

基于景观格局的鄱阳湖生态经济区湿地时空变化

张田¹, 余敦^{1,2}

(1. 江西农业大学 国土资源与环境学院, 江西 南昌 330045;

2. 江西农业大学 江西省鄱阳湖流域农业资源与生态重点实验室, 江西 南昌 330045)

摘要: 基于 eCognition 面向对象的最邻近域法, 选取最优特征组合, 对鄱阳湖生态经济区 1995 年、2005 年和 2015 年遥感影像进行解译和分类提取; 参照《湿地公约》及我国湿地分类, 依据鄱阳湖实际情况和现有研究资料, 同时考虑遥感影像解译过程中的实操性, 将鄱阳湖生态经济区土地类型分为湿地和非湿地两大类, 即河流、湖泊、沼泽、库塘、水田和林地、裸地、建设用地、草地共 9 类。采取动态度、质心模型和景观格局指数对 20 年间该地区湿地的动态变化特征进行分析, 并采用地理探测器研究其变化驱动力。结果表明, 对于湿地分类, eCognition 面向对象的分类方法对湿地影像的提取效果良好; 鄱阳湖生态经济区 1995–2015 年湿地总体面积减少, 总体变化率为 -25.88%; 其中, 减少最多的是天然湿地, 共减少 20.12 万 hm^2 ; 1995–2015 年鄱阳湖生态经济区湿地景观指数表现为各斑块破碎度增加, 景观多样性及均匀性呈倒“V”变化趋势。湿地变化的驱动力分析表明, 人口密度、年均温及坡向均对湿地变化的空间分异有较强的解释能力, 人口密度对湿地变化空间分异的解释能力高于年均温和坡向。研究结果可为鄱阳湖生态经济区湿地保护提供理论依据及数据支撑, 也可为我国及其他地区淡水湿地保护提供经验借鉴。

关键词: 湿地; 景观格局; 时空变化; 鄱阳湖生态经济区

中图分类号: X826 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2022)04-0001-07

20 世纪以来, 由于社会经济发展及产业结构调整的不断加快, 人类对自然资源不合理的开发与利用加剧, 使得自然环境各方面均受到不同程度的影响。湿地是生态价值和生态功能非常高的一种自然资源, 位于陆地和水生生态系统的交界处, 更容易受到人类活动的影响。湿地是国家环境安全的重要因素, 其生态功能的保护效果在某种程度上直接影响着我国生态文明建设目标的实现(王学雷等, 2006); 湿地的分布状况以及变化趋势对我国社会经济发展具有非常重要的影响(陈有明等, 2014)。因此, 对湿地变化及其驱动力研究成为当下十分值得关注的问题。

在湿地提取方面, 目前主要采用的方法有面向对象法、决策树方法、综合识别法和分层提取法等(李健, 2014; 王凯霖等, 2017)。韩忻忆和颀耀文(2015)以疏勒河流域为研究区, 利用改进的干旱区湿地指数、归一化植被指数、地表反射率、灰度共生

矩阵等构建决策树模型提取研究区湿地。动态度模型、景观格局指数分析以及质心迁移是研究湿地变化的重要方法(吴金华等, 2020; 于成龙等, 2020; 彭娜和周立志, 2021)。许丽丽等(2013)研究了淮河流域湿地的动态变化规模及转移趋势, 并提取湿地变化热点的空间分布格局; 宋晓龙等(2012)将 GDP、人口密度等社会经济因素综合考虑, 利用系统保护规划的理论和方法, 对黄淮海地区进行了多目标的湿地系统保护预案设计。

鄱阳湖是我国最重要的淡水湿地。近年来, 由于经济社会的快速发展, 鄱阳湖生态经济区人口与资源、环境与发展之间的矛盾日益凸显, 湿地生态环境受到明显影响, 生态功能退化严重, 对该地区湿地的研究也是学术界的热点问题。有学者对该地区水区面积、湿地植被、生态系统健康及生态效应进行了研究(钟海燕等, 2013; 查东平等, 2015; 冯倩等, 2016; 祝明霞等, 2017); 但对于该地区湿地较早时期以及较长尺度下的时空分析较少。本文以鄱阳湖生态经济区为研究区域, 采用 eCognition 面向对象的方法, 选取该区域 1995 年、2005 年和 2015 年 3 期遥感影像数据, 通过比较区域不同时期下湿地的变化情况, 分析其变化特征及驱动因子, 旨在为鄱阳湖生态经济区湿地保护提供理论依据及数据支撑, 以期为我国及其他地区淡水湿地保护提供经验与借鉴。

收稿日期: 2020-12-24 修回日期: 2022-04-20

基金项目: 江西省自然科学基金(20151BAB203039); 国家自然科学基金(41561107); 江西省教育厅科技项目(GJJ13263)。

作者简介: 张田, 1996 年生, 女, 硕士研究生, 研究方向为土地利用与土地生态。E-mail: 466264849@qq.com

通信作者: 余敦, 1975 年生, 男, 教授, 主要从事土地利用规划教研工作。E-mail: jxauyd@163.com

1 材料与方法

1.1 区域概况

鄱阳湖生态经济区(图1)是江西省北部、长江中下游地区的重要经济发展区域(114°29'~117°42'E、27°30'~30°06'N),区域范围覆盖南昌、景德镇、鹰潭3市全部以及九江、新余、抚州、宜春、上饶、吉安的部分县(市区),共38个县(市区),总面积5.12万km²,占全省国土面积约1/3,人口占全省50%左右,经济产值约占全省3/5。鄱阳湖生态经济区是我国重要的生态功能保护区,也是全球重要生态区;该地区属亚热带湿润性季风型气候,温暖湿润,降水丰富,地形复杂多样,低山、丘陵分布广泛且大小河流和湖泊众多。在这种气候及特殊地形的影响下,鄱阳湖地区水位落差大,因此形成了广阔的洲滩和沼泽地带(谭志强等,2017)。

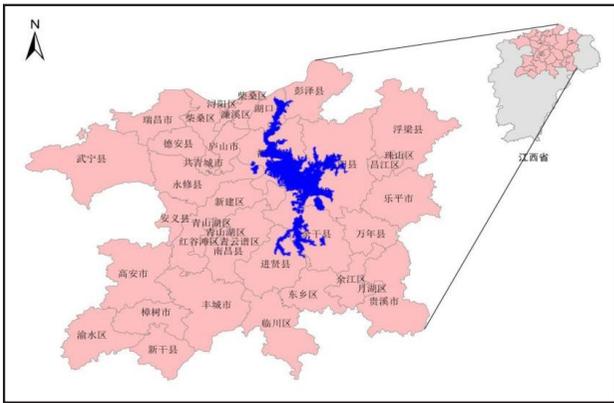


图1 鄱阳湖生态经济区

Fig.1 Map of Poyang Lake Eco-economic Zone

1.2 资料来源及处理

本文采用的影像数据来源于地理空间数据云网站(<http://www.gscloud.cn/>),选用鄱阳湖生态经济区30 m分辨率1995年Landsat5 TM、2005年Landsat7 ETM及2015年Landsat 8 OLI共3期遥感影像数据。覆盖全区域需要7景影像,条代号分别为120041、121039、121040、121041、122039、122040、122041。考虑到不同月份的水位差异及云量影响,在选取影像时,尽量选取同一月份的数据,但仍有部分月份数据缺失,因此选取了云量最小的9-12月数据。遥感影像分类前,对影像的预处理包括辐射定标、大气校正等;此外,人口密度、GDP等经济数据均来源于《江西统计年鉴》及各市区1995—2016年统计年鉴。

1.3 研究方法

在参照《湿地公约》及我国湿地分类,本文依据

鄱阳湖生态经济区的实际情况及现有研究资料(李禄康,2001;许凤娇等,2014),同时考虑遥感影像解译过程中的可操作性,将鄱阳湖生态经济区土地类型分为湿地和非湿地两大类。非湿地类型包括建设用地、林地、草地和裸地,湿地类型分为天然湿地和人工湿地,天然湿地又分为河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地,而人工湿地则大致分为库塘、水田。最终将研究区土地类型分为9类。

本次研究湿地信息的提取采用eCognition面向对象的分析方法(Lobo et al,1996;Wang et al,2004),eCognition与传统的基于单个像素对影像分类的方法不同,可充分利用某个对象的色调、形状、纹理、等特征信息和不同对象之间的相关特征等类间信息进行分析,大大提高了数据的自动识别精度;该方法的重点在于影像分割及分类特征提取两方面(陈金丽,2009)。

1.3.1 影像分割 在对鄱阳湖生态经济区3期影像进行分割时,要使分割后的斑块既不过于破碎,也不能使斑块过大而造成类别间相互混淆、界限不清。在进行不同分割尺度实验后,最终选用尺度为50的分割方法对影像进行多尺度分割,采用的形状指数为0.7,光谱紧致度为0.3。结果表明,在这一参数设置下分割后的影像边界较为清晰,且内部同质性较好,具有较大的可分性(图2)。

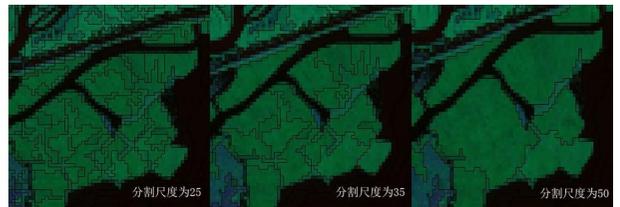


图2 不同分割尺度下的影像效果比较

Fig.2 Image segmentation results with different segmentation scales

1.3.2 特征空间建立 本文选取研究区影像的光谱特征(NDWI、NDVI、各波段均值、各波段标准差、亮度值等)、空间几何特征(面积、形状指数、矩形拟合度、长宽比等)和空间关系特征(相邻关系、包围关系等)建立特征空间,其中光谱特征中的NDVI为归一化植被指数,NDWI为归一化水体指数,二者为根据公式输入的自定义特征(表1)。

按照距离可分性,在各个特征空间中计算所选类别中每两类间的平均最小距离,通过比较这些平均最小距离,选择其中最大的一个,也就是分离度最大,那么该平均最小距离所代表的特征组合就是最

优特征组合(马燕妮等,2017);这些可在 eCognition 中自动完成计算。

表1 初始选择的分类特征

Tab.1 Classification features of initial selection

光谱特征	空间几何特征	空间关系特征
NDVI(1个)	Area(1个)	Borter to(2个)
NDWI(1个)	Shape(1个)	Distance to(1个)
Mean(Red, Green, Blue, Nir)(4个)	Rectangular fit(1个)	
Ratio(Red, Green, Blue, Nir)(4个)	Length/Width(1个)	
Brightness(1个)		

对影像分类后,本文采用动态度模型、质心迁移模型及景观格局指数分析湿地时空变化(高杰等,2018;徐晓龙等,2015)。为探究湿地时空变化的驱动因素,基于地理探测器模型(张金茜等,2018),本文选取GDP、城市化率及人口密度作为驱动因子,同时加入年均温、坡度、坡向等因子;其中,年均温数据来源于中国气象数据网(<http://data.cma.cn/>),坡度、坡向数据由 ArcGis 软件中通过 DEM 数据计算得来。分区采用 K-means 聚类方法分为4类,最终得到1组因变量和6组驱动因子,输入到地理探测器模型中进行分析。

2 结果与分析

2.1 湿地影像提取

基于面向对象最邻近域分类法,将研究区分为河流、湖泊、沼泽、水田、库塘、林地、裸地、建设用地、草地共9类,最终分类结果如图3所示。采用基于 TTA 掩膜的误差矩阵验证精度,以2015年为例,选取500个样本点进行掩膜验证精度,计算出总体精度为0.866, Kappa 系数为0.87。分别对3期结果进行验证,总体精度均大于85%, Kappa 系数大于0.85,满足研究要求。

2.2 湿地动态变化

2015年与1995年相比,湿地总体面积减少,由1995年的125.75万hm²减少为2015年的93.21万hm²,总体变化率为-25.88%(表2)。其中,天然湿地均有所减少,河流、湖泊、沼泽湿地面积分别减少1.97万hm²、12.24万hm²、5.90万hm²,总变化率分别为-23.22%、-30.68%、-18.01%;而人工湿地中,只有库塘面积增加,水田面积处于持续减少的状态;与此同时,建设用地面积处于持续快速增加状态,从1995年的5.16万hm²增加至2015年的32.97万hm²,总变化率高达538.95%。

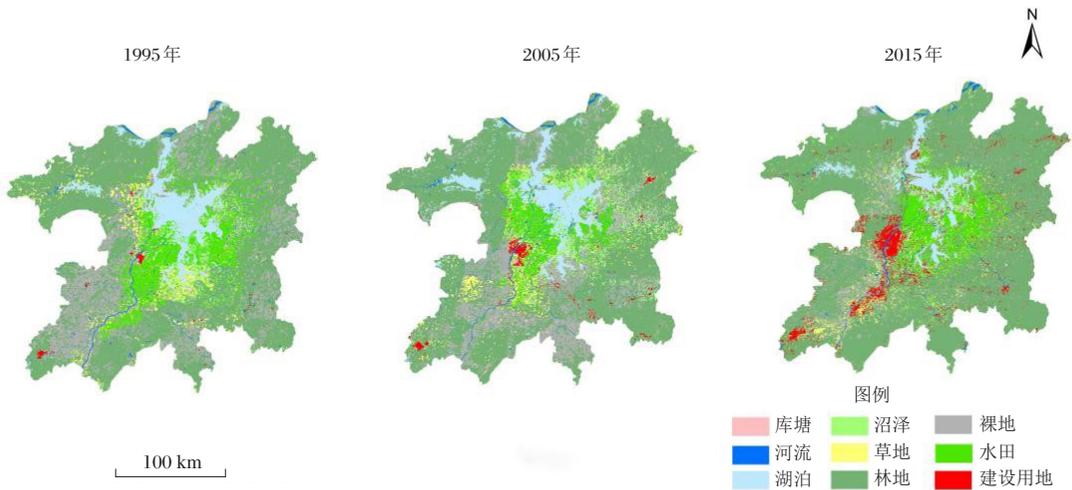


图3 鄱阳湖生态经济区湿地提取

Fig.3 Wetland extraction results of Poyang Lake Eco-economic Zone

表2 各地类3期面积统计

Tab.2 Area statistics of different land types for 1995, 2005 and 2015

年份	湿地/万hm ²					非湿地/万hm ²				总计
	河流	湖泊	沼泽	库塘	水田	林地	裸地	建设用地	草地	
1995	8.49	39.90	32.79	2.33	42.23	263.40	85.61	5.16	20.48	500.39
2005	7.53	32.14	24.32	3.43	34.05	299.66	74.71	9.04	15.51	500.39
2015	6.52	27.66	26.88	6.30	25.84	303.25	60.71	32.97	10.26	500.39

1995–2005 年,天然湿地持续减少,河流和湖泊的年变化率分别为-1.13%和-1.94%,变化率最大的是沼泽,10 年间沼泽面积减少了 8.47 万 hm^2 ,年变化率为-2.58%(表 3)。2005–2015 年,湿地总体仍呈现减少退化的趋势。从动态度可以看出,天然湿地减少幅度有所下降,河流、湖泊动态度分别为-1.34%、-1.39%,变化度均低于前一期。这 10 年间,由于保护措施得到完善与增强,湿地环境得到一定改善,虽然仍处于减少状态,但变化幅度下降,且 2005–2015 年的沼泽面积有所增加,增加了 1.05%。

表 3 各地类 3 期动态度统计

Tab.3 Degree of change for each land type during the three periods

土地类型	不同年份的动态度/%		
	1995–2015 年		
	1995–2005 年	2005–2015 年	1995–2015 年
河流	-1.13	-1.34	-2.32
湖泊	-1.94	-1.39	-3.07
沼泽	-2.58	1.05	-1.80
库塘	4.71	8.36	17.01
水田	-1.94	-2.41	-3.88
林地	1.38	0.12	1.51
裸地	-1.27	-1.87	-2.91
建设用地	7.53	26.45	53.90
草地	-2.43	-3.38	-4.99

2.3 湿地景观格局指数

根据景观格局指数的意义及计算公式,同时基于 Fragstats 4.2 软件得到 1995 年、2005 年和 2015 年的斑块密度、聚合指数、景观多样性指数、景观均匀度指数,结果如表 4 所示。

2.3.1 斑块类型指数变化 斑块密度表示某种斑块类型拼块数量占整个景观面积比例,斑块密度越大,该景观类型的破碎程度越高。1995 年,湖泊斑块密度最小,为 0.73,表明此时期湖泊分布较为集中;同时,湖泊的聚合指数最高,可见湖泊破碎化程度较低。沼泽主要位于河流及湖泊边缘,受人类生产生活影响较大,因此斑块密度大。1995–2005 年,天然湿地的斑块密度都有所上升,表明沼泽、湖泊、河流的破碎化程度加深;2005–2015 年,随着鄱阳湖生态经济区发展规划的批复,该地区经济进入快速发展阶段,经济发展及城镇化势必会使建设用地向周边地区不断扩张,建设用地占用耕地,湖泊周边发展养殖种植产业等,都使得沼泽和水田的斑块密度上升,破碎化程度大大加深。聚合指数表示某种斑块类型拼块在景观上的团聚程度,聚合指数越

高,团聚性和连通性越好,抵御风险的能力就越强。1995 年,研究区工业化和城镇化的程度较低,水田聚合指数高,集中连片的水田较多。湖泊由于其自身特性,相比其他类型湿地,聚合指数最高;而河流由于其形状及支流多等原因,聚合程度并不高,这也符合南方地区河网破碎的实际情况。但 2005–2015 年,河流的聚合指数有所上升,此期间江西省政府 2009 年提出要切实保护好“五河一湖”及东江源头生态环境,对鄱阳湖及其水系进行综合治理与保护。

表 4 景观格局指数统计

Tab.4 Statistics of landscape pattern index

年份	景观水平		类型水平		
	多样性指数	均匀度指数	湿地类型	斑块密度	聚合指数
1995	1.33	0.82	河流	1.69	52.52
			湖泊	0.73	89.45
			沼泽	4.07	62.10
			库塘	3.25	40.86
			水田	2.85	79.62
2005	1.41	0.86	河流	3.70	43.02
			湖泊	2.35	84.95
			沼泽	5.23	62.73
			库塘	3.22	43.09
			水田	2.74	74.23
2015	1.30	0.81	河流	2.52	48.32
			湖泊	1.14	83.53
			沼泽	6.09	44.81
			库塘	2.47	37.92
			水田	4.35	64.44

2.3.2 景观指数变化 1995–2015 年,鄱阳湖生态经济区湿地景观的多样性指数和均匀度水平较高,说明该区域各种景观要素面积较接近、优势度不明显。多样性指数反映景观异质性,强调稀有斑块类型对景观的贡献性;均匀度指数反映景观上各斑块类型分布的均匀程度。可以看出,多样性指数在 1995–2005 年有所增加,同时均匀度指数也从 0.82 增加到 0.86,表明此期间鄱阳湖生态经济区湿地景观类型分布更加均匀,其景观多样性也有所提升。但到了 2015 年,多样性指数和均匀度指数又有所下降,表明该地区的湿地生态系统正朝单一性、不均匀化发展。

1995–2015 年鄱阳湖生态经济区湿地景观指数表现为各斑块破碎度增加,景观多样性及均匀性呈倒“V”发展趋势。总体来看,景观层次格局变化较小,但各湿地类型斑块呈现出破碎化趋势。

2.4 湿地景观质心迁移变化

在地理研究中,可用质心移动反映地理事物和现象空间分布的变化。鄱阳湖生态经济区主要湿地类型质心迁移见图4,1995-2015年各湿地地类型质心均发生明显转移,其中河流和沼泽变化最为明显,水田与河流的质心迁移轨迹相似,各湿地类型的质心均向北移动,南部湿地萎缩。1995-2015年,河流、水田的质心均先向西北移动,而后向东南转移;湖泊和库塘的质心则先向西移动而后向东北方向转移;沼泽湿地1995-2005年向东北移动,2005-2015年向西南方移动,整体上看东部的沼泽有所减少。

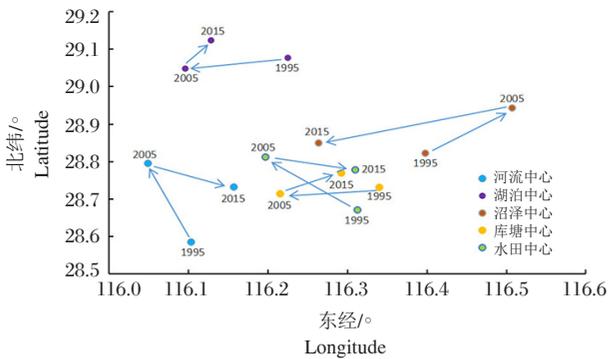


图4 鄱阳湖生态经济区主要湿地类型质心迁移

Fig.4 Centroid transition map of the primary wetland types in Poyang Lake Eco-economic Zone

2.5 湿地变化驱动因子

地理探测器的因子检测可以揭示不同驱动因子对因变量空间分异的影响程度,交互检测可以探究不同驱动因子共同作用下对因变量解释能力存在增强还是减弱的效果(卢小平等,2015)。通过因子检测结果可以看出,人口密度、年均温及坡向对湿地变化均有较强的解释能力;其中,人口密度的 q 统计值高于年均温和坡向,表明人口密度对湿地变化的解释能力高于年均温和坡向(表5)。交互探测结果表明,任意2个因子的交互作用对因变量的解释能力均大于单个因子的解释能力,其中人口密度与年均温交互作用的解释能力最大(表6),表明鄱阳湖生态经济区湿地变化主要是自然条件和人为因素共同作用的结果。

表5 地理探测器的因子探测

Tab.5 Factor detection of geodetectors

指标	城市化率	GDP	人口密度	年均温	坡度	坡向
q 统计量	0.0049	0.0214	0.0682	0.0530	0.0011	0.0404
sig. q	0.4055	0.0066	0.0000	0.0000	0.7886	0.0000

表6 地理探测器的交互探测

Tab.6 Interactive detection of geodetectors

因子	城市化率	GDP	人口密度	年均温	坡度	坡向
城市化率	0.0049					
GDP	0.0347	0.0214				
人口密度	0.0739	0.0702	0.0682			
年均温	0.1120	0.1085	0.1144	0.0530		
坡度	0.0130	0.0280	0.0739	0.1102	0.0011	
坡向	0.0899	0.1063	0.0948	0.1142	0.0905	0.0404

3 讨论

3.1 eCognition分类方法对湿地影像提取效果良好

本文基于eCognition面向对象的分类方法,在多层次分割下选取最优特征组合对鄱阳湖生态经济区湿地影像进行提取,从分类结果看,eCognition面向对象的分类方法对湿地影像的提取效果良好,分类结果总体精度大于85%,Kappa系数大于0.85,分类质量较好。鄱阳湖生态经济区1995-2015年湿地面积总体减少,20年间总变化率为-25.88%;其中,减少最多的为天然湿地,共减少20.12万 hm^2 。总体来看,1995-2015年鄱阳湖生态经济区湿地景观指数表现为各斑块破碎度增加,景观多样性及均匀性呈倒“V”变化趋势;人口密度、年均温及坡向对湿地变化的空间分异均有较强的解释能力,且人口密度的解释能力高于年均温和坡向。任琼等(2015)研究表明,1995-2015年鄱阳湖区湿地呈现萎缩趋势,人类活动和全球气候变化是湿地变化的主要驱动力;本次研究结果与此结论一致。

3.2 长时间跨度能完整解析鄱阳湖湿地变化规律

本次研究表明,鄱阳湖生态经济区湿地事实上处于萎缩退化的状态,但近年来其恶化趋势有所减缓。湿地作为重要的生态系统,历来是生态环境保护的重点和关键点。由于湿地的不稳定性和脆弱性,又使其成为生态环境保护的难点。我国地域辽阔、湿地众多,不同地区湿地又有着其独特性和差异性,鄱阳湖作为我国重要的淡水湿地,具有极高的研究价值。1992年鄱阳湖湿地被列入《国际重要湿地名录》,此后几十年,对该地区湿地的相关研究也有许多,但大多侧重于湿地生物种群、生态效益及湿地对不同要素的响应机制,较少有研究从长时间跨度出发,分析湿地本身的变化规律;同时,现有的湿地变化研究大多集中于高山湿地或是滨海湿地,对淡水湿地的变化研究较少,对湿地变化驱动力的研究较多采用传统的回归分析,未考虑驱动因子对湿地空间上的影响。本文选取1995年、2005年及2015年

的数据,采用与传统基于像元分类不同的面向对象方法,对该地区影像进行处理分析,从一个较长时间跨度分析了鄱阳湖生态经济区 20 年间的湿地变化,在此基础上采用地理探测器模型对其驱动因素进行分析,对鄱阳湖湿地以及其他淡水湿地的研究有一定参考价值。

3.3 eCognition 面向对象提取方法能提升解译精度

本次研究尝试采用不同遥感影像解译方法进行湿地提取,包括监督分类和决策树分类方法,以基于面向对象的 eCognition 分类方法效果最佳。因此,对于精度较低、像素特征不明显的地类提取,可采用 eCognition 面向对象的提取方法以提升解译精度。地理探测器得出的湿地变化驱动因子显示,人口对湿地的影响较大,从鄱阳湖生态经济区发展过程来看,本文选取的研究时段正处于该地区经济快速发展期,从建设用地的增长也可以看出,该时段人类活动强度较大,因此对湿地的干扰程度也较深。

3.4 湿地保护研究应尽可能纳入更多可量化因子

在湿地保护过程中,应加强对该地区的气候监测与变化预测,采取适当的生物或工程措施以减轻气候对湿地的影响,应同时加强水土保持及河湖泥沙清理;此外,还应当从政策方面对人为活动进行控制,减少人为因素对湿地的破坏。然而,生态系统极为复杂,本次研究只是一小部分,为使湿地尽快得以恢复,实现可持续发展,有关湿地问题还有待于进一步探究;此外,本文也存在不足之处,在探究湿地变化驱动因子时,受数据资料限制,未能纳入更多因子。在后续研究中,可考虑将政策等更多因子进行量化纳入其中。

参考文献

陈金丽, 2009. 面向对象的最邻近算法研究与实现[D]. 北京: 中国地质大学.

陈有明, 刘同庆, 黄燕, 等, 2014. 长江流域湿地现状与变化遥感研究[J]. 长江流域资源与环境, 23(6):801-808.

冯倩, 刘聚涛, 韩柳, 等, 2016. 鄱阳湖国家湿地公园湿地生态系统健康评价研究[J]. 水生态学杂志, 37(4):48-54.

高杰, 高敏, 赵志红, 等, 2018. 1987—2015 年七里海潟湖湿地景观格局变化及驱动力分析[J]. 水生态学杂志, 39(4):8-16.

韩忻忆, 颜耀文, 2015. 基于决策树的干旱区湿地信息自动提取——以疏勒河流域为例[J]. 遥感技术与应用, 30(6):1146-1152.

李健, 2014. 分层提取法在黄河三角洲湿地信息提取中的应用[J]. 测绘与空间地理信息, 37(11):146-148.

李禄康, 2001. 湿地与湿地公约[J]. 世界林业研究, 14(1):1-7.

卢小平, 杜晓贝, 王懿, 等, 2015. 训练样本对湿地分类精度的影响[J]. 河南理工大学学报(自然科学版), 37(5):55-59.

马燕妮, 明冬萍, 杨海平, 2017. 面向对象影像多尺度分割最大异质性参数估计[J]. 遥感学报, 21(4):566-578.

彭娜, 周立志, 2021. 基于地理探测器的菜子湖群湿地景观格局变化及驱动分析[J]. 水资源保护, 37(6):168-176.

任琼, 李勇, 周莉茵, 等, 2015. 鄱阳湖湿地变迁的驱动力分析[J]. 南方林业科学, 43(5):37-39.

宋晓龙, 李晓文, 张明祥, 等, 2012. 黄淮海地区跨流域湿地生态系统保护网络体系优化[J]. 应用生态学报, 23(2):475-482.

谭志强, 许秀丽, 李云良, 等, 2017. 长江中游大型通江湖泊湿地景观格局演变特征[J]. 长江流域资源与环境, 26(10):1619-1629.

王凯霖, 赵凯, 李海涛, 等, 2017. 基于综合识别方法的河北白洋淀湿地提取研究[J]. 现代地质, 31(6):1294-1300.

王学雷, 许厚泽, 蔡述明, 2006. 长江中下游湿地保护与流域生态管理[J]. 长江流域资源与环境, 15(5):564-568.

吴金华, 房世峰, 刘宝军, 等, 2020. 乌裕尔河—双阳河流域湿地景观格局演变及其驱动机制[J]. 生态学报, 40(13):4279-4290.

徐晓龙, 王新军, 朱新萍, 等, 2015. 1996—2015 年巴音布鲁克天鹅湖高寒湿地景观格局演变分析[J]. 自然资源学报, 33(11):1897-1911.

许凤娇, 周德民, 张翼然, 等, 2014. 中国湖泊、沼泽湿地的空间分布特征及其变化[J]. 生态学报, 33(6):1606-1614.

许丽丽, 万云, 盛晟, 等, 2013. 淮河流域湿地变化的特征、热点及其影响因素[J]. 自然资源学报, 28(8):1383-1394.

于成龙, 王志春, 刘丹, 等, 2020. 基于 SWAT 模型的西辽河流域自然湿地演变过程及驱动力分析[J]. 农业工程学报, 36(22):286-297.

查东平, 冯明雷, 陈宏文, 等, 2015. 鄱阳湖典型湿地植被景观格局的时空变化分析[J]. 水生态学杂志, 36(5):1-7.

张金茜, 巩杰, 柳冬青, 2018. 地理探测器方法下甘肃白龙江流域景观破碎化与驱动因子分析[J]. 地理科学, 38(8):1370-1378.

钟海燕, 赵小敏, 黄宏胜, 2013. 鄱阳湖区 1971—2010 年水域时空变化研究[J]. 水生态学杂志, 34(2):22-26.

祝明霞, 喻光明, 赵军凯, 2017. 基于 LUCC 的鄱阳湖湿地生态效应分析[J]. 水生态学杂志, 38(3):8-14.

Lobo A, Chic O, Casterad A, 1996. Classification of Mediterranean crops with multisensor data: per-pixel versus per-object statistics and image segmentation[J]. International Journal of Remote Sensing, 17(12):2358-2400.

Wang L, Sousa W P, Gong G P, 2004. Integration of object-based and pixel-based classification for mapping mangroves with IKONOS imagery[J]. International Journal of Remote Sensing, 25(24):5665-5668.

Temporal and Spatial Dynamics of Wetland Landscape Patterns in the Poyang Lake Eco-economic Zone

ZHANG Tian¹, YU Dun^{1,2}

(1. Institute of Land, Resources and Environment, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 3300452, P.R. China;

2. Key Laboratory of Agricultural Resources and Ecology in Poyang Lake Basin,
Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, P.R. China)

Abstract: In this study, the Poyang Lake Eco-economic Zone was selected for investigation, and changes in wetland landscape pattern in the area from 1995 to 2015 were explored by interpreting remote sensing images of Poyang Lake Eco-economic Zone in 1995, 2005 and 2015. At the same time, the driving forces of change were studied using geographic detectors. The objectives were to provide a theoretical basis and data to support wetland protection in the Poyang Lake Eco-economic Zone, and to gain experience for freshwater wetland protection in other regions of China. The interpretation and classification of the remote sensing images of Poyang Lake Eco-economic Zone in 1995, 2005 and 2015 was conducted by the eCognition object-oriented nearest neighbor method using the best feature combination. The dynamic degree, centroid model and landscape pattern index were used to analyze the dynamics of wetland change over the past 20 years. The results demonstrate that wetland image extraction by the eCognition object-oriented classification method was reliable, and the land types of Poyang Lake Eco-economic Zone consisted of two groups, wetland and non-wetland, and nine types: river, lake, swamp, paddy field, reservoir and pond, woodland, bare land, construction land and grass land. From 1995 to 2015, the total wetland area in Poyang Lake Eco-economic Zone decreased from 1 257 500 hm² in 1995 to 972 500 hm² in 2015, with an overall change rate of -25.88%. The area of natural wetland decreased the most, with a total decrease of 201 200 hm². The wetland landscape index of Poyang Lake Eco-economic Zone showed that fragmentation of each patch increased, and landscape diversity and uniformity displayed an inverted "V" trend during 1995-2015. The centroid transition of the primary wetland types showed an obvious northward trend as wetlands in the south shrunk. Driving force analysis of wetland change using geographic detectors showed that population density, average annual temperature and slope direction were the primary drivers of wetland change, and the explanatory power of population density to the spatial differentiation of wetland change were higher than that of average annual temperature and slope direction.

Key words: wetland; landscape pattern; temporal and spatial variation ; Poyang Lake Eco-economic Zone