

普通高等教育交通运输类应用型特色规划教材



道路交通 系统仿真技术与应用

主 编 邓建华
副主编 冯焕焕 邬 岚
主 审 朱从坤

DAOLU JIAOTONG

XITONG FANGZHEN

JISHU YU YINGYONG



国防工业出版社

National Defense Industry Press

013046173

U491.1-39
04

普通高等教育交通运输类应用型



道路交通 系统仿真技术与应用



主 编 邓建华
副 编 冯焕焕 邬 岚
主 审 朱从坤

DAOLU JIAOTONG

XITONG FANGZHEN

JISHU YU YINGYONG

国防工业出版社

·北京·

U491.1-39
04



北航

C1652923

内 容 简 介

本书系统地阐述了城市道路交通系统与交通计算机仿真技术之间的相互关系,从宏观、中观及微观仿真三个层次,详细地介绍了 TransCAD 软件、AIMSUN 软件及 VISSIM 软件模拟仿真城市道路交通系统的主要技术和功能;从解决实际交通问题的角度,以典型案例的形式阐述了以上交通仿真软件在相关领域的应用。

本书内容上区别于技术手册,强调仿真技术应用。本书可作为交通运输、交通工程、土木工程及城乡规划等专业的本科生教材,也可作为相关专业研究生、工程技术和管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

道路交通系统仿真技术与应用 / 邓建华主编. —北京:
国防工业出版社, 2013. 4

普通高等教育交通运输类应用型特色规划教材
ISBN 978 - 7 - 118 - 08693 - 5

I. ①道... II. ①邓... III. ①城市道路—交通运输
系统—系统仿真—高等学校—教材 IV. ①U491.1 - 39
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 068349 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15 $\frac{1}{4}$ 字数 371 千字

2013 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

普通高等教育交通运输类应用型特色规划教材

审定委员会

(按姓氏拼音排序)

陈峻 (东南大学)	崔新壮 (山东大学)	范钦满 (淮阴工学院)
韩宝睿 (南京林业大学)	胡永举 (浙江师范大学)	黄志义 (浙江大学)
满维龙 (安徽三联学院)	王任祥 (宁波工程学院)	吴戈 (苏州大学)
幸筱流 (华东交通大学)	张卫华 (合肥工业大学)	郑安文 (武汉科技大学)
周兴林 (武汉科技大学)	朱从坤 (苏州科技学院)	朱顺应 (武汉理工大学)

编写委员会

主任委员

常玉林 (江苏大学)
陈新 (南京理工大学)

委员 (按姓氏拼音排序)

陈青春 (南京农业大学)	邓建华 (苏州科技学院)	董满生 (合肥工业大学)
杜胜品 (武汉科技大学)	胡军红 (南京工业大学)	姜康 (合肥工业大学)
赖焕俊 (淮阴工学院)	李玉华 (盐城工学院)	凌代俭 (扬州大学)
毛霖 (南通大学)	王卫杰 (南京工业大学)	吴金洪 (浙江师范大学)
邬岚 (南京林业大学)	肖为周 (苏州大学)	徐勋倩 (南通大学)
徐永能 (南京理工大学)	姚明 (江苏大学)	于英 (江苏大学)
曾小舟 (南京航空航天大学)	郑长江 (河海大学)	

前 言

随着社会经济的发展、城市化水平的不断提高,我国大部分城市所面临的交通问题也日益复杂。采用交通仿真技术来再现或预测城市道路交通运行状态,是一种分析、研究交通问题的高效手段。

本书结合目前道路交通仿真技术的实践,致力于向交通工程及相关专业本科学生提供一本合适的交通仿真技术及应用方面的教材。本书尽量结合实际案例,以解决具体交通问题的方式对所采用交通仿真技术进行详细地阐述。具体内容安排:第1章绪论主要介绍了道路交通系统仿真与交通系统之间的关系、交通仿真技术发展概况等;第2章从宏观、中观及微观三方面介绍了典型道路交通系统仿真模型、TransCAD、AIMSUN及VISSIM软件基本功能;第3章至第7章介绍了TransCAD在城市综合交通规划、城市公共交通规划、物流系统规划、区域路网需求预测等方面的仿真技术与应用;第8章介绍了AIMSUN在城市交通管理中的应用;第9章至第11章介绍了VISSIM在城市道路交叉口优化设计、BRT系统仿真、交通事件仿真及三维仿真等方面的仿真技术与应用;第12章介绍了仿真技术在交通影响分析中的应用;第13章对部分常用其他交通仿真软件进行了简单介绍。

本书由苏州科技学院邓建华主编,朱从坤主审。编写人员如下:师桂兰编写第2章,冯焕焕编写第5章,李燕编写第9章;南京林业大学邬岚编写第13章,其余章节由邓建华编写。在本书编写过程中,得到了南京工业大学、南京理工大学、淮阴工学院及新疆大学相关老师的大力支持和帮助,在此谨表谢意。

本书是在参考了国内外文献的基础上,结合编者自身多年教学和研究的成果编写而成。对于参考文献的出处在书中已经说明,在此,对这些作者表示诚挚的感谢。

由于近年来,交通仿真技术的飞速发展,新的交通仿真软件不断涌现,掌握的资料不尽完善;再者编者学识和能力所限,书中内容难免有不当之处,敬请有关专家和各位读者给予批评指正。

编 者

2012年10月于苏州

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 道路交通系统仿真的相关基本概念	1
1.1.1 系统的概念、特性	1
1.1.2 系统方法与系统模型化	2
1.1.3 交通系统概念与构成	2
1.1.4 系统仿真及交通系统仿真的特点	3
1.2 道路交通系统与交通系统仿真的关系	5
1.3 道路交通系统仿真的分类	8
1.4 道路交通系统仿真的应用范围	9
1.5 道路交通系统仿真技术的发展概况	10
1.5.1 国外发展现状	10
1.5.2 国内发展现状	11
1.5.3 道路交通系统发展趋势	12
第 2 章 典型道路交通系统仿真模型与软件	14
2.1 宏观交通仿真模型与 TransCAD	14
2.1.1 宏观交通仿真基本模型简介	14
2.1.2 TransCAD 主要技术特点	15
2.1.3 TransCAD 软件中交通规划“四阶段”法的基本模型	15
2.2 中观交通仿真模型与 AIMSUN	18
2.2.1 中观交通仿真模型简介	18
2.2.2 AIMSUN 软件中的基本模型	19
2.3 微观交通仿真模型与 VISSIM	22
2.3.1 微观交通仿真基本模型简介	22
2.3.2 路段交通仿真基本模型	27
2.3.3 交叉口交通仿真基本模型	27
2.3.4 VISSIM 软件的基本模型	29
第 3 章 TransCAD 宏观仿真的基本方法	38
3.1 TransCAD 界面	38

3.1.1	启动 TransCAD	38
3.1.2	TransCAD 主界面	38
3.1.3	TransCAD 的菜单项	39
3.2	设置 TransCAD 工作环境	40
3.3	认识 TransCAD 的文件	41
3.3.1	TransCAD 的基本文件类型	41
3.3.2	数据与视图文件的关系	41
3.3.3	窗口与工作空间	41
3.3.4	TransCAD 中的其他文件类型简介	42
3.4	地图图层管理	43
3.4.1	图层显示与使用	43
3.4.2	改变地图图层	44
3.4.3	图层的重新命名	45
3.4.4	设置图层样式和标签	46
3.5	TransCAD 地理信息文件管理	46
3.5.1	DXF 文件导入 TransCAD 生成地理信息文件	46
3.5.2	DBD 地理信息文件编辑基础	48
3.5.3	编辑地理信息文件中线要素	49
第 4 章	TransCAD 在城市综合交通规划中的应用	53
4.1	城市综合交通规划概述	53
4.1.1	城市综合交通规划任务与内容	53
4.1.2	城市综合交通规划特点	53
4.1.3	城市综合交通规划的层次与范围	54
4.2	基本流程与数据准备	54
4.2.1	基本流程	54
4.2.2	基于 TransCAD 交通需求预测的数据准备	55
4.3	Miasma Beach 城市综合交通规划的需求预测方法	55
4.3.1	Miasma Beach 交通规划模型概况	55
4.3.2	规划基准年城市道路网络的建立	55
4.3.3	规划基准年交通小区的建立	56
4.3.4	地图文件编辑和修饰	57
4.3.5	建立交通网络文件及查询树	61
4.3.6	出行生成预测	64
4.3.7	应用重力模型进行出行分布预测	68
4.3.8	出行方式划分	74
4.3.9	转换 PA 为 OD 矩阵和一天中小时量的转换	78

4.3.10	交通分配	80
4.3.11	未来道路网络方案评价	82
第5章	TransCAD 在城市公共交通规划中的应用	84
5.1	TransCAD 公交基础数据系统的建立	84
5.1.1	公交基础数据收集	84
5.1.2	基于 TransCAD 的公交数据结构	85
5.1.3	TransCAD 公交数据库的建立	87
5.1.4	TransCAD 公交线路系统的建立	88
5.2	TransCAD 公交客流需求预测	92
5.2.1	交通结构的变化分析	93
5.2.2	公交客运量的分布	93
5.2.3	公交客运量的分配	93
5.2.4	公交线网客流分配流程	94
5.3	基于 TransCAD 的公交线网评价	98
5.3.1	TransCAD 空间数据分析的特点	98
5.3.2	公交线网评价指标的选取	99
5.3.3	公交线网性能评价指标的计算	99
5.4	基于 TransCAD 的公交线网优化技术	101
5.4.1	公交线网优化的原则	101
5.4.2	公交线网优化的目标及约束条件	101
5.4.3	TransCAD 进行公交线网优化的过程	102
第6章	TransCAD 在物流系统规划中的应用	103
6.1	概述	103
6.1.1	物流系统规划需要解决的问题	103
6.1.2	物流决策模型	103
6.1.3	基于 TransCAD 软件系统的物流决策模型	104
6.2	物流系统定位路线问题	104
6.2.1	定位配给问题	104
6.2.2	车辆路线问题	105
6.2.3	定位路线问题	105
6.3	TransCAD 中 LRP 数据系统	107
6.3.1	TransCAD 数据系统介绍	107
6.3.2	TransCAD 中的 LRP 基础数据系统	107
6.4	基于 TransCAD 的 LRP 方案优化	111
6.4.1	TransCAD 中物流模块介绍	111

6.4.2	在 TransCAD 中创建 LRP 地图	112
6.4.3	网络和矩阵	115
6.4.4	物流设施选址与配送路线解决方案	117
第 7 章	TransCAD 在区域路网流量预测中的应用	123
7.1	TransCAD 中的 OD 矩阵推算概述	123
7.2	MMA OD 矩阵反推	124
7.3	MMA OD 矩阵反推一般流程	125
7.4	具体案例简介	128
7.4.1	项目简介	128
7.4.2	交通调查方案	128
7.4.3	交通量预测思路	129
第 8 章	AIMSUN 在城市交通管理中的应用	132
8.1	基于离散事件仿真概述	132
8.1.1	AIMSUN 的离散事件定义	132
8.1.2	网络表达	133
8.1.3	交通模型	134
8.2	交通事件仿真方法简介	137
8.3	统计仿真结果	138
8.4	交通管理仿真实例	138
8.4.1	建立网络上交通事件	138
8.4.2	事件数据估计	141
8.4.3	模型运行路径重定向前后仿真结果比较	144
第 9 章	VISSIM 微观仿真的基本方法	148
9.1	VISSIM 仿真原理与应用范围概述	148
9.2	VISSIM 模型数据需求	149
9.3	软件主界面和操作习惯	150
9.4	构建仿真模型的一般流程	152
9.4.1	建立路网模型	152
9.4.2	常用模型运行参数设置	155
9.4.3	常用检测器设置	164
9.4.4	模型仿真运行	168
第 10 章	VISSIM 在交叉口优化设计中的应用	170
10.1	无信号平面交叉口建模方法与仿真	170

10.1.1	数据准备	170
10.1.2	具体步骤	171
10.2	信号平面交叉口建模方法与仿真	180
10.2.1	信号控制机	180
10.2.2	具体步骤	183
10.3	立体交叉口建模方法与仿真	188
10.3.1	概述	188
10.3.2	VISSIM 路段高程建模技术与方法	188
10.3.3	VISSIM 匝道曲线的建模技术与方法	189
第 11 章	VISSIM 其他几种常用仿真技术与应用	191
11.1	VISSIM 公交仿真技术与应用	191
11.1.1	VISSIM 公交站台模型建立方法与技术	191
11.1.2	VISSIM 公交线路模型建立方法与技术	192
11.1.3	案例——BRT 系统实施方案评价	197
11.2	VISSIM 交通事件仿真技术与应用	201
11.2.1	交通事件检测算法及仿真	201
11.2.2	应用“停车场”工具建立交通事件模型的方法	202
11.2.3	VISSIM 交通事件仿真案例	205
11.3	VISSIM 在动态交通分配仿真中的应用研究	206
11.3.1	VISSIM 实现动态交通分配的原理	206
11.3.2	实例仿真分析	208
11.4	VISSIM 系统 3D 仿真技术与应用	209
11.4.1	系统内置的 3D 模型	209
11.4.2	基于 V3DM 模块功能的 3D 模型	215
第 12 章	仿真软件在交通影响分析中的应用	219
12.1	交通影响分析	219
12.2	TransCAD 与 VISSIM 在 TIA 中的应用	220
12.2.1	TransCAD 在 TIA 中的应用	220
12.2.2	VISSIM 在 TIA 中的应用	221
12.2.3	TransCAD - VISSIM 联合使用的优点	222
12.3	实例分析——某市民活动中心交通影响分析	223
第 13 章	其他常用交通仿真软件简介	228
13.1	EMME 仿真软件	228
13.1.1	引言	228

13.1.2	主要功能描述	228
13.1.3	主要应用的范围	230
13.2	Cube 仿真软件	230
13.2.1	引言	230
13.2.2	主要功能模块的描述	231
13.2.3	主要应用范围	232
13.3	INTEGRATION 仿真软件	232
13.3.1	引言	232
13.3.2	主要功能模块的描述	232
13.3.3	主要应用范围	232
13.4	Paramics 仿真软件	233
13.4.1	引言	233
13.4.2	主要功能模块的描述	234
13.4.3	主要应用范围	235
参考文献		236



1.1 道路交通系统仿真的相关基本概念

1.1.1 系统的概念、特性

在现实世界中,事物并不是孤立存在的,它们之间存在着内在的和有机的联系。作为一个研究对象,人们将这种由相互联系、相互作用的事物或元素构成的统一整体称为系统。系统这一概念来源于人类长期的社会实践,但由于受到科学技术早年历史的影响,系统的概念一直没受到应有的重视。直到20世纪40年代才开始在工程设计中应用这一概念,50年代以后,才把系统的概念逐步明确化、具体化,并在工程技术系统研究和管理中得到广泛应用。

如上所述,系统一般指由相互作用、相互依赖而又能相互区别的若干部分(单元)组成,具有特定功能的有机整体。一般来说,系统具有以下4个特征:

1. 整体性

系统是由若干个单元组成的,每个单元都具有独立的功能。具有独立功能的单元及单元之间的相互联系,只能是逻辑地统一和协调于系统整体之中,才能发挥系统的整体功能。因此,即使每个单元并不都很完善,但它们也可以综合、统一成为具有良好功能的系统。反之,即使每个单元都很良好,但作为整体却不具有某种良好的功能,也就不能称之为完善的系统。

2. 相关性

系统内各单元之间是有机联系、相互作用的,在这些单元之间具有某种相互依赖的特定关系。例如,道路交通控制系统是一个大系统,它由道路网、车辆、信号控制系统及交通规则等单元或子系统组成,在交通控制系统的运行中,这些单元(或子系统)相互关联,通过它们之间的协调关系,使道路上的车辆有条不紊地行驶。如果各个组成部分各自为政,那么它们就不能组成互相协调的系统,势必造成交通混乱。

3. 目的性

通常,系统都具有一定的目的性,而系统单元正是按照这种目的组织起来的。例如,在某城市进行道路交通规划,那么从规划目标设计、交通状况调查、交通现状分析、交通需求预测、道路交通网络方案设计、规划方案评价,到规划方案实施整个过程就形成了一个“城市道路交通规划系统”,该系统的目标可以是在一定的道路交通服务水平下使道路交通建设的投资最少,或者是在一定的道路交通建设投资条件下使建成的道路网络的服务水平最高,或使社会获得的效益最大。

4. 环境适应性

系统总是存在于一定的环境之中,与环境不断进行物质、能量及信息的交换,系统必须适应外部环境的变化。

1.1.2 系统方法与系统模型化

Webster 对系统的概念进行了更进一步的诠释:①系统由能完成不同功能的,且服从一个系统规划目标的多个组成部分构成;②系统是一个相互交叉或相互依赖的多个单元对象的聚合体或集成体。该表述采用了一种模型化思想去描述系统结构,强调用系统方法来认识系统构成机制。区别于简单的构件堆砌,系统是由相互交叉或相互依赖的部分共同组成,从而完成一个共同的目标。因此,从系统方法的角度,认为系统是作用与相互作用并以完成特定目标的事件集合,它强调的是系统整体分析方法的概念。

如何采用科学系统的方法来研究、认识现实系统,通常需要人们通过一定手段来建立一个能表述现实系统的行为特征及系统随时间推演的模型化结构。这个设计结构也称为模型系统。建立模型系统首先需要获取系统的相关知识,架构系统运行条件,设定系统通常遵循的数学和逻辑关系。这些数学与逻辑关系则构成了模型系统。剥离这些假设与知识,用正式的语句来描述模型,需要建立构建系统模型的方法论框架。

建立一个系统模型,必须设想系统是如何运作的。这种设想建立在对系统充分的理解基础上,因此,应该相信模型只能部分反映现实,这就意味着或多或少,它仍然存在各种变化的可能性。这些可能性与分析者的专业训练、经验及主观、时间及资金等资源的充足与独占性及研究的目标有关。

人们喜欢用形式化的模型语言来描述系统构件之间的关系,这些构件是分析者用来在不同假设条件下定义、理解系统各种行为的部分。模型用数学公式去定量地描述系统关系。通常的方法是建立各种系统组成构件属性与数学变量之间的相互关系。变量分为“可控变量”(代表可以控制的问题属性或运动方向)和“不可控变量”(包括参数、系数和系统输入确定系统作用方向的常量)。这些标定的参数值,标定了目标函数吻合程度的函数,称为运行测定、效力测定或效用函数。当它用决策变量形式化后,则一般把它称为目标函数。这样就可以用如下的数学模型来表述一个系统,即

$$\text{OPT } U(X, Y)$$

$$\text{s. t. } X \in W(Y)$$

这里:事件变量(测定变量) \Leftrightarrow 变量 $\left. \begin{array}{l} X = \{X_1, X_2, X_3, \dots, X_n\} \text{ 决策变量集(自变量集)} \\ Y = \{Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_m\} \text{ 不可控变量集(因变量集)} \end{array} \right\}。$

1.1.3 交通系统概念与构成

交通是一个系统,它由多个子系统构成,子系统之间相互联系、相互影响,形成了极其复杂的关系。当人们带着不同的问题去研究交通系统时,系统的范围、结构、子系统之间关系等都将不同。例如,当从交通工具的角度来研究交通系统时,就会把它划分为轨道交通、汽车交通、自行车交通、步行交通等子系统;当从出行者的角度来研究交通时,就可能会把交通系统划分为上班出行、上学出行、购物出行、娱乐出行等子系统。

交通系统非常复杂,尤其是城市交通系统,人们很难用一种或几种简单、固定的方法表达或说明系统间的复杂关系。图 1-1 是城市交通系统各要素关系图,其中城市在其规划建设各阶段就已经从总量上决定了交通需求与交通供给两大要素。在该阶段,规划者根据城市的人口规模、经济水平和人们的社会活动特征等规划城市的用地规模、用地性质、用地强度和用地布局,

这一方面决定了城市居民出行和货物流通的总量,另一方面也决定了城市的路网框架。因此,不同的土地利用特征对应着不同的交通需求特征。城市交通需求受多方面因素的影响。首先,它与城市路网结构有关,在一定的城市土地利用形态下,不同的路网结构(如棋盘式、放射状、放射环形式等)对应着不同的出行效率,表现在路网交通流状态上,即为不同的交通需求总量。其次,交通需求还与交通政策相关,在出行需求一定的情况下,不同的交通政策(如公交优先政策)将带来截然不同的交通需求。再次,交通结构(轨道交通、公共汽车、自行车、小汽车等各种方式出行比例)对交通需求也有着重要影响。实际上城市路网、交通需求、交通结构及交通政策等都是构成交通系统的组成元素,它们之间的相互关联和相互作用的结果就使得交通系统的复杂性显而易见。但是交通系统的复杂性并不代表系统运行没有内在规律,人们总是可以通过各种手段不断地揭示和描述系统的运行特征,并进行适当的科学评价,为改善交通系统运行状态提供科学依据。

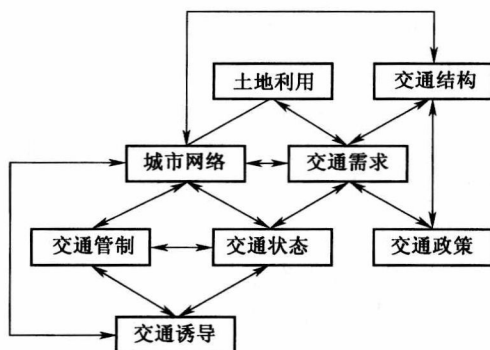


图 1-1 城市交通系统各要素关系图

1.1.4 系统仿真及交通系统仿真的特点

系统仿真是一项社会实践活动。凡是包含系统、系统模型和系统试验 3 个要素的活动都可以广义地理解为系统仿真活动。仿真作为一门技术科学是在 19 世纪初工业技术有了长足的发展之后而确定下来的。而且伴随着工业技术的进步,仿真技术也在不断地发展。例如,随着电子技术的发展,人们发现可以利用模拟电路去研究工业控制过程中的实际问题,由此而产生了现代控制理论。而这个模拟电路就是工业控制系统的一个模型,通过在这个模型上进行试验,就可以解决实际控制过程中产生的问题。又例如在飞机设计过程中,对飞机的外形要求非常严格。由于飞机造价的昂贵,用真实的飞机进行试验是不现实的。为了获得飞机外形的气动数据,尤其是飞机机翼的气动数据,必须制作各种不同形状的记忆模型放到风洞中进行试验。在这个时期,人们在利用仿真方法研究和求解问题时,都是利用实物去构造与实际系统成比例的物理模型,再在这个模型上进行试验。如果这种试验是破坏性的,那么每次试验都要重新构造实物模型,带来很大的麻烦和浪费。

1946 年,世界上第一台电子计算机在美国诞生。在随后的 60 多年中,计算机技术的发展速度惊人,当今计算机的计算能力和信息处理能力已经比最初的以电子管为主体的机器提高了成千上万倍。如果说早期的仿真主要是利用实际物理模型的比例仿真,那么,当代仿真技术则是与计算机的发展密切相关的。目前,对于非常复杂的真实世界的系统,很难或者无法用数学解析方法或物理试验方法求解,这时就不得不借助于计算机仿真模型。计算机仿真具有明显的

优点:

(1) 有些数据通过普通意义上的试验方法获得难度较大,或者是试验过程代价非常昂贵(如一些破坏性试验),这种情况下,仿真试验优势突出。

(2) 具有重复性。一旦建立了一个仿真模型,就可以重复利用。

(3) 借助于仿真模型,可以对所仿真的事件过程有较为完整的、深入的了解。

(4) 有些仿真模型对原始数据的依赖性不强,即使输入的数据有些粗糙,仿真方法也可用于帮助分析一个所建立的系统,而且用户可以通过不断地修正输入,逐步获得合理的结果。

(5) 解析模型通常需要许多简化假设,以便在数学上容易处理,而仿真模型则没有这么多限制。对于解析模型,分析者只能计算有限的系统性能指标,而对于仿真模型,产生的数据可用于估计任意可想到的性能指标。

目前通常所讲的仿真技术一般就是指计算机仿真技术。随着计算机软硬件水平的提高,计算机仿真技术也得到了很大的发展。交通系统仿真是指用系统仿真技术来研究交通行为,它是一门对交通运动随时间和空间的变化进行跟踪描述的技术。从交通系统仿真所采用的技术手段及所具有的本质特征来看,交通系统仿真是一门在数字计算机上进行交通试验的技术,它含有随机特性,可以是微观的,也可以是宏观的,并且涉及到描述交通运输系统在一定期间实时运动的数学模型。通过对交通系统的仿真研究,可以得到交通流状态变量随时间与空间的变化、分布规律及其与交通控制变量间的关系。

在交通仿真技术出现之前,交通工程师多采用经验方法和数学分析方法来分析交通现象。然而交通系统是一个典型的复杂系统,系统内各要素的状态及其相互作用规律受多维随机因素的影响,往往难以用经验模型或数学分析模型来准确地描述。传统交通分析方法的局限性在20世纪60年代计算机的交通信号控制系统出现以后显得尤为突出,当时的交通工程师们希望找到一种更有效的交通分析方法来优化交通控制的信号参数设计,从而开始了交通仿真的研究。相对于传统的数学解析分析方法,交通系统仿真技术具有如下优点:

(1) 不需要真实系统的参与,因此具有经济方便的优点,特别适用于对尚不存在的、规划中的交通系统行为的研究。

(2) 通过系统仿真,能清楚地了解交通流中哪些变量重要,以及它们是如何相互作用的。

(3) 系统动态模型的时间标尺可以与实际系统的时间标尺不同,因此,既可以进行实时仿真,也可以进行非实时仿真。

(4) 对于交通系统中的某些危险情况或灾难性后果,系统仿真是很有效的研究手段,可以开展道路交通事故的仿真研究等。

(5) 能够重复提供同样的道路交通条件,从而可以对不同的规划设计方案进行公正的比选。

(6) 能够不断改变系统运行条件,从而可以预测道路交通系统在各种情况下的行为。

(7) 能够随时间和空间改变交通需求,从而对道路交通拥堵作出预报。

(8) 能够处理相互影响、相互作用的复杂的排队过程。

20世纪60年代起,国外就开始利用计算机对各种交通现象和交通特征进行仿真,到目前为止,已经开发出一些优秀且实用性很强的软件。利用交通系统仿真模型,人们可以动态逼真地仿真交通流和交通事故等各种交通现象,深入地分析车辆、驾驶员、行人、道路及交通流的交通特征,有效地进行交通规划、交通组织与管理、交通能源节约及物资运输流量合理化等方面的研究。此外,通过计算机仿真,可以避免进行一些费用昂贵而且周期长的交通调查和现场试验,

以很小的代价获得难以调查的数据,并再现多种交通现象,即可以从一个崭新的视角展开对问题的研究。



1.2 道路交通系统与交通系统仿真的关系

怎样用一般方法论来描述交通系统呢?首先一点是怎样理解交通系统,理解是什么导致了交通活动的产生,何种因素会带来人们活动需求,以及交通参与者对这种活动需求的满意度要求是什么?这里“活动”的概念必须理解成一种社会和经济现象,它表示着一种人们活动时间与空间分布的结果。这些活动导致了人和车辆在不同点之间的移动需求,也就产生了出行。交通系统提供设施与出行方法,确保人与车辆在正确地点与合适时间完成产品生产和产品服务市场活动。图 1-2 描述了构成交通系统主要构成要素之间的关系框架。大体上,我们可以从主要构成要素之间的相互作用来阐述各个构成要素之间的动态关系,如系统与用户的相互作用关系。假设用户(出行者)有特殊要求和偏爱,例如,如何根据出行者日常所获得的经验来估计出交通系统运行状态。这些经验支持了出行者对系统运行的判断能力,其中就包含用户对出行目标决策过程,即确定他或她的出行决策,包括离散化时间 t 、路径选择 r 、交通模式 m (例如客车、公共汽车、有轨电车、地铁和铁路)。出行者综合考虑由社会经济活动所决定的起讫点空间分布特征(土地利用政策作用的结果)和图 1-2 中其他因素及其相互作用,就产生了交通出行需求,这也就是任何一个交通系统模型的主要部分。

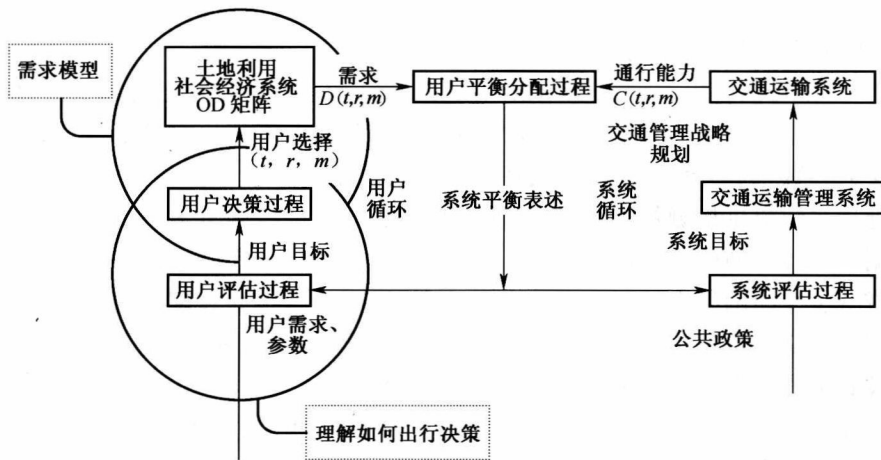


图 1-2 交通系统主要构成要素之间的关系框架(摘自 OECD, 1987)

t —离散化时间; r —路径选择; m —交通模式。

交通需求可以通过多种方式来描述对由活动导致交通需求的语句、函数描述方法,可称为“基于活动的需求表述(Activity - Based Demand Representation)”。但是到目前为止,用的最多的是用 OD 矩阵这种集计方法来描述交通需求,如图 1-3 所示,用 OD 矩阵及小区形心概念来集计描述交通需求的示意图。

交通网络所在的地域被划分为多个交通小区,在一定时期每个小区会产生和吸引不同目的的出行量。交通小区通过道路网络生成由起点到终点的出行分布量,这时的起点与终点通常被

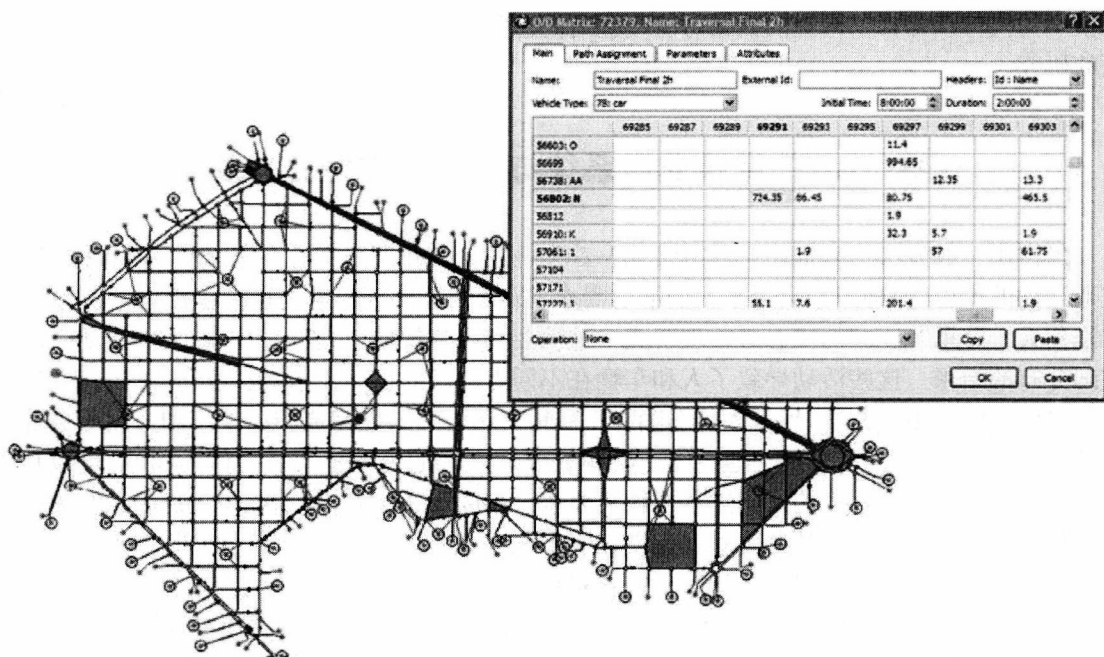


图 1-3 用 OD 矩阵及小区形心概念来集计描述交通需求的示意图

抽象成路网中一个虚拟节点,也称为形心(Centroids),所以依据集计化理论,交通需求就可以模型化一个矩阵,其中行表示起点,列表示终点,矩阵单元格里输入的值用 t_{ij}^p 表示,表示在 τ 时间内,为完成 p 目的从起点 i 到终点 j 的出行量。

从图 1-2 中可以看出,交通学专家对交通系统结构及运行规律已经有一定初步认识。为了获得交通网络上交通流的分布规律,通常还需要在路面上安装一定的功能设备,如线圈检测器来检测交通参数(例如流量、占有率及速度);视频检测设备等其他监控设备监控交通流,然后通过视频处理系统提供检测数据;还有其他一些交通流数据检测技术,从而为交通学专家提供更多的证据来估计交通网络的运行状态。一般认为,交通学专家总会有一些特定的分析目标,例如避免或减少交通网络内不断出现的交通冲突;尽可能高效地管理交通网络,以达到最小化延误、旅行时间、交通阻塞等类似系统目标。通常来说这些目标都可以通过制定管理方案、交通控制政策及其他管理策略来实现。

路网的建模方法依赖于交通系统分析目标。在很多适用的交通分析软件中,当今趋向于使用图形化方法去建立交通网络,也就是把地图信息数值化成路网模型,即基于 GIS 的路网模型。根据分析的对象类型和目标不同,可以把相应的数据附加到 GIS 系统当中。图 1-4 描述了数字化交通网络的示意图:图 1-4(a)显示了某被导入的原始道路网络数字地图,在交通需求分析中,一般就可以把该地图抽象成一个网络,用 $G=(N,A)$ 来表示,其节点 N 表示交叉口和形心,连线 A 代表交通基础设施,如公路或街道。

因为建模所基于的实际网络表述类型不同(典型的易于用网络理论来抽象表述的实体对象有:通信、道路交通、给排水管网等),所以需要增加额外其他信息。大多数建模方法都明确地或隐含地针对着相应的实体对象,所形成系统的各对象模块属性也各具特色。对于交通系统模型,系统实体可以用“连线(Link)”表示某一段道路;连线对象属性中应包含的附加信息可以是