

基于车道级基础路网的微观交通仿真数据建模与应用研究*

黄敏, 张旭, 李尔达

(中山大学工学院//广东省智能交通系统重点实验室, 广东 广州 510006)

摘要: 从满足微观交通仿真需求角度分析了仿真数据模型建模的要点, 建立了包括基础路网模型、信号控制方案描述模型和交通需求模型在内的微观交通仿真数据模型。信号控制方案描述模型中, 信号灯分配通行时权, 信号灯组描述交叉口的通行规则。交通需求模型由交通小区和 OD 矩阵组成, 交通小区定义 OD 矩阵的起终点, OD 矩阵定义路网上的出行量。以 VISSIM 为例, 研究该模型与微观交通仿真模型要素之间的对应关系, 提取数据转换生成 VISSIM 仿真模型, 论证了其用于数据提取和交换的可行性。

关键词: 交通仿真; 数据模型; 信号控制; 交通需求; VISSIM

中图分类号: TP391.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2015) 02-0008-06

Research of Data Modeling for Microscopic Traffic Simulation Based on Lane-level Basic Network and Its Application

HUANG Ming, ZHANG Xu, LI Erda

(School of Engineering//Guangdong Provincial Key Laboratory of Intelligent Transportation System, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: The requirement for data model in microscopic traffic simulation is analyzed, and the model, which is consists of basic network model, signal control scheme description model and traffic demand model, is constructed. Signal allocates access right of time, and signal groups describe access rules at intersections in signal control scheme description model. Traffic demand model contains traffic zones and OD matrix. Traffic zone delimits the origin node and destination node of OD matrix, while OD matrix delimits volumes on the network. The corresponding relationship between elements of this model and that of microscopic traffic simulation model is studied with VISSIM as an example. Data is extracted to generalize VISSIM simulation model which proofs the model's feasibility for data extraction and exchange.

Key words: traffic simulation; data model; signal control; traffic demand; VISSIM

随着交通领域的快速发展, 交通路网变得越来越复杂, 交通需求也变得越来越大大, 各种与交通相关的研究和应用也对交通模型的数据提出了更为细致的要求。微观交通仿真以单个车辆为基本单元对

交通流进行描述, 可反映车辆的跟车、超车以及换道等微观行为。对交通路网和交通条件的细致、准确描述是微观交通仿真模型再现真实交通现象的基础。描述路网和交通条件的数据可概括为交通路网

* 收稿日期: 2014-07-16

基金项目: 中央高校基本科研业务费资助项目 (15lgyy10); 国家科技支撑计划资助项目 (2014BAG01B04); 国家自然科学基金资助项目 (51178475, 11172333)

作者简介: 黄敏 (1975 年生), 女; 研究方向: 路网数据模型与道路交通标志标识系统; E-mail: huangm7@mail.sysu.edu.cn

数据、交通控制数据和交通需求数据^[1-9]。经过长期的应用与发展，GIS 已经成为微观交通仿真的重要的基础数据平台。为了充分利用 GIS 中丰富的空间数据和 GIS 高效的空间数据存储、分析和可视化功能，已有研究在 ArcGIS 平台上实现了交通路网及其数据库的构建^[10-11]。要解决为实现 GIS 平台与微观交通仿真模型之间的数据集成所面临的数据共享的局限性和不平滑性等问题，需要进行不同模型之间的数据提取和交换。Athanasios 等^[12]指出大部分模型互不兼容，转换数据集的唯一方法是转换 ASCII 文件，但未给出具体的理论方法。饶明雷^[13]提出了基于 ArcGIS 的车道级基础路网数据模型，并探讨了从车道级基础路网到微观交通仿真软件仿真路网的转换，实现了 ASCII 文件之间的转换，论证了其模型在路网模型转换方面是有效可行的。

为了实现不同模型间数据共享和交换，以便实现仿真模型之间的转换，有必要构建一个通用的微观交通仿真数据模型，支持仿真系统对数据的提取和交换。本文基于车道级基础路网数据模型（下文简称基础路网）^[13]，面向微观交通仿真需求，增加描述交通条件的数据，构建完整的微观交通仿真数据模型，并以仿真软件 VISSIM 为例，论证该模型用于数据提取和交换的可行性。

1 微观交通仿真对仿真数据模型的需求分析

目前国内较为流行的微观交通仿真软件主要包括由英国 Quadstone 公司开发的 Paramics、美国 Caliper 公司开发的 Transmodeler 与德国 PTV 公司开发的 VISSIM 等。Paramics 的路网数据保存在“centres”、“junctions”、“links”、“nextlanes”、“nodes”五个文本文件中，交通信息保存在“categories”、“demands”、“priorities”、“vehicles”、“zones”、“matrix”等文本文件中。Transmodeler 路网的几何结构由 Node、Link、Segment、Lane 等四大实体要素描述，Lane Connector 用于车道之间的拓扑连接。交通信息包括 Centroids、Centroids Connectors、Sensors、Route System、Route Stop、Intersection Control、Trip Matrix 等要素。VISSIM 用 Links 和 Connectors 两个组件来描述路网，用 Dynamic Assignment、Routing Decisions、Inputs、Signal Controllers (SC)、Public Transport、Parking Lots、Nodes、OD Matrix 等组件来描述交通信息。

根据不同仿真软件中仿真模型建模的特点，微观交通仿真模型需要满足以下基本的功能要求：

1) 构建和处理不同形式的路网，细致描述路网的几何特征和拓扑结构。几何特征包括道路的位置、长度、车道宽度、车道数目、交叉口类型等，拓扑结构主要描述车道间的连通关系。

2) 模拟交通控制策略，描述交通控制状况。主要包括信号控制方案的具体构成，使车辆能够在路网上合理有序的运行。

3) 明确定义交通需求。进行起讫点之间的交通分配，提供进入路网的交通流量，必要时可分时段分车型对 OD 矩阵进行详细划分。

4) 描述不同模型组成要素之间关联关系，尤其是交通信息实体与路网之间的关联关系，突出模型的整体性和各要素之间的协同性。

2 基于基础路网的仿真模型

2.1 模型概述

根据上述分析，可以将基于基础路网的仿真数据模型描述为包含基础路网模型^[13]、信号控制方案描述模型和交通需求模型的组合模型。其中，基础路网由子路段、子路段结点、有向子路段、车道和车道连接器组成。信号控制方案描述模型描述交叉口的通行规则，其组成包括信号灯和信号灯组，并以信号灯为基本的描述对象。交通需求反映了人或者货物在路网上移动的要求，模型要素包括交通小区和 OD 矩阵。整个基于基础路网的仿真模型的结构如图 1 所示。

2.2 模型结构

基础路网第一层由基本建模单元组合而成^[13]，包含子路段 (Link)、子路段结点 (Node) 两个要素，同时，在子路段基础上，根据交通流向将子路段划分为不同的有向子路段 (Arc)；第二层在第一层基础上细化车道描述，包含车道 (Lane) 和车道连接器 (LaneConnector) 两个要素。

信号控制方案 (Signal Control Scheme) 设置在结点处，代表一个交叉口设置一套信号控制方案。信号控制方案的描述结构分为两层。第一层为信号灯 (Signal)。一个信号灯由红、黄、绿三色信号灯筒依序排列而成。信号灯设置在交叉口进口道 (Lane) 上，分配从起始有向子路段 (FArc) 到终止有向子路段 (TArc) 之间的转向时权。第二层为信号灯组 (Signal Group)。一个信号灯组由多个信号灯组成。信号控制方案描述模型的数据模型如图 2 所示。其中，类型描述信号控制方案属于定时控制还是感应控制；包含的信号灯编号记录了一个信号灯组下的信号灯；红灯时间 (RedTime)

和绿灯时间 (GreenTime) 描述了灯色时间分配和 起始端的距离。
变化过程; 距离 (Distance) 记录了信号灯到车道

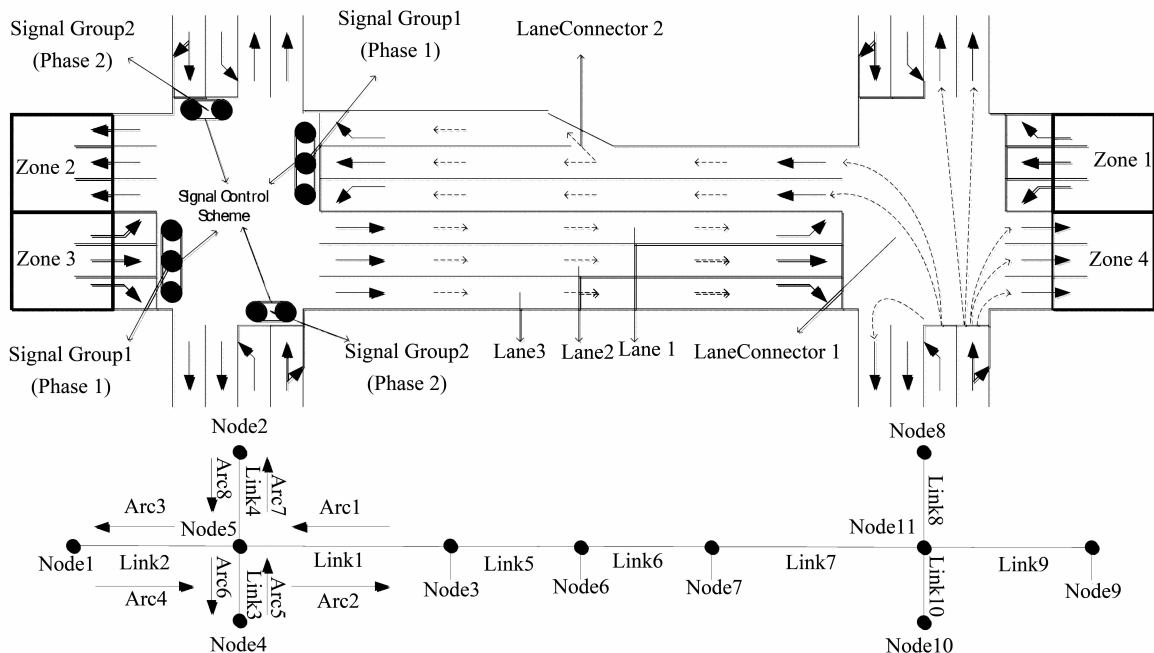


图 1 基于基础路网的仿真模型示意图

Fig. 1 Schematic diagram of simulation model based on basic network

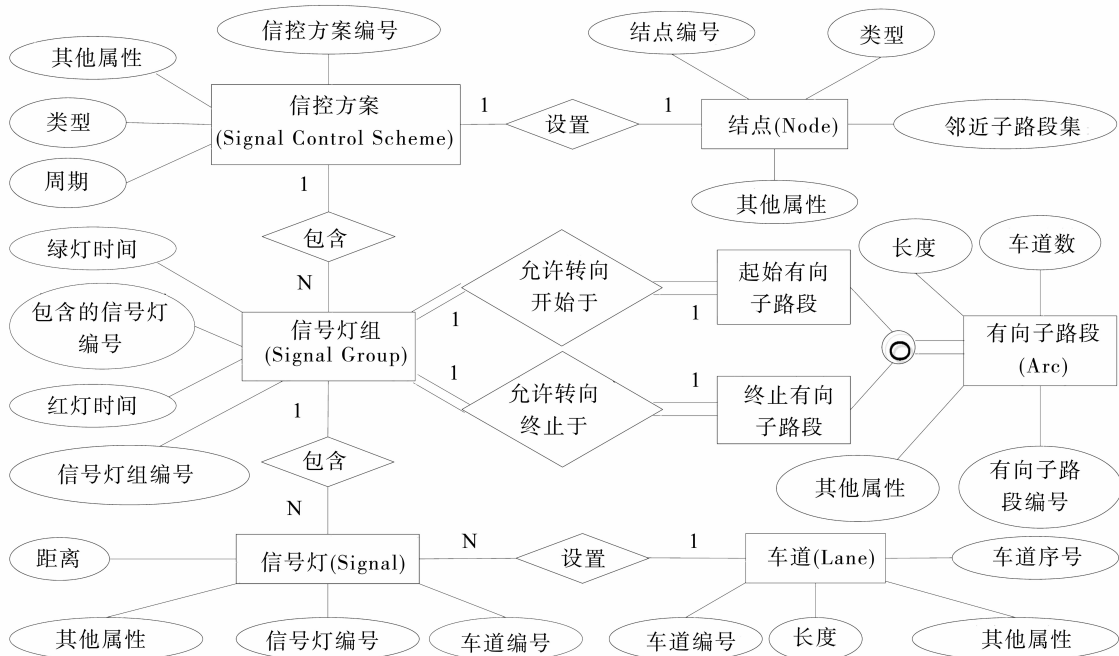


图 2 信号控制方案描述模型 ER 图

Fig. 2 ER graph of signal control description model

交通需求模型中，交通小区（Traffic Zones）定义于有向子路段上，构成了 OD 矩阵（OD Matrix）的起点和终点。OD 矩阵通过交通小区与路网发生关联。交通需求模型的数据模型如图 3 所示。

其中，有向子路段编号和顶点坐标描述了交通小区的位置；包含的小区编号记录了 OD 矩阵中的小区；出行量记录了每个 OD 对之间的交通量。

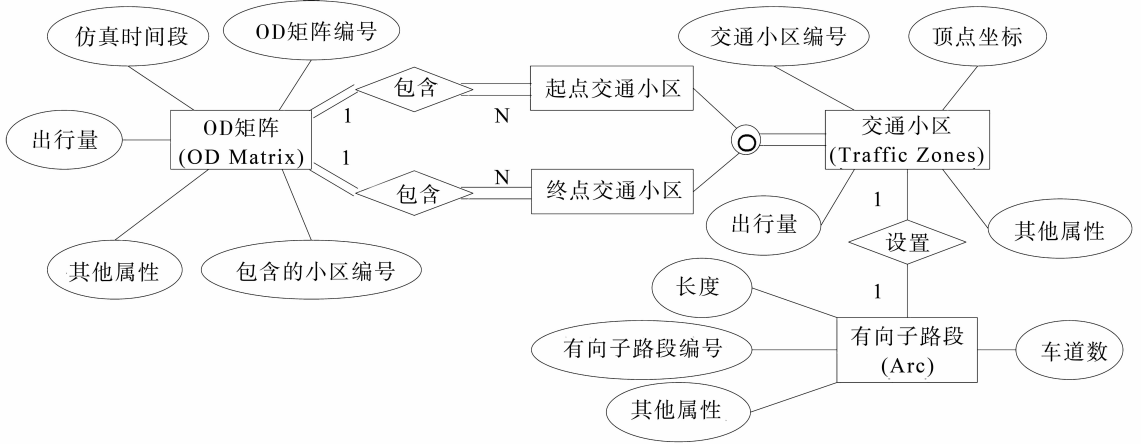


图 3 交通需求模型 ER 图
Fig. 3 ER graph of traffic demand model

3 微观交通仿真数据模型应用

基于基础路网的仿真模型的建模过程为：分析特定仿真软件中的仿真模型结构；对基于基础路网的仿真数据模型与软件仿真数据模型进行关联分析；基于关联关系的数据提取，包括路网数据、信号控制方案数据和交通需求数据的提取。本文以 VISSIM 为例，阐述 VISSIM 仿真模型的自动建模过程。

3.1 VISSIM 仿真模型

VISSIM 使用 Link 和 Connector 来描述一条连续的路径，多条路径组成路网。路网中交叉口处或道路几何条件改变的地点都使用 Connector 进行连接。VISSIM 中，信号控制机 Signal Controllers (SC) 描述了信号控制的具体内容，其组成包括信号灯组 (SIGNAL_GROUP) 和信号灯头 (SIGNAL_HEAD)。信号灯组是最小的控制单元，其属性包括红灯结束时间 (RED_END)、绿灯结束时间 (GREEN_END) 和黄灯时间 (TAMBER) 等。信号灯头是显示与信号灯组相关联的灯色的具体装置，其属性包括所在 Link 编号、所在 Lane 编号和位置 (AT) 等。VISSIM 中车辆在停车场 (Parking Lots) 里产生和消失，且停车场设置在 Link 上。停车场中产生的车流构成了 OD 矩阵 (OD Matrix) 中的交通量。

通过以上分析，VISSIM 仿真模型要素与基于基础路网的仿真模型要素之间的对应关系如表 1 所示。

3.2 VISSIM 模型数据提取和交换

由上节的分析可知，VISSIM 仿真模型建模依赖于 Link、Connector、Signal Controllers (SC)、Parking Lots、OD Matrix 等数据的提取。要构建 VISSIM 仿真模型，就要以基于基础路网的仿真数据模型数据库为基础，提取 VISSIM 仿真模型中的各类建模数据。首先将基础路网的坐标系转换为 VISSIM 的大地坐标系，然后读取基于基础路网的微观交通仿真数据模型中的路网、信号控制方案和交通需求等数据，生成 VISSIM 中各组件所需建模数据，最后合并生成 VISSIM 仿真文件。总体的建模流程如图 4 所示。

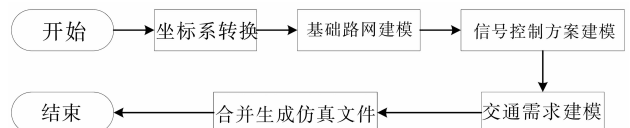


图 4 总体建模流程图
Fig. 4 General modeling flowchart

VISSIM 中 Signal Controllers 的具体内容依赖于信号灯组和信号灯头的的数据。根据上节的分析可

VISSIM 仿真模型, 结果如图 8 所示。所得的 VISSIM 交通仿真模型可以直接运行仿真, 能够较好的满足交通仿真的要求。

OBJECTID	Shape	LinkID	FID	TID	LaneType	Dir	Length
1	二进数据	1	1	2	2	2	2 13.4338113
2	二进数据	2	2	3	2	2	2 66.0983987
3	二进数据	3	3	4	2	2	2 157.9001162
10	二进数据	10	9	3	6	2	1 155.4902424
11	二进数据	11	7	9	2	2	2 105.9294784
14	二进数据	14	11	3	2	2	2 117.4915387
15	二进数据	15	9	11	2	2	2 71.4127981
20	二进数据	20	15	7	8	2	2 3916.1224092
22	二进数据	22	16	17	2	2	2 235.5442624
24	二进数据	24	16	18	2	2	2 95.11802493
25	二进数据	25	19	11	2	2	2 122.2907948
26	二进数据	26	18	3	2	2	2 181.7077886
27	二进数据	27	20	19	2	2	2 205.6198127
31	二进数据	31	22	20	2	2	2 125.8941255

图 7 仿真数据表

Fig. 7 Simulation data tables

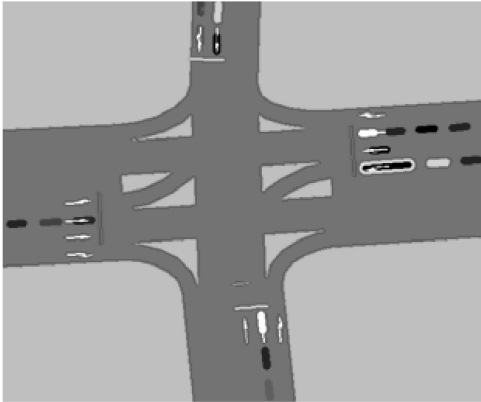


图 8 仿真截图

Fig. 8 Simulation screenshot

4 结 语

在现有基础路网数据模型的基础上, 通过分析微观交通仿真对仿真模型的需求, 提出了一个基于基础路网的仿真数据模型。该模型概括微观交通仿真建模数据为基础路网数据、信号控制方案数据和交通需求数据, 能对交通仿真模型要素进行多尺度的、从具体到抽象的描述。以 VISSIM 为例, 研究了仿真模型的自动建模技术, 从基于基础路网的仿真数据模型中提取数据并转换为微观交通仿真软件的格式, 实现了仿真模型的自动构建, 论证了该模型用于数据提取和交换的有效性。该转换技术提高了地图数据的利用效率, 减少了仿真软件中路网绘制工作以及仿真参数的设置。转换以后, 可直接在仿真软件中运行仿真。另外, 在本文提出的数据交换技术的基础上, 可以将基于基础路网的微观交通

仿真数据模型作为桥梁, 对不同仿真软件数据模型之间的相互使用进行研究, 促进数据交换平台的开发和构建。

参考文献:

- [1] MANUAL H C. HCM 2000 [M]. Washington DC: Transportation Research Board, 2000.
- [2] DOWLING R, SKABARDONIS A, ALEXIADIS V. Traffic analysis toolbox volume III: guidelines for applying traffic micro-simulation modeling software [R]. Washington DC: The Federal Highway Administration, 2004.
- [3] 王亚飞, 石心怡, 关志超. 面向服务 SOA 城市智能交通信息平台体系结构研究[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2010, 49(1): 23 - 28.
- [4] Systems Planning Office. Traffic analysis handbook [M]. Florida: Florida Department of Transportation, 2014: 28 - 31.
- [5] 黄敏, 余志, 张小兰, 等. 一种道路方向的存储数据模型[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2006, 45(4): 121 - 123.
- [6] BARCELO J. Fundamentals of traffic simulation [M]. New York: Springer-Verlag New York Inc, 2010: 7 - 9.
- [7] 裴玉龙, 张亚平. 道路交通系统仿真 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2004: 48 - 50.
- [8] 张昕, 关志超, 杨东援. 基于多目标数据挖掘的城市交通仿真算法研究[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2007, 46(2): 210 - 214.
- [9] 刘运通, 石建军, 熊辉. 交通系统仿真技术 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2002: 68 - 69.
- [10] 黄敏, 饶明雷, 李敏. 基于规则的交通路网建模及其应用[J]. 公路交通科技, 2012, 29(1): 134 - 138.
- [11] 黄敏, 赵建华, 吴海宾, 等. 基于道路标线布设方案的交通路网数据库构建研究[J]. 测绘科学, 2012, 37(1): 189 - 191.
- [12] ZILIASKOPOULOS A K, WALLER S T. An internet-based geographic information system that integrates data, models and users for transportation applications [J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2000, 8(1): 427 - 444.
- [13] 黄敏, 饶明雷, 李敏. 面向仿真的车道级基础路网模型及其应用[J]. 系统仿真学报, 2014, 26(3): 657 - 661; 681.