

基于 DSM 与阴影的彩色遥感影像建筑物提取

高春霞, 谢明鸿, 宋纳

(昆明理工大学 信息工程与自动化学院, 云南 昆明 650500)

摘要:针对大面积树木阴影的存在,使得利用阴影提取建筑物的结果与实际建筑物数量存在较大差距的问题,结合建筑物 DSM 数据,提出了一种基于 DSM 与阴影的彩色遥感影像建筑物提取方法.通过设定植被分割阈值剔除植被信息的影响,采用 mean-shift 算法对图像进行过分割,提取建筑物阴影区域,结合 DSM 数据处理,得到实际高度的 NDSM 图像,再次提取建筑物进行最终优化.实验结果表明,使用该方法提取建筑物比只根据阴影提取建筑物精度有所提高、形状较为规整,更接近实际地物.

关键词:DSM;NDSM;彩色遥感影像建筑物提取

中图分类号:TP751 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2015.5/6.022

Building extraction from color remote sensing imagery based on DSM and shadows

GAO Chun-xia, XIE Ming-hong, SONG Na

(Faculty of Information Engineering and Automation, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China)

Abstract: In order to solve the problem that there was big gap between result of extracting the building based on shadow and real building number owing to the big area of trees shadow, combining with building DSM data, a new method of building extraction from remote sensing image with colors that based on DSM and shadow was presented. It eliminated the influence of vegetation information by setting the vegetation segmentation threshold. It extracted the shadow area of building from image partitioned by the mean-shift algorithm. It got the NDSM image that included actual height by processing of DSM. Then it extracted the building again and optimized extraction. The result indicated that this method improved precision to some extent than only according to the shadow for building extraction and the experiment configuration was more regular and closer to real surface features.

Key words: DSM;NDSM;building extraction from color remote sensing imagery

0 引言

建筑物是遥感影像中重要的人工地物之一,快速地从遥感影像中提取建筑物,对城市 GIS 数据更新、城市规划、环境监测、防灾救灾、农业发展等具

有重要的意义.但是,由于建筑物屋顶采用不同的材料建造,呈现复杂多变的外部形状,并且容易受到周围环境的影响,因而目前对高分辨率遥感影像建筑物的提取并没有形成一套通用的方法与技术,研究者通常要根据具体需求进行相关研究^[1-2].

收稿日期:2015-07-14

基金项目:云南省教育厅科学研究基金资助重点项目(KKJD201403003);云南省省级人培项目(KKSY201403020)

作者简介:高春霞(1989—),女,河南省周口市人,昆明理工大学硕士研究生,主要研究方向为图像处理、模式识别.

通信作者:谢明鸿(1976—),男,云南省昭通市人,昆明理工大学高级工程师,主要研究方向为图像处理、模式识别.

为了在遥感作业中精确提取建筑物,近年来,国内外学者已提出多种基于阴影的建筑物提取方法. H. Liu 等^[3]利用阴影区域在 HIS 模型中 I 值变小、 S 值偏大的特性,创建了用于检测阴影的指数,并利用直方图阈值法成功检测出阴影区域; D. Mehmet 等^[4]在图像过分割的基础上根据阴影区域色调/亮度 (H/I) 值较高而检测出阴影区域; C. Jaynes 等^[5]与 G. D. Finlayson 等^[6]观察到阴影区像素具有低亮度的特点,从而提出相应的阴影检测方法. 上述方法多是在提取相应光谱特征之后通过阈值法获得检测结果的,所提取阴影区域的精度主要依赖于阈值并直接利用阴影区域提取建筑物,而没有考虑建筑物的高度. 当遇到较整齐的树木阴影可能形成与建筑物阴影相似的形状特征、一些特殊材料房顶可能被误分为阴影时,都会造成建筑物目标信息的误检漏检. 鉴于此,本文结合 DSM 数据,提出了基于 DSM 和阴影的彩色遥感影像建筑物提取方法,以期降低非阴影区域带来的建筑物区域误检,更精确地提取出建筑物轮廓.

1 技术路线

通过设定植被分割阈值,剔除植被. 采用 mean-shift 分割算法对图像进行过分割,在此基础上提取建筑物阴影区域,根据建筑物与其阴影区域的空间关系,借助光照方向推出建筑物的大概位置,而后结合对 DSM 数据的处理得到实际高度的 NDSM 图像. 其具体流程见图 1.

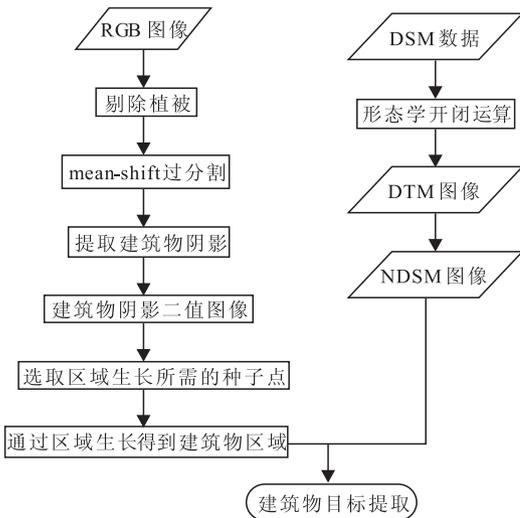


图 1 基于 DSM 与阴影的彩色遥感影像建筑物提取流程图

1.1 植被检测

真彩色图像包含的信息比较丰富,直接对其进行阴影提取,干扰因素特别大,提取的阴影区域中可能包含植被信息. 因此,先剔除植被信息再进行过分割,最后提取建筑物阴影,可有效避免植被干扰. 在 RGB 影像上,采用在一幅图像上截取多个植被样点图,并对样点图的 RGB 分量直方图进行分析. 通过分析多幅样点图 RGB 分量的直方图,最终得出植被 RGB 分量的分布范围. 确定植被分割阈值,进行植被提取.

1.2 建筑物阴影提取

阴影提取是在过分割的基础上进行的,采用 mean-shift 算法实现遥感影像过分割. 根据遥感影像中阴影亮度低和色度增强的特性,采用 H/I 值来提取阴影. 主要实现过程是:获取彩色遥感图像的 RGB 值,根据转换公式计算出 HIS 的值,设置参数,生成阈值图像. 将其与原图像相与便可检测出建筑物阴影区域.

RGB 色彩空间与 HIS 空间之间的转换关系^[7]:所有归一化到 $[0,1]$ 范围内的 R, G, B 值对应的 H, I, S 分量计算公式如下.

$$H = \begin{cases} \arccos \left\{ \frac{(R-G) + (R-B)}{2 \sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right\} & B < G \\ 2\pi - \arccos \left\{ \frac{(R-G) + (R-B)}{2 \sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right\} & B > G \end{cases}$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} \min(R, G, B)$$

$$I = (R+B+G)/3$$

这里值得注意的是,当 $S=0$ 时,表示无色,此时的 H 是没意义的,定义为 0. 此外,当 $I=0$ 或 1 时,对 S 进行讨论也无意义.

1.3 阴影区域边界提取

设阴影二值图像 I 中 (x, y) 处像素点的值为 $f(x, y) \in \{0, 1\}$, 阴影区域边界图像 I^* 可以表示为

$$f^*(x, y) = \begin{cases} 0 & f(x \pm 1, y) = 1 \text{ 且 } f(x, y \pm 1) = 1 \\ f(x, y) & \text{其他} \end{cases}$$

即某像素点的 4 个相邻像素点的取值都为 1, 就将该像素点的取值设为 0; 否则该像素点的值保持不变.

1.4 建筑物目标信息提取

建筑物与其阴影之间是一种确定性的空间相邻关系,当建筑物阴影存在时,建筑物也必然存在,

并且一定出现在其阴影的向阳面方向. 因此, 可以根据建筑物与其阴影之间的关系, 得出建筑物的大致方位, 确定合适的种子点, 使用区域生长方法得到大概的建筑物区域. 首先跟踪和矢量化建筑物阴影二值图像的阴影区边界, 采用 P. Kovesi^[8] 的边界跟踪算法进行阴影区域边界跟踪, 之后进行矢量数据压缩. 在可能是建筑物的候选区域 RoI 内, 选取种子点进行区域生长, 可以得到建筑物的大概轮廓图, 然后根据光照方向, 寻找直角拐点, 以确定候选区域. 确定候选区域图如图 2 所示, 根据种子点进行区域生长示意图如图 3 所示.

候选区域确定后, 首先在候选区域的几何中心选取种子点开始区域生长, 之后平行扩张区域增长得到二值图像, 就得到了建筑物的大致轮廓. 根据候选区域和种子点得到的建筑物轮廓如图 4 所示.

与传统的建筑物提取方法相比, 利用阴影提取建筑物的方法避免了干扰因素的影响, 提高了建筑物目标信息的提取准确度, 但是当遇到树木阴影较

规则时, 上述方法会存在误检漏检的情况. 针对上述问题, 本文采用了一种将 DSM 数据与阴影相结合的方法进行建筑物提取研究.

一般建筑物轮廓比较规则并且具有一定的高度, 因此在 DSM 图像上的对应的区域比周围背景亮, 且有着明显的规则边缘线. 钱韬^[9] 从 DSM 数据中自动提取建筑物, 并对其进行了改进型“标记控制的分水岭”分割, 最终获得所要的建筑物对象. 但是在进行分割时, 阈值难以控制, 后续的过滤工作复杂繁琐. 在文献[9]对 DSM 数据处理的基础上, 本文采用 DSM 和阴影相结合的方法提取建筑物, 根据建筑物阴影区域结合光照方向确定建筑物大概方位, 然后结合 DSM 数据进行建筑物提取. 首先, 从 DSM 中利用形态学算子“开闭运算”提取数字地面模型(DTM), 之后将 DSM 图像与 DTM 图像相减, 就得到反映地物实际高度的 NDSM 图像, 与阴影区域生长法提取的建筑物粗略提取结果相结合进行建筑物提取. 由于建筑物具有一定的高度, 而研究区域

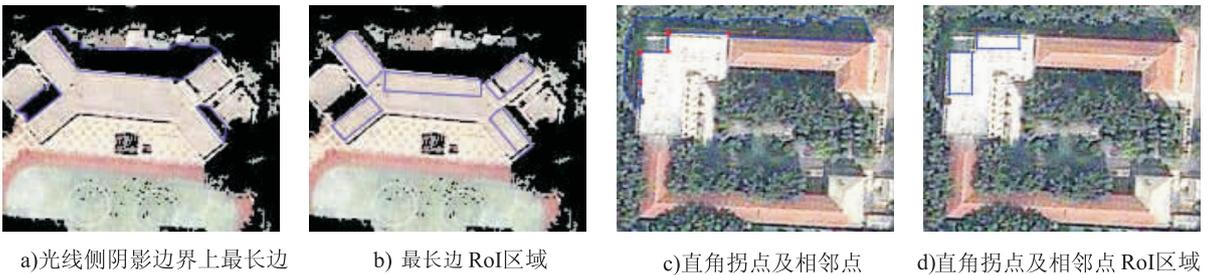


图 2 确定候选区域

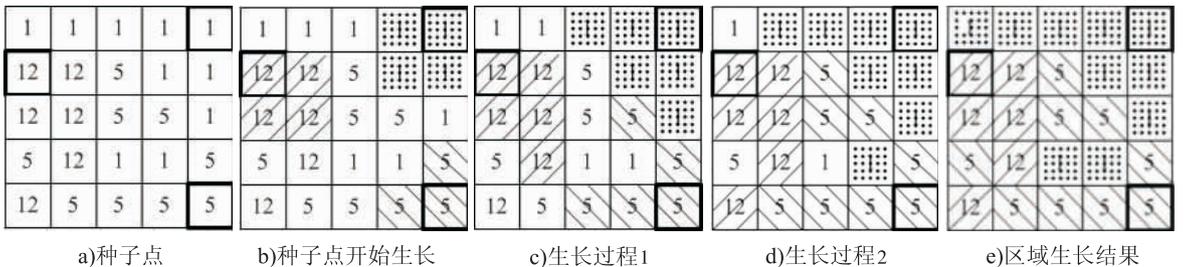


图 3 区域生长示意图

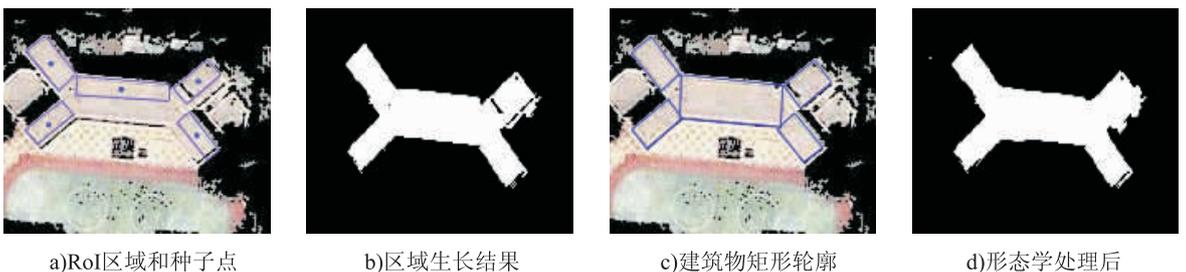


图 4 根据候选区域和种子点得到的建筑物轮廓

道路是一个不闭合的条状物体,没有什么高度信息,通过设置一定高度信息的阈值,可将建筑物目标信息提取结果中误检测的道路滤除.此方法既解决了树木阴影较规则时存在误检漏检,也解决了道路的影响,以及阈值确定带来的误差.

最后利用形态学算法^[10],对建筑物提取结果进行最终优化,主要是剔除图像中像素总数低于设定阈值的斑点.首先进行膨胀运算,选择适当的结构元素,填充空洞;根据建筑物面积大小,选择合适的阈值对图像进行形态学闭运算操作;然后对图像进行腐蚀操作^[11],最终得到精确的建筑物区域.

2 实验结果与分析

本文采用的实验数据为单幅光学遥感影像和单幅 DSM 数据.其中光学数据为彩色 Quick Bird 卫星影像,分辨率为 $0.61\text{ m} \times 0.61\text{ m}$. DSM 数据高度分辨率为 1 m (实际精度为 2 m).图像主要建筑物类型为居民住宅和写字楼,建筑物分布密度比较大.图 5 是由 RGB 3 波段合成的真彩色遥感影像.

遥感影像剔除植被信息后,根据 HIS 图像阴影特性,提取阴影结果如图 6 所示,其中包含的零零散散的斑点并不是所期望的建筑物阴影.根据形态学开闭运算设定阈值剔除斑点,最终提取的建筑物阴影区域结果如图 7 所示.利用阴影检测建筑物区域,采用边界跟踪算法进行阴影区域边界跟踪,之后进

行矢量数据压缩删除冗余数据.根据光照方向以及建筑物与其阴影之间的关系,找可能是建筑物的候选区域.选取区域生长所需的种子点,利用种子点区域生长得到建筑物的轮廓图如图 8 所示.提取结果与原图(图 5)相比,建筑物提取结果中包含了颜色与建筑屋顶相似的部分道路,分别是图 8 中的 1, 2, 3 处.

本文采用的 DSM 数字表面模型如图 9 所示,由于分辨率比较低,建筑物显示效果不是很清晰,只能对其进行处理后结合其他信息进行建筑物提取. DSM 数据经过处理得出 NDSM 影像结果如图 10 所示,与图 9 相比,具有高度信息的建筑物区域明显比周围区域亮,在阴影提取结果的基础上融入 DSM 数据提取建筑物最终结果如图 11 所示.与图 7 只根据建筑物阴影提取结果相比,误提取的三处道路信息已经不存在了,提高了建筑物区域提取的精确度.将提取结果进行优化处理并与原图像相与可得最终结果如图 12 所示,提取的建筑物区域优化后没有斑点、缝隙、变得平滑完整.

传统的只利用阴影提取建筑物的方法与本文方法对原图像建筑物目标个数的提取结果比较见表 1.

由表 1 可知,将 DSM 数据与阴影相结合进行建筑物目标信息提取,可以快速有效地实现建筑物提取,提取结果精度高,较接近实际地物.



图 5 真彩色遥感图像图



图 7 建筑物阴影区域



图 6 阴影提取结果



图 8 基于阴影的建筑物提取结果



图9 数字表面模型 DSM

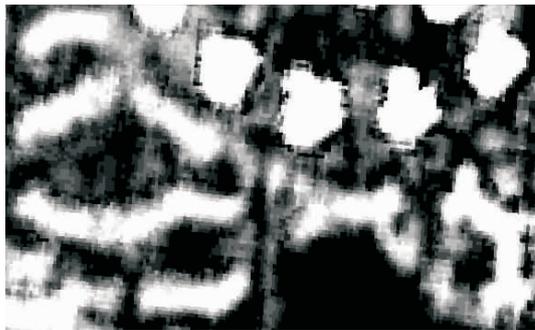


图10 NDSM 影像

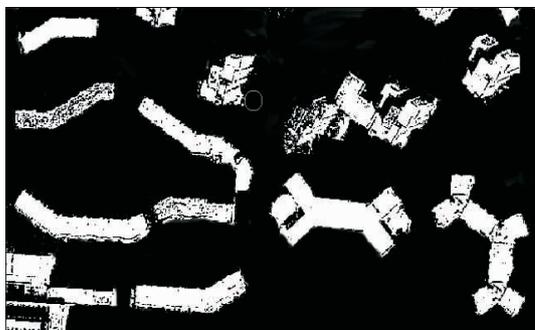


图11 基于 DSM 与阴影图的彩色遥感影像
建筑物提取结果

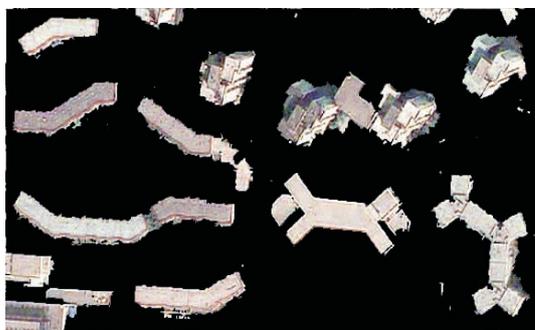


图12 优化后最终结果

表1 两种方法提取结果比较

方法	正确提取	误提取	漏提取	目视解译	正确率/%
基于阴影	15	3	2	20	75
基于DSM 与阴影	18	0	2	20	90

3 结语

本文设计了一种基于 DSM 与阴影的彩色遥感影像建筑物提取方法. 与传统的只利用阴影提取建筑物的提取方法的对比试验表明, DSM 数据与阴影相结合的提取法, 其提取结果精度较高. 但该方法也存在着一些问题和不足, 如建筑物被树木、树木阴影等高大物体部分或者完全覆盖, 会造成阴影误判或无法判断为建筑物阴影, 也就会造成建筑物漏检. 因此还需要参考建筑物的更多相关信息进行深入研究.

参考文献:

- [1] 陶超, 谭毅华, 蔡华杰, 等. 面向对象的高分辨率遥感影像城区建筑物分级提取方法[J]. 测绘学报, 2010, 39(1):39.
- [2] 黎树禧, 宋杨, 李长辉, 等. 利用 DSM 以及彩色遥感航空影像快速提取建筑物目标信息[J]. 测绘通报, 2012(1):33.
- [3] Liu H, Xie T. Study on shadow detection in high resolution remote sensing image based on PCA and HIS model [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2013, 28(1):78.
- [4] Mehmet D, Ugur H, Printed A. Learning-based resegmentation method for extraction of buildings in satellite images [J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2014, 11(12):2150.
- [5] Jaynes C, Webb S, Steele R M, et al. Dynamic shadow removal from front projection displays [C] // proceedings of the Conference on Visualization' 01, Washington, DC: IEEE Computer Society, 2001:175.
- [6] Finlayson G D, Hordley S D, Drew M S, et al. Removing shadows from images [C] // Proceedings of the 7th European Conference on computer Vision, LNCS 2353. Berlin: Springer-Verlag, 2002:823.
- [7] 章毓晋. 图像处理和分析教程[M]. 北京:人民邮电出版社, 2009.
- [8] Kovese P. MATLAB and Octave Functions for Computer Vision and Image Processing [EB/OL]. [2015 - 05 - 14]. <http://www.peterkovese.com/matlabFns/>.
- [9] 钱韬. 从 DSM 数据中自动提取建筑物的方法研究[J]. 测绘与空间地理信息, 2008, 31(6):137.
- [10] Hu R M, Huang X B, Huang Y C. An enhanced morphological building index for building extraction from high-resolution images [J]. Acta Geodaetica et Cartographica Sinica, 2014, 43(5):514.
- [11] 朱忠国, 吕京国. 腐蚀算法在遥感影像建筑物边缘提取中的应用[J]. 城市勘测, 2014(6):17.