

近60年固城湖湖泊面积 时空变化特征及其驱动力分析

王冬梅¹, 张 明², 王轶虹¹, 陈 丽¹, 石一凡¹, 梁文广¹

(1. 江苏省水利科学研究院, 江苏 南京 210017; 2. 江苏省水利学会, 江苏 南京 210029)

摘要: 研究基于20世纪60年代至21世纪20年代不同时期卫星影像, 提取7期固城湖湖泊面积, 结合气象和社会经济数据, 分析近60年来固城湖时空变化特征, 并对导致固城湖湖泊面积变化的自然和社会因素进行驱动力分析。结果表明: 20世纪60年代至80年代, 固城湖水面积共萎缩43.82 km², 平均以2.19 km²/a速率迅速减少, 20世纪80年代至21世纪20年代, 固城湖水面积保持稳定, 变化较小。通过驱动力分析可知, 固城湖湖泊面积萎缩主要受人类活动影响, 其次受自然因素的影响。

关键词: 遥感; 湖泊面积; 驱动力分析; 固城湖

中图分类号: TV131.66

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2022)09-0011-0004

Temporal and spatial variation characteristics and driving force of Gucheng Lake lake area in recent 60 years

WANG Dongmei¹, ZHANG Ming², WANG Yihong¹, CHEN Li¹,
SHI Yifan¹, LIANG Wenguang¹

(1. Jiangsu Hydraulic Research Institute, Nanjing 210017, China;

2. Jiangsu Hydraulic Engineering Society, Nanjing 210029, China)

Abstract: Based on the high-resolution satellite remote sensing images from 1960s to 2020s, this study extracted the lake area of Gucheng Lake in seven periods through human-computer interaction. Combined with meteorological and socio-economic data, this study analyzed the temporal and spatial change characteristics of Gucheng Lake in recent 60 years, and analyzed the driving forces of natural and social factors leading to the change of Gucheng Lake area. The results showed that the water area of Gucheng Lake shrank by 43.82 km² during the period of 1960 s to 1980 s, and decreased rapidly at the rate of 2.19 km²/a. During the period of 1980 s to 2020 s, the lake was in a stable state. Through the analysis of driving forces, it can be seen that the shrinkage of Lake area of Gucheng Lake is mainly affected by human activities, followed by natural factors.

Key words: remote sensing; lake area; driving force analysis; Gucheng Lake

湖泊是陆地水圈的重要组成部分, 对全球变化响应极为敏感, 具有蓄洪、供水、养殖、调节气候、净化污染和保护生物多样性等多种功能, 在整个经济

社会持续发展中起到重要作用^[1-4]。江苏省跨江滨海, 湖泊众多, 水网密布, 水面面积占比约16.9%。近年来随着社会经济的发展, 湖泊萎缩、湖泊生态

收稿日期: 2022-05-27

基金项目: 江苏水利科技项目(2020061, 2021072, 2020039); 江苏省水利科学研究院自主科研项目(2020z025)

作者简介: 王冬梅(1978—), 女, 研究员级高级工程师, 硕士, 主要从事河湖监测、规划与修复等研究工作。E-mail: 17290559@qq.com

功能退化等问题的发生。利用遥感技术的经济性、实时性和动态性优势,揭示湖泊面积动态变化规律,分析气候变化及人类活动对湖泊面积变化的影响,对湖泊水资源合理开发和保护具有重要意义^[5-8]。

1949年以来固城湖面积变化较大,一度缩小至原来的41%左右,近期在推进退圩还湖和水域面积恢复,在江苏重点湖泊中具有典型代表意义。选取固城湖为研究对象,基于多源遥感数据,提取分析20世纪60年代至21世纪20年代固城湖水面面积及时空分布特征,定性分析固城湖面积动态变化规律及影响面积变化的驱动力因素,以期对固城湖湖泊保护提供科学依据。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

固城湖俗称“小南湖”,位于南京市高淳区,紧邻安徽省宣城市,是水阳江下游一座天然调蓄性湖泊,周边圩区主要有永联圩、永胜圩、跃进圩、永兆圩、浮山圩和花联圩等。固城湖四季分明,降水充沛,湖区呈三角形—北宽南窄,四周河网密布,平均水深1.6 m。

固城湖是长江下游青戈江、水阳江流域的重点调蓄性湖泊,湖泊水面和主要提防均位于高淳境内,其在径流调蓄、农业灌溉、水产养殖以及维持生态平衡等方面发挥着重要作用。由于中生燕山运动断裂作用,形成洼地,全新世初期洼地西部通江缺口受堵,泥沙不断沉积,形成古丹阳湖;此后由于古丹阳湖西部三角洲发展,湖泊日益淤浅,湖面缩小分为固城湖、石臼湖和丹阳湖;由于泥沙的不断淤积和建国后的湖滩围垦,固城湖急剧萎缩,

1.2 数据来源

本研究选取Corona影像、Landsat影像、ALOS影像和国产GF-2影像4种高分辨率遥感影像数据提取固城湖水面变化,影像具体信息如表1所示。其中Landsat影像采用非标准假彩色合成图像,可以清晰地显示水体边界信息。非同源数据处理过程中,设定2020年GF-2号为基准影像,作为其他影像的纠正标准。

本研究选择固城湖周边行政区高淳的气象和社会经济统计数据,其中气象数据(年降水量和年平均温度)来源于江苏省气象局,选取1960—2020年高淳气象站点实测数据;社会经济统计数据(年末人口、农业总产值和工业总产值)来源于《江苏省

表1 数据源信息

年代	遥感影像	空间分辨率/m	成像时间
1960s	Corona	2	
1970s	Corona	6	1973年11月
1980s	Landsat4-5	30	1985年4月
1990s	Landsat4-5	30	1994年7月
2000s	Landsat7	30	2001年4月
2010s	ALOS	2.5	2011年3月
2020s	GF-2	0.8	2020年4月

注:1960s影像成像时间无法确定。

统计年鉴》《南京市统计年鉴》和《江苏四十年》。

2 研究方法

目前有关水体提取的方法有很多,为减少不同数据源之间水面面积提取误差,本研究采用人机交互法提取固城湖20世纪60年代至21世纪20年代水面面积,水域提取标准是湖泊范围内对应水域面积,包括丰水期淹没的滩地面积,剔除湖泊范围内圈圩养殖面积。首先基于卷积神经网络(Convolutional Neural Networks, CNN)语义分割模型自动提取水面面积,然后在此基础上,人工根据影像对水域边界进行精细修改,依据影像规则纹理特征、圩埂判别圈圩养殖水面;依据影像水体边界深浅明暗部分判别滩地范围。

3 结果分析

3.1 湖泊面积动态变化

本研究根据高分辨率卫星遥感影像获取固城湖湖泊面积变化,通过分析固城湖面积空间变化(图1)可知,20世纪60年代至80年代期间,固城湖水域出现大面积萎缩;其中,固城湖南部、东北部在此期间均发生2次规模萎缩;在20世纪70年代“以粮为纲”的农业背景影响下,固城湖西南部被大量围垦,出现大面积萎缩现象。20世纪80年代后,随着国家相关法律、政策的出台,以及“退耕还湖”、水产养殖等农业结构政策调整,固城湖大范围围垦行为基本结束,故20世纪80年代至21世纪20年代期间,固城湖形态逐渐趋于稳定,变化较少。通过分析固城湖面积变化可知,如图2和表2所示,20世纪60年代至80年代期间,固城湖湖泊面积处于快速萎缩状态,平均以 $2.19 \text{ km}^2/\text{a}$ 速率迅速减少;其中20世纪70年代至80年代期间水面面积萎缩最为严

重,共萎缩 38.04 km²,变化率为 54.96%;20 世纪 80 年代至 21 世纪 20 年代期间,固城湖水面面积变化小于 1 km²,基本维持稳定。

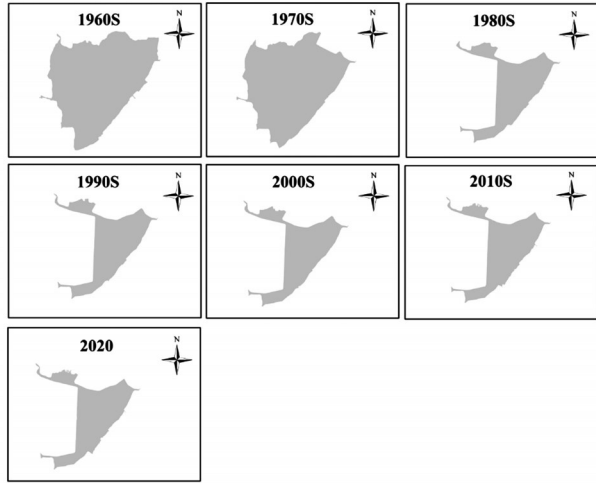


图1 20 世纪 60 年代至 21 世纪 20 年代固城湖湖泊时空变化

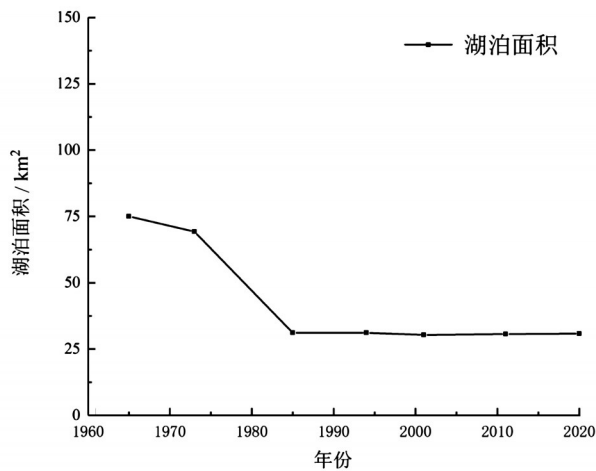


图2 20 世纪 60 年代至 21 世纪 20 年代固城湖湖泊面积变化

表2 20 世纪 60 年代至 21 世纪 20 年代固城湖湖泊面积变化量

年代	变化量	变化率/%
1960s		
1970s	-5.79	-7.71
1980s	-38.04	-54.96
1990s	-0.03	-0.12
2000s	-0.77	-2.48
2010s	0.29	0.98
2020s	0.13	0.39

注:面积变化量=该年代面积-上一年代面积;面积变化率=[面积变化量/上一年代面积]×100%。

3.2 驱动力分析

3.2.1 自然因素

本研究选取自然因子(年降水量和年平均气温)对固城湖水面面积变化进行驱动力分析。1960—2020 年固城湖气候发生了较为显著的变化(图 3),年平均气温显著升高,平均变化率为每 10 年 0.3 ℃,明显高于全国平均水平(每 10 年 0.22 ℃)^[9];降水量年际差异较大,多年来降水平均值为 1 233 mm,其中 1978 年降水量最少为 568 mm,2016 年降水量最多为 2 423 mm。

结合图 1 和图 3 可以看出,固城湖湖泊面积在 20 世纪 60 年代至 80 年代期间呈现大面积萎缩趋势,该时期内湖泊变化趋势与降水有较高的一致性;1960—1980 年间降水最大值为 1 465 mm,降水最小值为 568 mm,共有 12 年降水量值低于多年平均值,降水量减少容易导致湖泊水位降低、浅滩露出,便于人类围垦;受当时“以粮为纲”农业政策的影响下,1978 年开始对固城湖进行围垦,造成固城湖面积急剧缩小。该时期内气温升高对湖泊面积变化也有间接影响,在降水保持稳定时,气温升高可能会导致水面蒸发量变大,入湖量径流量减少,从而造成固城湖水位降低。20 世纪 80 年代后,随着国家有关法律、政策的出台,固城湖大范围的围垦行为基本结束,20 世纪 80 年代至 21 世纪 20 年代期间,年降水量减少和年平均气温的增加对湖泊面积变化影响较小。

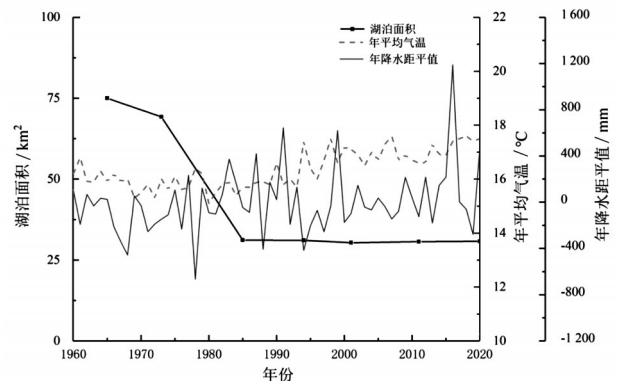


图3 1960—2020 年降水距平值和年平均气温变化

3.2.2 社会经济因素

本研究选取社会因子(年末人口、农业总产值和工业总产值)对固城湖水面面积变化进行驱动力分析。由图 4 可以看出,20 世纪 60 年代至 80 年代期间,高淳县年末人口呈现快速增长趋势,农业总产值和工业总产值也出现缓慢增长。随着高淳县人

口的增加、社会经济稳定增长,以及70年代“以粮为纲”的时代背景影响下,高淳人民开始对固城湖进行围垦,从而导致固城湖面积急剧减少;80年代之后开始修筑堤坝,固城湖面积趋于稳定。

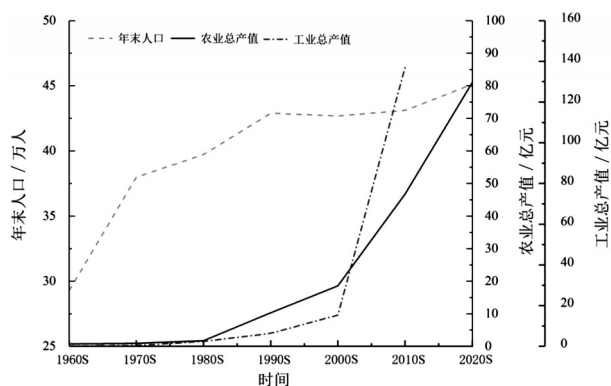


图4 20世纪60年代至21世纪20年代年人口和工农业总产值变化

3.3 退圩还湖与水面恢复

固城湖是水阳江、青戈江流域重要的调蓄湖泊,20世纪60年代以来,在“以粮为纲”时代背景影响下,固城湖被大量围垦,造成湖泊萎缩、生态退化。为恢复固城湖水域面积和湖泊容积,增加湖泊调蓄功能,改善湖泊流动性,提升生态系统功能,促进经济可持续发展,实施固城湖退圩还湖工程十分必要。同时实施固城湖退圩还湖工程是积极响应国家生态文明建设的一项重要生态治理工程。

自2013年起,高淳区政府启动退圩还湖编制工作,2018年8月固城湖北侧永联圩退圩还湖工程项目获批,2019年12月开始实施,预计3年完成,该工程清退周边圩区形成湖面,拟恢复固城湖自由水面5.988 km²,新建堤防岸线7.2 km。通过湖底清淤、生态修复带等工程,改善湖泊水质,修复改善固城湖水生态环境、提升生态系统功能。

4 结论与建议

本研究基于高空间分辨率遥感卫星影像,采用人机交互法提取20世纪60年代至21世纪20年代固城湖面积时空变化规律,结合气象数据和社会经济统计数据影响固城湖变化的驱动力因素,主要得到以下结论:

(1)近60年来,固城湖水面面积在20世纪60年

代至80年代期间呈现快速萎缩状态,由60年代的75 km²萎缩至80年代的31.17 km²,面积共减少43.83 km²,平均以2.19 km²/a速率减少;20世纪80年代至21世纪20年代期间,固城湖水面面积变化较小,形态保持稳定,现湖泊面积维持在30.79 km²;实施退圩还湖工程项目后,固城湖拟新增自由水面5.988 km²,面积拟恢复至36.788 km²。

(2)由驱动力分析结果可知,固城湖面积萎缩主要受人类活动的影响,固城湖面积变化的主要驱动力因素是年末人口的增长和农业总产值的增加;间接影响因素是年降水量减少和年平均温度的升高。

鉴于以上分析,建议继续加强水域岸线空间监测,对水域侵占行为及时发现,及时处置,确保水域面积不减少;提高全社会的湖泊环境治理与保护意识,积极推进周边圩区退圩还湖和水面恢复,推进河湖水域岸线生态修复,打造省级水域保护和幸福河湖示范样板,实现固城湖水资源的可持续利用,促进周边地区生态文明建设和社会经济协同发展。

参考文献:

- [1] 司志超,高贤君,杨元维,等.基于遥感监测方法的湖泊面积变化成因分析[J].测绘与空间地理信息,2021,44(4):125-127.
- [2] 许诗,刘志明,王宗明,等.1986—2008年吉林省湖泊变化及驱动力分析[J].湖泊科学,2010,22(6):901-909.
- [3] WANG Z, GAO X, ZHANG Y, et al. MSLWNet: a novel deep learning network for lake water body extraction of google remote sensing images [J]. Remote Sensing, 2020, 12(24):4140.
- [4] 杜云彬,陈求稳,王智源,等.江苏省典型湖泊饮用水源地安全综合评价[J].水资源保护,2020,36(5):71-78.
- [5] 曾忠平,卢新海.城市湖泊时空演变的遥感分析——以武汉市为例[J].湖泊科学,2008(5):648-654.
- [6] 余姝辰,李长安,张永忠,等.近百年来洞庭湖区垸内湖泊时空演变分析[J].遥感学报,2021,25(9):1989-2003.
- [7] 何振芳,郭庆春,邓焕广,等.南水北调调蓄湖泊水质参数遥感反演及其影响因素[J].水资源保护,2021,37(3):87-95.
- [8] 王波,黄津辉,郭宏伟,等.基于遥感的内陆水体水质监测研究进展[J].水资源保护,2022,38(3):117-124.
- [9] 段水强.1976—2015年柴达木盆地湖泊演变及其对气候变化和人类活动的响应[J].湖泊科学,2018,30(1):10.