

# 城市交通网络面向对象的时空数据模型<sup>\*</sup>

余志文, 张利田, 邬永宏, 谭 军, 陈晓翔  
(中山大学遥感中心, 广东 广州510275)

**摘 要:** 引入面向对象时空数据模型, 把各种实体作为对象, 把道路作为面状要素描述。作为面状要素的道路对象直接继承原有道路的非空间特征, 通过道路中心线对象和交点对象来继承原有线状要素的道路特征, 包括网络关系, 叠加关系等, 通过车道段对象来增加作为面状要素的道路特征。

**关键词:** 交通网络; 数据模型; 面向对象; 道路; 特征

**中图分类号:** O177.2   **文献标识码:** A   **文章编号:** 0529-6579 (2002) 05-0098-04

随着城市的发展, 交通的地位显得日益突出。大量的能流、物流在城市中流入流出, 维持着城市的新陈代谢。为了管理好这些能流、物流, 各国都竞相研究智能交通系统<sup>[1]</sup>。而交通地理信息系统<sup>[2]</sup>作为智能交通系统的重要组成部分也变得越来越重要, 这也使得交通地理信息系统 (GIS for Transportation, GIS T) 被强化为一个专有名词<sup>[3]</sup>。国内外的学者对交通地理信息系统进行了深入的研究。但许多学者的研究都是基于专题地理分层的空间数据模型或是基于平面强化的空间数据模型<sup>[4-6]</sup>。这两个模型都存在缺陷: 前者以矢量或栅格数据结构基本单元作为地理实体或现象基本建模单元的表达方式, 对于复杂地理实体或现象的描述及地理过程分析存在严重不足; 后者将现实世界的空间实体抽象为平面上离散分布的点、线、面空间目标, 使空间实体的空间关系变成点、线、面的拓扑关系, 使得空间实体的许多特征丢失, 许多空间关系被扭曲。陆锋等<sup>[1]</sup>在总结以上不足后, 突破 Corbett 2 维平面单元理论, 提出了基于特征的城市交通网络非平面数据模型。该数据模型引入了对象的概念, 把道路等作为有特征的对象; 引入了车道的概念, 以车道作为道路组成的基本单位; 引入高程  $z$ , 使对道路的描述不在是平面的。这些模型都有一个共同点, 仅仅把道路作为线状要素来描述, 并未考虑把道路作为面状要素来描述。这些模型也未能很好地处理交通对象之间的空间关系。因此, 本文引入面向对象时空数据模型<sup>[7]</sup>, 把各种实体作为对象, 把道路作为面状要素描述, 并通过一定的映射关系将交通要素与平面图数据模型联系起来, 在保持几何空间网络概念及线的叠置的情况下, 增加道路作为

面状要素的特征, 构造完整特征目标。

## 1 概念数据模型

### 1.1 建模要素

城市交通网络面向对象数据模型的建模要素如图 1: 道路、道路中心线、道路边线、交点、车道段、车道。其中, 交点: 道路中心线或道路中心线投影的交点。车道段: 道路边线、道路中心线或车道线之间的一个区域。车道: 由多个车道段组成的区域。

### 1.2 概念数据模型

面向对象时空数据模型由概念数据模型、逻辑数据模型与物理数据模型 3 个层次组成<sup>[8]</sup>, 概念数据模型是关于实体及实体间联系的抽象概念集, 其目标是确定需要处理的时空对象或实体, 明确时空对象或实体之间的相互关系, 从而决定数据库的存储内容。

目前最适合用于描述空间关系和空间操作的模型是超图模型, 因此必须在面向对象的数据模型中引入超图模型理论。超图模型最早是由 Bouille 教授<sup>[9]</sup>于 1977 年提出的, Booch<sup>[10]</sup>在此基础上, 对其进行了扩展, 并用于电子地图中, 他认为组成超图的空间对象应包括目标识别码 ID、内部属性 S 和方法集 M: 即  $H = \{ID, S, M\}$ 。Yuan<sup>[11]</sup>对这个概念进行了扩展, 建立了面向对象的分式的超图模型。超图模型由一组空间对象  $O^s$  构成,  $H = \{O_1^s, O_2^s, O_3^s, O_4^s, \dots\}$ 。每个空间对象  $O^s$  包括 4 个元素: 对象识别码 ID、超媒体  $H^M$ 、超图形  $H^G$ 、超链接  $H^L$ , 即  $O^s = \{ID, H^M, H^G, H^L\}$ 。

在超图模型的基础上, 作者针对交通对象的特

\* 收稿日期: 2002-04-15

点, 进一步定义  $O^* = \{ID、非空间特征、空间特征、空间关系、事件\}$ 。与前面定义比较:  $ID=ID$ ;  $S=非空间特征 \cup 空间特征$ ;  $M=空间关系 \cup 事件$ 。

从图 1 可以看出, 道路对象是由车道对象组成的, 而车道对象是由车道段对象组成的。因此, 车道段是用来描述道路中所发生事件的基本要素。原来许多学者提出的数据模型都无法对道路上发生的事件进行描述, 是因为他们都把道路仅仅作为线状要素描述。而线状要素对许多道路的许多特征是没有办法进行描述的。比如: 道路上的红绿灯, 当道路作为线状要素时, 红绿灯无法在电子地图上进行描述。道路的车行方向, 大部分道路都有相反的两个车流方向, 如果一个车流方向不通, 而另一个却还在照常运行, 这时, 作为线状要素描述的道路就无法解决这些问题。因此, 应该把道路作为面状要素进行描述。作为面状要素的道路对象直接继承原有道路的非空间特征, 通过道路中心线和交点来继承原有的网络关系, 叠加关系等, 通过车道段对象来增加作为面状要素的道路特征。

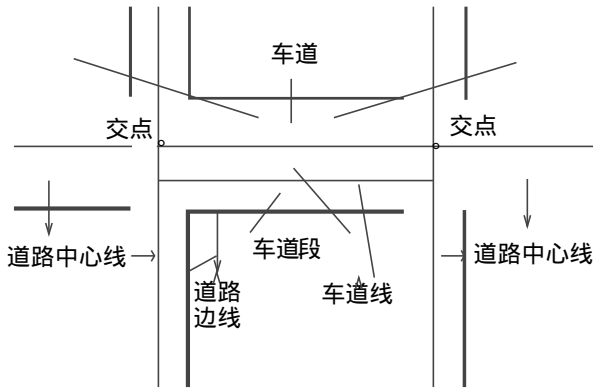


图 1 模型要素图

Fig. 1 The elements in the model

## 2 逻辑数据模型

逻辑数据模型是概念数据模型所确定的空间实体及关系的逻辑表达。道路对象对原有的道路非空间特征继承如表 1。

道路中心线路段对象和交点对象继承了原有交通网络的空间特性。交点对象继承原有节点的性质, 道路中心线相当于原来的路径, 而道路中心线路段, 即两个交点之间的道路中心线, 相当于原来的路径段。对原来作为线状要素时的道路特征继承关系如图 2。

车道对象用来描述道路作为面状要素时的特征。车道对象由车道段对象组成。因此, 车道段

表 1 道路对象的逻辑表达

Tab 1 The logic expression of road object

对象 ID	非空间特征				空间特征			空间关系	事件		
	道路名称	道路长度 / km	道路修建时间	...	道路组成车道 ID	道路中心线路段 ID	所含的交点 ID	发生空间关系的其它道路 ID	所发生的空间关系	发生事件的时间	发生的事件
1001	北京路	1.5	1965	...	2001 2002 ...	3001 3002 ...	4001 4002 ...	1014 1015 ...	相交 相交 ...	1985 1995	第 1 次整修 第 2 次整修

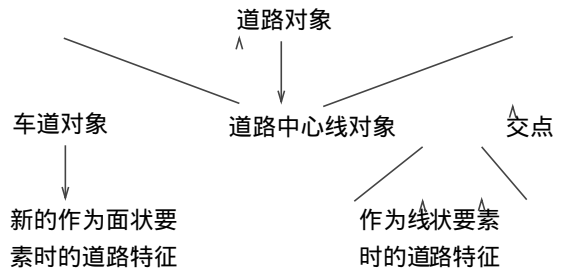


图 2 道路对象的继承

Fig. 2 The inherit of road object

的空间特征和空间关系决定了车道对象的空间特征和空间关系。

文献 [12] 给出了 4 种车道段对象的空间关系: 平行, 相延, 相交, 相离。作者认为还有 3 种空间关系: 同向相接, 异向相接, 高差。其中, 同向相接: 车道段的行车方向相同; 异向相接: 车道段的行车方向相反; 高差: 不在同一平面的两个车道段 (图 3)。

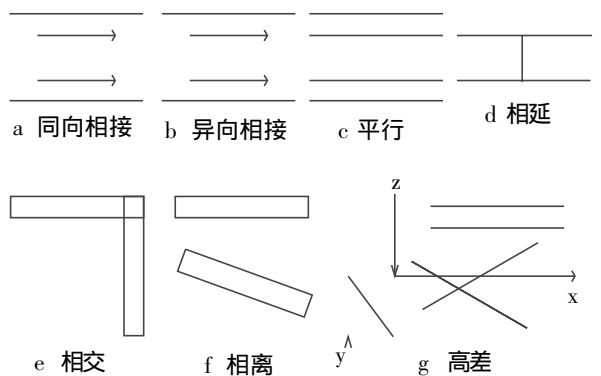


图 3 车道段对象的空间关系

Fig. 3 The spatial relationship of roadway section object

车道段对象的逻辑表达如表 2。

表 2 车道段对象的逻辑表达

Tab 2 The logic expression of roadway section object

对象 ID	非空间特征		空间特征						
	车道段长度/km	...	空间组成对象	靠近的交点 1	转向和方向数 1	红绿灯 1		高程 1/m	...
						时间	颜色		
6001	0.2	...	A1, A2, ...	K1	01	20020413T18'30'25	红	4.5	...

空间特征				空间关系		事件			
靠近的交点 2	转向和方向数 2	红绿灯 2		高程 2	...	发生空间关系的其它车道段 ID	所发生的空间关系	发生事件的时间	事件
		时间	颜色						
K2	10	20020413T18'30'25	绿	4.8	...	6002	相接	20020413T18'00	塞车

首先分析车道段的转向和方向如图 4。以交点为中心，对靠近交点的各个车道段进行转向编号，取任一条车道段，令它的方向数为 01，则与它相邻的方向数为 10，与此类推，得到图 4 的编码。从图 4 可以看出，以交点为中心，转向时，方向数为 01 的车道段只能向方向数为 10 的车道段行驶，方向数为 10 的车道段只能向方向数为 01 的车道段行驶。在车道段上，车流的流向是一致的，都是由 10 流向 01。如果编码相反，上述的结果就相反。

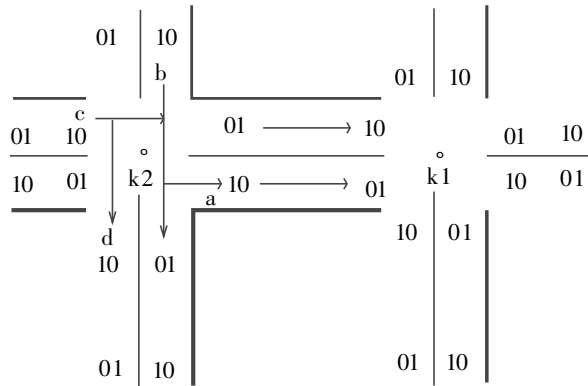


图 4 车道段的转向和方向

Fig. 4 Turning direction and direction of roadway section

一般情况下，在靠近交点的地方都会有红绿灯。同一路口的车道段是共用一盏红绿灯。如果该红绿灯为绿色，则表示此车道段的车辆可以行驶，即转弯或直行，否则车辆不能行驶。在大比例尺的城市电子地图上，可以反映出来。

高程是专门为立交桥而设计的。从概念上说，立交桥上的道路中心线投影与地面道路中心线的交点是虚交点，另外的称为实交点。所有车道段在靠

近同一实交点一端的高程都是相同的，如交点 k1，高程为 4.5 m，则它周围的 8 个车道段靠近 k1 这端的高程都是 4.5 m。而车道段在靠近同一虚交点一端的高程不一定都相同，如 k1 的高程是 4.5 m，其中两个车道段的高程是 4.5 m，另两个是 9.5 m，还有是 13.5 m。从不同的高程数，可以判断出该立交桥的层数。高程项的设立，既满足道路对象对高程的要求，又免除了在把平面坐标变成空间坐标造成数据量急剧增大所带来的问题。

车道段对象可以准确地记录下在车道段内所发生的事件。正如前面提到的道路塞车问题，车道段可以随时描述本段内车流的通畅情况，不会发生车流有两个方向，一个不通，另一个通的矛盾情况，这是因为车道段是单一方向的。

### 3 物理数据模型

物理数据模型通过一定的数据结构，来完成时空数据的物理组织、存取及索引方法的设计，实现对专题信息的操作，完成几何数据模型与专题、语义数据模型的关联。随着面向对象方法的推广应用，面向对象数据模型打破了关系模型范式的限制，直接支持对象的嵌套和变长记录<sup>[13]</sup>。在城市交通网络中，采用面向对象数据模型，可以实现表 1 和表 2 的多种属性和对象嵌套的存储方式，而且能处理空间对象的图形与拓扑关系的时间问题。具体实现见文献<sup>[7]</sup>。

在计算机中，城市交通网络的各种对象是通过类实现的。城市交通网络中含有的类有：road class, roadway class, roadway-section class, road-center-line class, intersection-point class, traffic-light class, ……。

每类都含有各自的属性。调用时，可以通过方法或属性进行调用。如 roadway-section class 包含的属性和方法有：

- roadway-section. length ()  
——车道段的长度属性
- roadway-section. buildtime ()  
——车道段的修建日期
- roadway-section. constitution ()  
——车道段的空间组成
- ……
- roadway-section. direction1 ()  
——车道段的转向和方向数 1
- roadway-section. intersection-point1 ()  
——车道段所靠近的交点 1
- roadway-section. traffic-light1 ()

——车路段的交通灯 1

roadway-section. height1 ()

——车路段的高程 1

.....

roadway-section. relation ID ()

——发生关系的其他车路段 ID

roadway-section. relation ()

——所发生的空间关系

.....

## 4 结 语

城市交通网络面向对象时空数据模型以交通要素为对象, 从总体上对交通要素的特征进行提取, 使各种对象都具有自身与众不同的特征, 使用户更容易理解和接受。

车路段是用来描述作为面状要素的道路特征的对象, 也是城市交通网络面向对象数据模型的基本单位。在模型中, 车路段通常指同向互通车道而又被与之道路中心线或其投影所间隔开的综合车路段。车路段对象成功地解决了车道的方向和转向问题, 成功地对道路的面状特征进行描述, 如: 红绿灯等。道路中心线对象和交点对象实现了对原有交通网络特性的继承。因此, 面向对象数据模型既继承了作为线性要素的道路特征, 又增加了作为面状要素的道路特征。

参考文献:

[ 1 ] 陆锋, 周成虎, 万庆. 基于特征的城市交通网络非平面数据模型 [ J ]. 测绘学报, 2000, 29(4): 344—341.

- [ 2 ] BRANSCOMBL M, KELLER J. Converging Infrastructures, Intelligent Transportation and the National Information Infrastructure[ M ]. Massachusetts: MIT Press, 1996.
- [ 3 ] SHAW S L. Discussion on GIS for urban traffic application and researches // Urban Geographic Information Systems: Method sand Application[ C ]. Berkeley: CPGIS, 1996: 83—92.
- [ 4 ] TANG A Y, ADAMS T M, USERY E L. A spatial data model design for feature-based geographical information systems [ J ]. International Journal of Geographical Information Systems, 1996, 10(5): 643—659.
- [ 5 ] CODD E F. The relational model for database management [ M ]. Massachusetts, Reading: Addison Wesley, 1990.
- [ 6 ] 陆锋, 李小娟, 周成虎. 基于特征的时空数据模型: 研究进展与问题探讨[ J ]. 中国图象图形学报, 2001, 6A(9): 830—835.
- [ 7 ] 龚健雅. GIS 中面向对象时空数据模型[ J ]. 测绘学报, 1997, 26(4): 289—298
- [ 8 ] 陈军. GIS 空间数据模型的基本问题和学术前沿[ J ]. 地理学报, 1995, 12(增刊): 24—33.
- [ 9 ] 张锦. 面向对象的超图空间数据模型[ J ]. 测绘通报, 1999, 28(5): 13—15.
- [ 10 ] BOOCH G. Object solution: managing the object-oriented project[ M ]. Menlo Park: Addison Wesley, 1996.
- [ 11 ] YUAN X R, CHEN N C, GONG J Y. A distributed hypermap model for internet GIS [ J ]. Geo-spatial Information Science, 2000, 3(4): 9—15.
- [ 12 ] 王家耀. 空间信息系统原理[ M ]. 北京: 科学出版社, 2001: 122—123.
- [ 13 ] LANGRAN G. States, events, and evidence: principle components of a temporal GIS[ J ]. Proc GIS/LIS' 92, 1992 ( 1 ): 416—425.

## An Object-oriented Spatial-Temporal Data Model for Urban Traffic Networks

YU Zhi wen, ZHANG Li tian, WU Yong hong, TAN Jun, CHEN Xiao xiang

(The Center for Remote Sensing, Sun Yat sen(Zhongshan) University, Guangzhou 510275, China)

**Abstract:** An object oriented spatio temporal data model was introduced, and all real things were treated as objects and road was described as face shape element. Road object as face shape element inherited non spatial feature of road directly, inherited the feature of road that is viewed as line shape element by road center-line objects and intersection point objects, added the feature of road that is viewed face shape element.

**Key words:** traffic networks; data model; object-oriented; road feature