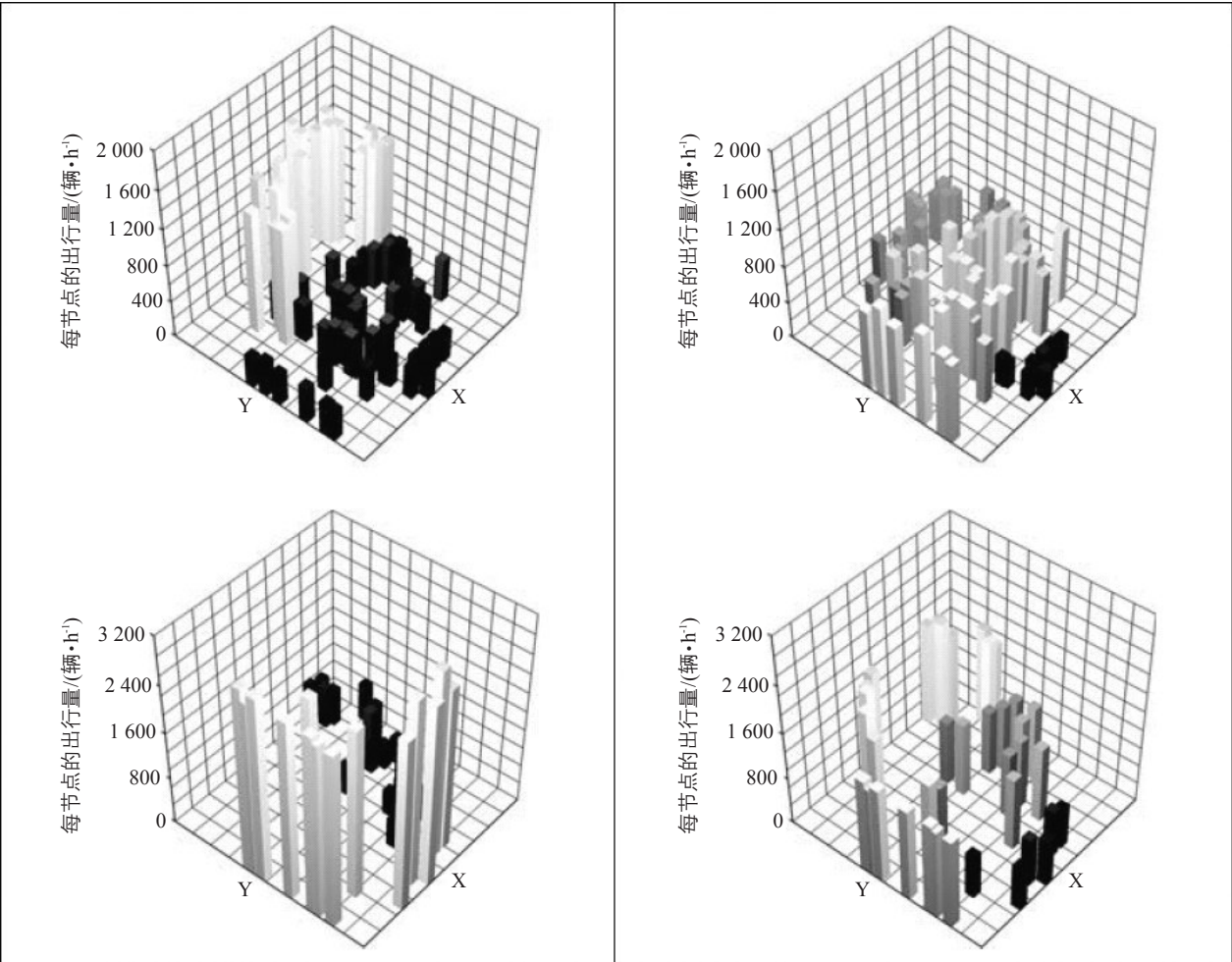


图2 旧金山CBD区域路网车辆积聚量与流出量
Fig.2 Outflow vs. accumulation for the San Francisco CBD network



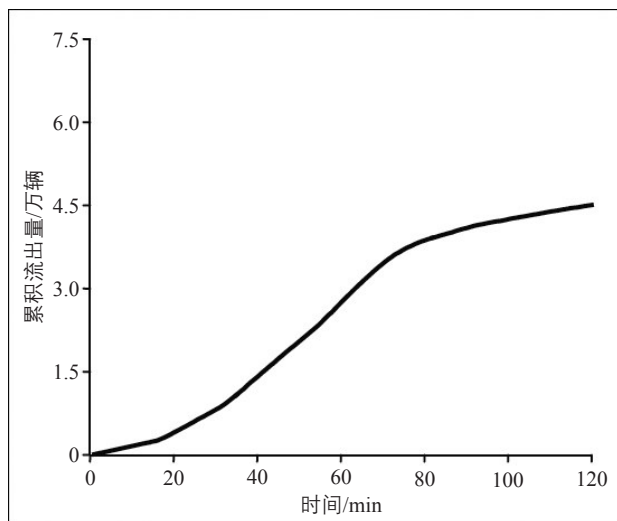
a 仿真场景1(流入CBD的车辆占主导地位) b 仿真场景2(流出CBD的车辆占主导地位)

图3 两种不同仿真场景下构建的OD空间分布可视图
(a, b中，上方的图表示出行起点分布情况，下方的图表示出行终点分布情况)

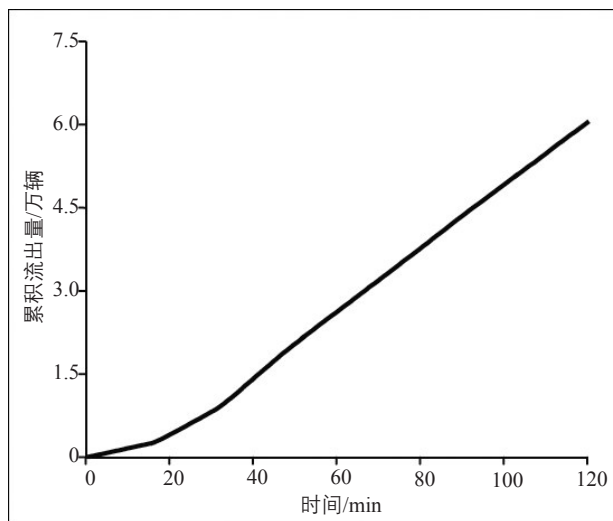
Fig.3 Visual representations of the spatial distribution of trip origins and destinations for two of the demand scenarios simulated to construct

明,即使HOV车道未被充分利用,施划HOV车道后瓶颈的疏散率也比所有车辆混合行驶时高^[23]。

其原因是,将不同交通方式分开后,减少了车辆的频繁换道,使瓶颈处的交通流更加平顺,从而



a 实施前



b 实施后

图4 实施信号控制措施前后系统累积流出量与时间的关系
(动态图见 <http://www.ce.berkeley.edu/~daganzo/Simulations/MFD/MFD.html>)

Fig.4 Cumulative outflow vs. time for uncontrolled (left) and controlled (right) systems
(For an animation, see <http://www.ce.berkeley.edu/~daganzo/Simulations/MFD/MFD.html>)



a 混合行驶



b 分道行驶



c 自行车专用道



d HOV 车道

图5 多种交通方式并存的道路空间分配及服务于特定交通方式的专用车道

Fig.5 Road space in a multimodal reservoir and special-use lanes dedicated to specific modes

提高通行能力，这种现象被称为“平滑效应”。实际的高速公路数据也证实了该效应，如图6所示^[24]。为了直观展现HOV车道施划后瓶颈处车流量的变化情况，将施划HOV车道后的累积车辆计数标注于斜角坐标系内^[25]。文献[24]研究表明，HOV车

道启用前，瓶颈处的通行能力为6 960辆·h⁻¹(图6b中14:45:30至14:57的车流量换算值)；HOV车道启用后，尽管HOV车道的车流量从1 830辆·h⁻¹降至1 430辆·h⁻¹，但包括HOV车道在内的全部车道的总流量则稳定保持在6 900±60辆·h⁻¹。

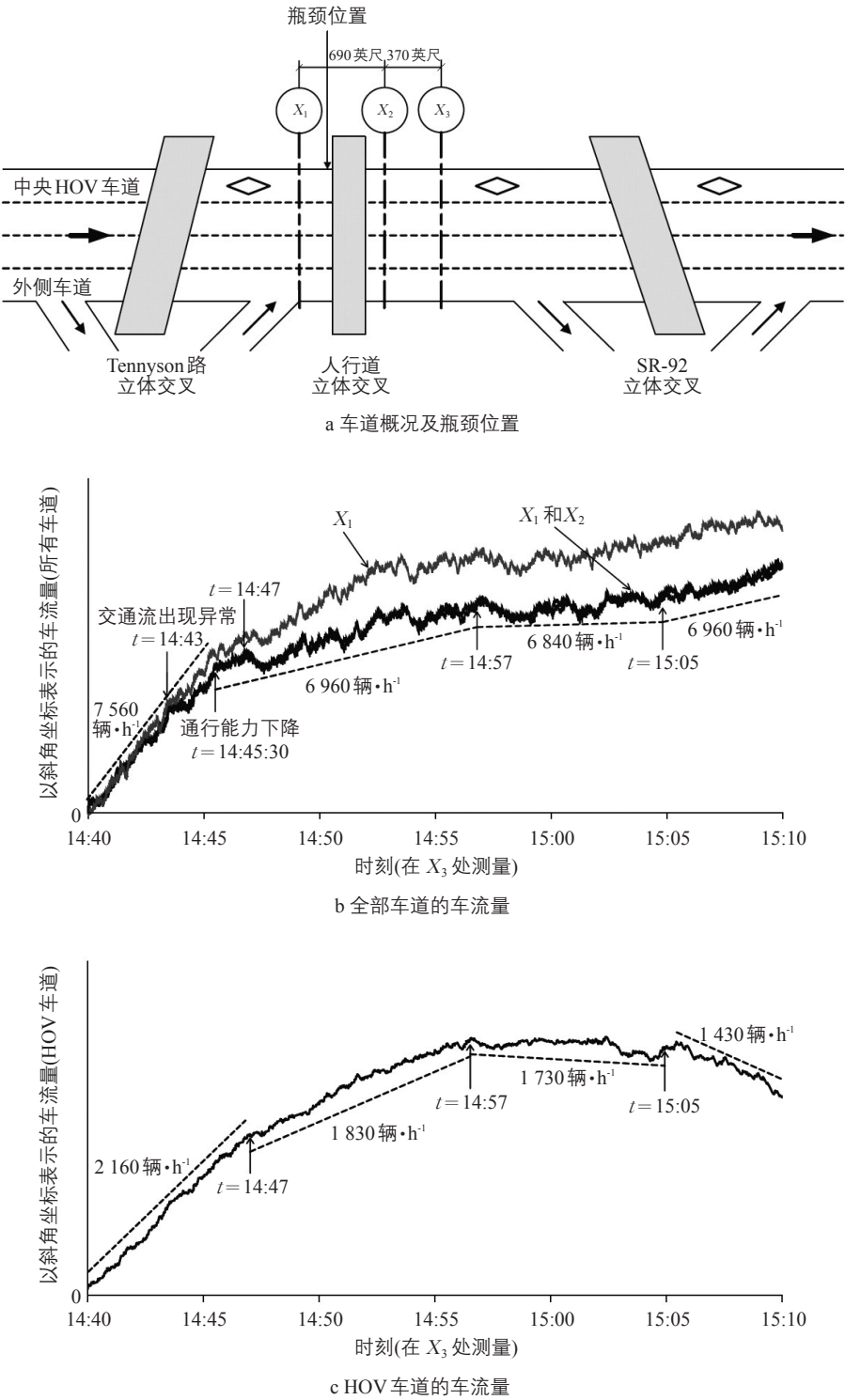


图6 启用HOV车道(15:00)前后某高速公路瓶颈处以斜角坐标表示的累积车流量对比图

Fig.6 Oblique cumulative plots compare vehicle flow for a freeway bottleneck before and after the activation of the HOV lane at 15:00

上述结果表明,若分别以 k 表示每车道千米的车辆数、以 q 表示每车道小时的车辆数,对于两种完全相同的交通方式,当其分道行驶时,利用 MFD(以 Q 表示)可将 k 与 q 的关系表示为 $q=Q(k)$; 当其混合行驶时, $q=\beta Q(k)$, $\beta < 1$ ^[26]。定值 β 反应了两种交通方式分道行驶的效果,越小越好。图6中的数据显示, $\beta=0.93$ 。利用这些信息可定量预测采用多种交通方式时不同策略的综合效果,就像图2中对单一交通方式下相关策略效果的描述。相对来说,对某些政策效果的定性预测则较为简单。

6 多种交通方式下道路空间分配决策的定性影响

很多案例中,不论交通流是否混合行驶,所有车道承担的流量均达到了最大值;即便如此,对于高效率交通方式,仍应保证其通行空间,同时考虑其在通行需求和道路几何设计方面的时空差异性。就空间来说,随处可见的现象是车道的数量保持不变,专用车道的数量各不相同。就时间来说,预留的车道数可能保持不变,也可能在某些时段有所变化。而针对交通流的动态控制既可基于历史信息,也可基于实时测量的监控数据。基于时空的决策是自定义控制和目标控制的基础,非常重要。一旦决策不正确(如忽略了平滑效应),就可能浪费道路空间。

道路空间分配的一个关键问题是:某道路系统设置了一条专用车道,但该车道并未被充分利用,而普通车道由于排队车辆增加,反而需要更多的路面空间。若专用车道基本处于充分利用状态,且个别车道在混合行驶和分道行驶两种情况下有同样的通行能力(即未出现平滑效应),那么车辆排队长度就不会显著增加。此时,两种情况下的车辆总出行时间(包括延误)基本相同。针对高效率交通方式设置专用车道后,所有固定延误将转移给载客较少的车辆。因此,设置专用车道可减少出行者的总延误,提高可达性,而且乘客越多,效益越大。当专用车道被充分利用且其上车辆的乘客运送量较高时,宜采用车辆分道行驶

方式。若采用此方式后能使交通流平滑运行,则可进一步扩大其效益。

某些情况下,即使专用车道未被充分利用的情形相当严重,设置专用车道仍会带来益处。以早高峰进城交通为例,如果排队车辆增加没有导致上游道路的拥挤就不存在问题;只有当排队阻塞了上游交叉口的出口时,才会出现问题;若交叉口像清晨一样没有太大的流出量,则因排队长度增加而产生的负面效应将微乎其微^[27]。通过设置专用车道允许高效率交通方式绕过排队车辆,即使专用车道未被充分利用,仍可减少出行者的总延误,并在没有明显增加车辆总延误的情况下提高可达性。

对于持续增加的排队车辆,当上游道路没有空间供其排队时,施划专用车道将会产生不利影响。这种情况极易发生在拥堵的环路上,导致排队车辆充满整个道路空间、降低道路流量;此外,车辆排队现象极易影响邻近道路,降低其流量,见图7。再就是源于城市中心、向外发散的放射性道路,其溢出的排队车辆导致交通拥堵,给许多车辆带来消极影响。当然,排队车辆的增长率会逐渐降低,尤其在分道行驶情况下出现极其明显的平滑效应时,车辆排队现象甚至会完全消失。

如前文所述,在高速公路上设置 HOV 车道时,其上的车辆特性(如尺寸、加速度)即使与混合行驶模式下完全相同,仍会出现明显的平滑效应。这表明,采用分道行驶模式时,交通方式的差异越明显,如公共汽车与小汽车,平滑效应越显著(公共汽车与小汽车混行时 β 值较小,但目前还不知道其确切值)。公共汽车与小汽车分道行驶时,由于小汽车不再被量大、低速且频繁停车的公共汽车影响,彼此间的消极作用将减少。同时,公共汽车也不会因小汽车在公交车站和交叉口排队而出现延误现象。由于 β 值可能非常小,采用分道行驶模式后,道路上所有类型的车辆或许均能顺畅行驶。同样,设置公交专用车道会给小汽车带来不便,但由于公共汽车承载的人更多,这种做法是值得的。

实际中,只有道路足够宽时,才可能设置专用车道、采用分道行驶模式。制定道路空间分配计划时,比较典型的情况是某些路段由于太窄而

不能实施分道行驶方案，如瓶颈附近。这些瓶颈处的排队车辆经常外溢到路网中较宽的道路上，而这些道路可以实施该方案，如图8所示。通过设置公交专用车道采用分道行驶模式后，瓶颈处以车流量表示的路网通行能力保持不变，以客运量表示的通行能力则显著提高。通过在较宽的路段上为公共汽车提供拥堵绕行车道绕过拥堵路段，可减少出行者的总延误。

综上，公交专用车道和HOV车道可以大致相同的方式设置。由于对公交平滑效应的较高预期，公交专用车道很可能被设置在拥挤的环路或市中心。对于密集的城市路网来说，当所有高速公路均不能采用高效率交通方式(如HOV)时，若与某条道路平行的道路可承担其他车辆的出行，

则可将该条道路设置为公交专用路。若某城市进行公交线路设计时想充分利用专用空间，设置公交专用路将是一种最有效的方式。例如伦敦的牛津路，其上有18条公交线路，这条专用路被利用的如此充分，以致有时会出现拥堵趋势。鉴于交通池模型的有效性，系统分析上述所有问题的方法好像已尽在掌握。

7 结论

本文从集计角度分析了多种交通方式共存下的城市交通系统。为了描述城市交通的整体特性，利用目前已广受关注的MFD方法，通过仿真(案例中的仿真数据来源于旧金山某区)，论证

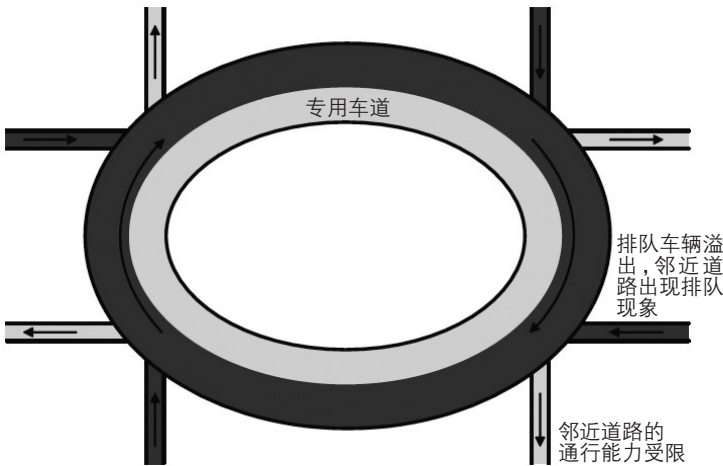


图7 排队车辆充满剩余道路空间(以黑色表示)的拥堵环路专用车道的施划给邻近道路带来的影响(包括通行能力受限、延误增加)

Fig.7 Separating modes can be undesirable for cases like a congested ring road if queues fill the remaining road space (shown in dark), restricting flow and increasing delay on adjacent streets

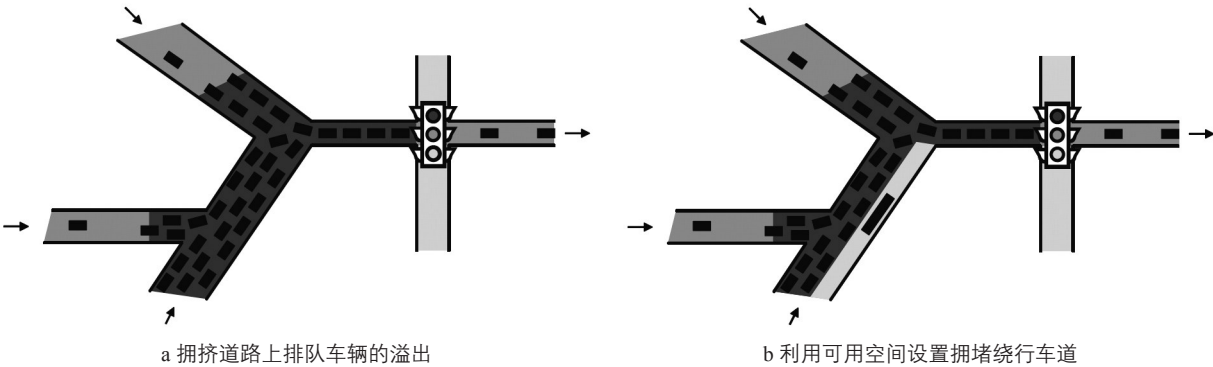


图8 不能采用分道行驶模式的拥挤道路及其附近通过设置拥堵绕行车道(如公交专用车道)可采用该模式的道路

Fig.8 It may not be possible to separate modes on some congested streets, but queues spill over onto wider streets, and delay can still be reduced by providing congestion bypass (e.g. a bus-only lane) where space is available

如何使用MFD监管城市路网。然后揭示了同一路网上不同交通方式的相互作用,以及如何将这些作用纳入多种交通方式路网的MFD。研究得到的两个主要结论是:1)证实了已有猜想——对市区拥挤区域限行,可提高包括被限行者在内的所有出行者的机动性;2)为公共交通工具提供专用道路空间可提高所有交通方式的可达性。

研究表明,利用交通池模型可大致模拟某些服务于单一交通方式的大型路网;并可将这种方法延伸到多种交通方式路网中。不过,由于尚未进行必要的实地调查,这一研究理念目前仅适用于包含两种交通方式的路网,且未嵌入动态量化模型。因此,未来有必要开展涉及更多不同交通方式(如公共汽车和小汽车)的验证性研究。

本文有助于决策者、工程师、规划师理解如何为不同的交通方式分配城市空间,如何设计提高可达性的可持续交通系统。同时,不仅要理解现有的道路空间分配,还要明白将不同面积的空间用于交通后会产生怎样的效果,最终又将如何影响城市基础设施的可达性。

参考文献:

References:

- [1] Daganzo C F. Improving City Mobility through Gridlock Control: An Approach and Some Ideas [R]. UCBITS- VWP-2005-1. Berkeley CA: Institute of Transportation Studies, University of California, 2005.
- [2] Daganzo C F. Urban Gridlock: Macroscopic Modeling and Mitigation Approaches [J]. Transportation Research Part B, 2007, 41 (1): 49-62.
- [3] Smeed R J. Road Capacity of City Centers [J]. Traffic Engineering and Control, 1966, 8(7): 455-458.
- [4] Thomson J M. Speed and Flows of Traffic in Central London: Sunday Traffic Survey [J]. Traffic Engineering and Control, 1967, 8(11): 672-676.
- [5] Wardrop J G. Journey Speed and Flow in Central Urban Areas [J]. Traffic Engineering and Control, 1968, 9(11): 528-532.
- [6] Zahavi Y. Traffic Performance Evaluation of Road Networks by the α -relationship: Part1 [J]. Traffic Engineering and Control, 1972a, 14(5): 228-231.
- [7] Zahavi Y. Traffic Performance Evaluation of Road Networks by the α -relationship: Part2 [J]. Traffic Engineering and Control, 1972b, 14(6): 292-293.
- [8] Godfrey J W. The Mechanism of a Road Network [J]. Traffic Engineering and Control, 1969, 11(7): 323-327.
- [9] Herman R, Prigogine I. A Two-fluid Approach to Town Traffic [J]. Science, 1979, 204(4389): 148-151.
- [10] Herman R, Ardekani S. Characterizing Traffic Conditions in Urban Areas [J]. Transportation Science, 1984, 18(2): 101-140.
- [11] Holroyd E M. The Optimum Bus Service: A Theoretical Model for a Large Uniform Urban Area [C] // Vehicular Traffic Science, Proceedings of the Third International Symposium on the Theory of Traffic Flow. New York: Elsevier, 1967: 308-328.
- [12] Wirasinghe S C. Optimal Parameters for a Coordinated Rail and Bus Transit System [J]. Transportation Science, 1977, 11(4): 359-374.
- [13] Daganzo C F. Logistic Systems Analysis [M]. Heidelberg: Springer-Verlag, 1992.
- [14] Sparks G A, May A D. A Mathematical Model for Evaluating Priority Lane Operations on Freeways [J]. Highway Research Record, 1971, 363: 27-42.
- [15] Dahlgren J. High Occupancy Vehicle Lanes: Not Always more Effective than General Purpose Lanes [J]. Transportation Research Part A, 1998, 32 (2): 99-114.
- [16] Daganzo C F, Cassidy M J. Effects of High Occupancy Vehicle Lanes on Freeway Congestion [J]. Transportation Research Part B, 2008, 42(10): 861-872.
- [17] Radwan A E, Benevelli D A. Bus Priority Strategy: Justification and Environmental Aspects [J]. Journal of Transportation Engineering, 1983, 109 (1): 88-106.
- [18] Black J A, Lim P N, Kim G H. A Traffic Model for the Optimal Allocation of Arterial Road Space: A Case Study of Seoul's first Experimental Bus Lane [J]. Transportation Planning and Technology, 1992, 16(3): 195-207.

(下转第22页)