

Remote Sensing Monitoring Water Area of Dongting Lake Based on MNDWI

Gong Cheng¹, Gang Deng^{2*}, Dongjun Wang^{1,3}

¹Key Laboratory of Metallogenic Prediction of Nonferrous Metals Ministry of Education, School of Geosciences and Info-Physics, Central South University, Changsha Hunan

²Wugang City Land Resources Survey Institute, Wugang Hunan

³Hunan Huazhong Mining Co., Ltd., Changsha Hunan

Email: chenggongx@126.com, 1049484811@qq.com

Received: Jun. 4th, 2015; accepted: Jun. 26th, 2015; published: Jun. 29th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In order to understand recent changes in inter-annual trends in water area of Dongting Lake and to explore the factors affecting the changes, the September Landsat data during 1996-2014 years were processed by Normalized Difference Water Index (MNDWI), and the water information of main Dongting Lake was extracted, the water areas were calculated by ARCGIS, and the variation was analyzed. The results show that: the water area of main Dongting Lake is overall decreasing. The possible causes of its shrinking by preliminary analysis are mainly continuous deposition of sediment, lots of reclaiming land from lakes, dramatic changes in climate and water storage of the Three Gorges reservoir and so on.

Keywords

Dongting Lake, Water Area, Remote Sensing, MNDWI, Landsat

基于MNDWI的洞庭湖水域面积遥感监测

成 功¹, 邓 罡^{2*}, 王冬军^{1,3}

¹中南大学地球科学与信息物理学院, 有色金属成矿预测教育部重点实验室, 湖南 长沙

²武冈市国土资源勘测院, 湖南 武冈

³湖南华中矿业有限公司, 湖南 长沙

作者简介: 成功(1972-), 湖南武冈人, 讲师, 中南大学地球科学与信息物理学院在职博士, 硕士生导师, 长期从事遥感教学、遥感环境调查与遥感地质找矿科研工作。

*通讯作者。

Email: chenggongx@126.com, *1049484811@qq.com

收稿日期: 2015年6月4日; 录用日期: 2015年6月26日; 发布日期: 2015年6月29日

摘要

为了了解近年来洞庭湖水域面积的年际间变化趋势, 探寻影响其变化的因素, 作者采用改进的归一化差异水体指数法(MNDWI)对1996~2014年间9月份Landsat数据进行处理, 提取了洞庭湖主要水域信息, 并利用ARCGIS软件计算水域面积, 统计分析变化规律。结果表明: 洞庭湖主要湖区水域面积总体呈缩小趋势。初步分析其萎缩的可能原因, 主要为泥沙的不断淤积、围湖造田、气候的剧烈变化和三峡工程蓄水运行等。

关键词

洞庭湖, 水域面积, 遥感监测, MNDWI, Landsat

1. 引言

我国地域广阔, 湖泊数量多, 分布广。我国各地出现湖泊面积和水量明显波动变化, 总体呈萎缩趋势, 西部地区部分湖泊甚至干涸, 湖泊面积的减小不仅导致湖区内湿地面积缩小, 还破坏了江湖水生生态系统的稳定性[1]。

洞庭湖是我国第二大的淡水湖, 主要由西洞庭湖、南洞庭湖和东洞庭湖三个湖盆组成。近年来, 由于气候变暖、人类不合理的开发和利用, 造成洞庭湖水域面积不断缩小。据气象卫星长期的监测数据显示, 洞庭湖区5月同期水平面平均值为900 km², 而2011年5月17日洞庭湖水体面积约为382 km², 相较于2010年5月24日湖区面积1649 km²缩小了76.8%。洞庭湖水位及表面积的不稳定变化, 导致洪涝灾害频繁, 严重影响了洞庭湖区及周围的生态环境[2]。因此, 洞庭湖水域面积变化监测对改善洞庭湖区生态环境和生产资源具有重要意义。

2. 研究区域及数据源

2.1. 研究区概况

洞庭湖位于湖南省东北部、湖北省荆州南部, 地理坐标位于N28.5°~29.5°, E111.75°~113.25°之间[3], 南纳湘、资、沅、澧水四水汇入, 北部与长江相连, 在长江中游发挥着重要的调蓄洪作用。该湖泊位于亚热带季风湿润气候区, 雨量丰沛, 年降水量1100~1400 mm, 每年4~6月的雨季降雨量占总降水量的50%以上, 并且多为大雨或暴雨, 形成了良好的水文、土壤和气候条件, 良好的自然环境孕育了丰富多样的湿地植被和动物湿地气候条件。洞庭湖区亦是全国重要的渔业和商品粮基地。

本文主要采用美国陆地卫星Landsat系列影像数据研究洞庭湖水域面积, 由于洞庭湖面积较大, 需要东西两景影像镶嵌才能获取整个湖面的影像图, 但考虑到两条不同轨道的卫星影像时相相差较大, 加上天气的影响, 难以获得时相非常相近的动态观测数据, 而采用单景影像较易实现动态观测, 单景Landsat影像仅包括东洞庭湖区及南洞庭东部湖区, 因此, 将东洞庭湖区及南洞庭东部湖区作为研究区(图1)。

2.2. 数据源

本文选用轨道号为123-40的Landsat 4-5 TM和Landsat 8 OLI_TIRS影像进行研究, 9月降雨少, 没有洪水的干扰, 湖水稳定; 且秋高气爽, 易于获取无云的遥感影像, 因此, 选择9月的遥感数据作为研究的基础数据。

本次研究所选择数据源均为美国地质调查局网站(<http://glovis.usgs.gov/>)下载的 Landsat 数据, 1996 年至 2013 年间, 共 6 个时相, 影像质量较好, 无云覆盖, 适合水体信息提取(表 1)。

3. 研究方法

3.1. 数据预处理

由于本次研究所采用的 Landsat 4-5 与 Landsat8 影像数据已经进行过辐射校正, 因此只需将所有时相的影像数据进行严格配准, 然后裁剪出相同范围的子区遥感影像。

3.2. 水域提取

目前, 国内外学者常用的水体提取方法有很多, 如单波段阈值法、多波段谱间关系法、指数模型法、密度分割法等。单波段阈值法是对遥感影像中的近红外波段设定合适的阈值来将水体与非水体区分开来的方法, 该方法使用起来较为简单, 但是难以区别水体与非水体间的过渡区, 无法提取较为细小的水体, Frazier 等[4]采用该方法从 TM5 影像中取水体信息, 但效果欠佳。多波段谱间关系法则主要是通过分析水体与背景地物间的波谱曲线特征关系, 进而利用波段间逻辑关系式提取水体信息, 周成虎等利用 $(TM2 + TM3) > (TM4 + TM5)$ 关系式可将水体阴影区分开[5]。常用的指数模型法有 McFeeters 等的水体指数(NDWI)法[6]、徐涵秋在归一化差异水体

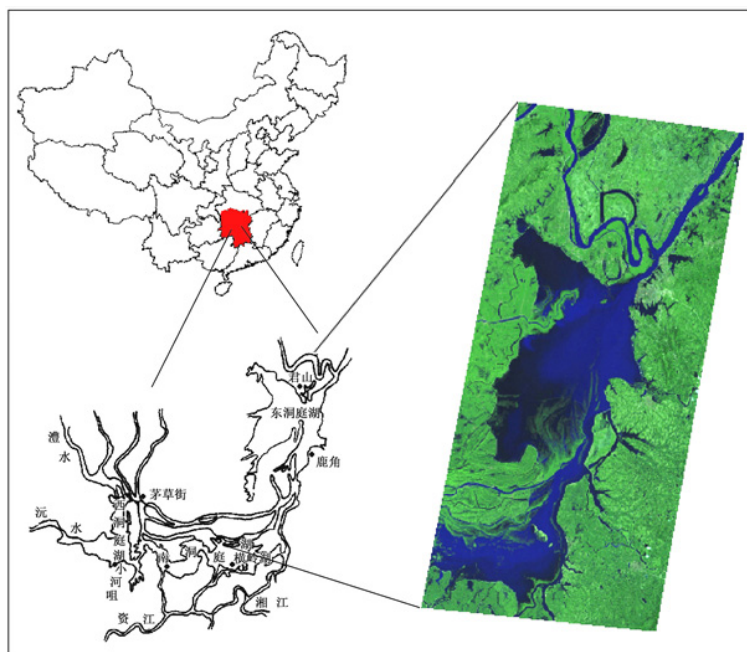


Figure 1. Location of the study area

图 1. 研究区范围

Table 1. Remote sensing image of Landsat 4-5 TM and Landsat 8 OLI_TIRS of Dongting Lake

表 1. 洞庭湖区 Landsat4-5 TM 和 Landsat 8 OLI_TIRS 遥感数据源

传感器类型	时相(年-月-日)	影像质量	传感器类型	时相(年-月-日)	影像质量
Landsat 4-5 TM	1996-09-02	无云	Landsat 4-5 TM	2005-09-11	无云
Landsat 4-5 TM	2000-09-13	无云	Landsat 4-5 TM	2009-09-06	无云
Landsat 4-5 TM	2002-09-03	无云	Landsat 8 OLI_TIRS	2013-09-17	无云

指数 NDWI (Normalized Difference Water Index) [6]基础上改进的归一化差异水体指数(Modified NDWI, MNDWI)法[7]和丁凤所提出的新型水体指数(NWI)法[8]等。

本文主要采用 MNDWI 指数模型法提取 1996~2013 年 9 月份遥感影像中水体的信息。MNDWI 指数模型(公式(2))是在原有的 NDWI 指数模型(公式(1))的基础上进行了修正,将 NDWI 指数模型中的近红外波段替换为中红外波段,具体公式如下:

$$NDWI = (Green - NIR) / (Green + NIR) \quad (1)$$

$$MNDWI = (Green - MIR) / (Green + MIR) \quad (2)$$

公式(1)中 Green 为 TM2,即绿光波段, NIR 为 TM4,即近红外波段,公式(2)中 MIR 为 TM5,中红波段。由于 NDWI 仅考虑到了植被因素,却忽略了地表土壤和建筑物。洞庭湖区内地物类别大致可分为水域、植被、裸地和建筑物等,利用该指数模型提取水体时,会将许多建筑物的背景错归为水体,达不到满意的提取效果。但是, MNDWI 用中红波段代替了 NDWI 中的近红外波段,增强了水体与建筑的反差,降低了二者的混淆,减少了背景噪音,从而提高了水体专题信息提取的准确度[7]。利用 ENVI 4.8 遥感软件的波段比值运算,结合相应时相的真彩色合成影像图,选取相应的阈值(0.158112-0.189873)提取水体信息(表 2)。

基于 MNDWI 指数模型法所提取的水域图存在一定的碎小图斑、孤岛等问题,在 ArcGIS 中对碎小图斑剔除和孤岛过滤后,得到洞庭湖水域分布图(图 2),将水域图与原始真彩色合成影像图叠加,一致性较好。最后,将提取出的水域图转换为矢量数据,使用 ArcMap 中的 FieldCalculator 计算水域多边形的面积,计算所得面积如表 2 所示,其变化规律如图 3 所示。

4. 结果分析

由图 2、图 3 和表 2 可知,1996~2013 年之间,洞庭湖主要湖区水域面积变化明显,总体呈萎缩趋势。主要特点如下:1) 湖面总体呈抛物线减少。2) 2013 年湖区水域面积最小,比 1996 年的 2329.162 km²缩小了 57.02%,即 1328.063 km²,年平均减少 78.12 km²。3) 2000 年该湖区水域面积出现异常减少,相较于 1996 年和 2002 年的平均面积减少了 16.6%。这一结果与孙芳蒂等人的监测结果基本一致[9]。

研究区包含东洞庭与南洞庭东部湖区,泥沙大量淤积致使洞庭湖湖床抬高,湖泊面积缩小。1999 年湖南省遥感中心通过对洞庭湖 70 年代和 90 年代卫星遥感影像对比解译,发现洞庭湖泥沙淤积速度极快,其中南洞庭泥沙沉积速度最快,年均沉积速率达到 12.94 cm,年均扩展面积达 7.35 km²;东洞庭泥沙淤积速率相对较慢,年均沉积速率 3.53 cm,年均扩展面积达 4.41 km² [10]。

2003 年三峡工程运行以来,虽然由长江三口注入洞庭湖的泥沙大幅度减少,泥沙淤积速度放缓[11],但入湖水量也急剧减少,使得洞庭湖秋季枯水提前,持续时间增长[12],这加速了洞庭湖水域面积的缩小。据中科院亚热带农业生态所调查显示,自 1989 年至 2011 年,二十余年间,东洞庭草洲面积持续增加,并已增加了 305 km²,占湖盆面积的 2/3,草洲面积的扩大,使得水体面积有所缩小[13]。此外,2000 年湖区水域面积异常剧减可能为全球气候剧烈变化所致。

Table 2. Water area of Dongting Lake extracted by MNDWI

表 2. MNDWI 指数法提取的洞庭湖水域面积

时相(年-月-日)	面积(km ²)	阈值	时相(年-月-日)	面积(km ²)	阈值
1996-09-02	2329.162	0.171429	2005-09-11	1907.624	0.189873
2000-09-13	1876.769	0.171429	2009-09-06	1581.108	0.181860
2002-09-03	2170.766	0.176471	2013-09-17	1001.099	0.158112

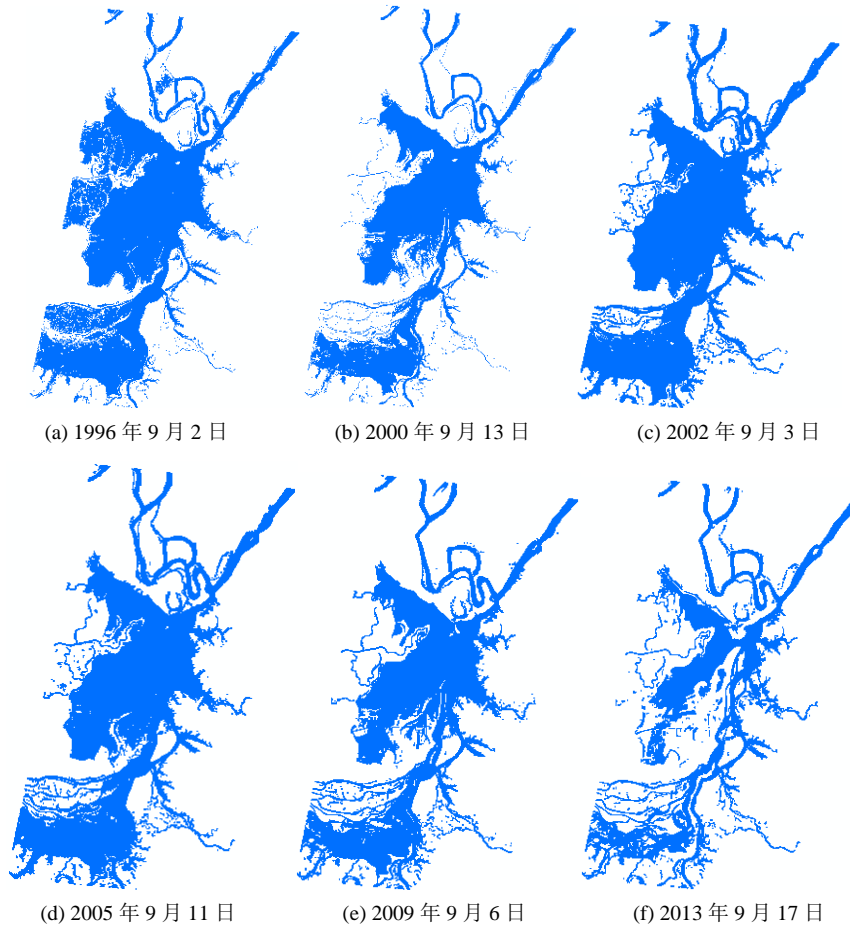


Figure 2. Chart of main Dongting Lake water area extracted by MNDW method in 1996-2013

图 2. MNDWI 法提取的洞庭湖主要湖区 1996~2013 年水域面积对比图

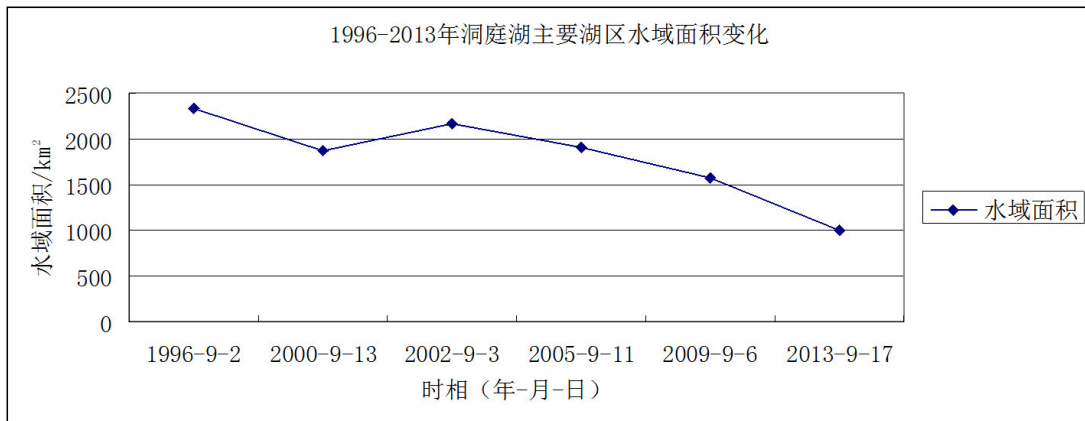


Figure 3. Chart of changes of main Dongting Lake water area in 1996-2013

图 3. 1996~2013 年洞庭湖主要湖区水域面积变化曲线图

5. 结论

本文主要针对洞庭湖主要湖区水域面积变化进行了遥感监测研究，基于 1996~2013 年 9 月 Landsat TM 和

Landsat OLI_TRIS 的遥感影像, 采用 MNDWI 指数模型法提取水体信息, 获得水域面积数据和年际间变化曲线图, 并进一步分析了洞庭湖主要湖区水域面积年际间变化的趋势及其驱动力。

结果表明, 1996~2013 年, 洞庭湖水域面积总体呈抛物线递减趋势, 近年来有加速递减的趋势, 导致形成该趋势的可能原因为: 洞庭湖内泥沙的不断淤积、三峡工程的运行等。洞庭湖水域面积的逐年递减会对湖内的航运、水产养殖和湖区周围的农业耕作等造成巨大影响, 我们应加强对洞庭湖水域面积变化和应对措施的关注度。

参考文献 (References)

- [1] 杨桂山, 马荣华, 张路, 等. 中国湖泊现状及面临的重大问题与保护策略[J]. 湖泊科学, 2010, 22(6): 799-810.
YANG Guishan, MA Ronghua, ZHANG Lu, et al. Lake status, major problems and protection strategy in China. Journal of Lake Sciences, 2010, 22(6): 799-810. (in Chinese)
- [2] 谢永宏, 王克林, 任勃, 等. 洞庭湖生态环境的演变、问题及保护措施[J]. 农业现代化研究, 2007, 28(6): 677-681.
XIE Yonghong, WANG Kelin, REN Bo, et al. Evolution, problems and protection measures of ecological environments in Dongting Lake area. Research of Agricultural Modernization, 2007, 28(6): 677-681. (in Chinese)
- [3] 龚伟, 杨大文, 钱群. 基于 MODIS 数据的洞庭湖水面积估算方法[J]. 人民长江, 2009, 40(14): 40-44.
GONG Wei, YANG Dawen, Qian Qun. MODIS-based water surface area estimation method of the Dongting Lake. Yangtze-River, 2009, 40(14): 40-44. (in Chinese)
- [4] 戴昌达, 姜小光, 唐伶俐, 等. 遥感图像应用处理与分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004.
DAI Changda, JIANG Xiaoguang, TANG Lingli, et al. Application of remote sensing image processing and analysis. Beijing: Tsinghua University Press, 2004. (in Chinese)
- [5] 周成虎, 骆剑承, 杨晓梅, 等. 遥感影像地学理解与分析[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
ZHOU Chenghu, LUO Jiancheng, YANG Xiaomei, et al. Remote sensing imaging and analysis. Beijing: Science Press, 1999. (in Chinese)
- [6] MCFEETERS, S. K. The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17(7): 1425-1432.
- [7] 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.
XU Hanqiu. A study on information extraction of water body with the modified normalized difference water index (MNDWI). Journal of Remote Sensing, 2005, 9(5): 589-595. (in Chinese)
- [8] 丁凤. 基于新型水体指数(NWI)进行水体信息提取的实验研究[J]. 测绘科学, 2009, 34(4): 155-157.
DING Feng. Study on information extraction of water body with a new water index (NWI). Science of Surveying and Mapping, 2009, 34(4): 155-157. (in Chinese)
- [9] 孙芳蒂, 赵圆圆, 宫鹏, 等. 动态地表覆盖类型遥感监测: 中国主要湖泊面积 2000-2010 年间逐旬时间尺度消长[J]. 科学通报, 2014, 59(4-5): 397-411.
SUN Fangdi, ZHAO Yuanyuan, Gong Peng, et al. Remote sensing dynamic monitoring land cover types: 2000-2010 years China's major lakes area changed by ten days. 科学通报, 2014, 59(4-5): 397-411. (in Chinese)
- [10] 曹修植. 洞庭湖泥沙淤积速度惊人[URL]. 2011. http://www.hunangtzy.com/kpyd/kp5/content_33537.html
CHAO Xiuzhi. Dongting Lake sediment deposition at an alarming rate. 2011. (in Chinese)
http://www.hunangtzy.com/kpyd/kp5/content_33537.html
- [11] 洪林, 董磊华, 李文哲, 等. 三峡工程建库后对洞庭湖、水位、泥沙和水质的影响分析[J]. 中国水利, 2007, 13-14.
HONG Lin, DONG Leihua, LI Wenzhe. Impact of Three Gorges reservoir on water level, sediment and water quality of Dongting Lake. China Water Resources, 2007, 13-14. (in Chinese)
- [12] 徐俊杰, 何青, 刘红, 等. 2006 年长江特枯径流特征及其原因初探[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(5): 716-722.
XU Junjie, HE Qing, LIU Hong, et al. Preliminary analysis of characteristics of the exceptional low discharge and its cause over the Yangtze river, 2006. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2008, 17(5): 716-722. (in Chinese)
- [13] 成舸. 973 项目子课题: 三峡工程或改变洞庭湖湿地格局[N]. 中国科学报, 2014-02-10(6).
CHENG Ke. 973 sub-project: Three Gorges Project or change the pattern of Dongting Lake wetland. Science China Press, 2014-02-10(6). (in Chinese)