

近三十年南洞庭湖湿地面积变化及驱动分析

杜秉运, 马晓聪

哈尔滨师范大学, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2022年6月21日; 录用日期: 2022年7月15日; 发布日期: 2022年7月21日

摘要

利用南洞庭湖近三十年的遥感图像数据, 在深入分析研究之后, 选取三年冬季的遥感影像, 利用监督分类中的最大似然法, 实现对地物的分类, 完成三期南洞庭湖湿地面积变化图。同时, 还对三期的地物类型进行面积统计与动态化分析, 发现水体和芦苇滩地面积发生较大幅度的减小, 而泥沙滩地和建筑用地面积发生了较大的变化。南洞庭湖湿地变化的原因一是由于泥沙淤积及芦苇的特性, 另一个重要的原因是围湖造田政策的实施。湿地在调节生态环境及水系的防洪调控方面发挥着十分重要的作用, 因此, 我们必须重视湿地所蕴含的深入的价值, 不能因为眼前利益而忽视长远利益。要坚决反对围湖造田工程, 合理地保护开发湿地资源。

关键词

南洞庭湖湿地, 驱动分析, 监督分类

Analysis on the Area Change and Driving Force of the South Dongting Lake Wetland in the Past 30 Years

Bingyun Du, Xiaocong Ma

Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang

Received: Jun. 21st, 2022; accepted: Jul. 15th, 2022; published: Jul. 21st, 2022

Abstract

Based on the remote sensing images of South Dongting Lake in recent 30 years, the remote sensing images of three years undefined winter are selected, and the maximum likelihood method of supervised classification is used to realize the classification of features, and the three-phase map of

wetland area change in South Dongting Lake is completed. At the same time, it is found that the area of water body and reed beach is reduced to a great extent, while the area of mud beach and building land is changed greatly by means of area statistics and dynamic analysis of the three-stage land types. The change of wetland in South Dongting Lake is due to sediment deposition and reed characteristics, and another important reason is the implementation of reclamation policy. Wetland plays a very important role in regulating ecological environment and flood control of water system. Therefore, we must attach importance to the deep value of wetland and not ignore the long-term benefit because of immediate interests. We should resolutely oppose the reclamation of lakes and fields and make the rational protection and development of wetland resources.

Keywords

Wetland of South Dongting Lake, Driving Analysis, Supervised Classification

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 研究区概况

“湿地”这个名词是从“Wetland”英译而来,从表面意思可看出,湿地不同于陆地和水体,是一种介于这二者的一种过渡生态系统,是地球上生物种类数最多的景观,它对于生物的生存来说十分重要。湿地能优化环境,调节气候状况[1]。其还有“地球之肾”之美誉,与海洋、森林并列为全世界最重要的生态系统类型[2]。

洞庭湖(28°44'~29°35'N, 111°53'~113°05'E)位于我国湖南省的东北部,面积仅次于我国面积最大的湿地,目前洞庭湖包括东、南、西三个区域,即东洞庭湖、南洞庭湖和西洞庭湖。

在1992年、2002年,东洞庭湖湿地与西、南洞庭湖湿地依次加入到《湿地公约》目录中,对中国环境生态来说具有十分重要的意义,总面积近4000平方千米[3]。其中,位于洞庭湖西南方位的南洞庭湖湿地还享有“长江明珠”的美称,是我国重要的自然保护区,也是著名的内陆湖泊湿地,面积达1690平方千米,水域面积在920平方千米左右。长江三口和湘资澧沅四水交汇流入湖泊,出现一幅水系多样化,河湖交错的画面,是包含储存及排泄于一体的过水性洪道湖泊湿地。随着人们对洞庭湖的污染及资源索取,造成了环境破坏,使得生物种类数降低,不能使湿地发挥原有作用[4]。因此,南洞庭湖湿地面积变化及其驱动分析对我国生态环境有着十分重要的意义。

本篇论文的研究区域主要为南洞庭湖湿地。在本论文接下来的叙述中,将使用“研究区域”来代指南洞庭湖湿地保护区规划界线内的区域。

2. 资料收集与处理方法

2.1. 主要遥感数据选择及下载

根据南洞庭湖湿地的行政区范围,在地理空间数据云官网(<http://www.gscloud.cn/>)下载研究区域遥感影像,下载的研究区域影像范围为Path124, Row40。

本研究区域在选择遥感影像数据源时,应根据实际需要及资料的可得性和各种类数据源的优缺点选择。Landsat4/5-TM影像波段较多,对植被、水体等典型地物反映明显,且容易获得多时相的数据,但Landsat4/5卫星在2011年11月就停止工作,导致2012年之后的数据无法获得。2013年2月,美国航空

航天局(NASA)成功发射携带 OLI 陆地成像仪的 Landsat-8 卫星, 其在光谱特性及空间分辨率等方面与 Landsat4/5 保持基本一致, OLI 陆地成像仪影像是近年来非常重要的遥感数据源。

由于研究区域属于河湖补给性湿地, 在夏季, 该湿地为单一明水地貌, 当陆地表面湿润时, 河湖中的水分会淹没较多的湿生植被等, 使湿地在遥感影像上较难被识别, 因此选用的影像都是秋冬时期的影像。

本文分别下载 1990 年 12 月 6 日和 2007 年 11 月 18 日的 Landsat4/5 的 TM 影像, 2019 年 12 月 5 日 Landsat-8 的 OLI 陆地成像仪影像[5]。

2.2. 辅助数据收集

查找相关文献, 确定洞庭湖区所在行政区域范围, 可将研究区的界线(洞庭湖湿地保护区规划界线)在 Arcgis 软件中进行矢量边界处理, 作为洞庭湖区行政区划矢量数据。

2.3. 数据预处理方法

从遥感影像上提取湿地景观信息前需对遥感影像进行一系列处理, 主要包括波段合成、辐射校正、几何校正、影像镶嵌与裁剪等工作。

2.3.1. 波段合成

利用 envi 软件将各个波段修改波段名称及中心波长, 然后先进行波段合成, 使得后面的数据处理更方便。

2.3.2. 辐射校正

当传感器观察到由目标物辐射或者反射的电磁能时, 从遥感传感器获得的测量值和目标物体的实际物理量(例如光谱辐射亮度)不相一致。导致大气条件, 太阳高度角和地形条件将对观测产生很大影响。为得到精确度最高的观测数据, 降低观测数据和实际数据之间的出入, 准确评估地物反射特性和辐射特性, 有必要消除误差的存在。此操作步骤称为辐射校正。辐射校正的全步骤为传感器校准, 大气校正, 地形校正和太阳高度校正[6]。

本次对影像的辐射校正处理包括辐射定标及大气校正处理, 对影像进行辐射校正的目的是为获得更加精准的观测值和地物信息。通过在 ENVI4.5 软件中对 TM 及 OLI 陆地成像仪影像进行辐射定标, 并且对定标后的图像利用 FLAASH 功能进行校正, 从而初步完成辐射校正[7]。

2.3.3. 几何校正

导致遥感影像几何变形的因素可分为以下两种, 即系统误差和非系统误差。对影像进行几何纠正可消除因这两类误差所导致的图像变形, 进而提高遥感影像利用价值, 实现图像标准化、准确化。主要有图像配准、图像纠正等几何纠正方法。下载到的 TM/OLI 陆地成像仪影像遥感影像数据经初步的校正后, 可根据研究需求再继续精校正。本研究以 1990 年冬的数据为标准, 使 2007 年、2019 年的遥感影像进行图像配准, 使得各幅遥感影像位置基本重合, 并使误差范围控制在 1 个象元左右。

2.3.4. 图像裁剪

为了方便对研究区域的观察, 本文利用 Envi 4.5 软件, 将矢量数据转为 ROI 对遥感影像进行裁剪工作。

将研究区域的界线(即在 Arcgis 中的对洞庭湖湿地保护区规划界线所做的矢量边界)作为裁剪边界来完成图像裁剪工作。

2.4. 湿地分类系统

湿地分类系统是正确识别地物类型, 保证分类准确度的重要前提, 分类系统并因研究目的、方式和范围而不同。我们不能忽略一个问题, 在实际应用中, 湿地分类方案(根据湿地属性差异制定的方案)存在某些判读和区划难度, 尤其表现在从影像中获取湿地景观信息时。例如《湿地公约》在划分人工湿地物类时, 按人工湿地物类的用途功能将其划分为水产池塘、储水池塘和农用池塘等, 但在操作提取上给该类湿地景观信息造成某些困难, 出现了不能直接识别遥感影像中各类人工湿地的使用功能等问题。因此应以便于提取遥感影像信息的角度为出发点, 制定一套分类湿地中各地物的方案。

本次研究使用的是《湿地公约》分类系统, 即一级类为人工湿地、天然湿地共两个, 二级类共 41 个的标准[8]。将研究区域的实际情况与遥感影像的特征相结合, 把洞庭湖区域的湿地分为以下 8 个类别, 分别为水体、水田、建设用地、泥沙滩地、草滩地、芦苇滩地、旱地和林滩地。

2.4.1. 遥感解译标志的建立

建立目视解译标志对图像解译而言很重要[9]。我们可根据遥感影像的轮廓、色彩、纹理等特征来区别地物, 进而提取目标信息。本文在了解研究区域及掌握遥感专业知识后, 用谷歌地球软件作为辅助, 并建立解译标志。TM 遥感影像的第三波段为红色波段(OLI 陆地成像仪影像第四波段为红色波段), 因含有丰富的信息量, 成为最佳观测波段, 且该波段处于叶绿素吸收区域, 可用于观测道路、裸露土壤、植被种类。TM 遥感影像第四波段(OLI 陆地成像仪影像第五波段)为近红外波段, 是植被叶绿素强反射谱带, 可和第三波段共同参与植被指数计算, 从而反映植被种类。在第四波段中, 不同地类的光谱反射率差异明显, 地貌细节显示较清晰, 对遥感解译工作十分有利。第五波段(OLI 陆地成像仪影像第六波段)作为中红外波段, 是水分子强吸收带, 适用于调查地物含水量, 区分植被类型。考虑到研究对象为湿地, 因而本文 TM 影像采用 5、4、3 波段(OLI 陆地成像仪影像采用 6、5、4 波段)建立解译标志, 进行 RGB 假彩色合成。

2.4.2. 湿地信息提取

1) 分类方法

遥感影像的分类一般有人工目视解译或者计算机自动分类这两种方式来完成。人工目视解译在分类时有个体性差异, 且较易因操作者经验不足或主观想法造成实验数据错误, 从而使得遥感数据不具有客观性和真实性, 且因为人工目视解译花费时间长, 所以一般情况下都会使用计算机自动分类方法来处理影像。计算机自动分类法有耗时短, 效率和精度都高的优势。自动分类包括监督分类和非监督分类。监督分类相对于非监督分类, 可以借助对分类地区的经验, 提前掌握分类特征, 可以规避分类中出现的问题, 并且提高精度。因此, 本文将监督分类作为遥感解译的方法。

在选择兴趣区时, 根据确定的湿地解译标志, 尽量选取纯像元区域, 且每类训练样区的象元数尽量相似且大于 500 个, 这样会使得光谱信息分离度最大, 分类误差控制在最小范围。在接下来使用计算机自动分类时, 为了避免背景象元也参与到分类结果中, 需要在选择分类时建立一个掩膜文件, 掩膜文件的建立可以在监督分类提取兴趣区时生成, 通过新建一个类别, 使用多边形工具将影像边界矢量化, 建立一个研究区域遥感影像的掩膜文件。在选完解译标志后, 需要进行分离度计算, 各地类分离性指数只有超过 1.80, 才能保证各地类的训练样区选取较为合适。

选取完合适的训练样区之后, 我们可以采用最小距离、马氏距离等分类方法对研究区域遥感影像进行自动分类。本文采用的分类方法是最大似然法, 其原理如下:

最大似然分类使用遥感卫星的多频带数据的分布作为多维正态分布来构造判别分类函数。基本思想是每类已知像素在平面或空间中形成特定的点群; 每种类型数据的 每个维度在数轴上形成正态分布, 并

且该类的多维数据构成多维正态分布, 具有各种类型的多维分布模型, 对于任何未知类别的数据源, 可以被反转以找出它属于每种类型的概率; 根据概率的大小, 比较哪种类型的概率大, 这个像元就属于这个类。

最大似然分类法的判别规则为, 如果某个待分类像元 x 满足下式:

$$p(w_k)p(x_i/w_k) \geq p(w_l)p(x_i/w_l), 1 \leq i \leq M, 1 \leq k, l \leq b$$

则 $x \in w_i$, 其中 M 表示影像大小, b 表示类别大小, n 表示影像波段数。在最大似然法的实际计算中, 常采用经过对数变换的形式:

$$g_k(x_i) = \ln p(w_k) - \frac{1}{2} \sum k - \frac{1}{2} (x_i - m_k)^T (\sum k)^{-1} (x_i - m_k)$$

式中: $p(w_k)$ 是某一类 w_k 在图像中的概率, 在预先不知道 $p(w_k)$ 是多少的情况下, 可以认为所有的 $p(w_k)$ 都相同, 即 $p(w_k) = 1/c$, $\sum k$ 为第 k 类的协方差矩阵, m_k 为该类的均值向量。对于任何一个像元值 x_i , 其在某一类中 $g_k(x)$ 最大, i 就属于哪一类[10]。

2) 类别合并和图斑合并

在实际选择训练样区, 确定分类类别时, 存在着同物异谱的情况, 所以会将同一种地物分成几类。在最大似然方法结束后, 我们需要将这几类相同的地物合并为一类, 例如在本文研究中, 我们分出湖泊和河流两类地物, 需要进行类别合并, 同时修改名称, 将其合称为水体。类别合并后, 我们根据情况将各类别颜色修改成便于人眼识别的颜色。同时还需要进行图斑合并, 将细碎的象元合并, 利于观察。

3. 结果与分析

根据以上的处理后, 我们根据计算机提取的研究区域信息, 制作专题地图并进行叠置统计分析。叠置分析是空间分析中一个重要的研究内容, 包括点、线和多边形分别与多边形叠加三种类型, 其原理基于 Weiler-Atherton 算法和 Sutherland-Hodgeman 算法。[11] 本文 1990、2007 和 2019 年的南洞庭湖湿地地物分类结果见图 1~3。

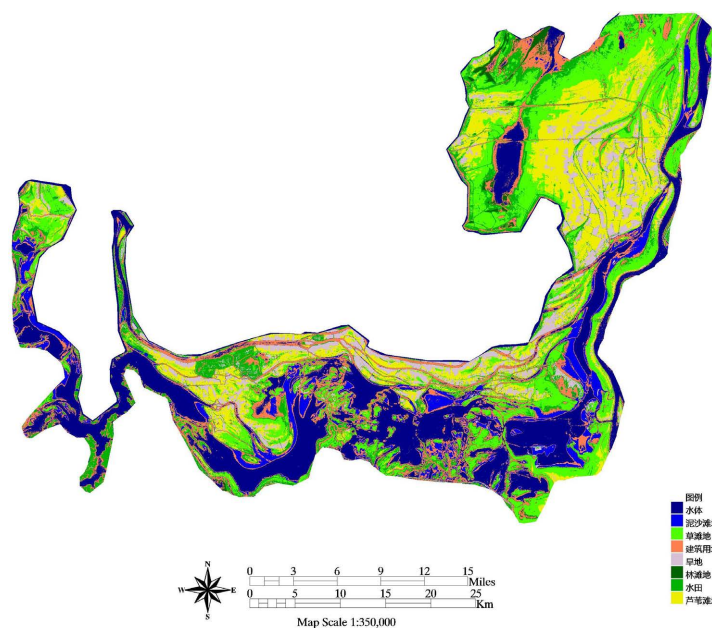


Figure 1. Landscape changes of South Dongting Lake wetland in 1990
图 1. 1990 年南洞庭湖湿地景观变化

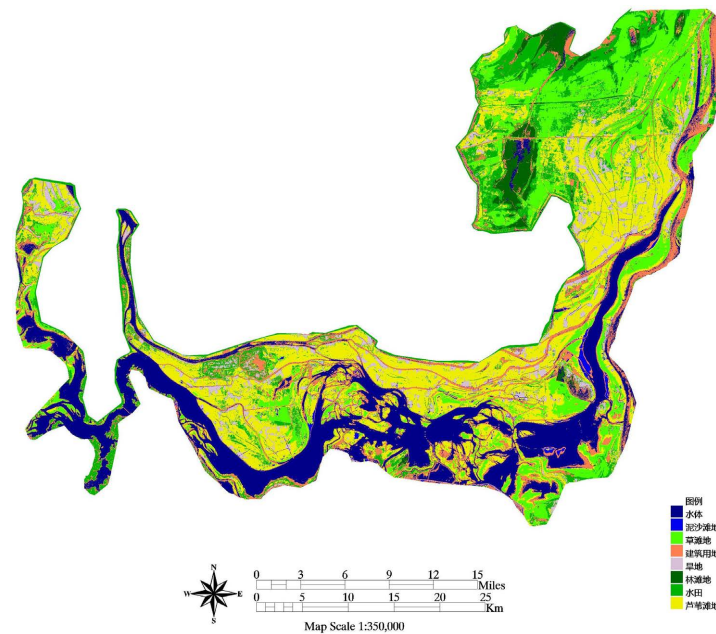


Figure 2. Landscape changes of South Dongting Lake wetland in 2007
图 2. 2007 年南洞庭湖湿地景观变化

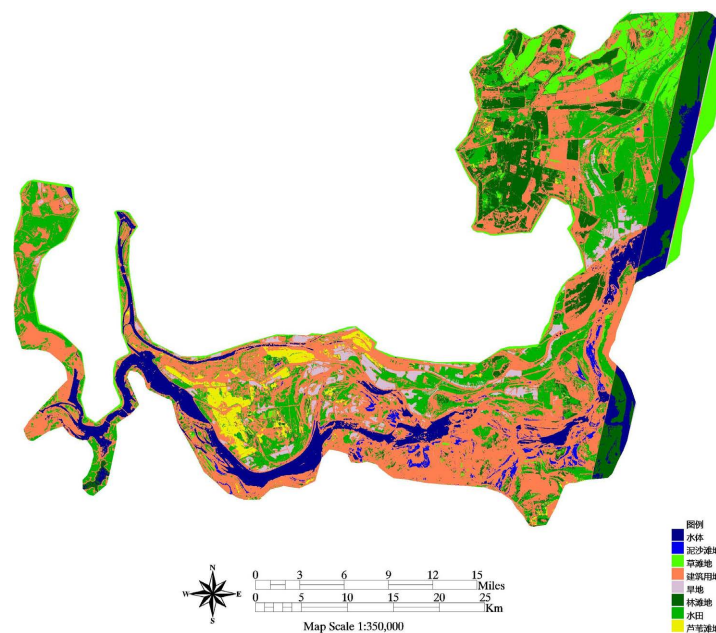


Figure 3. Landscape changes of South Dongting Lake wetland in 2019
图 3. 2019 年南洞庭湖湿地景观变化

3.1. 洞庭湖湿地类型分布

通过对分类之后的研究区域进行类别统计, 得出表 1。

1990 年研究区域面积最大的地类为水体, 面积为 359.10 km^2 ; 草滩地次之, 面积 290.31 km^2 ; 芦苇滩地有 279.71 km^2 , 位列第三; 面积最少的是林滩地, 仅有 11.38 km^2 。2007 年面积由大到小依次为芦苇滩地、水体和草滩地。但是水体和草滩地面积略有减少, 水体为 310.08 km^2 , 草滩地面积为 258.75 km^2 ,

而芦苇滩地面积则有所增加, 增至 474.07 km², 面积最少的变为泥沙滩地, 面积仅为 13.96 km²。2019 年, 水体面积继续减少至 165.18 km², 草滩地和芦苇滩地也都分别减少, 分别减少至 124.99 km² 和 41.23 km²。建筑用地增加面积最多, 其用地面积跃居第一, 为 672.15 km², 水田用地面积也增加了, 为 329.08 km²。用地面积第三位为林滩地, 用地面积增至 190.95 km²。

Table 1. Statistics of the area of ground object types (measurement unit: km²)

表 1. 地物类型面积统计(计量单位: km²)

类型	1990	2007	2019
水体	359.10	310.08	165.18
泥沙滩地	101.11	13.96	20.56
草滩地	290.31	258.75	124.99
建筑用地	243.05	201.99	672.15
旱地	132.45	83.43	56.81
林滩地	11.38	44.36	190.95
水田	183.69	214.05	329.08
芦苇滩地	279.71	474.07	41.23

3.2. 湿地动态变化分析

1990 年~2007 年, 水体面积由 22.8% 变化到 20%, 比例下降。比例下降的还有泥沙滩地、草滩地、建筑用地、旱地, 比例下降最多的是水体面积。比例上升的增加的有林滩地、水田和芦苇滩地, 其中增加最多的是芦苇滩地, 由 18.8% 增加到 30.5%。

2007 年到 2019 年, 所占比例下降的有水体, 草滩地、旱地、芦苇滩地, 其中减少的最多的是芦苇滩地, 由 30.6% 下降到 2.7%。所占比例上升的有泥沙滩地、建筑用地、林滩地、水田。其中增加最多的是建筑用地, 由 13.1% 上升到 43.4%。

4. 湿地变化的驱动因素

4.1. 泥沙滩地扩张驱动因素分析

泥沙滩地扩张的一个重要原因是泥沙淤积, 其增长速率可以用泥沙迁入速率减去 泥沙迁出速率来表示。整个南洞庭湖区的年泥沙淤积量决定了迁入速率。而水系的冲刷作用对迁出速率有影响, 冲刷作用取决于植被量和泥沙滩地在南洞庭湖区的分布情况。

4.1.1. 泥沙淤积

整个进入南洞庭湖泥沙量的 82.6% 来源于四口(1958 年左右调弦口造成堵塞情况), 所以与四口水系直接相连的湖区是洞庭湖泥沙的主要堆积地。西洞庭湖最开始受到泥沙堆积的侵害, 在西洞庭湖泥沙堆积严重后, 南洞庭湖开始受到泥沙堆积, 并且东洞庭湖也深受其影响, 造成泥沙淤积, 泥沙滩地迅速扩张。这也是形成汉寿、岳阳及沅江三处洲滩面积大的原因。

4.1.2. 芦苇边缘效应

芦苇边缘效应是造成泥沙滩地面积扩张的另一重要原因。芦苇生长在泥沙滩地滩与水域的过渡区域, 是一种挺水性植物, 其对高程和水分有严格的要求, 一般分布海拔低于 28 m 并且水分充足的区域。在泥

沙含量低的枯水季时, 芦苇能降低水速, 从而使得水流对岸边的冲刷作用减小; 另外芦苇作为一种植物, 其有茂密的根须, 对水土有固定作用, 水土不易流失。到了泥沙含量高的洪水期, 水位增高, 甚至会达到芦苇的高度, 因为芦苇会阻挡水流通过, 造成携带泥沙的水流速度减缓, 泥沙淤积, 同时随着时间积累, 浅水滩泥沙越积累越多, 最终导致泥沙滩地面积增加。据统计, 泥沙淤积的平均高度低于有芦苇生长的地区所淤积的泥沙高度[12]。同时研究人员还发现, 芦苇丛会造成泥沙滩地面积增加, 而泥沙滩地面积增加又会反过来造成芦苇丛的生长, 形成一种恶性循环的状态。

4.2. 水体区域减小的驱动因素分析

围湖造田是使水体区域面积减小的一个重要因素[13]。围湖造田是指人们将浅水区改成农田地的一种现象。过度的围湖造田会湖泊功能受到损害, 发挥不出原有的功能, 造成生态环境受到严重危害。我国自 60 年代以来大面积围湖造田, 甚至有地方政府用政策来鼓励这种行为, 一时间造田面积迅速增加, 使得湿地范围迅速减小。随着湿地面积越来越小, 政府和当地的人民也意识到这点问题, 慢慢地将农田地还给湿地, 但是对湿地造成的破坏不容小视, 围湖造田也使得湿地范围支零破碎, 岌岌可危。

5. 结论

通过分析南洞庭湖 1990~2019 年三期的遥感数据, 对洞庭湖湿地进行动态变化研究及驱动力分析, 我们发现, 自 1990 年来, 南洞庭湖湿地发生了以下主要变化, 泥沙滩地和建筑用地面积迅速增加和水体面积的减少, 这直接导致了南洞庭湖湿地地物类型发生变化。不合理的使用湿地资源会对湿地及生态环境造成破坏, 其影响远远超过眼前破坏湿地所获取的利益。另外由于一些自然原因, 例如芦苇地及泥沙淤积, 不容忽视地使湿地面积发生变化。

围湖造田使得洞庭湖湿地遭受严重的生态破坏及资源破坏, 与洞庭湖同处在长江中下游的鄱阳湖区域也遭受同样的危机, 正遭受着围湖造田带来的生态破坏, 使得湖泊的调蓄供水功能也受到严重的破坏。洞庭湖湿地处长江一带, 对于生态环境及长江规避洪水起着非常重要的作用。因此, 为了保护洞庭湖湿地, 让它发挥更多的作用, 我们需要保护湿地, 坚决反对围湖造田的行为, 同时也要保护湿地的环境, 一起携手共建美丽洞庭湖。

参考文献

- [1] 陈要平, 严家平. 巢湖湿地功能与保护策略探讨[J]. 安徽农学通报, 2008, 14(15): 75-76+110.
- [2] 庞云祥. 地球之肾——我国湿地的现状与生态恢复[J]. 科技信息(学术版), 2007(24): 383+385.
- [3] 邓帆, 王学雷, 厉恩华, 蔡晓斌, 黄进良, 胡砚霞, 姜刘志. 1993-2010 年洞庭湖湿地动态变化[J]. 湖泊科学, 2012, 24(4): 571-576.
- [4] 姜加虎, 黄群. 洞庭湖区生态环境退化状况及其原因分析[J]. 生态环境, 2007, 13(2): 277-280.
- [5] 宋俊山, 郑刚. 基于 Google Earth 的连云港市林地变更调查探析[J]. 江苏林业科技, 2016, 43(1): 21-24.
- [6] 邹柏贤, 孟斌. 两种教学法在遥感图像校正教学中的应用[J]. 地理空间信息, 2017, 15(12): 108-110+112.
- [7] 张苗, 蒋志荣. Hyperion 影像的辐射处理方法[J]. 地理空间信息, 2013, 11(5): 86-89+93.
- [8] 李禄康. 湿地与湿地公约[J]. 世界林业研究, 2001, 14(1): 1-7.
- [9] 邱胜强, 马忠胜, 杨丽平. 遥感技术在新乡市矿山地质环境调查中的应用[J]. 工程建设与设计, 2016(13): 175-176.
- [10] 童威. 基于 ENVI 的遥感影像监督分类方法的研究[J]. 科技创新与应用, 2019(23): 6-9.
- [11] 刘慧, 韩冰. 空间叠置分析算法的改进研究[J]. 科技信息, 2013(6): 156+159.
- [12] 王保忠, 王彩霞, 王保明, 何平, 沈守云. 南洞庭湖湿地生态系统结构、功能与可持续研究[J]. 中南林业调查规划, 2006(1): 25-30.
- [13] 罗康隆, 刘景慧. 13 世纪以来洞庭湖围湖造田的文化逻辑分析[J]. 船山学刊, 2010(1): 47-51.