

基于 RS 和 GIS 的绕阳河湿地时空演变及其驱动力分析*

孙才志^{1,2}, 曾庆雨², 刘玉玉²

(1. 辽宁省自然地理与空间信息科学重点实验室, 大连 116029; 2. 辽宁师范大学 城市与环境学院, 大连 116029)

摘要: 基于 1975–2007 年丰水期 TM、ETM+、CBERS 遥感数据资料, 利用 RS 和 GIS 软件提取湿地类型转移矩阵, 结合重心模型, 分析了自 1975 年以来绕阳河沼泽湿地的时空演变过程及其驱动力。结果表明: 1975–2007 年绕阳河沼泽湿地面积占研究区总面积百分比由 1.908% 下降到 0.068%, 沼泽湿地主要转出类型为水稻田、裸地; 1975–1988 年绕阳河沼泽湿地重心向东北方向偏移了 1.58 km, 1988–2007 年向西南方向偏移了 3.21 km, 32 a 间整体向西南方向迁移 2.36 km, 距河流垂直距离缩短了 1.79 km; 水稻田的时空变化是沼泽湿地时空演变的直接驱动因子, 人口是其最根本的驱动因子, 地下水水位埋深、经济活动与沼泽湿地面积呈显著的负相关关系, 河流面积与沼泽湿地面积则呈显著的正相关关系。概括来说, 人类活动是绕阳河沼泽湿地时空演变的主要驱动力。

关键词: 绕阳河湿地; RS 和 GIS; 转移矩阵; 重心模型; 驱动力

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)02-0150-06

Spatial and Temporal Change and Its Driving Forces of the Raoyanghe Wetlands Based on RS and GIS

SUN Cai-zhi^{1,2}, ZENG Qing-yu², LIU Yu-yu²

(1. Liaoning Key Laboratory of Physical Geography and Geomatics, Liaoning Normal University, Dalian, Liaoning 116029, China; 2. Urban and Environment College of Liaoning Normal University, Dalian, Liaoning 116029, China)

Abstract: Based on the remote sensing data (TM, ETM+, CBERS) during the flood period (1975–2007), the transfer matrix of wetland types were extracted using RS and GIS software, and the spatial and temporal change of marsh wetlands and its driving forces were analyzed from 1975 to 2007 by using barycenter transfer model. The results showed that: From 1975 to 2007, the area percent of Raoyanghe marsh wetlands decreased from 1.908% to 0.068%, which resulted in the converting of marsh into rice paddy field and bare land. Barycenter of Raoyanghe marsh wetlands had moved 1.58 km towards northeast from 1975 to 1988, and 3.21 km towards southwest from 1988 to 2007. Barycenter of Raoyanghe marsh wetlands had moved 2.36 km towards southwest from 1975 to 2007. The distance between barycenter of Raoyanghe marsh wetlands and river decreased by 1.79 km. Spatial and temporal change of rice paddy field is the immediate driving force. The marsh wetlands area has a significant negative correlation relation with the burying depth of groundwater and economy activities, while has a significant positive correlation relation with river area. In one word, human activities are the main driving forces of spatial and temporal change of Raoyanghe marsh wetlands.

Key words: Raoyanghe wetlands; RS and GIS; transfer matrix; barycenter transfer model; driving forces

沼泽湿地作为区域生态系统的重要组成部分, 具有调节区域气候、净化环境和维持区域水分平衡等多种自然功能。由于沼泽是由水陆相互作用形

成, 因此其具有半水半陆性质, 这也为野生动植物生长、繁衍创造了有利条件^[1-2]。另一方面, 由于沼泽湿地具有一定的脆弱性, 常常受外界环境条件的干

* 收稿日期: 2009-10-09

基金项目: 国家自然科学基金(40501013)

作者简介: 孙才志(1970-), 男, 山东烟台人, 博士后, 教授, 博士生导师, 主要从事水资源评价与管理研究。E-mail: suncaizhi@sohu.co

扰,其类型发生演替或变异,因此,沼泽既是环境条件的产物,也是环境条件的“反应”和“标志”^[3]。我国东北地区沼泽湿地比较丰富,其面积占全国沼泽湿地面积的 30% 以上;沼泽率(沼泽分布面积占统计区面积百分比)较高,但人类活动对沼泽湿地的破坏十分严重;东北地区沼泽湿地集中分布区有嫩江中下游流域、小兴安岭山地、三江平原以及辽河口三角洲^[4]。当前大部分研究集中在以上几个沼泽湿地分布核心区域^[5-7],而对于地处辽宁中部平原区的绕阳河沼泽湿地的研究则非常少。绕阳河沼泽湿地是国内少有的内陆大型河流沼泽湿地,该湿地主要以芦苇为主,芦苇湿地和其它湿地生态系统一样,在蓄水调控、补充地下水、维持区域水平衡、调节气候、净化环境和保护生物多样性等方面均具有重要意义^[8-10]。由于近些年来自然和人为因素的双重作用,这块上千年形成的环境资源宝库已消失殆尽。鉴于此,本文借助 RS 和 GIS 技术,对 1975-2007 年绕阳河沼泽湿地的时空演变及其驱动力因素进行了初步探讨,试图揭示 20 世纪 70 年代以来该区沼泽湿地与自然和人类社会经济活动之间的关系,从而为该地区沼泽湿地的保护及恢复提供理论依据^[11]。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

绕阳河发源于阜新县扎兰营子乡查哈尔山北坡少等皋,海拔 592.1 m,流经阜新、彰武、新民、黑山、

辽中等县,汇入辽河下游双台子河,全长 290 km,流域面积 10 438 km²。在流域内部以东沙河为西部边界,将其东部地区作为研究区,其地理位置为 121° 41' 51" - 122° 45' 03" E, 41° 19' 49" - 42° 41' 16" N,总面积约为 5 506 km²,该区域的东南部即绕阳河中下游 - 黑山、辽中和新民三县(市)交界地带便是绕阳河沼泽湿地。

绕阳河沼泽湿地是地球第二、三次造山运动形成的塌陷区,是绕阳河河道淤塞、河流漫溢形成的,已有上千年历史。该区气候属于半干旱季风气候区,年平均降水量为 500~600 mm,多年平均径流量为 6 650 万 m³,年平均气温 5~10℃,全年日照时数 2 270~2 990 h,平均无霜期在 124~215 d。该区内共有脊椎动物多达 289 种,国家一级保护野生动物有丹顶鹤、白鹤等 5 种;二级野生动物有灰鹤、白枕鹤等 27 种。由于近些年来农田开垦及水利工程的兴建使得这片内陆河流湿地萎缩干涸,原貌尽失,退化为地表裸露、苇草稀少、沙尘飞扬、鸟禽四散的一片荒野。

1.2 研究方法

1.2.1 数据来源及处理平台 收集了 1975 年、1988 年、1996-2007 年绕阳河流域丰水期(7-10 月)的遥感卫星图片(包括 TM、ETM+、CBERS)、辽宁省水资源分区与行政区图、辽宁省土地利用现状图、辽宁省土地类型图、辽宁省水系图、辽宁省土壤图、辽宁省植被图等基础资料。数据处理平台包括 MapInfo 7.0、ArcView 3.3、Erdas 9.2。

表 1 研究区湿地分类系统

一级分类	二级分类	三级分类	界定标准
自然湿地	河流湿地	河流	内陆水域
	沼泽湿地	芦苇沼泽、草地沼泽	芦苇地、草地
人工湿地	水库坑塘	水库坑塘	水库坑塘、鱼塘、积水坑等
	稻田湿地	水稻田	水稻田
其它	建设用地	建设用地	居民区、道路、建筑用地
	林地	林地、灌丛	林地、灌丛
	旱地作物	旱地作物	旱地作物
	未利用地	裸地	绕阳河沼泽干涸部分

1.2.2 数据处理 分别对各时相遥感资料进行几何校正,采用 3 次多项式函数进行坐标变换,经检验配准误差控制在 0.5 个象元之内,采取最邻近法进行重采样。根据各类型遥感数据的波段统计特征及假彩色合成效果,对各时相遥感资料进行假彩色合成,并进行空间增强、辐射增强等处理,使图像达到最好效果。在 Erdas 9.2 处理平台上,确立解译标志和解译精度,通过人工交互式对遥感影像进行目视解译。结

合《全国湿地资源调查与检测技术规程》规定的湿地分类方法,参考辽宁省土地利用现状图等基础资料,制定了分级分层结构的湿地分类系统^[12](表 1)。最后在 GIS 环境中对解译结果进行裁剪、合并等修改,得到 1975-2007 年绕阳河湿地空间分布图(图 1)。利用 GIS 软件的空间分析功能,对不同时期沼泽数据进行计算,获得相应的空间数据信息,从而对绕阳河沼泽湿地 32 a 来的时空演变情况进行分析。

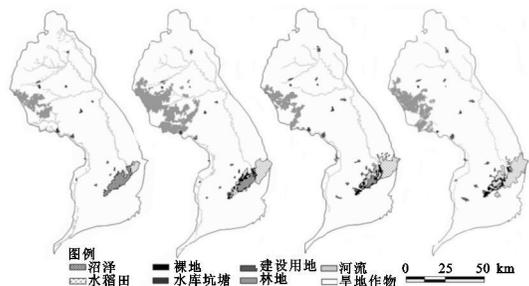


图 1 不同时期绕阳河湿地分布

1.2.3 湿地类型转移矩阵 土地利用类型转移是指人们在利用土地资源的过程中, 由于土地位置的空间稳定性, 将一种用途改变为另一种或几种用途, 或是将几种用途合并为一种用途, 从而导致土地利用结构发生变化的现象^[13]。借鉴该原理, 建立绕阳河湿地类型转移矩阵, 为了更好地描述湿地类型的变化剧烈程度, 建立湿地类型转移概率矩阵^[14]如式(1)。

$$D_{ij} = \sum_{ij} \left(\frac{dS_{ij}}{S_i} \right) \times 100\% \quad (1)$$

式中: D_{ij} ——研究时间段内第 i 类湿地类型转化为第 j 类湿地类型的转移概率; S_i ——起始年第 t 类湿

表 2 各湿地类型面积百分比

年份	沼泽	水稻田	河流	水库坑塘	林地	建设用地	旱地作物	裸地
1975	1.908	0.375	2.037	0.153	1.537	0.192	93.798	0.000
1988	1.076	1.342	0.832	0.102	5.343	0.269	90.398	0.638
1996	0.462	1.383	0.752	0.126	4.083	0.273	92.144	0.777
2007	0.068	1.530	0.313	0.078	2.593	0.372	93.948	1.098

2 结果与分析

2.1 湿地类型总体变化特征

根据 4 个时期的遥感解译数据, 计算出各湿地类型面积占研究区总面积百分比的变化情况(见表 2)。可见, 沼泽湿地、河流面积占总面积百分比呈减少趋势, 水稻田、建设用地、裸地面积占总面积百分比逐渐增大, 林地、旱地作物、水库坑塘面积变化趋势不明显。

2.2 湿地类型时间演化特征

利用 GIS 软件对湿地分布图进行空间分析, 得到 3 个时间段湿地类型转移矩阵, 并计算得到转移概率(见表 3)。湿地类型转化趋势为: 沼泽面积减少且大部分转化为水稻田和裸地面积, 其中转化为裸地面积的转移概率逐渐增大, 说明沼泽湿地已经受到严重的人类开垦和破坏, 沼泽湿地退化程度剧烈; 水稻田和裸地面积增加且主要由沼泽面积转化而来; 河流面积主要转化为旱地作物面积并有少量转化为建设用地面积, 说明人类农业及开发建设活动对河流面积减少起主导作用; 林地、水库坑塘、旱

地类型总面积; dS_{ij} ——研究时间段内第 i 类湿地类型转化为第 j 类湿地类型的面积总和; n ——研究区发生湿地类型变化的数量。

1.2.4 湿地重心迁移模型 为定量地描述沼泽湿地的空间变化情况, 将土地利用重心模型进入其中。通过计算不同时期各湿地类型的重心坐标, 能够在一定程度上反映出沼泽湿地在空间上的演变情况及其影响因素。具体做法: 分别求出湿地各年湿地分布图中各湿地斑块的几何中心坐标, 然后乘以各湿地斑块的面积, 最后把乘积累加后除以同期全区湿地的总面积。第 t 年某湿地类型分布重心坐标(经纬度)计算公式可以表示为^[15]:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{it} \times X_i)}{\sum_{i=1}^n C_{it}} \quad (2)$$

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{it} \times Y_i)}{\sum_{i=1}^n C_{it}} \quad (3)$$

式中: X_t, Y_t ——第 t 年某湿地类型分布重心的经度、纬度; C_{it} ——第 t 年第 i 块矢量图的图斑面积 (km^2); X_i, Y_i ——第 i 块矢量图斑几何中心的经度、纬度坐标。

地作物面积与沼泽湿地面积之间没有转化过程且自身变化规律不明显, 在本文中不做具体分析。综上所述, 沼泽湿地和水稻田之间的动态变化是沼泽湿地面积变化的直接因素。

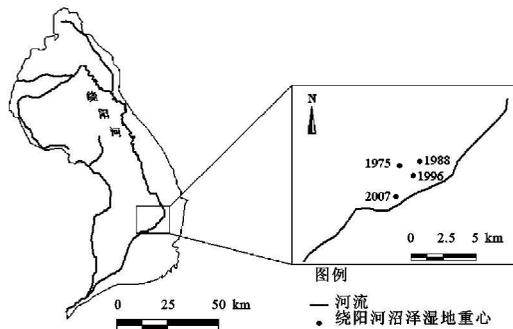


图 2 绕阳河沼泽湿地重心迁移图谱

2.3 湿地类型空间演化特征

在 MapInfo 支持下获得各年绕阳河沼泽湿地各斑块几何中心坐标, 并利用公式(2)、(3)计算得到重心坐标。本文把 4 期沼泽湿地重心坐标数据合成重心演替过程图谱^[16](见图 2), 并计算出 3 个研究时间段内沼泽湿地重心迁移方向及距离等数据(见表 4)以探讨其重心迁移过程及驱动因素。

表 3 湿地类型转移矩阵(km^2)及转移概率矩阵(%)

湿地类型	时间段	沼泽	水稻田	河流	水库坑塘	林地	建设用地	旱地作物	裸地
沼泽	①	59.22(56.38)	10.69(10.18)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	35.13(33.45)
	②	25.46(42.99)	11.89(20.08)	0.24(0.41)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	21.63(36.52)
	③	3.76(14.14)	4.31(16.20)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	18.55(69.66)
水稻田	①	0.00(0.00)	20.67(100.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
	②	0.00(0.00)	45.30(61.32)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	28.58(38.68)	0.00(0.00)
	③	0.00(0.00)	76.17(100.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
河流	①	0.00(0.00)	0.00(0.00)	45.83(40.87)	0.00(0.00)	2.97(2.65)	1.32(1.18)	62.02(55.31)	0.00(0.00)
	②	0.00(0.00)	0.00(0.00)	41.08(89.65)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.20(0.43)	4.54(9.92)	0.00(0.00)
	③	0.00(0.00)	0.00(0.00)	17.23(41.60)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.12(0.28)	24.07(58.12)	0.00(0.00)
水库坑塘	①	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	5.60(66.61)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	2.81(33.39)	0.00(0.00)
	②	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	5.60(100.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
	③	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	4.31(62.39)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	2.60(37.61)	0.00(0.00)
林地	①	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	1.00(100.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
	②	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.08(0.03)	0.00(0.00)	224.79(76.41)	0.00(0.00)	69.32(23.56)	0.00(0.00)
	③	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	142.76(63.51)	0.00(0.00)	82.03(36.49)	0.00(0.00)
建设用地	①	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	10.57(100.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
	②	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	14.81(100.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
	③	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	15.03(100.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
旱地作物	①	0.00(0.00)	42.52(0.82)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	206.58(4.00)	2.93(0.06)	4912.51(95.12)	0.00(0.00)
	②	0.00(0.00)	5.00(0.10)	0.00(0.00)	1.31(0.03)	0.00(0.00)	0.01(0.00)	4971.01(99.87)	0.00(0.00)
	③	0.00(0.00)	3.77(0.07)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	5.33(0.11)	5064.07(99.82)	0.00(0.00)
裸地	①	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)
	②	0.00(0.00)	13.98(39.78)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	21.16(60.22)
	③	0.00(0.00)	1.57(3.67)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	0.00(0.00)	41.21(96.33)

注: 括号内为转移概率, ①1975-1988年; ②1988-1996年; ③1996-2007年。

表 4 1975-2007年间绕阳河沼泽湿地重心变化

时间段	1975-1988年			1988-1996年			1996-2007年			1975-2007年		
	东	北	东北	西	南	西南	西	南	西南	西	南	西南
迁移方向												
迁移距离/km	1.55	0.31	1.58	0.50	1.08	1.19	1.31	1.57	2.05	0.26	2.35	2.36
迁移速度/ $(\text{km} \cdot \text{a}^{-1})$	0.12	0.02	0.12	0.06	0.14	0.15	0.12	0.14	0.19	0.01	0.07	0.07

由图 2、表 4 得出在 32 a 间各时间段的沼泽湿地重心迁移情况: 在 1975-1988 年沼泽湿地重心向 NE 迁移 1.58 km, 其中向 E 迁移速度大于向 N 迁移速度, 表明在这个时间段内在 SW 方向上的沼泽湿地发生了退化, 并且在 W 方向上的退化现象比较严重; 在 1988-1996 年、1996-2007 年这两个时段内, 沼泽湿地均向 SW 方向迁移, 整体上重心向 S 迁移速度大于向 W 迁移速度, 表明在 N 方向上的沼泽湿地发生了较为严重的退化; 从各时间段的重心迁移速度来看, 在 1996-2007 年沼泽湿地重心迁移速度最大, 说明在该时间段内沼泽湿地的受干扰程度最大; 从沼泽湿地重心到河流垂直距离来看, 由 1975 年的约 2.42 km 缩短到 2007 年的约 0.63 km, 沼泽湿地重心向河流河岸方向靠近了 1.79 km。总体来讲, 32 a 间, 沼泽湿地重心向 SW 方向迁移了 2.36 km 且与绕阳河河岸距离逐渐缩短, 沼泽湿地

重心向 S 方向迁移的速度大于向 W 方向的速度, 表明绕阳河沼泽湿地的北部地区破坏严重。

3 沼泽湿地时空演变驱动力分析

通过以上对沼泽湿地的时空演变分析可知: 自 1975 年以来, 绕阳河沼泽湿地面积占研究区总面积的百分比由 1.908% 下降到 0.068% 且沼泽北部地区退化现象更为严重。由于对湿地系统造成伤害的外界因素可以分为自然因素和人为因素^[17], 因此, 本文从自然和人为两方面考虑, 对绕阳河沼泽湿地时空演变的驱动力因子进行了定量的分析。

3.1 自然因素

自然因素主要是指全球和区域气候变化所造成的影响, 但其只为湿地退化提供了一个基本背景, 而关键气象要素在中小尺度上时空分配状态的变化和局地气候特征的改变则可能是湿地退化更直接的原

因和动力^[17]。鉴于本文研究时间尺度为 30 a, 因此选择气候和水文两方面的因子作为自然因素对沼泽湿地退化的驱动力因子。

3.1.1 气候因子 选取年平均气温、年降水量作为气候方面的驱动因子。分析 32 a 间气候因子的变化趋势可知: 气温整体呈上升趋势但幅度不大, 降水量时高时低不具有明显的变化趋势。通过将绕阳河沼泽湿地与气候因子做回归分析, 得到沼泽湿地面积变化与气温呈负相关, 与降水量呈正相关, 但它们的相关系数较小且线性趋势不显著, 表明在自然状态下, 温度升高和降水减少都会使湿地面积退缩, 但它们对沼泽湿地退化的影响不明显, 是非主要驱动因子。

3.1.2 水文因子 由于水文因子是沼泽形成和发育的先决条件, 水量、水质、水文状况、水源补给持续

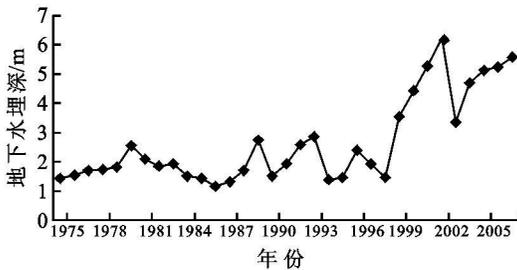


图 3 1975-2007 年地下水埋深变化

根据遥感解译数据, 绘制河流面积与沼泽湿地面积变化曲线图(见图 4)。可以看出, 河流面积与沼泽湿地面积变化趋势比较接近, 通过对二者进行回归分析, 其相关系数达到 0.957, 且 R^2 为 0.916, 表明河流面积与沼泽湿地面积呈显著的正相关关系。分析原因是河流面积减少主要缘于绕阳河上游地区河流的急速退化(见图 1), 上游水量减少直接导致下游来水量不足, 从而造成沼泽湿地的水源得不到补给, 再加上在强烈的蒸发条件下, 使得沼泽湿地水位降低, 引起湿地萎缩, 只有零星分布在地势低洼且积水较多的地方。结合研究区地势为西北向东南逐渐降低, 因此, 在 32 a 间绕阳河沼泽湿地重心向西南即逐渐靠近河流河岸的方向迁移(见表 4)。

综上所述, 地下水埋深的加深和河流面积减少都会导致沼泽湿地退化, 虽然将以上两个指标作为自然因素方面的驱动因子, 但在经济高速发展时代, 它们受人类的社会经济活动影响较大, 因此, 在一定程度上, 河流面积与地下水埋深也可以反应人类活动对于沼泽湿地退化的影响。

3.2 人为因素

随着人类社会发展到一定的进程, 造成资源长期过度消耗, 巨大的人口压力导致沉重的经济压力,

程度和水分状况的稳定程度都是制约沼泽形成和发育的因素, 因此, 与气候因子相比, 水文因子对沼泽湿地形成和发育的作用更为直接^[5]。本文选取河流面积、地下水埋深作为水文方面的驱动因子。根据新民县大民屯公社大民屯水文站的观测资料, 绘制地下水埋深变化曲线图(见图 3), 可以看出, 地下水埋深整体呈增大趋势。通过将地下水埋深数据与沼泽湿地面积进行回归分析得到其相关系数为负值, 表明地下水埋深的加深会导致沼泽湿地面积减少。这主要是由于浅层地下水在水量互为补充、相互渗透方面与沼泽湿地水文是相互作用的, 地下水埋深的加深导致地下水对沼泽湿地水量补充不足, 从而使沼泽湿地退化。将研究区内平均地下水埋深与沼泽湿地面积进行回归分析得到相关系数为 -0.907, 说明地下水资源的不合理开采是湿地退化的主要原因。

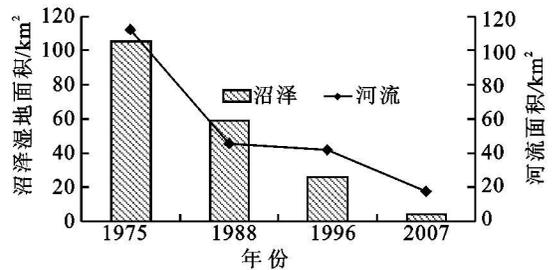


图 4 1975-2007 年沼泽湿地面积与河流面积变化

进而导致巨大的生态压力。人类活动对沼泽的影响越来越深刻。从整体上看, 这种影响是以开垦、破坏、污染等为主。本文从农业、人口、经济 3 个方面探讨了绕阳河沼泽湿地时空演变的人为驱动因子。

3.2.1 农业因子 近些年来, 湿地区域耕地的存在及耕地不断对湿地进行蚕食是湿地面临的最大威胁^[18]。将水稻田面积与沼泽湿地面积进行回归分析得到相关系数为 -0.933, 说明在本研究区水稻田的存在对沼泽湿地退化起了非常重要的作用。

水稻田从时空两方面影响了沼泽湿地退化: 从时间上, 32 a 间, 沼泽湿地面积所占百分比由 1.908% 减少到 0.068%, 而水稻田面积百分比则由 0.375% 增加到 1.530% (见表 2), 从表 3 的转移矩阵也可以看出沼泽湿地除自身干涸之外主要转化为水稻田; 从空间上, 1975-1988 年, 沼泽湿地重心向东北方向迁移(见表 4), 主要由于在此期间沼泽湿地的西部、南部地区耕种了水稻田, 此后至 2007 年, 沼泽湿地重心向西南方向迁移(见表 4), 观察图 1 可以发现这个时间段内, 水稻田从东北逐步向西南地区扩张。

水稻田的时空变化之所以会导致沼泽湿地的时空演变, 分析原因主要是: 水稻田的耕种侵占了大量

沼泽生长区,同时由于水稻田穿插在沼泽湿地之中,破坏了沼泽湿地的连通性,使整块的沼泽湿地被分割成若干个小斑块,再加上河流补给水量的减少及蒸发强度的增大,导致小斑块逐步退化为裸地。1996–2007年,沼泽湿地向南迁移速度较快的原因主要是由于在此期间水稻田向南部的侵占速度较快,而且在该时段内,沼泽转化为裸地的转移概率为 69.66%,是 3 个时段中的最大值(见表 3),由图 1 可以看出裸地主要分布在沼泽湿地的北部地区,因此,沼泽湿地北部地区的严重干涸退化是该时段内沼泽湿地重心快速地向南迁移的主要原因。综上所述,水稻田的时空变化是绕阳河沼泽湿地时空演变的最直接驱动因子。

3.2.2 人口因子 水稻田面积的增加归根结底是由于人口增加,统计黑山、新民、辽中三个县 32 a 间的年末总人口数据,得到如下结果:1975–2007年,三县年末总人口由 157.94 万人增加到 181.60 万人。其中,在 1988–1996 年人口数增长速度最快,而在此期间,沼泽湿地转化为水稻田的转移概率也最大(见表 3)。随着人口的增长,一方面要增加粮食生产,除了提高单位面积产量外,还要求扩大耕地(水稻田),导致农民不断开垦沼泽^[19]。同时由于人口增长而带来了大量生活污水,导致湿地水资源污染,这也加快了沼泽湿地的退化速度。将人口数据与沼泽湿地和水稻田面积进行相关分析,沼泽湿地面积与人口的相关系数达到 -0.956,水稻田面积与人口的相关系数达到 0.960,因此可以说,水稻田直接影响沼泽湿地的时空演变,而人口是该地区沼泽湿地时空演变的最根本驱动因子。

采用非农业人口占总人口比重代表城市化水平,统计黑山、新民、辽中三县平均城市化水平由 1975 年的 0.11 增加到 2007 年的 0.19。随着城市化水平提高,城市的建设逐渐侵占农用地和河流用地,随之而来人们对于河流水源的消耗也越来越大,导致绕阳河上游部分河流断流,上游水量不足使绕阳河中下游沼泽湿地的补水量不足,从而也加速了该区沼泽湿地的退化。

3.2.3 经济因子 在市场经济条件下,开垦沼泽湿地为水稻田不单纯是为了满足人类生产生活所需,而是受经济利益驱动。过度垦殖导致沼泽生态环境的极度恶化,水土流失严重,进而导致湿地生态功能的丧失,逐步干涸退化。同时,在经济利益的追逐下,人们为扩大生产,在绕阳河 140 km 中下游干流的两侧修筑了 221.5 km 的堤防束水,把绕阳河变为渠道化的河流,使绕阳河丧失了其大片沼泽湿地的

肢体,失去了健康生命。致使夏季的洪水水多也无法补给生态环境,而是入海为安,从而加速了沼泽湿地萎缩干涸的进程。

统计 32 a 间三县平均 GDP 值,由 1975 年的 9.59×10^8 元上升到 2007 年的 2.56×10^{11} 元,增长了近 26 倍。将 GDP 值与沼泽湿地面积做相关分析,得到相关系数为 -0.876,说明经济发展水平与沼泽湿地面积呈负相关关系,是沼泽湿地退化的主要驱动因子。

4 结 论

20 世纪 70 年代以来,由于人类的垦殖和对水资源的不合理利用,改变了绕阳河流域湿地原有景观面貌和分布格局。应用 GIS、RS 技术对该地区湿地 32 a 来的时空演变进行分析并从自然和人为两方面探讨了沼泽湿地退化的驱动力因素,结论如下:

(1) 32 a 年间,绕阳河沼泽湿地面积呈显著下降趋势,其主要转出类型为水稻田和裸地,其中转化为裸地的转移概率逐渐增大,沼泽湿地自身退化现象严重;沼泽湿地重心在 1988 年以前向东北方向迁移,之后持续向西南方向迁移,32 a 间累计向西南方向迁移 2.36 km,距河流垂直距离缩短了 1.79 km。

(2) 通过对影响绕阳河沼泽湿地退化的驱动因子分析可知:绕阳河沼泽湿地的变化受到自然和人为因素的共同影响,其中,水稻田的时空变化是沼泽湿地时空演变直接驱动因子,人口是其根本的驱动因子,经济发展水平也与沼泽湿地面积呈负相关关系,是其退化的主要驱动因子。因此可以说,人类活动是导致该区沼泽湿地退化的最主要驱动力。

参考文献:

- [1] 王国平,吕宪国. 沼泽湿地环境演变研究回顾与展望: 纪念中国科学院东北地理与农业生态研究所建所 50 周年[J]. 地理科学, 2008, 28(3): 309–313.
- [2] 李颖,张养贞,张树文. 三江平原沼泽湿地景观格局变化及其生态效应[J]. 地理科学, 2002, 22(6): 677–682.
- [3] 赵魁义,何池全. 人类活动对若尔盖高原沼泽的影响与对策[J]. 地理科学, 2000, 20(5): 444–449.
- [4] 严登华,王浩,何岩,等. 中国东北区沼泽湿地景观的动态变化[J]. 生态学杂志, 2006, 25(3): 249–254.
- [5] 李颖,田竹君,叶宝莹,等. 嫩江下游沼泽湿地变化的驱动力分析[J]. 地理科学, 2003, 23(6): 686–691.
- [6] 刘红玉,张世奎,吕宪国. 三江平原湿地景观结构的时空变化[J]. 地理学报, 2004, 59(3): 391–400.

物实际产量及试验结果得知,新诺顿豆的分解率和饱和含水量都最高,对促进草地土壤发育和改良有着重要的意义,具有重要的水土保持作用。

参考文献:

- [1] 木村允. 陆地植物群落的生产量测定方法[M]. 姜恕, 译. 北京: 科学出版社, 1981.
- [2] 汪思龙, 陈楚莹. 凋落物对土壤酸化的缓冲及其对根系生长的影响[J]. 生态学杂志, 1992, 11(4): 11-17.
- [3] 汪思龙, 陈楚莹. 森林凋落物对土壤酸化缓冲作用的初步研究[J]. 环境科学, 1992, 13(5): 25-30.
- [4] 赵鸿雁, 吴钦孝, 刘向东. 山杨林枯枝落叶的水文水保作用研究[J]. 林业科学, 1994, 30(2): 176-180.
- [5] 鲍文, 包维楷, 何丙辉, 等. 岷江上游 23 年生油松纯林下凋落物与土壤截留降水的效应[J]. 水土保持学报, 2004, 18(5): 115-119.
- [6] 徐秋芳, 桂祖云. 不同林木凋落物分解对土壤性质的影响[J]. 浙江林学院学报, 1998, 15(1): 27-31.
- [7] 张清海, 叶功富, 林益明. 海岸沙地木麻黄人工林凋落物归还量及其热值动态研究[J]. 林业科学研究, 2006, 19(5): 600-605.
- [8] 彭少麟, 刘强. 森林凋落物动态及其对全球变暖的响应[J]. 生态学报, 2002, 22(9): 1534-1544.
- [9] 陈立新, 陈祥伟. 落叶松人工林凋落物与土壤肥力变化的研究[J]. 应用生态学报, 1998, 9(6): 581-586.
- [10] 程积民, 万惠娥, 胡相明, 等. 半干旱区封禁草地凋落物的积累与分解[J]. 生态学报, 2006, 26(4): 1207-1212.
- [11] 孔祥庚, 莫泰尧. 新编云南地州市县情[M]. 北京: 光明日报出版社, 2001: 249-252.
- [12] 高俊琴, 欧阳华, 吕宪国, 等. 三江平原小叶章湿地枯落物分解及其影响因子研究[J]. 水土保持学报, 2004, 18(4): 121-124.
- [13] 周永文, 黄文辉, 陈红跃, 等. 不同人工林分枯落物和土壤持水能力研究[J]. 生态环境, 2003, 12(4): 449-451.
- [14] 马志贵, 王金锡. 大熊猫栖息环境森林凋落物动态研究[J]. 植物生态与地植物学学报, 1993, 5(2): 45-49.
- [15] 刘洋, 张健, 冯茂松. 巨桉人工林凋落物数量、养分归还量及分解动态[J]. 林业科学, 2006, 42(7): 1-10.
- [16] 郭剑芬, 杨玉盛, 陈光水, 等. 森林凋落物分解研究进展[J]. 林业科学, 2006, 42(4): 93-100.
- (上接第 155 页)
- [7] 蒋卫国, 李京, 李加洪, 等. 辽河三角洲湿地生态系统健康评价[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 408-414.
- [8] 唐娜, 崔保山, 赵欣胜. 黄河三角洲芦苇湿地的恢复[J]. 生态学报, 2006, 26(8): 2616-2624.
- [9] Paul A Keddy. Wetland Ecology Principles and Conservation [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 124-238.
- [10] Holland M M. Wetlands and Environment Gradients [C]//Mulamoottil G, Warner B G, McBean E A. Wetland Environment Gradients, Boundaries and Buffers. CRC Press Inc., 1996. 112-131.
- [11] 丁亮, 张华, 孙才志. 辽宁省滨海湿地景观格局变化研究[J]. 湿地科学, 2008, 6(1): 7-12.
- [12] 程乾, 吴秀菊. 杭州西溪国家湿地公园 1993 年以来景观演变及其驱动力分析[J]. 应用生态学报, 2006, 17(9): 1677-1682.
- [13] 唐宽金, 郑新奇, 闫弘文, 等. 基于空间相邻的地类转换倾向性模型的构建及应用[J]. 生态学报, 2009, 29(1): 337-343.
- [14] 魏静, 郑小刚, 葛京凤. 石家庄西部太行山区景观格局时空变化[J]. 生态学报, 2007, 27(5): 1993-2001.
- [15] 李月臣, 刘春霞. 北方 13 省土地利用/覆盖动态变化分析[J]. 地理科学, 2007, 27(1): 45-52.
- [16] 叶庆华, 田国良, 刘高焕, 等. 黄河三角洲新生湿地土地覆被演替图谱[J]. 地理研究, 2004, 23(2): 257-265.
- [17] 安娜, 高乃云, 刘长娥. 中国湿地的退化原因、评价及保护[J]. 生态学杂志, 2008, 27(5): 821-828.
- [18] 张春丽, 佟连军, 刘继斌, 等. 三江自然保护区湿地保护与退耕还湿政策的农民响应[J]. 生态学报, 2009, 29(2): 946-952.
- [19] 杨敏, 刘世梁, 孙涛, 等. 黄河三角洲湿地景观边界变化及其对土壤性质的影响[J]. 湿地科学, 2009, 7(1): 67-74.