

基于 RS 与 GIS 的北京近 30 年湿地景观格局变化分析

顾 丽 王新杰 龚直文 张红梅 刘红伟

(北京林业大学省部共建森林培育与保护教育部重点实验室,北京林业大学林学院)

摘要:利用 RS 图像处理和 GIS 信息提取和分析功能,确定北京市区域湿地的景观分类系统,获取北京湿地景观数据。同时,基于 Fragstats 软件,运用景观生态学原理,通过选取景观面积指数、斑块数及斑块密度、斑块聚集度、景观形状指数、斑块分维数和景观多样性指数等空间结构指标,从景观水平上研究了 1978—2005 年近 30 年来北京湿地景观分布格局特征的动态变化过程。结果表明:1) 北京地区的湿地资源面积呈现显著退化趋势,湿地面积由 1978 年的 68 491.63 hm² 减少到 2005 年的 31 416.31 hm²,减少了 54.0%;2) 1978—2005 年,北京湿地斑块趋向于不规则化,破碎程度急剧增加,导致湿地易消退、湿地功能难以发挥;3) 随着人类干扰强度的增加,北京湿地类型多样性指数值在 1.2 以上,与均匀度指数呈明显正相关关系,二者均有增加趋势。

关键词:湿地;遥感图像处理;空间分析;景观格局;格局指数

中图分类号:X826 文献标志码:A 文章编号:1000-1522(2010)04-0065-07

GU Li; WANG Xin-jie; GONG Zhi-wen; ZHANG Hong-mei; LIU Hong-wei. **Changes of landscape patterns in Beijing wetlands over the past three decades based on RS and GIS technologies.**

Journal of Beijing Forestry University (2010) 32 (4) 65-71 [Ch, 26 ref.] Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, College of Forestry, Beijing Forestry University, 100083, P. R. China.

We studied the dynamic changes of landscape patterns in wetlands of Beijing from 1978 to 2005, using remote sensing (RS) and geographic information system (GIS). Based on a Fragstats software, we choose the following indices of landscape patterns, i. e. landscape area index, patch number and density, aggregation index, landscape shape index, fractal dimension and landscape diversity index. The results show that: 1) there has been a significantly decreasing trend of wetland resources in Beijing over the past three decades; the wetland area declined by 54.0%, reducing from 68 491.63 hm² in 1978 to 31 416.31 hm² in 2005; 2) The patches of wetland in Beijing tend to be irregular and the degree of fragmentation is increasing, which may result in the degradation of wetlands and the difficulties to exert their functions; 3) Because of the disturbance of human activities, the landscape diversity index has risen above 1.2 and shows a positive correlation with the evenness index, i. e. both increased.

Key words wetlands; remote sensing image processing; spatial analysis; landscape pattern; pattern index

景观是由一系列不同的土地单元或生态系统镶嵌构成,且具有明显视觉特征的地理实体^[1]。景观格局是指空间格局,即斑块和其他组成单元的类型、数目以及空间分布与配置等^[2]。景观空间格局在很大程度上控制着景观功能的特征与发挥,影响着

能量、物质和信息流的过程与形式^[3]。研究景观格局的动态变化包括景观结构单元的组成成分、多样性、形状和空间格局的变化^[4]。湿地是自然界最富生物多样性的生态景观,与森林、草地、农田生态系统共同维持着陆地表层的物流平衡和生态平衡^[5]。

收稿日期:2009-05-30

基金项目:北京市教育委员会共建项目(JD100220648)。

第一作者:顾丽。主要研究方向:遥感技术在资源环境中的应用。电话:010-62348941 Email: guli830911@163.com 地址:100083 北京市清华东路 35 号北京林业大学林学院。

责任作者:王新杰,副教授。主要研究方向:遥感技术在资源环境中的应用。电话:010-62338133 Email: xinjie@bjfu.edu.com.cn 地址:同上。

本刊网址: <http://www.bjfujournal.cn>; <http://journal.bjfu.edu.cn>

湿地景观格局是各种生态过程综合作用的结果,取决于湿地资源的地理分布和组成^[6],同时,湿地景观格局随时间的动态过程可以揭示湿地景观变化的规律和机制^[7]。湿地景观格局动态变化的原因与发展对整个城市的发展与湿地的保护和利用是非常重要的^[8]。近年来,对湿地的监测与城市湿地景观格局变化分析的研究已经成为湿地学与生态学方向研究的热点^[9],湿地景观格局变化研究已受到国内外学者的关注^[10-11]。

北京的湿地资源在北京的区域经济发展以及维护区域生态平衡和稳定环境中具有巨大的作用^[12]。目前,以北京湿地内部不同湿地类型为研究对象的景观格局研究多见报道^[13-15]。但迄今为止,针对北京湿地的研究主要是集中对其面积及类型的动态监测^[12,16],而从景观角度上研究其空间格局变化的报道较少。因此,本文在遥感(RS)^[17]和地理信息系统(GIS)^[18]技术的支持下,通过运用各种空间分析指标,从景观上分析北京湿地的空间分布格局,为湿地景观格局的优化、景观生态的合理规划以及湿地景观生态的监测和评价提供理论依据和实践经验。

1 研究区概况

北京位于华北平原的西北部,地理坐标为 $115^{\circ}25' \sim 117^{\circ}35' E$ 、 $39^{\circ}28' \sim 41^{\circ}05' N$,属于暖温带大陆性季风气候,春季干燥多风,夏季炎热多雨,多年平均降水量595 mm,降水多集中在6—9月,为华北地区降雨最多的地区之一。北京地形西北高,东南低,山地与平原之间界线分明,东北部、北部、西部三面环山,以八达岭关沟为界,西部属于太行山山脉,北部和东北部属于燕山山脉。北京年平均降水量等值线走向大体与山脉走向一致。北京地区河流水系众多,境内分布有大小河流160余条,分属海河流域的北运河、大清河、永定河、蓟运河、潮白河5大水系,为北京市提供丰富的水资源。北京地区建有大中小型水库85座,总库容94亿 m^3 。北京湿地类型较丰富,分布较广,河流湿地、水库湿地、公园湿地、人工引水渠、水产池塘以及零星的水田等自然湿地和人工湿地,构成了北京独特的湿地生态景观,约占全市面积的0.3%^[19]。

2 数据源与研究方法

2.1 数据源与数据处理

在考虑监测时间及数据源的一致性、连续性的基础上,选用美国陆地卫星系列多光谱数据作为数据源,局部地区用SPOT5数据、航空照片作为补充解译。数据源选择如下:1978年6月12日Landsat3

MSS数据;1984年10月3日Landsat4 TM数据;1991年5月16日Landsat5 TM数据;1996年5月29日Landsat5 TM数据;2001年5月19日Landsat5 TM数据;2005年5月6日Landsat5 TM数据;1:5万地形图。从数据源的选择上,大部分采用北京雨季前(5—6月份)的数据,但1984年采用的是雨季后(10月份)的数据。根据北京市16个降雨测站1950—2005年的观测数据,北京地区1984年的降雨量为460 mm,属于降雨量的低谷区^[20],但是因为1984年5—9月份没有理想的Landsat5 TM数据,所以文中采用了1984年10月3日的Landsat4 TM数据。

TM各探测波段通道具有不同的用途,TM的两个中红外波段(TM5和TM7)包含着丰富的地物信息,尤其是第5波段,信息量最大,往往是各可见光波段所不及的。从相关性来说,TM1、TM2、TM3相关性高;TM4波段作为近红外波段,其相关系数最小,相对最为独立;TM5相对来说与其他波段相关性也较低。本文选用最普遍使用的TM3/TM4/TM5波段(可见光+近红外+中红外)组合进行彩色合成。考虑到人眼对绿色最为敏感,将绿色赋予方差最大的波段TM5,其次,将红色赋予TM4,蓝色赋予TM3。按此原则,采取TM4/TM5/TM3合成假彩色图像,通过对比发现此图像色彩反差大,层次丰富,具有较好的目视解译效果。

本文采用的数据处理平台包括ArcView3.3、ArcGIS9.0、PCI8.2和Fragstats3.3。

2.2 遥感图像处理

2.2.1 遥感影像的预处理

本文利用北京市1:5万地形图对原始遥感影像进行几何精纠正。在几何校正的过程中,均匀地选取地面控制点,精度控制在1个像元内;用多项式的方法进行坐标转换,纠正模型;利用立方卷积法重采样。为了能够快速识别及提取湿地信息,对几何校正过的图像进行K-T变换及K-L变换,处理后的影像对湿地信息反应明显。同时,对不同时相的遥感图像之间进行辐射度匹配与归一化处理。

2.2.2 湿地类型人工解译

参照《湿地公约》中的湿地分类系统以及中国目前湿地调查和监测所采用的湿地分类系统^[21],将北京湿地分为自然湿地和人工湿地两大类,其中自然湿地包括河流湿地,人工湿地包括湖泊湿地(即公园湿地)、水库湿地、坑塘湿地,水田湿地、输水渠和水产池塘湿地,共7类。依据北京湿地分类系统,然后结合遥感影像的颜色、形状、质地、结构及其与周边环境的关系特征,建立北京湿地遥感解译标志

(见表 1)。根据解译标志,人工提取湿地信息,生成 各时期的湿地景观分布图(见图 1)。

表 1 湿地类型目视解译标志

Tab. 1 Visual interpretation key system of wetland types

一级	二级	三级	代码	色彩、纹理特征	图例
天然湿地	河流湿地		HL	深蓝色,弯曲长条形,宽窄不均匀,边沿有暗红色滩涂	
	水利用途湿地	水库湿地	SK	深蓝色至黑色,边沿整齐,通常有白色大坝	
		输水渠湿地	YX	深蓝色,弯曲长条形,宽窄均匀,边沿无暗红色滩涂	
人工湿地	农业用途湿地	水产池塘湿地	SQ	深蓝色小方块均匀排列,分隔小方块的是浅蓝色	
		坑塘湿地	KT	深蓝色,形状不规则,边界过渡不明显	
		水田湿地	DT	深蓝色,多为长方形,排列整齐,边界明显	
	城市湿地	湖泊湿地	HP	深蓝色至黑色,形状不规则,边界清晰,分布居民点周围	

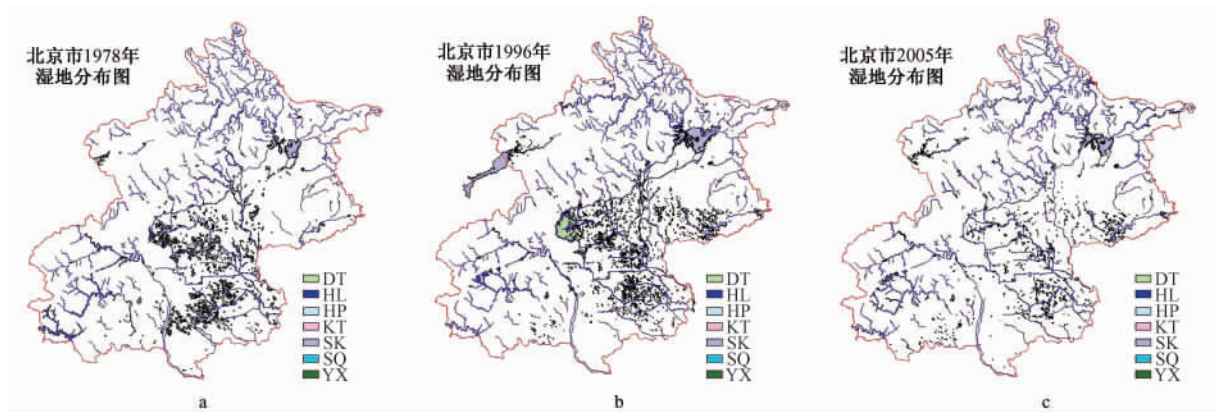


图 1 1978、1996 和 2005 年北京市湿地分布图

Fig. 1 Distribution of Beijing wetlands in 1978, 1996 and 2005

2.3 湿地景观格局分析指标及计算方法

本文从湿地的面积、景观格局变化和景观分布多样性的动态变化 3 个方面来分析北京湿地景观格局变化的特点及趋势。

2.3.1 斑块数与斑块密度

斑块数是指类型水平或景观水平上总的斑块数目,是标志景观破碎化程度的重要指标;斑块密度可以比较不同类型景观的破碎化程度的状况^[22]。

2.3.2 斑块聚集度

斑块聚集度是用来描述景观破碎程度的指标^[23]。其计算方法如下:

$$AI = (1 - C/C_{max}) \times 100 \quad (1)$$

式中:AI 是斑块聚集度指数, C 为复杂性指数, C_{max}

为 C 的最大可能取值。

2.3.3 景观形状指数

$$MSI = \sum_{i=1}^N S(i)/N \quad (2)$$

式中:MSI 是形状指数, S(i) 是景观斑块 i 的形状指数, N 为总斑块数。

2.3.4 景观多样性指数与均匀度

景观多样性指数是指景观镶嵌体——斑块的丰富程度和均匀程度的综合反映,均匀度是描述不同景观类型分配的均匀程度。本文采用的是 Shannon-Weiner 多样性指数,根据其可进一步计算均匀度^[24]。其计算公式分别如下:

$$H = - \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i \quad (3)$$

$$E = H/H_{\max} \quad (4)$$

式中: H 为 Shannon-Weiner 多样性指数, P_i 为第 i 类景观类型所占的面积比例, m 为景观类型的数目; E 为均匀度, H_{\max} 为最大多样性指数。

2.3.5 斑块的分维数

斑块的分维数常用于测定斑块形状的复杂程度^[13]。计算公式为:

$$FD = \frac{2 \ln L_i}{\ln A} \quad (5)$$

式中:FD为分维数, L_i 为斑块 i 的周长, A 为斑块 i 的面积。

3 结果与分析

3.1 北京湿地景观类型构成比例及面积动态变化

湿地景观面积的大小决定着湿地生物的种类、数量、湿地生态系统功能的发挥。其变化程度、频度影响着稀有物种、濒危物种的生存与繁殖。经统计计算得出 1978—2005 年北京湿地面积的变化情况(见表 2)。

表 2 1978—2005 年北京各类型湿地面积统计

Tab.2 Statistics of Beijing wetland areas from 1978 to 2005

年份	河流湿地/hm ²	水田湿地/hm ²	湖泊湿地/hm ²	坑塘湿地/hm ²	水库湿地/hm ²	输水渠/hm ²	水产池塘/hm ²	总计/hm ²	占总面积比例/%
1978	18 010.92	28 918.79	1 898.00	2 021.57	10 249.38	7 392.97		68 491.63	4.07
1984	8 414.77	1 753.21	2 048.15	2 296.43	10 102.91	6 258.06	413.35	31 286.88	1.86
1991	6 542.64	20 305.91	588.38	2 709.26	17 803.21	6 085.33	2 000.95	56 035.68	3.33
1996	5 796.39	22 646.65	572.61	3 382.94	20 765.15	6 511.16	3 204.74	62 879.64	3.74
2001	9 055.57	4 842.15	982.70	5 661.91	14 173.98	5 176.57	1 957.63	41 850.51	2.49
2005	6 333.70	6 501.19	1 079.56	1 610.74	10 704.37	4 109.28	1 077.47	31 416.31	1.86

从表 2 可以看出,1978—2005 年,湿地总面积有升有降,至 2005 年北京湿地面积仅占北京市同期土地总面积的 1.86%。1978 年北京湿地面积最大,为 68 491.63 hm²,占北京同期土地总面积的 4.07%;1984 年湿地面积锐减,降至 30 年来最低,与 1978 年湿地面积相比减少了 54.3%,仅为 31 286.88 hm²,其部分原因是 1984 年北京市年降雨量仅为 450 mm,而北京市多年平均年降水量为 585.8 mm,相差很大。同时,在数据源选择上,1984 年采用的是雨季后(10 月份)的数据,而北京市降水量年内极为不均,降水主要集中在夏季(6—8 月),约占全年降水量的 74%^[20],这也可能对其造成一定的影响。1996 年湿地面积达到高峰,为 62 879.64 hm²,占北京市同期土地总面积的 3.74%;而自 1996 年以来,北京地区的湿地资源呈现显著退化趋势,主要表现在湿地的水域面积显著减少,到 2005 年北京湿地面积为 31 416.31 hm²,仅为 1978 年的 46.0%,与 1984 年湿地面积相当。

从北京湿地各类型组成中可以看出,人工湿地所占的比例达到 80%左右,远高于天然湿地。天然湿地中只有河流湿地。随着人类对湿地干扰破坏力度的加强和全球气候变化的影响,近 30 年河流湿地面积锐减,其 1978 年总面积为 18 010.92 hm²,而到 2005 年为 6 333.70 hm²,仅为 1978 年的 35.2%。人工湿地中,水库湿地面积最大,其次是水田湿地。在构成北京人工湿地的 6 种类型中,近 30 年来面积

变化最大的为水田湿地,其面积从 1978 年的 28 918.79 hm² 下降到 2005 年的 6 501.19 hm²,下降了 77.5%,其原因主要是因为近几年社会经济的快速发展,湿地周边增加大量生活、工业用地导致湿地面积减少。水库湿地景观的变化前景也不容乐观,水库水量总体减少,露出大面积陆地,由于受到湿地保护政策实施力度不够的影响,水库周边的一部分草地被围垦为耕地,导致水田湿地植被斑块面积缩小,物种多样性降低,动物栖息环境空间受到干扰,鸟类及其他动物种群数量减少^[12]。

1978—2005 年,北京市湿地面积发生了很大的变化,湿地面积的变化有很多原因:自然方面如气温、降水、蒸发等的影响;人为方面如人类开发、利用水资源的活动等,都是湿地资源变化的驱动因子^[12]。北京是一个资源型缺水很严重的城市,根据北京市 16 个降雨观测站 1950—2005 年的观测数据,北京市多年平均年降水量为 585.8 mm^[20]。1978—2005 年各时期北京湿地降雨量分布如图 2 所示,结合表 2,可以看出湿地面积与降水量的相关性。1978 年与 1996 年北京地区降雨量最高,湿地面积最大;1984 年北京地区降雨量降至北京近 30 年最低,湿地面积也大量减少;自 1999 年开始北京连续 5 年大旱,同时由于人类对资源的大量需求,包括生活用水与农业灌溉、工业用水等,北京湿地面积在 1996 年之后急剧减少。总之,1978—2005 年间北京市湿地面积在波状变化中降低,降低速度快,而

且内部生境面积的减少及破碎,对物种的生存与繁殖、生态系统的稳定造成了极大的影响。

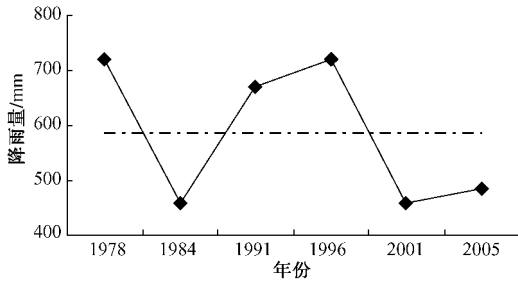


图 2 北京地区年降水量变化曲线
Fig.2 Variation of annual rainfall in Beijing

3.2 北京湿地景观格局变化分析

3.2.1 湿地景观破碎化程度分析

通过对湿地景观破碎化进行分析,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。斑块是景观的基本单位,因此,一个地区的景观破碎化程度变化可以通过斑块的变化来表现。北京湿地类型中,最大斑块为密云水库,所以湿地类型中以水库为北京湿地景观的优势类型。本文主要从斑块的数量、密度、聚集度指数和形状指数的动态变化 4 个方面分析北京整体湿地与天然湿地的景观格局变化情况(如图 3)。

在同一景观中,斑块数量越多,斑块密度指数越大,其景观破碎程度愈大。从湿地景观斑块数量变化(图 3a)与斑块密度变化(图 3b)可以看出,整个北京湿地,1978—1996 年湿地斑块总数量增加较

快,由 1978 年的 560 增加到 1996 年的 3 052,增加了 4 倍多;斑块密度由 1978 年的 $1.023 4 \times 10^{-2} / \text{hm}^2$ 到 1991 年的 $5.203 9 \times 10^{-2} / \text{hm}^2$,湿地景观破碎度增加迅速;1996—2005 年,由于湿地面积减少,2005 年破碎程度有所减轻,湿地斑块总数为 1 367,斑块密度为 $4.384 0 \times 10^{-2} / \text{hm}^2$ 。从图 3c 中可以看出,1978—2005 年湿地的景观形状指数呈上升趋势,1978 年为 56.635 7,表明此时期湿地较为均匀,随着年际变化,在 2005 年达到最大值,为 90.356 3,湿地整体形状差异大,趋于复杂;从斑块的聚集度指数来看(图 3d),北京湿地景观在 6 个时期的斑块聚集度都比较高,但是随着年际变化,湿地景观整体斑块聚集度呈下降趋势,由 1978 年的 93.8 下降到 2005 年的 87.4。从以上变化可以得出,1978 年湿地破碎化程度较轻,1978 年之后,湿地破碎化程度急剧增加。

对于北京天然湿地,1978—2001 年河流湿地斑块总数(图 3a)与斑块密度(图 3b)呈增加趋势,且 2001 年时斑块数量明显增多,达到 684 块,湿地景观破碎度增加迅速。而在 2001—2005 年,由于湿地面积减少,因自然恢复和人为保护,如湿地自然保护区的建立和其他一些保护及恢复等措施,使湿地保护得到加强,河流湿地斑块数量与斑块密度都有一定程度的降低;1978—2005 年,河流湿地斑块形状指数(图 3c)由均匀过渡到复杂;随着年际变化,河流斑块的聚集度指标呈现严重的下降趋势(图 3d),但斑块聚集度值仍比较高。从以上 4 个破碎化指标

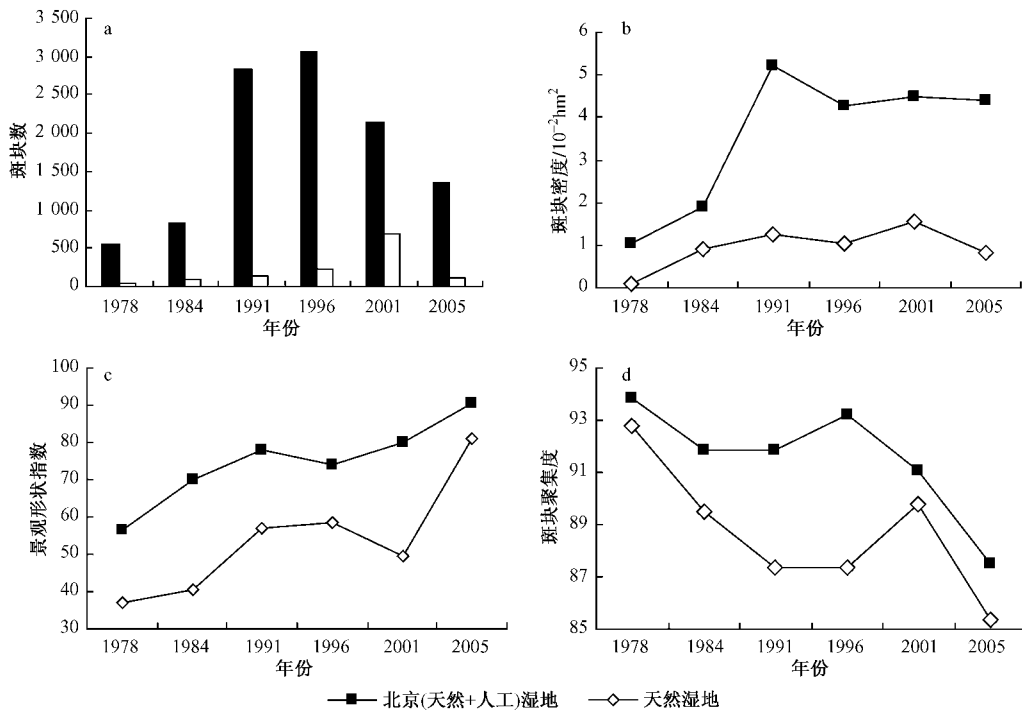


图 3 1978—2005 年北京湿地斑块的数量(a)、密度(b)、形状指数(c)与聚集度(d)的比较

Fig.3 Comparison of patch number (a), density (b), shape index (c) and aggregation index (d) of Beijing wetlands from 1978 to 2005

可以看出,自1978年以来,北京天然湿地的破碎化程度呈现增加趋势,特别是2005年,北京的天然湿地破碎化程度达到近30年的最高值。

3.2.2 湿地景观分维数分析

分维数是反映景观格局整体特征的重要指标,它能在一定程度上反映出人类活动对景观格局的影响,分维数越高,景观的几何形状越复杂。在景观生

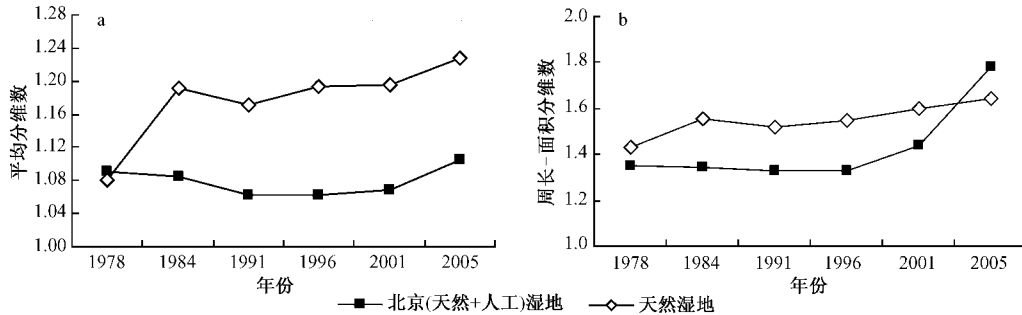


图4 1978—2005年北京湿地斑块平均分维数与周长-面积分维数变化

Fig. 4 Comparison of patch mean fractal dimension and perimeter-area fractal dimension of Beijing wetlands from 1978 to 2005

由图4a可看出,1978—2005年北京湿地分维数变化有增大趋势,斑块趋向于不规则,尤其是2005年,干扰程度加强,最终导致斑块形状复杂化。其分维数值在1.07~1.103之间,说明近30年来湿地受人为影响比较强烈,湿地景观形状比较规则。周长-面积分维数可以反映人类对景观空间格局的影响。从图4b中可知,1978—2005年,周长-面积分维数有增大的趋势,2005年为1.7780,达到峰值,说明其形状较为复杂。就北京的天然湿地而言,1978—2005年,河流湿地的平均分维数整体上大于北京市整体湿地(图4a),周长-面积分维数呈现直线增长趋势(图4b),北京的河流湿地相对于北京整体湿地而言,几何形状更为复杂化。

3.3 北京湿地景观多样性分析

当景观由单一要素构成时,景观是均质的,其多样性指数为0;由两个以上的要素构成的景观,当各景观类型所占比例相等时,其景观多样性为最高;各景观类型所占比例差异增大,则景观的多样性下降。多样性指数越大,表明构成景观的地物类型越多,地面物种越丰富^[24]。从图5中可以看出,1978—2005年北京湿地景观多样性指数都在1.2以上,说明整体上近30年北京湿地生物多样性都比较高。1978—2005年北京湿地景观的生物多样性与均匀度有增加趋势,且呈明显正相关关系,但不是理论上的湿地类型多样性增加,而是基于湿地消退这一因素引起的。

4 结论与讨论

湿地景观格局与景观的功能和动态变化密切相

态学中,分维数值的理论范围为1.0~2.0。分维数越趋近于1.0,斑块形状越有规律;另一方面,分维数值趋近于1.0,表明斑块的几何形状越趋近于简单,受干扰程度越大;2.0表示同等面积下周边最复杂的图形^[13]。本文从平均分维数与周长-面积分维数两个方面来分析北京湿地景观1978—2008年6个时期的北京湿地景观格局变化(见图4)。

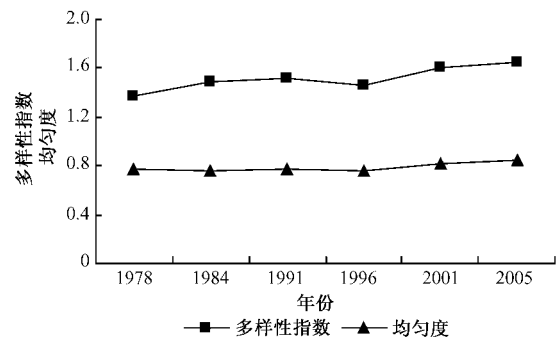


图5 北京湿地景观多样性指数的动态变化

Fig. 5 Changes of landscape diversity index and evenness index of Beijing wetlands

关^[25]。本文通过对景观格局的研究,从纵横镶嵌的斑块形成的景观中分析其空间结构特征,把握景观格局与景观功能变化的相互联系,为湿地景观格局的优化、景观生态的合理规划以及湿地景观生态的监测和评价,提供了一定的理论依据和实践经验。本文的探究结果表明:

1) 1978—2005年近30年来北京地区的自然湿地资源、人工湿地资源均有所减少,呈现显著退化趋势,主要表现在湿地的水域面积在显著波状变化中降低。1978年湿地面积最大,为68491.63 hm²,到2005年北京湿地面积仅为31416.31 hm²,是1978年的46.0%。北京湿地景观由天然湿地的河流湿地与人工湿地的水田湿地、湖泊湿地、坑塘湿地、水库湿地、输水渠和水产池塘,共7大类组成。近30年间面积变化最大的为人工湿地的水田湿地,总面积由1978年28918.79 hm²下降到2005年的6501.19 hm²,下降了77.5%;其次为河流湿地,近30年河流湿地面积锐减,其1978年总面积为

18 010.92 hm², 而到2005年为6 333.70 hm², 仅为1978年的35.2%。湿地面积降低速度快, 对物种的生存与繁殖、生态系统的稳定造成了极大的影响。

2) 本文在对北京湿地面积进行动态监测^[12-13]的基础上, 还选择了一系列景观格局指数对北京湿地景观格局的景观破碎化程度、多样性指标及景观分维数进行了变化分析。研究区域内近30年湿地斑块数量与斑块密度显著增加; 斑块形状指数呈现上升趋势; 从整体来看, 斑块聚集度指数呈下降趋势, 但斑块聚集度指数值仍比较高; 同时湿地分维数变化有增大趋势, 斑块趋向于不规则。从以上变化分析来看, 1996—2005年, 北京市湿地景观形状比较规则, 受人为影响强烈, 导致湿地破碎程度急剧增加。湿地破碎程度的加剧, 导致湿地内部生境面积减小, 且湿地消退容易, 湿地功能难以发挥^[26]。近30年来, 北京湿地类型多样性指数值在1.2以上, 相对较高。同时随着人类干扰强度的加重, 北京湿地景观的生物多样性与均匀度有增加趋势。理论上, 湿地类型多样性增加, 生物多样性也同样增加, 但北京市湿地多样性的增加是基于湿地消退, 从而引起的湿地类型间面积差异小, 因而北京市湿地类型多样化难以营造物种多样性的效果。

1978—2005年近30年北京湿地景观格局变化趋势不容乐观, 是自然因素与人为因素双重作用的结果。自然因素中降雨量与湿地面积的动态变化有一定的相关性, 但是人为因素的作用越来越重要, 其影响是明显而复杂的, 既可直接改变湿地面积, 又可通过经济利用来改变湿地景观内部的生态特征。在资源消耗型社会经济增长模式下, 人类社会经济活动是影响区域水资源、土地资源利用的最活跃的因素^[24], 湿地景观的变化明显受到人口资源利用政策和经济政策的驱动。针对湿地消退问题, 应结合城市发展和经济建设的需要, 重点保护现有湿地, 合理利用湿地资源, 并合理建造人工湿地, 使湿地发挥高效的生态、经济、社会功能, 提高景观美观性。

参 考 文 献

- [1] FORMAN R T T. *Landscape ecology* [M]. New York: Wiley & Sons, 1986: 188-210.
- [2] 鲁韦坤, 杨树华. 滇池流域景观格局变化研究[J]. 西南大学学报(自然科学版) 2006, 28(增刊1): 201-208.
- [3] ROY H Y, MARK C. Quantifying landscape structure: A review of landscape indices and their application to forested land-scapes [J]. *Progress in Physical Geograph*, 1996, 20(4): 418-445.
- [4] 郭建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [5] 高欣. 杭州湾湿地生物多样性及其保护[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版) 2006, 24(1): 92-95.
- [6] 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.
- [7] HESS L L, MELACK J M, NOVO E, et al. Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon Basin [J]. *Remote Sense Environ*, 2003, 87: 404-428.
- [8] CAO X X. Dynamics of wetland landscape pattern in Kaifeng City from 1987 to 2002 [J]. *Chin Geogra Sci*, 2008, 18(2): 146-154.
- [9] WANG X L, NING L M, YU J, et al. Changes of urban wetland landscape pattern and impacts of urbanization on wetland in Wuhan City [J]. *Chin Geogra Sci*, 2008, 18(1): 47-53.
- [10] 白军红, 欧阳华, 崔保山, 等. 近40年来若尔盖高原高寒湿地景观格局变化[J]. 生态学报, 2008, 28(5): 2245-2252.
- [11] YUE X, WANG Y L, PENG J. A conceptual framework for the study of urban river based on landscape ecology [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(6): 1422-1429.
- [12] 周昕薇, 宫辉力, 赵文吉, 等. 北京地区湿地资源动态监测与分析[J]. 地理学报, 2006, 61(6): 654-662.
- [13] 谢志茹, 罗德力, 张景春, 等. 基于RS与GIS技术的北京城市公园湿地景观格局研究[J]. 国土资源遥感, 2004, 61(3): 61-64.
- [14] 蔡博峰, 卞有生. 北京市妫水河流域景观生态学分析[J]. 环境污染与防治, 2006, 28(5): 373-376.
- [15] 王颖, 宫辉力, 赵文吉, 等. 北京野鸭湖湿地资源变化特征[J]. 地理学报, 2005, 60(4): 656-664.
- [16] 张志峰, 赵文吉, 贾萍, 等. 北京湿地分析与监测[J]. 地球信息科学, 2004, 6(1): 53-56.
- [17] 吕国楷. 遥感概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 1998.
- [18] 郭伦, 刘瑜, 张晶, 等. 地理信息系统——原理、方法和应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [19] 宫兆宁. 北京湿地生态演变研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007.
- [20] 孙振华, 冯绍元, 杨忠山, 等. 1950—2005年北京市降水特征初步分析[J]. 灌溉排水学报, 2007, 26(2): 12-16.
- [21] 国家林业局《湿地公约》履约办公室. 湿地公约履约指南[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.
- [22] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [23] O'NEILL R V, KNMEL J R, GARDNER R V, et al. Indices of landscape pattern [J]. *Landscape Ecology*, 1988, 10(3): 153-162.
- [24] 张金屯, 邱扬, 郑凤英. 景观格局的数量研究方法[J]. 山地学报, 2000, 18(4): 346-352.
- [25] 宗秀影, 刘高焕, 乔玉良. 黄河三角洲湿地景观格局动态变化分析[J]. 地理信息科学学报, 2009, 11(1): 91-97.
- [26] QIU P F, WU N, LUO P, et al. Analysis of dynamics and driving factors of wetland landscape in Zoige, Eastern Qinghai-Tibetan Plateau [J]. *Journal of Mountain Science*, 2009, 6(1): 42-55.

(责任编辑 冯秀兰)