

文章编号: 2095-2163(2019)06-0225-05

中图分类号: TP391.41

文献标志码: A

栅格图像矢量化技术的研究与应用

王敏¹, 陈蕊¹, 黄进², 李若娴², 郑思宇²

(1 四川工商学院, 成都 611745; 2 西南交通大学, 成都 611745)

摘要: 在全国土地调查过程中,土地确权的地块边界选取需要手动点取标定,工作量较大。针对目前栅格影像权属标记存在的效率问题,研究一种栅格图像矢量化技术,提高了土地边界标记的效率。矢量化技术主要包括图像预处理、形态学处理、图像分割、图像矢量化和图像融合过程。栅格矢量化技术在土地调查软件的集成融合,实现栅格矢量化技术的应用转化,可大幅度提高土地影像栅格矢量化工作效率。

关键词: 栅格图像; 遥感图像; 矢量化技术; 图像分割; 轮廓提取

Research and application of raster image vectorization technology

WANG Min¹, CHEN Rui¹, HUANG Jin², LI Ruoxian², ZENG Siyu²

(1 Sichuan Technolgh an Business University, Chengdu 611745, China;

2 Southwest Jiaotong University, Chengdu 611745, China)

[Abstract] In the process of national land survey, manual point demarcation is needed in the process of land boundary selection, which is a heavy workload. Aiming at the problem of the efficiency of the ownership labeling of raster image, a raster image vectorization technology is studied to improve the efficiency of land boundary labeling. The vectorization technology mainly includes image preprocessing, morphological processing, image segmentation, image vectorization and image fusion. The integration of raster vectorization technology in land survey software and the application transformation of raster vectorization technology can greatly improve the efficiency of raster vectorization of land image.

[Key words] Raster image; remote sensing image; vectorization technology; image segmentation; contour extraction

0 引言

在第三次全国土地调查过程中,利用遥感测绘、地理信息等传统技术,以正射影像为基础,全面掌握地类分布及利用状况,建立互联共享的地类、范围、面积和权属为一体的土地调查数据库。在土地确权工作的地块边界调查操作时,需要投入大量的人力去核查和记录。虽然当前已出现一些标记土地边界辅助软件,可帮助专业人员提高工作效率,但是在土地框选过程中还是需手动点取每一个地块边界来完成标定,特别在不规则的边界区域时,需要多次点击才能完成操作,整体工作量大。土地调查基础地图数据通常为栅格影像,为了能够实现地块区域的快速的自动框选,重点研究了一种栅格图像矢量化技术并将该技术与土地调查软件的集成融合,实现栅格矢量化技术的应用转化,大幅度提高土地影像栅格矢量化工作效率。

1 总体方案设计

方案针对国土调查中航拍所得的栅格图像,栅格图像是在空间及亮度方面都经过离散化的图像。反映图像的方式是记录图像的每个黑白或彩色像素,栅格数据结构是由行、列确定位置的像元阵列,栅格图像与分辨率有关。将其作为源图像,进行矢量化处理,选取所感兴趣的土地区域,获得源图像后,未对其进行过相应的处理,且所需进行操作的区域属于源图像的一部分。因此,根据实际图像的质量,选择设计其整体矢量化过程如图1所示。

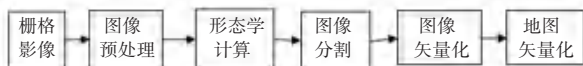


图1 整体矢量化过程

Fig. 1 Global vectorization process

1.1 图像预处理

栅格图像中通常包含大量的冗余信息、图像噪声等对后续图像处理造成不良影响。为了从原始航拍光栅图像中提取有利于研究和使用的信息,首先

基金项目: 四川教育厅《栅格图像矢量化技术在国土资源大数据中的研究与应用》(18ZB0371)项目支助。

作者简介: 王敏(1984-),男,硕士,副教授,主要研究方向:深度学习、数据处理。

收稿日期: 2019-08-15

需要图像预处理,降低冗余信息与噪声在所研究图像中占据的比例。图像预处理包括灰度化、噪声滤除、图像增强以及二值化四个步骤,如图2所示。其中灰度化处理,可以剔除大量冗余图像信息,在保证有用信息完整性条件下实现对图像的信息简化。噪声滤除,尽量减少图像噪声在源图像中的比例,降低其对有用信息的干扰。图像增强,可以改善图像的视觉效果,将图像转换为更适合机器进行自动分析或人眼观察的形式,二值化,用于保留源图像中所需的主要线划特征。

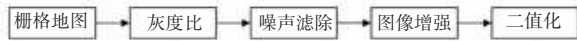


图2 图像预处理流程

Fig. 2 Image preprocessing flow chart

1.2 形态学操作

栅格地图经过预处理后的图像,可见其各个区域的边缘已被清晰描绘,个别区域内部受之前边缘增强操作的影响,存在一些黑色的小区域,这将对后期的图像分割操作带来不利影响。此外,区域的边界线并不是实线,存在一些白色孔洞,如图3所示,亦需要被去除,而使边界描绘地更加准确。针对以上问题考虑采用形态学操作的方法来解决,数学形态学中膨胀(Dilation)、腐蚀(Erosion)为最基本运算,诸如形态梯度和高帽变换、开运算、闭运算之类的复杂操作基于腐蚀、膨胀这两种基本运算。

分析经开、闭运算操作后所得图像不理想的原因,在于某些受边缘增强操作影响区域内部的黑色小区域较为密集,在开运算操作时,密集黑色小区域被连接为一个整体,随后闭运算并不能对较大的黑色区域进行去除。因方法虽然在理论上可行,但对于本文所研究的对象,并不能达到良好的效果。对于二值化图像去除白色孔洞与去除黑色小区域时所采用的方法本质上是相同的,可使用同一个函数对两个方面的干扰进行处理。去除白色孔洞时为保留有价值信息,选择采用八邻域的方法进行检测,效果如图3所示,去除黑色小区域时,选择采用四邻域的方法进行检测,效果如图4所示。如果去除黑色小区域时仍采用八邻域的方法,则容易造成区域遗漏,出现靠近边缘的黑色小区域不能被去除情况。在函数运算过程中,为每个像素点设置检验状态标签,对于检查不合需求的像素点进行颜色反转,其效果明显优于常见的开、闭运算操作,且达到消除边界周围区域内部的黑色小区域以及黑色边界上的白色孔洞的目的。



图3 去除白色孔洞

Fig. 3 Removal of white holes



图4 去除黑色小区域

Fig. 4 Removal of small black areas

1.3 图像分割

图像分割是进行图像分析的重要技术,依据图像的纹理、形状、特征灰度、颜色及独特的属性,划分图像中特定区域以实现感兴趣对象的提取。将感兴趣的某一土地区域从整个图像中分离出来,进而对所分离出来的特定目标进行后续矢量化操作。根据研究对象的实际特征,参考对比文献及书籍资料中各种图像分割算法的使用情况,本文采用漫水填充(FloodFill)法实现所选择的感兴趣区域在图像中的分离。以鼠标所点击位置的点作为种子点,然后将与种子点相互连通的区域内像素点,以及邻近区域内符合条件的像素点,即像素点像素值与种子点像素值之差,在最大正差值与最大负差值之间的像素点,均替换为所指定的颜色。具体过程为沿着水平扫描线对像素段进行填充。图像中的各个像素点分为四连通、八连通两种连通特性,需依据实际需求进行设置。四连通区域,即从区域中的任意一点出发,从上、下、左、右四个方向进行填充;八连通区域,其相较四连通区域增加了左上、左下、右上、右下四个方向。

1.4 图像矢量化

经过上述步骤,已经得到与源栅格图像分离感兴趣图像区域,接下来就是以获得所选区域边界点连接成的矢量化边界线为目的,对所选区域进行矢量化操作。

1.4.1 区域优化

被分离出来的图像内部可能有较大的孔洞,要保留白色区域,则该区域内的黑洞是需要删除的目标。为了消除点状黑色孔洞,采用形态学膨胀操作实现。与此同时,需要再次进行形态学腐蚀操作,以达到不改变所分离区域的边界走势目的,先膨胀后腐蚀即为形态学操作的闭运算操作,实现效果如图5所示,在OpenCV中可使用morphologyEx函数来实现高级形态学变换。



图5 形态学闭运算操作效果图

Fig. 5 Morphological closed operational effect diagram

对于所选区域内部的点状孔洞处理的效果较好,基本将其全部去除,且区域边缘以及区域面积与原图基本一致。然而区域内部仍然存在着较大的黑色孔洞,在此考虑使用黑色小区域去除的方法,得到图像效果如图6所示。至此,完成了对于被分离出的图像区域优化操作,得到的优化效果较为良好。



图6 去除黑色小区域后的效果图

Fig. 6 Removal of small black areas

1.4.2 边缘检测

为了容易找到所选定区域的轮廓,需要先对其进行边缘检测,将会得到更好的效果,否则后续过程中所检测到的轮廓很可能为不连续的点状。由于之前的操作使得区域边缘发生了可接受范围内的畸变,为达到更好的效果,对现有图像边缘进行平滑操作。此阶段的平滑操作对图像所应呈现的效果要求不高,即用输入图像的核窗口对应像素的平均值,在OpenCV中可以使用blur(src, dst, ksize, anchor)函数来实现均值滤波,需要注意的是dst与src即目标图像与源图像需要具有相同的尺寸及类型,可以使

用Mat::Clone函数来实现此需求。此外,参数anchor具有默认值Point(-1, -1),表示锚点在核的中心,如果点坐标是负值就取核的中心为锚点。边缘平滑和边缘检测过程之后,获得如图7所示效果,即边缘连续且平滑,同时与所分离的区域图像基本一致,可见能够实现期望效果。



图7 边缘检测效果

Fig. 7 Edge detection effect

1.4.3 矢量化操作

在检测到区域的边界之后,获得独立、离散且彼此不相关的各个边界点的无序组合。为了能够实现区域边界的矢量化,该区域的边界必须变为有序点链形式。在此选择轮廓跟踪法进行矢量化应用。轮廓跟踪完成后,需要提取轮廓中的特征点,以便实现特征点的矢量化应用。

(1)轮廓跟踪法。是将图像经过边缘检测所得的线状目标视作连通段,通过对连通段的遍历而将每个连通段的所有像素串接在一起,形成链串式或坐标串。在此过程中需要将成功跟踪的边界点像素坐标记录下来,为之后的矢量化操作做准备。轮廓跟踪算法主要有两类:扫描线轮廓跟踪、Freeman链码轮廓跟踪。

(2)轮廓矢量化。对每个连通段执行Freeman链码轮廓跟踪操作,当连通段中所有像素均被编码时,下一个连通段才进行编码。因此,对分离图像进行编码的过程就是在图像中搜索连通段的过程。在像素被编码之后,使用将编码像素的灰度值置0的方法来避免重复搜索并提高操作效率,而节点像素在其节点域中的所有像素都被跟踪之前不会被置0。至此,图像中所有连通段中的像素点均被去除,为了得到矢量化图形的坐标,需要对链码进行解码。

解码的过程是将所跟踪到的像素点坐标表示出来,由于Freeman矢量链码记录了线划起点的坐标及方向码数字,每个点的坐标自然容易得到。之后需要完成的工作是将每个轮廓的连通段上的像素点用线段连接,图8分别显示了相隔10和50个像素点取样结果线段连接效果。

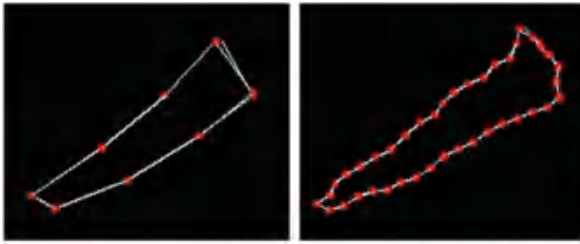


图8 相隔 10 和 50 个像素点取样结果

Fig. 8 Sampling results of 10 and 50 pixels apart

在矢量化过程中,将跟踪到的各个像素点记录在文件中,方便以后对区域边界进行直接绘制。为了存储方便,选取被跟踪的像素点横坐标或纵坐标差为 1 的点进行记录保存。采用的方法能够实现对研究对象的某一区域进行矢量化,通过对图像中跟踪到的每个像素点均加以描绘,多个连通段的跟踪、矢量化效果示意如图 9 所示,将其与源图像相融合,得到如图 10 所示的效果。



图9 矢量化效果示意图

Fig. 9 Vectorization effect sketch



图10 与源图像相融

Fig. 10 Merges with the source image

2 实验结果分析

实验假设人工描绘的地块边界是完全准确的,通过比对人工描绘的边界与图像矢量化后的边界,来确定矢量化结果的准确度。具体实验及分析过程选定国土地块图像中边界清晰、易于人眼分辨的区域,在 Photoshop 中用画笔将其边界描绘出来,并使用油漆桶工具将所绘边界内部填充完整;选取与人工绘制区域相同的位置进行矢量化处理,处理完成后的区域内部用相同的方式进行填充;为图像中的各区域编号,将两种方式获得的填充后的图像输入矢量化方案中的图像分割模块,依次获取各个区域被填充的像素点个数,并计算矢量化结果的准确率。两种方式填充各区域的像素点个数及各区域的矢量化处理准确率见表 1。

表1 矢量化结果分析表

Tab. 1 Vectorization results analysis table

区域编号	人工绘制 区域像素点	矢量化处理 区域像素点	准确率/%	区域编号	人工绘制 区域像素点	矢量化处理 区域像素点	准确率/%
1	1 830	1 796	98.14	6	9 361	9 025	96.41
2	5 230	4 809	91.95	7	14 784	13 346	90.27
3	9 403	8 831	93.92	8	7 773	7 905	98.30
4	6 914	6 264	90.60	9	7 084	7 013	99.00
5	5 609	4 618	82.33	10	3 894	3 529	90.63

个别区域矢量化准确率较低的原因,可以归结为区域内部存在的植被阴影干扰,以及区域内部的地物不统一,使得处理时将其划分为不同的区域。选取的 10 个区域的矢量化准确率平均值为 93.16%,而实验中所选取的区域也具有一定的代表性,因此,可以认为所设计并实现的矢量化方案达到较好效果,可以推广应用。

3 结束语

为了实现国土调查栅格源图像的矢量化,从分析矢量化技术的研究背景与意义,确定进行研究的

主要内容并完成应用平台准备。对于矢量化技术方案研究与设计的核心内容,重点对技术选择与效果对比进行描述。最终确定的矢量化方案可划分为四个部分:图像预处理、形态学操作、图像分割及图像矢量化。对矢量化结果进行分析后,认为其具有很强的可行性及移植性。研究的内容还存在一些可改进或深入研究的内容,如土地栅格图像的干扰项较多且边界清晰度不一致,矢量化方案没有考虑对图像中阴影部分处理,这些问题将在以后的工作中继续完善和改进。

(下转第 233 页)