

# 7种微观交通仿真系统的性能评价与比较研究

臧志刚<sup>1,2</sup> 陆 锋<sup>2</sup> 李海峰<sup>3</sup> 崔海燕<sup>1</sup>

(中国矿业大学<sup>1</sup> 北京 100083) (中国科学院地理科学与资源研究所<sup>2</sup> 北京 100101)

(交通部规划研究院<sup>3</sup> 北京 100029)

**摘 要** 微观交通仿真系统能够模拟和预测道路交叉口、路段乃至区域的交通状况,是辅助交通规划、交通管理和交通工程决策的有力工具。详细分析了 Sim Traffic、CorSim、VisSim、Paramics、AM SUN、MITSim 和 TransModeler 7种业界著名的微观交通仿真系统的技术特性,并从交通设施表达及通信能力、车辆行为模型和其他扩展功能3个方面对上述7种微观交通仿真系统的性能进行了评价和比较。

**关键词** 微观交通仿真; 模型; 系统; 评价

中图分类号: U 491 文献标识码: A

## 0 引 言

交通仿真是运用现代计算机技术模拟现实交通系统建立计算模型的过程,是设计、分析和评价交通方案的重要技术方法。交通仿真能反映实际交通系统的特性,分析交通系统在各种设定条件下的可能行为,以寻求现实交通问题的最优解,评价运输设施各类设计方案的效果<sup>[1]</sup>。依据描述交通系统的尺度差异,交通仿真模型可划分为宏观仿真模型、准微观仿真模型和微观仿真模型。其中微观仿真模型非常细致地描述系统实体(车流、人流等)的产生、运动、消失及其之间的相互作用<sup>[2-3]</sup>,能非常逼真地再现实际交通状况,并对交通状况进行预测,已成为交通方案选优的有力工具。

自20世纪60年代以来,国内外交通业界在微观交通仿真领域进行卓有成效的研究工作,开发了几十种微观交通仿真模型和多种交通仿真软件系统。本文将对主要的7种微观仿真平台进行技术特性分析和性能比较<sup>[4-7]</sup>。

## 1 微观交通仿真系统简介

1) Synchrono/Sim Traffic。最初是为交通建模和信号优化配时而开发的软件包,随着技术的发展,Sim Traffic 增加了对高速公路、匝道和环形交

叉口的建模功能,逐渐发展成为一个功能全面的微观交通仿真系统。

2) TISIS/CorSim (Corridor Microscopic Simulation)。是最早的基于窗口的微观仿真系统。CorSim 仿真模型综合了应用于城市的NetSim 和应用于高速公路的FreSim 的特点。其中CorSim 具有先进的跟车和车道变化模型,以1s为间隔模拟车辆的运动,能模拟定时、动态和协同绿波控制信号、车辆排队、高速公路交织区域以及停车让行控制交叉口等。

3) VisSim。是离散的、随机的,以0.1s为时间步长的微观仿真模型。在VisSim 中,车辆的纵向运动采用了心理-生理跟车模型,横向运动采用基于规则(rule-based)的算法<sup>[8]</sup>,并采用动态交通分配进行路径选择。

4) Paramics。是英国Quadstone公司的微观交通仿真产品。Paramics 能适应各种规模的路网(从单节点到全国规模的路网),能支持100万个节点、400万个路段、32000个区域。Paramics 具有实时动画的三维可视化用户界面,可以实现单一车辆微观处理,支持多用户并行计算,具有功能强大的应用程序接口。

5) AM SUN NG。是西班牙TSS公司的微观交通仿真产品。AM SUN Simulator 可以处理各种类型的交通网络,包括城市街道、高速公路和一般公路,能处理环形道路、干线道路以及混合道路网络。作为有效的交通分析工具,AM SUN Simulator 能模拟自适应交通控制系统,先进的交通管

收稿日期: 2006-11-28

\* 国家863项目(批准号: 2006AA12Z209),中国科学院知识创新工程前沿项目资助(批准号: CXDG-D04-02)

理系统、车辆引导系统和公交车辆行程安排和控制系统;能对环境污染和能源消耗进行评估等。

6) M ITSimLab/M ITSim。由美国麻省理工学院开发,主要模块包括微观交通仿真模型M IT-Sim 和交通分配仿真模型TM S。其中TM S 还包含一个准微观仿真模型M esoTS。TM S 通过M eso-TS 预测交通网络状况,产生路线引导和信号控制策略,并可将M ITSim 输出的仿真结果作为输入,为路线引导和信号控制策略提供数据服务<sup>[9]</sup>。

7) TransModeler。在继承M ITSimLab 模型合理结构的基础上,增加了一些新的功能。TransModeler 实现了微观仿真、准微观仿真和宏观仿真的无缝集成,可依据网络范围和仿真解析度选择合适的仿真模型。最为重要的是,TransModeler 将交通仿真模型和GIS-T 有机结合起来,路网等空间数据存储与管理完全采用GIS 数据处理方式,并且可通过数据库管理系统来管理路网等空间数据。此外,TransModeler 可在GIS-T 图形界面上微观显示车辆运行状况及详细交通状况。

## 2 主要微观交通仿真模型/系统性能比较

交通仿真模型对交通现况的仿真效率和精度是衡量模型质量的重要标准。考虑到各交通仿真模型各具特色,在不同的应用环境中有着各自不同的表现<sup>[10]</sup>,本节从交通仿真的3个重要环节——路网、信号灯等交通设施表达及通信能力、车辆行为模型和其他扩展功能,对上述7种微观交通仿真系统进行分析和比较。

1) 交通设施表达及通信能力。表现交通设施描述及通信能力主要包括(参见表1): 路网描述; 信号控制; 检测器模拟; 公交站点、停车点及车辆产生/吸收点模拟; 仿真模型与实际检测器的通信。

路网描述和信号控制是交通设施表达能力的核心体现,而仿真模型与实际检测器的通信能力也越来越受到重视。

(1) 路网描述。路网是交通系统的骨架,对路网描述的精确度会对交通仿真效果产生影响。Synchro/SimTraffic、CorSim、Paramics、M IT-SimLab 和 TransModeler 采取“结点-弧段”结构描述路网;VisSim 与AM SUN 则采用“线-连接”结构描述。CorSim 对道路编辑可采用定义曲度的

方式来编辑道路几何形状, Synchro/SimTraffic 路网编辑功能最弱,只提供简单直线来描述道路,且当道路之间交叉时才能自动生成交叉路口(平面强化),难以直接构建立交桥、高架桥等立体道路。其他仿真系统都提供了精确的路网几何编辑功能(折线及弧线)。

在车道描述上,CorSim、VisSim、Paramics、AM SUN、M ITSimLab、TransModeler 都能创建模拟高占有率车道(HOV)、公交专用车道、电子收费车道(ETC)、商务车道等专用车道, SimTraffic 则在车道精细描述方面比较粗糙,不能模拟上述专用车道。

在道路交叉口描述上,由于Synchro 存在平面强化的缺点,其对道路交叉口描述具有一定缺陷。另外,在这7个系统中,只有CorSim 没有直接实现对环形交叉口的模拟,需要应用其他工具开发实现。

(2) 信号控制。SimTraffic、CorSim、AM SUN、TransModeler 的基本模块都能模拟定时、感应式信号以及路口无信号控制等;而Paramics 通过内部VA 语言或API VisSim 通过VAP 模块定制来灵活的模拟定时、感应式信号及无信号控制;M ITSimLab 能模拟定时信号、协同信号和感应信号; SimTraffic、AM SUN、Paramics、VisSim、TransModeler 还能实现其他更为复杂的信号控制,如协同信号、感应-协同信号控制等<sup>[11-12]</sup>。在路口信号控制方面,VisSim、SimTraffic、AM SUN、Paramics 和TransModeler 更精细。

(3) 仿真模型与实际检测器的通信。为了更好地获取实时交通状态信息,部分交通仿真系统支持交通检测器和仿真模型的实时通信,使实际检测到的实时交通信息能直接传输到仿真模型,提高交通仿真和预测的实时性。VisSim 通过Real-Time PRO 模块可实现与高速检测器接口卡、计算机接口和其他接口的直接通信;AM SUN 则通过Data Translator 模块实现检测器数据的直接传输和解析,该模块还能直接解读CAD、GIS 等数据格式;而Paramics 与实际检测器的实时通信则需要通过其Programmer 模块的API接口来实现,实现方式较为灵活,但具有一定开发难度<sup>[13]</sup>。其他仿真系统尚未开发此类相关硬件接口,不能与实际检测器直接通信。

2) 车辆行为模型。车辆行为模型<sup>[14-16]</sup>包括很

表1 微观交通仿真系统在交通设施描述及通信能力的比较

比较项目	仿真模型						
	Sim Traffic	CORSM	VisSim	Params	AM SUN	MITSMLab	TransModeler
路网描述	粗糙	较精细	精细	精细	精细	精细	精细
信号控制	精细	较精细	精细	精细	精细	较精细	精细
专用车道	无	较精细	精细	精细	较精细	较精细	精细
公交、汽车停车点	无	较精细	精细	精细	精细	较精细	精细
车辆产生、吸收点	无	较精细	精细	精细	精细	精细	精细
检测器	粗糙	精细	精细	精细	精细	精细	精细
检测器通信	无	无	有	有(灵活但有开发难度)	有	无	无

多内容: 车辆跟驰、换道、间距接受模型; 交叉口转弯运动模型; 车辆排队、以及排队消散模型; 交叉口转弯影响模型; 车辆行人相互影响模型; 转弯速度模型; 停车影响模型; 车辆转弯灯信号影响模型; 友好让车汇流模型; 10 黄灯反应模型; 11 可变的驾驶员反应时间模型。

车辆跟驰、换道、间距接受模型是交通仿真模型的核心。CorSim 的跟驰模型使车辆之间保持理想安全的车头时距; CorSim 的换道模型中设置了3种换道策略: 因前方紧急情况而进行的强制换道, 因前面车辆低于车辆自由速度而进行的自由换道和因路口转弯而提前进行的预设换道。在换道模型中考虑了所换车道的可汇入车流间距; 在CorSim 的间距接受模型中, 当车辆最小汇入车流间距小于车流中两辆车的间距时, 即可进行车流汇入行为。Sim Traffic 和CorSim 的跟驰、换道、间距接受模型基本相似, 其最大的差异在于跟驰模型, CorSim 跟驰模型中, 车头时距总是保持1s, 而Sim Traffic 则随着道路状况、车辆性能和驾驶员性格改变而改变。VisSim、MITSim 和TransModeler 采用心理-生理跟驰模型和与CorSim 类似的基于规则的换道模型和间距接受模型。Params、AM SUN 跟驰、换道、间距接受

模型采用与CorSim 类似的规则, 但描述得更为精细。例如在间距接受模型中, AM SUN 改进了CorSim 的最小汇入车流间距随时间不变的缺点, 随着时间的增加, 驾驶员耐性的减小, 最小汇入车流间距也会随之变化。

尽管车辆行为模型还包括其他各类细致的模型, 但上述车辆行为模型基本能够真实细致地反映交通行为。本文涉及的7种微观交通仿真系统的车辆行为模型的比较如表2所列。

3) 其他扩展功能。功能强大的交通仿真系统还具有一些其他扩展功能。这些功能可以提供一定的决策辅助或者进行更深层的模拟, 笔者论及的7种微观交通仿真系统的扩展功能比较如表3所列。

(1) 匝道控制。反映高速公路出入口的车流控制。CorSim、AM SUN、MITSimLab 和TransModeler 本身具有匝道控制功能, VisSim 的匝道控制通过VAP 模块实现, Params 通过API实现, Sim Traffic 则没有匝道控制功能。

(2) 交通事件管理。CorSim、Params、AM SUN、MITSimLab 和TransModeler 都在模型内部实现了对交通事件管理的模拟, 而VisSim 模型本身没有交通事件模拟功能, 且通过VAP 模块实现困难, Sim Traffic 则不具备交通事件模拟功能。

表2 微观交通仿真系统的车辆行为模型比较

比较类别	仿真模型						
	Sim Traffic	CORSM	VisSim	Params	AM SUN	MITSMLab	TransModeler
车辆跟驰、换道及间距接受模型	有	有	有	有	有	有	有
交叉口转弯运动模型	有	弱	有	有	有	有	有
车辆排队以及排队消散模型	有	有	有	有	有	有	有
交叉口左转影响模型	有	有	有	有	有	无	不详
路口车辆行人相互影响模型	有	有	有	有	有	无	有
转弯速度影响模型	有	无	有	无	无	有	有
停车影响模型	无	有	有	有	无	有	有
车辆转弯灯信号影响模型	无	无	无	无	无	无	不详
友好让车汇流模型	无	有	有	只存在于匝道控制	只存在于匝道控制	有	有
黄灯反应模型	依据驾驶员和车辆类型	依据驾驶员和车辆类型	依据驾驶员和信号控制	依据驾驶员	有	无	有
可变的驾驶员反应时间	无	无	无	有	有	无	不详

表3 微观交通仿真系统扩展功能比较

比较类别	仿真模型						
	SimTraffic	CORSM	VisSim	Params	AM SUN	MITSMLab	TransModeler
匝道控制	无	有	有	有	有	有	有
交通事件管理	无	有	有	有	有	有	有
VM S	无	实现困难	实现困难	有	有	有	有
公交优先	无	实现困难	有	有	有	无	有
动态交通分配	无	实现困难	有	有	有	有	有
动态路线导行	无	无	实现困难	有	有	有	有
交通堵塞影响模型	无	无	有	有	有	无	有
天气影响模型	无	无	有	有	有	无	有
车辆引擎模拟	无	无	有	无	无	无	无

(3) 可变信息标示(VMS)。可变信息标示向模拟的车辆提供实时交通信息,同时会对经过附近的车辆产生影响。Params、AM SUN、MITSMLab 和 TransModeler 都实现了 VMS 功能, VisSim 和 CorSim 实现困难, SimTraffic 则不具备。

(4) 公交优先。大型公交车的行驶尤其是在停车点的停车现象,对交通流影响较大,因此需要设置公交优先策略。VisSim 通过 VAP 模块, AM SUN 和 Params 通过 API 都可以实现公交优先; CorSim 实现困难,不能直接模拟; TransModeler 具有很好的公交运输模型; MITSMLab 在 2000 年后也增加了公交优先策略,而 SimTraffic 不具备此功能。

(5) 动态交通分配。VisSim、Params、AM SUN、MITSMLab 和 TransModeler 都提供动态交通分配功能。CorSim 未直接提供, SimTraffic 则不具备提供该功能的能力。

(6) 动态路线导行。在实现动态交通分配的基础上, Params、AM SUN、MITSMLab 和 TransModeler 能够实现车辆的实时动态导行, VisSim 实现难度较大, CorSim 和 SimTraffic 不具备该功能。

(7) 交通堵塞影响模型。交通堵塞在城市交通中经常发生,并且对交通影响最大。上述模型都实现了对车辆排队及车队溢出的模拟,但只有 VisSim、Params、AM SUN、TransModeler 具有交通堵塞产生的影响模型,其他模型则不具备,只是在跟驰、换道等模型中才能体现堵塞程度,难以模拟现实交通堵塞影响效果。

### 3 结论与讨论

上述 7 种微观交通仿真系统各具特色。Synchro/SimTraffic 具有极强的交叉口仿真性

能,但当仿真范围扩大到较大规模路网时仿真效能要比其他仿真模型差,因此 Synchro/SimTraffic 适用于小规模路交叉口仿真; TISIS/CorSim 在交叉口仿真方面比其他模型稍差,但对较大规模路网仿真的效果较好。此外,尽管 TISIS/CorSim 是商业软件,但它具有开放源码,为研究人员从底层开发和改进提供了可能; VisSim、Params、AM SUN 无论在交叉口仿真还是在较大规模路网仿真,都具有较高的效率; MITSMLab 模型结构合理,更适应于交通分配评价和交通流疏导,而且其绝大部分源码开放,非常适合研究人员用来进行交通仿真的研究。TransModeler 继承了 MITSMLab 的优势,增加了公交运输等模型,微观仿真能力较高。值得重视的是,TransModeler 将微观、准微观和宏观仿真模型无缝集成,并与 GIS 集成,构成了一个强大的综合交通分析和管理工作,代表了微观交通仿真系统发展的方向。

上述 7 种微观交通仿真系统都不具备停车引导模型。随着城市居民拥有车辆的增多,车辆停车问题日益显现,如果不能合理引导车辆停车,盲目寻找停车场所的过程将增加更大的交通压力。因此,现有微观交通仿真系统需要在停车引导模型上进行扩展。

另外,上述 7 种微观交通仿真系统都是西方发达国家业界针对实际交通运输状况而开发的,基本上未考虑混合交通模式相互影响问题,如人流、自行车流和机动车流的相互影响,不能很好地反映中国城市交通现状。因此,需要研究适合我国混合交通状况的微观交通仿真模型,建立行人、自行车仿真模型,充分考虑大密度的行人、自行车流与机动车流的相互影响,并将仿真模型与 GIS 无缝集成,从而建立适合我国国情并具有自主知识产权的微观交通仿真系统。

## 参考文献

- [1] 魏明, 杨方廷, 曹正清. 交通仿真的发展及研究现状. 系统仿真学报, 2003(15): 1 179-1 183
- [2] Sharon Adams Boxill, Lei Yu. An evaluation of traffic simulation models for supporting ITS development. Center for Transportation Training and Research Texas Southern University, 2000: 21-82
- [3] 胡明伟, 史其信. 支持ITS影响评价的交通仿真模型研究. ITS通信, 2005(1): 5-9
- [4] Institute of Transportation Engineers California Border Section Highway Capacity Task Force. A report on the use of traffic simulation models in the San Diego region, 2004: 7-17
- [5] 郭昕, 王慧. 交通分析仿真软件的研究进展与展望. 中南公路工程, 2005, 30(1): 144-149
- [6] 胡明伟, 郭秀芝. 用微观交通仿真软件实现ITS模拟的比较研究. 交通与计算机, 2004, 22(4): 19-22
- [7] Emily D. Sterzin. Modeling influencing factors in a microscopic traffic simulator. University of Massachusetts Amherst, Massachusetts. The master's dissertation, 2004: 19-84
- [8] 盖春英. VISSM 微观仿真系统及在道路交通中的应用. 公路, 2005(8): 118-121
- [9] Qi Yang. A simulation laboratory for evaluation of dynamic traffic management systems. Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts. The doctoral dissertation, 1997: 28-154
- [10] Diekmann Joshua J. A modeling approach for evaluating network impacts of operational-level transportation projects. Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia. The master's dissertation, 2000: 14-25
- [11] Haifeng Xiao. Methodology for selecting microscopic simulators: comparative evaluation of AM-SUN and VISSM. University of Minnesota Department of Civil Engineering, 2005: 4-15
- [12] Loren Bloomer, Jim Dale. A comparison of the VISSM and CorSim traffic simulation Models. Institute of Transportation Engineers Annual Meeting, 2000: 3-16
- [13] Liu Henry X. Paramics API development document for actuated signal, Signal Coordination and Ramp Control. California PATH ATMIS Center University of California at Irvine, 2000: 3-19
- [14] Douglas Gettman, Larry Head. Surrogate safety measures from traffic simulation models, Final Report. Siemens Gardner Transportation Systems, 2003: 11-43
- [15] 商蕾, 高孝洪, 蒋汉平. 城市微观交通模型建模及仿真实现. 武汉理工大学学报: 交通科学与工程版, 2003, 27(4): 499-502
- [16] 能宁, 黄毓瑜, 李公立. 基于元胞自动机的微观城市道路混合交通仿真. 系统仿真学报, 2005, 17(5): 1 234-1 236

## Performance Evaluation and Comparison of Seven Microscopic Transportation Simulation Systems

ZANG Zhigang<sup>1,2</sup> LU Feng<sup>2</sup> LI Haifeng<sup>3</sup> CUI Haiyan<sup>1</sup>

(China University of Mining & Technology, Beijing 100083, China)<sup>1</sup>

(Institute of Geographic Science and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)<sup>2</sup>

(Transportation Planning Research Institute, MOC, Beijing 100029, China)<sup>3</sup>

**Abstract** Microscopic traffic simulation system can simulate and forecast the traffic phenomenon of intersection or road, as well as traffic area, which is the powerful tool for transportation planning, management and engineering decision. The technical characteristics of seven microscopic traffic simulation system were analyzed, which were well known in traffic field, such as SimTraffic, CorSim, VisSim, Paramics, AM-SUN, MITSM, and TransModeler. According to the expression of traffic facilities and the capacity of communication with facilities, their performance, vehicles behavioral model, and other extended functions were compared and evaluated. The result can provide a useful reference for the people in transportation planning, management and engineering.

**Key words** microscopic traffic simulation; model; system; evaluation