DOI:10.19789/j.1004-9398.2015.04.019

高分影像水体信息提取对比研究*

查 力[1,2] 宫辉力[1,2,3,4] 胡卓玮[1,2,3,4] 杜红悦[4]

(1. 首都师范大学资源环境与旅游学院; 2. 三维信息获取与应用教育部重点实验室; 3. 资源环境与地理信息系统北京市重点实验室; 4. 北京市城市环境过程与数字模拟国家重点实验室培育基地, 北京 100048)

摘 要

针对天绘一号卫星高分辨率影像,采用面向对象分类方法对怀柔水库区域进行水体信息提取,在多尺度分割的基础上,统计地物的光谱信息、形状因子和亮度均值等,建立水体信息的特征集,充分利用高分辨率的特点提取水体信息,同时选取了参数相近的 SPOT 和 RapidEye 两幅国外高分影像进行对比研究,使用相同方法进行水体提取,对实验过程和结果进行了对比分析. 针对提取结果,采用野外采样和矢量图分析两种方法综合进行精度评价. 实验制定了适用于天绘影像的水体提取的方法和规则,分析不同因素对分割与分类结果的影响,同时,我们比较了天绘影像与国外同级别高分影像的优劣性,为天绘影像的进一步应用提供了参考.

关键词: 天绘一号,水体,面向对象,对比研究.

中图分类号: P208

0 引 言

自 1999 年美国发射第一颗商业高分辨率卫星 IKONOS 以来,高分辨率遥感卫星因其所带来的巨大军事和经济效益,引起了全球民用与军事领域的重视,各国政府和科研机构竞相研究高分辨率遥感卫星及其应用技术[1]. 我国在商业高分辨率卫星领域起步稍晚于美国、欧洲和日本等国,从 2003 年起先后发射了 CBERS-02B、资源三号、天绘一号、高分一号等搭载高分辨率相机的数颗卫星,满足了国内军事和商业应用方面的需求. 其中天绘一号卫星是我国第一颗军民共用的传输型立体测绘卫星,搭载着三线阵全色传感器(分辨率 5 m)、高分辨率全色传感器(分辨率 2 m)及 4 波段多光谱传感器(分辨率 10 m),可同时获取同一地区的三线阵、多光谱影像,目前针对天绘影像进行特定地物目标信息提取的研究工作并不多见.

水体信息提取方法主要依据水体的光谱特性,利用单个波段或多个波段组合运算,设置阈值,在影像中提取水体的范围. 单波段法利用了水体在近红外波段强吸收性以及植被和干土壤在此波长范围内反射率较高的特性,但在提取过程中易混淆水体和阴影[2];多波段法包括谱间关系法、归一化水体指数(Normal Differential Water Index, NDWI)以及改进的归一化差异水体指数(Modified Normal Differential Water Index, MNDWI)等[2-5]. 考虑到高分影像光谱信息较少,为充分利用其高分辨率的特点,本文采用面向对象分类方法提取怀柔水库区域的水体信息,同时为客观地评价天绘影像的图像质量和应用价值,本文选取了 SPOT 和 RapidEye 两幅国外高分影像进行对比研究,评价三种影像在水体信息提取上的不同表现,为天绘一号卫星影像数据处理和应用研究提供了一定的科学参考[6,7].

1 研究区概况和数据准备

研究区为北京市怀柔地区,位于燕山南麓,北京市北部,地处北纬 40°17′14.02″~40°20′43.13″,东经 116°33′33.00″~116°39′04.04″,除东南部为华北平原北缘的平原区外,其余均为山地. 本文的主要提取目标怀柔水库位于怀柔区城西侧.

本文用到的天绘一号卫星 1A 级影像数据,经过辐射校正处理,SPOT 和 RapidEye 影像均经过几何校正. 三幅影像成像质量良好,故可用来进行对比研究[8-11]. 具体参数如表 1 和表 2.

收稿日期: 2014-03-17

* 国家科技支撑计划课题——天基遥感数据获取与处理系统研发(2012BAH27B00)

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1 三种影像波段范围对比 单位: μm

	天绘	SPOT-5	RapidEye
蓝色	0.43 ~ 0.52		0.44 ~ 0.51
绿色	0.52 ~ 0.61	0.50 ~ 0.59	0.52 ~ 0.59
红色	0.61 ~ 0.69	0.61 ~ 0.68	0.63 ~ 0.685
红边			0.69 ~ 0.73
近红外	0.76 ~ 0.90	0.78 ~ 0.89	0.76 ~ 0.85
短波红外		1.58 ~ 1.75	

表 2 天绘、SPOT5、RapidEye 实验影像参数

	多光谱分辨率	全色分辨率	成像日期	卫星产地
天绘	10 m	2.5 m	2012 年 11 月 28 日	中国
SPOT5	10 m	2.5 m	2008 年 9 月 17 日	法国
RapidEye	10 m	2.5 m	2009 年 6 月 10 日	德国

1A 级天绘影像不含坐标信息,我们以 SPOT 影像为基准图选取控制点,对天绘影像反复校正后以达到与另两幅影像的坐标一致. 三幅影像选取相同区域,其中 RapidEye 影像因原始影像范围限制,裁剪后区域右上角缺少实际像素,但不影响其水体信息的提取. 预处理后影像如图 1,天绘影像的山体阴影和城区建筑阴影都更加明显,阴影和水体的光谱信息十分接近,使水体信息提取时容易混淆; 颜色上来看,Rapideye 假彩色图像色彩饱和度最高,天绘和 SPOT 影像次之.



图 1 预处理后影像(从左至右为天绘,SPOT,RapidEye)

2 研究方法

由于受空间分辨率的制约,传统的遥感影像水体信息提取只能依靠影像的光谱信息,且是在像素层次上的分类; 而高空间分辨率影像虽然结构、纹理等信息非常突出,但光谱信息不足(波段较少),所以仅仅依靠像素的光谱信息进行分类,着眼于局部像素而忽略邻近整片图班的纹理、结构等信息,必然会造成分类精度的降低[11-13]. 面向对象的分析过程是通过将影像中的象元分割为影像对象再来表达空间的地理对象,主要有图像分割和对象分类两个过程构成.

2.1 多尺度影像分割

多尺度影像分割(Multiresolution segmentation)从任一象元开始,采用自底向上的区域合并算法形成对象. 异质性 f 由对象的光谱异质性 h_{color} 和形状异质性 h_{shape} 确定(公式 1),其中形状异质性又由光滑度 h_{smooth} 和紧密度 $h_{compact}$ 组成(公式 2)[18].

$$f = w \cdot h_{color} + (1 - w) \cdot h_{shape} \quad (1)$$

$$h_{shape} = w_{compact} \cdot h_{compact} + (1 - w_{compact}) \cdot h_{smooth} \quad (2)$$

w 为光谱权重($0 < w < 1$),用以表示不同因子对最后结果的贡献值,设置较大的分割尺度意味着更多的象元被合并,生产的影像对象的数量更少,单个对象的面积更大,反之亦然.

考虑到三幅影像的对比研究,分割尺度参数、光谱因子、形状因子选择一致,一共定制了三个级别的标准,分别对影像进行分割,如下表所示.

表 3 分割参数

分割级别	分割尺度	形状因子	紧密度
A	25	0.1	0.5
B	40	0.2	0.6
C	80	0.3	0.7

2.2 分类规则

本文考虑到要同时适用三种影像,对影像的光谱特征、形状特征和亮度均值进行分析,制定提取规则.

1) 归一化水指数

NDWI 是基于绿波段与近红外波段的归一化比值指数(公式 3),比较适用于提取非城市区域的水体,并能一定程度上消除山体阴影对水体提取的影响[2].

$$NDWI = (p(Green) - p(NIR)) / (p(Green) + p(NIR)) \quad (3)$$

2) 形状指数

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

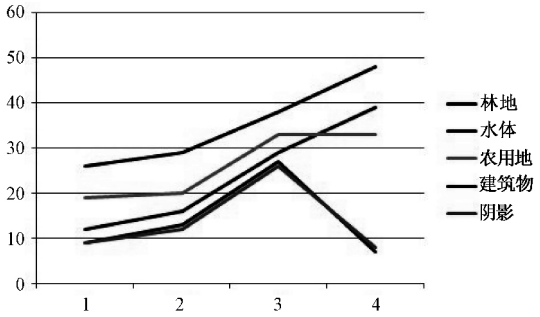


图 2　天绘影像光谱反射图

形状特征是分割对象的一个重要特征,有助于提取不同几何形态地物,包括对象的面积、长宽比、边界长、形状指数、紧致度、圆形度、凸度等信息,观察水体对象的实际参数,我们选取了面积周长比作为指标[20,21](公式 4):

$$L = A^{1/2}/P \tag{4}$$

其中 A 为多边形区域面积,P 为周长. 一般公路目标为长条形,形状指数远大于其他地物; 房屋目标多为规则的方形; 水库的主区域是大面积连续的,周边水域离散分布,其形状指数有其特定范围.

3) 亮度均值.

此处的亮度均值(Brighness)是指每个对象所包含像素的亮度平均值,是由分割之后不同多边形的大小、区域和所含像素数量决定的,在公式中,B_i 为单个像素的亮度值,i 为对象所含像素的编号,n 为对象所含像素的总数(公式 5):

$$\text{Brighness} = \sum_{i}^{n} B_i \tag{5}$$

在规则制定的基础上,观察三幅影像中对象在各个参数方面的具体表现,确定参数标准如下表所示.

表 4　特征集规则

	NDWI	形状指数	亮度均值
天绘	0.24 ~ 0.36	> 7	< 16
SPOT	0.21 ~ 0.27	> 12	< 100
RapidEye	0.40 ~ 0.59	> 4	\

注: RapidEye 对象的亮度均值浮动范围过大,无法确定有意义的参数.

3　实验和结果分析

针对分类结果,我们对照怀柔地区标准地图,并于 2013 年 6 月份进行实地验证,选取了 132 个样本点进行精度评价,结果如下表所示.

表 5　基于样本选取的精度评价表

	天绘	SPOT-5	RapidEye
Water	128	126	122
Unclassified	5	6	10
Sum	132	132	132
Accuracy	0.969 7	0.954 5	0.924 2

在 132 个样本点中,天绘影像有 4 处水域未被提取,1 处被误认为水域,准确率为 96.97%; SPOT 影像有 5 处水域未被提取,1 处被误认,准确率 95.45%; RapidEye 影像有 8 处水域未被提取,2 处被误认,准确率 92.42%. 基于样本选取的精度评价受样本点选取数量和位置的限制,并不能完全客观反映总体精度,我们将提取结果转化为矢量图进一步分析.

从水域的矢量范围图来看,三幅影像都将怀柔水库的主体水域基本提取出来,对实际水域面积覆盖率都达到了 90% 以上,并未受到山体阴影和城区阴影的干扰,水库中央的两个小岛也都得以区分; 在细节表现方面,rapidEye 影像的结果明显优于前两者,水库周边其他几处小水域都准确显示,这与影像分割结果较为密集有很大关系. 我们对水域面积进行计算,天绘影像为 5 537 412.5 m^2,SPOT 影像为 5 398 225 m^2,RapidEye 影像为 5 053 262.5 m^2,根据查找怀柔水库相关资料,其水库面积约为 5 460 700 m^2(不同时节略有变化),三种影像的提取结果对实际水域的面积覆盖分别达到了 101.40%,98.85%,92.54%. 从图中可以看出,天绘影像的误差来源一方面是周边水域的丢失(RapidEye 水域图红框区域),一方面是水库西南角的一片人工湿地因被误分为水体,这是导致提取面积过大的主要原因,由此可见,从较大尺度地物分类的应用角度来看,天绘影像和 SPOT 影像表现较好,提取精度较高,而且计算效率快于 RapidEye 影像,但如果是追求更高精度的分类和信息提取,天绘影像和 SPOT 影像将会发生同谱异物的现象,RapidEye 影像能区分同种地物之间更加细微的差别,考虑到本次实验的提取目标主体为水库,由大面积连续水域构成,分割对象过细会导致特征集规则难以制定,RapidEye 影像的提取精度会受此影响,天绘影像更适用于水库目标的提取,其他地物信息的提取应用有待进一步研究.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

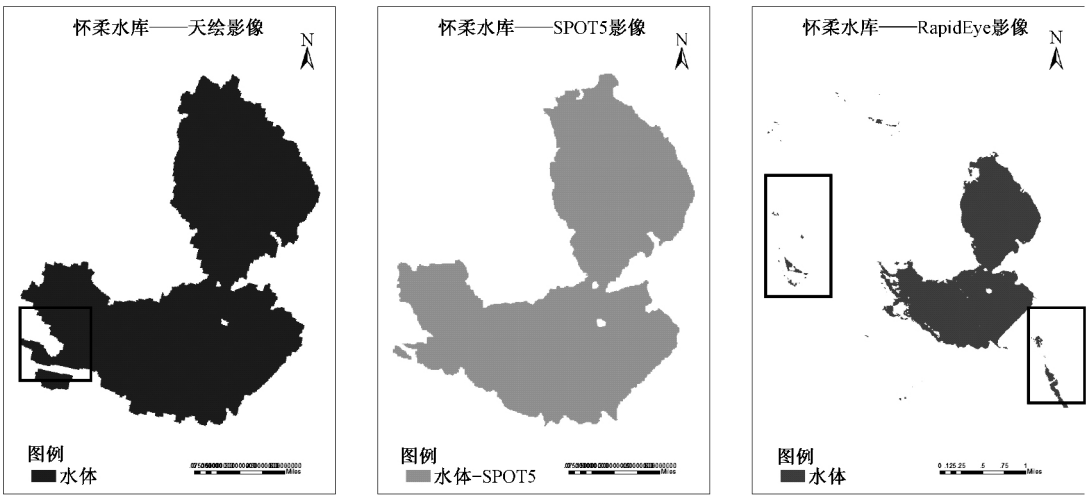


图5 水体提取结果图

4 结 论

天绘一号卫星作为我国发射的第一个立体测绘卫星,其影像较高的分辨率提供了丰富的几何信息,为充分利用高分影像的优势,本文选取面向对象的影像分析方法,对天绘影像、SPOT 和 RapidEye 影像进行水体信息提取,针对不同的影像特点制定了水体特征集,比较分析提取过程及结果. 从最后结果来看,天绘影像的水体提取面积最为接近实际水域面积,在中等尺度上精度较高,但从分割和分类的过程分析,天绘影像的实际分辨率并未达到参数标准,与同级别的 RapidEye 影像相比,细节表现较为模糊,出现漏分现象. 总的来说,面向对象分类方法能准确地提取天绘影像中的水体信息,在一定尺度达到了同级别卫星影像的水准之上,本文针对天绘影像制定的规则集,能识别出影像中超过 99% 的水体信息,消除了阴影对水体提取的干扰,误差主要来自对人工湿地的误分,有待进一步研究提高精度.

参 考 文 献

[1] 汪凌,卜毅博. 高分辨率遥感卫星及其应用现状和发展[J]. 测绘技术装备,2006,8(4):3-5.

[2] McFeeters S K. The Use of Normalized Difference Water Index(NDW I) in the Delineation of Open Water Features[J]. International Journal of Remote Sensing,1996,17(7): 1425-1432.

[3] 徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J]. 遥感学报,2005,05:589-595.

[4] Rundquist D,Lawson M,Queen L,etal. The RelationshipBetween The Timing of Sumer Season Rain fall Events and LakeSurface Area[J]. Water Resources Bulletin,1987,23(3):493-508.

[5] 杜云艳,周成虎. 水体的遥感信息自动提取方法[J]. 遥感学报,1998,2(4): 264-269.

[7] 都金康,黄永胜,冯学智等. SPOT 卫星影像的水体提取方法及分类研究[J]. 遥感学报,2001,5(3): 214-219.

[8] 夏兵,余新晓,鲁绍伟等. 近 15 年怀柔水库流域景观动态变化研究[J]. 林业资源管理,2009,01:70-75.

[9] 夏兵,李少宁,鲁绍伟等. 北京怀柔水库流域土地利用变化及其驱动力研究[J]. 灌溉排水学报,2009,02: 101-103.

[10] 樊承岭. 回顾怀柔水库 50 年[J]. 北京水务,2008,S1:20-22.

[11] Lang S. Object-based Image Analysis for Remote SensingApplications: Modeling Reality-Dealing with Complexity[C]. Object-Based Image Analysis,2008:3-27.

[12] OpitzD, Blundell S. Object Recognition and Image Segmentation: The Feature Analyst approach[C]. Object-BasedImage Analysis,2008:153-167.

[13] 陈云浩,冯通,史培军,王今飞. 基于面向对象和规则的遥感影像分类研究[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2006,04:316-320.

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[14] 侯伟,鲁学军,张春晓,王静. 面向对象的高分辨率影像信息提取方法研究——以四川理县居民地提取为例[J]. 地球信息科学学报,2010,01: 119 – 125.
[15] Tansey K, Chambers L, AnsteeA, et al, Object-oriented classification of very high resolution airborne imagery for the extraction of hedgerows and field margin cover in agricultural areas [J]. Applied Geography, 2009, 29: 145 – 157.
[16] Richard Lucasa, Aled Rowlands, et al. Rule-based classification of multi-temporal satellite imagery for habitat and agricultural land cover mapping [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2007, 62: 165 – 185.
[17] Burnett C, Thomas Blaschke, A multi-scale segmentation/object relationship modeling methodology for landscape analysis [J]. Ecological Modelling, 2003, 168(3): 233 – 249.
[18] DefinienseCognition professional User Guide 7.0, Germany, 2007.
[19] 徐涛,谭宗坤,闫小平. 面向对象的城市水体信息提取方法[J]. 地理空间信息,2010,03: 64 – 66.
[20] 周成虎,骆剑承. 遥感影像地学理解与分析[M]. 北京: 科学出版社,1999.
[21] 骆剑承,周成虎. 遥感影像生理认知概念模型和方法体系[J]. 遥感技术与应用,2001,02: 103 – 109.

The Comparative Research of Water Extraction Based on High Resolution Imagery

Zha Li　Gong Huili　Hu Zhuowei　Du Hongyue

(College of Resources Environment & Tourism, Capital Normal University; Key Laboratory of 3D Information Acquisition and Application of Ministry; Key Laboratory of Resource Environment and GIS of Beijing; Base of the State Laboratory of Urban Environmental Processes and Digital Modeling, Beijing 100048, China)

Abstract

Mapping Satellite-1 is China's first transmission-type stereo mapping satelliteapplied for both military and civilian, it is carrying with high resolution panchromatic sensor (resolution 2m) and 4-band multi-spectral sensor (resolution 10m). Based on Mapping Satellite-1 highresolution imagery, we choose HuairouReservoir(Beijing) as the experimental zone. Object-oriented information extraction technology was used to extract water bodies, based on the result of multi-resolution segmentation, we count spectrum, appearance factor and brightnessof features, after analysis and observation, thenbuild rules of water bodies for Mapping Satellite-1 image to extract water bodies. For comparative research, we also select 2 same level foreign satellite(SPOT and RapidEye) images as comparative data, use the same method to extract water bodies, find and analysis the difference inboth experimentprocess and results amongthree images. Finally, we went to the experimental field select samples in June 2006, then analyze the vector map to access accuracy about the extraction results, Compare to the others, overall accuracy of Mapping Satellite-1 Imagery get better performance in the water extraction, but its details is a little fuzzy in the segmentation, and its main error is misidentification from wetland to water. Generally speaking, the study formulated water extraction method and rules adapted to Mapping Satellite-1 image, and analysis influence of differentfactors for the images' segmentation and classification.

Key words: Mapping Satellite-1, Water, Object oriented, Comparative research.

课题负责人　宫辉力,男,博士生导师,教授,gonghl@263.net

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net