DOI: 10.5846/stxb201506301355
刘吉平, 董春月, 刘家福, 郑凯俊.三江平原孤立湿地空间分布及其影响因素研究.生态学报,2016,36(11): - .
Liu J P, Dong C Y, Liu J F, Zheng K J. Analysis of isolated wetland spatial distribution and factors influencing it in the Sanjiang Plain, China. Acta Ecologica Sinica,2016,36(11): - .

三江平原孤立湿地空间分布及其影响因素研究

刘吉平*, 董春月, 刘家福, 郑凯俊
吉林师范大学 旅游与地理科学学院, 四平 136000

摘要:本文以遥感影像为数据源,结合 GIS 技术,利用空间分析与统计方法对三江平原孤立湿地空间分布特征及影响因素进行定量分析。研究结果表明:孤立湿地的质心偏向西南,其椭圆的长轴方向为东北-西南方向,椭圆周长面积比大于全部湿地(沼泽湿地、河流湿地和湖泊湿地)椭圆周长面积比,分散性明显;孤立湿地的热点地区主要有 3 个,主要分布在受人为干扰影响较大的三江平原的中部、西北部和西南部;在自然因素影响下,孤立湿地于海拔高度 51—54m、坡度 1—3 度、距离河流 12—16km、河流阶地地貌部位处达到最大值;受人为因素的影响,孤立湿地主要分布在居民点、道路和保护区附近,与排水沟渠之间的关系是随着距离的增加,孤立湿地数量呈先增加后减少的趋势。三江平原孤立湿地空间分布是自然因素和人为因素综合作用的结果,人类活动对孤立湿地和非孤立湿地空间分布格局具有不同的影响,应加强对孤立湿地的保护。

关键词:孤立湿地;空间分布;影响因素;空间分析;三江平原

Analysis of isolated wetland spatial distribution and factors influencing it in the Sanjiang Plain, China

LIU Jiping*, DONG Chunyue, LIU Jiafu, Zheng Kaijun
College of Tourist and Geoscience, Jilin Normal University, Siping 136000, *China*

Abstract: We used spatial analysis and other statistical methods with remote sensing image data and GIS technology to analyze the spatial distribution characteristics, and factors that influence this distribution, of isolated wetlands in the Sanjiang Plain, China. The mean center of the isolated wetlands is in the southwest, the long axis of the area is northeast-southwest, and the perimeter-to-area ratio of the ellipse is greater than that of the whole wetland (marsh, riverine wetland, and lake wetland). There are three "hot spots" of wetlands—in the central, northwest, and southwest of the Sanjiang Plain—which are influenced by human disturbance. Under natural conditions, isolated wetlands range in altitude 51—54 m, grade 1—3 degrees, distance to a river 12—16 km and the site of river terraces reach maximum height. Influenced by human factors, isolated wetlands are mainly distributed in residential areas, roads, and protected areas, and the relationship between the isolated wetlands and the drainage ditches is increased with distance. The number of isolated wetlands increased and then decreased under human activity.. The spatial distribution of isolated wetlands in the Sanjiang Plain is a result of both natural and anthropogenic factors, and the protection of the isolated wetlands should be strengthened.

Key Words: isolated wetlands; spatial distribution; influencing factors; spatial analysis; Sanjiang plain

基金项目:教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-12-0730);中央财政林业科技推广示范资金项目(吉推 201416);国家自然科学基金资助项目(41071037);吉林省科技厅项目(20130101097JC,20150204047SF,201215224); 2015 年吉林省高校科技与"十二五"科研规划项目(项目编号:吉教科合字[2015]第 222 号)

收稿日期:2015-06-30; **修订日期**:2015-11-30

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: liujpjl@163.com

湿地是重要的自然资源,是自然界最富生物多样性的生态景观和人类最重要的生存环境之一,与人类生存发展息息相关[1]。近几十年来,随着全球气候变化和人类活动的加剧,湿地景观结构正在发生严重变化,除保护区和人类活动较少的地区外,大面积湿地已严重破碎化,破碎化后的湿地面积较小、相对分散,与大面积湿地形成最明显的对比,形成相对孤立的湿地[2]。对术语“孤立湿地”的定义国外进行较早,美国官方将孤立湿地定义为与可流动水体不相邻或不通过地表水相联系的湿地[3],而我国仅提出了与孤立湿地相关的概念,如“环型湿地”[4-11]、“碟型洼地”[12-13]、湿地的“景观破碎化”[14-17]等。本文把“孤立湿地”定义为与其他地表水体缺乏联系且在景观上相对孤立的湿地[2]。

近些年,众多学者对湿地空间分布及影响因素进行了大量研究[18-27],如许凤娇等对中国湖泊沼泽湿地空间分布规律进行研究[20],刘雁等对吉林省西部地区湿地空间格局变化及热点地区的研究[22],黄妮等对三江平原自然湿地分布特征进行研究[25],但是对孤立湿地的空间分布及影响因素的研究尚不多见。由于孤立湿地具有气候功能(保持全球碳平衡、调节小气候)[9-10,28]、水文水质功能(调节径流、均化洪峰、蓄水和自身调温、净化过滤)[9,29]和生境功能(生物多样性的保护、生物迁徙的踏脚石、独特种的保护)[2,30]等功能,所以研究孤立湿地的空间分布规律及其影响因素,对湿地的保护与管理具有重要的科学意义。本文以湿地变化较为剧烈的三江平原为研究区域,利用遥感和地理信息系统技术研究三江平原孤立湿地的空间分布特征,并定量分析其影响因素,在此基础上提出湿地保护与管理的对策与建议。

1 研究区域与方法

1.1 研究区概况

本研究区位于三江平原东北部,黑龙江省抚远县和同江市境内,黑龙江和乌苏里江汇流的三角地带,位于47°19′47″—48°27′56″N,132°49′59″—135°05′26″E[31],选取该区域为研究区的主要原因是:本区河流众多(如黑龙江、乌苏里江、鸭绿河、浓江、别拉洪河等河流),形成低冲积平原,在自然因子作用下地势低洼地区形成大量湿地,为本文的湿地研究提供了客观条件。该研究区,属于温带湿润半湿润大陆性季风气候,多年平均降雨量为 595.7mm,降雨量年内分配不均,主要集中在 7、8 月,盛行偏西风。研究区域以低冲积平原为主,地势由西南向东北倾斜,地貌类型包括河谷、台地、低山、丘陵等。主要的湿地土壤类型为潜育化白浆土、沼泽土和泥炭土。植物区系组成属于长白植物区系,主要景观类型为沼泽、灌丛、林地、河流、湖泊、农田、居民点等。研究区内有三个国家级湿地自然保护区:洪河国家级自然保护区、三江湿地自然保护区和八岔岛国家级自然保护区。该区面积为 12800km^2,人口 15.5 万。建国以来,经历了四次农业大开发,湿地面积由建国初期的5340km^{2}变为 2010 年的 1890km^2,减少了 3450km^2[32]。

1.2 数据预处理

为了分析孤立湿地的空间分布特征,本文利用遥感影像提取孤立湿地,选取的是 2010 年 6 月份的 SPOT5 卫星影像,该影像时段选择适当,空间信息清晰,空间分辨率为 5 m,能满足孤立湿地信息的提取需要。对 2010 年 SPOT5 遥感影像进行人工解译,制作 2010 年孤立湿地分布现状图。在解译数据基础上,考虑交通可达性,随机布设野外验证点,共考察 1207 个野外验证点,其中正确解译点位为 1147 个,准确率达到 95%,调查验证区域占孤立湿地斑块总解译面积的 20.9%,解译精度及验证点数量满足判定要求。

结合三江平原的实际情况,选择影响湿地变化的 7 个自然因素(地貌、坡度、坡向、海拔高度、与河流距离、年平均气温、年降雨量)和 4 个社会因素(与居民点的距离、与道路的距离、与排水沟渠的距离、与保护区的距离)。年平均气温和年平均降雨量数据来自中国气象科学数据共享服务网(http://www.escience.gov.cn/metdata/page/index.html);地形因素中的海拔高度、坡度和坡向则直接由三江平原地区 DEM 数据提取而来;地貌因素是直接对三江平原地貌图数字化处理,并进行归类合并,得到三江平原地貌矢量图;河流和居民点是通过提取三江平原土地利用图而获得的,然后进行缓冲区分析,得到各单元距河流和居民点的距离;保护区是直接数字化研究区中各自然保护区的规划图;道路和排水沟渠直接数字化研究区的行政区划图获得。

1.3　研究方法

本文利用 ArcGIS9.3 热点分析研究孤立湿地空间分布的冷、热点,用标准差椭圆分析孤立湿地与全部湿地(沼泽湿地、河流湿地和湖泊湿地)空间分布格局的差异性。热点分析对某个要素计算 Gi * 统计值,得到 Z 得分,可以知道高值或低值要素在空间上发生聚类的位置,Z 得分越高,高值(热点)的聚类就越紧密,负 Z 得分越低,低值(冷点)的聚类就越紧密,我们以孤立湿地的面积为研究对象进行热点分析。

标准差椭圆是空间统计方法中能够精确地揭示地理事物空间格局特征的常用方法,通过以质心、长轴、短轴、周长、面积等为基本参数的空间分布椭圆定量描述地理要素空间分布的中心性、展布性、方向性、空间形态等特征[33]。椭圆的质心表示地理事物的空间分布的相对位置,可以反映地理事物分布的中心性;椭圆的面积可以反映地理事物分布的密集性;椭圆的形状可以反映地理事物分布的形态,通过椭圆的周长面积比来表示,其值越大,表示地理事物越分散;椭圆长轴的方向表示地理事物分布的主体方向,通过方位角体现,即从标准差椭圆的顶点开始按顺时针进行测量的长轴的旋转角度[33-38]。

在不同情景下,通过描述地理事物质心、展布形态、密集性和方向的变化特征,有利于分析湿地分布格局的变化。我们利用 ArcGIS9.3 的空间统计分析,分别计算出孤立湿地和全部湿地(沼泽湿地、河流湿地和湖泊湿地)的标准差椭圆,分析其差异性。然后利用 GIS 的空间叠加分析,将孤立湿地分布图与影响因素图相叠加,统计出各影响因素对孤立湿地分布面积和个数的影响。

2　结果与分析

2.1　孤立湿地的空间分布特征

三江平原是中国沼泽湿地的重要分布区,受人类活动、气候变化、地质运动等因素的影响,形成大量孤立湿地,孤立湿地已成为三江平原湿地的重要组成部分[39]。解译得到研究区分布着 5780 个孤立湿地(单个孤立湿地最小面积为 6000m^2),总面积为 614.5km^2。为了进一步分析三江平原孤立湿地空间分布特征,本文利用标准差椭圆进行分析(图 1[31],表 1)。

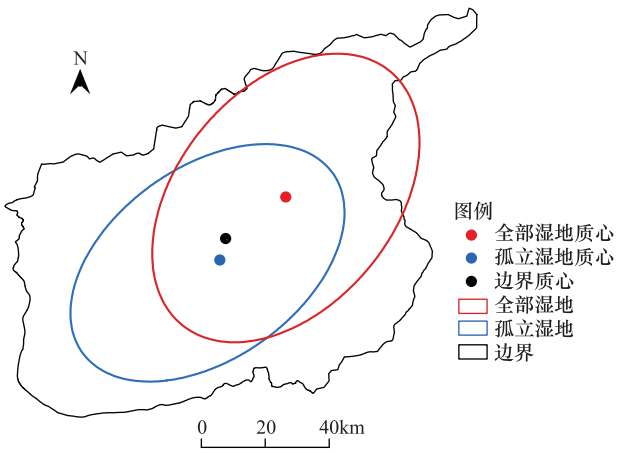

图 1　全部湿地与孤立湿地标准差椭圆及其质心

Fig.1　Standard deviation ellipse and mean center of the whole wetlands and isolated wetlands

由图 1 可以看出,三江平原湿地质心偏向东北,与边界中心的距离为 24.60km,而孤立湿地的质心偏向西南,与边界中心距离为 6.97km,这主要由于三江平原东北部建立了三个湿地自然保护区,加大对湿地保护力度,从而减缓湿地退化速度,大面积的湿地分布于此,而西南部受人为干扰影响较大,加剧了湿地破碎化程度,造成此地孤立湿地的数量增加;全部湿地与孤立湿地椭圆的长轴方向都为东北-西南方向,但全部湿地椭圆主轴方向更偏北一些;孤立湿地椭圆周长面积比大于全部湿地椭圆周长面积比,说明前者具有分散性,后者具有聚集性(表 1)。

表 1　全部湿地与孤立湿地标准差椭圆统计值

Table 1　Standard deviation ellipse statistics of the whole wetlands and isolated wetlands

湿地类型 Wetland types	中心点 X 坐标/m Central point X coordinates	中心点 Y 坐标/m Central point Y coordinates	椭圆长半轴与真北方向夹角/° Elliptical long axis and north direction angle	椭圆面积/km^2 Ellipse area	椭圆周长/km Ellipse perimeter	椭圆周长面积比 Ellipse perimeter area ratio
孤立湿地 Isolated wetlands	23406951	5292796	60.06	5344.92	270.10	0.05053
全部湿地 Whole wetlands	23435652	5312011	44.91	6453.95	293.93	0.04554

利用 ArcGIS9.3 软件得到三江平原孤立湿地空间分布热点图(图 2[31]),可以看出,热点地区主要有 3 个,分布在三江平原的中部(洪河保护区周边地区)、西北部和西南部;冷点地区主要有两个,分别位于东南部的别拉洪河流域和中西部。孤立湿地主要分布在受人为干扰较为强烈的地区,说明相对于自然因素,人为因素是导致孤立湿地形成的主要原因。

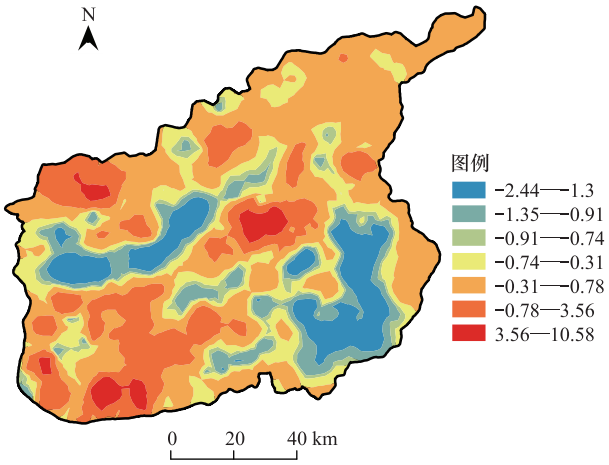

图 2 孤立湿地空间分布的 Z 得分

Fig.2 The spatial distribution of Z score of isolated wetlands

2.2 孤立湿地空间分布的影响因素

2.2.1 自然因素

(1)气候因素

湿地是对气候变化最敏感的生态系统[40-42],其组成、结构、分布和功能等都与气候因子密切相关,气候变化必将对湿地生态系统造成深刻影响[28]。我们以位于研究区内的同江市气象站的气象资料,分析气候变化对三江平原孤立湿地的影响。由表 2 可以看出,1955—2010 年,三江平原气温有逐渐升高的趋势,年平均气温升高了 1.5℃,降雨量有逐渐下降的趋势,年平均降水量降低了 74.9mm。气温升高,蒸发量增大,降雨量下降,直接减少了湿地的水源补给,都会造成湿地的丧失和退化,湿地面积的减少,湿地生态系统的逆向演替造成的湿地退化都会使孤立湿地的数量增加。

表 2 同江市 1955—2010 年气温和降水量变化

Table 2 Temperature and precipitation changes from 1955 to 2010 in Tongjiang

时期 Date	降水量/mm precipitation	降水距平 /% Precipitation anomaly	气温 /℃ Temperature	气温距平 /℃ Temperature anomaly
1955—1964	609.7	18.1	2.7	-0.87
1965—1975	500.3	-7.5	2.8	-0.75
1976—1985	488.4	-5.5	3.2	-0.37
1986—1995	546.9	5.8	4.1	0.49
1996—2010	534.8	3.5	4.2	0.59

(2)地形地貌因素

地形地貌是影响孤立湿地形成和空间分布的主要因素,直接控制了区域相对负地形的分布并决定区域水流的特点,对水分和热量进行再分配[43]。孤立湿地一般形成于地表过湿、或有薄层积水的环境,负地貌最为有利。同样,地形地貌也影响到孤立湿地的难易开发程度,进而影响到孤立湿地的丧失程度和丧失时期[2],利用 GIS 的空间分析工具,结合研究区的 DEM 和地貌图,得到孤立湿地的空间分布与海拔高度、坡度、坡向和地貌的之间的关系(图 3[31]—6[31])。

随着海拔高度的增加,单位面积孤立湿地数量和孤立湿地面积占所在分区面积的百分比均呈先增加后减少的趋势(图 3[31]),于海拔高度 51—53m 处单位面积孤立湿地数量达到最大值,为 0.6 个/km^2,同时该海拔高度带也是孤立湿地数量最多的区域,为 1092 个,占整个研究区孤立湿地总量的 18.89%,这是由于该海拔高度适合农田的开垦,原有大面积湿地被开垦为农田,加剧湿地破碎化程度[39],孤立湿地数量达到最多。而在 53—54m 处,原有湿地面积就较多,所以在该海拔高度孤立湿地面积占所在分区面积的百分比达到最高,为 2.46%。

随着坡度的增加,孤立湿地的数量和面积逐渐减少。坡度 1—3 度处,单位面积孤立湿地数量最多,孤立湿地面积占所在分区面积的百分比最高,分别为 0.53 个/km^2和 1.85%,同时该坡度带也是孤立湿地数量最多

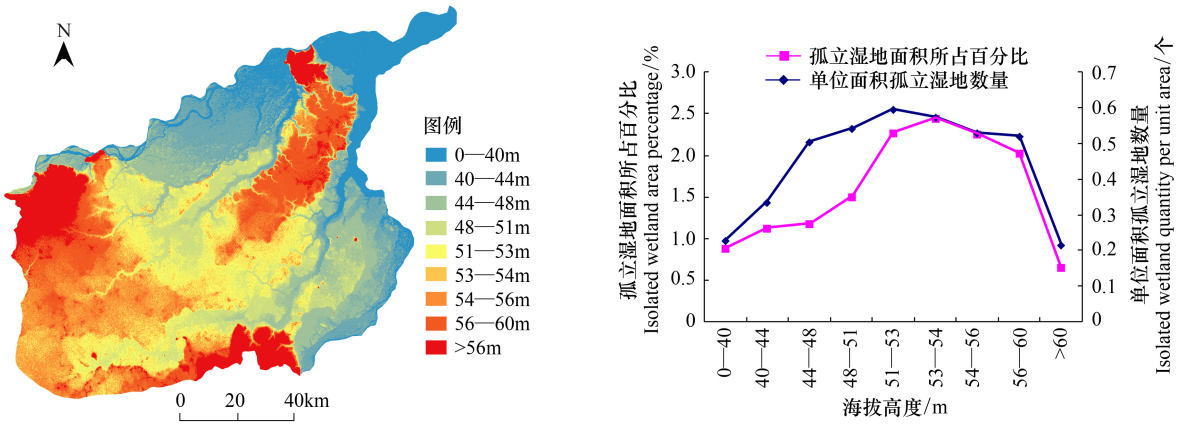

图 3　孤立湿地的分布与海拔高度的关系

Fig.3　The relationship between the distribution of isolated wetlands and the altitude

的区域,为 3552 个,占整个研究区孤立湿地总量的 61.45%(图 4[31])。由于 0—1 度可开垦湿地面积的减少以及农业机械化能力的加强,而 1—3 度处农田大面积增加,造成 1—3 度处孤立湿地演化程度最明显[44]。

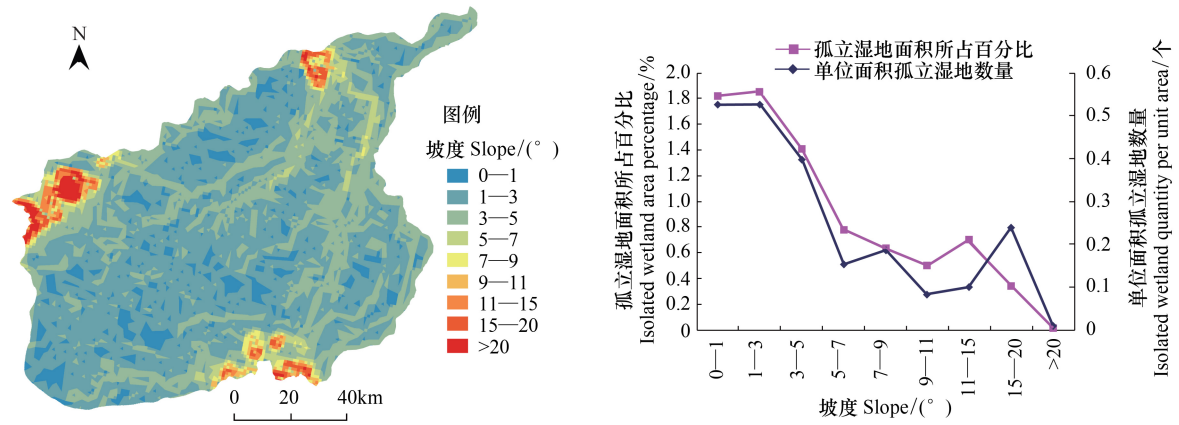

图 4　孤立湿地的分布与坡度的关系

Fig.4　Relationship between the distribution of isolated wetlands and the slope

坡向 225—315°处单位面积孤立湿地数量最多,为 0.48 个/km^2,在该坡向处孤立湿地面积占所在分区面积却最少,为 0.61%(图 5[31]),说明在该坡向处,湿地破碎化严重,单个孤立湿地的面积均较小。而坡向 315—360°处孤立湿地面积占所在分区面积的百分比最高为 4.33%(图 5),由于 315—360°处为阴坡,蒸发较小,湿地植被发育情况较好,为湿地的形成提供了有利条件。坡向 135—225°处是孤立湿地数量最多的区域,为 1547 个,占整个研究区孤立湿地总量的 26.76%,但是该坡向处孤立湿地面积占所在分区面积的百分比仅为 1.36%,由于坡向 135—225°为阳坡,水分条件较差,不利于湿地的发育,但是该坡向的光照条件较好,利于农田的发展,受人为干扰的影响,破坏了湿地的连通性,孤立湿地数量达到最多[45]。

在各地貌类型处,单位面积孤立湿地数量和孤立湿地面积占所在分区面积的百分比分布规律一致。其中河流阶地处,单位面积孤立湿地数量最多,孤立湿地面积占所在分区面积的百分比最高,分别为 0.56 个/km^2和 2.03%,同时该地貌类型处也是孤立湿地数量最多的区域,为 3412 个,占整个研究区孤立湿地总量的 59.04%(图 6[31])。阶地沼泽就是分布在阶地上的洼地沼泽,大部分为孤立湿地,由于古冰丘湖在三江平原地区有其独特的形态结构特征,并广泛发育。晚更新世晚期的冰丘群,随着气候的逐渐变暖,冰丘内的冰核逐渐消融,变为洼地,洼地主要依靠大气降水蓄水,逐渐发育成沼泽[46],除此之外,冰缘热喀斯特作用也是促使阶地沼泽形成的重要原因,由于冰缘环境中堆积层中含水量有多种不同形式的地下水,受热融化后,形成热融洼

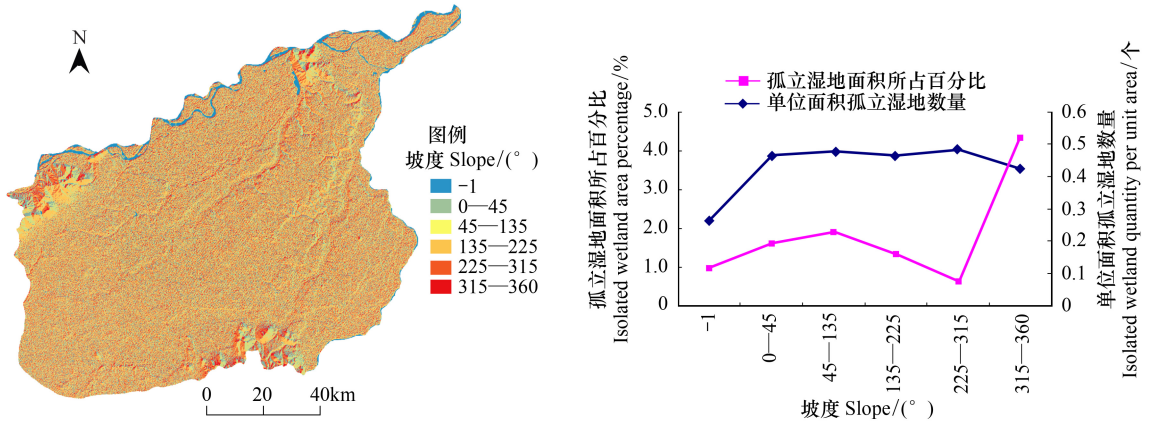

图 5 孤立湿地的分布与坡向的关系

Fig.5 Relationship between the distribution of isolated wetlands and the slope direction

地,成为湖塘或发育沼泽[47],而且河流阶地,地势低平,土壤肥沃,水源补给好,容易形成沼泽湿地,同时也为大规模的农业开发提供了较好的自然条件,在农田地势较低处残留下一些湿地,大量孤立湿地就此形成[39]。而在低山丘陵处,地势较高,坡度较大,不利于农田的开垦,受人为干扰程度较小,所以单位面积孤立湿地数量最小,孤立湿地面积占所在分区面积的百分比最低。

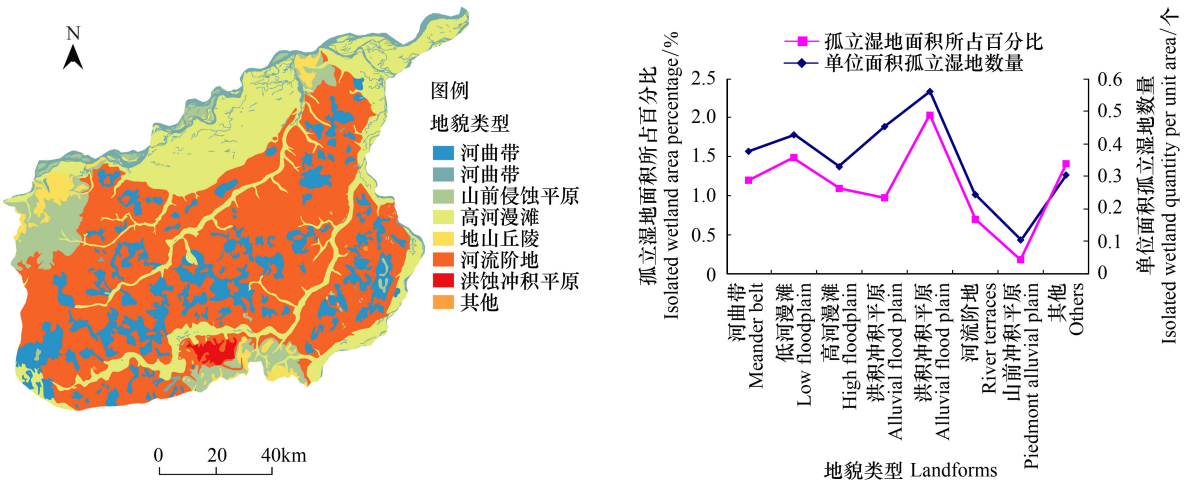

图 6 孤立湿地的分布与地貌类型的关系

Fig.6 Relationship between the distribution of isolated wetlands and the types of landforms

(3)水文因素

水文因素是孤立湿地形成和发育的先决条件,水量、水质、水文状况、水源补给持续程度和水分状况导致的稳定程度都是制约孤立湿地形成和发育的因素,因此,与气候因素相比,水文因素对孤立湿地形成和发育的作用更为直接。三江平原是由黑龙江、松花江和乌苏里江冲积而形成的沼泽性平原,这些都为该区孤立湿地的形成和维持提供了良好的水文条件。近年来该区河流的径流量和径流深度呈现下降的趋势,造成孤立湿地的生态水文环境发生了极大的变化,湿地水资源短缺严重,湿地面临着丧失和退化的威胁。

孤立湿地的分布与距河流与湖泊的距离有一定的关系,随着距离的增加,单位面积孤立湿地数量和孤立湿地面积占所在分区面积的百分比随着距离河流距离增加呈先增加后减少的趋势(图 7[31])。距离河流湖泊较近处的湿地,与河流湖泊有较强的联系而不能形成孤立湿地,距离河流湖泊距离太远,由于水分的缺乏而不易形成湿地,而在距离河流湖泊距离 12—16 公里处,与河流湖泊的联系较弱,同时也易形成湿地,造成单位面

积孤立湿地数量和孤立湿地面积占所在分区面积的百分比在此区域达到最大值,分别为 0.62 个/km^{2}和 2.06%,但该带并不是孤立湿地数量最多的区域,孤立湿地数量最多处为 4—8km,为 1727 个,占整个研究区孤立湿地总量的 29.88%,在河流作用下,形成的古河道、牛轭湖、迂回扇为湖塘和沼泽湿地的发育和形成起到基质作用,为孤立湿地的形成提供了条件[39]。

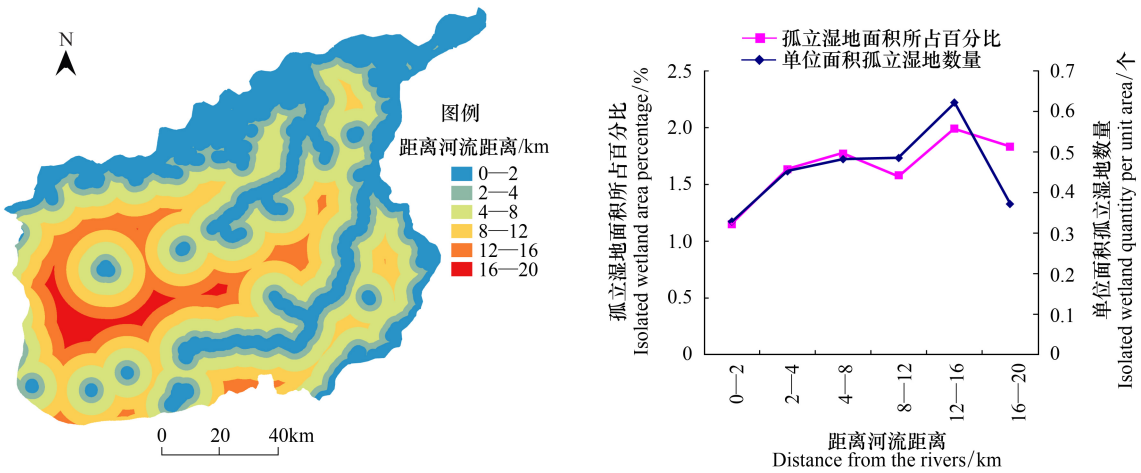

图 7　孤立湿地的分布与距河流湖泊距离的关系

Fig.7　The relationship between the distribution of isolated wetlands and the distance from the river and lake

2.2.2　人为因素

人为因素在三江平原孤立湿地形成过程中起到关键性作用,主要包括人口因素、城市化进程、农场开发、保护区建立、法律和政策等。1954—2010 年三江平原经历了四次开荒高潮。第一次开发阶段始于 1956 年,一方面当地和外地大量移民受政府垦荒政策的鼓舞,在互助组和合作社的组织下开始开荒,另一方面十万转业官兵在此地建设了数十个大型农场。1965 年以后,数百万城市青年在“文化大革命”期间上山下乡,三江平原接受了数 10 万城市知识青年,开始了第二次大规模开发阶段。1976 年后,中国进入经济发展阶段,国家对农场垦区进行了农业现代化试点,第三次开发持续到 1982 年,结果导致沼泽湿地、草地和林地的大面积丧失。第四次开发阶段是 1986—1998 年期间,政府鼓励各种投资,由于剩余的湿地主要是沼泽,因此开发的第一步需要修建排水网络和道路系统。如 1967—2005 年内,在别拉洪河流域完成排水渠 4343 条,长度 5812.8 km[48],挠力河流域水渠数量由于 1980s 的 1234 条增加到 2000 年的 13546 条,增加了 10 倍多。排水沟渠扰乱了流域的自然水文格局,破坏了流域的整体性,导致流域湿地景观破碎化,形成大量孤立湿地。

(1) 居民点和道路

孤立湿地的分布与距居民点的距离有一定的关系,随着距离的增加孤立湿地数量和面积逐渐减少,孤立湿地主要分布在距居民点 0—8km 处,8km 外急剧减少(图 8[31])。距离居民点越近,受人为干扰显著,湿地的整体性遭到破坏,湿地破碎化增强,孤立湿地数量增多[43]。但单位面积孤立湿地数量和孤立湿地面积占所在分区面积的百分比的最大值并不出现在 0—2km 处,而是出现在 2—4km 处,分别为 0.48 个/km^{2}和 1.73%。

孤立湿地的分布与距道路的距离有一定的关系,随着距离的增加孤立湿地数量和面积逐渐减少,孤立湿地主要分布在距道路 0—6km 处,6km 外急剧减少(图 9[31])。孤立湿地面积占所在分区面积的百分比的最大值出现在 2—4km 处,为 1.79%,说明该区原有湿地发育较好,分布在此的湿地面积也较大。而单位面积孤立湿地数量最大值出现在道路附近 0—2km 处,为 0.46 个/km^2,同时该区也是孤立湿地数量最多的区域,为 3429 个,占整个研究区孤立湿地总量的 59.33%,由于道路的建设及随之而来的边界效应(如城镇建设)占用大量湿地,而较难利用的低平湿地则被残留下来,形成了孤立湿地[49],而 0—2km 这个范围是距离道路最近的区域,所以破碎化最为严重,孤立湿地的数量和单位面积孤立湿地数量也就最多。

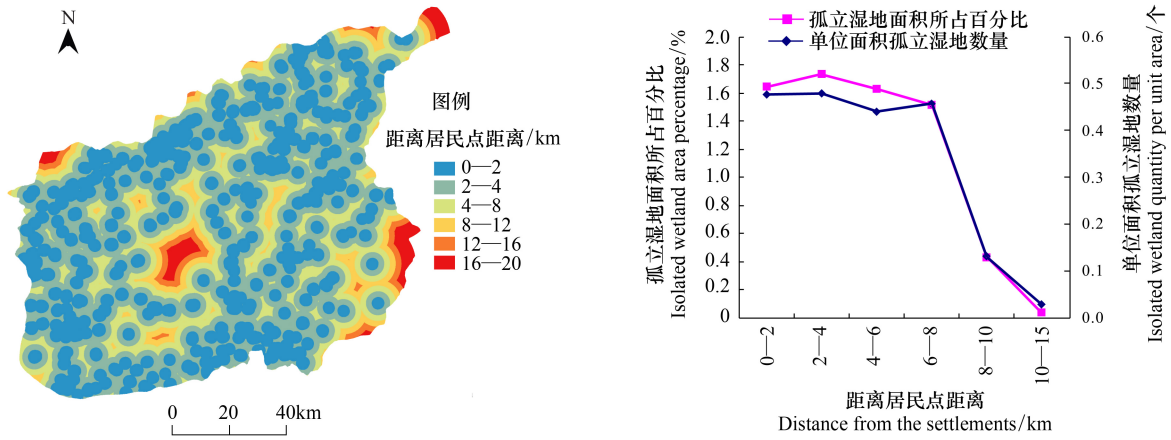

图 8 孤立湿地的分布与距居民点距离的关系

Fig.8 The relationship between the distribution of isolated wetlands and the distance of the residents

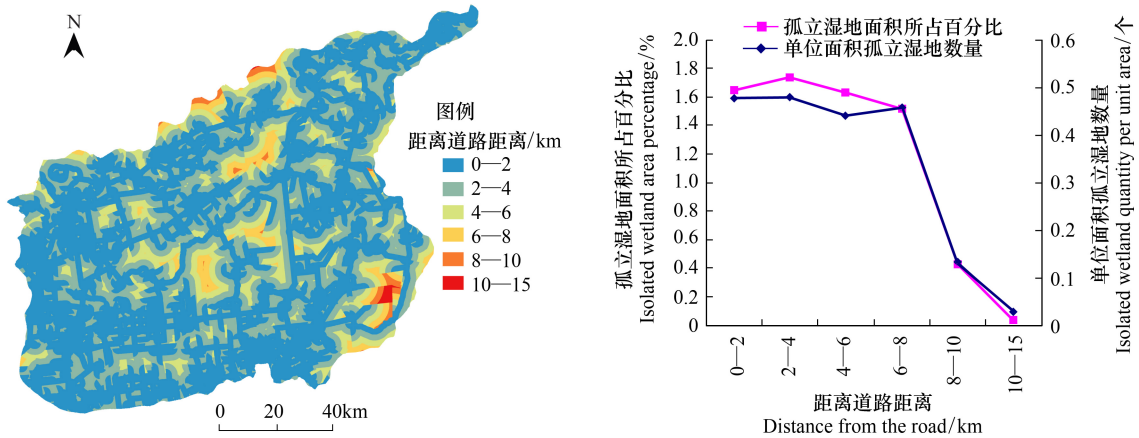

图 9 孤立湿地的分布与距道路距离的关系

Fig.9 The relationship between the distribution of isolated wetlands and the distance from the road

(2)排水沟渠

孤立湿地的分布与距排水沟渠的距离有一定的关系,随着距离的增加单位面积孤立湿地数量呈先增加后减少的趋势,最大值出现在距排水沟渠 2—4km 处,为 0.51 个/km^2(图 10[31]),说明孤立湿地面积占所在分区面积的百分比随着距离的增加而减少,最大值出现在在距排水沟渠 0—1km 处,为 1.61%,同时孤立湿地数量在该区最多,为 2387 个,占整个研究区孤立湿地总量的 41.30%,说明在 0—1km 处,原有湿地发育良好,无论是湿地面积还是湿地的整体性都较好,而最大单位面积孤立湿地数量出现在距排水沟渠 2—4km 处,由于该区域原有湿地发育情况没有 0—1km 处好,同时排水沟渠的修建使原有连片分布的湿地被分割,破坏了湿地的连通性,加速湿地破碎化进程[50-51]。

(3)保护政策

1992 年中国加入《湿地公约》,重视湿地保护与恢复,1994 年《中国生物多样性行动计划》实行,三江平原成为国家高度重视的湿地保护区域之一,1998 年黑龙江省政府决定在省内停止任何形式的湿地开发,2003 年黑龙江省人大常委会讨论通过《黑龙江省湿地保护条例》等等。与此同时,国家这一时期兴建了大量国家自然保护区,如三江自然保护区(1992 年)、八岔岛自然保护区(1994 年)、洪河国家级自然保护区(1994 年)等,20 世纪 90 年代还提出用于湿地恢复的退耕还湿政策,保护三江平原湿地,因此在国家政策的强制调控下,湿地面积变化较缓和。

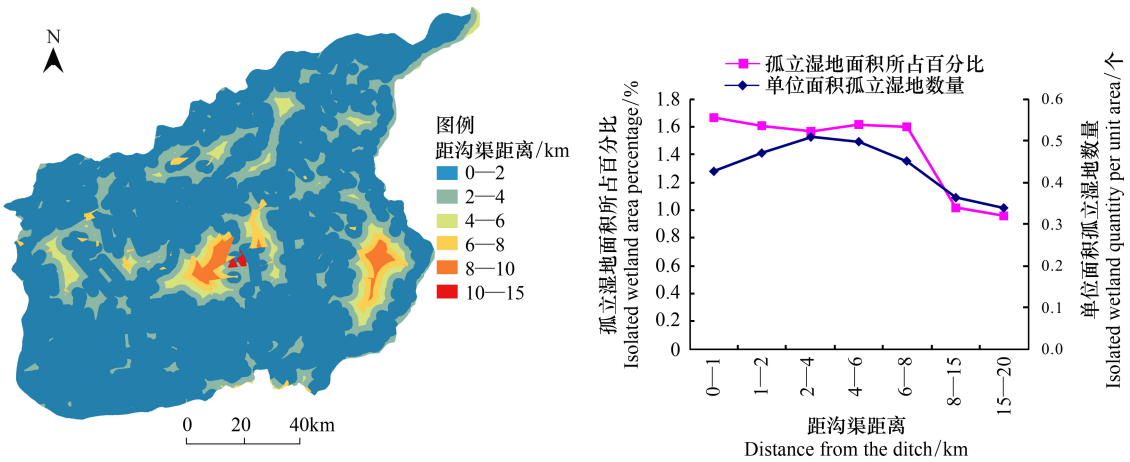

图 10　孤立湿地的分布与距排水沟渠距离的关系

Fig.10　The relationship between the distribution of isolated wetlands and the distance from the drainage ditches

在空间分布上,距保护区距离越近,孤立湿地的数量与面积越大(图 11[31])。距离保护区 0—10km 处,单位面积孤立湿地数量最多,孤立湿地面积占所在分区面积的百分比最高,分别为 0.83 个/km^2和 2.72%,同时该带也是孤立湿地数量最多的区域,为 2073 个,占整个研究区孤立湿地总量的 35.87%,保护区的建立虽然使保护区内的湿地面积变化得到缓和,但是保护区外的湿地面积还是受到人为干扰的影响,在 0—10km 是距离保护区最近的距离,也是受人为干扰最强烈的区域,所以在此区域孤立湿地的数量最多、孤立湿地面积所占分区面积百分比也最高。距离保护区 40km 以外,由于受人为干扰影响较小,孤立湿地的数量与面积急剧下降,说明保护区对孤立湿地的保护具有一定的意义[23]。

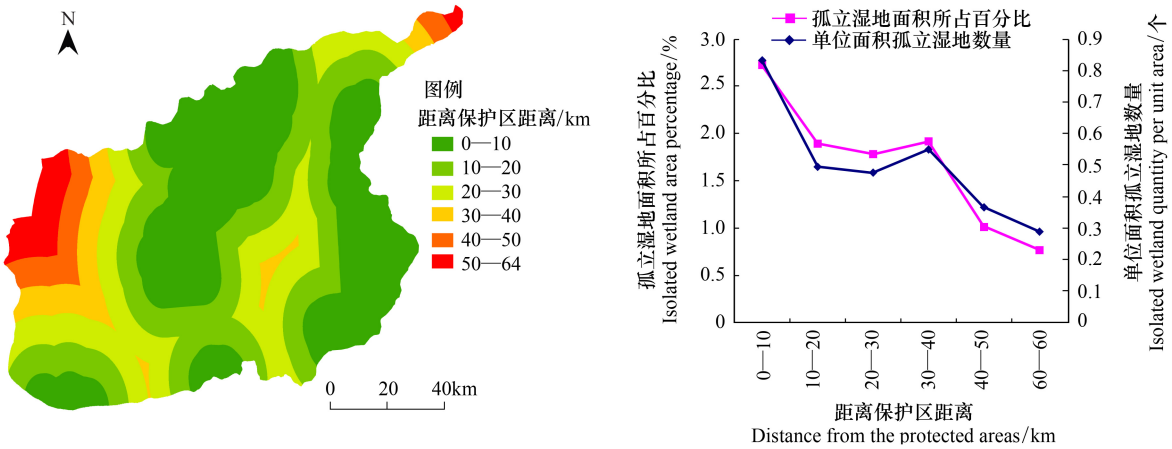

图 11　孤立湿地的分布与距保护区距离的关系

Fig.11　The relationship between the distribution of isolated wetlands and the distance of the protection zone

3　讨论与结论

3.1　结论

(1) 孤立湿地已成为三江平原湿地的主要类型与重要组成部分。2010 年研究区有 5780 个孤立湿地,总面积为 614.5km^2,主要分布在受人为干扰影响较大的三江平原的中部、西北部和西南部,孤立湿地的整体分布格局呈东北-西南走向。与全部湿地的空间分布相比,孤立湿地的质心偏向西南,具有更强的分散性。

(2) 自然因素和人为因素是影响三江平原孤立湿地空间分布的主要驱动因子。地形地貌和水文因素影

响到孤立湿地的空间分布格局,孤立湿地面积与数量于海拔高度 51—54m、坡度 1—3 度、距离河流 12—16km、河流阶地地貌部位处达到最大值;受人为因素的影响,孤立湿地主要分布在居民点、道路和保护区附近,与排水沟渠之间的关系是随着距离的增加,孤立湿地数量呈先增加后减少的趋势。

3.2 讨论

三江平原孤立湿地和非孤立湿地空间分布特征存在明显差异,孤立湿地主要分布在居民点和道路附近,其数量和面积随着距离的增加而逐渐减少,而非孤立湿地在居民点和道路附近分布相对较少,随着距居民点距离的增加,呈现逐渐增加的趋势,随着距道路距离的增加,呈现先增加后减少的趋势,最大值分布在 4—6km 处(图 12)。距离居民点和道路越近,人类干扰度越大,湿地破碎化越严重,孤立湿地数量越多,这与孙永光对河口湿地研究得出的人类干扰度与斑块数量呈正相关的结论相一致[52]。距离居民点和道路越远,人类干扰度越小,湿地破碎化程度越小,非孤立湿地的面积越大。赵海迪对三江源区人类干扰与湿地空间变化关系进行研究,表明随着人类干扰强度的减少,湿地率逐渐增加[53],这与我们所得出的非孤立湿地与人类干扰呈负相关相一致。说明人为因素是影响湿地空间分布的主要因素,但人类活动对孤立湿地和非孤立湿地空间分布格局具有不同的影响。

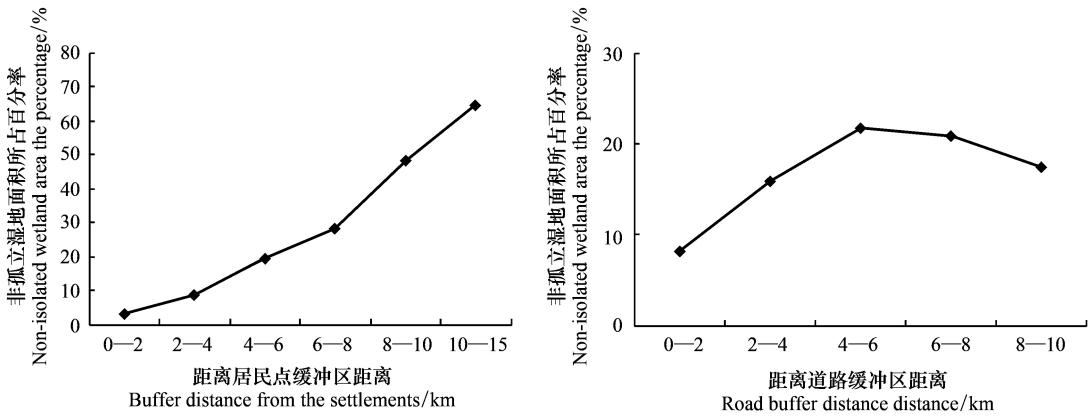

图 12 非孤立湿地的分布与距居民点和道路缓冲区距离的关系

Fig.12 The relationship between the distribution of no-isolated wetlands and the distance from the residents and roads

本文研究所得出的三江平原孤立湿地空间分布规律主要是人类活动作用的结果,未来随着人类活动强度的进一步增加,特别是近年来三江平原大面积旱田被改为水田,孤立湿地的数量和面积反而会逐渐减少,我们于 2015 年对三江平原孤立湿地进行野外调查结果也证实了这种观点,McCauley L A 对弗罗里达洲孤立湿地的研究也表明,随着人类活动的加强,孤立湿地数量逐渐减少[54]。

孤立湿地的结构和功能多样,具有较大的生态环境效应,应对其进行合理的保护与规划。针对一些面积相对较大且在景观连接中起着重要作用的孤立湿地,建议在三江平原设立保护小区,作为自然保护区的重要补充[55],或者构建保护区外的孤立湿地保护模式,主要对农田中的孤立湿地采用开发与保护相结合的立体生态农业种养模式,这种模式是指:“稻—苇—鱼系统”、“湿地养蟹系统”等生态农业模式,为未来湿地恢复提供有利条件[56]。

三江平原孤立湿地的成因可以分为两种:一种为自然因素作用后形成的原生孤立湿地,例如碟型洼地型孤立湿地;另一种为大规模的农业开发活动导致湿地破碎化,在农田地势较低处残留下来的次生孤立湿地。虽然二者成因不同,但是通过遥感影像很难将它们识别,因此本文在研究孤立湿地时没有对原生孤立湿地和次生孤立湿地的成因进行区分研究,在以后的研究中,我们将通过野外调查,对二者的形成原因给予不同的研究。

参考文献(References):

[1] 周德民,宫辉力,胡金明,吴丰林.中国湿地卫星遥感的应用研究.遥感技术与应用, 2006, 21(6): 577-583.

[2] 田学智,刘吉平.孤立湿地研究进展. 生态学报, 2011, 31(20):6261-6269.
[3] WSDOT Guidance on Isolated Wetlands.(2008-12-05)[2 011-05-12]. http://www.wsdot.wa.gov/NR/rdonlyres/81AA5CC4-0774-4704-8D32-EB8DA39881E4/0/Wet_IsolatedWetlands.pdf.
[4] 杨青,吕宪国,刘吉平.三江平原典型环形湿地土壤热能值结构的研究.土壤通报,2006,37(1):27-31.
[5] 暴晓,吕宪国,张帆.三江平原环形湿地昆虫种类多样性与季节动态.东北林业大学学报,2009,37(5):100-101,104-104.
[6] 刘红玉,吕宪国,张世奎,杨青.三江平原流域湿地景观破碎化过程研究.应用生态学报,2005,16(2):289-295.
[7] 杨青,刘吉平,吕宪国,李兆富,王毅勇.三江平原典型环型湿地土壤-植被-动物系统的结构及功能研究.生态学杂志,2004,23(4):72-77.
[8] 邹元春,吕宪国,姜明.不同水文情势下环形湿地土壤铁的时空分布特征.环境科学,2009,30(7):2059-2064.
[9] 刘吉平,杨青,吕宪国.三江平原环型湿地土壤温度梯度的研究.湿地科学,2005,3(1):42-47.
[10] 殷书柏,杨青,吕宪国.三江平原典型环型湿地土壤有机碳剖面分布及碳贮量.土壤通报,2006,37(4):659-661.
[11] 刘吉平,吕宪国,杨青,郗敏.三江平原环型湿地土壤养分的空间分布规律.土壤学报,2006,43(2):247-255.
[12] 赵宝成,王张华,陈中原,吴国瑄.太湖平原碟形洼地沉积物记录的距今 8000 年以来植被气候与地貌演变.古地理学报, 2007,9(3):321-330.
[13] 冯文娟,徐力刚,范宏翔,李新艳,董磊.梅西湖与鄱阳湖水位变化关系及其水量交换过程分析.陕西师范大学学报:自然科学版,2015,43(4):83-88.
[14] 周林飞,李成明,王英敏.辽河三角洲湿地景观破碎化分析.辽宁工程技术大学学报:自然科学版,2013,32(1):97-101.
[15] 赵锐锋,姜朋辉,赵海莉,樊洁平.黑河中游湿地景观破碎化过程及其驱动力分析.生态学报,2013,33(14):4436-4449.
[16] 黄青,王让会,吴世新.塔里木河上游景观破碎化的时空动态变化分析.干旱区资源与环境,2007,21(9):73-77.
[17] 谷东起,付军,杨鸣,丰爱平.莱州湾南岸滨海湿地景观破碎化分析.海洋科学进展,2006,24(2):213-219.
[18] 虞湘.1997—2004 年浙江省金衢盆地湿地动态变化分析和生态健康评价[D]. 杭州: 浙江大学, 2011.
[19] 丁一.基于 RS 的湿地动态监测及驱动力分析-以江苏省射阳县为例[D].青岛:山东科技大学,2008.
[20] 许凤娇,周德民,张翼然,牛振国.中国湖泊、沼泽湿地的空间分布特征及其变化.生态学杂志,2014,33(6):1606-1614.
[21] 张平.1986-2012 年霍林河流域湿地时空格局变化及驱动力.东北林业大学学报,2014,42(5):78-82.
[22] 刘雁,盛连喜,刘吉平.1985—2010 年吉林省西部地区湿地空间格局变化及热点地区.东北林业大学学报,2014,42(4):78-81, 123-123.
[23] 李国庆.珠峰自然保护区湿地空间分布与退化原因研究[D].成都:成都理工大学,2010.
[24] 李凤娟.东北地区沼泽湿地空间分布格局及其影响因素分析.东北林业大学学报,2010,38(2):33-34.
[25] 黄妮,刘殿伟,王宗明,张柏,宋开山,李方,任春颖.1954—2005 年三江平原自然湿地分布特征研究.湿地科学,2009,7(1):34-39.
[26] 陈雪梅.近 60 年三江平原湿地动态变化及驱动力分析[D].四平:吉林师范大学,2014.
[27] 贺伟,布仁仓,刘宏娟,熊在平,胡远满.气候变化对东北沼泽湿地潜在分布的影响.生态学报,2013,33(19):6314-6319.
[28] 傅国斌,李克让.全球变暖与湿地生态系统的研究进展.地理研究,2001,20(1):120-128.
[29] 王毅勇,宋长春.三江平原典型沼泽湿地水循环特征.东北林业大学学报,2001,31(3):3-7.
[30] 丁东,李日辉.中国沿海湿地研究.海洋地质与第四纪地质,2003,23(1):109-112.
[31] 刘吉平,张顺,陈智文.人类活动对三江平原东北部湿地鸟类的干扰,东北林业大学学报,2008,36(12):40-42.
[32] 孙志高,刘景双,秦泗刚,李新华,李彬,杨继松.三江平原湿地农业开发的生态环境问题与区域可持续发展.干旱区资源与环境.2006,20(4):55-60.
[33] Lauren M S, Mark V J. Spatial statistics in ArcGIS//Fischer M M, Getis A. Handbook of Applied Spatial Analysis: Software Tools, Methods and Applications. Berlin: Springer, 2010.
[34] Wong D W S. Several fundamentals in implementing spatial statistics in GIS: using centrographic measures as examples. Geographic Information Sciences, 1999,5 (2): 163-174.
[35] 赵璐, 赵作权.基于特征椭圆的中国经济空间分异研究.地理科学,2014,34(8):979-986.
[36] 赵作权.空间格局统计与空间经济分析.北京:科学出版社,2014.
\[37] Wang J F, Li X H, Christakos G, Liao Y L, Zhang T, Gu X, Zheng X Y. Geographical detectors-based health risk assessment and its application in the neural tube defects study of the Heshun Region, China. International Journal of Geographical Information Science, 2010, 24(1): 107-127.
[38] Wang J F, Hu Y. Environmental health risk detection with GeogDetector. Environmental Modeling & Software,2012,33:114-115.
[39] 刘吉平,李艾玉,田学智,赵亮.三江平原孤立湿地的形成及主要类型.湿地科学,2014,12(2):141-147.
[40] Vourlitis G L,Oechel W C.Landscape-scale CO_2, H_2O vapour and energy flux of moist-wet coastal tundra ecosystems over two growing seasons. Journal of Ecology,1997,85(5):575-590.
[41] Burkett V,Kusler J.Climate change: potential impacts and interactions in wetlands of the Untted States. JAWRA Journal of the American Water Resources Association,2000,36(2):313-320.

[42] Lahmer W, Pfützner B, Becher A. Assessment of land use and climate change impacts on the mesoscale. Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere , 2001, 26(7/8): 565-575.

[43] 刘吉平, 李宝林, 张国坤. 黑龙江省湿地空间分布规律及其影响因素的定量分析. 东北林业大学学报, 2005, 33(5): 65-67.

[44] 王宗明, 宋开山, 刘殿伟, 张柏, 李方, 张树清, 张春华, 杨婷. 地形因子对三江平原土地利用/覆被变化的影响研究. 水土保持通报, 2008, 28(6): 10-15.

[45] 刘旻霞, 马建祖. 甘南高寒草甸植物功能性状和土壤因子对坡向的响应. 应用生态学报, 2012, 23(12): 3295-3300.

[46] 宋海远, 夏玉梅. 三江平原古冰丘泥炭地. 冰川冻土, 1988, 10(1): 76-83.

[47] 李风华. 东北三江平原的古冰缘构造特征及其环境意义//中国东北平原第四纪自然环境形成与演化. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 1991: 202-208.

[48] 王翠晓, 刘红玉. 水利工程对别拉洪河流域湿地景观结构的影响. 自然资源学报, 2009, 24(4): 718-828.

[49] 黄瑞, 马友鑫, 李红梅, 刘文俊. 西双版纳地区道路发展对景观格局的影响. 云南大学学报: 自然科学版, 2013, 35(1): 121-128.

[50] 郗敏, 吕宪国, 姜明. 人工沟渠对流域水文格局的影响研究. 湿地科学, 2005, 3(4): 310-314.

[51] 王翠晓, 刘红玉. 排水工程对三江平原湿地流域的影响分析. 灌溉排水学报, 2008, 27(1): 103-107.

[52] 孙永光, 赵冬至, 吴涛, 卫宝泉, 高树刚, 李媛, 曹芳芳. 河口湿地人为干扰度时空动态及景观响应——以大洋河口为例. 生态学报, 2012, 32(12): 3645-3655.

[53] 赵海迪, 刘世梁, 董世魁, 刘琦, 李晓文. 三江源区人类干扰与湿地空间变化关系研究. 湿地科学, 2014, 12(1): 22-28.

[54] McCauley L A, Jenkins D G, Quintana-Ascencio P F. Isolated wetland loss and degradation over two decades in an increasingly urbanized landscape. Wetlands, 2013, 33(1): 117-127.

[55] 刘吉平, 吕宪国, 杨青, 王海霞. 三江平原东北部湿地生态安全格局设计. 生态学报, 2009, 29(3): 1083-1090.

[56] Liu J P, Sheng L C, Lu X G, Liu Y. A dynamic change map of marshes in the Small Sanjiang Plain, Heilongjiang, China, from 1955 to 2005. Wetlands Ecology and Management, 2015, 23(3): 419-437