



高等院校交通运输类“十三五”规划教材

GAODENGYUANXIAO JIAOTONGYUNSHULEI SHISANWU GUIHUAJIAOCAI

微观交通仿真



● 卢守峰 刘喜敏 主编

WEIGUAN
JIAOTONG
FANGZHEN



中南大学出版社

www.csupress.com.cn

微观交通仿真

主 编 卢守峰 刘喜敏



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

微观交通仿真/卢守峰,刘喜敏主编.

—长沙:中南大学出版社,2016.7

ISBN 978-7-5487-1873-4

I. 微... II. ①卢... ②刘... III. 交通系统-系统仿真
IV. U491.2-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第183852号

微观交通仿真

WEIGUAN JIAOTONG FANGZHEN

卢守峰 刘喜敏 主编

责任编辑 刘 灿

责任印制 易红卫

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

印 装 长沙雅鑫印务有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 13 字数 319 千字

版 次 2016年7月第1版 印次 2016年7月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5487-1873-4

定 价 32.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

前言

Foreword

微观交通仿真在交通路网设计、交通管理等方面具有重要作用，可以通过软件对交通运行效果进行评价。本教材重点介绍了 VISSIM 交通仿真软件的理论模型、软件操作、二次开发等内容。通过理论教学、软件操作、二次开发编程等内容学习，可以掌握利用 VISSIM 交通仿真软件进行仿真路网构建、交通数据输入、交通控制方案设置、交通检测器设置、数据输出文件设置、软件参数标定、二次开发及 NEXTA 开源交通仿真软件。

本书可以作为高等学校交通工程、交通运输、道路工程专业高年级本科生及研究生教材，也可作为交通运输工程领域特别是交通工程领域的广大科研工作者、工程技术人员和管理人员的重要参考资料。

本教材的出版获得了国家自然科学基金项目(71071024)、湖南省自然科学基金项目(12JJ2025)的资助。

本教材入选长沙理工大学校级规划教材。

感谢韦钦平、王丽园、郑志鹏等对本教材编写所作的贡献！感谢中南大学出版社刘灿为本书出版付出的劳动！

由于编者水平有限，书中如有不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

2015年5月



目录

C O N T E N T S

第 1 章 绪论	(1)
1.1 微观交通仿真概况	(1)
1.1.1 交通仿真简介	(1)
1.1.2 交通仿真分类	(1)
1.1.3 微观交通仿真模型	(2)
1.1.4 微观交通仿真软件	(5)
1.1.5 微观交通仿真的步骤	(6)
1.2 微观交通仿真的基本原理	(8)
1.3 VISSIM 软件构成模块	(9)
第 2 章 微观交通仿真模型	(14)
2.1 驾驶模拟器	(14)
2.2 速度差阈值	(17)
2.3 相平面	(19)
2.4 决策点模型	(20)
2.5 反应点模型	(22)
2.6 Wiedemann 驾驶行为阈值模型	(24)
2.6.1 Wiedemann 74 模型	(24)
2.6.2 Wiedemann 99 模型	(26)
第 3 章 微观交通仿真模型参数校正	(28)
3.1 校正指标选取	(28)
3.1.1 Wiedemann 99 模型校正参数选取	(31)
3.1.2 Wiedemann 74 模型校正参数选取	(34)
3.2 基于模式识别的校正模型	(35)
3.2.1 模式识别概述	(35)
3.2.2 差异化判别方法概述	(36)
3.2.3 差异化方法在仿真模型校正中的应用	(37)
3.2.4 VISSIM 参数校正目标函数的确定	(39)
3.3 参数校正平台	(40)
3.3.1 校正算法的选取	(40)

3.3.2	校正算法系统设计	(42)
3.3.3	在线参数校正系统的实现	(45)
3.4	参数校正实例	(45)
3.4.1	Wiedemann 99 模型参数校正实例	(45)
3.4.2	Wiedemann 74 模型参数校正实例	(50)
3.5	本章小结	(56)
第4章	集成 VISSIM-Excel_VBA-MATLAB 的仿真平台	(58)
4.1	VISSIM 简介	(58)
4.2	仿真平台的集成技术	(62)
4.2.1	VISSIM 与 Excel_VBA 接口技术	(62)
4.2.2	Excel_VBA 与 MATLAB 接口技术	(65)
4.2.3	VISSIM、Excel_VBA 与 MATLAB 集成技术	(68)
4.3	集成 VISSIM-Excel_VBA-MATLAB 的仿真平台构建	(69)
4.3.1	仿真平台的构建方法	(69)
4.3.2	集成仿真平台的工作环境设置	(72)
4.3.3	集成仿真平台的实际应用	(72)
4.4	本章小结	(73)
第5章	微观交通仿真实例	(74)
5.1	环形信号控制交叉口 VISSIM 仿真实例	(74)
5.2	绿波控制 VISSIM 仿真实例	(95)
5.3	公交站和公交线路 VISSIM 仿真实例	(102)
第6章	NEXTA 开源交通仿真软件	(104)
6.1	DTALITE 软件简介	(104)
6.1.1	软件总体概述	(104)
6.1.2	DTALITE 动态交通分配简介	(105)
6.1.3	DTALITE 交通流模型	(106)
6.1.4	NEXTA 数据中心简介	(108)
6.2	通过盐湖城例子来了解 NEXTA-DTALITE 软件	(111)
6.2.1	软件界面介绍	(111)
6.2.2	打开软件工程文件	(111)
6.2.3	在 NEXTA 中查看和编辑路网信息	(112)
6.2.4	执行仿真	(114)
6.2.5	创建施工区及仿真	(116)
6.2.6	比较两种仿真方案	(117)
6.2.7	查找路径信息	(120)
6.2.8	在 NEXTA 软件中查看仿真结果	(121)
6.2.9	在 Google Earth 或其他软件上查看仿真结果	(123)

6.3	手动创建简单 NEXTA 项目	(124)
6.3.1	路网创建	(124)
6.3.2	修改、添加路网属性	(128)
6.3.3	添加仿真需求 OD 矩阵	(130)
6.3.4	执行仿真	(132)
6.4	从 TransCAD 等规划软件导入工程项目	(132)
6.4.1	在 TransCAD 中打开项目文件	(133)
6.4.2	NEXTA 中进行 import_GIS_settings.csv 设置	(135)
6.4.3	转换 import_GIS_settings.csv 为路网	(138)
6.4.4	完善路网信息	(140)
6.5	利用软件进行交通拥堵传播分析	(147)
6.5.1	动态网络加载: 输入与输出	(147)
6.5.2	示例网络描述	(149)
6.5.3	不同比例需求矩阵仿真	(151)
6.6	NEXTA 软件其他功能介绍	(155)
6.6.1	创建子路网	(155)
6.6.2	导出文件到 Synchro、VISSIM 微观交通仿真软件	(158)
6.6.3	从 Synchro 文件导入到 NEXTA 中	(159)
6.6.4	QEM 介绍	(161)
6.6.5	NEXTA 导出 Shape 文件	(165)
6.7	DTALITE 中静态 OD 反推算法研究	(167)
6.7.1	DTALITE 中静态 OD 反推问题	(167)
6.7.2	DTALITE 中静态 OD 反推模型	(167)
6.7.3	开源线性规划软件 GLPK	(168)
6.8	OD 反推模型求解	(169)
6.8.1	技术路线	(169)
6.8.2	利用 NEXTA-DTALITE 求解路径比例矩阵	(169)
6.8.3	利用 GLPK 求解 OD 矩阵反推模型	(171)
6.8.4	结果检验	(171)
6.8.5	算例分析	(172)
附录	微观仿真模型参数校正过程中的程序	(177)
A.1	Wiedemann 99 模型参数校正中的程序	(177)
A.1.1	MATLAB 中程序	(177)
A.1.2	Excel_VBA 程序	(181)
A.2	Wiedemann 74 模型参数校正中的程序	(188)
A.2.1	MATLAB 中程序	(188)
A.2.2	Excel_VBA 程序	(192)
参考文献	(199)

第 1 章

绪论

1.1 微观交通仿真概况

1.1.1 交通仿真简介

系统仿真的概念可以表述为：通过对系统模型进行实验去研究一个已存在的问题或是完善一个设计中的系统。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以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实验的技术，它含有随机性，并且涉及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。交通仿真模型与其他交通分析技术，如通行能力分析、交通流模型、排队理论和需求分析等结合在一起，可以用来对多种因素相互作用的交通设施或者交通系统进行分析和评估。

1.1.2 交通仿真分类

根据交通仿真模型对研究对象描述程度的不同，可以分为微观仿真、中观仿真、宏观仿真和交通规划仿真。

(1) 微观(microscopic)交通仿真。其对交通系统的要素及行为的细节描述程度最高。例如，微观交通仿真模型对交通流的描述是以单个车辆为基本单元的，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。

(2) 中观(mesosopic)交通仿真。对交通系统的要素及行为的细节描述程度较高。例如，中观交通仿真模型对交通流的描述往往是以若干辆车构成的队列为单元的，能够描述队列在路段和节点的流入流出行为，对车辆的车道变换之类的行为也可以用简单的方式近似描述。中观交通流模型一般采用队列模型为基础，常见的有 DYNASMART 模型、FASTLAN 模型和 DTAsQ 模型。此外，中观交通流模型比较适合进行分布式并行计算。

(3) 宏观(macroscopic)交通仿真。对交通系统的要素及行为的细节描述处于一个较低的程度。例如，交通流可以通过流量、速度、密度关系等一些集聚性的宏观模型来描述。对于

车辆的车道变换之类的细节行为不描述。

(4) 交通规划仿真。基于交通规划模型,对区域内出行者的出行行为进行仿真,用以评价现状和规划的道路网络、公交线网的总体性能。

1.1.3 微观交通仿真模型

微观交通仿真模型基于驾驶员行为假设,驾驶员行为决定了单个车辆如何运动,所有车辆一起运动给出了交通状况的描述。当车辆处于跟驰状态时,其运动状态由前一个车辆决定。

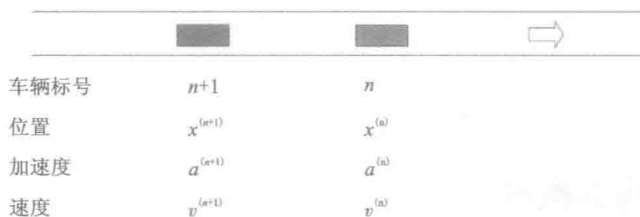


图 1-1 车辆跟驰示例

车辆跟驰模型的研究开始于 20 世纪 50 年代,交通专家 Pipes 研究结果是前车保持每 10 mi/h 的速度行驶,后车至少保持一个车长的距离。

$$x^{(n)}(t) - x^{(n+1)}(t) > L^{(n)} \cdot \left(1 + \frac{v^{(n+1)}}{10} \cdot \frac{3600}{1609} \right)$$

微观仿真通过考察单个驾驶员和车辆及其相互作用特征来描述系统的状态,可用来研究交通流的特征,如交通流量、交通密度、平均车速等,也可以用来研究每辆车的运动状态。

微观交通系统仿真具有诸多模型:

1. 道路设施模型

道路设施模型是最重要的静态模型。所谓静态模型是指在一次仿真运行开始后,对象参数不再发生变化。道路设施模型主要用来描述道路的几何特征、车道划分、隔离带以及路肩的宽度、路面类型、固定交通标志的位置等。同时,对于微观交通仿真,道路模型不仅仅是简单的几何图形的记录和表现,更重要的还应起到交通仿真载体的作用,通过有效的数据组织,道路模型必须主动和高效地体现对动态实体(车辆)运行的约束作用,提高仿真运行效率。

2. 交通生成模型

交通生成模型是交通系统仿真的基本模型,主要解决交通流的输入问题。在现实的交通流中,车辆的到达是随机的、离散的,对于这样一个系统进行仿真研究,首先要解决如何得到符合一定概率分布的随机变量。

3. 车辆跟驰模型

车辆跟驰模型是交通系统仿真中重要的动态模型,模型构造的质量在很大程度上决定着仿真结果的可靠性。车辆跟驰模型是运用动力学方法,探究在无法超车的单一车道上车辆排队行驶时的运动状态的理论。自 20 世纪 50 年代以来,国内外的学者对车辆跟驰模型进行了大量、系统的研究,主要可以分为以下几类:刺激—反应模型、安全距离模型、生理—心理模型、模糊推理模型和元胞自动机模型。

(1) 刺激—反应模型

刺激—反应模型重在描述驾驶环境中各种刺激对驾驶员行为的影响,包括 GM 模型和线性模型。

①GM 模型:是从 20 世纪 50 年代后期逐渐发展起来的车辆跟驰模型。当初是在假设两车在 22.86 m(75 ft) 以内或车辆变换车道的情况下,由驾驶动力学模型推导而来,并引入反应的概念。其一般表达式为

$$a_{n+1}(t+T) = cv_{n+1}^m(t+T) \frac{\Delta v(t)}{\Delta x^l(t)} \quad (1-1)$$

式中: $a_{n+1}(t+T)$ —— $t+T$ 时刻第 $n+1$ 辆车的加速度;

$\Delta v(t)$ —— t 时刻第 n 辆车与第 $n+1$ 辆车之间的速度差;

$\Delta x(t)$ —— t 时刻第 n 辆车与第 $n+1$ 辆车之间的距离;

$v_{n+1}(t+T)$ —— $t+T$ 时刻第 $n+1$ 辆车的速度;

c, m, l ——常数。

这个模型的基本假设为:驾驶员的加速度与两车之间的速度差成正比,与两车的车头间距成反比,同时与自身的速度也存在直接的关系。GM 模型清楚地反映出车辆跟驰行驶的制约性、延迟性及传递性。

②线性模型: Helly 提出的线性模型考虑了前面第一辆车是否制动减速对后车加速度的影响项,有以下关系:

$$a_n(t) = C_1 \Delta v(t-T) + C_2 [\Delta x(t-T) - D_n(t)] \quad (1-2)$$

$$D_n(t) = \alpha + \beta v_n(t-T) + \gamma a_n(t-T) \quad (1-3)$$

式中: $D_n(t)$ ——期望跟驰距离;

$C_1, C_2, \alpha, \beta, \gamma$ ——参数。

值得注意的是, Helly 认为, C_1 应当与车头间距变量 $\frac{l}{\Delta x}$ 及反应时间 T 有关,这样就产生了 $m=0, l=1$ 的 GM 模型。尽管线性模型较 GM 模型有以上优势,但是它的通用性还是较差。

(2) 安全距离模型

安全距离模型也称防撞模型 (collision avoidance models)。该模型最初由 Kometani 和 Sasaki 提出,该模型最基本的关系并非 GM 模型所倡导的刺激—反应关系,而是寻找一个特定的跟驰距离(通过经典牛顿运动定律推导出)。如果前车驾驶员做了一个后车驾驶员意想不到的动作,当后车与前车之间的跟驰距离小于某个特定的跟驰距离时,就有可能发生碰撞。最初模型表达式为:

$$\Delta x(t-T) = av_{n-1}^2(t-T) + \beta lv_n^2(t) + \beta v_n(t) + b_0 \quad (1-4)$$

式中: $\alpha, \beta, \beta_1, b_0$ 为参数。

Gipps 对此模型的研究取得了重大突破。安全距离模型在计算机仿真中有着广泛应用,这类模型之所以有如此大的吸引力,部分原因在于可以用一些对驾驶行为一般感性假设来标定模型。大多数情况只需知道驾驶员所采用的最大制动减速度,就能满足整个模型的需要。尽管该模型能够得出可以令人接受的结果,但与实际情况存在着差距。

(3) 生理—心理模型

生理—心理模型也称反应点模型(action point model)。这类模型用一系列阈值和期望距

离体现人的感觉和反应,这些界限值划定了不同的值域,在不同的值域,后车与前车存在不同的影响关系。生理—心理模型是一种跟驰决策模型。

Machaels 通过分析驾驶员生理和心理的一些潜在因素,认为驾驶员通过分析视野中前车尺寸大小的改变,即后车驾驶员视觉中投影夹角的变化,感知前后车相对速度。Machaels 将车辆跟驰状态划分为三个阶段:第一阶段,两车的速度差低于速度感知阈值,驾驶员仅仅通过对距离变化的感知来确定他是否处于逼近状态;第二阶段,速度差超过阈值,驾驶员降低车速,从而使视角变化率维持在阈值附近;第三阶段,驾驶员在一个确保车辆驾驶和速度控制的车头时距下,尽量将相对速度保持为零。

驾驶员的驾驶行为是一个生理—心理相互作用、相互制约、相互影响的过程,驾驶员的驾驶行为不能被视为纯粹的机械性精确过程。1974年 Wiedemann 提出以行为阈值划分跟驰状态,并建立了一个行为阈值模型(behavioral threshold model)。

(4) 模糊推理模型

该模型主要通过推理驾驶员未来的逻辑阶段来研究驾驶员的驾驶行为。该模型的核心仍是刺激—反应模型。与传统 GM 模型相比,该模型具有局部稳定性。这类模型最大的特点是将模型的输入项分为几个相互部分重叠的模糊集,每个模糊集用来描述各项的隶属变。但是难以去标定模型中最重要的部分——模糊集。这类模型最大的特点是将模型的输入项分为几个相互部分重叠的模糊集,每个模糊集用来描述各项的隶属度。

(5) 元胞自动机模型

交通问题中的研究对象(如车辆和人)都是不连续的,车流运动有很大的随机性和不确定性。元胞自动机(cellular automation)在模拟各种具有离散性和随机性的自然现象方面的应用非常广泛,由此启发人们用它来模拟交通问题。1992年, Nagel 和 Schreckenberg 提出了 STCA 模型:该模型将一条车道假设为具有 L 个格点的一维直线链,其上随机分布着 N 个粒子(车辆),平均密度 $\rho = \frac{N}{L}$,每个粒子只与前后紧邻的粒子发生相互作用,每个格点在时刻 t 要么空着,要么被一个粒子占据。格点的长度是堵塞时车辆的最小车头时距。步长的设定是任意的,通常为驾驶员的反应时间,即 $0.6 \sim 1.2$ s。每个粒子根据与邻居的相互作用情况分别处于自后向前的运动或静止状态中。驾驶员在驾驶过程中以其所能达到的最大速度行驶,只有在必须停下时,才会停止。STCA 模型的缺陷为:车辆的速度是车头间距的函数,不同车辆的速度是相互独立的,而且驾驶员的反应时间等于步长,所以车辆的最小车头时距不会小于反应时间。

元胞自动机模型对交通系统的描述实现了一种用离散化模型描述离散化问题的思想,避免了流动比拟下确定性方程的严格假设以及求解离散化对真实信息的损失。但是元胞自动机模型的假设与实际驾驶行为还存在着较大的差距,如何将元胞自动机模型与交通实际联系起来,还需要做大量的工作。

4. 换车道模型

车辆跟驰模型与换车道模型是微观交通仿真的两个最基本的动态模型,二者共同构成了交通行为模型,用于描述人一车单元的行为。与车辆跟驰行为相比,换车道行为更为复杂,以至于难以用数学方法描述。要描述这样复杂的驾驶行为,必须有大量的微观车辆单元信息作为基础。这也是换车道模型的发展滞后于跟驰模型的根本原因。出于微观交通仿真研究的

目的,1985年美国采用航测手段建立了微观车辆运动信息数据库,从此以后,换车道模型才有了长足的发展。换车道行为分成强制性换车道(mandatory lane changing)和判断性换车道(discretionary lane changing)。

换车道微观模型的总体水平是建立在假设的基础之上,且假设的条件多是期望车速、期望运行状态等很难验证与标定的参数,因此模型的可转移性普遍不强。

5. 事件反应模型

事件反应模型反映各种各样特定的交通现象,由于实际交通现象以及不同的仿真需求决定了事件反应模型描述内容的多样性。事件反应模型中有多种情形:信号灯交叉口交通仿真的基本模型、公交车的停靠及出站过程。

1.1.4 微观交通仿真软件

1. PARAMICS 软件

PARAMICS(parallel microscopic simulator)是英国 Quadstone 公司开发的用于微观交通仿真的软件包,它为交通工程师和研究人员提供了一个崭新的计算工具,用于理解、模拟和分析实际的道路交通状况。PARAMICS 具有实时动态三维可视化用户界面、对单一车辆进行微观处理的能力支持多用户并行计算,以及功能强大的应用程序接口。

PARAMICS 包括了完全并行的路径费用计算模块,用来完成巨大规模路网的交互式费用计算。能够支持 100 万个结点,400 万个路段,32000 个区域的路网。它在仿真 ITS 基础设施和拥挤道路网方面有突出的表现。当前能仿真交通信号、匝道控制与可变速度标志相连的探测器、VMS 和 CMS、车内路网信息显示装置、车内信息咨询和路径诱导等。路径诱导策略可以由用户 APT 函数定义。

PARAMICS 是一个完全集成化的软件,它集成了仿真、可视化、交互式路网绘制、自适应信号控制、在线仿真数据统计分析、跟车、交通控制策略评价和交互式仿真参数调整等功能。能够从 SATURN、NESA 和 TRIPS 等相关交通软件读取有关结点和路段的信息。

2. GETRAM/AIMSUN 软件介绍

GETRAM/AIMSUN(advanced interactive microscopic simulator for urban and non-urban networks)是西班牙 TSS 公司开发的一个交互式交通仿真软件,AIMSUN 集成在 GETRAM 软件包中。它主要用于测试和评价交通控制系统和交通管理战略,同时也能用于交通状况的预测以及车辆导航系统和其他的实时交通信息的处理。GETRAM/AIMSUN 包括图形路网编辑器(TEDI)、微观仿真器(AIMSUN)、3D 模型、储存路网信息的数据库、存储仿真结果模块和 GETRAM 功能延伸模块。GETRAM/AIMSUN 已经经历了十多年的发展,并应用于大量工程项目中。

3. INTEGRATION 仿真软件

INTEGRATION 是 20 世纪 80 年代中期由 M. Van Aerde 教授开发的仿真软件。它混合使用了单车和宏观的交通流量理论,因而被认为是准微观仿真软件。INTEGRATION 中跟驰模型的算法采用运动学模型,单车的速度基于自由流、通行能力、拥挤时的宏观交通流参数。INTEGRATION 能使沿路段的交通流密度连续变化,因此可以模拟车队的消散。它使用五种驾驶员类型来模拟实时交通行为。该模型能在路网上以十分之一秒的水平,再现跟驰、交换

车道、可接受空挡等行为。可以用动态 OD 进行高速公路、合流、交织、瓶颈的分析。

INTEGRATION 提供了详细的驾驶员(或车辆)行为模型,能够评价路径诱导系统的有效性,匝道控制和信号控制策略的影响,事故的模拟等。该模型可以用于交通控制、路径诱导及分配、可变信息标志等。

4. VISSIM 软件

VISSIM 软件是德国 PTV 公司的产品,它是一个离散的、随机的、以十分之一秒为时间步长的微观仿真软件。车辆的纵向运动采用了心理—生理跟驰模型;横向运动(车道变换)采用了基于规则(rule-based)的算法。VISSIM 提供了图形化界面,用 2D 和 3D 动画向用户直观显示车辆运动。

它可以分析各种交通条件下,如车道设置、交通构成、交通信号、公交站点等,城市交通和公共交通的运行状况,是评价交通工程设计和城市规划方案的有效工具。VISSIM 是解决各种交通问题的有力工具,以下主要列举了 VISSIM 的一些主要的用途:

- ① 公交优先信号控制逻辑的设计、评价和调整。
- ② 对于有协调和感应信号控制的路网进行交通控制的评价和优化。
- ③ 城市道路网中轻轨建设项目的可行性及其影响评价。
- ④ 分析交织区的慢速交通行为。
- ⑤ 对比分析交通设计方案,包括信号控制交叉口和停车标志控制交叉口、环交和立交的设计。
- ⑥ 轻轨和公共汽车系统的复杂站点布局的容量评价和管理评价。
- ⑦ 通过 VISSIM 评价公共汽车优先解决方案(如插队、港湾停靠站扩展和公交专用车道)。
- ⑧ 使用嵌入式动态交通分配模型,VISSIM 可以解决行驶路径选择的相关问题,如可变信息显示的影响,交通流分向路网邻近区域的可能性。
- ⑨ 行人的建模和仿真。VISSIM 可以仿真街道和建筑物内行人运动,还可以仿真和演示道路交通和行人之间的交互作用。

VISSIM 由于模拟细致,需要输入较细的背景资料,运算速度受限于计算机内存和显卡功能调节,因此要做大范围的交通模拟,需要较高的硬件支持。

交通仿真模型的精确性主要取决于交通流模型的质量,例如路网中的车辆行驶行为。VISSIM 采用的跟驰模型是 Wiedemann 于 1974 年和 1999 年建立的心理—生理驾驶行为模型。

1.1.5 微观交通仿真的步骤

微观交通仿真有一套成熟的操作流程,具体包括:①定义研究目的、研究范围及整体框架;②数据收集和预处理;③创建基础模型;④错误审查;⑤校正;⑥有效性评价;⑦最终报告和技术文档。

微观交通仿真的具体步骤如下:

- ① 明确问题。仿真的第一个步骤是对拟要研究的问题进行详细的了解和描述,明确研究目的,划分系统的范围和边界,以便对各种交通分析技术的适应性做出判断。
- ② 确定仿真方法的适用性。
- ③ 问题的系统化。一旦确定系统仿真对于所讨论的问题是最好的解决方法,就要着手构造一个仿真模型的第一级流程图,其中包括输入、处理和输出三个组成部分。

④数据的收集和处理。这一步的主要内容是根据输入和输出要求，收集和处理所需的数据。

⑤建立数学模型。

⑥参数估计。

⑦模型评价。

⑧编制程序。

⑨模型确认。模型确认包括三项内容，即模型校核、模型标定和有效性检验。

⑩实验设计。

⑪仿真结果分析。包括仿真运行、结果分析和文档工作。

美国联邦公路局给出了利用交通仿真软件进行仿真的七个步骤：

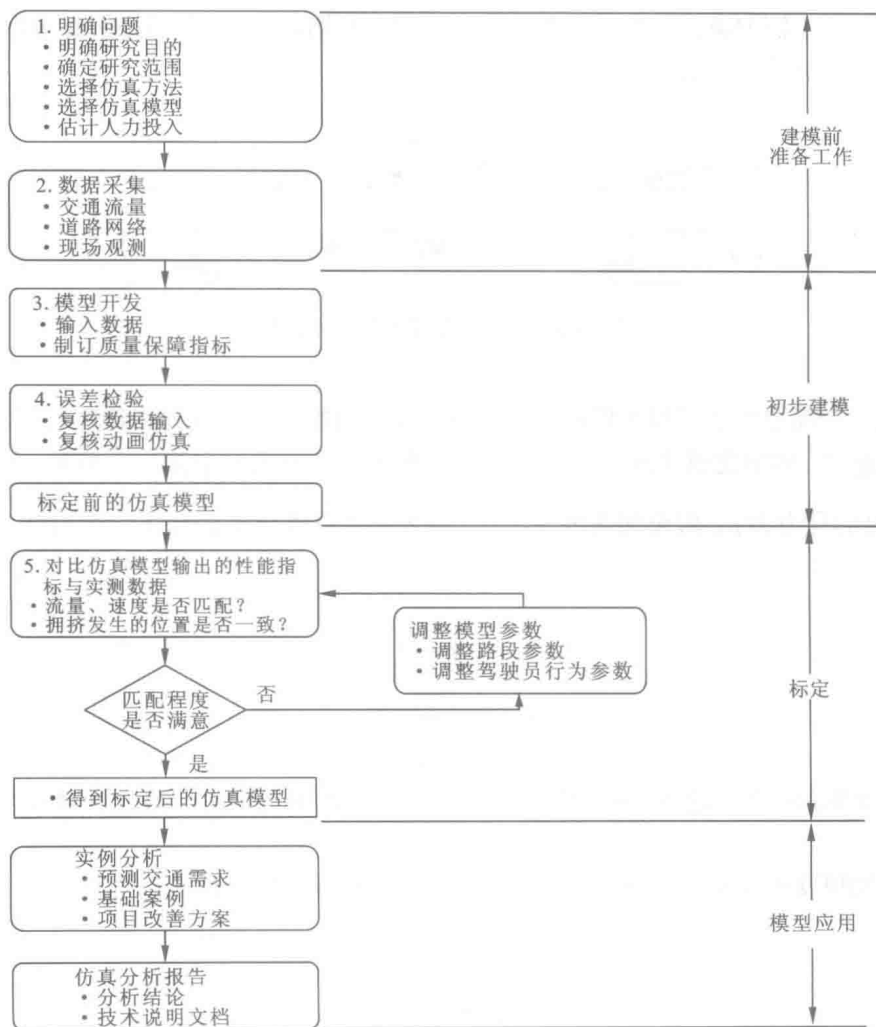


图 1-2 美国联邦公路局给出的利用交通仿真软件进行仿真的步骤

1.2 微观交通仿真的基本原理

在交通工程领域,经常需要研究以下问题:两点间的行程时间是多少?交通流在路网中如何分布?排队是如何形成的?增加一个车道后交通状况会有哪些变化?超车概率是多少?巡航控制对交通流性能有哪些影响?路网的尾气排放、燃油消耗情况如何?这些参数较难利用解析模型进行计算,利用微观仿真模型可以对各种交通环境下的交通运行特征进行分析。

微观仿真是通过对单个车辆的运动进行建模,包括车辆位置、速度、车辆自身特性(长度、发动机马力等)、驾驶员特性(期望速度、鲁莽型驾驶、保守型驾驶等)、起终点等,实现对交通运行状况的仿真,可获得宏观交通参数和微观交通参数。简单地说,微观仿真=仿真原理+驾驶行为模型。微观交通仿真基本原理是在离散时间点更新所有车辆位置,当车速小于期望速度时,车辆加速;当车速大于期望速度时,车辆减速。车辆在 $t + \Delta t$ 时刻的位置等于 t 时刻位置加上单位时间步长 Δt 内移动的距离。如图1-3所示。

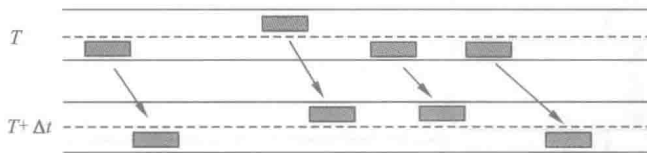


图 1-3 交通仿真基本原理示意图

下面以一个简单例子解释车辆运动的仿真模型。影响驾驶员选择加速度的因素包括车辆类型、当前速度、周边交通状况等,这些因素都必须在仿真模型中指定。例如,车辆的速度为 v ,发动机的马力为 p ,假设加速度 $a = \frac{p}{v}$,那么就可以推导车辆在下一个时间步的速度和位置。

$$a_{t+1} = \frac{p}{v_t}$$

$$v_{t+1} = v_t + \Delta t \cdot a_{t+1}$$

$$x_{t+1} = x_t + \Delta t \cdot v_{t+1}$$

当已知车辆的位置、速度、加(减)速度时,可以利用上述公式计算出车辆在任意时刻的位置和速度。

当假设加速度等于发动机马力除以速度时,可以推导出以下公式:

$$x'' = \frac{p}{x'(t)}$$

$$x = \frac{(2pt + C_1)^{3/2}}{3p} + C_2$$

交通仿真相当于使用欧拉方法对常微分方程进行数值求解。但是解析模型难以描述一些交通行为和交通管理措施,例如跟进前车、超车、速度限制管理措施、交叉口信号灯等。当解析模型难以描述时,经常是采用规则进行描述。

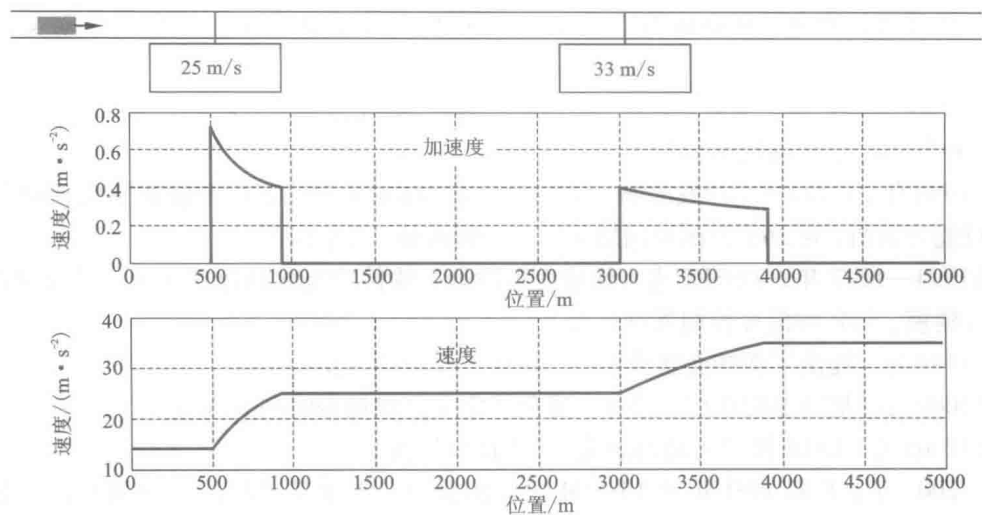


图 1-4 示例

交通流由车辆-驾驶员单元组成,由于车型存在差别、驾驶行为存在差别,有的驾驶员是鲁莽驾驶,有的驾驶员是保守驾驶,不同的驾驶员对不同交通状况感知不同,作出的决策不同,因此在不同日期的相同时刻采集的交通数据是不同的,这决定了交通流系统是随机的,能否有效地反映这种随机性是衡量微观交通仿真发展水平的重要标志,通常采用统计分布描述这种随机性,利用随机数确定车辆的特性。相同的交通数据输入到交通仿真软件中会得到不同的仿真结果,取决于生成随机数的种子。通常采用不同随机数种子进行反复仿真,然后利用均值作为结果估计。

1.3 VISSIM 软件构成模块

1. VISSIM 发展历程

VISSIM 是微观、基于行为的多目的交通仿真,用于分析和优化交通流(包括私家车和公交车)。复杂的交通条件可以高质量可视化。VISSIM 是一个商业化软件,在过去 15 年里发布了 7000 个 license, 1/3 在咨询公司和企业、1/3 在公共机构, 1/3 在学术机构。VISSIM 发展的主要历程:

(1) 1974 年, Wiedemann 的第二篇博士学位论文研究了心理-生理跟驰模型,描述了车辆在单车道上的运动。

(2) 1978—1983 年,一些研究项目开展测量、特定车辆运动的模型研究。Sparmann (1978)描述了两车道上换道, Winzer (1980)测量了德国高速公路的期望速度。Brannolte (1980)观测有一定坡度上的交通流, Busch and Leutzbach (1983)研究了三车道高速公路上的换道行为。

(3) Hubschneider 的博士论文开发了多车道和交叉口环境下的模型——MISSION。

(4)1983—1991年,研究者应用 MISSION 进行通行能力和安全方面的研究。主要应用是噪音和排放计算,而 Wiedemann 和 Schnittger(1990)关注于交通安全管理措施对交通流的影响。

(5)1990—1994年,Wiedemann 和 Reiter 通过装有设备的车辆测量反应点(action points),重新标定了车辆跟驰模型。

(6)1994年,Fellendorf 开发的第一款商业软件 VISSIM 诞生,用于研究感应控制信号交叉口通行能力分析,可以实现图形网络编辑、车辆动画、背景地图。

(7)1994—1997年,VISSIM 进入快速发展阶段,软件功能包括路线定义、公交建模、优先交叉口建模、与各种信号控制器韧体交互。

(8)1998年,提出了新的交通流模型,减少了交通流模型复杂性。

(9)2000年,把动态交通引入进来,避免了定义路线耗费时间的问题。

(10)2003年,COM 接口可适当约束 COM 接口界面。

(11)2004年,开发 VISUM 和 VISSIM 之间的接口,实现共享相同的路网几何、交通流数据。

(12)2006年,采用多处理器、分布式 PC 集群并行计算,减少大路网的计算时间。

(13)2007年,实现冲突区域的预测驾驶。

(14)2008年,实现基于 Helbing 社会力模型的行人建模。

VISSIM 中每个车辆以 0.1~1 s 的间隔重新计算位置,可以研究私家车、公交车、行人的运动。通常的应用包括:

(1)仿真交通走廊,确定系统性能、瓶颈、改善潜力。

(2)交通管控研究,包括逆行系统、可变速度限制、匝道控制、路线诱导。

(3)开发和分析管理策略,包括主线运营、施工期运营影响。

(4)交通干道研究。

(5)控制逻辑和运行性能分析。

(6)公交信号优先策略。

(7)公交线路分配。

(8)交通净化措施研究。

VISSIM 采用 C++ 语言,采用面向对象的方法开发。在每个类里面,每个对象都由属性值和方法刻画,其中方法描述每个对象能够完成的功能。

VISSIM 软件系统构架如图 1-5 所示。

交通系统可归纳为交通供应、交通需求、交通管控设施三个部分。①交通供应描述物理基础设施情况,包括信号灯杆、停车设施、公交站、停车场、检测器等放置在物理基础设施上的设备。②交通需求生成运行在交通供应上的人、车需求。交通需求通过 OD 矩阵、路段输入确定。分配模型和路径流量描述是这个模块的一部分。公交线路被定义为路段和站点的序列。③交通管控设施:非立交的交叉口由交通管控模块定义规则,四个方向停车让行规则、主次路通过间隙接受的优先规则、交通信号控制方案。这三个模块彼此相互关联,如模块 2 车辆可能激活模块 1 的检测器,模块 1 的检测器反过来影响车辆感应信号控制。④数据输出:包括动态演示、交通控制状态、统计数据、车辆状态。