

# 基于GIS的城市交通网络要素可视化表达方法研究

王锐<sup>①</sup>, 白玲<sup>①</sup>, 马德涛<sup>①</sup>, 王富强<sup>①②</sup>

(<sup>①</sup>解放军信息工程大学 测绘学院, 郑州 450052; <sup>②</sup>78138 部队, 成都 610036)

**【摘要】**城市交通网络要素的可视化表达是GIS-T研究和应用领域中的一个难题, 本文在对目前流行的交通网络数据模型进行系统研究的基础上, 选择了动态分段技术下的结点-弧段模型, 对交通网络复杂要素进行可视化表达, 并对城市交通网络要素的可视化表达方法和形式进行了分析, 最后结合交通网络复杂要素的可视化表达, 设计和创建了具体的数据结构表和数据结构图。

**【关键词】**交通网络模型; 立交桥; 多车道; 可视化

**【中图分类号】**P208

**【文献标识码】**A

**【文章编号】**1009-2307(2008)03-0127-03

**DOI:** 10.3771/j.issn.1009-2307.2008.03.045

## 1 引言

城市交通网络是交通地理信息系统研究中的一个热点。城市交通网络的数据具有多样性, 包括各种与交通网络和交通设施有关的空间数据和属性数据, 城市交通网络还包括许多复杂的地理要素, 如: 立交桥和复杂的十字路口等, 如果仍然用传统的结点-弧段模型, 采用0维的点来表示这些复杂的地理要素, 显然与实际不符, 如何选择合适的交通网络模型对交通网络要素进行可视化表达, 是当前急需解决的一个难题。

## 2 网络要素可视化表达的网络数据模型支撑

当前对城市交通网络数据模型的研究主要有五种类型: 传统的结点-弧段模型、静态分段技术下的结点-弧段模型、动态分段技术下的结点-弧段模型、基于车道的数据模型和基于车道的三维数据模型<sup>[1]</sup>。

传统的结点-弧段模型比较成熟, 数据结构简单, 有比较成熟的空间分析算法支持, 目前绝大部分GIS软件中的交通模型都是基于这种数据模型的, 如ArcGIS中城市交通网络模型的建立是基于此模型的。但是随着交通地理信息系统智能化的发展, 传统的结点-弧段模型的不足也逐渐暴露出来: ①假设弧段内部的属性都是相同的, 但实际情况却不是这样的, 比如道路的前半部分可能是二车道, 后半部分有可能就变成了四车道; ②难以支持一对多关系, 如: 一条道路有可能既是省级公路, 也是国道; ③结点-弧段模型需要平面强化, 弧段与弧段之间必然会产生结点, 这种结构与现实中的一些情况不符, 对立交桥、地下隧道等非平面结构难以表现; ④无法对不同车道上的交通流进行模拟和分析, 因为同一条道路上的不同车道在同一时刻具有不同的交通流, 比如在上班时间内入城车道上的交通流要明显比出城方向上的交通流要大的多。

针对第一、二点, 学者们相继提出了静态/动态分段技术, 静态/动态分段技术下的结点-弧段模型则很好解决了

以上问题。在动态分段和线性参照的基础上, 可以通过一定的映射关系来建模和表达车道信息, 立交桥和具有转向限制的复杂路口可以通过车道与车道间的连通性来表示。而针对第三、四点, 学者们提出了基于车道的交通网络数据模型。基于车道的交通网络数据模型是以道路的车道为建模对象, 可以很好地描述道路的车道信息, 对车辆导航来说是比较有利的。由于立交桥和具有转向限制的复杂路口可以通过车道与车道间的通向关系来表示, 所以该模型也适合描述表达像立交桥、复杂十字路口等交通要素。但是, 基于车道的交通网络数据模型的数据结构比较复杂, 数据量大, 而且不能利用现有的比较成熟的算法进行网络分析。

综上所述, 本文采用了动态分段技术下的结点-弧段模型对多车道、复杂路口进行可视化表达, 把车道数目作为发生在弧段上的现象来存储, 也就是说将车道作为路径的一个关联对象来表示, 车道数目的变化由弧段起点开始度量的偏移值或范围百分比来记录, 对车道空间特征的描述, 我们可以在道路弧段空间特征的基础上, 加上一定的偏移量来实现。对立交桥或复杂的十字路口, 则通过车道与车道之间的联通性来实现, 对传统模型中用以表示交叉路口的转向属性表进行扩展, 表中的每条记录都对应一种连通方式, 也就是从弧段中每个车道到交叉路线上可与其连通的车道, 这种方式可以保证道路之间完全的拓扑关系。

## 3 城市交通网络要素的可视化表达分析

### 3.1 不同地图比例尺下道路的多样化表达

通常情况下, 在地图上同一交通网络要素往往具有多种可视化表达形式, 即制图综合。这种多样化主要由数据源、数据的详细程度和精度、使用目的的不同造成的。在不同地图比例尺情况下, 同一交通要素对象有不同的表达形式, 这种表达形式的不同对用户来说应该是感官直觉上的差异, 一般通过设置各种系列比例尺地图数据(1:100万、1:50万、1:25万、1:5万、1:1万)的显示比例尺范围, 在不同的显示区间范围内对应特定系列比例尺的地图数据。比如: 1:5万比例尺的地图数据, 城市道路通常是线要素, 而大于1:1万的大比例尺地图数据中的道路则一般是面要素, 这样当用户通过地图放大操作将地图放大到一定显示范围时将自动调用1:1万比例尺地图数据, 城市道路在地图上将显示为具有一定宽度的面状要素。

### 3.2 多车道道路的可视化表达

目前, 大部分GIS和GIS-T中, 都是采用一维的线段符号来表示城市道路, 这个线段在理论上可以是无限的细。但是对具有多车道的道路来说, 除了道路中心线外, 交通



**作者简介:**王锐(1982-), 女, 河南濮阳人, 硕士研究生, 主要研究方向: 交通地理信息系统。

E-mail: wangruibetty@126.com

收稿日期: 2007-09-06

流方向和车道段信息也应该在地图上表达出来。比如对于一条具有 4 车道的道路来说,可以定义三个类型的对象,用一条中心线来表示整条道路(Road),用两条中心线分别表示不同交通流方向上的车道(CarriageWay),每个方向上的车道段(Lane)作为发生在弧段上的现象来存储,通过关键字与道路对象和交通流对象相关联。如图 1 所示:

道路中心线使用 RoadID 来区别于其他道路,CarriageWay 表示道路的具有不同交通流方向的车道,也使用两条中心线来表示,Lane 表示 CarriageWay 上具体的车道段,道路用 RoadID 来惟一表示,CarriageWay 要素除了用 CarriageWayID 来标识外,它与这条道路上其他的 CarriageWay 同属于一条道路,所以它们具有相同的 RoadID,同样,四个车道段(Lane)要素除了各自的 LaneID 外,它们也都具有相同的 RoadID;属于同一个 CarriageWay 的两个车道段(Lane),它们还有相同的 CarriageWayID。这样用户对这三个对象(Road,CarriageWay,Lane)中的任何一个对象进行查询,都可以获得其他与其相关联的对象。比如,选择道路(Road)101 查询该道路上的 Lane 要素,那么也可以查询 CarriageWay 201、202 对象的相关信息,相反,对任何一个 Lane 的交互查询也可以立即得到 Lane 相对应的 Road(道路)信息。图 2 表示了一个多车道道路要素的可视化表达:

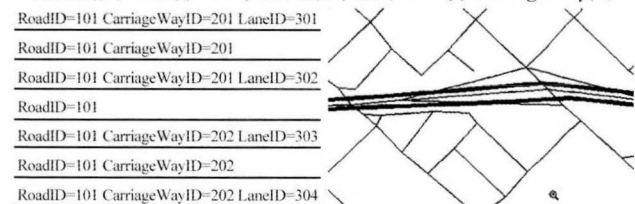


图 1 4 车道道路模型示意图 图 2 多车道道路表达效果图

3.3 复杂路口的可视化表达

复杂路口主要包括立交桥和具有转向限制的十字路口,传统的结点-弧段模型是以 0 维的单结点来表示道路网中的交叉口(立交桥和十字路口)<sup>[2]</sup>,如图 3 所示。该表示法的缺陷是显而易见的:不能准确表达路口的交叉属性,不能表达以不同方向穿过路口时的转向信息,无法表达具有转向限制的路口。为了解决这样的问题,有些学者对此方法进行了扩展,用 4 个结点表示十字路口,并以弧段表示特定方向的通行<sup>[2]</sup>,如图 4 所示。但是此方法的缺陷是可以表示路口的转向信息,但却使网络中增加了大量的结点和弧段,而且网络拓扑的复杂性也大大增加,有关的网络分析算法比如最短路径分析的运行时间也随之急剧增加。

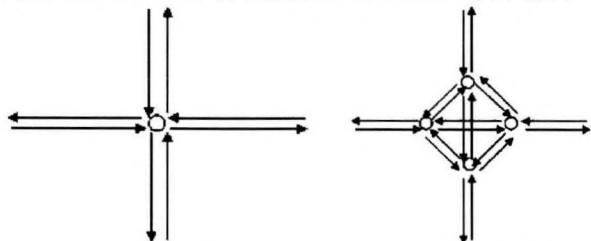


图 3 单结点表示法

图 4 扩展表示法

本文尝试使用了动态分段技术下的结点-弧段数据模型,并根据可视化表达的需要,进行了一定的扩展,其基本原理是:采用扩展的点转向表和线性转向表(见表 6 和表 7)来判断车道间的相互关系和连通性,这样立交桥或

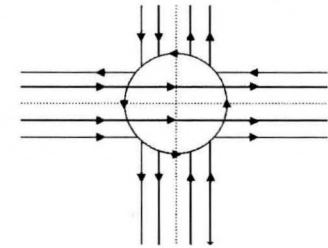


图 5 立交桥可视化表达示意图

具有复杂转向的十字路口就可以通过图上的车道之间的连通性信息表示出来,如图 5 所示。

从图上我们可以判断出该立交桥是一个两层的立交桥:横向直行的中间两条车道是立交桥的上层,可以直行。其余的车道位于立交桥的下层,而且下层车道间的连通关系也可以从图上表现出来。

4 基于交通网络要素可视化表达的数据类型和数据结构

动态分段技术下的结点-弧段模型主要包括以下几种数据类型:要素的 ID 标识属性、要素空间属性、要素专题属性、要素的时间属性。

要素的标识属性主要有:RoadID(路径标识)、ArcID(弧段标识)、TurnID(结点标识)、CarriageWayID(车道标识)、LaneID(车道段标识)五种。

要素空间属性:CoordinateString 用来存储要素空间位置,结点用 0 维的点坐标表示,弧段用一串点坐标的集合来表示。

要素的专题属性:主要反映交通网络的专题属性信息,比如:道路的名称、建筑时间里程、路面质量等。

根据动态分段技术下的结点-弧段模型的特点和对数据结构的要求,结合城市交通网络要素可视化表达的需要,本文建立了以下数据表<sup>[3-6]</sup>,如表 1-表 7。

表 1 弧段表

ArcID	Coordinates	String	Fnode	Tnode	Length	Used-ID
-------	-------------	--------	-------	-------	--------	---------

ArcID 表示弧段标识符,Coordinates String 表示弧段的坐标串,Fnode 表示弧段的起始结点,Tnode 表示弧段的终结点,Length 表示弧段的长度,当然根据实际需要也可以加入弧段的其他属性。

表 2 段表

RoadID	ArcID	F-Meas	T-Meas	F-Pos	T-Pos	Length	.....
--------	-------	--------	--------	-------	-------	--------	-------

段是一条弧段或弧段的一部分,一条道路通常由一些段组成<sup>[4]</sup>,段不用增加任何结点,因此它对“结点-弧段”的拓扑结构没有任何影响。F-Meas 表示段在弧段的起始位置,T-Meas 表示段在弧段的终止位置。F-Pos、T-Pos 表示段在弧段中所占据的部分,用户可以为每个段增加属性,比如 Length(长度)。

道路表在这里也可以称为路径表,它是在经过动态分段以后,定义了属性的有序弧段集合,一条路径至少应包括一条弧段的一部分。

表 3 道路表

表 4 车道表

RoadID	RoadName	.....	CarriageWayID	RoadID	Width	.....
--------	----------	-------	---------------	--------	-------	-------

车道表是为了对具有多车道道路的可视化而设计的表结构。车道(CarriageWay)表示道路上的交通流方向,如图 6 所示。

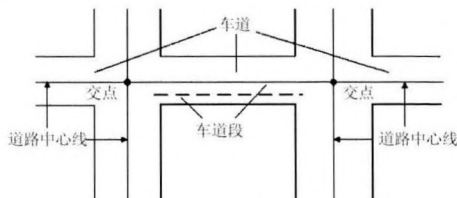


图 6 模型要素图

城市道路一般有两个方向的车道:顺向和逆向。CarriageWayID 表示车道标识符,用来表示道路上的交通流方向,RoadID 表示车道所属的道路标识符,后面则是车道的

一些属性，可以根据具体的实际应用来定义。

表 5 车道段表

LaneID	CarriageWayID	RoadID	From	To-Lane	.....
--------	---------------	--------	------	---------	-------

车道段表也是为了对具有多车道道路的可视化表达而设计的。道路上的每个车道包括一个或多个车道段，即在同一方向上的交通流有一个或多个相邻的区间，LaneID 表示车道段标识符，CarriageWayID 表示车道段所属于的车道标识符，RoadID 表示车道段所属于的道路标识符。

表 6 点转向表

TurnID	LaneID	Position	To Lane	To Position	Impedance	.....
--------	--------	----------	---------	-------------	-----------	-------

点转向表中的记录对应于从起始车道到目标车道的一个转向，每个转向对应目标街道中可以接受转入的一个车道，TurnID 是表中的主关键字，Position 和 To Position 两个字段描述了转向的主长度。

表 7 线性转向表

LaneID	Turn ID	Start	End	Distance	To Lane	To Offset	Distance	Impedance
--------	---------	-------	-----	----------	---------	-----------	----------	-----------

通过以上的分析，考虑到交通网络的可视化表达，设计了适合城市交通网络要素可视化表达的数据结构图，如图 7 所示。

### 5 结束语

本文选择了适于交通网络复杂要素可视化表达的动态分段技术下的节点-弧段模型，该数据模型以动态分段和线性参照理论为基础，既保留了拓扑结构的优越性，又可以通过车道与车道间的连通性来表示立交桥和具有转向限制的复杂路口的可视化表达所存在的问题，当然，本文只是对城市交通网络要素可视化表达的基本方法进行了研究，在具体的实际应用中，还需要对数据结构表进行某种程度

上的修改和补充，对网络要素可视化表达的样式和形式做进一步的调制。

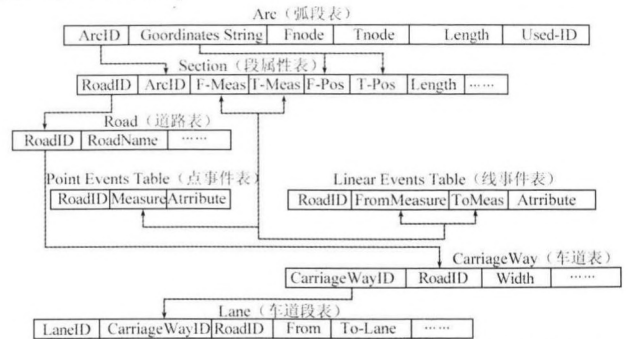


图 7 基于城市交通网络要素可视化表达的数据结构图

### 参考文献

[1] 于志文, 叶圣涛. 基于特征和超图理论的交通网络数据模型 [J]. 公路, 2005, (4): 13-15.

[2] 刘学军, 徐鹏. 交通地理信息系统 [M]. 北京: 科学出版社, 2006-03.

[3] 白玲, 王家耀. 基于 GIS 的地理网络模型研究 [J]. 信息工程大学学报, 2000, 1(4): 96-98.

[4] 陆锋, 申排伟, 张明波. 基于特征面向对象的地理网络模型研究 [J]. 地球信息科学, 2004, 6(3): 72-77.

[5] 李军利, 查良松, 王中. 动态分段思想在公路地理信息系统中的实现 [J]. 测绘与空间地理信息, 2006, 29(1): 67-70.

[6] 余志文. 城市交通网络数据模型的研究 [D]. 广州: 中山大学, 2004-06.

[7] 白建军, 等. 高速公路平面控制测量中投影问题的分析 [J]. 测绘科学, 2006, 31(4).

### Research on the methods of city traffic network features visualization based on GIS

**Abstract:** The visualization on features in city traffic network is a difficult problem for discussion in the research and application fields of GIS-T. This paper systematically researches on the traffic network models adopted widely. Afterwards, it selects node-arc model to visualize transportation network features based on dynamic segmentation technology. Then it describes the method and presentation form of features in the city traffic network. Finally combining visual presentation of traffic network complex features, the data structure tables and graph are designed and created.

**Key words:** traffic network model; cloverleaf junction; multi lane roadway; visualization

WANG Rui<sup>①</sup>, BAI Ling<sup>①</sup>, MA De-tao<sup>①</sup>, WANG Fu-qiang<sup>①②</sup> (①Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University, Zhengzhou 450052, China; ② 78138 Troops, Chengdu 610036, China)

(上接第 142 页)

[5] 党安荣, 等. ERDAS IMAGINE 遥感图像处理方法 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2003, 120-121.

[6] 曾志远. 卫星遥感图像计算机分类与地学应用研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2004; 494-495.

[7] 陈春, 等. 遥感信源色彩信号的提取与复现 [J]. 测绘科学, 2006, 31(1).

[8] 秦其明, 袁吟欢, 陆荣健. 卫星图像中不同水体类型识别研究 [J]. 地理研究. 2001, 20(1): 62-67.

### Comparison of several water-body information extraction methods in Landsat TM remote sensing image

**Abstract:** The paper researches the common water-body information extraction methods in Landsat TM remote sensing image, and puts forward two new water body information extraction methods. One method can extract the water-body by uniting the formula  $TM2 + TM3 > TM4 + TM5$  with the model of IHS colorful space. The other method is based on the LBV transformation and the unitary vegetable index NDVI. The paper compares the advantages and disadvantages of several water-body information extraction methods by experiments. Model of IHS colorful space can improve the accuracy of the small water-body extraction. The other method can distinguish the water area with the low-density mixture of water and plant truly.

**Key words:** TM image; water-body; threshold; HIS colorful space; LBV transformation

WANG Gang, LI Xiao-man, TIAN Jie (Arming Police Engineering College Correspond Engineering Department, Xian 710086, China)