

遥感图象中线状目标骨架提取的变向跟踪法

李超群 秦志远 朱宝山

(郑州解放军信息工程大学测绘学院航测系, 郑州 450052)

摘要 遥感图象上线状目标中心骨架线的提取, 是形成图象中层视觉描述的一个重要环节, 也是相关领域中具有挑战性的课题之一。为了快速高效地进行遥感图象中线状骨架线的提取, 在详细分析遥感图象上线状目标影象特征的基础上, 提出了一种半自动提取线状目标中心骨架线的新方法, 即变向跟踪法。通过对多种复杂特征的线状地物骨架提取实例表明, 提取结果接近于人工判读的结果, 且有较好的几何精度和抗干扰性, 计算速度也很快。

关键词 骨架跟踪 变向方法 方向模板 GIS 数据更新

中图分类号: TP751.1 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2000)12-1216-04

Direction-Changed Tracing Method for Liner Objects Skeleton from Remotely Sensed Image

LI Chao-qun, QIN Zhi-yuan, ZHU Bao-shan

(The Institute of Surveying and Mapping, University of Information Engineering of PLA, Zhengzhou 450052)

Abstract The problem of liner objects skeleton detection from remotely sensed image is an interesting and challenging one in the correlated field. In order to extract the linear objects skeleton speedily and efficaciously from remotely sensed image, this paper presents a detailed summary of the properties and basic facts about direction-changed skeleton tracing method of liner objects based on its various appearance in image. Geometric continuity constraints are of special interest, as they appear to satisfy visual needs of the human observers. Examination is made of the many different liner objects conditions. Experiments detected large numbers of complex properties of linear object skeleton show that the result approximate to manpower distinguish, at the same time this algorithm is better in terms of accuracy, robustness and the computational speed is quite rapid. So it is worth discussing for craft brother.

Keywords Skeleton tracing, Direction-changed method, Direction modeler, GIS spatial data revision

0 引言

遥感图象中一些长条形地物(如较宽的道路、水渠等)的影象均呈现为细条形区域特征, 其中心骨架即与该区域内最接近的边界点保持等距点之轨迹, 它刻画了这些地物的总体形状特征, 且通过二值化或其他处理, 就可以从背景中分离出来, 并加以提取……。由于这种线状目标骨架信息易与 GIS 中矢量数据进行叠加定位表示, 因此利于实现空间数据库的更新。

关于线状目标的边缘以及中心骨架线的提取, 虽然国内外诸多学者已做过长时间的研究, 也提出过很多较有效的算法, 但是, 由于遥感卫星图象理解的复杂性和技术水平的局限性, 要彻底解决遥感图象中目标的自动提取问题还有许多困难需要克服, 事实上, 在特征提取时, 需要提取的是图象中目标的整体特征信息, 而现有的图象理解系统却是一般先提取目标的局部特征, 再由这些局部特征组合成全局特征, 这样由于局部特征容易受噪声的干扰, 因而导致它的可靠性比较差, 在缺乏有效的规则约束机制的情况下, 由此构成的全局特征也不可靠, 故具有

一定的盲目性。因为局部特征的提取只有在满足全局约束的条件下才是可靠的,所以要有有效地解决图像中目标的识别问题,其根本出路则在于模仿人类的识别方式^[1]。

本文通过遥感图像上线状目标影像特征的详细分析,并基于明暗、连续等基本特征,通过人工选定种子点,且采用跟踪方向随邻近跟踪点而变化的新思想,实现了遥感图像中线状骨架线的半自动高效提取。

1 线状地物特征分析

遥感图像上含有丰富的线状地物影像,不论是亮线条还是暗线条,其总体上均具有一定动态范围的灰度一致性和线条连续性。经统计分析发现,线状地物在遥感图像上的影像特征有如下反映:

- (1) 长宽比明显较大;
- (2) 灰度级在一较小范围内变化,即灰度方差较小;
- (3) 具有明显的中心骨架线,且线条上的象元与其周围邻近的不在线上的象元有较大的灰度差;
- (4) 宽度基本保持不变,垂直于线状目标的延伸方向各横剖面之间有相似性。

变向骨架跟踪法就是根据线状地物的这些影像特征,在统筹兼顾的基础上而形成的一种较为实用、可靠的跟踪方法。

2 变向骨架跟踪方法

变向骨架跟踪法包括以下几个步骤:

- (1) 人工选择欲跟踪地物的两个或多个种子点(SeedPoint);
- (2) 统计、确定线状地物总体的明暗特性;
- (3) 变向跟踪骨架点;
- (4) 利用方向模板来剔除冗余点;
- (5) 精化处理,形成最后矢量结构信息。

2.1 种子点的确定

种子点实际上代表着线状地物骨架点在特定位置上出现的概率。确定种子点一般采用如下两种方式:一是自动检测,一是人为给定,其中自动检测的难度较大;而人为给定则符合人机交互、优势互补策略,且具有速度快、可靠性高等优点。而且用人为给定方式在选定种子点位置的同时,还可以辅助设定

其他的搜索参数,容易和 GIS 数据库中相同目标实现联合。

在线状地物上(或附近)选取两个或多个种子点,分别作为跟踪提取的起始点和终点。种子点的位置应尽量准确,因为它不仅代表着线状目标的灰度特性,还控制着线状中心骨架的提取跟踪方向。

2.2 线条明暗特性的确定

线状地物的灰度特性,直接影响着跟踪方法及其实现,而且明、暗线条的灰度特征客观上也存在一定差异。

本文是采用如下统计方法来确定线状地物的明暗特性。

(1) 在与选定的种子点连线的垂直方向上,以种子点为中心取一个固定大小的一维窗口,根据线状地物影像在遥感图像中的形状特征反映,经过实验,窗口选择 1×7 大小,效果最佳。

(2) 分别求取整个窗口内各个象元与其相邻两个象元的灰度均值 \bar{g}_3 和窗口中部 3 个象元与其邻近的 4 个象元的灰度均值 \bar{g}_5 。

(3) 若 \bar{g}_3 大于 \bar{g}_5 , 则所跟踪的线条一定是亮线;否则线条为暗线。这种方法简单易行,且准确率相当高。

2.3 骨架点的变向跟踪方法

变向骨架跟踪是对传统定向搜索法的改进。由于传统定向搜索法只是在由初始种子点确定的一个方向上进行搜索,其容易造成死循环,从而得不到跟踪结果;而骨架点的变向跟踪方法,则对传统定向搜索法所遇到的死循环现象,采用灵活变向方法进行了克服,由于该方法是建立在同一条曲线上各个象元的灰度值相等或相近,而且线条形状在一定范围内保持等宽的基础上,因此能够在复杂的图像条件下,顺利完成对线状地物骨架的跟踪。此方法实现步骤如下:

种子点 \rightarrow 一维窗口 \rightarrow 确定骨架点 \rightarrow 变向跟踪 \rightarrow 线条特征点

(1) 确定种子点

在欲跟踪提取的线状地物的起末两端首先选择和确定两个种子点(对复杂特征可适当加点),然后记录鼠标当前位置,并进行坐标转换,再将鼠标点与图像象素对应起来。

(2) 确定一维窗口及其明暗特性

首先,以种子点为中心,以垂直于首末两个种子点的连线方向为参考方向,形成一个一维 1×7 窗

11;然后在窗口中利用统计方法确定线条的明暗特性.

(3) 确定骨架点

确定骨架点是实现变向骨架跟踪的关键.

首先应利用种子点附近的一维窗口和线条边缘限制规则来确定起始跟踪的起点 P_1 ,并以原来所给的末端种子点为终点 P_2 ,来确定一条直线,再按照生成直线的 DDA 算法或 Bresenham 算法,找出紧挨着跟踪点的下一个存在于直线上的点 P ,这样,以 P 点为起点,以 P_2 为终点又可以确定一条直线;

然后再根据直线 PP_2 来确定窗口的方向.窗口方向的确定如图 1 所示.

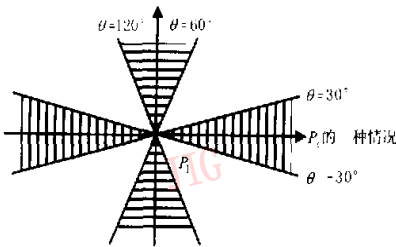


图 1 一维窗口方向的确定

在笛卡儿坐标系中,若以 θ 代表直线与横坐标轴的夹角,以 ω 代表窗口的取向与横轴正方向的夹角,则二者采用如下对应方式:

- 若 $\theta \in [-30^\circ, 30^\circ]$ 或 $[150^\circ, 210^\circ]$, 则 $\omega = 90^\circ$;
- 若 $\theta \in [60^\circ, 120^\circ]$ 或 $[-60^\circ, -120^\circ]$, 则 $\omega = 0^\circ$;
- 若 $\theta \in [120^\circ, 150^\circ]$ 或 $[-60^\circ, -30^\circ]$, 则 $\omega = 45^\circ$;
- 若 $\theta \in [30^\circ, 60^\circ]$ 或 $[210^\circ, 240^\circ]$, 则 $\omega = 135^\circ$.

窗口采用以 P 点为中心,并在以上确定的窗口方向上取 7 个像素,再在这 7 个像素内寻找跟踪点,并将此跟踪点作为新的起始点,如此反复循环,直至终点;

最后,依据上述的线状地物的形状特征所形成的规则,求出一个待选点,如果待选点与上一个跟踪点满足四连通或者八连通的关系,再按照灰度特征来判断待选点与最近所得到的多个(如 5 个)跟踪点是不是具有灰度的大致均匀性,如果满足条件,则认为此点就是所求的跟踪点;如果不满足条件,则需要重新确定.本文采用的重新确定跟踪点的方法就是在窗口内,且与上一跟踪点满足八连通的范围内,选取一个最接近最近选取的 5 个跟踪点的灰度均值的点来作为跟踪点.如果待选点与上一个跟踪点不满足四连通或八连通关系,那么也必须重新寻求待定

点.经过这样反复处理,即可完成整条线的跟踪.

(4) 变向跟踪

由于按照上述一维窗口的选取方法会产生一种临界状态下的死循环,即跟踪点在两个点之间循环反复选取,这也是传统定向搜索方法的主要问题^[1],因此本文采用的解决方法是:当得到一个跟踪点时,就将此跟踪点与先前得到的跟踪点进行比较,如果此跟踪点非先前选择点,则程序继续运行;否则将最近的一个跟踪点作为终点,而将原来的终点作为新的起点,即将搜索方向取反向,这样便可控制跟踪次数,避免死循环,以便一次跟踪完整线条,从而得到最佳的跟踪效果.

(5) 确定线条特征点

首先反复从两个方向搜索线条,然后合并搜索结果作为线条初始跟踪的结果,再根据线条的形状特性,即可以利用直线逼近方法来找到代表形状的特征点,从而减少存储冗余度,以利于后续对 GIS 矢量数据库的更新.

3 变向跟踪方法实验提取结果及分析

按上述思想对一幅航空图象上线状地物进行了跟踪提取实验,共选择 23 条线状地物,结果正确提取 22 条,成功率为 95.6%.图 2 为原始图象,图 3 反映了实际跟踪提取结果.

从实验结果来看,除有些骨架线由于种子点位置不准,因此提取结果与原始目标比较略有偏离外,其余皆提取得比较准确.



图 2 原始图象

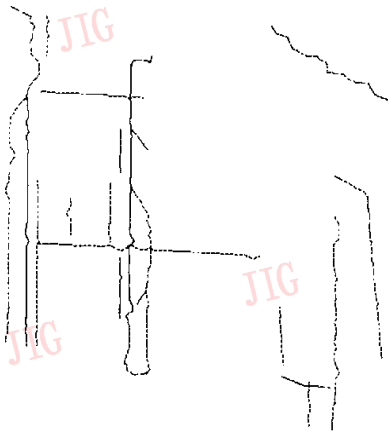


图 3 线状目标骨架提取结果

对多种特征的线状地物骨架提取实例表明, 因其兼顾了图象上线状地物的方向多样性及灰度的近似一致性、连续性等特征, 该算法的提取结果接近于人工判读, 其跟踪提取结果在几何精度、抗干扰性上都较好, 且计算速度也较快。

4 需要进一步探索和讨论的问题

由于图象获取过程受到很多因素的干扰, 造成地面线状目标影象在图象上的灰度分布随机性较大, 特别是当其穿过居民地的时候尤为如此, 因此欲精确地提取线状目标的中心骨架是比较困难的。

理想的中心骨架检测应当正确解决中心骨架的有无、真假和定向定位等问题, 在考虑进行中心骨架检测时, 还应进一步研究和探索以下几方面的问题:

(1) 待检测的图象特性的变化形式多种多样, 要针对图象中的中心骨架特征, 研究或使用适应这种变化特征的检测方法。

(2) 中心骨架灰度特性变化总是发生在一定空间范围内, 企求用一种检测算子就能最佳地检测出发生在图象上的所有特性变化是不可能的, 当需要提取多空间范围内变化特性时, 要考虑多算子的综合。

(3) 如何处理噪声的影响也是一个重要问题, 因为噪声和中心骨架信息有可能同时表现为高频信号, 这将有可能导致提取的结果中包含“假”的中心骨架。

(4) 在正确检测中心骨架的基础上, 还应考虑精确定位的问题。

参 考 文 献

- 1 沈郁乐. 计算机图象处理[M]. 北京: 解放军出版社, 1996.
- 2 王润生. 图象理解[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1995.
- 3 戴汝为. 智能系统中的互补策略[J]. 模式识别与人工智能, 1993, 6(1): 1~11.
- 4 (美) Kenneth R. Castleman. Digital image processing [M]. New Jersey: Prentice hall, 1998.



李超群 1972年生, 解放军信息工程大学测绘学院遥感教研室讲师, 1997年毕业于武汉测绘科技大学摄影测量与遥感专业, 主要从事数字图象处理、模式识别的研究。



秦志远 1965年生, 1998年获解放军信息工程大学测绘学院博士学位, 现为解放军信息工程大学测绘学院遥感教研室副教授, 主要从事数字图象处理、模式识别以及RS与GIS集成方面研究, 已发表论文30余篇。



朱宝山 1964年生, 1999年获解放军信息工程大学测绘学院硕士学位, 现为解放军信息工程大学测绘学院遥感教研室讲师, 主要从事数字图象处理、象片解译等教学与科研工作。