

# 三江平原建三江地区 30 年湿地景观退化评价

郭 雷<sup>1</sup>, 马克明<sup>1,\*</sup>, 张 易<sup>2</sup>

(1. 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 10008; 2. 黑龙江省农产品质量检验检测中心, 哈尔滨 150090)

**摘要:**因高强度农业开发, 1975~2004 年的 30a 间, 三江平原自然湿地景观发生了剧变。评估该湿地景观面临的各种压力、分析其所处状态、揭示其演变规律, 对于三江平原的湿地保护和恢复至关重要。选取 1975 年、1989 年和 2004 年的三期 Landsat TM 遥感影像, 基于压力-状态-响应的生态评价框架, 对黑龙江省建三江地区景观演变进行分析。结果表明, (1) 从 1975 年到 2004 年, 建三江地区自然湿地大幅减少, 农田大幅增加, 景观多样性和破碎度显著提高; 农业开发是自然湿地面临的主要压力, 其中草甸和沼泽湿地是主要的开发对象。(2) 1975~1989 年的农业开发强度高于 1989~2004 年。1975~1989 年, 农田、沟渠面积大幅增加, 湿地面积大量减少; 通过沟渠排水将湿地开发为旱田, 导致该区生态环境质量下降, 洪涝灾害频繁; 1989~2004 年, 人们意识到湿地保护的重要性, 自然湿地开垦减少, 沟渠面积略有增加, 并把部分旱田转为水田来达到“以稻治涝”的目的; 同时, 建立了多个湿地自然保护区并制定了相应的湿地保护条例, 使得该区的湿地景观得到了一定的保护。(3) 当前三江平原湿地景观面临的问题依然严峻, 尤其是排水沟渠的大量存在和旱田转化为水田后导致的水资源短缺和地下水位下降等问题, 还将继续威胁现有湿地的存续, 基于沟渠系统的综合性水资源管理势在必行。

**关键词:** 景观变化; 生态评价; 压力-状态-响应; 农业开发; 排水沟渠; 湿地保护; 水资源管理

文章编号: 1000-0933(2009)06-3126-10 中图分类号: Q149 文献标识码: A

## Landscape assessment on wetland degradation during thirty years in Jiansanjiang region of Sanjiang Plain, Northeast China

GUO Lei<sup>1</sup>, MA Ke-Ming<sup>1</sup>, ZHANG Yi<sup>2</sup>

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 Determination Center for the Agro-products Quality of Heilongjiang Province, Harbin 150090, China

*Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(6): 3126~3135.

**Abstract:** The natural wetland landscape was seriously degraded in thirty years (1975—2004), because of the high-intensity agricultural exploitation in Sanjiang Plain. It is very important to conduct landscape assessment for wetland preservation and restoration in the region in terms of the various pressures to, and the present state and change of the wetland. By choosing Landsat TM remote sensing data of the years 1975, 1989 and 2004, the landscape change of Jiansanjiang region of Heilongjiang Province was analyzed on the basis of Pressure-State-Response ecological assessment framework. The results showed that, (1) From 1975 to 2004, the natural wetland was greatly decreased while farmland obviously increased, and landscape diversity and fragmentation were remarkably increased; Agricultural exploitation was the main pressure the wetland faced during the period, where wet meadow and swamp were the main targets of the exploitation. (2) The agricultural exploitation in 1975—1989 was much higher than that in 1989—2004. From 1975 to 1989, the areas of farmland and drainage ditch were abruptly increased while that of wetland was greatly decreased, that is, the wetland was mainly converted into farmland through the discharge of drainage ditch system, which led to the decline of ecological and environmental quality, especially the frequently happened flooding, in the region. However, from 1989 to 2004, wetland preservation was recognized important, the exploitation on natural wetland was limited and the drainage ditch was slightly

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40671182)

收稿日期: 2008-07-28; 修 订 日期: 2008-12-09

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: mkm@rcees.ac.cn

increased, moreover farmland was partially converted into paddy field so that to preventing flooding. Meanwhile, some wetland nature reserves were established during the period alongside the establishing of some wetland conservation regulations, the wetland landscape was then preserved to a certain extent. (3) The problems that Sanjiang Plain wetland landscape facing are still serious at present, especially the shortage of regional water resources and the declining of underground water level because of the existence of drainage ditch system and the conversion of farmland to paddy field, which will continuously threaten the survival of current wetlands, therefore it is urgent to synthetically manage regional water resources on the basis of drainage ditch system.

**Key Words:** agricultural exploitation; drainage ditch; ecological assessment; landscape dynamics; Pressure-State-Response; water resources management; wetland conservation

湿地是自然界生物多样性最丰富的生态系统类型之一,它不仅为人类的生产、生活提供多种资源,而且具有巨大的生态、环境效益,在抵御洪水、调节径流、蓄洪防旱、控制污染、调节气候、保持水土、促淤造陆、美化环境等方面有其他系统不可替代的作用,被誉为地球之肾、生物基因库和文明的发源地<sup>[1~3]</sup>。我国自 1949 年以来,随着人口的增长和国家对粮食的需求,对建三江地区开始了农业大开发,其结果导致了该区湿地环境发生了很大的变化,湿地生态系统遭受破坏,湿地功能受损,生态效益日益降低,由此带来一系列的生态环境问题<sup>[4,5]</sup>,因此如何评估建三江地区湿地资源面临的各种压力,分析湿地所处的状态,揭示湿地的演变规律,是预防生态环境问题、湿地资源合理开发利用、制定经济社会可持续发展规划和生态环境保护对策的重要依据。

目前,国内外开展了不少有关湿地生态环境指标体系与方法的研究工作,取得了不少阶段性成果<sup>[6~9]</sup>。从初期评价指标集中在化学和生物指标上,到后来增加物理指标和压力指标<sup>[10,11]</sup>,再到从生态系统、流域、景观生态的角度建立湿地综合评价指标<sup>[12,13]</sup>。但这些评价对象主要是河流、湖泊、水库,对沼泽湿地研究的较少。

PSR 评价模型是 OECD(联合国经济合作开发署)建立的压力-状态-响应(Pressure-State-Response, PSR)框架模型<sup>[14]</sup>,这一框架模型分 3 个环节,即人类活动对环境施加了一定的压力;由于这个缘故,环境状态发生了一定的变化;而人类社会应当对环境的变化作出反应,以恢复环境质量或防止环境退化。而这 3 个环节正是决策和制定对策措施的全过程。PSR 评价模型是目前广泛应用的指标体系之一。它已被应用于湿地生态系统健康评价、土地可持续利用评价、城市生态系统健康评价等评价之中<sup>[15~17]</sup>。

三江平原湿地景观退化评价虽然开展了一些工作<sup>[18,19]</sup>,但是采用此类方法的研究较少。本文所研究的湿地是自然湿地,根据 1975,1989,2004 年三期遥感影像,分别代表开发初,开发中和开发末,运用多种景观生态学指标对建三江地区的自然湿地生态环境进行动态评价,与以往评价工作相比,其优点是具有非常清晰的因果关系,充分考虑了外界的压力干扰、自然湿地的状态变化和人类的响应措施 3 个方面。为此利用 PSR 评价模型揭示当前建三江地区自然湿地退化的原因及其所处状态,以期对建三江自然湿地保护措施的制定提供科学依据。

## 1 研究区域

研究区为位于三江平原腹地的黑龙江农垦总局建三江管局,它被誉为“最早迎接太阳的垦区”,位于富锦、同江、抚远、饶河两市两县交界处,东经  $132^{\circ} 31'26'' \sim 134^{\circ}22'26''$ ,北纬  $46^{\circ}49'42'' \sim 48^{\circ}13'58''$  之间,系黑龙江、松花江、乌苏里江汇流的河间地带。南北相距约 153.1 km,东西相距 153.0 km,辖区总面积 1.23 万  $\text{km}^2$ ,占黑龙江农垦总局的 22%。

建三江地区气候属于大陆性季风气候,为三江平原温和湿润气候区。年平均气温  $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ ,平均降水量为 500 ~ 600 mm,年平均日照 2300 ~ 2600 h,平均海拔 56 m,坡降为  $1/5\ 000 \sim 1/12\ 000$ ,形成罕见的大面积平坦地势,丘陵与漫岗不足总面积的 5%,绝大部分均为平原沼泽区,现已被开发为农田,据统计,全局水稻面积从 1966 年东北农垦总局时期的  $5.3\text{hm}^2$  发展到 2003 年的 15 万  $\text{hm}^2$ 、2004 年的 22 万  $\text{hm}^2$ 、2005 年的 24.7 万

hm<sup>2</sup>。该区湿地是我国非常宝贵的湿地资源,亦是世界上少见的内陆平原湿地,是具有重要代表性和具有国际意义的湿地生态系统。

## 2 数据处理

为了分析评价该地区湿地生态环境的变化,本研究在区域土地利用和湿地分类的基础上,根据研究需要,并参照其他本地区的湿地景观分类系统,分层解译出了10种土地利用类型,分别是林地、荒地、水田、旱田、沟渠、沼泽化草甸、沼泽、草甸、以及居民点和道路,沼泽化草甸主要是以水塘为中心的碟状湿地,因其有地表积水,易与草甸区分,且因其形状和孤立性,又易与沼泽区分。采用的遥感信息为一期MSS影像以及两期Landsat TM影像,时相分别为1975年6月15日(代表开发初期),1989年6月23日(代表开发中期)以及2004年6月4日(代表开发近期)。辅助信息有1:50 000地形图,以及研究区2002年的1:100 000水利图、1:100 000 DEM数据。由于研究区地势平坦,景观结构较为简单,水分含量的差异导致对卫星影像的监督分类和非监督分类都很难达到准确分类解译的要求。因此,我们采用人工目视解译与野外实地踏查相结合的方法来完成三期影像的解译工作。首先根据景观分类进行卫星影像和实际地表元素的对比调查,根据调查结果建立的解译标志和标准,进行初步人工目视解译。根据解译结果,配合地形图、水利图,以及研究区范围内的湿地斑块调查的实际情况进行斑块的修改和补充,据此对初步解译结果修正,从而得到3期的土地利用图。

用ARCGIS 8.3从土地利用数据中提取草甸、沼泽地和沼泽化草甸作为湿地资源。得到3个时期的湿地景观数据(图1)。

## 3 指标体系的选取

根据PSR模型以及评价指标应具有系统性、可操作性、易获取性、可比性等原则,选取了下列湿地生态环境评价指标(表1)。

表1 湿地生态环境评价指标体系

Table 1 Index system for the wetland eco-environment assessment

湿地生态环境的度量 Measurement of wetland eco-environment	评价指标 Evaluation index
压力指标 Pressure index	农业化压力 Agricultural pressure 城镇化压力 Towns pressure 人类干扰指数 Human disturbance index
状态指标 State index	平均斑块面积 Average patch area 景观多样性 Landscape diversity 斑块密度 Patch density 破碎度 Degree of fragmentation 边界密度 Boundary density 斑块数 Patch number 形状指数 Shape index
响应指标 Response index	湿地面积变化 The area change of wetland 湿地保护区建设 Construction of wetland reserve

### 3.1 湿地生态环境压力指标的选取

在无外力干扰的情况下,湿地生态系统的演替方向一般是顺应自然、正向的演替,但是强大的物理因素的干扰和人类干扰则会促进或抑制正向演替的过程。因此湿地生态系统的退化既决定于它内在的因素即系统的自维持能力和抵抗力的强弱,也决定于外在的驱动力——干扰因素。由于自然的干扰因素是一种无规则的不稳定的异常变化,难以对其进行有效度量,而且目前自然干扰所造成的生态退化只占了生态退化现象的一小部分,故而仅选择了反映人类干扰状况的农业化压力、城镇化压力和人类干扰指数作为压力指标。各压力指标的计算方法如下:

### (1) 农业化压力

$$\text{旱田面积比例} = \text{旱田面积} / \text{土地总面积} \times 100\%$$

$$\text{水田面积比例} = \text{水田面积} / \text{土地总面积} \times 100\%$$

$$\text{沟渠面积比例} = \text{沟渠面积} / \text{土地总面积} \times 100\%$$

$$\text{农业化压力} = \text{旱田面积比例} + \text{水田面积比例} + \text{沟渠面积比例}$$

### (2) 城镇化压力

$$\text{城镇化压力} = \text{城镇居民用地} / \text{土地总面积} \times 100\%$$

### (3) 人类干扰指数

$$\text{人类干扰指数} = \text{农业化压力} + \text{城镇化压力}$$

## 3.2 湿地生态环境状态指标的选取

本研究选取其中较为常用的、生态学意义比较明确的以下几个指标<sup>[20]</sup>,对区内的湿地景观格局特征进行分析研究。

### (1) 平均斑块面积

不同大小的斑块面积具有不同的生态意义。平均斑块面积用于描述景观粒度的大小,也可用来表示景观破碎化程度。平均斑块面积的计算方法为湿地景观中所有斑块的总面积( $m^2$ )除以斑块总数,再乘以 $10^6$ (转换成 $km^2$ )。计算公式如:

$$S_{MP} = A \times 10^6 / N$$

式中, $S_{MP}$ 为平均斑块面积, $A$ 为湿地景观中所有斑块的总面积( $m^2$ ), $N$ 为湿地景观斑块总数。平均斑块面积( $S_{MP}$ )取值范围: $S_{MP} > 0$ ,无上限。

### (2) 景观多样性指数

景观多样性指数的大小反映景观类型的多少以及各景观类型所占比例的均匀程度。当景观是由单一类型构成时,景观是均质的,其多样性指数为0;由两个以上类型构成的景观,当各景观类型所占比例相等时,其景观的多样性指数最高;当各景观类型所占比例差别增大时,景观的多样性下降。在一个区域中,景观多样性指数愈高,说明景观类型愈丰富,并且各个类型所占的比例也愈均匀。景观多样性指数 $H$ 可表达为:

$$H = - \sum_{i=1}^m (P_i) \times \log(P_i)$$

式中: $P_i$ 为景观类型*i*所占的比例, $m$ 为景观类型的数目,对数的底可取2、e和10。

### (3) 景观形状指数

景观形状指数是通过计算某一景观类型的斑块周长与同面积圆形的周长之比来测定该景观类型的复杂程度,计算公式为:

$$LSI = PI / 2(\Pi A)^{0.5}$$

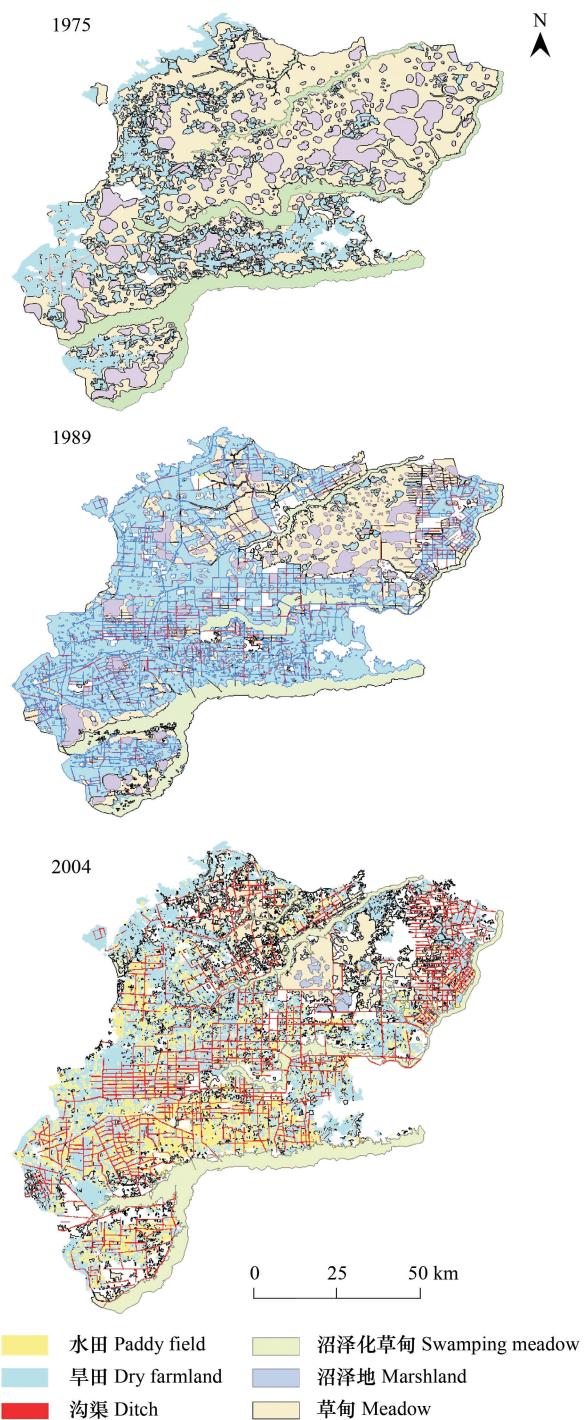


图1 建三江湿地景观格局变化分析图

Fig. 1 Chart of the analysis of wetland landscape change in Jiansanjiang region

式中,  $LSI$  为景观形状指数,  $Pi$  为某一景观类型斑块周长,  $A$  为斑块面积。 $LSI$  越接近于  $l$ , 斑块圆度越好, 其形状越简单; 反之,  $LSI$  越大, 其形状越复杂。

#### (4) 斑块密度

其计算公式为:

$$PD = ni \times 10^6 / A$$

式中,  $PD$  为斑块密度,  $ni$  为类型  $i$  的斑块总个数,  $A$  为斑块类型  $i$  的面积( $m^2$ )。

#### (5) 景观破碎度

景观破碎度的大小反映了景观类型斑块被分割的程度, 破碎度指数可反映景观空间结构的复杂性, 通过景观破碎化分析就可以从一定的角度对景观的稳定性和人类干扰程度进行适当评价<sup>[21]</sup>。破碎度指数的计算公式为:

$$C = \sum ni / A$$

式中,  $C$  表示景观的破碎度;  $\sum ni$  为景观中所有景观类型斑块的总个数;  $A$  为景观的总面积。

#### (6) 边界密度

有的物种需要较稳定的环境, 往往集中在斑块的中心部分(核心区), 称为内部种; 有的物种则适应多变的或阳光充足的环境条件, 主要分布在斑块的边缘部位, 称为边缘种。为了全面反映生境情况, 必须对适于边缘种和内部种生存的两种生境均进行考虑, 本处选择了边界密度指标来反映“边缘种”的生境状况, 显示了景观或类型被边界的分割程度, 是景观破碎化程度的直接反映。计算公式为:

$$E_D = E / A$$

该式指景观中所有斑块边界总长度除以景观总面积, 反映斑块的边缘情况;  $E$  为景观中所有斑块边界的总长度;  $A$  为景观的总面积。

### 3.3 湿地生态环境响应指标的选取

在人类活动干扰下, 湿地生态环境的内部结构和功能将会发生改变, 这些改变势必影响到人类的发展, 当人类逐渐认识湿地的重要性时, 就会采取措施保护湿地。这种链式响应为湿地对人类干扰的一种响应, 以及人类对湿地变化的响应。因此湿地生态环境响应指标可以选择湿地面积变化及湿地保护区面积变化。湿地面积变化是湿地对人类干扰的一种响应, 湿地保护区面积变化是湿地面积变化的一种响应。

## 4 结果分析

### 4.1 压力评价与分析

由表2可以看出, 1975~2004年间, 由于建三江地区的农业化和城镇化压力逐渐增加, 人类对该区生态环境的干扰逐渐增强, 湿地资源面临的威胁逐渐加大。虽然城市扩张、居民点建设、工矿建设对该地区生态环境的压力也呈现增加的趋势但可以看出农业活动是造成本区湿地退化的主要因素, 由于该地区由于湿地水分条件优越, 土壤肥沃, 地势平坦, 农业用地面积从1975年的20.18%到2004年为51.35%增加了三十个百分点。且主要的开发强度集中在1989年以前, 从1989年到2004年农业化压力只增加了近4%。由表3知, 在1975~1989年, 沟渠的面积比例从0.30%增加到4.37%, 水田增加了1.61%, 旱田占农业面积的90%多, 说明这段时间主要是开挖沟渠排水将湿地开发成旱田; 从1989年到2004年, 总的农业面积基本上增加很少, 主要是

表2 1975~2004年建三江湿地生态环境压力变化

Table 2 Pressure change of wetland in Jiansanjiang from 1975 to 2004

年份 Year	农业化压力变化 Agricultural pressure(%)	城镇化压力变化 Town pressure(%)	人类干扰指数 Human disturbance index(%)
1975	20.18	0.05	20.23
1989	47.94	1.01	48.95
2004	51.35	1.19	52.54

旱田面积大面积转化为水田,沟渠也有少量增加,沟渠成为水田的排水通道。对湿地的开发强度减小,这与湿地的面积减少及国家对湿地的保护政策有关。

表3 1975~2004年建三江沟渠、旱田、水田占农业用地的比例

Table 3 Ratio of ditch, dry farmland and paddy field to farmland area in Jiansanjiang from 1975 to 2004

年份 Year	沟渠 Ditch (%)	旱田 Dry farmland(%)	水田 Paddy field(%)
1975	0.30	99.64	0.06
1989	4.37	93.96	1.67
2004	4.52	61.35	34.13

#### 4.2 状态评价与分析

从1975年到2004年随着人类对建三江地区的农业大开发,以及城市化的大发展,不少湿地转化为农田,土地利用方式趋于多样化,建三江地区景观的多样性指数从1.40上升到1.79,同时景观破碎度指数从0.09上升到1.25(表4),景观的破碎程度随之加大。

表4 1975~2004年建三江环境状态变化

Table 4 State change of wetland in Jiansanjiang from 1975 to 2004

年份 Year	景观破碎度 Landscape fragmentation	景观多样性指数 Landscape diversity index	景观形状指数 Landscape shape index
1975	0.09	1.40	26.75
1989	0.40	1.59	50.91
2004	1.25	1.79	86.16

对于草甸,沼泽地,沼泽化草甸,这几种景观类型来说其面积都呈下降趋势,尤其是草甸和沼泽地面积下降非常明显,而斑块密度,边界密度,形状指数等变化各有特点,草甸的斑块数不断增加,斑块密度和边界密度变化相似,都是从1975年到1989年变化很小,但从1989年到2004年迅速增加,形状指数逐渐变大;沼泽地其斑块数,斑块密度,边界密度,形状指数都是先增加后减少;沼泽化草甸的斑块密度,边界密度,形状指数变化不明显,有略微的上升;从这些指数的变化可以看出,与沼泽化草甸相比,从1975年到2004年沼泽的和草甸是主要的农业开发对象,草甸的斑块数不断增加,破碎化程度逐步增大,平均斑块面积不断变小,分散度变高,因此斑块密度不断变大,形状指数变大,表明该景观要素斑块的形状有向曲折和复杂变化的趋势。沼泽地和沼泽化草甸的斑块数,斑块密度,边界密度,形状指数都是先增加后减小,平均斑块面积是先减小后增加,表明1989到2004年的农业开发强度低于1989年以前,在1975至1989年间,湿地被农田逐渐蚕食,大型的成片的湿地被分割成一个个小型的湿地,各个湿地之间的也相互隔离,所以斑块数,斑块密度,边界密度逐渐增加,景观要素形状趋向复杂,随后由于建三江地区湿地受到过度的开发和破坏,斑块数变少,平均斑块面积变大,以大斑块为主,景观要素斑块形状的动态变化趋向于规则(表5,图2)。

#### 4.3 响应评价与分析

1975~2004年,随着人类干扰湿地环境的活动日益加强,湿地面积大量减少(表6)。从1975~2004年来,湿地减少528 142.59 hm<sup>2</sup>。同时可以看出,在1989~2004年阶段比1975~1989年湿地面积下降程度有所下降。这也证明了1989~2004年阶段比1975~1989年农业开发强度下降,面对日益减少的湿地资源所带来的负面效应,人类开始逐渐认识到湿地的重要性,这可以通过湿地保护区的建设以及湿地保护政策的出台来反映。1989年该区保护区面积只有45 814 hm<sup>2</sup>,到2004年湿地保护区面积达到108 609 hm<sup>2</sup>,增加62 795 hm<sup>2</sup>(表6)。

#### 4.4 压力-状态-响应关系的综合分析

压力-状态-响应生态评价框架的优点是可以对一个地区的湿地退化的原因、结果做出清晰的因果关系分析,进而为湿地保护措施的制定提供提示作用。三江平原地区湿地退化过程时间比较短,影响因素也相对简

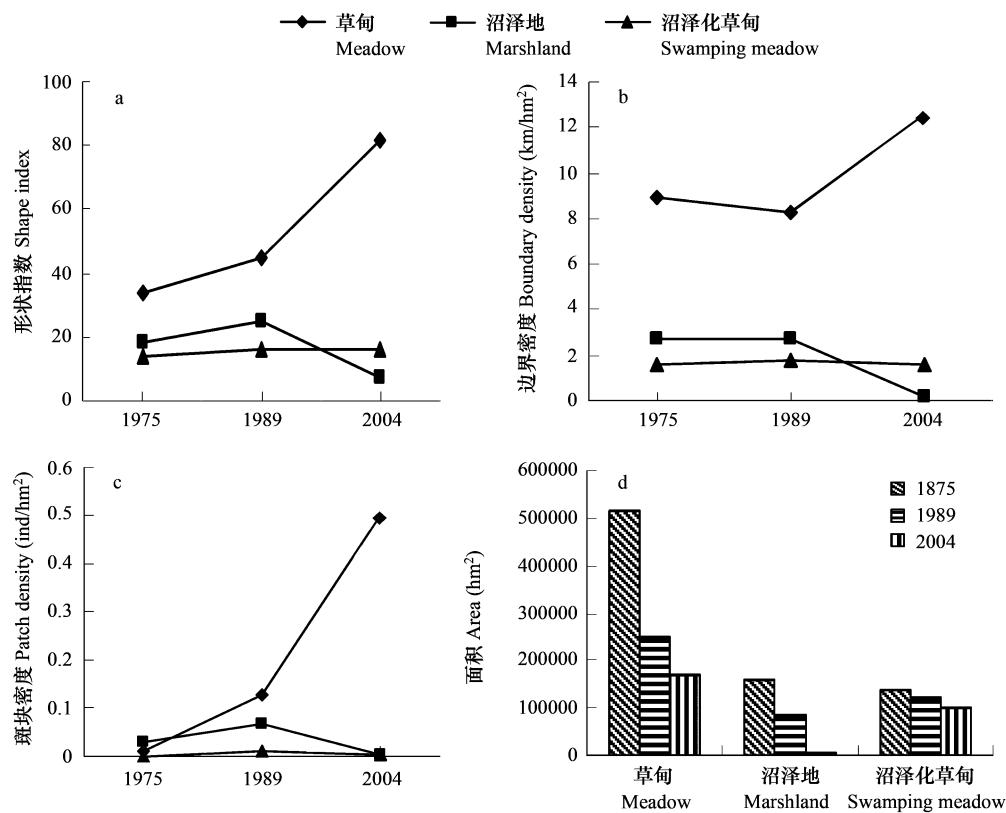


图2 1975~2004年建三江湿地的景观格局指数的变化

Fig. 2 Wetland landscape metrics index change in Jiansanjiang from 1975 to 2004

表5 1975~2004年建三江湿地景观格局指数

Table 5 Wetland landscape metrics index in Jiansanjiang from 1975 to 2004

年份 Year	景观类型 Landscape type	斑块数 Patch number	斑块密度 Patch density (个/hm <sup>2</sup> )	边界密度 Boundary density (km/hm <sup>2</sup> )	面积 Area (hm <sup>2</sup> )	平均斑块面积 Average patch area(hm <sup>2</sup> )	形状指数 Shape index
1975	草甸 Meadow	135	0.0125	8.90	514374.93	3810.18	34.15
	沼泽地 Marshland	337	0.0313	2.68	158439.60	470.15	18.23
	沼泽化草甸 Swamping meadow	14	0.0013	1.60	135483.48	9677.39	13.69
1989	草甸 Meadow	1362	0.1265	8.27	247989.51	182.08	45.09
	沼泽地 Marshland	712	0.0661	2.72	87404.49	122.76	24.83
	沼泽化草甸 Swamping meadow	104	0.0097	1.79	122128.38	1174.31	15.90
2004	草甸 Meadow	5400	0.5014	12.55	171875.34	31.83	81.93
	沼泽地 Marshland	40	0.0037	0.23	7048.26	176.21	7.46
	沼泽化草甸 Swamping meadow	42	0.0039	1.61	101231.82	2410.28	15.90

表6 1975~2004年建三江地区湿地生态环境响应变化

Table 6 Response change of wetland eco-environment in Jiansanjiang from 1975 to 2004

年份 Year	湿地面积 Wetland area(hm <sup>2</sup> )	湿地保护区面积 Wetland reserve area(hm <sup>2</sup> )
1975	808 298.01	0
1989	457 522.38	45 814
2004	280 155.42	108 609

单,非常适于采用这个框架进行分析评价。本文的研究发现1975~2004年间,由于建三江地区的农业化和城镇化压力逐渐增加,主要是农业化压力的增加,人类对该区生态环境的干扰逐渐增强,湿地资源面临的威胁逐渐加大。农业用地面积不断增加,其大量的增幅主要发生在1975年到1989年间,在此期间主要是开挖沟渠排水将湿地变成旱田,由此导致了湿地环境发生了很大的变化,表现最明显的就是草甸,沼泽湿地的面积大量减少,斑块数大量增加,平均斑块面积减少,斑块密度和边界密度增加,斑块形状趋向复杂化,破碎化程度加大;湿地生境被破坏会使很多物种失去生存空间而濒危甚至灭绝,进而会带来一系列生态环境问题<sup>[22,23]</sup>;从1989年到2004年农业化压力只增加了近4%,人类对湿地的开发强度减缓,这段时间主要是旱田面积大面积转化为水田,湿地的面积虽依然在减少,但减幅速度已经变慢,沼泽地,沼泽化草甸的斑块数,斑块密度,边界密度,形状指数都不断减少,平均斑块面积增加,而草甸湿地的斑块数,斑块密度,边界密度,形状指数都不断增加,说明人类对其的干扰还很大。与沼泽化草甸相比,从1975年到2004年沼泽的和草甸是主要的农业开发对象。从1975到2004年,湿地面积减少了528 142.59 hm<sup>2</sup>,主要是草甸和沼泽湿地面积的减少,同时可以看出,在1989~2004年比1975~1989年湿地面积下降程度有所下降。这也证明了1989~2004年比1975~1989年农业开发强度下降,面对日益减少的湿地资源所带来的负面效应,人类开始逐渐认识到湿地的重要性,反映在多个湿地保护区的建设以及湿地保护政策的出台,以此来实现区域生态环境的持续、健康发展。

以往建三江湿地评价工作,将水田作为人工湿地而没有计算在农业化压力中,通过湿地景观指标的变化得出湿地面临的压力越来越大,湿地景观异质性在不断增加,湿地破碎化及退化严重,但它并没有对湿地退化进行细化分析,同时对湿地破坏的过程探讨也不够深入<sup>[24]</sup>。与其相比本文的研究时间跨度更长,由于水田,沟渠是建三江地区农业开发的结果,所以本研究将水田,沟渠作为农业化压力,这样划分更有利于分析湿地面临的压力的变化;得出1975至1989年农业开发强度要强于1989至2004年,1989至2004年主要是旱田转化为水田,对湿地的开发有所减缓;此外,明确了建三江地区主要的湿地开发对象是草甸和沼泽地,以及湿地保护政策措施的作用。

通过建三江地区两个阶段湿地退化的原因,湿地现状的分析,湿地退化的强度与农业开发强度有非常明显的关系,农业开发强度减弱,湿地退化的强度也减弱。因此对于湿地的保护应限制本地区湿地的开垦,部分地方退耕还湿;继续加强湿地的保护管理;加大湿地保护的宣传力度,使人们认识到湿地保护的重要性,增强人们的保护意识。同时由于大面积的旱田转化成水田,据研究,洪河保护区附近的三个国营农场1999年共施用化肥6700 t,除草剂161 t,杀虫剂186 t,并逐年增加,而施入农田的氮肥仅有30%~50%被植物利用,磷肥利用率仅有7%~15%,大部分随农田排水而进入附近的水体中<sup>[25]</sup>,大量营养物质排入水体必将会使水体环境发生很大的变化,因此要注意水田通过沟渠排水可能会对当地带来水环境污染问题,防止产生新的环境问题,以维持健康的生态环境。

## 5 结论

(1) 本文采用压力—状态—响应模型,根据湿地生态系统的特点,通过定量计算和定性分析,得到湿地资源在不同阶段所面临的压力、表现状态、人类对此的响应等规律,为建三江地区湿地资源保护与恢复提供科学依据。

(2) 研究表明:从1975年到2004年,建三江湿地面临的人为干扰越来越大,其中主要是农业活动的干扰。1975到1989年的开发强度强于1989到2004年。1975年建三江地区以湿地为主,面积约82万hm<sup>2</sup>,由于大幅度的开挖沟渠排干湿地变为旱田,湿地面积大量减少,沟渠面积大幅增加,到1989年时,湿地面积约46万hm<sup>2</sup>,减少了近一半,农用地约48万hm<sup>2</sup>,增加了27万hm<sup>2</sup>,这段时间水田增加很少,湿地与农用地的比例降为1:1,农田的疏干排水和灌溉抽水,使湿地面临严重缺水威胁,同时大面积开发湿地,使其抵抗洪水的功能下降,洪涝灾害频率加大,危害加剧。据统计在1949年至1969年的21a间,三江平原的旱灾发生频率为23.8%,洪涝发生频率为33.3%;而在1970~1990年间,旱涝灾害发生频率分别涨到33.3%和47.9%,旱涝灾害明显增加;同时三江平原湿地生态环境的破坏,导致珍稀濒危植物减少,杂类草植物种类增多,资源植物

分布面积缩小,种群数量,生物量显著减少,其经济价值也显著下降<sup>[23]</sup>。从1989年到2004年,虽然湿地面积进一步减少,但已趋缓,由于意识到涝灾,所以这段时间主要是以稻治涝把部分旱田变成水田,沟渠面积略有增加,尽管农田排水目前看来很少通过地表水直接进入湿地,但农田和湿地很可能通过地下水存在水文交换,周边地区农田中化肥农药的使用对湿地的地下水水质可能已经产生一定影响,并最终影响湿地。从1975年到2004年,与沼泽化草甸的变化相比,草甸,沼泽湿地是主要的开发对象;整个地区景观多样性上升,破碎度变大,尽管建立了多个保护区,制定了很多湿地保护政策,对湿地的保护也起到了效果,但湿地资源面临的压力依然严峻,需要保护和恢复现有湿地资源,加强湿地资源的保护和管理,制定并完善湿地保护和管理的政策和法规,提高公众参与湿地保护的意识。

#### References:

- [1] Maltby E. Wetland resources and future prospects: an international perspective. In: Zelazny J. and Feirabend J. S. eds. Proceedings: Increasing Our Wetland Resources. National Wildlife Federation, Washington, D C, 1988.
- [2] Williams M. Wetlands: A Threatened Landscape. Oxford, UK: B Blackwell, 1991. 4—5.
- [3] Zedler J. B. Progress in wetland restoration ecology. TREE, 2000, 15: 402—407.
- [4] Zhang S Q, Zhang B, Wang A H. A study on the relationship between distributive variation of wetlands and regional climate change in Sanjiang plain. Advance in Earth Science, 2001, 16(6):83—841.
- [5] Han Y L, Ge D N, Zhang Y X. The research about wetland birds resource and reserve of it in Sanjiang Plain. Territory & Natural Resources Study, 2003,(1):76—76.
- [6] Wu B F, Huang J L, Shen L B. Analysis and evaluation of flood-control functions of wetland taking Dongting Lake as an example. Geographical Research, 2000, 19(2) 189—193.
- [7] Cui B S, Yang Z F. Benefit valuation of typical wetlands in JiLin Province. Resources Science, 2001,23(3):55—61.
- [8] Fu Z Y, Xu X G, Lin H P. Regional ecological risk assessment of in the Liaohe River Delta wetlands. Acta Ecologica Sinica, 2001,21(3):365—373.
- [9] Jiang W G, Li J, Li J H. Assessment of wetland ecosystem health in the Liaohe River Delta. Acta Ecologica Sinica, 2005.25(3):408—414.
- [10] Ma K M, Kong H M, Guan W B, et al. Ecosystem health assessment: methods and directions. Acta Ecologica Sinica, 2001,21(12):2106—2116.
- [11] Wu H T, Lv X G. A review on the study of wetland assessment in China. World Forestry Research, 2005,18(4): 49—53.
- [12] Zhagn X P, Yang Q K, Li R. Diagnostic indicators of catchment health — a new method of evaluation of ecological environment. Bulletin of Soil and Water Conservation, 1998, 18(4):57—62.
- [13] Rapport D J. et al. Evaluating landscape health: integrating societal goals and biophysical process. Journal of Environmental Management, 1998 , 53: 1—15.
- [14] Rainer Walz. Development of environmental indicator systems: Experiences from Germany. Environmental Management, 2000,25(6):613—623.
- [15] Guo X D, Qiu Y, Lian G, et al. The progress and prospect of land quality indicators based on “press-state-response” framework. Progress in Geography, 2003,22(5):479—489.
- [16] Mai S Z, Xu S J, Pan Y J. Application of the PSR model to the evaluation of wetland ecosystem health. Tropical Geography, 2005 , 25(4): 317—321.
- [17] Shi Y L, Yang D F, Wang R S, et al. Ecosystem health assessment based on PSR model — a case study of Dafeng city in Jiangsu Province. Environmental Science & Technology, 2008 , 31(2): 120—123.
- [18] Wu Z G, Du C X, Wang S Y. Analysis of state and gradient of wetland degradation in Sanjiang Plain. Heilongjiang Science and Technology of Water Conservancy, 2007 , 35(5): 119—121.
- [19] Wang Z M, Chen M, Song K S, et al. Spatial and temporal analysis of wetland and cropland landscape gradient in process of conversion from wetland into cropland(CWC) in Bielahong basin of Sanjiang Plain. Journal of Soil and Water Conservation, 2008,22(1): 194—198.
- [20] Fu B J, Chen L D, Ma K M, et al. Theory and application of landscape ecology. Beijing: Science Press, 2001.
- [21] Zhang Z F, Wang L H, Shi A J, et al. A study on the dynamic change of Mosaic structure of wetland ecological landscape based on GIS and RS. Geo-information Science, 2006, 8 (2):17—23.
- [22] Sun Z G, Liu J S, Qin S G, et al. Study on the eco-enviromental problems caused by agricultural exploitation of wetland in Sanjiang Plain and regional sustainable development. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2006 , 20(4): 55—60.

- [23] Wu Y D. Efect of the marshy development in Sanjiang Plain impact on ecology environment. *Forestry Technology Information*, 2006,38(4) : 6 ~ 8.
- [24] Peng P, Jiang W G, Wu Y X. Change analysis of wetland eco-environment in Sanjiang Plain. *Journal of Central Couth Forestry University*, 2006, 5: 32 ~ 37.
- [25] Zuo Y H. Environment. Beijing: Higher Education Press, 2002. 136 ~ 137.

#### 参考文献:

- [ 4 ] 张树清,张柏,汪爱华.三江平原湿地消长与区域气候变化关系研究. *地球科学进展*,2001,16(6) :83 ~ 841.
- [ 5 ] 韩永利,葛东宁,张永喜.三江平原湿地鸟类资源的现状及保护. *国土与自然资源研究*,2003,(1) :76 ~ 76.
- [ 6 ] 吴炳方,黄进良,沈良标.湿地的防洪功能分析评价:以东洞庭湖为例. *地理研究*,2000, 19(2) :189 ~ 193.
- [ 7 ] 崔保山,杨志峰.吉林省典型湿地资源效益评价研究. *资源科学*,2001,23(3) :55 ~ 61.
- [ 8 ] 付在毅,许学工,林辉平.辽河三角洲湿地区域生态风险评价. *生态学报*,2001,21(3) :365 ~ 373.
- [ 9 ] 蒋卫国,李京,李加洪.辽河三角洲湿地生态系统健康评价. *生态学报*,2005, 25(3) :408 ~ 414.
- [10] 马克明,孔红梅,关文彬,等. 生态系统健康评价:方法与方向. *生态学报*,2001,21(12) :2106 ~ 2116.
- [11] 武海涛,吕宪国.中国湿地评价研究进展与展望. *世界林业研究*,2005,18(4) : 49 ~ 53.
- [12] 张晓萍,杨勤科,李锐.流域健康诊断指标:一种生态环境评价的新方法. *水土保持通报*,1998, 18(4) :57 ~ 62.
- [15] 郭旭东,邱扬,连纲,等.基于PSR框架的土地质量指标体系研究进展与展望. *地理科学进展*,2003,22(5) :479 ~ 489.
- [16] 麦少芝,徐领军,潘颖君. PSR模型在湿地生态系统健康评价中的应用. *热带地理*,2005, 25(4) : 317 ~ 321.
- [17] 史永亮,杨东峰,王如松,等. 基于PSR模型的大丰市城市生态系统健康综合评价. *环境科学与技术*,2008, 31(2) : 120 ~ 123.
- [18] 吴志刚,杜春晓,王世岩. 三江平原沼泽湿地退化现状及因素分析. *黑龙江水利科技*,2007, 35(5) : 119 ~ 121.
- [19] 王宗明,陈铭,宋开山,等. 三江平原别拉洪河流域湿地农田化过程中湿地~农田景观梯度时空特征分析. *水土保持学报*,2008,22(1) : 194 ~ 198.
- [20] 傅伯杰,陈利顶,马克明,等. 景观生态学原理及应用. 北京: 科学出版社,2001.
- [21] 张志锋,王丽华,石爱军,等. 湿地景观结构遥感动态变化分析. *地球信息科学*, 2006, 8 (2) :17 ~ 23.
- [22] 孙志高,刘景双,秦泗刚,等. 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.
- [23] 吴彦东. 三江平原湿地的开发对生态环境的影响. *林业科技情报*, 2006,38(4) : 6 ~ 8.
- [24] 彭鹏,蒋卫国,吴永兴. 三江平原湿地生态环境变化分析. *中南林学院学报*, 2006, 5: 32 ~ 37.
- [25] 左玉辉.环境学.北京:高等教育出版社,2002. 136 ~ 137.