文章类型：论文|刊号（ISSN）：2630-4732 /（中图刊号）：561GL001

多光谱信息视域下的国产测绘卫星影像水体提取技术研究

李进
湖北省国土测绘院
DOI:10.12238/gmsm.v8i4.2240

[摘　要] 环境监测领域,简单高效地获取水体环境信息,是实现环境管控、维持生态平衡的关键所在。伴随着各类卫星遥感及航空航天技术的发展,使用卫星遥感图像提取水体信息,成为研究的热点。卫星测绘图像有着较宽的画幅和较高的分辨率,能够提供大量低成本、高区域性的水体环境影像信息。文章围绕国产测绘卫星的特点及多光谱成像技术原理,以高分二号卫星提供的多光谱数据作为基础,借助波段加权运算的方式对数据信息进行预处理,区分了植被和水体信息,之后通过归一化分析与区域生长法相互结合的方式,完成了水体信息提取。
[关键词] 多光谱信息；国产测绘卫星；水体提取；精细识别
中图分类号：P185.18　文献标识码：A

Research on Water Body Extraction Technology from Domestic Surveying and Mapping Satellite Images in Multispectral Information Field

Jin Li
Hubei Institute of Land Surveying and Mapping

[Abstract] In the field of environmental monitoring, obtaining water body environmental information simply and efficiently is the key to achieving environmental control and maintaining ecological balance. With the development of various satellite remote sensing and aerospace technologies, extracting water body information from satellite remote sensing images has become a research hotspot. Satellite mapping images have a wide frame and high resolution, and can provide a large amount of low-cost and highly regional water environment image information. This article focuses on the characteristics of domestic surveying and mapping satellites and the principle of multispectral imaging technology. Based on the multispectral data provided by the GF-2 satellite, the data information is preprocessed by means of band weighted operation to distinguish vegetation and water body information. Then, the water body information is extracted by combining normalization analysis with the region-growing method.
[Key words] Multispectral information Domestic surveying and mapping satellite; Water extraction Fine recognition

引言

水资源是最为重要的资源，在社会生产和日常生活中发挥着重要作用，快速精准提取水体信息，能够为水资源规划调查、船舶航行以及洪水灾害预防提供良好支撑。不过，受天气条件、植被状况等因素的影响，常规的光学遥感技术和近红外遥感技术在水体信息提取方面，并不能达到理想效果。与之相比，测绘卫星在水体环境影像信息获取方面有着巨大优势，其能够得到具备较高分辨率的宽画幅影像，覆盖区域广，可以为水体提取相关技术的研究提供数据信息支持。

1 国产测绘卫星的特点

近年来，国家越发重视测绘工作，也使得国产测绘卫星的类型和数量不断增加，可以很好地满足从高分辨率到中分辨率的不同尺度需求，卫星的类型包括环境观测卫星、资源调查卫星以及专门为城市规划和地理信息服务的专用测绘卫星等。不仅如此，国产测绘卫星遥感技术也在不断更新，多光谱、高分辨率、高精度定位等技术得到了广泛应用，可以为水体提取等应用提供更加丰富、准确的数据支撑[1]。国产测绘卫星的特点体现在几个方面：

(1)技术成熟。经过长期的发展，国产测绘卫星已经形成了完整的产业链条，有着极高的技术成熟度，每一个环节都有专业的团队和技术支持，很好地保障了卫星运行的稳定性和可靠性。

(2)自主研发。我国在测绘卫星技术方面取得了大量的自主创新成果,拥有自主知识产权,完全摆脱了对于国外技术的依赖,无论是卫星的关键部件还是核心算法,都实现了自主可控,也为我国测绘卫星的长远发展奠定了坚实基础。

(3)应用广泛。国产测绘卫星在很多领域都得到了广泛应用,如国土测绘、城市规划、环境保护等。在国土测绘方面,测绘卫星可以提供高精度的地形数据,保障了土地利用规划工作的顺利实施；在城市规划方面,以高分辨率的卫星图像为支撑[2],规划部门能够准确把握城市建设情况和发展需求；在环境保护方面,测绘卫星能够监测水体和植被等的变化情况,为生态保护提供决策支持。

2 国产测绘卫星多光谱成像技术原理

多光谱成像技术的基本原理,是通过划分多个离散光谱通道,记录地物对于不同波段光的响应情况,依照响应差异实现对于不同地物类型的精准区分,尤其是近红外波段等对水体比较敏感的波段,更是能够有效区分水体和非水体。

近年来,我国发射的很多测绘卫星,如高分系列、资源系列等,都配备有相应的多光谱传感器,这些测绘卫星在波段设置以及空间分辨率方面有着不同的侧重点。例如,高分一号卫星搭载的多光谱相机有4个波段,空间分辨率约为2m,高分二号卫星搭载的多光谱相机同样有4个波段,空间分辨率则达到了0.8m。之所以采用不同的配置,主要是为了满足不同应用场景下的不同需求[3]。

国产测绘卫星多光谱数据的优势十分明显：一是高时效性,可以及时获取最新的水体信息,如在洪灾期间,快速监测洪水水位、淹没范围等的变化。二是高覆盖度,测绘卫星可以实现对大面积水体的观测,获取更加广泛的数据信息。三是自主可控,很好地保障了数据的稳定性和安全性,不会受到国外技术和数据供应的限制。

3 国产测绘卫星影像多光谱信息水体提取技术

以国产高分二号卫星影像为例,研究基于多光谱信息的水体提取技术。

3.1数据源处理

采用辐射定标法搭配波段转换公式,完成定标参数辐射亮度数值的计算,相应的计算公式为

$$L\lambda_{\varpi} = Gain \times (DN + Bias) \tag{1}$$

公式中, $L\lambda_{\varpi}$ 表示某个波段范围内的辐射亮度, $Gain$ 为定标斜率, DN 为卫星荷载观测值, $Bias$ 为定标截距,多数情况下取零。

遥感图像的校正采用了相对法,不需要对实际反射率进行计算,可以将DN作为相应的表征参数,分辨地物本身的反射率[4],使用FLAASH模型弱化气溶胶散射带来的影响,该模型对于水体的辐射亮度更加敏感,配合拟合交叉辐射,能够有效降低波谱的背景噪声。以某河流为例,校正前后的水体反射数值如表1所示。

表1 某河流校正前后水体反射数值

波长/μm	反射数值	
	校正前	校正后
0.5	65	600
0.6	50	1230
0.7	38	1300
0.8	36	1570

考虑测绘卫星获取的数据中,同时包含了多光谱与全色影像,为了避免数据源处理环节出现有效数据丢失的问题,选择了高保真图像融合方式,在融合过程中维持图像原本的色彩和纹理信息。经过全方位的对比分析后,最终选择了CN乘积图像融合算法。如果波段没有融合图像,可以进行数据的直接输出,对于波段范围内的输入波段,则需要基于半峰值,完成波长限定工作。之后,需要从图像反射率、荷载观测值等方面,针对输出图像和融合图像的统一性进行检验,确保数据的单位统一。对于波谱范围和波谱单元的分析,使用了锐化图像,在单元内实施融合计算,完成归一化处理[5]。

经过融合后,光谱图像有着极其稳定的信息特征值,可以将高分二号卫星影像动态范围广的优势充分发挥出来,图像纹理特征清晰完整。对照水体的实际情况,计算特征区域提取的准确度,可以明确,环境植被对于水体识别漏分误差的影响减低了约1.52%,卫星影像识别的总体分类精度提高了约0.82%,说明融合图像在配合卫星影像数据源的情况下,算法精度可以很好地满足环境监测工作的需求。

3.2遥感波段运算

为了能够更好地进行图像地物分析,需要针对遥感图像的信息进行增强,信息增强的方法可以选择频域法,先通过图像分析,确定好相应的变换域,配合傅里叶变换法,对相关参数进行修改转换,转换后,还需要对图像进行反变换,从而获得图间共向信息,降低背景噪声的影响。这里使用红绿波段加权算进行图像处理,实现水体和植被的精准识别与区分。计算公式为

$$Band_{care} = \lambda Band_{red} + (1-\lambda) \times Band_{green} \tag{2}$$

公式中, $Band_{care}$ 表示经过信息增强后的波段像元值, $Band_{red}$ 和 $Band_{green}$ 分别表示近红外波段和绿波波段的像元值, λ 表示转换参数,取值在(0,1)区间。

经过信息增强处理后,可以使用NDVI图像处理系统,开展环境因素分析,依照转换参数,可以将信息增强模式分为初中高三个等级,每一个增强模式又可以分成五个不同的等级区间,具体如表2所示。

表2 信息增强转换参数取值(单位：m)

增强级别	初级增强	中级增强	高级增强
1	0.96	0.92	0.86
2	0.91	0.87	0.81
3	0.86	0.82	0.76
4	0.81	0.77	0.71
5	0.76	0.72	0.66

在经过影像加强计算后,波段信息的区分度得到了明显提升,以近红外波段和绿波波段为主体的参数图提取更加方便,同时也能够提高自动化信息提取和目视分析的精度,使得得到的图像效果能够最大限度地接近实际情况[6]。

考虑到自然水体本身的深度变化相对较大,受地表环境因素的影响程度存在差异,在水体识别环节,需要做好水体分布图像信息共性特征参数的提取工作,将重点放在水体分布图像的占比方面。经过信息增强处理后,数据有着更强的层次性,边界区分的清晰度有了显著提升,也为灰度分割波段处理提供了良好支撑。实践中,结合不同像元范围内灰度图像的特征值,可以针对图像中的一些特定参数实施转换,完成特征提取。

3.3水体信息识别

一般情况下,大面积水域如水库、湖泊等,反射率通常在0.85-0.10区间内,当波长增大时,反射率表现出下降的趋势。依照测绘工程中的经验数据分析,当波长位于730-900nm之间时,水库、湖泊等水体的反射率通常不会超过2.8%,波长达到1000nm以上时,水体的反射率会出现一定程度的升高。与之相比,河流、池塘等水体的反射率更高,反射峰值出现在550nm附近,约为12.5%。河流和池塘两者的反射区间十分接近,很难做出明确区分,而且在多个波段都存在交叉的情况,如果识别体系对精度没有很高的要求,可以不对这两类水体进行明确区分[7]。以水库和河流为例,其各自的光谱特征如表3所示。

表3 水库和河流的光谱特征

中心波段/nm	河流反射率/%	湖泊反射率/%
550	9.2	12.5
600	6.5	7.3
700	3.8	4.9
800	4.0	4.0
900	4.7	3.8

归一化识别参数NDWI的数值区间在(-1,1)中,水体识别参数明显小于植被区域,而水库、湖泊等面积较大且水深较深的区域,对应的NDWI数值一般都为负值,因此可以通过差异化特征分析的方式,确定典型的吸收波段,完成对水体区域的精细化识别。结合经验数据分析,水体吸收特征波段通常集中在近红外波段和红外波段,可以通过计算的方式,获得相应的水体指数,并且在测绘卫星影像中,生成具备单波段特征的图像。

NDWI与MNDWI(改进型指数)、NDII(归一化差异红外指数)在实际应用中,有着各自的优势,NDWI在识别大面积水体方面有着良好的表现,但是对于水体边界细节的提取不够精准；MNDWI引入了中红外波段,对于植被和建筑物有着较强的抑制效果,在城市周边水体提取中,有着突出的优势;NDII在区分水体和植被方面有着一定作用,不过面对复杂背景下的水体提取时,整体效果不如前两者。实际应用中,技术人员需要根据研究区域的特点和需求,选择合适的水体指数,如在山区丘陵地带,因为地形条件复杂,植被覆盖度高,可以选择MNDWI,在平原地区,NDWI能够满足绝大多数情况下的水体提取需求[8]。

4 结语

本研究围绕多光谱信息视域下的国产测绘卫星影像水体提取技术展开,从数据源处理、遥感波段运算和水体数据识别三个方面,探讨了水体提取技术的应用情况。通过辐射定标、光谱融合算法优化数据预处理与校正方法,实现了对水体和植被信息的有效区分。研究结果充分证明,现阶段国产测绘卫星已经具备了支持水体提取的技术能力,未来发展中,可以推动多源数据融合,如结合光学卫星和雷达卫星,规避光照的影响,实现对水体的全天候监测;可以建立起动态化的监测体系,通过基于实践序列的国产测绘卫星数据与时序分割算法的相互结合,建立水体面积和边界变化的动态预警模型,为水资源管理及灾害防控服务。同时,应进一步提升国产测绘卫星在水资源监测、生态保护等领域的价值,为自主遥感技术的业务化应用提供支撑。

[参考文献]

[1]郝李华.基于高分六号多光谱影像的浅海水深反演研究[D].上海:上海海洋大学,2023.

[2]刘彦德.基于深度学习的卫星影像水体提取方法[D].辽宁:辽宁工程技术大学,2023.

[3]周彬,金琦.基于高分三号卫星影像的水体信息提取技术研究[J].测绘与空间地理信息,2021,44(11):137-141.

[4]卞盼盼,周立,张宁.基于深度学习的遥感影像水体提取方法研究[J].测绘与空间地理信息,2024,47(11):25-28.

[5]赵晨曦,胡敬芳,宋钰,等.影像图中水体识别与提取技术研究综述[J].传感器世界,2022,28(8):1-9.

[6]王国华,裴亮,杜全叶,等.针对资源三号卫星影像水体提取的谱间关系法[J].遥感信息,2020,35(3):117-121.

[7]李红林,隋百凯,叶燕萍,等.基于语义分割网络的GF-7号卫星数据水体信息提取[J].大坝与安全,2022(4):50-58.

[8]伊力哈穆江·艾尼弯,孔翠翠,马利刚,等.基于中分辨率影像湿地离散水体提取研究——以新疆阿勒泰科克苏湿地为例[J].安徽农业科学,2022,50(11):50-55.

作者简介：

李进(1992--),男,汉族,安徽省宿松县人,硕士研究生,助理工程师,研究方向：摄影测量与遥感。