

地理信息系统中动态分段技术的研究

乔 彦 友

(中国科学院遥感应用研究所 北京 100101)

武 红 敢

(中国林业科学研究院资源信息研究所 北京 100091)

摘 要 动态分段是一种新的线性特征的动态分析、显示和绘图技术。本文结合 GIS 在公路信息管理领域的应用,论述了动态分段技术产生的根源,动态分段数据库的特点及实现动态分段的算法。以空间数据库和属性数据库的双向查询为例,说明了动态分段技术的具体应用,它的有关算法及命令格式。

关键词 地理信息系统,动态分段,弧段

动态分段 (Dynamic Segmentation) 的思想是由美国威斯康星交通厅戴维·弗莱特先生于 1987 年首先提出的^[1]。该思想解决了传统的 GIS 在处理线性特征时所遇到的问题,是一种新的线性特征的动态分析、显示和绘图技术,可以极大地增强线性特征的处理功能。动态分段技术的出现为 GIS 在公路、铁路、河流和管道等领域中的应用开辟了广阔的前景。本文作者于 1993 年作为中国林科院资源信息所的职工参加了由资源信息所与陕西省交通厅信息站合作承担的交通部下达的《地市级公路数据库》课题,在最终完成的 WINDOWS 版的公路地理信息系统 TRANSGIS 中,采用了动态分段这一新技术,大大地提高了公路信息管理的效率。本文将结合 TRANSGIS 的开发论述这一技术的提出、实现与算法。

1 问题的提出

在传统 GIS 中,线状特征是以弧段为基本单位进行存储和管理的。在建立描述所有弧段的空间位置的空间数据库的同时,建立了描述这些弧段非空间信息的属性数据库。对于空间数据库中的每条弧段,属性数据库中至多存在一条记录与它对应,也就是说弧段是建立线性特征的属性数据库的基本单位,同一弧段上的所有位置都具有相同的属性特征。传统 GIS 处理线状特征的这种模式在公路信息的管理应用中遇到了强烈挑战。

公路是空间地理分布的线性特征,有关公路的非空间信息(或属性数据)是以里程桩(线性参照系统)为参照系统来采集的。而且公路属性数据具有多重性,即所有有关公路的属性特征被按一定的标准分为多个属性集分别建库,每个属性集中都包含公路的多项

收稿日期: 1995 年 1 月 20 日;收到修改稿日期: 1995 年 3 月 8 日

特征,各个属性数据库对应的路段变化点里程是不同的而是随着属性数据的变化而变化。

传统 GIS 有一个缺陷是它只能处理一个属性数据集,对多个属性集的处理只能通过一定途径,将多个属性集合并为一个大的属性集。

对具有公路数据这种特征的数据传统, GIS 处理有两种方法,即等长分段法和变长分段法。

(1) 等长分段法

等长分段法是把公路分成若干个等长的小段分别进行数字化,以此为参照描述所有属性特征。小路段的特征必须取得足够小(通常为 10—100m),使每个小路段都只对应一个描述其所有相关属性的数据记录,以便能反映所有属性数据的真实分布情况。这种方法有以下几个缺点。

① 由于等长小路段在基础底图上没有明确标记,难以确定小路段的起、止点,难以保证数字化的精度。

② 数据冗余量大,维护困难。为了保证每个小路段都只对应一个描述其所有相关属性的记录,小路段必须足够小,这样总的弧段数会非常大。

③ 应用困难。由于不同的属性数据集有不同的采集周期,且数据集的数目也是不固定的,采用这种方法,必须等所有属性库都准备好后,才能对公路进行分段数字化,而且系统已经建立,很难再加进新的属性集。

(2) 变长分段法

变长分段法的思路就是根据多个属性突变的起、止点来分段组织数据的方法。这种方法有如下几种缺点。

① 不同属性数据集划分的路段在基础地图上没有明确的标记,难以保证数字化精度。② 必须对不同的属性数据集重复数字化。③ 当某一属性发生变化时,必须相应更新路段的划分,继而重新数字化。④ 不能进行各种数据集的综合空间分析和显示。

以上两种传统的处理方法均存在明显的缺陷,难以在实际中得到应用,必须另外寻找解决这一问题的途径,这就是动态分段思想产生的根源。

2 动态分段的思想 and 特点

通过上面的分析可以看出阻碍传统 GIS 在公路信息管理领域得到很好应用的两个基本障碍是(1)传统 GIS 的弧段及其属性数据记录是一一对应的;(2)传统的 GIS 只能处理一个固定的属性集。其中后者也是由前者引起的,因此只要能解决了(1)中的缺陷,问题将迎刃而解。这就要求突破传统 GIS 中弧段与其属性记录的一一对应关系,使其成为一对多个的关系,即同一条弧段可以对应多个属性,每个属性记录相应弧上某一小段的属性,至于每小段在弧段上的位置是通过引入线性参照系,并在属性记录中定义特殊字段,来记录它在线性参照系中的起止值来确定的。

由于这些小段并没有被单独作为弧段数字化,因而不是传统意义上的弧段,人们称它为动态段,这种方法被称为动态分段。

动态分段是一种新的线性特征的动态分析、显示和绘图技术,它是在传统 GIS 数据

模型的基础上利用线性参照系统和相应算法,在需要分析、显示、查询及输出时,动态地计算出属性数据的空间位置,即动态地完成各种属性数据集的显示、分析及绘图的一种方法。动态分段具有如下特点:

(1) 无需重复数字化就可进行多个属性集的动态显示和分析,减少了数据冗余。

(2) 并没有按属性数据集对公路进行真正的分段,只是在需要分析、查询时,动态地完成各种属性数据集的分段显示。

(3) 所有属性数据集都建立在同一公路位置描述的基础上,即属性数据组织独立于公路位置描述,独立于公路基础底图,因此易于数据更新和维护。

(4) 可进行多个属性数据集的综合查询和分析。

3 动态分段的实现

动态分段思想的实现依赖于线性参照系的建立和以它为指导建立的空间数据库,以及基于同一个参照系的分段采集的属性数据。例如在公路管理中,以每条公路的里程桩为参照系统进行属性数据的采集。为了使公路信息以动态分段的思想来组织,必须实现如下几点:

(1) 建立独立于属性数据组织的空间数据库。具体做法是将每条公路按精确参照点进行分段,将每段作为一条弧段数字化。这里的“精确参照点”是指公路底图上能精确标明其公路里程的参照点。这样分段的目的在于保证数字化精度。

(2) 通过拓扑关系建立上述空间数据库一般意义下的属性表,它与空间数据库之间的关系是一一对应的关系。然后在这个属性表中添加 5 个字段即路线编码、起点里程、止点里程、起点百分比和止点百分比,并且分别对每条记录输入它们的内容。其中路线编码表示一条公路的编码,例如 310 国道可用“G310”表示;起点里程和止点里程分别为公路的起止点里程值,这里起点里程一定比止点里程小;而起点百分比和止点百分比表示弧段走向,如果起点百分比为 0 且止点百分比为 1,那么弧段的起点及止点的里程就是公路的起止点里程,反之如果起点百分比为 1,止点百分比为 0,那么弧段的起、止点里程应与相应公路的起、止点的里程相反。

由于空间数据库是基于参照点分段建立的,因而这一步建立的属性数据表可以称为参照点分段表。参照点分段表是实现动态分段所不可缺少的。

(3) 基于线性参照系组织属性数据。在每个这样的属性数据库中,除了应当包含有关公路的属性数据外,还应包括三个特殊字段即路线编码、起点里程和止点里程,它们分别表示一条属性记录所对应的公路路线编码以及在公路上的位置。通过这三个字段实现了属性数据记录与其所描述的公路段的联系。对于每条公路而言,建立属性数据库时所采用的线性参照系必须与建立参照点分段表所采用的线性参照系一致。

每个采用线性参照系分段建立的属性数据库,都可以看成是对公路的一种分段,这些段的总数量及每段的路线编码及起、止点里程在库中都有明确的表示。多个这样的属性数据库又可同时构成对公路的一种更小的分段,称为基于多个属性数据库的分段。但这时段的总数量以及每段的起点里程、止点里程都没有明确的表示形式,只有通过运算才

能得知。基于多个属性数据库的分段有利于各种属性数据的综合查询、分析等功能。

为了实现多种属性数据的综合查询、分析等功能,也可以将多个属性库合并为一个属性库。但由于这些属性库都是基于线性参照系以分段为记录单位建立起来的,它们合并的结果将是对公路进行更细的划分,因而总记录数将会增多,数据冗余量加大。基于多个属性库分段算法的实现使得这种合并变得没有必要。

4 基于动态分段的查询

有了基于动态分段思想建立的空间数据库和属性数据库,就可以以这两种库为基础发展各种查询,分析及输出等功能。本文将以这两种数据的交互查询为例说明动态分段的应用。基于这两种数据库的查询有两种:由座标查属性和由属性库中的内容查不同属性在空间中的分布情况。

(1) 由座标查属性

本项功能的目的在于用鼠标在屏幕的任一条公路上随便指定一点,查出这点所在路线上的相应段在属性数据库中的记录,供查询或修改用。实现这种功能的流程可由图 1 表示。

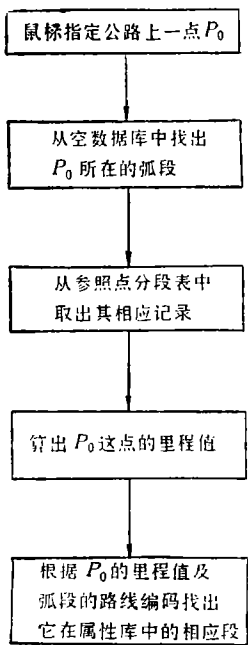


图 1 由坐标查属性流程图

Fig. 1 Flow chart of attribute acquired from coordinate

根据 P_0 的里程值及弧段的路线编码找出它在属性库中的相应段

(2) 由属性查图

由属性查图的目的在于根据属性库中对各段属性的描述,从空间数据库中把不同属性的记录对应的分段位置计算出来,并用不同的颜色分别显示。

假设要基于 n 个属性数据库进行查询,那么由属性查图的基本命令可以采用TRANS GIS 的方式:

LFIND [FIELD = 路线编码字段名; 起点里程字段名; 止点里程字段名, ... 路线编码字段名; 起点里程字段名; 止点里程字段名] COLOR = $C_1 \cdots C_m$ FROM 库₁, ..., 库_n WHERE 条件 1, ..., 条件 m 。

在上述命令格式中, LFIND 为查询命令的关键字, FROM 后面跟参与查询的 n 个数据库的名字,中间用逗号分开; FIELD 关键字用于分别指定这些属性数据库中 3 个关键字段(分别相当于路线编码、起点里程和止点里程)的名字,如果缺省,将统一用“路线编码”,“起点

里程”,“止点里程”作为 3 个关键字段的名称; WHERE 后面跟 m 个条件表达式,它可以是包含各个属性数据库中任意字段的数学逻辑运算表达式; COLOR 后面指定了 m 种颜色的值,用于显示查询结果。

上述命令的基本功能是从 n 个数据库中, 将属性分别满足条件 1, … 条件 m 的段计算出来, 并以 m 种不同的颜色显示出来。

上述功能的实现可依次按下述几步来实现。

(1) 从 n 个属性数据库中取出有关某条公路的所有属性记录。

(2) 依照这些记录的起止点值, 对整条公路进行重新分段, 使得每一小段只对应一条包含所有 n 个属性集的属性记录。

设 n 个数据库的属性集分别为 $A_1 \cdots A_n$, 那么这些属性集的并集为

$$A = \bigcup_{i=1}^n A_i$$

重新分段后的每一小段所对应的唯一属性记录应包含属性集 A 中的所有内容, 其算法如下。

设这条公路在 n 个属性数据库中所有分段记录的起、止点里程值的集合(重复的只留一个)分别为 $\{q_{11} \cdots q_{1m_1}\}, \cdots, \{q_{n1} \cdots q_{nm_n}\}$, 将它们合并为一个集合后排序, 然后相同的数只保留一个, 则得到一个新集合 $\{\tilde{q}_1 \cdots \tilde{q}_N\}$, 那么以 $\tilde{q}_i$ 及 $\tilde{q}_{i+1} (i = 1, \cdots N-1)$ 分别为起、止点里程值的分段, 就是对公路的一种重新分段。

设 $B_{ij} (i = 1 \cdots n, j = 1 \cdots m_i)$ 表示第 i 个属性数据库中有关这条公路的第 j 段的记录, 即

$$B_{ij} = B_{ij}(q_{ij}, q_{ij+1})。$$

那么以 $\tilde{q}_k, \tilde{q}_{k+1}$ 为起止点里程的新段的属性为

$$M(\tilde{q}_k, \tilde{q}_{k+1}) = \bigcup_{i=1}^n B_{ii}$$

其中 i 满足

$$\tilde{q}_k \geq q_{ii}, \tilde{q}_{k+1} \leq q_{ii+1}$$

(3) 从参照点分段表中取出有关这条公路的所有记录, 并从空间数据库中取出它们各自对应弧段的坐标。

(4) 根据所有这些弧段的坐标、弧段的走向及第(2)步中得到的各小段的起、止点里程和属性, 计算出这些小段在公路上的位置, 并对满足 m 种条件的小段用 m 种颜色显示。

在计算小段在公路上的位置过程中, 要计算公路上两点沿公路的距离。由弧段的止点里程减去起点里程算得弧段一种长度, 直接根据坐标串又可算出弧段的另一种长度, 这两个长度一般不相等, 且有时相差比较大, 这是由于取点精度引起的, 在运算过程中必须处理好这一问题。具体处理方法如下: 设弧段由止点里程减去起点里程所得的长度为 L , 而由坐标串所算得的长度为 L_1 , 那么当计算这弧段上任两点的距离 d 时, 应当采用下面公式:

$$d = d_1 \times \frac{L}{L_1}$$

其中 d_1 是根据坐标算得的两点沿弧段的距离。

5 结束语

动态分段的思想提出后, 得到了公路、铁道等部门的高度重视。各大软件公司也纷纷

在其 GIS 软件中加入这一新技术。笔者参与开发的 TRANSGIS 是国内比较早地采用这一技术的软件之一。随着地理信息系统技术的不断发展及其在公路信息管理等领域应用的不断深入,人们将会越来越重视这一技术的应用。

参 考 文 献

- [1] 傅作良,王立平,朱剑勇. 动态分段技术研究及实现. 计算机世界月刊, 1994,(4): 130—134.

Studies on Dynamic Segmentation in GIS

Qiao Yanyou

(*Institute of Remote Sensing Applications, CAS*)

Wu Honggan

(*Institute of Forest Resource Information Techniques, CAF*)

Abstract Dynamic Segmentation is a new technique in the analysis, displaying and mapping of lines in GIS. In view of GIS application in the transportation information management, this paper discusses the origin of dynamic segmentation and the characteristics of attribute data base for it and gives the algorithm for its implementation. Taking the mutual querying between spatial data and attribute data as an example, it demonstrates the application of dynamic segmentation, and discusses the related algorithm and the command format.

Key words GIS, Dynamic Segmentation, Arc