

高分一号遥感数据的水体面积监测

周斌¹, 李航¹, 李晶¹, 史宇迪¹, 王嘉琳¹, 张琪¹, 王安庭¹, 郭威²

(1. 辽宁省生态气象和卫星遥感中心, 辽宁 沈阳 110000; 2. 自然资源部第二地理信息制图院, 黑龙江 哈尔滨 150081)

摘要:基于传统的水体面积提取方法, 实现对辽宁本源五大水库的面积提取。同时, 结合汛期前与汛期时降雨情况, 分析降水与水库面积变化的关联性。结果表明, 辽宁五大水库水体面积的变化情况与降水量存在显著关系。

关键词:高分一号; 卫星遥感影像; 水体提取; 降水量

中图分类号: P237 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-5867(2022)09-0013-04

Water Body Area Monitoring Based on GF-1 Remote Sensing Data

ZHOU Bin¹, LI Hang¹, LI Jing¹, SHI Yudi¹, WANG Jialin¹, ZHANG Qi¹, WANG Anting¹, GUO Wei²

(1. Liaoning Ecological Meteorology and Satellite Remote Sensing Center, Shenyang 110000, China;

2. The Second Geographic Information Mapping Institute of the Ministry of Natural Resources, Harbin 150081, China)

Abstract: The traditional water body area extraction method was used and the area extraction of five major reservoirs in Liaoning province was achieved. Meanwhile, the correlation between precipitation and reservoir area changes was analyzed by combining the rainfall before and during the flood season. The results show that there is a significant relationship between the changes of water body area and precipitation in the five major reservoirs in Liaoning province.

Key words: GF-1; satellite remote sensing imagery; water body extraction; precipitation

0 引言

近年来, 生态文明建设成为可持续发展的必然要素, 水资源问题受到各方的关注^[1]。传统的水库水体面积是通过实地测量长度数据计算获取面积, 现如今可以通过遥感的手段进行水体监测, 此种方法不仅省时省力而且可全面地获取大范围内的水体信息。同时, 由于其高时间分辨率特性, 可以实现水资源实时监测^[2-3]。此前, 国外开展水体遥感提取的研究大多数是在陆地卫星(Landsat)^[1]、TERRA 卫星(MODIS)^[4]、法国地球观测卫星(SPOT)^[5]等中、高分辨率的国外卫星影像的基础上进行的, 我国相对于国外在利用遥感影像对水体提取的研究要晚^[6]。2013年4月, 高分一号发射升空, 作为我国高分辨率对地观测系统重大专项天基系统中的首发星, 其具有高空间分辨率、多光谱与高时间分辨率结合的光学遥感技术, 有望获取精度较高的水体面积^[7]。

根据水体的光谱特性, 将水体信息提取方法划分为单波段法或多波段法^[8]。单波段法差值法、谱间关系法和水体指数法利用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获取水体表面面积, 但会出现水体和阴影部分混淆的问题^[6]; 多波段法可分为差值法、谱间关系法和水体指数法, 水体指数包括阴影水体指数(Shadow Water Index, SWI)、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^[9-11]。

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NDWI、阴影水体指数(Shadow Water Index, SWI)以及水体面积变化监测方法提取辽宁省东北及中部地区五大水库的水体变化信息, 同时客观地评价水库的面积与降水量的关系, 对于辽宁省在防汛调度方面具有重要意义。

1 研究区概况和数据源

辽宁省东北及中部地区拥有全国最密集的城市群^[12], 同时也是全省粮食主产区和工业聚集地。全省大部地区的降水将流经汇聚到辽河、浑河、太子河三条省内最大的河流, 三条河流域内的大伙房、清河、桓仁、观音

收稿日期: 2021-09-13

作者简介: 周斌(1983-), 女, 辽宁沈阳人, 高级工程师, 博士, 2013年毕业于中国科学院沈阳应用生态研究所生态学专业, 主要从事高分影像在生态保护方面的应用研究工作。

阁、参窝五大水库对于防汛和抗旱有着举足轻重的作用。
 本文选取 2021 年 7—8 月(汛期)、4—6 月(汛期前)和 2020 年 7—8 月(汛期)覆盖辽宁省大伙房水库、桓仁水

库、观音阁水库、清河水库、参窝水库的高分一号(GF-1)卫星 WFV 影像,具体参数见表 1。

表 1 遥感影像参数

Tab. 1 Remote sensing image parameters

序号	地理位置	名称	时间	卫星	传感器	分辨率(m)
1	抚顺抚顺县	大伙房水库	2021. 7. 27	GF-1	WFV	16
			2021. 5. 18	GF-1	WFV	16
			2020. 7. 26	GF-1	WFV	16
2	本溪桓仁县	桓仁水库	2021. 7. 21	GF-1	WFV	16
			2021. 5. 18	GF-1	WFV	16
			2020. 7. 22	GF-1	WFV	16
3	本溪本溪县	观音阁水库	2021. 7. 27	GF-1	WFV	16
			2021. 5. 18	GF-1	WFV	16
			2020. 7. 22	GF-1	WFV	16
4	铁岭清河区	清河水库	2021. 8. 7	GF-1	WFV	16
			2021. 5. 21	GF-1	WFV	16
			2020. 7. 26	GF-1	WFV	16
5	辽阳辽阳县	参窝水库	2021. 7. 27	GF-1	WFV	16
			2021. 5. 05	GF-1	WFV	16
			2020. 7. 22	GF-1	WFV	16

2 研究方法

本文应用高分辨率卫星资料气象应用软件对影像进行预处理,处理步骤主要包括:大气校正和正射校正。同时用相同坐标系的矢量区域数据裁剪出对应水库的 DOM (Digital Orthophoto Map) 影像图,利用洪涝监测模块中水体提取以及水体面积变化检测方法进行交互识别,提取各水库不同时相 DOM 影像图中的水体变化面积。

2.1 地势平坦区水体信息提取方法

$$NDWI = (R_{green} - R_{nir}) / (R_{green} + R_{nir}) \quad (1)$$

式中,NDWI 为归一化差值水体指数, R_{green} 为绿光波段反射率, R_{nir} 为近红外波段反射率。

归一化差值水体指数参考阈值为 0,当 $NDWI \geq 0$ 时,则为水体。

2.2 丘陵区、山区水体信息提取方法

依式(2)提取水体和阴影混合体信息:

$$R_{nir} / \sin Z \leq C_1 \quad (2)$$

式中, Z 为成像时刻的太阳高度角($^\circ$), C_1 为经验阈值。

在水体和阴影混合体背景上,计算阴影水体指数,区分水体和阴影信息。

$$SWI = (R_{blue} + R_{green} - R_{nir}) / \sin Z \quad (3)$$

式中,SWI 为阴影水体指数, R_{blue} 为蓝光波段反射率。

当 $SWI \geq C_2$ 时,为水体, $SWI < C_2$ 时,为阴影; C_2 为经验阈值。

2.3 水体面积变化监测方法

$$S = n \times S_i \quad (4)$$

式中, S 为水体面积(km^2), n 为水体内像元总数, S_i 为单个像元面积(km^2)。

$$\Delta S = S_m - S_b \quad (5)$$

式中, ΔS 为水体面积绝对变化(km^2), S_m 为评价期

水体面积(km^2), S_b 为对照期水体面积(km^2)。

水体面积相对变化以百分率(%)表示,见式(6):

$$P = \Delta S / S_b \times 100\% \quad (6)$$

3 实验结果与分析

3.1 五大水库水体面积监测

3.1.1 大伙房水库面积监测

选取覆盖大伙房水库的 2021 年汛期前、汛期和 2020 年汛期 GF-1 卫星 WFV 影像,计算获得大伙房水库水体监测面积,2021 年入汛前后大伙房水库水体变化面积及 2021 年和 2020 年汛期大伙房水库水体变化面积,如图 1 所示。经过水体面积计算统计,2021 年 7 月 27 日大伙房水库汛期水体面积为 63.29 km^2 ;汛期前后相比,水体面积减少 0.18 km^2 ,占比 0.28% ;与 2020 年同期相比,水体面积增加 9.84 km^2 ,占比 15.55% 。因此 2021 年大伙房水库汛期水体面积比汛期前略有缩小,比 2020 年同期面积有所增加。

2021年入汛前后大伙房水库高分卫星水体变化图
 2021年07月27日与2021年05月18日比较

2021年与2020年汛期大伙房水库高分卫星水体变化图
 2021年07月27日与2020年07月26日比较

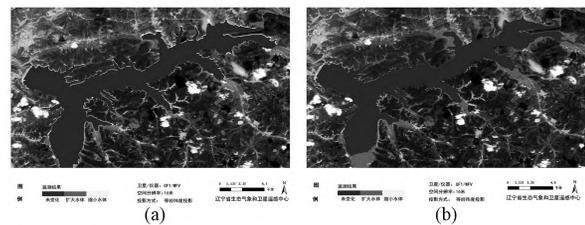


图 1 大伙房水库水体面积遥感监测图

Fig. 1 Remote sensing monitoring map of water area of Dahuofang Reservoir

3.1.2 桓仁水库面积监测

选取覆盖桓仁水库的 2021 年汛期前、汛期和 2020 年

汛期 GF-1 卫星 WFV 影像,计算获得桓仁水库水体监测面积、2021 年入汛前后的桓仁水库水体变化面积及 2021 年和 2020 年汛期桓仁水库水体变化面积,如图 2 所示。经过水体面积计算统计,2021 年 7 月 21 日桓仁水库汛期水体面积为 66.93 km²;汛期前后相比,水体面积减少 5.34 km²,占比 7.98%;与 2020 年同期相比,水体面积缩小 0.08 km²,占比 0.12%。因此 2021 年桓仁水库汛期水体面积比汛期前有所缩小,比 2020 年同期面积略有缩小。

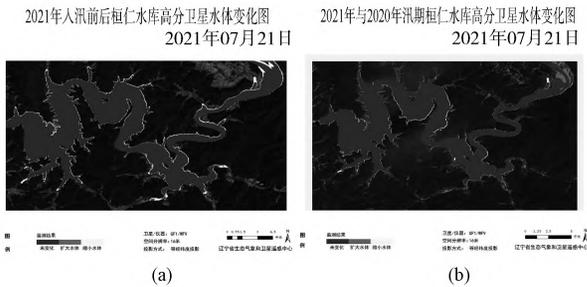


图 2 桓仁水库水体面积遥感监测图

Fig. 2 Remote sensing monitoring map of water area of Huanren Reservoir

3.1.3 观音阁水库面积监测

选取覆盖观音阁水库的 2021 年汛期前、汛期和 2020 年汛期 GF-1 卫星 WFV 影像,计算获得观音阁水库水体监测面积、2021 年入汛前后观音阁水库水体变化面积及 2021 年和 2020 年汛期观音阁水库水体变化面积,如图 3 所示。经过水体面积计算统计,2021 年 7 月 27 日观音阁水库汛期水体面积为 57.62 km²;汛期前后相比,水体面积减少 0.40 km²,占比 0.69%;与 2020 年同期相比,水体面积增加 10.01 km²,占比 17.37%。因此 2021 年观音阁水库汛期水体面积比汛期前有所缩小,比 2020 年同期面积有所增加。

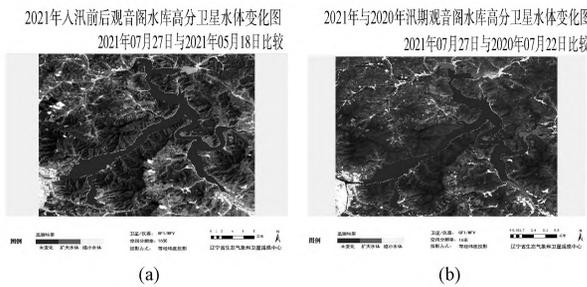


图 3 观音阁水库水体面积遥感监测图

Fig. 3 Remote sensing monitoring map of water body area of Guanyingge Reservoir

3.1.4 参窝水库面积监测

选取覆盖参窝水库的 2021 年汛期前、汛期和 2020 年汛期 GF-1 卫星 WFV 影像,计算获得参窝水库水体监测面积、2021 年入汛前后参窝水库水体变化面积及 2021 年和 2020 年汛期参窝水库水体变化面积,如图 4 所示。经过水体面积计算统计,2021 年 7 月 27 日参窝水库汛期水体面积为 19.04 km²;汛期前后相比,水体面积减少

14.2 km²,占比 74.58%;与 2020 年同期相比,水体面积增加 3.30 km²,占比 17.33%。因此 2021 年参窝水库汛期水体面积比汛期前有所缩小,比 2020 年同期面积有所增加。

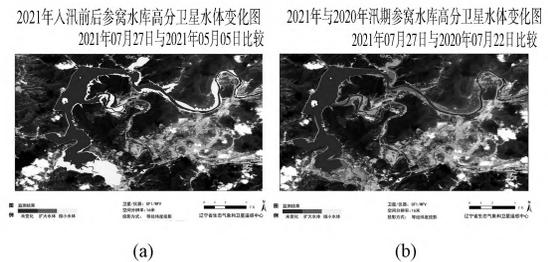


图 4 参窝水库水体面积遥感监测图

Fig. 4 Remote sensing monitoring map of water area of Shenwo Reservoir

3.1.5 清河水库面积监测

选取覆盖清河水库的 2021 年汛期前、汛期和 2020 年汛期 GF-1 卫星 WFV 影像,计算获得清河水库水体监测面积、2021 年入汛前后清河水库水体变化面积及 2021 年和 2020 年汛期清河水库水体变化面积,分析清河水库水体面积变化,如图 5 所示。计算结果显示,2021 年 8 月 7 日,清河水库汛期水体面积为 34.76 km²;汛期前后相比,水体面积减少 2.44 km²,占比 7.02%;与 2020 年同期相比,水体面积增加 3.33 km²,占比 9.58%。因此 2021 年清河水库汛期水体面积比汛期前有所缩小,比 2020 年同期面积有所增加。

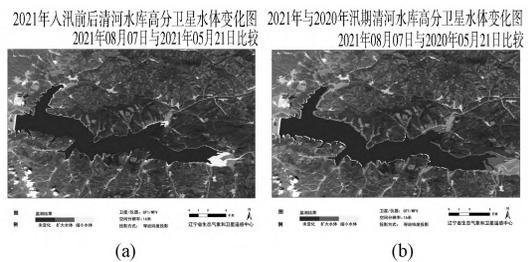


图 5 清河水库水体面积遥感监测图

Fig. 5 Remote sensing monitoring map of water area of Qinghe Reservoir

3.2 降水量对水库扩容影响分析

基于高分影像统计的水库面积信息,结合抚顺、桓仁、本溪县、辽阳、铁岭 5 个地面自动气象站降水日值统计数据,绘制直方图,具体信息如图 6 所示。

从图 6 中可以看出,2021 年 1—7 月大伙房水库、观音阁水库、参窝水库和清河水库相较于 2020 年 1—7 月期间的降水量偏多,桓仁水库 2021 年比 2020 年降水量略偏少,2021 年 5 个水库水体面积均高于 2020 年。

与此同时,相较于其他 4 个水库,参窝水库在 2021 年的降水量显著高于 2020 年,但水库面积增大幅度较小,因此,推测降水量与水库面积的对数具有一定的关系。通过对水库水体面积和降水量相关性分析,水库水体变化面积百分比和降水增多百分比相关性 R^2 为 0.72,线性表达式系数成正值,因此,可以得出结论:降水量与水库面积的对数具有正相关关系。

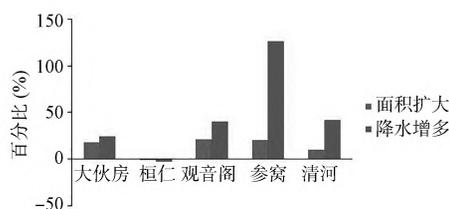


图6 2021年1—7月和2020年1—7月辽宁东北及中部五大水库降水与面积关系

Fig. 6 Relationship between precipitation and area of five major reservoirs in northeastern and central Liaoning province from January to July in 2021 and January to July in 2020

4 结束语

我国高分专项的启动开启了国产高分卫星在市政规划、交通建设、资源监测、灾害预防等方面的应用,高分影像对空间细节有极强的展现,纹理结构信息丰富。因此,本文基于高分一号影像,分析了辽宁五大水库的水体变化,同时与降水量之间进行关联性分析。从结果来看,高分一号的水体提取面积接近实际水域面积,降水量与水库面积的对数具有正相关关系,对于辽宁省在水库扩容、防汛调度方面具有指导作用。

参考文献:

- [1] 邵晓曼, 仲臣. Landsat-8 遥感影像不同水体提取方法适用性分析[J]. 黑龙江工程学院学报, 2021, 35(4): 1-5.

- [2] 李丹, 吴保生, 陈博伟, 等. 基于卫星遥感的水体信息提取研究进展与展望[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2020, 60(2): 147-161.
- [3] 左梦颖. 基于高分遥感影像的水库变化检测方法研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2017.
- [4] 戴梦, 陈健, 吴珊. 基于 MODIS 影像的鄱阳湖水面积变化监测[J]. 科技经济市场, 2016(10): 177-178.
- [5] 谢敏, 刘占宁. 基于多尺度多源遥感信息的水体提取方法对比研究[J]. 内蒙古科技与经济, 2018(8): 95-98.
- [6] 李飞, 桑国庆, 孙盈, 等. 基于高分一号卫星遥感数据的复杂水体信息提取方法研究[J]. 济南大学学报(自然科学版), 2021, 35(6): 1-8.
- [7] 黄汝根, 孙祥鹏, 牟舵. 基于“高分一号”遥感影像水体提取方法的对比分析[J]. 人民珠江, 2017, 38(3): 66-70.
- [8] 查力, 宫辉力, 胡卓玮, 等. 高分影像水体信息提取对比研究[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2015, 36(4): 85-89.
- [9] 汪金花, 张永彬, 孔改红. 谱间关系法在水体特征提取中的应用[J]. 矿山测量, 2004, 32(4): 30-32.
- [10] MCFEETERS S K. The use of Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features[J]. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17(7): 1425-1432.
- [11] 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, 9(5): 589-595.
- [12] 郝凤明, 贺红土, 胡远满, 等. 辽宁中部城市群城市增长时空格局及其驱动力[J]. 应用生态学报, 2010, 21(3): 707-713.

[编辑: 张 曦]

(上接第 12 页)

高度特征在提高植被地物、水域地物的分类精度方面扮演重要角色,在高效提取地物应用中具有潜在优势。高分辨率影像反映出的道路白色实线、黄色虚线、暗色裂缝、灌木阴影、路灯阴影等“细小地物”及分类特征的局限性,会降低地物分类精度。本研究虽然取得较为理想的分类结果,但是中乔木、灌木、草地、耕地的分类精度依然具有提高的空间,后续可以探索适宜特征和分类方法,关注“细小地物”,以期提高分类精度。

参考文献:

- [1] 高永刚, 林悦欢, 温小乐, 等. 基于无人机影像的可见光波段植被信息识别[J]. 农业工程学报, 2020, 36(3): 178-189.
- [2] 高国龙, 杜华强, 韩凝, 等. 基于特征优选的面向对象毛竹林分布信息提取[J]. 林业科学, 2016, 52(9): 77-85.
- [3] 许慧敏, 齐华, 南轲, 等. 结合 nDSM 的高分辨率遥感影像深度学习分类方法[J]. 测绘通报, 2019(8): 63-67.

- [4] 张俊, 于庆国, 朱晓东, 等. 面向对象的高分辨率影像特征选择研究[J]. 测绘科学, 2011, 36(3): 141-143.
- [5] 张秀英, 冯学智, 江洪. 面向对象分类的特征空间优化[J]. 遥感学报, 2009, 13(4): 659-669.
- [6] 刘伟. 基于无人机多光谱遥感影像的地物分类方法研究[D]. 新疆: 石河子大学, 2017.
- [7] 李冰, 卢小平, 李新社, 等. 特征优选的 GF-2 影像湿地地表覆盖要素提取[J]. 测绘与空间地理信息, 2018, 41(9): 49-52.
- [8] 王贺, 陈劲松, 余晓敏. 面向对象分类特征优化选取方法及其应用[J]. 遥感学报, 2013, 17(4): 816-829.
- [9] 程希萌, 沈占锋, 邢廷炎, 等. 基于 mRMR 特征优选算法的多光谱遥感影像分类效率精度分析[J]. 地球信息科学学报, 2016, 18(6): 815-823.
- [10] 戴莉莉, 李海涛, 顾海燕, 等. 特征优选下的遥感影像面向对象分类规则构建[J]. 测绘科学, 2019, 44(2): 26-32.

[编辑: 刘莉鑫]