

水下地形扫描图高程信息自动提取方法研究

程立刚,丁贤荣,杨 涛

(淮海大学水文水资源及环境学院,江苏 南京 210098)

摘要 采用特征分析方法,提出了一种水下地形图测点高程信息的提取方法,即根据测点对象的具体特征来定制测点高程信息处理流程和参数.对 1:2 000 水下地形图的处理和字符图形之间粘连问题提出了具体算法.

关键词 水下地形图;模式识别;特征分析;GIS;图像处理

中图分类号 P228.9 **文献标识码** :A **文章编号** :1000-1980(2001)04-0120-03

信息的获取对于 GIS 是一个十分重要的环节,除了 GPS、遥感等电子数据之外,还存在大量的纸质数据,如何将这些数据自动地输入计算机以减小人工数字化的劳动强度是一个亟待解决的问题.如何从图纸中提取线素、文字、图形符号信息,是当前学术界研究的热点,但是这三方面的研究都不成熟^[1].目前的研究主要集中在机械和建筑工程图中线素和图形符号的提取.对某些工程图而言,文字会成为后续处理的累赘^[2],因此研究中对如何滤除文字考虑较多.在地图识别方面,黄文骞等对地图等高线的自动识别作了较多的研究,但是,地形图中原始数据不是等高线,而是测点,生产单位更关心对测点信息的提取.目前,对测图上的原始测点进行扫描识别的研究成果还未见报道.

1 测点提取的思路与研究内容

对于水下地形图识别,最重要的是将测点高程点信息提取出来.高程点信息包括两部分:(a)高程点在地形图上的坐标位置;(b)高程点的值.高程点的值由数字字符(0, …, 9)、小数点和负号构成.高程信息提取的主要困难是如何将数字字符完整地分割出来.高程点在地形图上只是表示为一个点,只占有一个或几个像素的位置,而且扫描图中噪声比较大,点状地物也较多,直接从地形图中提取高程点是困难的.高程点同时也是高程值的小数点,而且这个点在高程值字符串中的位置相对固定,利用这个特点,可以先提取高程值,然后在高程值的数字字符串中提取高程点的位置,这样就大大缩小了提取范围,降低了提取难度.由此,可以归结出高程信息提取的基本思路如图 1.

2 测点提取实现过程

2.1 提取边缘并二值化

地形图的扫描结果是多级灰度的图像,不便于直接处理,需要利用边缘提取技术将等高线、字符等内容提取出来,并进行二值化处理.提取边缘有多种算法,如 Roberts 梯度、微分算子、拉普拉斯变换、形态学方法等等^[3].通过对比实验,本文采用方法可表示如下:

$$P(i,j)=\begin{cases} 0 & \text{其它} \\ 1 & \max\{|P(i,j)-P(i+k,j+l)|/P(i,j)\}>\text{threshold} \end{cases}$$

式中: $P(i,j)$ ——任意点的像素灰度值($i,j\in Z^+$); $k=-1,1$; $l=-1,1$; threshold——阈值(主观确定).

2.2 字符串分割

高程值的数字字符串有以下几个特征:(a)字符串的黑像素的密度通常较大(此后凡是提及像素均指黑像素);(b)端点、分叉点、大曲率点分布较密;(c)经过单纯化处理后短线较多.分割字符串的算法基于以上特

征设计,以下 2.2.1 到 2.2.4 节所提及的算法之间是平行的关系,要根据处理对象的具体特征定制这些算法的取舍和工作顺序. 字符串提取的目的是为减少字符误识和提高识别效率,因此字符串提取总的原则是宁可冗余也不要遗漏,冗余部分可在字符识别阶段加以剔除.

2.2.1 像素密度框选

由于标识高程的字符大小基本固定,字符串长度也基本相同,因此可以根据像素密度进行框选. 框选的目的是要选出密度较大的区域,缩小搜索范围. 本文采用字符串框选,而不是单字符框选,因为一个字符的密度并不占优,而字符串的密度是占优的.

通过框选,可以将地形图中像素密度较大的部分选出,但是框选的结果会有遗漏或冗余的情况. 遗漏的字符一般是 1、7 等笔划简单的字符. 为了防止漏选,密度阈值应该偏低. 可以选择类似 11.11 的密度作为密度阈值下限,实际中则须根据地图的具体情况加以适当提高. 一般而言,水下地形变化是连续的,高程很少发生突变,即高程点字符串的长度不会变化. 本文密度阈值的框选是针对等长字符串的. 当高程点出现跨数量级的变化,如 99.99 和 100.00,即字符串不等长,此时还须作一些其它处理.

2.2.2 交叉点、端点和大曲率点的密度框选

对于端点、分叉点和大曲率点的标识必须在细化后的二值图上进行. 较为常用的是 Rosenfield 八邻域法,虽然细化后 3、5 等字符变形较大,端点、分叉点和大曲率点会有微小的位移,但并不影响提取. 经过细化后检出端点、分叉点是容易的,而对于大曲率点的检出需要确定曲率的算法和大曲率的阈值. 曲率可用 7×7 邻域计算^[5],简单有效. 曲率的阈值则需要参考字符 0、2、3、4、5、6、7、8、9 的曲率情况加以确定. 由于字符的这些曲率要远远大于等高线的曲率,曲率阈值容易确定. 在标识出端点、交叉点和大曲率点之后,就可以通过移动文本框框选出端点、交叉点和大曲率点的高密度区域.

在没有粘连和断裂的情况下,1、2、4、5、7 的端点数是 2;字符 3 的端点数等于 2 或 3(根据细化的情况而定);6、9 的端点数为 1;8 的端点数为 0. 交叉点的情况:1、2、3、5、7、0 的交叉点数为 0;4、6、8、9 的交叉点数为 1. 大曲率点的情况为:1 没有大曲率点,7 有 1 个大曲率点,2、3、4、5、6、8、9、0 至少有 2 个大曲率点. 将这三项相加,每个字符的值至少为 2,由此可以作为确定密度阈值的基础.

对于粘连的情况,文献[4]提出了利用图元处理字和图间的粘连,但是这种算法并不适合粘连情况复杂的水下地形图. 观察可知,地形图中的粘连一般发生在字符与等高线之间或字符之间. 粘连会导致三种结果:(a)交叉点增加;(b)大曲率点增加;(c)线段相接. 粘连的发生会加大字符交叉点和大曲率点的密度.

对于断裂的情况,无论断裂发生在字符的线段上还是在交叉点上,只会增加端点密度,有利于框选. 实际扫描图中,较长的等高线会断裂成许多小段,这些小段的尺度甚至与字符的线段尺度相似,不利于框选,不过这些等高线小段比较孤立,在文本框尺度内像素密度较小,利用 2.2.1 介绍的方法易于去除.

通过对粘连和断裂的分析可以得到结论:在水下地形图中,合理利用粘连和断裂的特性,可以使它们有利于框选的进行.

2.2.3 字符串短线处理算法

短线密度的计算必须建立在单纯化的基础上. 单纯化是将细化图中的交叉点去除,使图中只有互不相连的线段. 单纯化的结果必然增加端点的数量,使交叉点的数量变为零. 单纯化后端点的数量 D 可表示为

$$D = D_0 + \sum_{n=3}^N n \cdot C_n$$

式中: D ——去除交叉点后端点的数量; D_0 ——原始的端点数量; C_n —— n 叉点的总数($3 \leq n \leq N$; $N \geq 3$ in ,

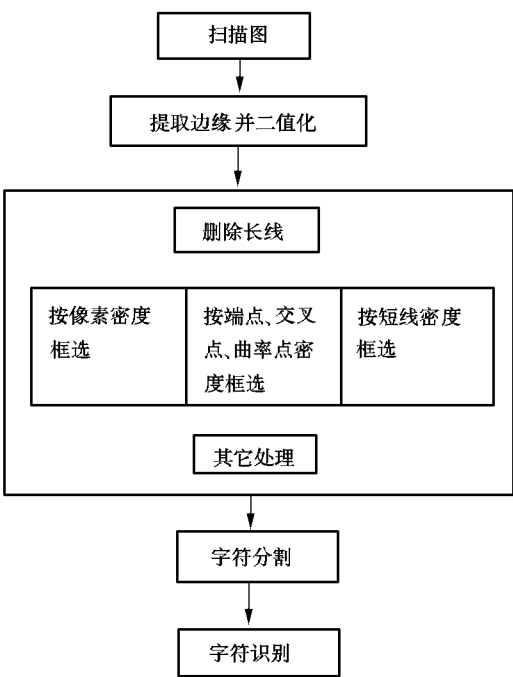


图 1 高程信息提取的基本流程
Fig.1 Flow chart of altitude information extraction

$N \in \mathbb{Z}^+$).

如果将大曲率点去除,端点密度也会增加,总的点密度会随之增加.单纯化不会影响 2.2.2 节中算法的实现.一般情况,端点密度大的区域不一定短线就密集,而短线密集的区域端点一定较密,因此判断端点密度不能代替判断短线密度.将搜索到的短线的长度和起始点终点的位置加以记录,在文本框滑动搜索时就可根据记录判断文本框内的短线数量.短线密度阈值下限应该是类似字符串 11.11 的密度值.短线的长度阈值定为单纯化后字符中的最长线段的长度,小于此长度的线段即为短线.

2.2.4 删除等高线和其他长线

对于字符而言,等高线、坡毛线等长线是噪声,应该加以删除.同时,删除长线可以提高框选的效率.由 2.2.2 节分析可知,单纯化后,通常情况下的粘连对删除长线不会有影响,但是还存在一种例外情况,如图 2 圆圈所示.此时需要在单纯化的过程中考虑大曲率点参与线段的分割.利用等高线与字符发生粘连时,粘连点的曲率通常会发生变化的特点,用求曲率值的方法标识出粘连点.极端情况是,曲率未发生变化,字符完全隐没在长线当中,这时用图像处理算法是无法检出的.一种解决的途径是:字符提取完毕后,如果有的字符(通常是 1 隐没在竖直长线中)未被提取,则一定会发生异常的高程,然后根据情况对异常区域重新加以处理.

2.3 字符识别及后续处理

字符串被提取后可以直接加以识别,识别之后再行合理性分析.拒识和误识发生会造成高程的异常,需要人工干预,这种情况一般发生在岸线附近.一般而言,系统的识别率和人工干预量与图纸的质量和岸线占全图的比例有关.



图 2 粘连的特殊情况
Fig.2 Special case of joint

3 结 语

提取高程信息不可能用单一的一种算法实现,也不可能用一种处理流程实现.就目前的人工智能和模式识别的发展现状来看,寻找普遍适用的识别算法是非常困难的.较为实用的策略是:在对某种类型的地形图处理之前先仔细研究它的具体特征,再根据具体特征对现有的处理模块重新安排位置,或者开发新的模块.

参考文献:

[1] 邹荣金,蔡士杰,张福炎.神经网络在工程图纸识别中的应用[J].南京大学学报,1999,35(1):63~67.
[2] 邵子纓,朱森良.一种图纸文字过滤器[J].计算机辅助设计与图形学学报,1998,10(2):124~131.
[3] 赵荣椿,赵忠明,崔甦生.数字图像处理导论[M].西安:西北工业大学出版社,1996.202~209.
[4] 江早,刘积仁.分割图形粘连字符的图元屏蔽技术研究[J].中国图像图形学报,1998,3(1):19~23.
[5] 董海卫,江早,王永军.基于矢量化的二值工程图符号提取算法[J].计算机辅助设计与图形学学报,2000,12(4):294~298.

Study on Method for Automatic Extraction of Altitude Information
from Scanned Underwater Topographic Map

CHENG Li-gang ,DING Xian-rong ,YANG Tao

(College of Water Resources and Environment , Hohai Univ. , Nanjing 210098 , China)

Abstract: A method, by which the altitude information of measuring points can be extracted from the underwater topographic map, is presented based on the feature analysis method. The present method is to determine the processes and parameters for the processing of altitude information according to the feature of the point. An algorithm is proposed for the processing of the 1:2000 map and the joints between symbols and lines.

Key words: underwater topographic map; pattern recognition; feature analysis; GIS; image processing