

# 对交通仿真模型软件开发及应用问题的思考

Comments on Development and Applications of Traffic Simulation Software in China

杨 齐

(Caliper公司, 美国牛顿市麻萨诸塞州 02461)

YANG Qi

(Caliper Corporation, 1172 Beacon St, Newton, MA 02461, U.S.A.)

**摘要：**在计算机上进行交通仿真是帮助设计、分析和评估各类交通工程、管理和规划项目可选方案的有力工具。与西方发达国家一样，中国日益严重的交通拥堵问题促动了对应用和开发交通仿真软件的浓厚兴趣。阐述了中国开发和应用交通仿真软件的观点，认为当务之急是收集数据，客观地评价和分析现有各种交通仿真模型软件在不同条件下的适用性，对有关软件产品估计出适合中国人驾驶行为和环境条件的模型参数，提出应用指南，并对中国混合车流条件下，跟车、换道、插车和交叉口延误描述等驱动交通仿真软件的数学模型进行深入研究。

**Abstract:** Traffic simulation can be an effective tool in helping design and evaluation of alternative in various traffic engineering, management and transportation planning projects. In light of the growing interest in application and development of traffic simulation models and software in China, the author argued that it is important to calibrate these models using observed local traffic data and drive behavior. We need to learn from the experience of other countries and avoid their mistakes; we need basic research on traffic models such as car-following, lane changing, gap acceptance, delay at signalized or unsigned intersections and so on under mixed traffic condition.

**关键词：**交通仿真 ;交通规划 ;交通信息系统 ;地理信息系统 ;交通软件开发

**Key words:** traffic simulation ;transportation planning ;traffic information systems ;GIS ;transportation software R&D

中图分类号：U491      文献标识码：A

收稿日期：2006-03-26

**作者简介：**杨齐，男，博士，美国Caliper公司交通系统部主任，主要研究方向：交通仿真、交通规划、地理信息系统、智能交通系统。E-mail: qiyang@caliper.com

## 1 开发软件

写一个简单的或特定用途的交通仿真软件不难，难的是开发出一个能真正满足大多数用户需要的通用交通仿真软件。开发一个具有应用价值和市场竞争力的交通仿真系统，需要多年的艰苦工作和一定的资源条件。首先，要在参考前人文献和研究现有模型的基础上，确定系统的总体设计思想和要达到的主要目标；其次，需要开发具有个性的模型，以实现新的功能或纠正已有模型的缺陷；最后，要对模型所用的参数进行校验和调整，得到符合应用地区的模型和参数。最后，一条是开发应用交通仿真模型不可或缺的重要组成部分，但往往在实践中被忽略。其难度在于这不仅要要有合适的模型、软件提供一种开放式的模型结构，还得有合适的数据条件。模型中的参数，可能有各国、各城市通用的部分，但也有要根据当地情况进行调整的部分，甚至可能需要再开发加入新的模块。理想的软件平台应当尽量采用通用的模型，使模型参数化，并有可能容许用户加进自己的模型。这样用户就可以使用适合当地驾驶员行为、交通规则以及环境条件的参数和模型，以提高模拟精度。

交通仿真模型和软件这两个名词常常被交互使用，因为模型和软件这两者是紧密联系相互依存的。但模型和软件的区别，应该还是很清楚的。任何一个交通仿真软件都是由一系列交通流的模型和交通仿真的模块组成的，它是为实现某个新的模型和达到某些应用目的而设计的。当这些模型和模块不能满足现实世界对交通仿真的要求，或新的技术和模型对改进软件提供了契机时，

就有必要对现有软件进行改进和开发新的软件。交通专业一些硕士、博士研究生论文就是结合研发交通仿真模型来进行的,因为交通仿真提供了一种对交通规划、设计或管理的新想法和模型进行分析验证的工具。这类新的想法和模型也许有可能在已有的交通仿真软件里实现,也有可能需要开发新的软件才能实现。

交通仿真软件有研究型和商业型的区别。对研究型和商业型软件,应该有不同的要求和评价标准。研究型的软件主要是给开发者自己用的,而商业型的软件是给用户用的,两者的区别并不在于是否市场上有得卖。属于研究型的模型数不胜数,这种模型不应该对其用户界面和软件的应用范围有过高的要求,这里强调的是想法和模型的创新,而不是软件的用户界面和使用价值。一个研究型交通仿真模型当然可以进一步发展为商业型的交通仿真软件,但商业软件的要求和研究性质的模型有很大的不同。对商业软件的基本要求是:包罗最新交通仿真模型研究证明了的先进功能和竞争产品所具有的主要功能;能够切实为交通规划和交通工程人员提供一个解决实际问题的仿真工具;提供适用的用户界面和数据接口,方便大多数用户以较低成本把仿真模型作为他们的一种分析工具。满足这些要求需要较长的开发周期和相当的研发资源,因为这类软件往往涉及几十个模块、数千文件和数百万行程序。这些程序要一行一行地编写,建模和编程中难免出现的错误得一个一个地纠正,有软件开发经验的读者想必会同意,这需要一个团队多年坚持不懈的努力,因为一个好的交通仿真软件是交通规划、交通工程、地理、计算机、数学、图像艺术、程序测试等人员和众多用户集体智慧的结晶。

写好一个软件只是“万里长征走完了第一步”,还需要根据用户的反馈,逐步改进模型、修正参数、增补新的功能。此外,交通仿真这样的专业软件与文字和数据处理的大众化软件不同,其应用的成功与否往往不仅对用户的专业知识有较高的要求,还和开发者(厂商)能否给用户提供必要的培训和技术支持有相当的关系。有些情况下开发者需要和用户密切合作,对软件进行改进和完善,才能提供特定的交通仿真任务所特别需要的功能。

我们常可以看到这样一种情形,大专院校和研究

所结合某项研究课题,开发出了一个交通仿真模型,它在某些方面有独到之处,并在一些实际的项目中得以成功应用。研究单位或其相关公司随后对此软件进行推广,但随着研发人员的流失,或者没有精力和能力对软件进行完善,数年以后该软件“产品”逐步销声匿迹,不了了之。发生上述情况是一种必然规律,所以伴随研究项目开发的交通仿真软件应该给自己正确定位,立足于创新和攻克现有模型所不能解决的问题,这样它不仅可以为新一代交通仿真软件提供新的模型和思路,更重要的是通过有关人员参与解决实际问题的研究,培养一批人才。如果这类短期性质的研究项目把软件开发作为其主要目的,可能就是“犯了路线错误”。

## 2 选择软件

没有一个软件是面面俱到、处处都有优势。用户在考虑自己的仿真平台时,很需要辨别真伪,在适合自己功能要求和价格的系统之间,选择最优秀的软件。做交通规划和交通工程项目的仿真,购买软件的费用可能只是投资的一小部分,数据准备和模型校准不仅是要花大力气,而且也可能要花更多的钱。而不少人,尤其是采购人员和决策者往往容易被厂商为市场推销和宣传而设计的演示,特别是电影一般的三维动画包装所迷惑,忽略了一个软件是否能在用户有限的时间和资源条件下,解决其项目的真正需求。

交通仿真模型按其如何模拟车辆、人流在路网上的移动和如何处理信号灯的控制,有微观、中观和宏观之分。微观模型以跟车换道模型模拟车辆的运动并详细描述交通监测和信号控制的运作。宏观模型一般以流量函数表示的路段和路口延误来模拟车辆在一个路段行驶的时间和在路口等待的概率或时间。中观模型介于微观和宏观两者之间,它一般以车辆密度的函数来表示一个区段车辆行驶的速度,并考虑车辆在路口的转向和排队现象。通常中观和宏观模型不直接模拟交通监测和信号控制的运作,不同控制系统对路网的影响以通过能力的形式表示。由于历史的原因,过去交通仿真模型的应用主要是在交通工程领域,侧重于小范围的交通工程和管理方案的比较,一般使用微观仿真模型。但近年来交通规划对仿真模型日益增长

的需求,计算机和地理信息系统技术的发展,为新一代的交通仿真软件的开发提供了条件。市场上不仅更多不同尺度类型的交通仿真软件都有出现,也有把三种尺度的模型融合在一个系统,对一个路网的不同部分,分别用微观、中观和宏观交通模型同时进行仿真的软件产品。

根据交通仿真模型的驱动技术和核心设计思想,还可以从另外一个角度把用于城市规划的交通仿真模型分成下面几个类型:

第一类是基于静态交通分配的仿真模型。传统的四阶段交通规划方法中,交通分配模型里面的简单的流量时间延误函数被更复杂的仿真模型所替代,但仍然以传统的静态分配模型算法来取得路网上流量的分配,并没有对车辆行驶在时空上的分布给予充分考虑。这类模型的一个典型代表,也许就是著名的SATURN交通仿真分配模型。

第二类是基于动态交通分配的仿真模型。其典型代表包括DYNASMART, DYNAMIT, DYNAMEQ, 和METROPOLIS等等。这些动态交通分配模型中,都用交通仿真技术来求解某一出发时间、给定路线上的出行时间或费用。这类模型中,常用以流量速度函数为基础的中观仿真模型,采用循环反馈和时段推移的方法获得“均衡的”(equilibrium)或者是“一致的”(consistent)流量分配结果。这一类型中的有些模型原本是为智能交通系统的实时交通管理和预测而开发的,但在交通规划中也有应用。

第三类模型主要是为了解决在大范围交通网络上应用交通仿真而开发的微观交通仿真模型。这里,虽然模型的总体仍然属于微观的范畴,因为车辆在路网上的移动考虑其所在车道及其位置,但为了提高模型的执行速度,其微观交通模型常作了一定的简化。如上述第二类模型中的DYNAMEQ,不仅采用了较为简单的跟车换道和交叉口的延误模型,而且用基于事件而不是时间的仿真算法。TRANSIMS借用Cellular Automata的概念将车道按平均车长均匀分格,试图把交通流在时空的演化转化为一个简单的整数问题,进行分布式的并行求解,以满足大范围交通规划对仿真模型计算速度的要求。

第四类交通仿真模型试图把不同类型的模型综合

在一起,发挥不同模型的特长,在计算的速度和结果的精度两者之间适当取舍,在宏观层次上处理路径选择的问题,在微观层次上就重点研究地段进行较为详细的仿真。此类模拟按其结构形式又可分解为3种:外包式、交流式和整合式。外包式方法中交通分配模型和仿真模型是相互独立的,它把静态和动态交通分配模型的输出用作仿真模型的输入,对所选区域进行微观交通仿真。交流式方法把两种或更多种完全不同的仿真软件组合在一起,相互独立的仿真软件分别模拟网络中的不同区域(如项目和外围地区)或不同类型的系统(如高速和城市道路),不同模型在所谓的“桥梁”节点交换车辆。整合式方法则把交通分配模型和不同类型的交通仿真模型有机组合,在一个统一的软件平台上,由用户根据具体项目的需要,就网络的不同部分选择适合的模型。因为“整合式”的多层次交通仿真模型可以使我们在用微观仿真模型详细模拟一个局部地区的同时,用宏观和中观仿真模型来模拟外围整个系统,而不是“只见树木,不见森林”或者“只见森林,不见树木”。整合式的交通仿真软件所具有的这种灵活性,在未来的城市交通规划中应该会逐渐得到更广泛的应用。

微观交通仿真,特别是对复杂的较大范围网络进行微观交通仿真,不仅需要花较多的时间准备输入数据,对仿真输出结果的分析和解释也非易事。新一代的交通仿真软件,可以运用地理信息系统和人工智能技术,大大提高准备输入数据和分析输出结果的效率。例如,交通规划模型和地理信息系统提供的网络数据,可以直接导入交通仿真软件作为建立微观交通仿真模型的基础。交通仿真软件应当容许用户对路段、交叉口、车道、监测器等路网设施定义自己的属性,对属性数据进行批量处理和地图显示,并对数据记录进行排序、地理查询、定义和使用选择集、图层叠加统计等GIS操作。

最后,国内用户使用国外开发的微观交通仿真软件还会遇到一个模型适用性的问题。对模拟高速公路,国内和国外的交通流特性差别可能不大,如果所用的软件设计合理,采用的是一个开放的系统,大多问题应该都可以通过修正模型参数来解决。但对城市路网,由于混合交通的影响,差别可能很大。



### 3 基础研究

目前看来,中国交通仿真所用的软件大多是国外开发的,大概有德国的VISSIM,美国的CORSIM、Synchro/SimTraffic和TransModeler,西班牙的AIMSUN,英国的Paramics,加拿大的DYNAMIQ等等。在国内网站的一些交通论坛,包括城市交通论坛,常常可以看到使用国外软件遇到的问题和开发适合国内交通实际的仿真软件的强烈呼声。

开发一个国产的交通仿真软件难度肯定是有,中国目前应当先加大对交通行为基础研究的力度,有了对模型进行分析校准的数据和对现有模型优缺点的客观评估,有了对已有软件的深入研究,提出了适合中国国情的混合交通的仿真模型理论,才有条件研发出更高水平的交通仿真产品来。以下几个问题不仅非常值得作为研发适合中国交通实际的仿真软件的必要条件来深入研究,而且会有较大的直接应用价值。

#### 1) 混合交通的仿真

在西方发达国家,自行车和步行与其说是一种交通方式,还不如说是一种健身锻炼的工具。因为他们基本上没有混合交通和“三块板”的问题,交通仿真软件往往只考虑机动车的模拟。行人过街对车流的影响和在交叉口信号配时的考虑,相对比较简单。市场上也有几个很好的行人仿真软件,但其模型基本上就是行人论行人,其应用偏重于机场、车站、广场和建筑物内部人流的组织和紧急情况下的疏散。因为机动车交通仿真模型和行人、自行车仿真之间的脱节,用现有的交通仿真模型来研究模拟中国的混合车流肯定会有严重缺陷。如何为自行车和行人建立合理的仿真模型,如何在交通仿真模型中考虑机动车、自行车和行人之间的相互影响,都是很有挑战性的研究问题。市场上的个别交通仿真软件似乎对行人和自行车的仿真,对路边的随便停车问题已有所考虑,但它们还很不深入,是否能满足中国复杂的混合交通模式,还需要由应用项目来验证。

#### 2) 实时交通信息系统

除了用作评价交通规划、工程设施和交通管理的备选方案,交通仿真模型,尤其是中观和宏观仿真模型,常常是为实时交通预报系统服务的动态交通分配

模型中的关键组成部分。研发出数倍于实时速度(以便满足实时交通预测),适合中国混合交通特点(以便准确模拟道路交通状况)的交通仿真模型,对未来开发高质量的交通信息系统至关重要。一个交通信息系统要想真正有用,必须能系统地提供实时“预报的”未来交通状况,而非早先“观测的”过时交通状况,这是一个对先进交通信息系统最基本的要求。但目前国内外的大多所谓的ATIS系统,都只是在提供离散的、独立的、过时的观测信息,有时根本就是在显示一些可有可无的无用数据。这其中的原因除了真正能起作用的系统需要巨大的设备投资以外,没有一个理想的实时预报软件支持系统也是一个主要原因。如何有效地提供实时预报的系统信息是一个相当复杂的问题,扎扎实实地把基础研究做好,自然会有企业来开发相应的硬件技术和支持系统。但不少城市的ITS资金,不是用来支持这些真正需要政府投资基础研究和风险项目,而是急于催生一些目前还不成熟的应用项目。研发一个真正有用的实时交通信息系统需要资金、时间和智慧。美国的麻省理工学院研发的DynaMIT以及德州大学奥斯汀分校和马里兰大学研发的DynaSmart就是这方面多年研究工作的结晶,其目的是希望开发出一套能用来准确预报交通状况,缓解交通拥堵的信息支持系统。这两个系统在理论和软件上对实时交通预报的研究作了重要的尝试并取得了长足的进展,但其应用价值还有待在实践中检验。

不久前在城市交通论坛(<http://www.chinautoc.com>)了解到国内也有人在开发类似于DynaMIT和DynaSmart的系统。这个称作DynaCASTIM的系统试图开发一套适合中国出行者行为特性、车流特性与交通控制策略的本土化的实时交通估计与预测系统。大城市的交通信息管理部门其实非常需要类似的系统,这样的研究项目,国家、企业和个人都应当支持。很多情况下,中国的城市肯于出资购买有形的设备,却不愿投资购买或研发必要的软件系统。看到国家和城市开始支持像DynaCASTIM这样的系统的研发,可见决策者还是很有远见的。在中国做实时交通预报系统有两个比美国更有利的条件。一是我们基本上没有所谓“个人隐私”的习惯上的限制,各种数据,包括户籍资料、车辆注册资料、手机信息、车牌实时识别等

等十八般武艺都可以拿来使用；二是有通过政府和单位来组织进行交通出行调查和统计的条件，这是研发出符合实际的模型的必要条件。例如，设想我们可以在不披露个人信息的前提下，使用手机信息来进行出行行为调查。像北京这样的城市有5 000多手机信号基站，用基站收到的手机信息，可以测算出样本在给定时段的位置。根据样本在时间和空间的分布情况，并与其他地理和交通网络的信息辅助，不难构造出分路段的动态起迄点出行矩阵。在起迄点出行矩阵的基础上用仿真模型进行动态交通分配，可以预测在未来时段里，各路段和交叉口的交通量、行驶时间和延误。这种以交通行为模型和可靠数据为基础的预测方法，应该比单纯的统计方法给出更为准确的预报。

## 4 数据采集和模型校准

无论是开发自己的软件，还是改进别人开发的软件，都需要采集当地的数据来评估模型的参数和验证模型的精度。一个交通仿真模型往往有不少参数需要根据当地的实际情况进行调整，以符合人们的驾驶习惯和道路环境条件。校准和验证一个微观交通仿真模型不仅需要集计层次的数据，如通过感应线圈或摄像头获得的流量、速度、车头间距和占有率等数据，通过车牌识别或流量反推获得的起迄点流量数据，也需要收集车辆轨迹、换道时距和车道选择等开发和校准微观仿真模型所需要的离散层次的数据。采集后一类数据不仅费时费力，而且不容易做好。这类数据采集工作，应当结合现有交通模型的评估或新模型的开发，通过科学研究基金和相似的攻关项目，由专业称职人员组织实施。具体操作，可借鉴美国近年来联邦高速公路管理局NGSIM，也即新一代交通仿真课题的经验。

国内一些城市交通管理的硬件设备，比很多发达国家的城市先进许多。但交通研究人员很难从有关单位拿到需要的数据。如果各单位都封锁数据，不为研究人员提供开发改善交通模型的必要条件，那么，研究和开发适合中国特点的交通规划和交通仿真软件，即便不是“纸上谈兵”和做“无米之炊”，也不会深入下去。此外，还存在一种不利于提高交通规划、仿真

研究和应用水平的现象。一方面各部门在盲目使用引进的模型软件，另一方面专家学者们在忙于开发推广自己的“商业”软件，对分析和评价现有的软件，扎扎实实地改善这些模型，校准其中的参数，切实发挥它们在实际项目中的应用价值兴趣有限。

## 5 开放精神和客商合作

最后要倡导一下交通领域的基础研究特别需要的“开放精神”和客商合作。一个交通仿真软件是由一系列模型和模块有机组成的，要想正确的模拟交通系统的运作，这些模型和它们的参数都要合理。里面的很多模型可能基于这样或那样的假设前提，众多的模型模块往往需要积累前人的研究成果，模型的参数需要由合适的数据来校准。要建立这样一个庞大的系统，需要采众家之长。用户应用一个交通仿真软件，不仅只是要学会使用这个软件，很多情况下有必要了解模型所作的假设和模型的适用范围，因为若接受其模拟结果，就意味着用户必须接受其假设前提。不幸的是只有深入地研究分析程序的结构甚至源代码，才能了解这些假设前提和其中可能的漏洞。从这个角度考虑，理想的做法是采取开源程序，由用户和开发者一起来维护一个共享的软件。但这种理想的模式又是行不通的，因为开发一个有应用价值的软件需要相当的投资，而不赚钱的软件是不会有人投资的；开发商不止一个，他们之间是一种竞争关系，而且都需要保护自己的利益。比较现实的一种模式是用户和软件开发者之间通过技术支持和项目咨询建立一种客商合作关系，但一个有趣的现象是，中国的软件用户好像并不习惯于利用这种客商合作关系，即使软件在一定的期限提供了免费的技术支持，好像大多数用户都还是自己琢磨研究，而很少通过技术支持来从开发商那里寻求帮助。

同时，国家和各类基金支持的交通软件研究开发项目的成果，应该作为进一步推动出行行为研究，让更多企业或个人研发出高质量交通规划和仿真软件的“种子”或“星星之火”。采取具有“开放精神”的研究模式，有助于逐步提高中国交通仿真研究和应用的水平。