

多车型动态交通 分配问题研究

李曙光 著



科学出版社

多车型动态交通 分配问题研究

李曙光 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要对可用于长期的交通系统评估的具有排队的多车型动态交通分配问题及其相关应用进行研究:首先,系统介绍动态交通分配以及多车型动态交通分配模型的发展现状和趋势;其次,系统给出基于点排队的多车型动态交通分配模型理论,并进一步给出基于物理排队的整路段动态交通网络模型;最后,对多车型动态交通分配方法在智能交通系统中的应用进行介绍,如先进的交通信息与诱导系统的评估、基于瓶颈的多车型解析动态边际费用函数的计算、考虑公交车和小汽车换乘的组合模式动态用户平衡模型、多车型动态交通分配模型在公交专用车道的评估等。

本书可作为交通运输规划与管理、交通信息工程与控制以及交通工程专业的研究生和高年级本科生的选修教材,也可以供城市交通管理部门的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

多车型动态交通分配问题研究/李曙光著. —北京:科学出版社,2013.6
ISBN 978-7-03-037789-0

I. 多… II. 李… III. 交通运输系统-分配模型-研究 IV. ①U491.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 124073 号

责任编辑:陈 婕 / 责任校对:宋玲玲
责任印制:张 倩 / 封面设计:蓝正设计

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 6 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2013 年 6 月第一次印刷 印张:12 1/4

字数:250 000

定价:60.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 城市交通问题	1
1.2 解决交通拥挤问题的手段和方法	2
1.3 交通分析工具	3
1.4 本书的研究目的	5
1.5 本书的主要研究内容	6
第 2 章 动态交通分配综述	9
2.1 引言	9
2.2 动态交通分配模型与算法的发展回顾	9
2.2.1 出行者行为模型	9
2.2.2 宏观动态交通网络模型特性和约束条件	17
2.2.3 动态交通分配问题的算法及其组成部分	28
2.2.4 多车型动态交通分配模型	33
2.3 本章小结	43
第 3 章 基于点排队的多车型宏观动态交通分配模型与算法	44
3.1 引言	44
3.2 连续时间多车型动态交通网络模型	45
3.2.1 路段动态函数	45
3.2.2 路段出口流量函数	46
3.2.3 路段行程时间函数	47
3.2.4 模型特性分析	47
3.2.5 流量守恒函数	49
3.2.6 路径路段出口流量率	49
3.2.7 路径行程时间和出行费用函数	50
3.3 离散时间多车型动态交通网络模型	50
3.3.1 路段动态函数	51
3.3.2 路段出口流量函数	51
3.3.3 路段行程时间函数	52
3.3.4 流量守恒函数	52

3.3.5 路径路段出口流量率	52
3.3.6 路径行程时间和出行费用函数	53
3.4 多车型动态用户平衡条件	53
3.5 多车型动态用户平衡算法	54
3.5.1 基于路段的算法	54
3.5.2 基于路径的算法	59
3.6 仿真研究	60
3.6.1 基于路段算法的仿真	60
3.6.2 基于路径算法的仿真	63
3.7 本章小结	66
第4章 基于物理排队的多车型反应式动态用户平衡模型与算法	67
4.1 引言	67
4.2 动态交通网络模型描述	68
4.2.1 基本流量密度关系	69
4.2.2 多车型累计车辆数计算	69
4.2.3 多车型的震荡波条件	71
4.2.4 路段可能出入口流量计算	71
4.2.5 节点流量分配模型	73
4.2.6 实际路段终点流量	74
4.2.7 起点终点流量模拟	75
4.2.8 路段拥挤排队长度和路段瞬时行程时间计算	75
4.3 多车型反应式动态用户平衡状态	76
4.4 算法	76
4.5 仿真实验	77
4.6 结论	82
第5章 多车型动态边际费用函数计算	84
5.1 引言	84
5.2 多车型点排队瓶颈模型	85
5.2.1 路段排队函数	86
5.2.2 路段出口流量计算	86
5.2.3 路段行程时间函数	87
5.3 多车型动态边际费用函数	87
5.4 多车型动态优化收费	90
5.5 多车型动态优化条件	90
5.6 多车型动态边际收费算法	91

5.7	多车型动态边际收费函数仿真	92
5.8	考虑出发时间动态边际费用函数	94
5.9	考虑出发时间的多车型动态边际费用函数	95
5.10	考虑出发时间的多车型优化收费	100
5.11	考虑出发时间的多车型动态边际收费算法	101
5.12	考虑出发时间的多车型动态边际收费函数仿真	101
5.13	结论	104
第6章	多车型多用户动态交通分配模型在 ATIS 中的应用	105
6.1	引言	105
6.2	离散时间多车型多用户动态交通网络模型	106
6.2.1	路段动态函数	107
6.2.2	路段出口流量函数	108
6.2.3	路段行程时间函数	109
6.2.4	路段普遍费用函数	111
6.3	多车型多用户动态用户平衡条件	112
6.4	多车型多用户动态用户平衡算法	115
6.5	仿真研究	116
6.6	本章小结	123
第7章	ATIS 中的平衡市场渗透率和服从率的研究	124
7.1	引言	124
7.2	动态网络模型和用户平衡条件	125
7.3	市场渗透率和服从率模型	125
7.4	市场渗透率和服从率算法	127
7.5	仿真研究	127
7.5.1	仿真环境描述	127
7.5.2	仿真结果与分析	129
7.6	小结	132
第8章	组合模式动态交通分配问题	133
8.1	引言	133
8.2	离散时间组合模式动态网络模型	134
8.2.1	路段动态函数	136
8.2.2	路段出口流量函数	136
8.2.3	路段行程时间函数	137
8.2.4	流量守恒函数	137
8.2.5	路径路段流量率	138

8.2.6 换乘路段	139
8.2.7 路段和路径费用函数	140
8.3 出行者出行行为选择	142
8.3.1 纯模式出行者的出发时间和路径选择	143
8.3.2 组合模式出行者的出发时间,换乘和路径选择	144
8.3.3 出行模式选择	147
8.3.4 出行选择	147
8.3.5 变分不等式描述	148
8.4 算法	152
8.5 仿真研究	153
8.5.1 仿真环境描述	153
8.5.2 仿真结果与分析	154
8.6 小结	157
第9章 多车型动态交通分配模型在公交专用车道的收益影响评估中应用	
研究.....	158
9.1 引言	158
9.2 动态交通网络模型	159
9.3 旅行选择行为	165
9.3.1 小汽车旅行者的出发时间和路径选择	165
9.3.2 公交车旅行者的出发时间和路径选择	166
9.3.3 出行旅行者的模式选择行为	166
9.3.4 组合的变分不等式的阐述	167
9.4 算法	168
9.5 仿真试验	169
9.5.1 仿真实验1	169
9.5.2 仿真实验2	171
9.6 结论	174
参考文献.....	175

第 1 章 绪 论

1.1 城市交通问题

城市交通拥挤已经成为困扰城市决策者的主要问题之一。经济的发展使得城市交通需求与交通供给的矛盾日益突出,由此引发了与污染、安全以及经济损失等相关的一系列问题。据相关统计,欧洲每年因交通事故造成的经济损失达 500 亿美元,交通对环境的污染也在不断增加,并且逐步成为城市环境质量恶化的主要污染源。根据伦敦 20 世纪 90 年代的检测报告,大气中 74% 的氮氧化物来自汽车尾气排放。据英国 SYSTRA 公司对发达国家大城市交通状况的分析,交通拥塞使经济增长付出的代价约占 GDP 的 2%,交通事故的代价约占 GDP 的 1.5%~2%,交通噪声污染的代价约占 GDP 的 0.3%,汽车空气污染的代价约占 GDP 的 0.4%,转移到其他地区的汽车空气污染的代价约占 GDP 的 1%~10%。北京市交通委员会提供的数据显示,2010 年上半年北京平均每天净增 1900 辆机动车,增速惊人。按照这个速度,2015 年北京机动车保有量将达到 700 万辆。在未来的几十年内,我国的机动车拥有量也会不断增加。因此,交通问题已经日益引发各城市政府的重视,并已成为民众关注的焦点。

为了解决和缓解交通拥挤问题,首先简单介绍交通系统的组成。Cascetta (2009) 系统介绍了交通系统组成,它主要包括两个部分:交通需求和交通供应。

交通需求源自于在城市中,因功能和服务地点的不同,由区域内的出行者行为共同决定。也就是说,在城市中不同地点的出行者会因为不同的目的(工作、学习、购物等)选择不同时间和不同交通模式(公交车、自驾车等)出行,而这些出行选择产生了交通需求量。同时,出行者作出出行选择时,也会受到可用的交通模式以及交通设施的服务能力的影响,如出行时间、花费、舒适度等。

交通供应主要是由交通基础设施(道路类型、停车空间、公交线路)、服务(公交时刻表等)、规则以及费用(公交费用、停车费用以及道路收费等)等组成的。出行者从一个地点到另一个地点的出行可能要经过多个相连的交通设施。然而,交通设施都有其最大通行能力,当在一定时间内交通设施使用者的人数接近设施容量时,就会产生拥挤。同时,拥挤也会影响使用这些交通设施的出行者所能接受的服务水平,如延误增加、燃油消耗和污染增加等。

解决交通拥挤问题,如何针对交通系统设计相应的解决方案,也就是从交通供应和交通需求两个方面对交通系统进行改造。

1.2 解决交通拥挤问题的手段和方法

目前,改善交通速度、增加交通系统可靠性以及缓解交通拥挤(陆化普,1999)的主要对策如图 1.1 所示,分为三类。

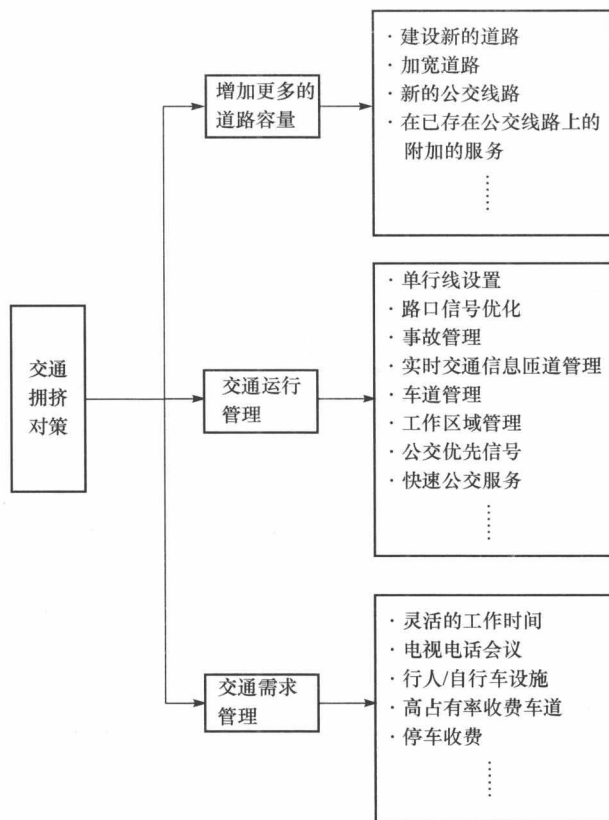


图 1.1 城市交通拥挤对策系统

1. 增加更多的道路容量

增加更多的道路容量,即修建或者加宽道路,提高道路的通行能力(在中国许多发展中的城市,修建道路还是必须要经过的一步)。中国许多城市的交通问题是通过局部路段、局部道路交叉口的拥挤堵塞反映出来的。显然,按照西医“脚痛医脚,头痛医头”的观念,拓宽这些道路,在交叉路口修建立交似乎就是最立竿见影、最直截了当的解决办法。但是,随着时间的发展,人们认识到城市交通供应与需求之间的不平衡是导致城市交通拥挤的本质,仅靠增加更多的容量,很难根本地解决

城市交通中供需之间不平衡的矛盾。

2. 交通运行管理

交通运行管理主要是使用相关的技术手段使已存在的道路交通网络更加有效率。在 20 世纪 90 年代以后,交通工程师和规划者通过使用交通运行管理策略对现有的交通系统进行管理,而不是用建设新的交通基础设施的方法缓解交通拥挤。

交通运行管理的策略主要分为两类:一是采用信息技术、计算机技术、控制技术等手段对传统交通运输系统进行改造,从而达到增强交通系统运行效率,提高交通系统的可靠性和安全性,减少能源消耗等目的;二是采用道路和十字路口的地理改善、单行线设置等。

3. 交通需求管理

交通需求管理广义上是指通过交通政策的导向作用,促进交通参与者出行选择行为的变更,以减少机动车出行量,减轻或消除交通拥挤;从狭义上说是指为削减高峰期间一人乘车的小汽车通勤交通量而采取的综合性交通政策。交通需求管理的内容主要包括通过实施错时出勤、设立优化的工作开始时间等对策,在时间上分散交通需求;通过向驾驶员提供道路交通信息和拥挤、事故状况,促使交通需求在空间上分散化;通过提高公共交通及服务水平促进人们利用大运量、高效的公共交通工具。

交通需求管理起源于美国。目前,美国、欧洲和日本等国围绕综合治理城市交通问题以及交通需求管理对策,正在开展广泛的研究和应用。1991 年,美国制定的《综合路上交通效率化法案(ISTEA)》已将交通需求管理作为重要交通对策纳入其中。美国环境保护厅也从保护环境的角度出发,制定了《关于交通管理方法指南:1990 年》。欧洲各国也在其主要城市如伦敦、巴黎、罗马等大城市,研究或试行交通需求管理对策。在日本,建设省在其纲领性文件《道路建设的长期构想》中,将交通需求管理对策置于重要地位,并于 1993 年制定了新交通拥挤紧急对策,提出了推进实施交通需求管理对策的具体计划。美国、日本、新加坡等对交通需求管理对策的实施结果和不完全的研究结论表明,交通需求管理对策对解决城市交通拥挤问题能够取得相当好的效果。

1.3 交通分析工具

为了评估或者优化上述的交通拥挤策略,必须使用相应的交通分析工具或者方法。相应的交通分析工具和方法主要分为四类(Administration, 2005)。

1. 用于规划的交通预测模型方法

在传统的交通规划中,使用静态交通预测模型分析在一定区域内设置交通设施(增加道路,加宽道路等)导致的交通流量变化。其中,静态交通分配是城市交通流量预测过程中的一个关键步骤。静态交通分配模型预测未来规划方案的路网流量,计算路段的出行时间和相关的属性,也是估算项目经济效益和空气污染影响的基础。

静态模型假设路段上的流量与时间无关,因此,它只是侧重于长期的交通规划,这种方法局限于不能够有效地模拟真实的交通状况,如在路段上交通流的动态变化、排队破坏等,进而导致低估交通系统的性能。

2. 道路通行能力方法(HCM)

道路通行能力方法主要是通过解析手段快速地预测在不同交通设施上的交通流量、密度以及车辆延误的变化,主要适用于独立的或者小规模的交通设施(如单独的十字路口、路段等)。当路网拥挤加剧,出现排队扩展,导致在一个位置的交通状况受到其他位置的交通状况的影响时,传统的道路通行能力方法并不适用于分析这类情况。道路通行能力方法局限于不能够模拟过饱和、排队破坏、动态路径和高峰扩展等现象,同时也不适用于分析路网和系统的性能。

3. 微观交通仿真方法

微观交通仿真模型非常细致地描述单个车辆的运行,如车辆在道路上的跟车、超车及车道变换等微观行为都能得到较真实的反映,能非常逼真地再现实际交通状况,并对交通状况进行预测。但是,由于微观交通模型计算量较大、运算时间较长,一般侧重于单个交通设施或者干线的模拟。一些新的微观交通仿真模型是基于路径的,也就是说车辆在出发或者在途中时可以根据实际或瞬时的行程时间选择路径出行,当路网规模较大时,一般这类模型适用于一次分配仿真运算,无法计算大规模路网中的平衡条件下的动态交通状况。

4. 动态交通分配方法

动态交通分配方法是指,根据道路交通流原理模拟交通需求、在路段上的流量传播以及在路口的流量分配状况,将时变的交通需求装载到道路网络中,获得出行者的出行费用。系统根据出行者的出行费用迭代调整进入路网的出行者的动态交通需求(进入路网的时间、何时进入路网、选择何种方式进入等),以达到相应的动态平衡状态(动态系统优化、预测式动态平衡、反应式动态平衡等),最终得到平衡状态下的动态交通流量状态。

图 1.2 中给出了动态交通分配的总体框架。图 1.2 中的道路网络结构表示由节点、路段组成的道路网络。节点表示相应的十字路口,而路段表示相应的道路。动态交通需求表示在路网中在某一时刻从起点出发到终点的出行者出发率。在动态分配模型中其他的组成部分是动态网络配载、流量调节和平衡检验。

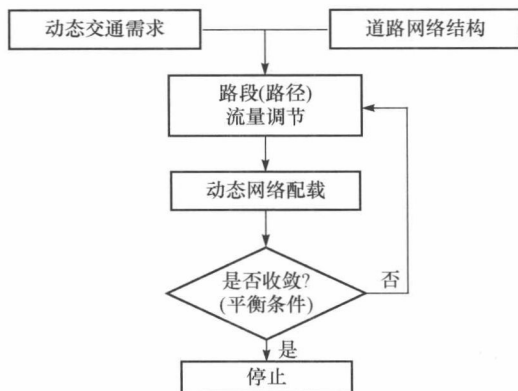


图 1.2 动态交通分配框架

动态交通分配方法是对已经存在的静态交通预测模型和微观仿真模型的一个有益的补充。静态交通信息预测模型主要反应的是区域交通分析能力,而微观交通仿真模型只是侧重于局部和干线的动态分析。动态交通分配方法填补了使动态交通模拟能够用于区域范围的空白。

1.4 本书的研究目的

动态交通分配模型在路网动态交通信息的估计和预测以及交通政策评估中起着重要的作用。在 1978 年,Merchant 和 Nemhauser(1978a,1978b)给出了第一个解析动态交通分配模型以及相应的算法。在 20 世纪 90 年代后,随着城市交通拥挤的加剧,智能交通系统得到快速发展及应用,大量的科研人员(高自友、任华玲,2005)从事于动态交通分配问题的研究,给出了许多不同的模型和算法。在宏观交通网络模型研究中,其中绝大多数研究者都只是对具有单一类型车辆(标准小汽车)的宏观模型进行研究。此类模型忽视了路网中多种交通模式(如小汽车、卡车、公交车等)的相互作用,并不能够真实地反映交通流状况。本书研究的多车型动态交通分配模型能够更加真实地模拟和反映车辆之间的相互作用以及选择不同车型的出行选择行为等。多车型动态交通分配模型不但可以更加真实地给出交通状况,而且可以处理一些单一车型交通分配模型无法解决的问题。

1.5 本书的主要研究内容

本书对多车型动态交通分配问题及其应用进行了研究,主要工作如图 1.3 所示。

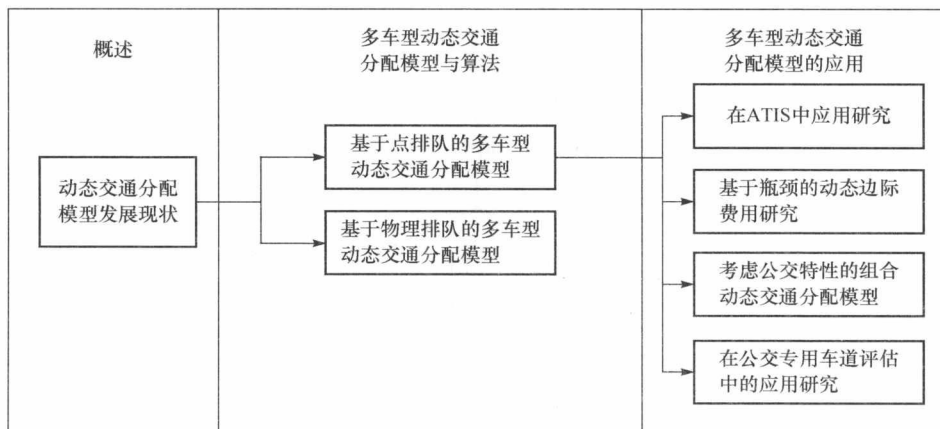


图 1.3 本书结构

本书的主要工作包括如下三大部分。

1) 本书概述

本部分(第 1 章和第 2 章)主要对单一车型及多车型宏观动态交通分配模型的发展以及相关特性进行分析和回顾;系统介绍出行者行为模型和动态交通网络模型的发展概况,详细介绍了相应的模型特性,如流量守恒、流量传播、先入先出(first in first out, FIFO)特性、因果特性等,同时介绍多车型动态交通分配模型的发展概况,研究了多车型动态交通分配模型特有的模型特性,并分析了多车型动态交通网络模型与单一车型动态交通网络模型的区别。

2) 多车型动态交通分配模型与算法

这一部分主要是对两种不同的动态交通分配模型进行了研究,分别给出了基于点排队的动态交通分配模型、基于整路段的多车型动态交通分配模型以及多车型动态元胞传输模型。这两种模型的侧重点不同,第一种点排队模型是单一车型点排队模型的直接扩展;另一种模型是考虑物理排队的影响,可以反映多种车型在路网中的排队扩散现象。

(1) 提出了基于点排队的多车型动态交通分配模型。将单一车型的決定式点排队模型扩展到多车型点排队模型,证明了多车型点排队模型合乎模式内的 FIFO 特性、在拥挤情况下各模式车辆的速度收敛特性以及整路段流量传播特性

等,可以认为单模式点排队模型是这个模型的特例,并且证明了各种模式的路段行程时间函数是合乎模式内的 FIFO 特性,以及在拥挤情况下各模式车辆的速度收敛特性。将多车型随机动态同时的路径与出发时间平衡条件描述为变分不等式问题。为了求解这个变分不等式,给出了两种算法:一种是基于路段的算法,在这种算法中,给出了与流量无关的基于 Logit 的同时的路径与出发时间选择的随机动态网络配载方法,并证明了这个方法的正确性,利用这个方法求解相应的平衡流量状态;另一种是基于路径的启发式算法,这个算法类似于 F-W 算法,即在算法的每次迭代中,将 OD 对之间的需求全部分配到最小路径/出发时间对上。分别在不同的路网中,对这个模型以及相应的算法进行了测试,验证了模型和算法的正确性、有效性。

(2) 提出了基于整路段的多车型动态交通分配模型与算法。将 Newell (1993a)给出的基于累计车辆的单一车型的流体动力学模型,推广到考虑多种车型相互作用的混合交通流动力学模型。模型假设路段上的混合车辆具有两种不同的流量状态:一种是自由流状态,不同车辆相互并不影响,按照自身的速度行驶;另一种是拥挤状态,不同车型车辆由于车头间距较小,超车困难,导致各种车型车辆混合在一起,按照类似的后向波速度向后传播。给出相应的动态交通网络模型,描述了多车型反应式动态用户平衡状态,并给出了一个简单的时间迭代算法。通过仿真发现:①模型可以很好地反应路网中由于物理排队的影响造成的排队后移的影响。②模型可以有效地反映多种车辆反应式动态用户平衡状态。

3) 多车型动态交通分配模型的扩展与应用

这部分主要是系统地对于基于点排队的多车型动态交通网络模型的应用以及相应的扩展进行了研究,如解析的多车型动态边际费用函数的计算、在 ATIS 的应用研究、组合动态交通分配问题以及在公交专用车道评估应用研究等。

(1) 介绍了基于累计流量的多车型瓶颈点排队模型。模型可以描述小汽车和卡车的相互作用,给出了考虑瓶颈路段拥挤特性的多车型边际费用函数的解析表达式,证明了卡车的动态收费是高于小汽车的,并且不同类型车辆之间的收费差距不但和车辆换算系数相关,也和车辆行驶速度以及路段流量状态相关。通过仿真实验表明在多车型条件下,可以有效地解释为什么可以通过拥挤收费改变系统拥挤状态,主要是因为拥挤收费可以让出行者可能转换出现方式,同时不同类型车辆可能选择错峰出行等。进一步根据出行者遭遇的拥挤排队以及出行者早到与迟到延误花费的差异,给出了考虑出行者出发时间选择的多车型动态边际费用函数的解析表达式以及相应的多车型收费函数等,并通过仿真实验表明在考虑出发时间的前提下,通过拥挤收费可以在不减少需求的前提下减少路网的拥挤程度。

(2) 为了评估 ATIS 对整个交通系统以及不同模式出行者的影响,提出了离散时间多车型多用户动态交通分配模型。将出行者分为两类:一类是装配 ATIS

的出行者;另一类是未装配的出行者。由于所能够获取信息质量的差异,出行者将遵循不同的出行选择行为,将这些出行选择行为描述为统一的变分不等式问题,并利用对角化算法计算相应的平衡流量状态。最后在路网上进行了仿真试验,验证了算法和模型的有效性,并对 ATIS 对交通系统以及不同模式出行者的影响进行了研究。

(3) 为了能够更加全面地反映 ATIS 对出行者的影响,采用多车型多用户动态交通分配模型对 ATIS 的市场渗透率与服从率进行了研究。使用 Nested-Logit 模型模拟出行者的购买和服从行为。模型的上层模拟了驾驶小汽车的出行者是否购买 ATIS 设备(市场渗透率),底层主要描述了装配 ATIS 设备的小汽车出行者是否服从 ATIS 的建议(服从率)。利用固定点算法计算 ATIS 的平衡市场渗透率与服从率,而随后的仿真试验表明了模型与算法的有效性。

(4) 随着城市规模的不断扩大、机动车的不断增加以及交通模式更加的多元化,如自行车、公交车、地铁、出租车等,人们在出行时可能并不单纯地依赖一种交通模式,而是在一次出行中使用多种交通模式。为了反映这种组合模式出行,提出了组合模式动态交通分配模型。在这个模型中假设有两类出行者:一类是纯模式出行者,他们自己驾驶小汽车完成一次出行;另一类是组合模式出行者,在其一次出行的第一部分是自己驾驶小汽车完成的,剩余部分是乘公交车完成的。使用 nested-logit 模型模拟复杂的出行者行为,利用统一的变分不等式方法将各种不同的出行者行为统一在一个框架内,并给出了相应的启发式算法,最后通过仿真试验验证了模型和算法的有效性。

(5) 推荐了一个多车型的宏观动态交通分配模型用于公交专用车道的收益和效果的评估。给出了一个多模式动态交通网络模型用于模拟公交车和小汽车在路段上的相互作用,这个模型同时也能够模拟在路段上设立公交车道的情况下,路段上不同模式车辆的运行情况。使用一个统一的变分不等式模型描述了旅行者复杂的模式选择以及路径和出发时间选择的行为。给出了一个启发式算法用于求解变分不等式的解,最后在一个路网上进行了仿真试验,结果认为公交专用车道的收益与路网拥挤情况直接相关。

第 2 章 动态交通分配综述

2.1 引言

动态交通分配模型主要包括两个组成部分:出行者选择行为和路网交通流模拟。出行者选择行为原则模拟了出行者的出行选择倾向,如在路网中变化的交通流情况下,出行者如何选择出行路径、出发时间以及选择什么出行方式出行等。影响出行者出行选择行为变化的主要因素之一是旅行时间,而旅行时间就是通过动态交通分配的另一组成部分路网交通流模拟计算出的。

从模型角度而言,路网交通流模型分为:仿真模型和解析模型(宏观模型)。仿真模型(如基于车队的模型 CONTRAM、中观交通仿真模型 DYNASMART、INTEGRATION 和 DYANMIT 等)侧重于模拟单个出行者或几个车辆组成的小车队的驾驶行为,因此能够更加恰当、准确地反映交通状况。解析模型关注于平均意义上出行者或车队的驾驶行为。解析模型由于具有良好的数学结构,相比于仿真模型而言,具有如下特点:一是能够事先确定解的存在性和唯一性以及算法的收敛特性;二是预先设定的出行者行为(平衡条件)与模型导出的优化条件相一致;三是节约计算时间,一般情况下仿真模型由于计算速度的限制,适用于单独的交通设施,如交通路口、干线等,但并不适合于区域路网。下面根据动态交通分配模型的组成以及相关特性对其发展进行详细的介绍和阐述。

2.2 动态交通分配模型与算法的发展回顾

动态交通分配模型及其算法从 Merchant 和 Nemhauser 在 1978 年给出的第一个动态交通分配模型与算法开始,已经经过了 30 多年的发展。下面分别从出行者行为模型以及动态交通网络模型两个方面论述相关的发展状况,并给出相应的评述。

2.2.1 出行者行为模型

交通分配模型的目的是对由出行者出行选择行为造成的交通流量变化进行描述和预测。因此,根据出行者行为的不同假设前提,可以使用不同的数学模型进行描述。在路网中,所有出行者都是单独地根据自身情况作出出行决策,最终,在路网中出行者决策的相互作用导致没有任何出行者能够通过改变其出行决策而减少其出行费用。出行者平衡概念就是起源于这种情况。经济学家 Knight 最早使用“平衡”的概念描述交通流状态。Wardrop (1952)给出了两个著名的出行选择行为原则:

(1) Wardrop 第一原则——“用户平衡”。

这个原则首先假设出行者完全掌握着整个路网的交通状况,即能够准确地计算每条路径的实际出行费用,也意味着网络交通状况是稳定的,还假设出行者行为和能是一致的。在这些假设条件下,在路网中的出行者所选择路径的实际出行费用是相等的,也是最小的,小于那些出行者未选择路径上的实际出行费用。

(2) Wardrop 第二原则——“系统优化”。

系统总的出行费用是最小的。

可以说,如果出行者按照系统优化的原则进行出行决策,则导致的出行状态是系统优化的流量。这个原则也可以用平衡的原则解释。在路网中的出行者所选择的路径的边际出行费用是相等的,也是最小的,小于那些出行者未选择路径上的边际出行费用。

一般而言,系统优化是交通管理者所期望达到的一种网络交通流的最优分布状态,其前提是要求出行者要遵循系统最优化条件下的路径(出发时间)出行。而实际上,出行者不太可能为了系统优化而牺牲自己的利益,因此实际的路网交通状况可能是更加接近于用户平衡状态。交通管理者为了获得系统优化的交通流量,可以通过先进的管理,或是通过拥挤收费方法强制出行者按照系统优化原则下确定的路径行驶。

在动态交通分配模型中的出行选择原则就是从上面介绍的 Wardrop 的两个原则上演化而来的。图 2.1 给出了动态出行者选择行为模拟的架构示意。动态出行者选择行为的模拟主要分为两类:一类是对基于一天内(within-day)的动态平衡特性模拟,也就是说,出行者的出行选择行为主要受到当前的路网交通状况变化的影响;另一类是对基于多天的(day-to-day)的动态非平衡特性模型,主要是为了描述交通流在连续多天的变换状况,在某种意义上说,是更加侧重于交通流的变化过程,而不是最终的平衡流量状态。

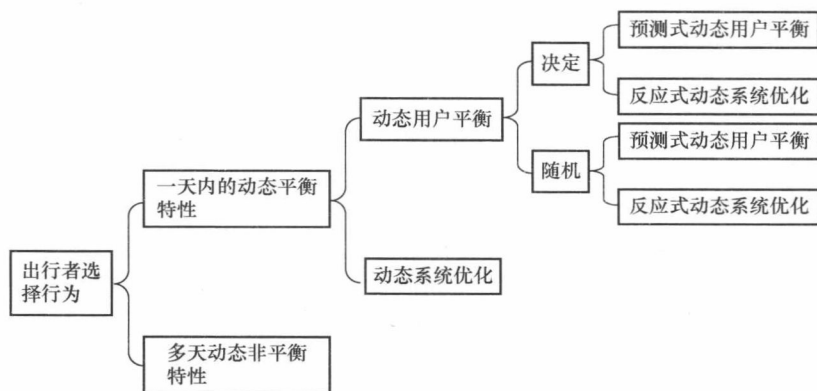


图 2.1 动态出行者选择行为