

文章编号:1005-0523(2012)01-0061-06

动态分段技术在道路空间数据建模中的应用

秦 鸣,唐 甜

(华东交通大学土木建筑学院,江西 南昌 330013)

摘要:介绍了线性参考系统与动态分段技术中的基本概念及其原理,详细论述了在南昌市道路管理系统中空间数据建模过程中涉及到数据结构、车道的几何数据语义描述和车道之间拓扑数据语义描述这三个关键点。通过运用基于动态分段技术数据模型的建模方法,构建南昌市城市道路管理信息系统,能够支持城市道路交通规划、建设和管理。

关键词:动态分段技术;道路数据库;GIS-T

中图分类号:P208

文献标志码:A

进入21世纪,南昌市在城市道路交通建设方面取得了显著发展,初步形成了较为完善的道路交通系统,采用拓宽、渠化等方式新建改建了一批交叉口,大大提高了整体路网的通行能力。

但是,城市道路旧有的管理模式已经越来越不适应南昌市经济与交通快速发展:① 市政部门与交警部门各成体系,存在重复调查的工作,导致大量人力物力的浪费;② 调查没有统一的规范,使得市政与交警的调查数据格式不统一,相互不能直接使用;③ 传统的图、表、卡、册或简单的关系数据库存在着效率低下、出错率高、数据更新不及时等问题,已经不能适应现代化管理的要求;④ 由于我国各城市间道路线网结构、交通设施、交通管制模式和道路管理体制等诸多方面存在着较大差异,每个城市并不能简单的复制其他城市已有的道路管理系统的成果。因此,建立基于GIS-T南昌市道路管理系统,具有十分积极重要的意义。

南昌市道路管理系统由道路数据库和GIS应用系统两部分构成,而道路数据库设计和建立是GIS-T得以稳定运行的根本保证,同时也是系统开发过程中的时间、人力和财力投入最大的环节,约占整个系统的70%~80%,因此必须高度重视建立数据库这一过程。道路数据库的建立分为4个步骤:空间数据建模、线路系统的建立、属性数据库的建立、系统数据库集成和实现。由于目前商业GIS应用系统都事先假定数据模型,并非按照应用系统的特征设计出有效的数据模型和确定模型中的要素在进行建立,这显然阻碍了对交通应用系统中的功能进一步发展。为此,本文在空间数据建模应用动态分段技术的过程中,涉及到的数据结构、车道的几何数据语义描述和车道之间拓扑数据语义描述3个关键点进行论述。

1 动态分段技术原理

1.1 线性参照系统

线性参照系统(linear referencing system, LRS)是指根据一维空间中的线性要素位置的相关性来存储地理数据的一种形式和方法。

线性参照系统最早是由Baker和Blessing在1974年提出的,线性参照系统一般包括3个部分:① 交通网络模型;② 线性参照方法;③ 参照基准与控制。常用的线性参考方法有里程参考、分段参考、地址参考和观测点参考^[1]。

收稿日期:2011-11-19

作者简介:秦鸣(1956—),女,教授,研究方向为城市交通。

线性参照形式的核心是线性量测,线性网络实体是由交通道路网和参照点构成。线性属性数据可以体现道路网络承载事件的多重信息。线性参考系统的最为显著的特点是:在线性网络实体存在着空间位置特征,线性属性数据体现为属性信息,该属性信息可借助线性分段技术在GIS中完成空间现对位移的展现,其前提条件是这些属性信息必须满足线性参照形式。

1.2 动态分段技术

动态分段(dynamic segmentation, DS)是美国研究学者维·夫莱特于20世纪80年代发表的研究成果。动态分段是一种新型线性具有多维度信息特点的空间分析技术,它提供了空间信息数据与固有属性数据二者产生耦合的方法^[4]。

动态分段技术的实质是将属性数据与空间数据二者关系紧密结合,从而将道路数据库对应的多个不同的属性数据与路段中任意偏移量的部分产生关联。

动态分段技术具有以下特点:①属性数据在共有线性要素描述的前提上,属性数据与空间线性要素的位移能够相互独立;②动态分段技术可对线性要素按需求进行动态空间查询,而不必对分析的线性对象按传统意义上的逻辑分段。③空间信息数据库与固有属性数据库二者相对独立,有利于数据的组织、分析和修改。

2 基于动态分段技术的数据模型建模

2.1 交通特征数据类型

美国空间数据交换标准(spatial data transfer stander, SDTS)将交通特征描述如下:交通特征是交通系统中具有的属性,在客观世界中可以被唯一标识的要素。通常正式公布的街道或道路名称,构成了定义所涉及的特征集合最主要的标准^[6]。

交通特征数据类型的分析是进行空间数据建模的先决条件。交通特征数据是在指定交通区域内的一类具有相同性质集合,其标识特征是整体性和确定性,交通区域标识聚合而成的统一集合,保证交通特征的唯一整体性。

交通特征分为点维(point),线维(line)和面维(polygon)。其中,点维特征集合和线维特征集合是道路交通网络的基础,面维特征集合在交通网络中由点维表述或点维与面维共同聚合整体描述,也即面维特征集合是交通网络的子集。经过上述分析,可得到交通特征数据类型组成:点维数据包括道路交叉口,交通基础设施,桥梁隧道等;线维数据包括道路路段,限制车速路段,禁停路段,禁止U型回头段等,面维数据包括交通产生吸引小区等。

2.2 基于动态分段技术的数据结构

道路是交通地理信息系统中最重要的组成元素,也是道路交通网络抽象线路原型。交通网络属于图论中的权值图,目前一般采用平面弧段-节点(ARC-NODE)拓扑数据模型来表示,而平面拓扑弧段-节点数据模型(ARC-NODE MODEL)在实际的道路交叉口上都必须产生节点(NODE),人为地将完整的道路分割成若干弧段,致使道路数据库中的弧段和节点数据量庞大,造成计算机存储空间的浪费和占用更多的系统资源,同时还会破坏数据的完整性和一致性^[7]。

为解决上述问题,应采用非割道路数据模型,该道路数据模型的构成形式为弧段和结点,相对平面弧段节点模型不同之处是逻辑表达和建模元素的存储方式:在逻辑表达上,非割道路数据模型仅有起始点和目标点,避免产生道路的交叉口节点,维护了交通特征的完整性;在建模元素的存储方式,非割道路数据模型是保存方式是将整条道路作为目标对象实体,有利于保持立体交叉路口数据全面性,能最大程度地还原实际交通道路网的信息。

在实际的交通网络中,以完整的道路作为道路数据库基本要素,对于描述道路一些特征是足够的,但在交通应用中,交通特征的变化是与车道密切相关的,因此,在道路数据库中把车道作为基本建模目标显得更为合理。

在动态分段数据结构中,空间实体类型包括:节点、弧段、链、环,同时还包括点事件、线事件、段等。这样,可在不改变原有空间数据结构的基础上,很方便处理各种属性关系。根据实际情况及描述问题的方便,本文采用动态分段数据结构如图1所示。

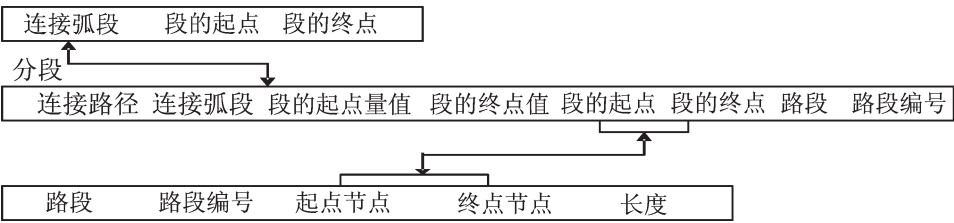


图1 动态分段数据结构
Fig.1 Dynamic segmentation data structure

2.3 空间数据模型

空间数据模型是将电子地图与空间数据库分开,以车道作为最基本的建模实体,采用动态分段技术,将车道属性以事件的形式建立在拓扑层上。空间数据模型为了能够适用于南昌市道路管理系统,则必须完整地表达车道的起点,终点,行车道之间的连通性以及行驶限制等信息。

2.3.1 车道的几何数据语义描述

针对一条完整的道路,利用动态分段技术建立起路径(route),使动态段(section)与弧段(arc)建立对应关系。然后借助于动态段映射,连接所有的弧段,即可得到整体道路的长度,名称等信息。而后,再次使用动态分段技术,同时生成相反的车道路径(route),对于起始或终止的道路中间点的车道,只需将多余动态段删除。车道数据采用关系映射的方式表达,同时保留车道起终点距参照道路的偏移量(offset),采用数据结构类型描述如下:

```
typedef struct{
    int Street-ID;
    int Lane-ID;
    float F-pos;
    float T-pos;
    int type;
}Lane
```

通过评定车道路径首尾弧段在街道中的偏移量则可得到映射关系。特别的,对于单向行驶车道,只需将反方向车道从关系表中移除即可。图2是完整的南昌市阳明路,在属性数据库中的关系映射,如表1所示。关系映射表中,Lane-ID是表中的主关键字,而Street-ID作为一个外部关键字将车道表与道路信息联接起来。关系映射表记录着一条车道的最基本信息,在动态分段模型中每个车道都是一个独立线路结构。

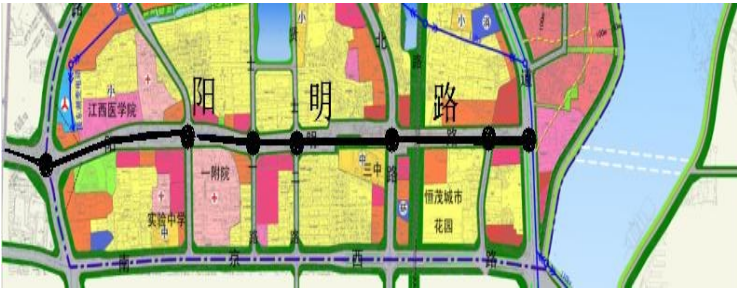


图2 阳明路在属性数据库中的关系映射
Fig.2 The relational mapping in attributing database of the Yangmin Road

表1 关系映射表

Tab.1 Relation mapping table

道路编号	车道编号	段的起点/km	段的终点/km	种类
9201	920101	0.000	2.001	2
9201	920102	2.001	0.000	2

2.3.2 车道之间拓扑数据语义描述

空间数据模型必须考虑到车道之间连通性。车道之间的拓扑关系就是各个车道之间在客观存在的交叉点上的转向关系,车道之间的拓扑关系的转向节点文件结构如下:

```
typedef struct{
int Lane-ID;
int From-Lane;
int To-Lane;
float offset;
float to-forward-offset;
float Impedance-Factor;
} Lane-Turn
```

按照数据的组织方式,我们把路段分为2种情况:第一类是在路段中只有相反两条单车道将车道作为建模的基本元素;第二类就是路段中同向车道不只一条,各个车道的属性或交通限制不同,例如转向、速度、换道等。

为了提高路网分析和路径查询的效率,本文采取了对同向多车道进行逻辑聚合,即把第二类同向互通车道合并成一个方向车道。也就是说,所有同向的左车道逻辑抽象聚集成一个方向车道,右车道亦然。方向车道是一个逻辑概念,它包含了若干车道且其方向属性必须一致。按上述对车道的逻辑抽象聚集处理方法,将南昌市胜利路与叠山路交叉口由复杂的T型多车道交叉口简化如图3所示,用以说明起始路段的每条车道到下一条路段车道的转向表的建立。

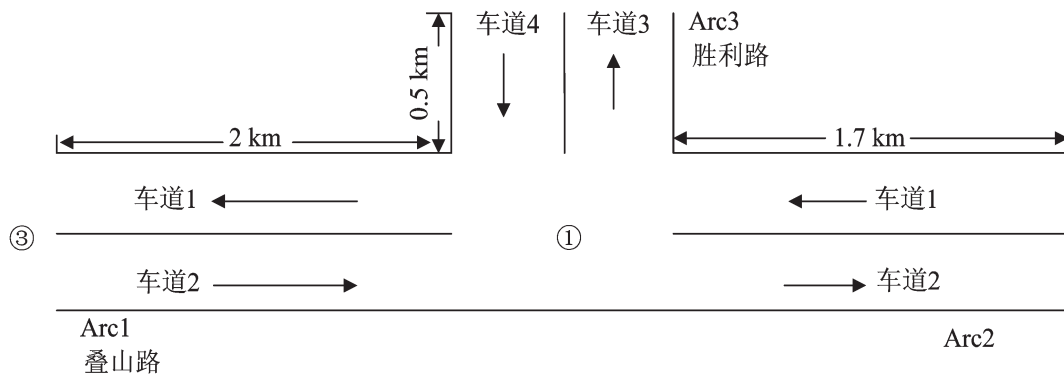


图3 胜利路与民德路交叉口简化图

Fig.3 Simplified diagram of intersection of Shengli Road and Minde Road

首先按T型交叉口的车道特征结合动态分段技术方法建立路径段表 Section Table,弧属性表 AAT 和节点关联表 Adl 表,分别见表2,表3和表4。其中,字段 Routelink# 指向路径属性表中的路径内部标识码 Interna-ID; ArcLink# 是弧段; F-Meas 和 T-Meas 是段的起点度量值和段的终点度量值,用路径的度量系统计算; F-Pos 和 T-Pos 表示段的起点和段的终点,通过段占有弧的百分比来计算,对应弧段的坐标,如果段的方向与弧的方向相反,则 F-Pos 与 T-Pos 的位置颠倒。在弧属性 AAT 表里,其相关字段用以描述弧段及节点之间的联系和弧段的属性;节点关联表 Adl 中,用关系表来说明节点(Node)的相对位置。

表2 路径段表
Tab.2 Path segment table

连接路径	连接弧段	段的起点度量值/km	段的终点度量值/km	段的起点/km	段的终点/m	路段
L1	Arc1	0.000	1.732	0.000	100.000	1
L1	Arc2	1.730	3.750	100.000	0.000	2
L2	Arc1	2.020	3.750	100.000	0.000	3
L2	Arc2	0.000	2.020	0.000	100.000	4
L3	Arc3	0.000	0.510	0.000	100.000	5
L4	Arc3	0.000	0.510	100.000	0.000	6

表3 弧属性表
Tab.3 Arc attribute table

起始节点	目的节点	长度/km	道路编号
3	1	2.020	Arc2
2	1	1.730	Arc1
1	4	0.510	Arc3

表4 节点关联表
Tab.4 Node association table

节点编号	相邻连接表
1	Arc1 Arc2 Arc3
2	Arc1
3	Arc2
4	Arc3

在转向表 TRN 主要是用于表述车道间的转向连通性。在表 5 中可以看出,字段 FromArc 和 ToArc 是起始弧段与目的弧段;Angle 为转向弧段间的夹角,用正负区别左转和右转;Impedance Factor 为阻抗因子,与延误时间密切相关。

表6 转向表
Tab.6 Turning table

起始弧段	目的弧段	转向弧段间夹角	阻抗因子
Arc3	Arc1	$-\pi/2$	20
Arc3	Arc2	$\pi/2$	10
Arc2	Arc3	$-\pi/2$	10
Arc2	Arc1	π	5
Arc1	Arc3	$\pi/2$	10
Arc1	Arc2	$\pi/2$	5

对照路径段表 Section Table,通过判断弧段 Arc1 中车道 L1 对应字段 T-pos 的值,得到 T-meas 对应的节点;在弧属性表中找到 Arc1 对应的到达节点 1;通过节点关联表,我们可知节点 1 的邻接弧段是 Arc1、Arc2、Arc3。Arc2 包含着车道 L1 和 L2,因节点 1 为 Arc1 到达节点,而 Arc1 和 Arc2 又是同向弧段,故 L1 和 L2 不存在连接关系。其它车道也同样处理,最终得到了拓扑连接 LTT 表,见表 6。

表6 拓扑连接表 LTT
Tab.6 Topological connection table LTT

起始车道	终止车道	起始车道段/km	终止车道段/km	阻抗因子
L1	L3	1.730	0.000	10
L1	L1	1.730	1.730	5
L2	L2	2.020	2.020	5
L2	L3	2.020	0.000	10
L4	L1	0.510	1.730	10
L4	L2	0.510	2.020	20

对于城市中诸如十字路口,环形交叉口,立交桥等节点,也可按上述方法建立的车道拓扑表。

3 结束语

动态分段技术是GIS网络分析中的一种重要的技术手段,它可以有效地解决基于线性特征的动态分析问题。通过运用基于动态分段技术数据模型的建模方法,笔者在VB.NET和MapX环境中构建南昌市城市道路管理信息系统,如图4。该系统结合交通管理的需要,将各种道路信息数字化,能够支持城市道路交通规划、建设和管理,提供分析和决策支持功能。

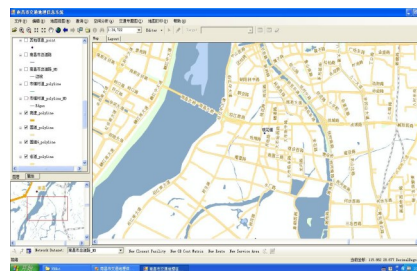


图4 系统主窗体界面
Fig.4 System main interface

参考文献:

- [1] 王肖曼,杨钦. 城市交通信息平台GIS2T数据库设计[J]. 计算机工程与应用,2005(13):229-232.
- [2] 余志文. 城市交通网络面向对象时空数据模型研究[J]. 测绘科学,2002,27(4):31-34.
- [3] LOUISIANA TRANSPORTATION RESEARCH CENTER. Developing a comprehensive highway accident data analysis system with GIS[EB/OL]. <http://www.itrc.isu.edu/pdf/projcap0223SS.pdf>.
- [4] 陈述彭. 新经济时代的地球信息科学[J]. 地球信息科学,2000,2(3):1-4.
- [5] 胡昌华,李国华,周涛. 基于MATLAB7.X的系统分析与设计——小波分析[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2008:174-181.
- [6] 张兵. 基于GIS的交通信息发布系统研究[D]. 长春:吉林大学交通学院,2007:13-17.
- [7] 刘学军,徐鹏. 交通地理信息系统[M]. 北京:科学出版社,2006:69-90.
- [8] TANG AY, A DAM S T M, U SERY E L. A spatial data model design for feature2based geographical information systems[J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1996, 10(5):643-659.

Application of Dynamic Segmentation in Spatial Data Modeling of Urban Road Management System

Qin Ming, Tang Tian

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: The paper introduces the basic concept and principle of the linear reference system and dynamic segmentation technology, and discusses in detail the three key points including a data structure, road geometry data semantic description and the topological data semantic description between the lanes, which are related to the process of the road management system spatial data modeling in Nanchang. Using a data model based on dynamic segmentation technology modeling method, it constructs Nanchang city road management information system to support the urban road traffic planning, construction and management.

Key words: dynamic segmentation; urban road database; GIS-T