

基于不同结构元素的地物边界提取对比实验研究

李 帅, 郭力娜, 曹应举, 王奉林, 王文佩

(华北理工大学 矿业工程学院, 河北 唐山 063021)

摘要:数学形态滤波中结构的大小和形状不同,处理遥感图像获得的效果也不同。为了更好地理解结构元素的大小和形状对图像边界提取效果的影响,通过实验对比法,从简单到复杂地进行了分析。实验结果表明,道路等规则条状地物适合用线形结构元素,房屋等规则或近似规则的建筑物适合用方形结构元素,各项异性不明显的高分影像适合用圆形结构元素;结构元素的尺寸越大,损失的细节就越大,但是能去除更大的噪声点。

关键词:数字图像处理;形态学滤波;结构元素;地物边界提取

中图分类号:TP79 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-349X(2018)03-0014-06

DOI:10.16160/j.cnki.tsxyxb.2018.03.004

A Comparative and Experimental Research on Object Edge Extraction Based on Different Structural Elements

LI Shuai, GUO Li-na, CAO Ying-ju, WANG Feng-lin, WANG Wen-pei

(School of Mining Engineering, North China University of Science and Technology, Tangshan 063021, China)

Abstract: In mathematical morphological filtering, different structural sizes and shapes lead to the different processed remote-sensing images. A study on the effect of the size and shape of the structural elements on the image edge extraction is carried out successively through experimental comparison. The results show that roads and other regular strip objects are suitable for linear structural elements, buildings and other regular or approximately regular objects are suitable for square structural elements, and various irregular high-resolution images are suitable for circular structural elements. The larger the size of the structural element is, the greater the loss of details is, but more noise points can be removed.

Key Words: digital image processing; morphological filtering; structural element; object edge extraction

0 引言

近年来,随着遥感技术的不断发展,对图像的识别和提取越来越成熟^[1]。有时可根据实际需要,只需对地物进行增强或者对其边界进行

提取即可^[2]。应用数学形态学对地物进行增强或边界提取是目前常用的一种方法^[3]。数学形态学的优点主要在于其算法简单有效,对于计算机的要求不高,影像提取的效果连续性较

基金项目:河北省教育厅优秀青年基金项目(YQ2014016)

作者简介:李帅(1993—),女,河北秦皇岛人,硕士研究生,主要从事地信与遥感研究。

好^[4]。它的基本思想是用一定的结构元素去量取图像的对应形状,以达到识别图像、减弱噪声的目的^[5]。在国外此项研究已经很成熟,主要利用数学形态学对图像进行边缘检测、结构分析、形态分析、骨架化、纹理分析、图像恢复重建等处理,但在国内此研究才刚刚起步^[6],研究热点集中在遥感图像中道路和边缘提取方面。例如,安如等使用开、闭运算对遥感图像进行去噪处理来达到提取道路的目的^[7];汪夕明在其硕士论文中利用结构元素形态的变化,将道路在直线特征上进行了增强和减弱^[8];邓培荣将数学形态作为研究道路提取准确性的一部分^[9];王鹤智等通过对遥感图像阈值的分割和结构元素的应用,对乌兰布和沙漠地区的遥感影像进行了分析,并且通过提取边缘后的图像与原始图像进行对比,验证了结构元素对于图像边界提取的可行性^[10]。前人在地物提取方面对于结构元素的应用研究已相当成熟,但是大多是针对线性结构元素,对于其他形态的结构元素及结构元素大小的研究还略有不足。

本研究针对同一幅图像,通过设置不同结构元素的形状和大小,分析结构元素对特定地物边界提取的影响,由此总结地物提取中的一般规律,为后续的地物提取提供参考。

1 数据与方法

1.1 研究数据

选取一些比较容易发现规律且结构简单的图形,初步发现规律后再截取部分高分影像图进行验证,以便进一步发现规律。所以本研究的一些数据都是二值图像。

1.2 研究方法

1.2.1 数学形态滤波

在遥感图像处理中,数学形态的基本元素包括腐蚀、膨胀、开运算和闭运算^[11]。它们之间的互相关系是:膨胀可以看作是腐蚀的对偶运算;先对图像进行腐蚀滤波,然后再进行膨胀滤波,可以达到与开运算类似的效果;先对图像进行膨胀滤波,然后再进行腐蚀滤波,可以达到与闭运算类似的效果。其具体功能见表1。通过这些基本元素的处理,可以使遥感影像的某

些边缘得以凸显或者某些噪声得以滤除。

表1 数学形态滤波及其功能

滤波类型	功能作用
腐蚀	在图像中消除比结构元素小的像元。腐蚀之后,物体“瘦”了一圈,但整体还保持原来的形状,腐蚀能够消融物体的边界。但是,当结构元素大于图像物体本身时,腐蚀操作甚至能够使图像中的物体完全消失
膨胀	在图像中填充比结构元素小的孔。二值图像被结构元素膨胀之后,物体的边界明显扩大,但总体上保持了原来的位置和形状
开运算	用于平滑图像边缘、打破狭窄峡部、消除孤立像元、锐化图像最大最小值信息
闭运算	用于平滑图像边缘、融合窄缝和长而细的海湾、消除图像中的小孔、填充图像边缘的间隙

1.2.2 结构元素形状和大小的选择

在对二值图像进行形态学去噪操作时,结构元素的形态选取非常重要。应该根据实际的应用需求,结合不同形态学操作方法的特点选择特定的操作方法,在仔细分析操作对象的基础上选择结构元素,既要根据实际情况选择合适形状的结构元素,又要兼顾结构元素的大小。选择结构元素时一般要注意两个原则:结构元素有凸性;结构元素在几何结构上比原图像简单且有界。

2 实验对比与分析

研究采用结构元素的不同形状、大小,分别通过腐蚀、膨胀、开运算、闭运算4种数学形态滤波进行影像的实验处理。实验流程见图1。

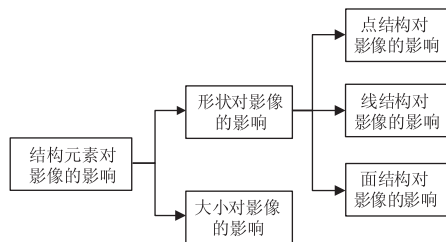


图1 实验流程图

2.1 结构元素形状对地物边界提取的影响

结构元素本身具有一定的形态(如点、线段、菱形等),其作用相当于一个“探针”。在图像中不断移动结构元素,便可考察出图像各部

分之间的关系,采用不同的结构元素可以得出不同的结果。结构元素在图像的形态分析中起着重要的作用。无论使用哪种形态运算,其结果都与结构元素矩阵的取法有很大关系,对于不同的图像、不同的研究目标,应该取不同的结构元素矩阵,有时甚至要取不同尺度的多个结构元素矩阵。图 2 是几个简单结构元素的介绍。

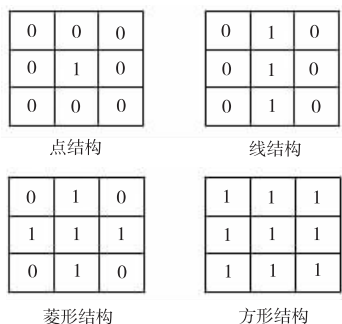


图 2 简单结构元素

2.1.1 点元素结构矩阵

点结构元素矩阵又称单结构元素矩阵,将点结构元素放在矩阵的中心位置,对简单图像进行腐蚀和膨胀运算,并与原图进行对比,发现进行腐蚀、膨胀后,实验图像的形状和位置都没有改变,如图 3 所示。同样的点结构元素在矩阵的中心位置时,对该简单图像进行开运算和闭运算,发现方形的边角处发生了细微的变化,但是位置和大小基本没变化。点结构元素的原图和进行开运算后的图像对比结果见图 4。所以,当结构元素为点且该点在矩阵的中心位置时,对图像进行腐蚀、膨胀、开运算和闭运算操作时基本不对图像产生影响。



原图

腐蚀后

图 3 点结构元素在矩阵原点时
腐蚀前后对比图

当点结构元素不在矩阵原点时,对该图像再一次进行腐蚀、膨胀、开运算和闭运算操作。实验证明,原图与开、闭运算处理后一样,说明

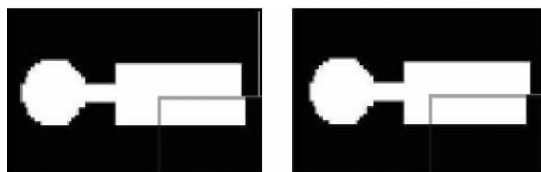


原图

开运算后

图 4 点结构元素在矩阵原点时
开运算前后对比图

开运算与闭运算不起作用。将腐蚀、膨胀后的图像与原图进行对比,结果见图 5,从对比的结果观察,发现膨胀可使图像按此元素的坐标平移,腐蚀可使其反向平移,但是图像的形状没有改变。且这两种运算只能使图像平移,而不能使图像旋转。所以,当点结构元素不在矩阵的原点时,开运算和闭运算对其没有影响,但是腐蚀和膨胀后图像相当于平移了若干个像素。



腐蚀后图像与原图

膨胀后图像与原图

图 5 点结构元素不在矩阵原点时
腐蚀、膨胀前后图像对比

由于运用点结构元素进行图像处理时,处理前后的图像没什么变化或变化不大,对于噪声也没有减弱,因此单元素矩阵通常没有实用性。

2.1.2 直线形结构元素矩阵

直线形结构元素是仅仅大于点结构元素的一种有方向性的结构元素,一般用于处理有一定方向性的影像,尤其是对水平方向和垂直方向的地物的提取与去噪。本研究截取了某小区的一部分高分影像,用水平和垂直方向的直线形结构元素分别对该影像进行开运算、闭运算的处理,发现开运算、闭运算对于提取地物边界的变化趋势相同。以开运算为例,其处理结果见图 6。

由实验结果发现:原影像中小区的形态是均匀的方块状,不存在单一的方向结构;用垂直方向的线形结构元素进行开运算处理后,发现



图6 不同线结构对地物边界提取的对比

整幅影像像是被竖直拉伸了一样,凸显竖直结构的地物,比如每个楼顶的竖直屋檐很清晰;同理,用水平方向的线形结构元素进行开运算处理后,整幅影像凸显水平方向的地物,比如楼顶的水平屋檐和水平道路很清晰。所以,对有方向性的地物进行提取或者增强时,一般选择线形的结构元素。为了说明其正确性,用一幅高分影像以开运算为例,对该图像中水平方向的地物用水平线性结构进行提取(图7)。经过对比可以看出,原图中楼房的窗户及小区门口的砖瓦地边界不明显,经水平提取后,这两类地物水平边界突出,验证了结论的正确性。

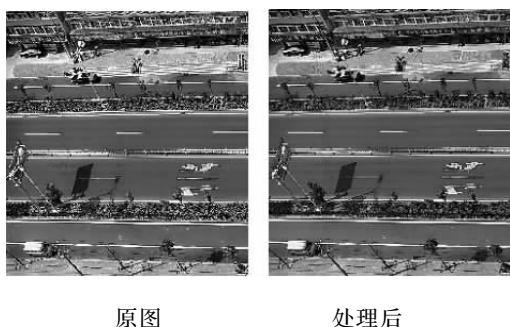


图7 线形结构元素对地物提取结果的验证

2.1.3 团形结构元素矩阵

团形结构的结构元素矩阵,从本质上可以看成是由多个线形结构矩阵叠加而成。同一个图像,结构元素形状不同时,其形态学操作结果也不一样。所以结构元素形态的选取十分关键。为了证明团形结构元素形状对图像处理的影响,以开运算为例(虽然运用开运算、闭运算、腐蚀和膨胀对图像进行处理后的结果不一样,但是结构元素对4种运算的影响规律大体相似,为了清楚方便地解释其中的规律,所以以开运算为例进行说明),对一个简单的二值图像分别运用 5×5 的方形和菱形的结构元素进行图像处理,结果如图8所示。



图8 不同团形结构元素进行开运算前后图像对比

从图像处理结果来看,结构元素是方形时,开运算后的图像仍为矩形;结构元素是相同大小的菱形时,开运算后的图像为一个近似的八边形。另外,对其他圆形、菱形的影像分别进行腐蚀、膨胀和闭运算处理实验,发现只要是团形结构元素不一样,数据处理后的影像也不一样。

以上说明了不同的团形结构元素会对影像处理产生不同的影响,为了进一步探讨团形结构元素矩阵的形状对图像的影响程度和影响规律,以开运算为例,选取一部分相对复杂的实物高分影像,运用大小相同但形状不同的团形结构元素进行处理(结果见图9),分析其作用效果。

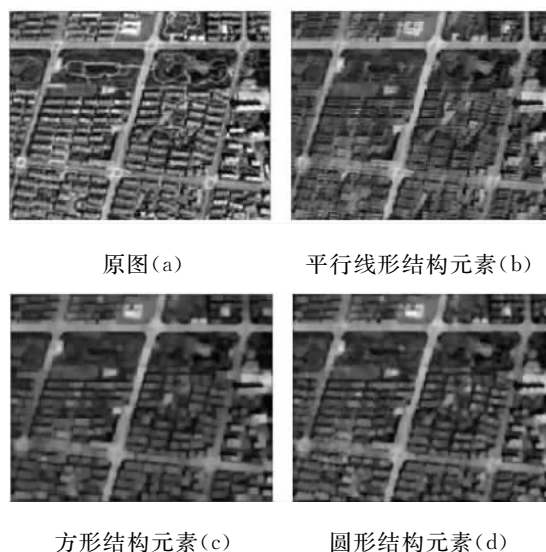


图9 团形结构元素应用实例

根据实验结果可以看出,图9(b)中的影像凸显的是一些水平方向的地物,且都抽象为线形,最终的结果是使整幅影像中的水平道路愈发清晰,所以线形结构元素适合对相应方向的道路等线状物进行提取和加强;图9(c)中影像运用方形结构元素进行处理,结果凸显的是规则的方形或者矩形建筑物,说明方形结构元素适合对方形建筑物进行提取和加强;图9(d)中

的影像运用圆形结构元素进行提取,其处理结果是所有的建筑物的边界都变得更大,所以对于像元之间不存在明显的各项异性的高分遥感影像而言,想在兼顾到各个形状的地物提取总体信息的情况下,各项同性的圆形结构元素比较符合要求。

2.2 结构元素大小对地物边界提取的影响

形态学操作结果不仅受结构元素形状的影响,也受结构元素大小的影响。以开运算为例,

选择 3 个正方形结构元素,大小分别为 3×3 , 9×9 和 15×15 ,对简单图像进行开运算操作,结果如图 10 所示。从图 10 中可以看出,结构元素的大小对图像的细节保留和噪声的去除程度有很大的影响。为了更为具体地探究结构元素大小对影像的影响程度,运用高分遥感影像进行进一步实验。在高分影像中,分别用 5×5 , 9×9 , 13×13 的正方形结构元素进行开运算和闭运算操作,结果如图 11 和图 12 所示。

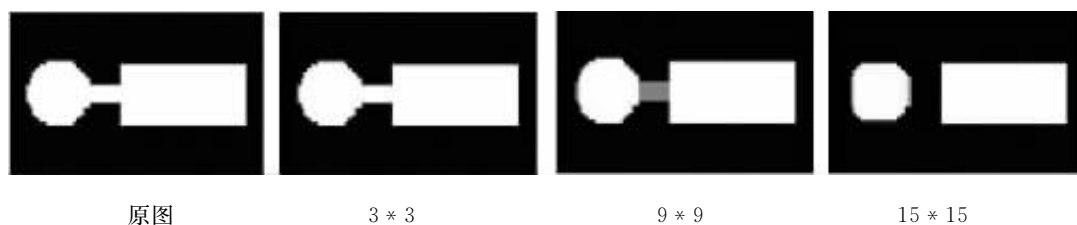


图 10 结构元素大小在简单图像开运算中效果对比

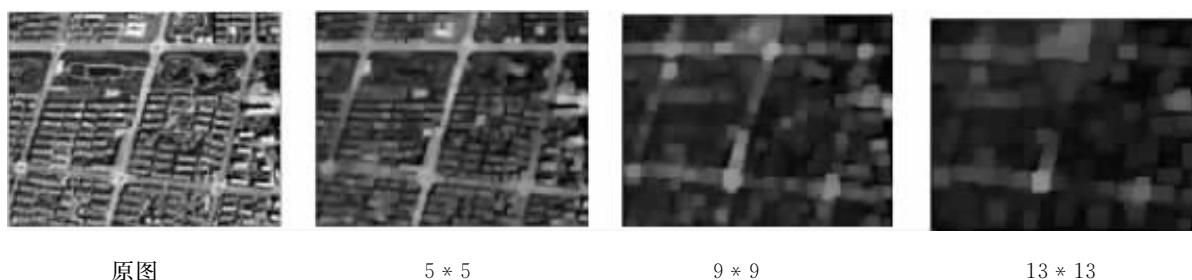


图 11 结构元素大小在高分影像开运算中效果对比验证

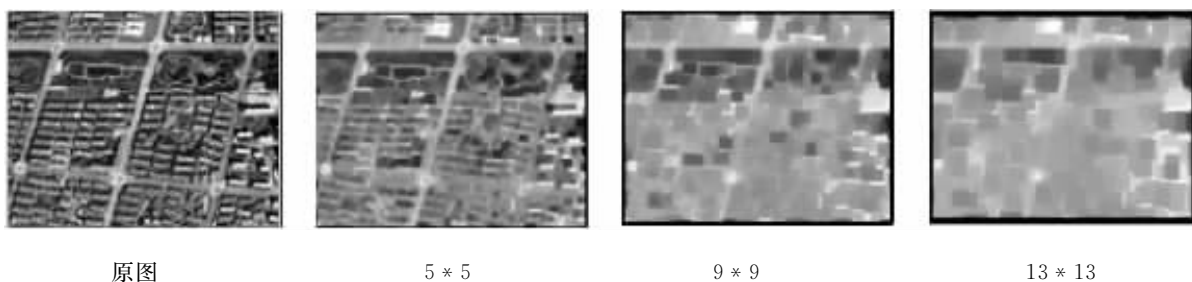


图 12 结构元素大小在高分影像闭运算中效果对比验证

通过前述的多次实验表明,单纯地从运算速度上来看,操作时间与结构元素的尺寸成正比, 3×3 的结构元素运算速度最快,通过分解结构元素可以减少计算的时间。结构元素的尺寸一般可以选择 3×3 , 5×5 和 7×7 或更大,由于结构元素的大小不同,提取的图像边缘特征也不同。综合图 11 和图 12 来看,发现处理图像的结构元素尺寸越大,图像细节的损失也越多。两图中 13×13 的图像,影像细节损失非常

明显,同时它们又滤出了较大尺寸的噪声点。所以对影像进行处理时,结构元素尺寸的选取应该结合该影像的重要细节和噪声而定,需要经过多重实验,选取既可以保留必要细节又可以滤除较多噪声的元素尺寸。

3 结论

本研究的过程是先对简单图像进行处理,发现规律后再以复杂图像进行进一步操作,以得出更为系统的结论,并验证前面实验结论的

正确性。这种由浅及深的方法,适合数据量大的遥感数据。

对于具体的数学形态学操作方法,结构元素的选择至关重要,应该根据实际的应用需求,对结构元素的选取有一个大致预测。线状地物应该选择线形结构元素,规则方形地物应该选择方形结构元素,各项异性不明显的高分影像适合应用圆形结构元素。根据所需提取对象和背景噪声的形状特征,选择合适形状和大小的结构元素。

本研究只是对多种形状的地物进行了简单验证,设置的阈值都是通过多次实验确定的。想要得出一个可以确定阈值的算法,还需要继续深入研究。

参考文献:

- [1] 李美玲,付慧,王晓晶,等. 高分辨率遥感影像道路提取[J]. 遥感信息,2016,31(2):64-68.
- [2] 孟伟灿. 遥感影像水域边界智能化提取方法研究[D]. 郑州:解放军信息工程大学,2012.
- [3] 耿帅. 基于数学形态学的图像去噪[D]. 济

南:山东师范大学,2012.

- [4] 郑亚惠. 基于超图与数学形态学的灰度形态学新算子[D]. 西安:西安电子科技大学,2016.
- [5] 潘建平,邬明权. 基于数学形态学的道路提取[J]. 计算机工程与应用,2008,44(11):232-240.
- [6] 肖大雪. 浅析数学形态学在图像处理中的应用[J]. 科技广场,2013(5):10-19.
- [7] 安如,冯学智,王慧麟. 基于数学形态学的道路遥感图像特征提取及网络分析[J]. 中国图像图形学报,2003,8(7):798-804.
- [8] 汪夕明. 遥感影像道路提取方法研究与实现[D]. 北京:清华大学,2011.
- [9] 邓培荣. 高分辨率遥感影像的道路提取方法研究[D]. 西安:西安科技大学,2017.
- [10] 王鹤智,刘兆刚. 阈值分割和数学形态学在遥感图像边缘提取中的应用[J]. 森林工程,2009,25(2):9-12.
- [11] 张云英,汪金花,陈晓婷,等. 面向对象的高分影像城市绿地精准提取方法研究[J]. 矿山测量,2016,44(2):76-79.

(责任编辑:李秀荣)

(上接第10页)出的设计方案是可行的。今后的研究工作会进一步提高系统可靠性和可维护性,优化人机交互界面。

参考文献:

- [1] 朱锦,雷娟娟,陈福才. 基于 CGI 的嵌入式

Web 服务器的设计与实现[J]. 电子设计工程,2016,24(19):191-193.

- [2] 宋璐,汪贵华,华斯亮. 基于 ZigBee 技术的局域通讯系统设计[J]. 电子设计工程,2017,25(20):97-100.

(责任编辑:李秀荣)