

文章编号:1671-6833(2005)04-0069-03

基于公路线形特征的线性参照系及其应用

周振红¹, 王效群², 王珺珂¹

(1. 郑州大学环境与水利学院, 河南 郑州 450002; 2. 黄河勘测规划设计有限公司测绘信息工程学院, 河南 郑州 450045)

摘要: 提出了一种考虑公路线形特征的线性参照系, 旨在解决公路数据库中空间数据冗余、公路事件在小比尺电子地图上容易偏离公路等问题. 通过识别公路线形、压缩冗余数据和分配线性坐标来建立线性参照基准, 建立相应的线性参照算法, 动态建立公路事件与二维大地坐标间的联系. 在公路管理中的实际应用表明, 此种参照系具有简便易行和精度高的特点, 能够较好地满足实际工程要求.

关键词: 线性参照系; 公路线形; 公路事件; 地理信息系统

中图分类号: TP 311 **文献标识码:** A

0 引言

线性参照系 (Linear Referencing System, 简称 LRS) 是公路地理信息系统理论研究和实际应用中的关键问题之一^[1]. 线性参照系是一种具有线性特征的事件通过与已知大地坐标的参照点间的距离来计算其大地坐标的基准和方法. 应用线性参照系可以减少因重复记录路径信息造成的数据冗余, 便于进行事件的分析、查询和网络分析, 并能很好地符合公路管理习惯^[2].

线性参照系包括线性参照基准和线性参照算法两部分. 线性参照基准的基本要素是数据点和控制段. 数据点是代表公路上具有大地坐标和公路线性坐标的点; 控制段由数据点构成并具有公路识别代码等属性值, 其划分通常由应用要求决定, 具有一定的灵活性. 线性参照算法则是依据线性参照基准计算事件空间位置的方法.

1 线性参照基准

建立满足应用需求的线性参照基准是线性参照系的应用基础. 通常, 我们利用 GPS 或地图矢量化沿路径采集公路数据点, 由点组成折线路径; 但公路路径实际上是由直线、圆曲线和缓和曲线三种基本线形所组成. 为了减少数据冗余和提高数据点的线性坐标精度, 需要将折线识别为直线段、圆曲线段和缓和曲线段, 并据此进行不同的处

理.

文献^[3]提出了一种简单实用的公路线形识别方法: 计算目标点群中每两相邻点所组成线段的斜率 K_i , 每三相邻点的斜率差 $\Delta K_{i,i+1}$, $\Delta K_{i+1,i+2}$, 以及每四相邻点的斜率差变化 $\Delta K_{i+1,i+2} - \Delta K_{i,i+1}$, $\Delta K_{i+2,i+3} - \Delta K_{i+1,i+2}$. 若 $K_i = K_{i+1}$, 说明对应的点在直线段上; 若 $\Delta K_{i+1,i+2} - \Delta K_{i,i+1} = \Delta K_{i+2,i+3} - \Delta K_{i+1,i+2}$, 说明对应的点位于缓和曲线上; 若 $\Delta K_{i,i+1} = \Delta K_{i+1,i+2}$, 说明对应的点在圆曲线段上. 本文按这种识别方法, 将不同的路段分别标识为直线段、圆曲线段和缓和曲线段, 并计算出各自的几何线形参数. 同时根据不同的线形分别采用不同的方法来压缩其冗余数据, 如相邻三点间最大允许斜率差值法、相邻两点的最大允许距离法或将这两种方法结合起来使用等.

经过压缩处理的数据点只具有大地坐标, 还没有相应的公路线性坐标. 我们将经过准确测量的、具有大地坐标和线性坐标的数据点加入经过压缩处理的数据点集中, 采用适当的坐标分配算法, 使所有的数据点都具有合理的线性坐标. 在实际应用中, 我们按两相邻控制点间的路段几何参数所计算的长度为其数据点分配线性坐标.

将上述经过处理的数据点按照应用的要求划分成控制段, 并由数据点和控制段形成线性参照基准.

收稿日期: 2005-06-08; 修订日期: 2005-09-25

基金项目: 河南省高校青年骨干教师资助项目

作者简介: 周振红 (1963-), 男, 山东蓬莱人, 郑州大学副教授, 博士, 主要从事 GIS 教学与科研.

2 线性参照算法

线性参照算法是将一维线性系中的事件和二维参照系中的空间数据相联系的方法,使公路数据库中的多个事件集与一维路线中的特定部分相关联,而不必考虑每个事件所对应的二维坐标,便于对公路事件实现存贮、动态显示、查询和分析。线性参照算法不是对道路进行物理上的分段,而是在查询、分析道路的某类属性时,根据建立的线性参照系动态分段,并显示事件的空间位置。

基于空间对象的坐标线性内插是一种常用的线性参照算法。但在这种方法中,由于不考虑公路线形的影响,所以控制点的位置精度和用于内插的相邻两参考点的精度与间隔,对内插的事件点的定位精度产生较大的影响。而基于道路几何特征的线性参照算法,则充分考虑公路线形的影响,采用分段曲线积分来确定事件的空间坐标,因而具有较高的精度。

公路线形的曲率函数可以用来建立描述道路线形的通用表达模型^[4,3],其表达式为 $K(S) = aS + b$,式中: a, b 为线形决定的常量; S 为弧长; $K(S)$ 为对应的曲率值。由此,得出线性参照系下的里程与空间坐标的转换关系式:

$$\begin{cases} \Phi(S) = \Phi_0 + \int_0^S K(S) dS \\ \Phi(X) = X_0 + \int_0^S \cos \Phi(S) dS \\ \Phi(Y) = Y_0 + \int_0^S \sin \Phi(S) dS \end{cases} \quad (1)$$

式中: (X_0, Y_0, Φ_0) 为曲线起点的空间坐标和切线的方位角; $\Phi(X), \Phi(Y)$ 和 $\Phi(S)$ 分别为曲线上距 (X_0, Y_0) 弧长为 S 的任意一点的坐标及方位角。

对于具体的曲线类型(如直线、圆曲线和缓和曲线等),其表达式分别为

$$\text{直线} \quad \begin{cases} \Phi(S) = \Phi_0 \\ \Phi(X) = X_0 + S \cos \Phi_0 \\ \Phi(Y) = Y_0 + S \sin \Phi_0 \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{圆曲线} \quad \begin{cases} \Phi(S) = \Phi_0 + \text{sign}(S/R) \\ \Phi(X) = X_0 + R[\cos \Phi \sin(S/R) + \text{sign}(\sin \Phi \cos(S/R) - \sin \Phi_0)] \\ \Phi(Y) = Y_0 + R[\sin \Phi \cos(S/R) + \text{sign}(\cos \Phi \sin(S/R) - \cos \Phi_0)] \end{cases} \quad (3)$$

$$\text{缓和曲线} \quad \begin{cases} \text{其中 sign} = \begin{cases} 1 & (\text{圆弧走向为逆时针}) \\ -1 & (\text{圆弧走向为顺时针}) \end{cases} \\ \Phi(S) = \Phi_0 + K_b S + S^2 (K_c - K_b) / (2L_0) \\ \Phi(X) = X_0 + \int_0^S \cos \{ \Phi_0 + K_b S + S^2 (K_c - K_b) / (2L_0) \} \\ \Phi(Y) = Y_0 + \int_0^S \sin \{ \Phi_0 + K_b S + S^2 (K_c - K_b) / (2L_0) \} \end{cases} \quad (4)$$

式中, K_b 和 K_c 分别是缓和曲线上起点和终点的曲率。

按表达式(2)~(4),得出基于道路曲线要素的线性参照算法。上述方法考虑了不同道路线形的影响,但线形几何参数的识别是根据矢量化数据结果运算得来的,与实际公路线形有较大的出入,利用上述方法计算得到的事件位置在显示时可能位于路线外,影响显示效果。为了避免上述情况的发生,可以找出与事件位置相邻的两参考点,将计算的结果投影到分别以两参考点为起点和终点的直线段上,以垂足坐标作为显示坐标,这样就可以保证在放大显示时事件仍位于路线上。

3 应用实例

在上述模型的基础上,我们利用Delphi, Map-Info和MapX开发了某市公路地理信息系统,以用于公路的辅助管理。该系统主要功能有:显示路线、绘制桥梁位置、查询和显示路段状况等。

在系统开发过程中,因电子地图对应的纸质地图成图早,桥梁较少且缺少识别码等信息,需要在电子地图上根据2002年公路桥梁普查数据绘制国道和省道上的桥梁。桥梁普查数据包括所属路段编号、桥梁名称、所跨河流、中心桩号等,但不包括描述桥梁位置的大地坐标和走向等信息。通常的做法是根据普查数据测量桥梁的大地坐标和走向,这种做法既费时又费力。

实际应用中,我们根据前述线性基准生成算法对电子地图相关图层数据进行处理,得到有关的线形参数和路线点,再划分控制段、建立线性参照系基准。然后,根据前述线性参照算法由桥梁中心桩号推算桥梁中心的大地坐标,桥梁的走向则根据桥梁所在位置的公路走向确定,最后利用MapX和Delphi绘制出桥梁层(见图1所示)。为了验证这种做法的可行性,将一部分桥梁计算结果与实际观测值相比较,平均误差和最大误差都在容许范围内。

