

加强动态交通流分配理论与方法研究的论述

To Strengthen Research on Theory and Method of Dynamic Traffic flow Assignment

袁振洲 李巍屹

(北方交通大学交通运输学院 北京 100044)

一、交通流分配理论的发展

自从 20 世纪 50 年代美国对底特律大都市圈、芝加哥都市圈相继进行交通调查与规划的研究,开发了交通产生、交通分布、方式划分、交通分配四阶段的交通需求预测方法,由此开辟了城市交通规划之先河以后,交通规划理论与方法在全世界范围内迅速展开,并得到了快速发展。尤其在交通流分配这一核心技术环节上,诸多理论研究者和交通工程师投入了大量的精力,经过不断的探求和努力,使得交通流分配理论的研究与应用处在积极的发展进程中。

人们当初进行交通流分配的研究时,多采用全有全无(all or nothing)的方法,该方法处理的是非常理想化的城市交通网络,即假设网络上没有交通拥挤,路阻是固定不变的,一个 OD 对间的流量都分配在“一条路径”,即最短路径上。随着实际应用和理论研究的深入,研究人员发现该方法对于城市之间非拥挤公路网的规划设计是比较合适的,但对于既有的城市内部拥挤的交通网络,该方法的结果与网络实际情况出入甚大。实际网络中存在着较严重的拥挤,路阻是随着交通流量的增加而递增的,出行的流量会在“多条路径”中权衡选择。1952 年,著名交通问题专家 Wardrop 提出了网络平衡分配的第一、第二定理,人们开始采用系统分析方法和平衡分析方法来研究交通拥挤时的交通流分配,带来了交通流分配理论的一次大的飞跃。首先,人们进行了确定性的配流研究,其前提是假设出行者能够精确计算出每条路径的阻抗,从而能作出完全正确的选择,且每个出行者的计算能力和水平是相同的。可见确定性配流反映了路阻随流量变化的实际,是一次理论的进步。但是,进一步研究实际网络中出行者的出行行为发现,现实中出行者对路段阻抗的掌握只能是估计而得。对同一路段,不同出行者的估计值不会完全相同,因为出行者的计算能力和水

平是各异的。所以,在 1977 年,对交通流分配理论研究最积极、活跃的美国加州大学伯克利分校的 Daganzo 教授及麻省理工学院的 Sheffi 教授提出了随机性配流的理论,其前提是认为出行者对路段阻抗的估计值与实际值之间的差别是一个随机变量,出行者会在“多条路径”中选择,同一起迄点的流量会通过不同的路径到达目的地。随机性配流理论和方法的提出,在拟合、反映现实交通网络实际的进程中又推进了一大步。然而,随着近年来交通拥挤的进一步加重和拥挤在时间和空间范围上的扩大,以及智能交通系统(ITS)研究的进展,人们在由注意新路网的规划设计逐步转向重视既有路网的管路控制的进程中,更加意识到:路网上的拥挤性、路径选择的随机性、交通需求的动态性是同时存在并交互作用的,其机理是纷繁复杂的。确定性配流能够较好地反映网络的拥挤性,随机性配流能够较好地反映出行选择行为的随机性,但是要真正地符合路网实际情况,还有更重要更基本的交通需求的时变性需要反映出来。也就是说,如果要将路网上交通流的拥挤性、路径选择的随机性、交通需求的时变性综合集成地刻画反映出来,需要一种什么样的交通流分配理论和方法呢?这就是近年来成为城市交通领域研究热点和难点的动态交通流分配理论和方法。可以说,这是城市交通实践对理论提出的要求和挑战,也是人类社会实践和科技进步的时代要求。

因此,研究动态交通流分配理论与方法,得到反应交通网络真实情况的流量分布和阻抗费用,从而为交通规划设计及交通流管理控制提供具有指导意义的、先见之明的重要数据,对于加强城市交通流的优化控制,缓解城市交通的困状具有举足轻重的作用。

二、动态交通流分配研究的意义

纵观交通流分配理论研究的发展轨迹,从对路

网描述的粗细、交通需求的反映、路径选择机制的刻画、路网阻抗模型的建立等等角度,一直都处在不断克服发现的缺陷、弥补自身不足、自我完善发展的进程中。在这一进程中,人们越来越强烈意识到进行动态交通流分配理论和方法研究的意义和迫切性。

1. 动态分配是交通流理论自身发展、不断完善的需要(理论发展的趋势)

交通流分配理论发展的过程中,人们往往把更多的注意力都投放在对“静态交通分配”理论与方法的研究攻关上。静态交通分配假定了在建模时间段内的交通需求是常数值,也就是假定交通流分布形态是固定不变的。可以说,静态交通分配已经有了较成熟的发展,但是它并不是完美无缺的,仍然存在着有待解决的问题,甚至是严峻的问题。这里所说的问题并不是求解方法存在的不足,而是问题就出在静态分配理论的前提条件的假设上。因为,现实交通网络上的交通流不是固定不变的,而是具有在时间、空间上变化的时变性,交通流每天都变化着,同一天的不同时间也变化着,因此实际的交通流是动态的。具体说来,主要表现为:

(1) 出行者出发、到达时间的时变性。出行者根据道路的拥挤时间和程度,会调整出发时间,或者提前或者拖后,尽量避开高峰,从而减少路途上的时耗。

(2) OD 对之间的最短路径是时变的。同一 OD 对间的交通流可能会通过不同的路径到达目的地,即殊途同归,同一时间出发,有可能不同时间到达;而对于上班、上学等的出行,有可能出现虽然在不同时间出发,但是至少要求在同一时间到达的情况。

(3) 高峰期间的交通流不会是均匀不变的。如果像在静态交通模型中,将交通流均匀分布于研究时间段内,即某一时刻沿一条路径上的交通量是同时存在于该路径的所有路段上,那么就掩盖了真相,将导致对旅行时间和网络拥挤程度测度的失真,因为实际上交通量是沿着路径随着时间向前推进的。

(4) 拥挤如同一个动态的“瓶颈”,不是固定的,而是时空变化的。这在静态分配中体现不出来。实际路网中,拥挤会发生在不同的时间和地点,例如在早晚高峰出现的拥挤,在平常期间就可能不会出现。

正是由于交通流的这种时变特性,使得既有的以静态为前提条件的各种分配方法,在处理实际交通网络、进行交通管理和控制时,都显得不是十分完善和满意,1980 年美国学者 Newell 在 MIT 出版的《Flow on Transportation Networks》一书中郑重告诫交通规划人员,在使用静态模型时,容易导致错误决

策。1986 年 Berr Akiva 也在其撰写的论文中指出,均匀高峰交通流是一个虚的概念,静态分配技术不适合于分析交通拥挤现象和用于交通控制和管理。而现实的交通网络中,拥挤已经是通病,进行交通流的优化控制和管理更是迫在眉睫。所以必须发展能反应时变交通需求,反映拥挤性、随机性的交通流分配技术,即动态交通分配理论,也只有动态交通分配才有希望解决实践中发现的问题,揭示各种交通现象及其机理。

2 动态分配是交通规划尤其是交通控制与管理应用技术发展的需要(实际应用之需)

(1) 随着经济的发展和科技的进步,社会经济的各个系统都在由加强建设逐步转向加强管理,这是技术进步的要求和表现。城市交通领域同样如此,也由过去的单纯注意“建路阶段”发展进步为现在的重视“管路阶段”。所以相继提出了交通需求管理(TDM)、交通系统管理(TSM),以及目前的智能交通系统(ITS)。可以预计,将来的交通分配技术不仅仅为制定交通规划设计服务,而且更要为制定交通管理控制方案服务。

(2) 智能交通系统(ITS)的发展需要动态分配技术的支持,ITS 中的先进的出行者信息系统(ATIS)、车辆线路诱导系统(VRGS)等核心部分都需要动态分配作为理论基础。可以说,ITS 的研究和实施,对动态交通分配理论提出了更迫切的需求,极大地推进了动态交通分配理论前进的步伐。

三、动态交通流分配的现实作用

动态交通流分配技术在描述城市交通网络的拥挤性、随机性、动态性,以及对城市交通管理控制的各种措施的评价上有着以下静态分配技术不可比拟的作用。

(1) 可以对交通拥挤特性进行全面分析。静态分配时某一时刻沿一条路径上的交通量被认为是同时存在于该路径的所有路段上。而在动态分配时,由于考虑了时间因素,二维的静态交通分配变成了三维的动态交通分配,所以在刻画、描述拥挤的出现、成长、消失的机理上则更加真实。

(2) 可以对交通流进行最优控制。动态交通分配考虑了交通需求随时间变化的特性,能够给出每时每刻的瞬态的交通流分布,因此,它不但可以分析阻塞发生在何处,也可以知道何时发生,从而为信号灯的配时提供准确的信息。

(3) 评价缓解交通拥挤的各种对策的成效。由于考虑了交通流的时变性,所以对于诸如弹性工作日、错时上下班等各种对策实施的效果可以从缓解拥挤、节约时间价值角度进行分析和评价。

(下转第 36 页)

性。

3. 确定各子系统的属性对系统属性的贡献

要获得系统整体的性能状况还必须了解子系统(或元素)状态的变化对系统整体性能的贡献情况。

为确定子系统属性对系统整体属性的贡献,通常的处理方法是将系统表示出来的特征属性划分成一些类型,这样就可将评价的子系统的贡献转化为一个系统的辨识问题。因为系统的动态特征表现在它的输入和输出数据当中,辨识就是采用一定的数学方法提炼对象的数学模型。这里强调的是,由于可持续发展属性(如系统的基本属性细分一样)具有多维的特征,采用一个综合评价指标很可能掩盖系统细分属性方面存在的差异。对细分属性分开进行评价,并在细分属性级别上汇总,可以弥补上述缺陷。

由上可知,评价一个国家或地区的可持续发展情况,从系统属性细分化的角度来看,至少需要 $2 \times 7 \times n$ 个指标。 n 系指可持续发展系统划分的子系统个数,7 则是反映系统的 7 种基本细分属性(即 6 种环境决定的属性和 1 种系统本身决定的属性),2 是反映对每种属性需要状态、变化速率及反映子系统属性对系统整体属性的贡献情况的指标。由于系统的属性由子系统的最弱的属性情况决定,所以在找寻指标时,要求找寻的指标能反映子系统在该属性方面最弱的状况。

三、结语

可持续发展的属性细分理论有如下特点:

1. 对细分属性分开进行评价,这样即可从系统

(上接第 60 页)

(4) 对交通事故等紧急情况发生后交通流状态的预测。交通事故的出现,必然会带来相应的拥挤或堵塞,根据事故的开始时间、结束时间、严重程度等,可以预测由于事故而产生的“淤积交通流”消散过程中对交通流分布形态的影响。

(5) 为智能交通系统(ITS)提供主要的技术基础。先进的交通管理系统(ATMS)、先进的出行者信息系统(ATIS)以及车辆路径诱导系统(VRGS)等,都离不开动态分配技术的准确描述、交通流分布形态的正确预测这一前提基础。

四、需重点研究的基础问题

交通分配基础理论和基本问题的研究往往比较枯燥和耗时,吸引力比较小。正是如此,更需要我们在学习和引进国外先进的智能交通系统技术的

细分属性的时间序列评价中清晰地了解系统所受到的威胁和压力,而且依据细分属性的评价很容易追溯系统所承受压力的根源。

2 通常可持续发展系统属性细分评价是通过单一指标的评价得出的,一般情况下,如单一指标能反映系统细分属性的动态变化趋势,或系统属性的最弱表征,则对系统的细分属性采用单一指标评价是可以接受的;如果上述性质的单一指标不能获得,则采用整合指标。

3 指标的选取和评价函数的选择,均有较多人为因素的影响。选择的指标或评价函数的不同,可能会得到不同的结果。而系统属性细分理论的主要优势,则在于能帮助评价人员在找寻指标时尽量满足系统属性的完备性要求,不至于遗漏重要属性信息。

参考文献

- [1] Hardi P, Barg S. Measuring sustainable development: Review of current practice, occasional paper number 17. November 1997. International Institute for sustainable development.
- [2] 中国科学院可持续发展研究组. 1999 中国可持续发展战略报告. 北京: 科学出版社, 1999
- [3] Cataned B E. An index of sustainable economic welfare (ISEW) for Chile. Ecological economics, 1999, 28: 231-244
- [4] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. Ecological Footprints of Nations. Commissioned by the Earth Council for the Rio+ 5 Forum. International council for local Environmental Initiatives, Toronto. 1997
- [5] Hartmut Bossel. Indicators for Sustainable development: Theory, Method, Applications. A Report to the Balaton Group. 1999, 20-39. (<http://iisd.ca>)

(责任编辑 蔡德诚)

同时,要针对我国混合交通流的特点,根据我国的道路条件和交通条件,扎实地作好基础工作,这样才能建立起在技术和经济上都合理的智能交通系统。在当前,需要重点研究以下的基础问题:(1) 交通拥挤的形成及其影响机理的分析;(2) 动态交通需求预测研究;(3) 动态交通条件下出行者行为特性的分析及路径选择行为的准确表述;(4) 动态交通分配与交通控制优化集成研究。

主要参考文献

- [1] 毛保华,曾会欣,袁振洲. 交通规划模型及其应用. 北京: 中国铁道出版社, 1999
- [2] 袁振洲. 城市交通. 北方交通大学教材, 1996
- [3] 陆化谱. 交通规划理论与方法. 北京: 清华大学出版社, 1998
- [4] 黄海军. 城市交通网络平衡分析理论与实践. 北京: 人民交通出版社, 1994

(责任编辑 王宏章)