

折线光滑处理的三点算法研究

张明旺

(兰州交通大学 数理与软件工程学院,甘肃 兰州 730070)

摘要:在地理信息系统(GIS)中,为了使地图线状要素数据的可视化有较高的质量,就需要对线状要素进行光滑处理。如何使得折线光滑后,让原始点更多地保留下来,是衡量该类地图数据精度的重要依据。本文提出了一种折线光滑处理的三点算法,该方法拟合精度高且算法简单,具有较强的实用性,可用于自动化制图、GIS等地图线状要素的绘制中。

关键词:地理信息系统(GIS);折线;光滑处理算法;自动化制图

中图分类号:TP399 文献标识码:B 文章编号:1672-5867(2012)02-0142-03

Research on Three-point Algorithm for Broken Line Smoothing

ZHANG Ming-wang

(School of Mathematics, Physics and Software Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: In order to achieve high quality in visualization of linear features in geographic information system (GIS), linear feature smoothing becomes necessary. One important measurement of map data precision is the number of original points of linear feature retained after smoothing. This paper puts forward three-point algorithm for linear feature smoothing, which is highly precise in resulting maps and simple to understand. This method is highly practical and can be used in automated mapping and the drawing of linear features of GIS map.

Key words: GIS; broken line; smooth processing algorithm; automated mapping

0 引言

折线光滑是计算机图形学的重要研究内容,也是自动化制图和地理信息系统中研究的热点。目前的研究成果主要分为两类,一类是根据点列的大体走势来拟合曲线,这种曲线与原始点有一定的偏离;另一种是要求拟合曲线严格通过各原始点。通过相关领域研究人员的探索,形成一些实用的折线光滑处理算法,常见的原始点折线光滑处理算法主要有阿克玛方法、线性抹角法、张力样条函数插值法、五点光滑算法、正轴抛物线加权平均法和斜轴抛物线加权平均法等。然而这些方法存在一定的问题,如拟合曲线不通过部分原始点^[1]、程序实现复杂等。除此之外,还有研究人员在此基础上提出了新的曲线光滑算法^[2-11]。本论文提出折线光滑处理的三点算法,有效解决了光滑后曲线不过部分原始点,使得算法的实现比较简单,没有过于复杂的数学推导,进而使问题的实现更加简单易行。这种算法可以应用到地理信息系统中对

线状要素进行光滑处理,使地图线状要素数据的可视化有较高的质量,保证地图显示的逼真性。

1 算法思想

已知原始点 A, B, C, D , 且属于连续的点列,依次连接形成折线,折线段为 AB, BC, CD 。然后以 B, C 为圆心, r_2, r_3 为半径做圆,其中 r_2, r_3 为待定系数,两圆分别与线段 AB, BC 和 BC, CD 的夹角有关,对应夹角越大半径越大, r_2, r_3 可以人为进行干预。翟永强等^[1]认为,取相邻两线段的夹角为 α 与所对应的圆半径 r 的关系为:

$$r = K\alpha \sin(\alpha/2)$$

其中 K 为经验系数,当 $K = 10$ 得到的光滑曲线效果较好,本文引用这一实验结论。原始点 B 与 C 对应圆分别与 $\angle ABC$ 的角平分线和 $\angle BCD$ 的角平分线交与 O_2, O_3 。再以 O_2, O_3 为圆心,以 r_2, r_3 为半径做圆,然后做圆 O_2 与圆 O_3 的公切线,得到 4 条公切线,从中选出一条最符合原线 BC 走势的一条,作为光滑曲线的一部分。再求切点,通过

收稿日期:2011-03-01

作者简介:张明旺(1986-),男,甘肃白银人,地图学与地理信息系统专业硕士研究生,主要研究方向为地理信息系统应用。

计算机画出原始点 B 和原折线 BC 走势相近的公切线与圆 O_2 的切点之间的弧段 BQ_2 , 以及切线 Q_2Q_3 , 这样就得到了原始点 B, C 之间的光滑曲线。用这种方法得到的曲线保证了原始点一定在光滑曲线上, 使得折线具有较高的光滑精度。

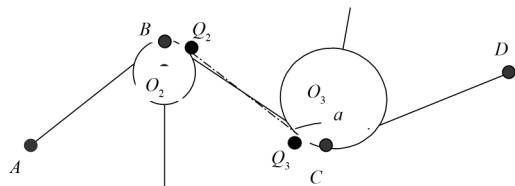


图 1 折线光滑

Fig. 1 Broken line smoothing

2 算法描述及相关说明

2.1 算法描述

1) 设原始点列为 $Array\ 1\ [N]$, 从点列中第二个点开始, 依次求出原始点对应圆的圆心坐标, 并将圆心坐标放入圆心数组 $Array\ 2\ [N-2]$ 中, 直到 $N=N-1$ 终止;

2) 从圆心数组 $Array\ 2$ 中第一个值开始, 根据圆心坐标与对应圆的半径, 每次建立相邻两个原始点所对应圆的方程; 解出两个圆的 4 条公切线, 找出与相邻原始点形成的折线走势相近的切线, 并存储这条切线的端点到切点数组 $Array\ 3\ [M]$;

3) 切点数组长度为 M , 从 $Array\ 1$ 中 $N=2$ 的原始点开始, 画出原始点与切点数组 $Array\ 3$ 中 $M=1$ 时的切点之间的弧段; 然后画出切点数组 $Array\ 3$ 中 $M+1$ 与 $Array\ 3$ 中 $M+2$ 时两个切点之间的线段。跳到第二步执行, 直到 $N=N-2$ 终止; 算法流程如图 2 所示。

2.2 切线选择与弧段构建的说明

要选择 4 条公切线中走势与两原始点相近的切线 (点列中首尾两点除外), 需遵循以下原则: 以相邻两圆上原始点分别到 4 条公切线的距离和最小。首尾公切线原理类似, 求按圆上原始点到两条公切线的距离最小原则。

已知弧段的起始点、终止点和弧段所在圆的圆心, 分别求出圆弧起始边和终止边的斜率, 这样就可求得圆弧对应的圆心角和圆弧的起始角的大小。从而可以用计算机画出光滑连接两相邻切线之间的圆弧。

至此, 就可以画出折线光滑后的整条光滑曲线。

3 实验探究

笔者以 MS VC 6.0 为程序设计平台, 对上述算法进行实验验证。实验用原始点由鼠标随机点击生成, 进而构建原始折线。算法实现中不考虑首个原始点, 并给定 $r = K\alpha\sin(\alpha/2)$ 来构建以圆心在角平分线上的圆, 此处系数 K 为 10; r 表示所构造圆的半径; α 表示相邻折线所构成的夹角, 此处夹角为内角 (内角: 两条折线构成的小于 180° 的夹角)。折线构建成功以后, 再通过文中提到的算

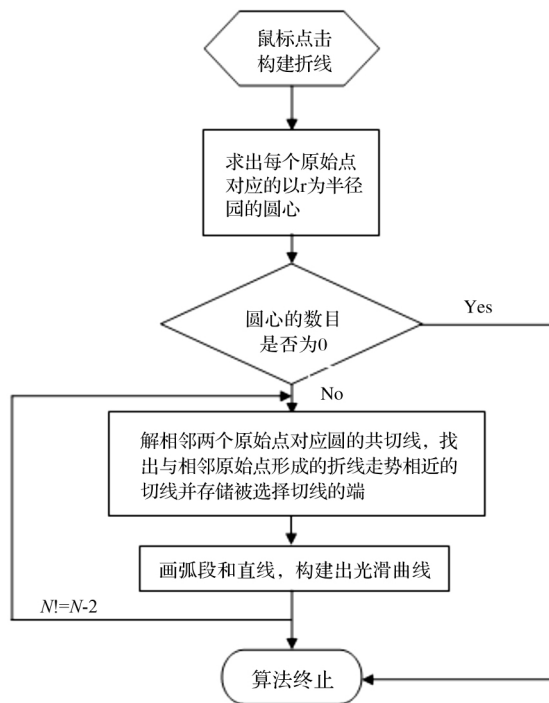


图 2 算法流程图

Fig. 2 Algorithm flowchart

法对折线进行三点光滑。为保证试验结果的可靠性, 进行两组实验, 两组实验光滑前后效果对比如图 3 所示 (为保证实验前后比较, 图 3 为缩小处理后的实验结果)。图中黑色线条表示光滑前的折线, 蓝色线条表示光滑后的曲线。两组实验选取的原始点数目不同, 使用文中提到的三点光滑算法分别进行处理。从实验结果可以看出, 折线光滑效果较好, 保证了原始点完全在光滑后的曲线上。



图 3 实验结果

Fig. 3 Experimental results

4 结束语

论文中提到的折线三点光滑算法, 曲线大部分是直线构造, 曲线必定通过每个原始点, 并且每一个弧段只占光滑后曲线的一小部分, 从而使得光滑效果更好。算法整体过程计算简单, 易于实现, 因此具有较高的使用价值, 可以应用到地图线状要素的光滑处理。

参考文献:

[1] 翟永强, 刘正林. 计算机制图中一种新的曲线光滑方法 [J]. 计算机工程与应用 2003(14): 93-95.
[2] 邓建松, 冯玉瑜. 一种平面保凸插值构造光滑曲线的方

- 法[J]. 高校应用数学学报, 1998, 13(增刊): 1-8.
- [3] 张江印. 计算机绘制光滑曲线的设计方法[J]. 德州师专学报, 1994, 10(2): 25-28.
- [4] 朱建伟. 关于光滑曲线概念的深入探讨[J]. 长江大学学报, 2009, 12(4): 129-130.
- [5] 庄重, 肖铮. 基于 B 样条插值法的曲线光滑处理技术及应用[J]. 电脑知识与技术, 2009, 5(15): 4 000-4 001.
- [6] 李佐锋, 李瑞江, 尹家珍. 曲线拟合的目标规划方法[J]. 长春邮电学院学报, 1994, 12(2): 47-51.
- [7] 王琨琪, 李平. 一种光滑曲线的圆弧拟合新方法[J]. 西
- 安工业学院学报, 1994, 14(3): 243-247.
- [8] 李旺挥, 肖仲怀. 常用曲线的拟合[J]. 工业技术, 1995, 29(2): 8-10.
- [9] 许恺. 三种曲线拟合方法的精度分析[J]. 上海铁道大学学报, 1996, 17(3): 26-30.
- [10] 徐进军, 张洪波. 曲线拟合中的几个问题[J]. 四川测绘, 1997, 20(3): 117-118.
- [11] 王新葵. CAD 中线图的曲线拟合[J]. 机械设计, 1997, 12(2): 18-20.

[编辑:宋丽茹]

(上接第 134 页)

比起单基站 RTK 技术来说,更是克服了随着作业半径的增大,精度和可靠性降低的作业瓶颈,使得定位精度更高,数据的安全性和可靠性得到提高而且不存在误差的积累。同时也要注意以下问题:为保证 FJCORS 测量精度,尽可能地检测一定数量的测区内和相邻的控制点进行检核。

FJCORS 测量技术在海堤测量中的应用,对测量手段和作业方法产生了重大改变,在满足项目精度要求的同时极大地提高了效率,而且不仅在测绘界,同样在灾后重建、地震监测等都有着广阔的应用前景,为我国国民经济发展带来了可观的经济效益。

参考文献:

- [1] 刘经南, 刘晖. 连续运行卫星定位服务系统——城市空

间数据的基础设施[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2003, 28(3): 259-264.

- [2] 祁芳, 刘晖. GPRS 技术在 CORS 系统中的应用[J]. 全球定位系统, 2003, 28(1): 37-40.
- [3] 张振军, 谢中华, 冯传勇. RTK 测量精度评定方法研究[J]. 测绘通报, 2007(1): 26-28.
- [4] 张帆. FJCORS 参考站的选址与试验数据分析[J]. 地理空间信息, 2009, 7(3): 74-76.
- [5] 孙涛. 连续运行参考站系统(CORS)实现方法[J]. 科技信息(学术研究), 2008(27): 206-208.
- [6] 刘承晖. CORS 技术在铁路勘测中的应用[J]. 铁道勘察, 2009(5): 54-17.

[编辑:胡雪]

(上接第 137 页)

DLG 数据重叠效果不理想。实际操作时,一般都选择 10 个以上控制点,这样纠出的调绘片可改变在扫描过程中产生的变形,并且可保证良好精度要求。

实践证明,利用精纠后的调绘片叠加到 DLG 数据中作为底图对地物进行数据编辑,精度要高于对照调绘片编辑的精度,同时图内独立地物的定位问题都得以解决,且不漏绘地物,生产进度较快,是一种值得推广的方法。

参考文献:

- [1] 孙家柄. 遥感原理与应用[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003.
- [2] 贾永红. 数字图像处理[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2003.
- [3] 党安荣, 王晓栋, 陈晓峰. ERDAS IMAGINE 遥感图像处理的方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.

[编辑:胡雪]

(上接第 141 页)

空间对象进行全方位的交互,而且可以对其中的空间对象进行数据挖掘,探索其中隐含的逻辑规律,对未来状况进行预测,并制订出合理、可行的解决方案等。因此,对管线进行可视化在工程应用中起到越来越大的作用。并且 3 维管线图能正确的判断地下管线的布设情况,认知不同类型管线之间错综复杂的空间交错情况,有效地提高管线施工的效率,预防错挖引起的各种事故的发生。

参考文献:

- [1] 田应中, 张正禄. 地下管线网探测与信息管理[M]. 北京: 测绘出版社, 1997.

- [2] 廖朵朵, 张华军. OpenGL 三维图形程序设计[M]. 北京: 星球地图出版社, 1996.
- [3] 陈应松. OpenGL 在数字化货车超限监测模拟仿真中的应用研究[D]. 成都: 西南交通大学硕士学位论文, 2003.
- [4] 朱庆. GIS 中三维模型的设计[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2003, 28(3): 283-287.

[编辑:宋丽茹]