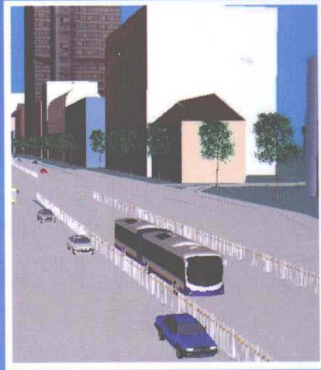




交通版高等学校交通工程专业规划教材

JIAOTONGBANGAODENGXUEXIAOJIAOTONGGONGCHENGZHUANYEGUIHUAJIAOCAI

JIAOTONG FANGZHEN



交通仿真

其亮 刘博航 编
李克平 主审



人民交通出版社
China Communications Press

JIAOTONGBANGAODENGXUEXIAO
JIAOTONGGONGCHENGZHUYANYEGUIHUAJIAOCAI

交通版高等学校交通工程专业规划教材


- | | | |
|------------|------------|-------------|
| 《交通工程专业导论》 | 《道路交通安全》 | 《城市规划》 |
| 《交通工程学》 | 《交通流理论》 | 《交通工程实验指导书》 |
| 《交通调查与分析》 | 《交通规划》 | 《交通仿真》 |
| 《交通管理与控制》 | 《交通工程系统分析》 | 《交通工程设施设计》 |
| 《交通运输经济学》 | 《交通与环境》 | 《交通枢纽规划与设计》 |
| 《城市道路设计》 | 《交通工程专业英语》 | 《智能交通信息系统》 |
| 《智能交通系统》 | 《城市轨道交通概论》 | 《交通仿真实验教程》 |

责任编辑：郭红蕊 于 佳
封面设计：书蠹文化



网上购书/www.jtbook.com.cn

定价：35.00元

 交通版高等学校交通工程专业规划教材

JIAOTONG FANGZHEN

交通仿真

任其亮 刘博航 编著
李克平 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书对道路交通系统仿真技术作了系统而全面的介绍。主要内容包括交通仿真的原理方法、交通仿真的系列模型(如道路设施模型、交通生成模型、车辆跟驰模型、换道模型、交通规则模型、非机动车交通模型、行人交通模型、常规地面公交模型等)、常用交通仿真软件简介。此外,本书还特别强化了交通仿真案例的介绍。

本书可作为交通工程专业及公路与城市道路专业高年级本科生及硕士生的教学用书,也可供交通运输规划与管理方面的科技人员使用参考。

图书在版编目(CIP)数据

交通仿真/任其亮,刘博航编著. —北京:人民
交通出版社,2013. 2
ISBN 978-7-114-10313-1

I. ①交… II. ①任… ②刘… III. ①交通工程—仿
真—介绍 IV. ①U491

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 010023 号

交通版高等学校交通工程专业规划教材

书 名: 交通仿真

著 者: 任其亮 刘博航

责任编辑: 郭红蕊 于 佳

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 12.5

字 数: 350 千

版 次: 2013 年 2 月 第 1 版

印 次: 2013 年 2 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-10313-1

印 数: 0001-3000 册

定 价: 35.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

交通版高等学校交通工程专业规划教材

编审委员会

主任委员：徐建闽(华南理工大学)

副主任委员：马健霄(南京林业大学)

王明生(石家庄铁道大学)

吴 芳(兰州交通大学)

张卫华(合肥工业大学)

陈 峻(东南大学)

委 员：王卫杰(南京工业大学)

王建军(长安大学)

龙科军(长沙理工大学)

朱成明(河南理工大学)

刘廷新(山东交通学院)

杜胜品(武汉科技大学)

李淑庆(重庆交通大学)

郑长江(河海大学)

胡启洲(南京理工大学)

常玉林(江苏大学)

蒋阳升(西南交通大学)

蒋惠园(武汉理工大学)

韩宝睿(南京林业大学)

靳 露(山东科技大学)

秘 书 长：张征宇(人民交通出版社)

(按姓氏笔画排序)



JIAOTONG FANGZHEN

前 言

随着经济社会的可持续发展和机动车保有量的迅猛增长,交通拥堵、交通安全、交通环境等一系列交通问题正日益凸显。运用计算机仿真手段模拟道路交通系统的复杂现象,通过揭示交通流参数的时空变化规律,对其进行控制,进而帮助人们解决交通问题的办法,已成为国内外交通工程界的研究热点之一。

交通仿真就是利用计算机数字模型来反映复杂道路交通现象的交通分析技术和方法,是计算机技术在交通工程领域的一个重要应用。本书以交通仿真使用者为对象,既可作为交通专业本科生和研究生的专业教材,又可作为从事交通规划、设计和运营管理工作的工程技术人员参考书。编者在充分吸收国内外近年来交通仿真成功案例和参编学校教学实践经验的基础上,根据理论结合实际,系统性与先进性并重,循序渐进,力求符合教学规律的原则进行编写。在内容上,以微观道路交通仿真为重点,兼顾宏观道路交通仿真,对轨道交通仿真也作了概括性的论述。

本教材由任其亮担任主编,刘博航担任副主编,由8所高校老师共同编写完成。全书共分为十二章,各章编写分工为:重庆交通大学任其亮编写第一章、第十章、第十二章第一节,福建农林大学陈金山编写第二章,哈尔滨工业大学张亚平编写第三章、第七章,重庆交通大学罗莉编写第四章,山东交通学院张萌萌编写第五章,南京林业大学邬岚编写第六章,石家庄铁道大学刘博航编写第八章,大连理工大学刘锴编写第九章,淮阴工学院朱胜雪编写第十一章、第十二章第二节。全书由任其亮、刘博航进行统稿。

本书在编写过程中参考了大量国内外的相关书籍和文献,同时还得到了很多国内兄弟院校的支持,在此向文献作者及兄弟院校表示崇高的敬意和衷心的感谢!

交通仿真专业性、综合性强,是一门正在迅速发展中的新兴技术。由于编者水平有限,本书疏漏、不足之处在所难免,恳请同行和读者批评指正,特此致谢!

编 者

2012年12月



第一章 绪论	1
第一节 交通仿真的概念	1
第二节 交通仿真的主要内容及应用领域	2
第三节 国内外交通仿真的发展概况	6
第四节 交通仿真的发展趋势	10
复习思考题	11
参考文献	11
第二章 交通系统仿真方法	13
第一节 交通仿真分类	13
第二节 交通仿真原理	14
第三节 宏观交通仿真方法与步骤	14
第四节 微观交通仿真方法与步骤	18
复习思考题	21
参考文献	22
第三章 道路设施建模	24
第一节 路段建模	24
第二节 交叉口仿真	27
第三节 道路辅助设施仿真	29
复习思考题	31
参考文献	31
第四章 交通生成模型	32
第一节 车辆到达分布模型	32
第二节 车头时距分布	43
第三节 VISSIM 软件中的交通生成模型	48
复习思考题	49
参考文献	50
第五章 车辆跟驰模型	51
第一节 车辆跟驰特性分析	51

第二节	跟车模型	53
第三节	跟驰行为模型的建立	58
第四节	跟驰模型仿真示例	66
复习思考题	.....	68
参考文献	.....	69
第六章	换道模型	70
第一节	换道行为	70
第二节	判断性换车道模型	75
第三节	强制性换车道模型	78
第四节	VISSIM 软件中换车道模型	82
复习思考题	.....	84
参考文献	.....	84
第七章	交通规则模型	86
第一节	间隙穿越规则	86
第二节	加减速模型	89
第三节	交通信号模型	90
第四节	交通流量分配模型	92
复习思考题	.....	95
参考文献	.....	95
第八章	非机动车交通模型	96
第一节	自行车线性跟驰模型	96
第二节	非机动车流中非机动车矢量场模型	97
第三节	自行车二维微观行为运动模型	98
第四节	基于元胞自动机的自行车模型	101
第五节	VISSIM 软件中自行车模型	102
复习思考题	.....	103
参考文献	.....	104
第九章	行人交通模型	105
第一节	概论	105
第二节	行人交通流特性	107
第三节	行人交通元胞自动机模型	113
第四节	社会力模型	116
第五节	Agent 模型	119
第六节	VISSIM 软件中行人设置	121
复习思考题	.....	123
参考文献	.....	123
第十章	常规地面公交仿真	124
第一节	公共交通工具减速进站过程	124

第二节	公共交通车辆上下客过程	132
第三节	公共交通车辆加速离站过程	136
第四节	VISSIM 软件中公共交通运行仿真	139
	复习思考题	142
	参考文献	142
第十一章	交通评价模型	144
第一节	行程时间及延误评价	144
第二节	排队长度和停车评价	163
	复习思考题	168
	参考文献	169
第十二章	宏观交通仿真	170
第一节	宏观交通网络	170
第二节	宏观交通流模型	178
	复习思考题	187
	参考文献	187



第一章 绪 论

本章要求:通过本章学习,重点掌握交通仿真的基本概念,熟悉交通仿真的重要作用,了解交通仿真的目的、意义,明晰交通仿真的应用领域,了解国内外在交通仿真领域的研究历程和研究现状,掌握交通仿真的发展趋势。

第一节 交通仿真的概念

仿真,顾名思义是指对真实事物的模仿,也称作模拟,是指为了求解问题而人为地模拟真实系统的部分或整个运行过程。仿真,它不是伪造,其目的不是代替真实事物的功能,而是对真实事物或者事件的一个再现,使得我们能够低成本、低危险地显示已经发生或未发生的事件,对其特征和规律进行研究。仿真是利用仿真模型产生一个人为的系统的经历,在仿真过程中获得数据,以便描绘或推断出与实际系统有关的运行特征或行为结果,所以说仿真是将所研究的问题用数字或实体或混合的加以模仿的一种技术。按所用的方法将仿真分为物理仿真和数字仿真两种。物理仿真是根据相似原理,对真实系统建立物理模型;数字仿真又称计算机仿真,是运用计算机技术,建立系统模型,在计算机平台上反映出事件或系统的特征。计算机及相应的程序代码表示实际系统,使之运行时与实际系统在逻辑上具有相同或类似的特性,从而可以用它来检验实际系统,修改实际系统的不足之处,或者用于教学演示等,并能节省费用和时间,减少不必要的风险。

数字仿真综合集成了计算机、网络、图形图像、多媒体、软件工程、信息处理、自动控制等多个高科技领域的知识,广泛地应用在航天、航空、军事、工业生产、环境保护、医学、交通工程、经济规划等多个行业。如果人们要问,为什么要仿真?这是因为仿真具有不可想象的巨大力量,归纳起来,仿真的作用主要有:第一,节省经费。仿真试验只需在可重复使用的模型上进行,所花费的成本远较实物试验成本低。第二,避免试验的危险性。对于某些危险性大的试验,通过仿真试验,可以避免实地试验的危险性。第三,优化系统设计。在复杂的系统建立之前,通过改变仿真模型结构和调整参数来优化系统设计。第四,评价系统性能。如在交通安全与事故试验中,可以再现事故现场。第五,提高预测精度。仿真可以预测系统的性能,也可以预测外部作用对系统的影响。第六,帮助训练系统操作人员。利用仿真器对操作人员进行操作训练,如飞机驾驶训练,汽车驾驶训练等。第七,为管理决策和技术决策提供依据。通过仿真可以深化对系统内在规律和外部联系及相互作用的了解,以采取相应的控

制和决策,使系统处于科学化的控制和管理下。

现代交通仿真,属于多用数字仿真,作为仿真科学在交通领域的应用分支。它是自 20 世纪 50 年代以来,随着计算技术的进步而发展起来的。经过半个多世纪的发展,交通仿真作为一项交通系统实验分析技术,被称为是交通工程研究人员测试和优化各种道路交通规划设计方案,描述复杂道路交通现象的一种直观、方便、灵活、有效的交通分析工具,目前已广泛地应用于道路交通设计、智能交通系统方案设计与技术研发、网络交通流理论研究等诸多方面。如图 1-1 所示,通过交通仿真,将道路上的交通流运行过程真实地模拟出来,便于帮助交通研究人员从感观上认识交通流运行规律。

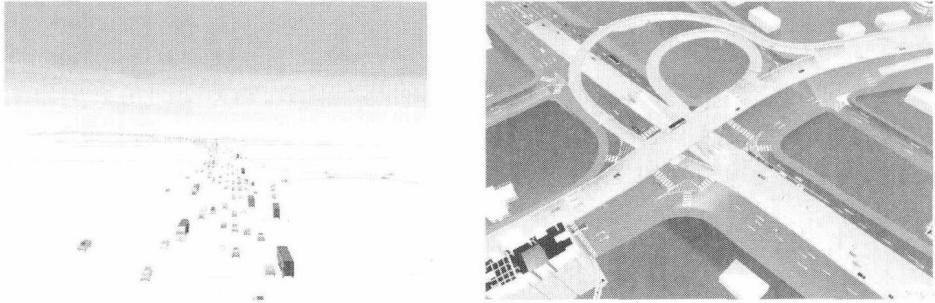


图 1-1 某交叉口交通仿真效果图

交通仿真是 20 世纪 60 年代以来,随着计算机技术的进步而发展起来的采用计算机数字模型来反映复杂道路交通现象的交通分析技术和方法。从试验角度看,道路交通仿真是再现交通流时间和空间变化的模拟技术。交通仿真是智能交通运输系统的一个重要组成部分,是计算机技术在交通工程领域的一个重要应用,它可以动态地、逼真地仿真交通流和交通事故等各种交通现象,复现交通流的时空变化,深入地分析车辆、驾驶员和行人、道路以及交通的特征,有效地进行交通规划、交通组织与管理、交通能源节约与物资运输流量合理化等方面的研究。同时,交通仿真系统通过虚拟现实技术手段,能够非常直观地表现出路网上车辆的运行情况,对某个位置交通是否拥堵、道路是否畅通、有无出现交通事故以及出现上述情况时采用什么样的解决方案来疏导交通等,在计算机上经济有效且没有风险的仿真出来。交通仿真作为仿真科学在交通领域的应用分支,是随着系统仿真的发展而发展起来的,它以相似原理、信息技术、系统工程和交通工程领域的基本理论和专业技术为基础,以计算机为主要工具,利用系统仿真模型模拟道路交通系统的运行状态,采用数字方式或图形方式来描述动态交通系统,以便更好地把握和控制该系统的一门实用技术。

本书给出的定义是:交通仿真是数字仿真在交通工程领域的应用,它是以相似原理、信息技术、系统工程和交通工程领域的基本理论和专业知识为基础,以计算机为工具,利用系统仿真模型模拟道路交通系统的运行状态,采用数字图形方式来描述动态交通系统,以便更好地把握和控制道路交通系统的一门实用技术。

第二节 交通仿真的主要内容及应用领域

交通仿真是计算机仿真在交通工程领域的应用,其目的是建立一种能够虚拟现实交通

的计算机模型,在该模型基础上利用计算机技术再现复杂的交通现象,并对这些现象进行解释、分析,找出问题的症结,从而评价交通控制方案的优劣和交通规划设计的合理性等。通过对交通流的仿真研究,可以得到交通流状态随时间与空间的变化、分布规律及其在交通控制变量间的关系,在交通系统及其各组成部分的分析和评价中发挥着重要的作用。

一、交通仿真的主要内容

一般而言,交通仿真主要包括以下研究内容:

1. 公路系统交通仿真研究

公路交通系统是交通系统的一个子系统,交通仿真系统的一般原理与方法同样适用于公路交通系统仿真,但由于在系统组成及运行上的特点,公路交通系统仿真又具有自身的特点。

2. 城市道路网交通仿真

城市道路网是城市车辆运行的载体。相对于城市干道和快速路而言,城市道路网是城市主干道、快速路和支路通过交叉口连接组成的,因此,可建立这些组成部分为要素的城市道路网描述的仿真模型。

3. 行人和非机动车交通仿真

行人和非机动车是城市道路交通系统中的重要组成部分。行人和非机动车与机动车在交叉口争夺道路空间,所以如果对行人和非机动车缺乏了解,就不能妥善解决行人和非机动车的交通问题,势必严重干扰机动车运行,导致交通秩序混乱。对行人和非机动车交通进行仿真可以研究大型集散场地的行人特性、行人过街时与机动车的相互作用机理以及非机动车的一些交通特性,这对解决一些交通问题非常有效。

4. 交通环境仿真

随着经济建设的迅速发展和人口的急剧膨胀,道路里程和机动车拥有量迅猛增加,交通噪声和空气污染日益严重,极大地威胁着人们的日常生活和身心健康。交通仿真技术的应用为降低污染、保护环境提供了有效的工具和手段,所以交通仿真在环境保护方面的应用越来越受到重视。

5. 交通安全仿真

交通是有人、车、路和环境构成的一个复杂的人机系统,事故的诱发因素是多方面的综合作用。交通安全的评价,应该充分考虑人、车、路和环境诸方面因素的作用和影响。国内外现行的交通安全度评价方法主要采用的是“事后”分析法,这对改善现状有一定的积极作用,而对“事前”的预测及评估却缺乏力度。因此,应通过交通仿真,对某个区域和某个路段的交通安全进行跟踪和评估。

6. 面向 ITS 的交通系统仿真

随着智能交通系统 ITS,特别是先进的出行者信息系统的逐步推广和实施,出行者的选择行为必将受到信息因素的动态影响,其出行行为也变得复杂化和多样化,这对交通网络仿真提出了新的挑战。

二、交通仿真的特点

交通涉及人们生活的方方面面,交通仿真作为解决交通问题的重要手段,在国内外蓬勃

发展,并越来越受到重视,被公认为是挖掘现有交通资源潜力的很好出路。相对于传统的数学分析方法,交通仿真具有如下优点及要注意的地方:

1. 交通仿真的优点

(1) 经济性

有些数据无法通过调研和试验得到,或者这一过程花费的人力、物力过大,在这种情况下,这些数据可以通过交通仿真的方法得到。

(2) 安全性

利用计算机进行仿真试验,可以避免实地调研和试验(如交通调查)中可能出现的意外伤害。

(3) 可重复性

一旦建立了一个仿真模型,可以任意重复仿真过程。

(4) 易用性

仿真方法比以往的方法更容易应用,不需要太多的数学知识去建立一些解析模型。

(5) 可控制性

交通仿真是通过程序控制的,它很容易使某些参数的作用限制在一定范围或特定值。例如,人为地固定一些变量为常用交通仿真数,只改变一些变量以考察它们对道路安全性的影响,还可以事先对一些诸如信号配时、几何形状等因素进行人为优化,采取特定的组合方案进行模拟,进而对不同方案进行比选、评价等。

(6) 可拓展性

由于利用计算机模拟是对一种设想进行验证,它可以使某些参数(如车速、交通量等)超出实际调查所能得到的范围。利用交通仿真进行模拟预测还可以再现复杂交通环境条件下的车流运行特性,弥补观测数据的不足。

2. 交通仿真应注意的问题

尽管交通系统仿真技术有许多优点,但它绝不是包治百病的万灵药,仍有许多问题需要注意,如:

(1) 交通仿真模型需要大量的输入数据,对于某些实际问题,这些数据很难甚至无法获得。

(2) 仿真模型需要验证、标定,进行有效性检验,如果忽视了这一点,仿真结果将会失实。

(3) 建立仿真模型不仅需要大量的知识,如交通流理论、计算机程序设计、概率论、决策论、统计分析等,而且需要对所研究的道路交通系统有充分的了解。

(4) 一些仿真软件的使用者只懂得简单地套用其数据模型,而对于模型的限制条件和基本假设并不清楚,或将其视为“黑箱”,对其含义并不了解,这将极可能导致错误的结论。

应当指出,交通系统仿真只是为数众多的交通分析技术中的一个,既不是唯一一个也不是最好的一个。交通系统仿真技术对于系统模型有着极强的依赖性,而要建立系统模型,就必然要对真实系统进行简化和抽象,这必然要引起某种程度的“失真”。事实上,这正是交通系统仿真技术本身固有的缺陷。对于道路交通这样一个随机的、动态的、复杂的大系统,这一问题显得尤为突出。因此,当我们面临一个实际的交通问题需要解决时,首

先要考虑选用其他的交通分析方法,而交通系统仿真技术只是最后的选择。也就是说,只有当确认其他方法不足以解决所论问题时,才需要进行仿真实验。同时,对仿真输出结果要采取审慎的态度,应结合其他定性或定量的分析方法,对真实系统的行为做出正确的推断。

三、交通仿真的应用领域

仿真方法在交通领域有着广阔的应用前景,有时甚至是不可替代的工具。交通仿真技术作为一种交通分析工具,凭借其无数显著的优点,已经渗透到交通工程领域的方方面面。其应用领域主要包括:

1. 在交通工程理论研究中的应用

目前,仿真软件在交通工程理论研究中的应用主要集中在交通流理论方面。随着计算机技术的迅猛发展,以计算机为辅助工具,利用其可重复性、可延续性模拟交通运行状况,进行交通运行特性和通行能力研究,以成为交通流理论研究的一个发展方向。在通行能力研究方面,国内外都已有利用仿真模型进行通行能力研究的实例。如美国 HCS 软件系统由美国交通运输委员会(TRB)研制开发,与美国《道路通行能力手册》HCM 配套使用。该软件由交叉口、干道、公路网等模块组成。数据输入包括交通设施几何参数(车道数和车道宽度等)及交通和道路条件(交通流量、自由流密度、地形条件、道路等级、横向干扰、重车混入率等);输入结构为各种交通设施通行能力及其相应服务水平和相关图表。HCS 系统软件为美国道路运输与交通工程设计、规划与控制提供了良好的服务,发挥了巨大的效用。国内以东南大学为首的一些研究院所也开展了对道路路段、交叉口等通行能力的研究。目前,我国道路交通部门也正在加紧研究和开发适合中国国情的相关模拟软件系统,力争使我国的通行能力研究与国际接轨。

2. 在道路几何设计方案评价分析中的应用

制定道路几何设计方案时往往需要几何线性的透视效果。以往,这些工作通过一些设计中必须遵循的平纵线性组合原则及部分绘制立体透视图来完成。由于人为的差错和透视图绘制的精确性等原因,在道路竣工后,往往会存在一些不尽如人意之处。现在,仿真软件提供了一个 3D 平台,可以供设计者在计算机上观看、检查所设计道路的实际效果,及时发现设计方案的缺陷和局限性,并进行修改或调整。这样,在设计中就可以及时发现和避免一些线形设计上的问题。

3. 在交通管理系统设计方案评价分析中的应用

交通管理控制方案的制定往往需要有更为细致、准确的交通分析工具以提供更好的决策支持手段,实际工作中由于缺乏这样的工具不得不照搬在宏观规划层次(如路网规划方案评价)中采用的交通状态分析工具。最新的交通仿真软件提供了一个将道路和交通设计有机结合在一起的灵活的试验平台,可以直观地提供各种交通设计的实施效果,并可以计算方案设施中的各种交通流参数。如德国的 VISSM 仿真软件,该软件可以提供诸如延误、行程车速、地点车速、流量、密度等一系列可用于定量评价交通设计效果的指标。

4. 在道路交通安全分析中的应用

在完成道路几何设计和交通组织设计后,利用仿真软件提供的直观的图形界面,设计者

可以通过运行仿真软件来检查道路各个部分上的交通隐患,尤其是在信号设计中,可以直观地通过查看是否有车辆在通过交叉口时发生冲突,以此来评价信号配时方案是否保证了交叉口的通行安全。在交通安全与事故分析中,仿真模型可“再现”交通事故发生的全过程,是分析事故成因、制定交通安全保障措施的有力工具。

5. 在交通新技术和新设想测试中的应用

正如土木学科中的力学试验设备一样,交通仿真软件提供了一个有效的、直观的仿真试验平台,各种新的交通技术和设想都可以在这个平台上进行试验;而以往这种新技术、新方法需通过费用高昂的真实试验来验证,而且由于实地观测和采集数据的困难,有时并不能全面地考察和评价这些新技术的优缺点。

6. 在智能交通系统 ITS 中的应用

随着信息时代的到来,现代交通已步入一个崭新的发展时代。交通智能化是现代交通发展的方向,利用先进的信息技术、计算机技术、传感器技术、自动控制技术、人工智能技术等,进行交通管理和控制、车辆设计与制造,加强车辆、道路、使用者之间的联系,形成实时、准确、高效的综合运输系统,即智能交通运输系统(ITS)已成为时代发展的必然。交通仿真模型是 ITS 中进行交通分析的重要手段和方法,但并非所有的仿真模型都适用于 ITS 的分析。一般而言,面向 ITS 的仿真模型需要满足以下条件:

- (1) 清晰地表现路网的几何形状,包括交通设施,如信号灯、车检器等;
- (2) 清晰地表现驾驶员的行为;
- (3) 清晰地表现车辆间的相互作用,如跟车、车道变换时的相互作用;
- (4) 清晰地表现交通控制策略(定周期、自适应、匝道控制等);
- (5) 模拟先进的交通管理策略,如采用 VMS 提供的路径重定向、速度控制和车道控制等;
- (6) 提供与外部实时应用程序交互的接口;
- (7) 模拟动态车辆诱导,再现被诱导车辆和交通中心的信息交换;
- (8) 应用于一般化的路网,包括城市道路和城市间的高速公路;
- (9) 细致地仿真路网交通流的状况,例如交通需求的变化,模拟交通设施的功能;
- (10) 模拟公共交通;
- (11) 提供结果分析的工具;
- (12) 提供图形化的交互界面(GUI)。

第三节 国内外交通仿真的发展概况

国内外交通仿真技术经历了从单点交叉口仿真到网络交通仿真,从传统的面向常规交通管理、交通规划与设计等领域的应用到面向智能交通系统应用的发展过程。

一、国外的发展概况

美国是仿真技术及系统发展最快、应用最广泛的国家。1967年,美国成立了计算机仿真学会(Society for Computer Simulation),推动了仿真技术在美国的发展和应用。随后,国外其

他的国家也在交通仿真研究方面已经进行了有效的、比较成熟的工作,并开发了众多的交通仿真软件,其中一些软件已经实现了产品化和商业化。交通仿真自 20 世纪 60 年代出现以来,纵观其整个发展过程,大致经历了起初阶段、迅速发展阶段和成熟阶段 3 个较为明显的阶段。

1. 起步阶段:20 世纪 50 至 60 年代

这一阶段的工作主要以优化城市道路交通信号控制为目的,模型多采用宏观模型,模型的灵活性和描述能力较为有限,加上当时计算机性能较低,所以仿真结果的表达也就不够理想。这个时期虽然受到诸多条件的限制,但是大多数常见的交通现象如跟车行驶、变换车道、车流冲突、公交运行、行人冲突、短车道溢出等,以及常见的交通控制管理措施如固定信号控制、感应控制、主/次优先控制、车道关闭等均可通过仿真软件进行模拟。当时进行交通仿真的评价指标除了常规的延误、速度、行程时间、排队长度等常规指标外,还可描述诸如油耗、废气排放等指标。另外,模型对道路几何条件的描述也日益灵活。

在这个阶段,最具代表性的交通仿真模型当属英国道路与交通研究所的 D. L. 罗伯逊在 1967 年开发的道路交通流仿真软件 TRANSYT,它是一种宏观仿真软件,主要用于确定定时交通信号参数的最优值;另外,Ger-lough 在 1963 年建立的用于道路网络信号配置的 TRANS 模型,美国联邦公路局(FHWA)1956~1966 年研制的优化城市道路信号设计 SIGOP 仿真系统,都是这个阶段较为具有代表性的交通仿真模型,如表 1-1 所示。总体来说,在这个时间段,仿真模型由于受到计算机发展水平的限制,计算处理能力和可视化仿真效果不太理想。

起步阶段开发的仿真软件可以描述的内容

表 1-1

项 目	评 价 指 标
交通现象	跟车行驶、变换车道、车流冲突、公交运行、行人冲突、短车道溢出等
交通控制管理措施	固定信号控制、感应控制、主/次优先控制、车道关闭等
评价指标	延误、速度、行程时间、排队长度等常规指标外,油耗、废气排放等

2. 迅速发展阶段:20 世纪 70 至 80 年代

20 世纪 70 年代至 80 年代,由于计算机的迅速发展,交通仿真模型的精度迅速得到了提高,功能也更加多样化。同时,微观交通仿真模型也得到了较大的发展,这个阶段出现了以 NETSIM、AIMSUM2 等为代表的一批交通仿真软件,其中的典型代表是美国联邦公路局开发的 NETSIM 模型。该模型是一个描述单个车辆运动的、时间扫描的网络微观交通仿真模型,其对城市道路的交通现象的描述精度达到了一个新的高度。TRAF-NETSIMU 模型经过多次版本升级,其功能日趋强大,广泛应用于交通控制和管理系统方案优化、交通设计方案优化以及交通工程相关领域的理论研究方面。1971 年, E. B. Lieferman 建立了用以描述个别车辆运动的 UTCS-1 模型。1974 年,日本科学警察研究所开发了 MISTRAN 模型,用以研究左右转车辆与横穿道路的步行者之间的相互影响。1976 年,英国利兹大学开发了用于平面交叉口交通信号控制的 SATURN 宏观模型,见表 1-2。

迅速发展阶段的典型仿真软件

表 1-2

模 型	功 能	开发时间	开 发 者
TRAF-NETSIMU 模型	描述单个车辆运动、应用时间描述法的网络微观交通仿真模型	20 世纪 70 年代	美国联邦公路局
UTCS-1 模型	描述个别车辆运动	1971 年	E. B. Lieferman
MISTRAN 模型	研究左右转车辆与横穿道路步行者之间的相互影响	1974 年	日本科学警察研究所
SATURN 宏观模型	用于平面交叉口交通信号控制	1976 年	英国利兹大学开发

3. 成熟阶段:20 世纪 80 年代初至现在

这一时期,交通仿真系统都采用面向对象的软件开发方法,开发工具开始多样化,而不局限于 Fortran 语言或专用的仿真语言,系统的通用性、交互性、可维护性、可扩展性得到了空前的提高。该阶段,交通系统仿真技术的发展呈现如下特征:

(1) 系统建模开始突破微观模型和宏观模型的界限,出现了混合模型。比如由 Schwerdtfeger 1984 年提出的 DYNEMO 仿真模型,采用交通流的一般关系来描述车流运动,而将每辆车看作是一个基本单元,这一模型应用在车辆驶出高速工作的仿真实验中取得了很好的效果。

(2) 进入 20 世纪 90 年代后,随着计算机计算速度的提高和内存的增加,以及 Windows 操作系统的出现,计算机仿真程序开始朝着可视化方向发展,使得用户界面更友好、系统集成性能更高、交通仿真的实用性得到进一步的发展,交通仿真技术的应用也更为广泛。

(3) 随着 20 世纪 90 年代和 21 世纪的到来,国外对智能交通系统 ITS 的研究日益深入,世界各国竞相开展以 ITS 为应用背景的交通仿真软件的研究,达到了道路交通仿真研究前所未有的高潮,出现了一大批评价和分析 ITS 系统效益的仿真软件系统。在这个过程中其特别强调发展一些适应智能交通应用背景的高级仿真技术手段,其中交通仿真应用程序接口、硬件在环和软件在环交通仿真、在线交通仿真等一些高级仿真技术获得了广泛的关注和应用。在该阶段陆续出现的仿真软件如图 1-2、图 1-3 所示,主要包括 TransCAD、AIMSUN2、TRAF、VISSIM、TSIS 等,如表 1-3 所示。

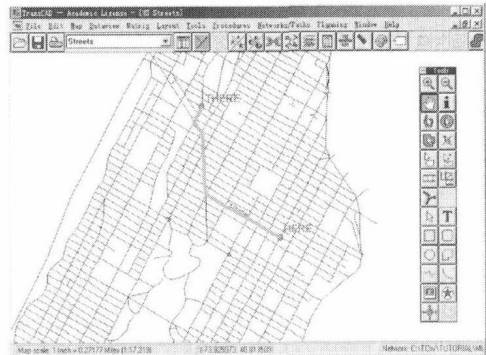
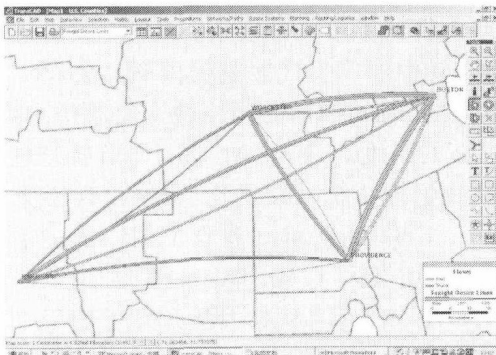


图 1-2 美国 Caliper 公司的 TransCAD 仿真软件