

扫描地形图等高线自动提取

李 述, 刘 勇

(兰州大学 资源环境学院 西部环境教育部重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

Research on Contour Line Automatic Extraction from Scanned Topographic Map

LI Shu, LIU Yong

摘要:扫描矢量化是地形图等高线数字化录入的一种常用方法,但现有的数字化方法存在一些不足:①无法处理公里网格线等干扰信息;②等高线密集区域识别困难。从扫描地形图的灰度信息出发,通过阈值过滤后将图像进行二值化处理,然后采用两边同步行走夹比取中矢量化算法进行栅格向矢量的自动转化,最后根据生成的线的长度信息将公里网格线一次删除。结果表明:基于线的长度信息可以去除 95% 以上的公里网格线;在地形起伏较大的山区可以自动提取 80% 以上的等高线,而其他相对平坦区域可自动提取 95% 以上的等高线,自动化程度高。

关键词:地形图;等高线;扫描矢量化;数字化

一、引 言

高程信息是地理信息的重要组成部分,我们通常称其为数字高程模型(DEM)。基于 DEM 可以进行坡度、坡向、断面、表面覆盖、挖方、填方、地形遮蔽因子等计算,因此 DEM 被广泛应用于水文分析和空间分析中。研究和建立高精度的 DEM 仍然是目前十分热门的课题,数字高程模型已成为地理空间分析的基础数据和“数字地球”的重要组成部分。

目前获取 DEM 数据的方式主要有三种:全野外数据采集,利用航片、遥感图像采集数据,通过地形图扫描数字化来采集数据。在地理信息系统应用日益广泛的今天,获取地面高程信息最有效的手段之一是对现有地形图的等高线进行数字化。

二、等高线数字化方法研究现状

地形图等高线通常有以下特征:等高线由一组连续的长线条组成;相邻等高线的高程值之差为一个常量;表示等高线的线条有粗细之分,且粗细等高线按照一定的周期进行分布;在平坦地区,等高线稀疏,在地形起伏大的区域,等高线密集;与公里网格线和其他地图要素共存。

传统的等高线数字化方法是将图纸固定在数字化板上,通过定标器对地图要素进行手扶跟踪,实践表明,这种方法具有费时、费力和自动化程度低等缺点,已不能适应建立 GIS 对地理信息获取的需要。扫描输入数字化是指利用扫描仪将地图扫描得到栅

格数据,然后利用先进的图像处理技术,进行曲线交互式跟踪或者自动追踪矢量化。

传统的数字化板手扶跟踪方法和手动屏幕数字化方法自动化程度很低(见表 1),不仅需要技术人员花费大量的时间,而且要求具有极好的耐心和丰富的经验,否则便会“失之毫厘,谬之千里”,达不到满意的效果。但传统的数字化板手扶跟踪方法和手动屏幕数字化方法对地图要求较低,等高线密集的区域可以通过人为的干预顺利完成数字化,同时公里网格线等干扰因素也不会对手动数字化造成太大干扰;现有的自动追踪矢量化虽然自动化程度高、精度高,但是在等高线密集的区域对密集的等高线的识别不好,并且不能很好地去除公里网格线等干扰因素。交互式追踪矢量化是手动数字化和自动追踪矢量化的折中办法,在等高线稀疏区域采用自动追踪矢量化,在等高线密集区域则通过手动方式进行数字化,在保持速度提高的同时可以很好地对密集等高线进行识别。但是交互式追踪矢量化仍然存在不足,在半自动追踪过程中容易出现对等高线的错误跟踪和重复跟踪,影响了数字化的速度,同时也不能很好地去除公里网格线等的干扰。

表 1 各种等高线数字化方法及特点

数据输入	图纸输入		扫描输入	
数字化方法	数字化板手扶跟踪	手动屏幕数字化	交互式追踪矢量化	自动追踪矢量化
自动化程度	低	低	较高	高
精度	低	低	较高	高
地图要求	低	低	一般	高

收稿日期: 2005-10-20

作者简介: 李 述(1974-),男,四川德阳人,硕士生,主要研究高程模型数据的获取。

实现等高线的自动识别,不仅可以大量的技术人员从繁琐枯燥的矢量化工作中解放出来,在提高效率的同时也改进了数据质量。因此,自动追踪矢量化得以广泛发展和使用^[1~6]。根据算法不同,可分为细化追踪矢量化和非细化追踪矢量化:传统的细化追踪矢量化是通过提取栅格线的骨架,然后对细化提取的骨架线进行自动矢量化^[7];进入20世纪90年代以来提出了非细化的矢量化算法,对于栅格图像不进行细化处理而直接进行矢量化。最有代表性的是基于图段的非细化矢量化算法,该方法采用两边同步行走夹比取中矢量化算法原理^[8](见图1)。非细化追踪矢量化算法着眼于图像的整体特征,关注全局结构,不仅克服了细化算法的固有缺点,提高了矢量化的效率,而且深化了对矢量化的认识,是对扫描识别从理论到方法的巨大突破^[9,10]。

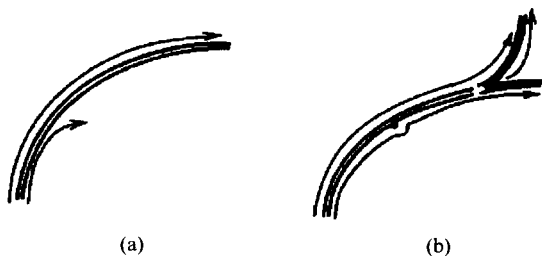


图1 两边同步行走夹比取中矢量化算法原理

三、现有数字化方法的不足与改进

近年来国内外许多的研究者已对等高线自动矢量化进行了研究,但是现有的等高线自动追踪矢量化仍然存在一些不足:

1. 对于等高线密集区域,手动屏幕数字化和交互式矢量化通过人工参与可以较好地处理,但是自动化程度低;细化追踪可以自动细化,但会引出断线问题;非细化追踪矢量化不能很好地解决等高线密集区域的识别问题。

2. 常用的对彩色地图的处理方法是基于彩图的分值或者色彩特征进行交互式追踪或自动提取等高线,由于粗等高线与细等高线的色彩差异;同一条等高线从中央到边缘的色彩差异;其他地图要素的干扰等,很难使等高线的分类和自动提取达到理想的效果。

3. 无论是交互式矢量化还是自动追踪矢量化,都无法去除公里网格线的干扰。

4. 由于对彩色地图处理不能保证矢量化生成的等高线严格地从栅格线中央通过,从而影响生成的等高线的精度。

基于目前常用的交互式追踪矢量化和自动追踪矢量化方法的不足,本文采用的方法在以下三个方面进行了改进:

1. 为了避免彩色地图处理过程中的缺陷和增强等高线密集区域的识别能力,从地形图等高线的灰度信息出发,避免不同等高线以及同一条等高线不同位置的分类值差异。然后通过设置适当的过滤阈值来增强等高线的识别能力,使不同的等高线以及从等高线中央到边缘的灰度值都保持了连续性,这样可以避免细化过程引起的断线问题,最大限度地保留等高线的连续性,同时也可以很好地将密集的等高线进行识别。

2. 二值化后,采用两边同步行走夹比取中矢量化算法原理完成栅格-矢量自动转化,不仅提高了等高线生成的自动化程度,同时能够保证生成的矢量等高线严格地从地形图等高线的中央通过,提高了等高线的生成精度。

3. 由于公里网格线等其他非等高线信息与等高线相交的特点,生成的公里网格线都是较短的线,通过生成的线的长度信息可以将公里网格线和其他干扰线一次剔除,而等高线几乎不受影响。

下面以一幅1:50 000地形图的等高线自动提取为例,说明生成等高线的过程和结果。

图2是该地形图的一部分,箭头所指分别为地形图的公里网格线、孤峰等非等高线信息和地形起伏较大的等高线密集区域。

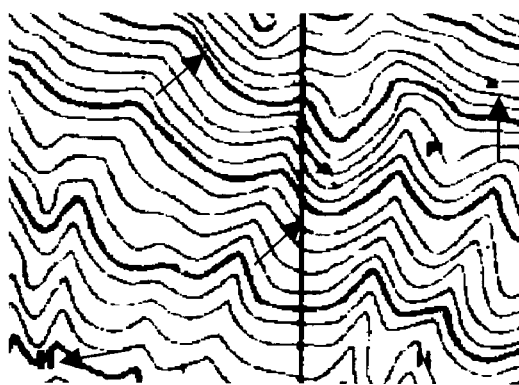


图2 地形图上的各种信息

图3是对二值化地形图自动追踪矢量化的结果,灰色的线为自动生成的等高线,黑色的点为线端点,箭头所指的等高线最密集的地方不能识别出正确的等高线信息,所以形成很多的短线,箭头所指的公里网格线与等高线相交也形成短线,其他地图标记符也形成了短线,而正确识别出的等高线都是很长的线。

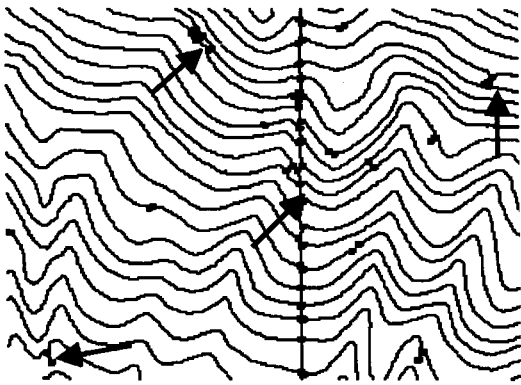


图3 二值化方法提取的信息

图4是根据长度信息对图3进行过滤的结果,由标记符号和公里网格线等生成短线几乎全部被去除,而对等高线几乎没有影响,证明根据长度信息剔除公里网格线等干扰信息是有效可行的。

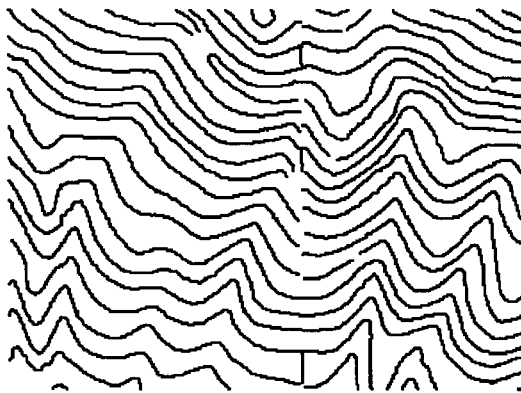


图4 根据长度阈值过滤后的结果

图5是生成的等高线与扫描图的叠加显示,生成的等高线准确从底图等高线的中央通过,生成的等高线精度高。

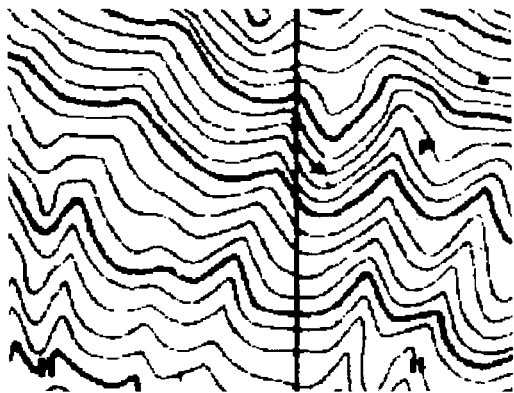


图5 生成的等高线与底图的叠加显示

四、结果与讨论

1. 在对彩色图像分类处理过程中,由于等高线的粗细和从中央到边缘过渡导致色彩的差异,很难将需要的等高线信息分成同一个类型,同时这种简单的分类方法对于地形起伏较大区域的等高线识别能力很差,而通过将彩色图像转换为灰度图像,不同等高线以及从等高线中央到边缘的灰度值都保持了连续性,通过设置一个适当的阈值不仅能提高等高线密集区域的识别能力、避免细化过程导致的断线,而且可以保证生成的等高线从栅格线的中央通过,提高了精度。

2. 对纸质的彩色地形图,现有的等高线自动提取方法无法解决公里网线等要素的干扰问题。本文基于矢量线的长度信息,可以一次剔除95%以上的公里网格线和其他干扰信息。

3. 上述基于栅格—矢量转化的等高线自动生成方法,对于山区可以自动提取80%以上的等高线,而其他区域可提取95%的等高线,自动化程度高。

参考文献:

- [1] KASTURI R, *et al.* Information Extraction from Images of Paper Based Maps[J]. IEEE Trans Software Engineering, 1988, (14).
- [2] EBI N. Automatic Data Acquisition from Topographic Maps Using a Knowledge-based Image Analysis System[J]. Arch of Photogrammetry & Remote Sensing, 1992, (29).
- [3] 李岩影,过静璐.大比例尺地形图扫描图像的整体矢量化方法研究[J]. 测绘通报,2000,(8): 20-22.
- [4] 李春华.大比例尺地形图数字化的数据处理方法[J]. 四川测绘,1998,(21):117-119.
- [5] 王建宇,滕树钦,周献中.地图等高线的自动提取[J]. 计算机工程,2002,(10):132-134.
- [6] 柯希林,严辰,金澄.数学形态学在等高线数据采集中的应用[J]. 测绘通报,2003,(11):20-22.
- [7] 刘珍平,张培仁,梁民.地形图等高线的计算机矢量化及三维地形模型的生成[J]. 计算机应用研究,1999,(1):56-58.
- [8] 刘修国,谢忠. MAPGIS 中扫描矢量化及其相关技术[J]. 地球科学,1998,23(7):341.
- [9] CHEN Yung-sheng. Segmentation and Association among Lines and Junction for a Line Image[J]. Pattern Recognition, 1994, 27(9).
- [10] 李宾,等.一个基于扫描串的统一识别整体矢量化算法[J]. 软件学报,1998,9(6):426-430.