

彩色扫描地图中背景色的等高(等深)线矢量化研究

陈换新^{1,2} 孙 群¹ 刘新贵¹ 徐 立¹

(1 信息工程大学测绘地理信息学院,郑州市陇海中路 66 号,450052)
(2 96633 部队,北京市,100096)

摘 要:在介绍矢量化方式的基础上,根据国外地图的特点,选择了基于全要素地图的矢量化方式。通过综合利用多义点及方向信息,对等高线矢量化的追踪过程控制,不仅避免了误追踪等特殊情况,且减少了人机交互,实现了有背景色区域等高(等深)线的半自动矢量化。
关键词:等高线;等深线;半自动矢量化;彩色地图
中图法分类号:P282

空间数据是地理信息系统的血液^[1],是数字化、信息化建设的基础和平台。将已有纸质地图扫描后进行矢量化是获取空间数据的重要途径之一。目前扫描矢量化的算法较多,但由于国外地图与我国差别较大,针对国外地图的特点,本文在分析确定地图矢量化方式的基础上,通过对现有矢量化算法优化避免了影响追踪的特殊情况,实现了有背景色区域的等高(等深)线提取。

1 彩色扫描地图矢量化方式

目前,限于人工智能、模式识别等软、硬件的限制,等高线的全自动矢量化较难实现,但具有一定智能的人机交互矢量化方式已被广泛应用,在此基础上利用高程赋值算法^[2-3],即可完成等高线的提取。对于等高线矢量化而言,分为基于分版地图矢量化和全要素地图矢量化两种方式,面对制图规范迥异的国外地图,究竟选择哪种矢量化方式是首先需要解决的问题。

基于分版地图矢量化方式就是先按照颜色信息对彩色地形图进行分色处理,然后对分版图像进行图像预处理,最后在二值分版图像上矢量化。该方法等高线的矢量化在仅包含等高线的单版图像上进行,没有底色和普染,都是空白的背景区域,加之没有其他要素符号的干扰,此时等高线的矢量化在“无背景色区域”展开,较易实现。现有

分色^[4-6]及后续图像处理^[7]的算法较多,但受输入图像卷积^[8]与点扩散函数作用的影响,另外,偏色、混色的存在,使得分版后的等高线支离破碎,断点、粘连等情况大面积存在,增加了相应的处理工序。

鉴于此,有学者尝试不经分版处理,在彩色地图上直接进行等高线的提取^[9-10],即全要素地图矢量化方式。该方式中等高(等深)线并非单纯地存在于空白背景之上,而是与晕渲普染以及其他要素符号相叠加,此时的矢量化在“有背景色区域”展开。虽然该方式减少了处理环节,但由于彩色地图中各种要素交错叠加,增加了提取的难度,对算法要求较高。目前,基于该方式的矢量化实现了没有晕渲普染区域中人机交互下的半自动矢量化,相关软件有 WiseImage、SuperMap、Map-GIS;但对于底色普染、晕渲区域的矢量化,研究成果并不多。

由于国外地图在颜色使用上五花八门,不限于我国“黑棕蓝绿”四色印刷,鉴于颜色使用多样性及现有分色算法的缺陷,本文选择全要素地图矢量化的方式,重点对有背景色区域等高(等深)线的矢量化进行研究。

2 算法的优化

从国外地图的特点出发,在分析大量线状要

素提取算法后,本文借鉴了杨云的基于滑动窗口分割及序贯跟踪的彩色地图矢量化方法^[10]对等高(等深)线的矢量化进行研究。

本文在利用基于滑动窗口分割及序贯跟踪的彩色地图矢量化方法,对有背景色区域等高(等深)线进行矢量化实验中,发现很多特殊情况:有时会出现误追踪甚至追踪无法正常进行,有时需要大量的人机交互,由于线划要素的提取是一个连续的过程,任何特殊情况都会影响追踪的连续性,降低矢量化效率。本文在大量实验的基础上,将实验中遇到的特殊问题加以记录整理,并给出了相应的解决措施,对文献[10]中的算法进行了优化。实验中扫描纸图的分辨率为 300 dpi,设定滑动窗口的尺寸为 21×21 。

2.1 “多义点”的概念及方向信息的引入

2.1.1 “多义点”的概念

设点 P 为目标像素点,当点 P 周围的像素值不同时, P 代表的意义也不相同,故称其为多义点。以 P 点为中心的 3×3 窗口区域为例,如图 1 所示,用 sum 表示该窗口中除 P 点之外 $P_0\sim P_7$ 中非背景像素的个数。 sum 的取值有归纳起来有以下几种情况。

1) 当 $\text{sum}=1$ 时,表示点 P 周围有一个非背景像素,则此时 P 为线上的端点,代表当前等高(等深)线追踪完毕,停止追踪;

2) 当 $\text{sum}=2$ 时,表示点 P 周围有两个非背景像素,则此时点 P 为线划要素的中间点,正常追踪时大都如此,可以通过选取非背景像素点为当前点继续追踪;

3) 当 $\text{sum}\geq 3$ 时,则此时点 P 为两条线的交叉点,需要采取相应的策略对追踪方向加以选择判断,来保证后续追踪的正确进行。

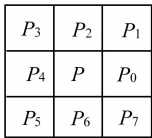


图 1 以 P 为中心的 3×3 区域

Fig. 1 3×3 Pix Area Around Point P

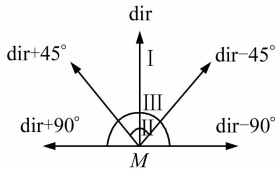


图 2 方向信息示意图

Fig. 2 Map of a Schematic of Dir

2.1.2 方向信息

在较小区域内,线划要素的追踪方向一般不发生变化,很少有陡变的情况,即使发生变化,也会在原追踪方向的一定范围内。如图 2 所示,设 M 为当前追踪点,上一次追踪方向为 dir 方向。

若当前追踪的等高(等深)线为直线则预追踪点应沿着 dir 方向;若为曲线,则一般在 $\text{dir}\pm 45^\circ$ 方向所夹的扇形区域 II 内,正常情况下也不会超过区域 III。在追踪过程中可记录每次追踪的 dir 方向,通过比较预追踪点的方向信息与上一次记录的 dir 判断预追踪点是否合理。若 M 为交点,则有两个预追踪点与其相连,分别计算这两个预追踪点的方向信息,按照 I ~ III 的优先顺序选择与上一次 dir 相近的点进行追踪,同时更新 dir 。若预追踪点与 M 的方向信息超出了区域 III,则表示当前追踪的线发生了陡变,需要介入人工判断。

通过引入方向信息及多义点,在追踪时可以综合利用 sum 和 dir 的值来判断追踪状况,只有当 $\text{sum}=2$ 且 dir 未超出合理区域时属于正常追踪,其他情况则意味着追踪出现异常,需要进行相关处理,具体阐述如下。

1) 当多义点 $\text{sum}=1$ 的情况。在正常的逐点跟踪法中,若遇到 $\text{sum}=1$,则代表当前点为端点。但在基于滑动窗口分割及序贯跟踪的彩色地图矢量化方法中,由于 K -均值聚类得到的迭代中心 (t_1, t_2) 仅为窗口中心局部区域的迭代结果,没有顾及当前滑动窗口内所有像素的灰度值,所以在区域生长时,局部等高(等深)线由于自身颜色较淡,像素的灰度值较高,就会导致等高线上的像素离背景区的迭代中心 t_1 近,从而被记入背景区域,如图 3 所示。

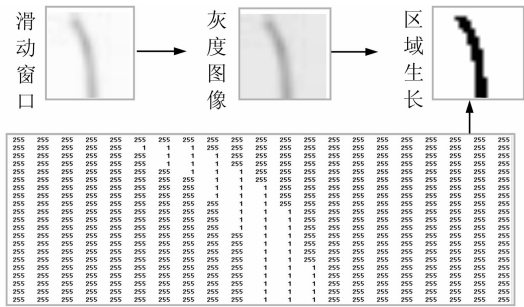


图 3 $\text{sum}=1$ 的情况

Fig. 3 An Instance of sum is 1

本文将该类断点称为“伪断点”,虽然等高线在此处没有断裂,但是后续等高线上的其他点由于没有邻近的“1”相连,导致目标区域的生长停止,追踪提前结束。但此时矢量化并未结束,应将 $\text{sum}=1$ 的点置为当前点,然后再以该点为中心,开辟新的窗口进行图像分割后继续追踪。

2) 当多义点 $\text{sum}\geq 3$ 的情况。在全要素彩色扫描地图上,等高(等深)线经常会与其他要素相交,在交叉点处 $\text{sum}\geq 3$,如图 4(a)。由于晕渲利用光影产生明暗对比来突出立体感,故在背光侧

光线较暗,灰度较低,当滑动窗口移动到向光面和背光面相交的地方时,受灰度值较低的晕渲影响,即使没有遇到交叉或粘连,也会出现 $\text{sum} \geq 3$ 的情况,如图 4(b)所示。

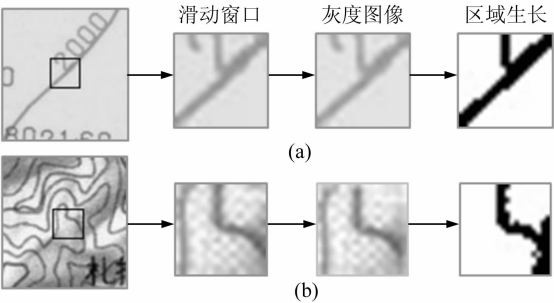


图 4 $\text{sum} \geq 3$ 的情况
Fig. 4 An Instance of $\text{sum} \geq 3$

对此类问题的处理,可以参考追踪方向 dir 的值。在 $\text{sum} \geq 3$ 时,有两个点与当前点相连,可判断这两个点的方向信息值,优先选择与原始 dir 方向相近的点作为预追踪点,对其加以十字丝标注,如图 5 所示,经人工判断,若该预追踪点正确,则继续追踪;否则,人工选择正确的点继续追踪。



图 5 预追踪点的标注
Fig. 5 Label For Pre-Tracing Point

2.2 灰度低的要素导致误追踪

在等高(等深)线与其他要素相交时,若相交处要素的灰度值大于等高(等深)线,就会导致图像分割的结果不包含等高(等深)线。如图 6 所示,当等高线与小路相交时,由于灰色的等高线没有黑色小路的灰度值低,所以区域生长的结果是黑色小路区域。而追踪是在区域生长的结果中进行,这样追踪就会沿着小路方向进行。类似的情况还会在等高线和河流相交时出现,本文将这类问题统称为灰度低的要素导致的误追踪。

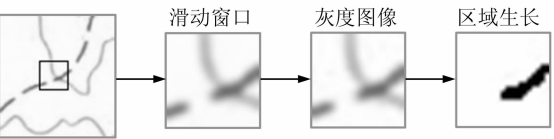


图 6 灰度低的像素导致误跟踪的情况
Fig. 6 Low Grey Pix Results in Error Tracing

上述情况若不加阻止,追踪就会一直沿着灰度低的像素进行,故必须约束控制。由于等高(等深)线在与其他要素相交时跟踪方向发生了突变,当前的追踪方向与 dir 差别较大,此时可参考 § 2.3 的处理方法,介入人工交互指定正确的追踪点继续追踪。

2.3 灰度低的像素导致追踪无法进行

灰度低的像素除了会导致误追踪之外,有时甚至会造成追踪中止,无法继续进行,如图 7 所示。当等高线周围有黑点、等深线周围有黑色水深注记时,就会出现图像分割的结果不是等高线,而是孤立区域的情况,这些区域与原等高(等深)线不存在连通,从而导致追踪无法继续进行。

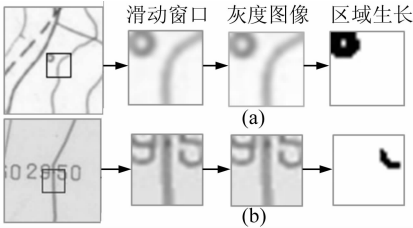


图 7 灰度低像素导致追踪无法进行的情况
Fig. 7 Low Grey Pix Results in Tracing Bug

该情况的出现是由于原算法中选择的种子点都是滑动窗口中心区域的点,并未考虑该点是否为等高(等深)线上的点,导致区域生长的结果脱离等高线。可以在每次开辟新的滑动窗口时将上一次追踪的最后一点作为当前窗口的种子点,保证区域生长的结果沿着等高(等深)线展开。经此调整后,若区域生长的结果仍为灰度值低的区域,则追踪停止,等待人机交互再进行追踪。

本文对基于滑动窗口分割及序贯跟踪的彩色地图矢量化方法进行了优化,通过综合利用多义点和方向信息,实时监测追踪状态,避免了误追踪和追踪无法进行的情况,保证了等高(等深)线矢量化的准确性及完整性。经优化后的算法流程如图 8。

3 实验结果分析

利用优化后的算法,本文对国外全要素彩色扫描纸图中有背景色区域的等高(等深)线提取进行了大量实验。实验效果证明,经优化后的算法能够在一定的人机交互下对有背景色区域的等高(等深)线进行矢量化,较纯手工的采集方式有了很大的进步。图 9 为彩色扫描地形图中有绿色普染区域等高线提取效果;图 10 为海图中蓝色普染区域的等深线提取效果。

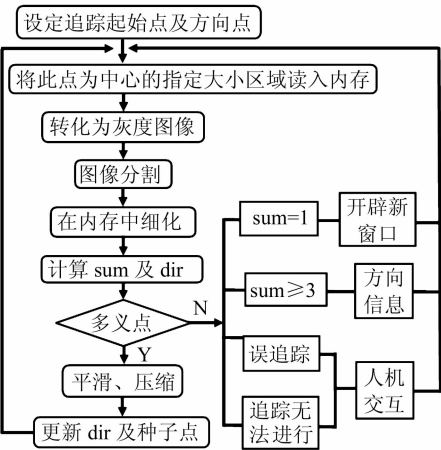


图 8 有背景色区域等高(等深)线提取流程
Fig. 8 Flowchart of Contour Line and Isobath Vectorization from the Tint Area

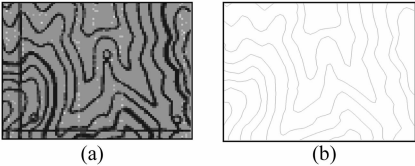


图 9 有绿色普染区域的等高线提取效果
Fig. 9 Contour Line Vectorization from Green Tint

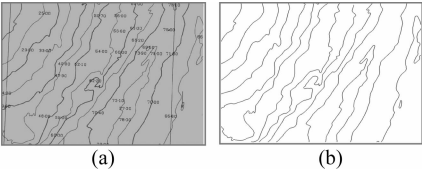


图 10 有蓝色普染区域的等深线提取效果
Fig. 10 Isobath Vectorization from Blue Tint

参 考 文 献

[1] 华一新,吴升,赵军喜. 地理信息系统原理与技术[M]. 北京:解放军出版社,2001

[2] 王涛,毋河海. 等高线拓扑关系的构建以及应用[J]. 武汉大学学报·信息科学版,2004,29(5):438-442

[3] 陈睿,张祖勋,张剑清. 扫描地形图中数字高程记号的提取和识别[J]. 武汉大学学报·信息科学版,2002,27(2):194-198

[4] 吴信才,邓志勇,谢忠. 彩色地图影像分割方法及其实现[J]. 计算机工程,2003,29(1):176-225

[5] 韩学锋. 基于空间插值彩色扫描地形图等高线的自动矢量化[J]. 测绘科学,2009,34(2):154-156

[6] 郑华利. 彩色扫描地图的自动分色算法研究及实现[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2003,15(1):29-33

[7] 姚伟新. 等高线预处理技术的研究[D]. 贵州:贵州大学,2007

[8] Khotanzad A,Zink E. Contour Line and Geographic Feature Extraction from USGS Color Topographical Paper Maps[J]. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence,2003,25(1):18-31

[9] 邓开来. 基于 MicroStation 平台的彩色地图矢量化研究[D]. 郑州:信息工程大学,2009

[10] 杨云. 基于地图及遥感影像的地理信息提取研究[D]. 郑州:信息工程大学,2008

第一作者简介:陈焕新,博士生,主要研究方向为数字制图与空间数据融合。
E-mail:chx1557@163.com

Vectorization of Contour Line and Isobath from Tint Area in Combination Plate Map

CHEN Huanxin^{1,2} SUN Qun¹ LIU Xingui¹ XU Li¹

(1 Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University, 66 Middle Longhai Road, Zhengzhou 450052, China)
(2 96633 Troops, Beijing 100096, China)

Abstract: According to the diversification of foreign maps, the vectorization mode based on combination plate map is chosen. The multivocal point and direction information are introduced into the tracing. The combinative use of them not only avoid error tracing and bug in the tracing processing, but also reduce the man-machine interaction. The improved algorithm realizes the semiautomatic vectorization of contour line and isobath from the tint area in combination plate map, and the efficient and reliability are proved through experiments.

Key words: contour line;isobath;semi-automatic vectorization;combination plate map