

北京湿地景观监测与动态演变

顾 丽¹, 王新杰¹, 龚直文², 付 尧¹, 刘 俊¹

(1.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 100083; 2.北京林业大学农林经济管理博士后科研流动站)

摘 要:湿地是地表最重要的景观覆盖类型和生态系统,具有巨大的资源潜力和环境功能。长期以来,由于人类活动影响造成湿地景观的巨大变化,不仅改变了湿地景观原有的功能,而且对湿地环境产生重要影响。本文以北京湿地为研究区域,将马尔科夫过程模型引入到湿地景观格局分析和预测中,采用遥感和GIS相结合的方法,利用1996、2001与2005年Landsat TM影像为信息源,分析了北京湿地景观格局演变过程。研究结果表明:北京地区的湿地资源面积呈现显著退化趋势,湿地面积由1996年的62869.64 hm²减少到2005年的31416.31 hm²;北京湿地斑块趋向于不规则,破碎化程度增强导致湿地易消退,湿地功能难以发挥;在现有的人类作用强度的情况下,北京湿地景观格局可达到一个相对稳定的状态,即天然河流达到10.93%,人工水域占99.17%。研究结果为北京湿地的可持续发展与科学管理提供了依据。

关 键 词:湿地资源;景观格局;动态演替;马尔科夫过程;北京

1 引言

湿地作为地球上具有多重功能的独特生态系统^[1],与人类的生存、繁衍、发展息息相关。它不仅为人类的生产、生活提供多种资源,而且是自然界中重要的自然资源、景观和生态系统,在维护生物多样性、净化水质以及蓄水防洪和供水等方面发挥巨大作用^[2-4]。湿地景观是河流水系统长期与周围地质地貌格局及生态环境的相互作用在空间分配的结果,并取决于湿地资源的地理分布和组成^[5]。湿地景观变化可以揭示湿地景观变化的规律以及机制^[6],是全球变化研究的重要内容,在很大程度上控制着景观功能的特征与发挥,影响能量物质和信息流的过程与形式^[7]。随着人类活动影响加剧,自然原因及人口增长与土地资源减少之间的矛盾日益突出,湿地资源遭到巨大破坏,导致湿地面积减少、水质恶化、植被退化、土壤沙化等丧失,严重威胁到湿地区域以至全球社会经济的可持续发展^[8-9]。所以,除了研究湿地景观现状、分布特征与规律之外,必须从动态演变的角度来认识湿地景观结构特征,并预测湿地未来的生态特征^[10-11],从而更有利于湿地资源保护、恢复和管理工作。

近年来,遥感和GIS技术的发展为湿地景观动

态变化过程研究提供可靠的方法和技术支持^[12-13],基于GIS的湿地景观研究已越来越深入^[14-17]。北京的湿地资源在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^[18]。目前,以北京湿地景观为对象的研究已取得一些成果^[19-22],但是这些已有的研究主要是针对湿地面积变化的动态监测,而针对北京湿地景观格局动态变化与演变方向的研究很少。本文以北京湿地为研究对象,通过对不同时段景观格局变化进行分析,同时利用马尔科夫过程对湿地景观格局面积进行动态模拟和预测,定量分析北京湿地演变特点,从而能为合理利用湿地景观,有效分配流域水资源,制定北京市湿地保护和利用相关政策提供科学依据,为科学化和系统化管理北京湿地提供技术支撑。

2 研究区概况

北京位于华北平原的西北部,地理坐标为115°25'E~117°35'E,39°28'N~41°05'N。该区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

收稿日期:2009-09; 修订日期:2010-01.

基金项目:北京市教育委员会共建项目建设计划(JD100220648)。

作者简介:顾丽,女,博士。主要研究方向为遥感技术在资源环境中的应用。E-mail:guli_bj@126.com.

通讯作者:王新杰,男,副教授。主要研究方向为遥感技术在资源环境中的应用。E-mail:xinjiew@bjfu.edu.com.cn.

部三面环山,以八达岭关沟为界,西部属于太行山脉,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 $94\times 10^8\text{ m}^3$ 。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、鱼虾蟹池以及零星的水稻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%^[18]。

3 数据来源及处理

3.1 数据源选择

在考虑监测时间及数据源的一致性、连续性的基础上,本文选用美国陆地卫星系列多光谱数据作为北京湿地动态检测的数据源。所有数据选择如下:1996 年 5 月 29 日 Landsat 5 TM 数据;2001 年 5 月 19 日 Landsat 5 TM 数据;2005 年 5 月 6 日 Landsat 5 TM 数据;1:5 万地形图。采用的数据处理平台包括 ArcGIS 9.2、ArcView 3.3 与 PCI 8.2。

3.2 遥感图像处理

3.2.1 影像预处理。TM 各探测波谱通道具有不同的用途,TM 的两个中红外波段(TM5, 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 和 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 相对来说与其他的波段相关性也较低,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。在几何纠正的过程中,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,对几何纠正过的图像进行 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,对不同时期

的遥感图像间进行辐射度匹配与归一化处理。

3.2.2 湿地景观分类。湿地指的是不论其为天然或者人工、长久或者暂时性的沼泽地,泥炭地或水域地带,静止或流动的淡水、半咸水、咸水水体,包括低潮时水深不超过 6 m 的水域;同时,还包括临近湿地的河湖沿岸、沿海区域以及位于湿地范围内的岛屿或低潮时水深不超过 6 m 的海水水体^[23]。参照《湿地公约》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,将北京湿地分为自然湿地和人工湿地两大类(表 1)。

3.2.3 遥感影像目视解译。目视解译是利用图像的影像特征(色调或色彩,即波谱特征)和空间特征(形状、大小、阴影、纹理、图型、位置和布局),与多种非遥感信息资料相组合,运用生物地学相关规律,进行由此及彼、由表及里、去伪存真的综合分析和逻辑推理的思维过程^[24]。TM 影像分辨率为 30 m,结合北京湿地的分类系统,根据遥感影像的颜色、形状、质地、结构及其与周边环境的关系特征,建立北京湿地光谱解译标志(表 2)。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(图 1)。

4 研究方法

4.1 湿地景观指数计算

景观格局指数可以比较不同景观之间的空间分布和组合特征等结构差异,也可以用来定量描述和监测景观空间结构随时间的变化情况^[15]。目前,在湿地景观研究中,景观格局指标已成为景观生态学界广泛使用的一种定量研究方法。描述景观格局的指数很多,但很多指数之间具有高度相关性。在参考前人研究和研究区的景观特征的基础上,本文选取的景观格局分析指标有斑块数(NP)与斑块密度(PD)、斑块聚集度(AI)、平均形状指数(MSI)、多样性指数(SHDI)、均匀度指数(SHEI)与斑块的分维数(FD),这些指标的生物学意义及计算方法详见参考

表 1 北京湿地分类系统
Tab.1 Beijing wetland classification system

一级	二级	三级	代码
天然湿地	河流湿地	河流湿地	HL
		水 库	SK
	水利用途湿地	输水渠	YX
人工湿地	农业用途湿地	水产池塘	SQ
		坑 塘	KT
		水稻田	DT
	城市湿地	湖泊湿地	HP

表 2 湿地类型目视解译标志

Tab.2 Interpretable symbols of Beijing wetland resources

湿地类型	影像特征	例图
河流湿地	深蓝色, 弯曲长条形, 宽窄不均匀, 边沿有暗红色滩涂	
水库湿地	深蓝色至黑色, 边沿整齐, 通常有白色大坝	
输水渠	深蓝色, 弯曲长条形, 宽窄均匀, 边沿无暗红色滩涂	
水产池塘	深蓝色小方块均匀排列, 分隔小方块的是浅蓝色	
坑塘湿地	深蓝色, 形状不规则, 边界过渡不明显	
水田湿地	深蓝色, 多为长方形, 排列整齐, 边界明显, 附近有水系分布	
湖泊湿地	深蓝色至黑色, 形状不规则, 边界清晰, 分布居民点周围	

文献^[25-26]。本文将解译后的遥感图像转为 Arc Grid 格式, 结合景观生态专业软件 FRAGSTATS, 进行各景观指数的计算, 分析景观生态格局特征及其演变规律。

4.2 马尔科夫过程简介

马尔科夫过程是一种“无后效性”特殊的随机运动过程^[26], 通过对系统不同状态的初始概率以及状态之间的转移概率的研究来系统确定各状态变化趋势, 它反映在一系列特定的时间间隔下, 一个亚稳态系统由 T 时刻向 $T+1$ 时刻状态转化的一系列过程, 它要求 $T+1$ 时刻的状态只与 T 时刻的状态有关^[25]。根据马尔科夫随机过程理论, 可以利用初始状态概率矩阵模拟出某一初始年后若干年乃至稳定时期的各湿地类型所占的面积比例, 即湿地景观格局^[27]。近 10 年来, 北京湿地与湿地之间, 湿地与非湿地之间发生着类型转换。湿地类型之间的相

互转化情况, 可以采用马尔可夫转移矩阵模型^[25]来描述。通过马尔可夫转移矩阵, 可定量的说明湿地类型之间的相互转化状况, 描述湿地景观格局变化的动态演变过程, 其基本方程与数学表达式如下:

$$P_{ij}^n = \sum_{k=0}^{n-1} P_{ik} P_{kj}^{(n-1)} \rightarrow p_{ij} = \begin{Bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nn} \end{Bmatrix} \quad (1)$$

式中: p_{ij} 表示景观类型 i 转化为 j 的转移面积, 且为非负值。

5 结果分析

5.1 北京湿地的面积动态变化分析

5.1.1 北京湿地面积变化的数量。湿地景观的面积的大小决定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 1996–2005 年中北京湿地类型面积变化情况(表 3)。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, 远远的高于天然湿地。天然湿地类型只有河流湿地, 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, 湿地景观所占的比例由 1966 年的 9.2% 上升至 20.16%, 但仍占北京整体湿地比例的少数; 在这 3 个时期内, 北京的人工湿地景观类型中, 水田湿地景观与水库湿地所占比例较大, 水库湿地景观占比例无明显变化, 水田湿地的比例下降明显。其它湿地景观类型在各时期内所占比例均较小, 且所占比例变化不大。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, 湿地面积不断缩减, 北京地区的湿地资源呈现显著退化趋势。

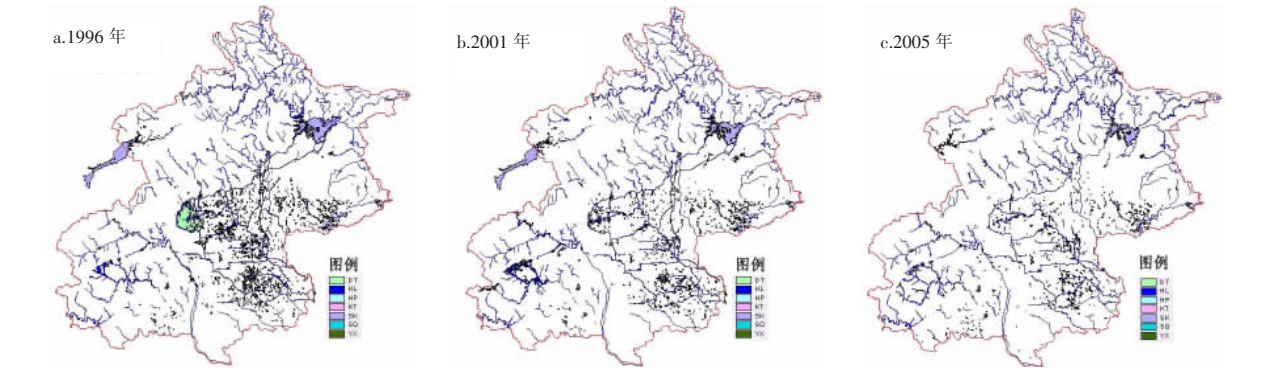


图 1 1996、2001 与 2005 年北京市湿地分布图
Fig.1 Spatial distribution of Beijing wetlands in three periods of 1996, 2001 and 2005

本文所研究的 3 个时期,1996 年北京湿地面积最大,为 62869.64 hm²,之后湿地面积急剧锐减,2001 年与 1996 年湿地面积相比减少了 33.44%,仅为 41850.51 hm²,2005 年湿地面积为 31416.31 hm²,仅占 1996 年面积的 49.97%。在构成北京湿地的景观类型中,面积变化最大的为水田湿地,面积从 1996 年的 22646.65 hm²下降到 2005 年的 6501.19 hm²,所占的比例由 36.02%下降到 20.69%。湿地面积的大量丧失,导致了湿地各类型景观面积的减少和破碎化,是影响流域景观多样性变化的主要因素^[28]。

5.1.2 北京湿地面积的变化速度。表 4 统计了 1996–2005 年北京湿地利用类型的变化量与变化率,其中年变化率指各土地利用类型的年变化程度^[29]。1996–2005 年,北京的 7 种湿地景观类型中,变化最大的是水田湿地景观,其面积减少了 78.62%,年变化率达到 40.86%,这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,动物鸟类种群数量减少^[18]。

5.1.3 北京湿地面积变化的类型差异。相对变化率是一种表示土地利用变化区域差异很好的方法,从其中可以看出各类型的空间变化规律,其计算公式及各参数意义详见参考文献^[29]。表 5 为北京湿地的各类型相对变化率,从中不难看出,北京湿地各景观类型之间变化存在明显的差异:①1996–2001 年,北京湿地景观利用类型中变化强度>1 的为:湖泊湿地>坑塘湿地>河流湿地>水库湿地>输水渠;②2001–2005 年,北京湿地景观利用类型中变化强度>1 的为:水田湿地>湖泊湿地>河流湿地>输水渠>水库湿地;③1996–2005 年,北京湿地景观利用类型中变化强度>1 的为:湖泊湿地>河流湿地>输水渠>水库湿地。

就北京天然湿地景观类型而言,1996–2001 年的变化强度较大,达到 2.35,而 2001–2005 年不到 1;人工湿地景观类型中,2 个时间段范围内,湖泊湿地的变化强度都为最大,其次为水库湿地与输水渠两个湿地景观类型。产生这种现象的原因离不开人为活动对湿地的干扰破坏。湿地上游地区的水资源开发项目和水利工程增加,导致下游的河流和人工

水渠出现干涸,断流,湿地周边大力耕种作物,河流周围的挖沙采石等^[30]。

5.2 北京湿地景观格局变化分析

5.2.1 湿地景观破碎化分析。湿地景观破碎化过程研究对于认识湿地景观变化及生物多样性变化具有十分重要的意义^[31]。本文主要从斑块的数量、斑块密度、聚集度指数和形状指数的动态变化 4 个方面进行分析,各指数变化如图 2(a,b,c 与 d)。北京湿地景观的斑块数量(图 2a)由 1996 年的 3052 块下降到 1367 块,斑块密度(图 2b)都在 4.2/100 hm² 以上,并没有显著的变化;湿地斑块形状指数(图 2c)呈上升趋势,表明此时期湿地较为均匀,人为因素的

表 3 1996、2001 和 2005 北京各湿地类型面积统计

Tab.3 Statistics of Beijing wetland area in 1996, 2001 and 2005

湿地类型	1996 年		2001 年		2005 年	
	面积 /hm ²	比例 /%	面积 /hm ²	比例 /%	面积 /hm ²	比例 /%
河流湿地	5786.39	9.20	9055.57	21.64	6333.70	20.16
水田湿地	22646.65	36.02	4842.15	11.57	6501.19	20.69
湖泊湿地	572.61	0.91	982.70	2.35	1079.56	3.44
坑塘湿地	3382.94	5.38	5661.91	13.53	1610.74	5.13
水库湿地	20765.15	33.03	14173.9	33.87	10704.37	34.07
输水渠	6511.16	10.36	5176.57	12.37	4109.28	13.08
水产池塘	3204.74	5.10	1957.63	4.68	1077.47	3.43
总计	62869.64	100.00	41850.5	100.00	31416.31	100.00

表 4 1996–2005 年北京湿地变化量及变化率

Tab.4 Statistics of the change of Beijing wetland during 1996–2005

湿地类型	变化面积 /hm ²	变化率 /%	年变化面积/hm ²	年变化率 /%	结果分析
河流湿地	3259.18	56.23	362.13	4.00	大量增加
水田湿地	-17804.50	-78.62	-1978.28	-40.86	大量减少
湖泊湿地	410.09	71.62	45.57	4.64	大量增加
坑塘湿地	2278.97	67.37	253.22	4.47	大量增加
水库湿地	-6591.17	-31.74	-732.35	-5.17	大量减少
输水渠	-1334.59	-20.50	-148.29	-2.86	变化不大
水产池塘	-1247.11	-38.91	-138.57	-7.08	大量减少

表 5 1996–2001、2001–2005 和 1996–2005 年北京湿地各类型相对变化率

Tab.5 Relative rate of the changes of various types of wetalnds in Beijing during the periods of 1996–2001, 2001–2005 and 1996–2005

湿地类型	1996-2001	2001-2005	1996-2005
河流湿地	2.35	0.93	2.19
水田湿地	0.32	1.79	0.57
湖泊湿地	2.58	1.46	3.77
坑塘湿地	2.51	0.38	0.95
水库湿地	1.03	1.01	1.03
输水渠	1.19	1.06	1.26
水产池塘	0.92	0.73	0.67

影响比较大。随着年际变化, 在 2005 年达到最大值, 为 90.3563; 斑块的聚合度指标来看(图 2d) 呈下降趋势, 2005 年达到 87.4%。不难看出, 1996–2005 年, 北京湿地景观格局破碎化程度增加。

5.2.2 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 2 个以上的要素构成的景观, 当各景观类型所占比例相等时, 其景观的多样性为最高。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^[25]。从图 2e 中可以看出, 北京湿地景观的多样性指数与均匀度指数都较高, 且 2 个指数在此时期内没有发生太大的变化。1996–2005 年北京湿地景观的多样性指数整体都在 1.4 以上, 且景观的生物多样性与均匀度指数均有增加趋势, 且呈明显正相关关系, 引起这种现象的原因不是理论上指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。

5.2.3 湿地景观分维数分析。分数维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, 分数维越高, 景观的几何形状越复杂。在景观生态学中, 分数维值的理论范围为 1.0~2.0, 分数维趋近于 1, 斑块形状越有规律, 另一方面, 分数维值趋近于 1, 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^[25]。如图 2f 中, 1996–2005 年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。说明近年来湿地受人为影响比较强烈, 湿地景观形状比较规则。

5.3 北京湿地转移矩阵分析

为了更好的了解北京湿地各利用类型间的时空演变过程, 以 1996–2005 年为一个时间段, 建立北京湿地利用类型转移矩阵(表 6)。1996–2005 年北京湿地景观各利用类型的相互转化情况: ①天然的河流湿地主要转化为输水渠、坑塘湿地及水库湿地, 但是转换的面积比例幅度不是很大; ②人工湿地各景观类型之间的相互转化情况如下: 由于社会

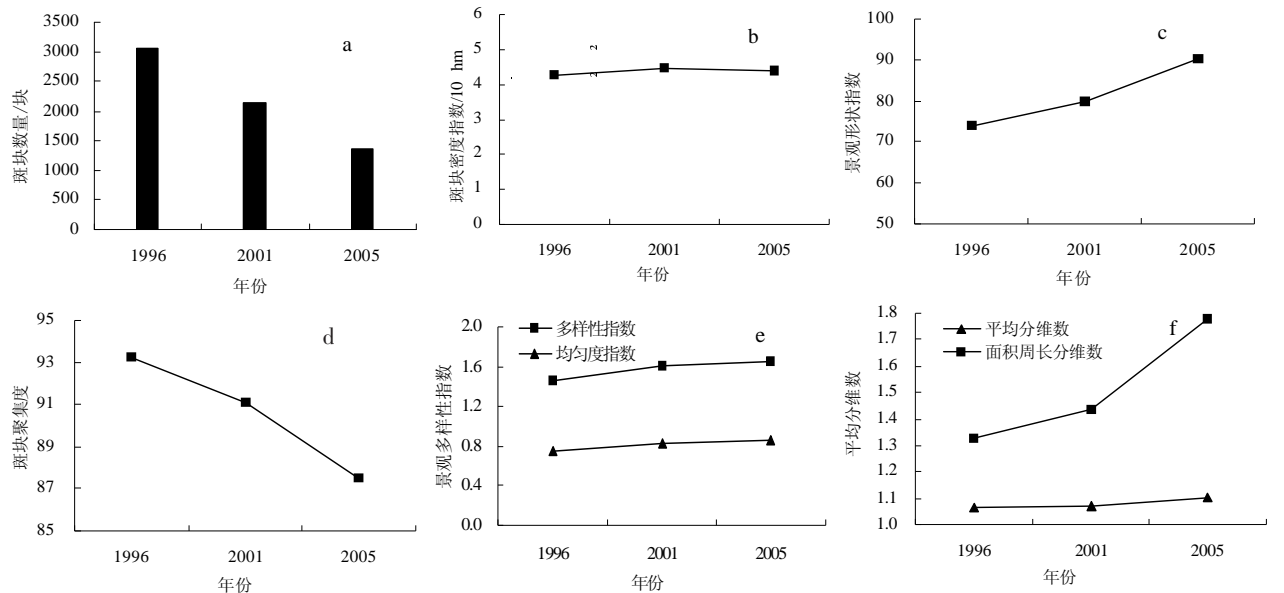


图 2 1996、2001 与 2005 年北京湿地各景观格局变化指标
Fig.2 The changes of wetland landscape pattern indicators in Beijing in 1996, 2001 and 2005

表 6 1996–2005 年北京湿地利用类型转移矩阵

Tab.6 The area change of wetland landscape types in Beijing from 1996 to 2005

1996 年	2005 年						
	河流湿地	水田湿地	湖泊湿地	坑塘湿地	水库湿地	输水渠	水产池塘
河流湿地	4713.93	0.00	0.00	2.36	1.44	28.20	0.00
水田湿地	53.23	5638.83	161.71	0.00	2.86	110.38	132.28
湖泊湿地	0.00	8.36	501.17	0.00	0.00	26.73	0.00
坑塘湿地	6.18	233.78	309.60	1024.76	374.41	2.32	0.00
水库湿地	158.32	0.00	0.00	354.22	9923.29	67.56	0.00
输水渠	272.77	83.80	0.44	116.02	208.27	3151.52	24.38
水产池塘	0.00	475.73	6.09	29.91	0.00	7.53	800.54

经济的发展及人们生活方式的改变,一部分水田湿地演变为水产池塘湿地;北京的湖泊湿地主要为城市公园水体,在人为因素的保护下为开放性旅游场所,故向其他湿地类型之间的转化幅度很小;坑塘湿地主要转化为水田、湖泊及水库湿地;水库湿地的转化面积也很小,主要转化为输水渠,但是消减的速度特别大;输水渠主要与河流湿地、坑塘湿地与水库之间相互转化;水产池塘在近几年有大部分转化为水田湿地。

5.4 北京湿地动态模拟与预测

5.4.1 初始转移概率的确定。本文以 1996–2005 年这一时间段来确定北京湿地的初始转移概率。根据表 6 北京各湿地景观类型面积的转化面积,求出其年平均转化情况 (hm²/a),再由平均转化情况求出 1996–2005 年各湿地景观利用类型的转移概率矩阵(步长为 1 年),确定初始转移概率(表 7)。

5.4.2 湿地动态模拟与预测。根据马尔科夫过程性质和条件概率的定义,通过求解马氏过程^[7]稳定方程组,计算出第 *n* 分期末,稳定状态时各湿地类型面积所占百分比(表 8)。

通过表 8 可看出 1996 年后北京湿地景观格局的变化趋势:天然湿地所占的比例有一定幅度的提高,这是通过控制围垦和实施退田还湖措施而实现的结果。人工湿地景观类型变化幅度比较大,其中水库湿地景观面积作占得比例严重下降,到 2050 年所占的比例仅为北京湿地整理格局的 10.93%,由于其基数大,所以从总量上讲水库面积减少比较多;输水渠湿地的面积比例也下降明显;由于社会经济的发展及由于经济的发展和人口的增加,用于人工养殖的水面和防洪、水利、旅游和日常生活需要的水面必然得到大量拓展,水产池塘湿地与坑塘湿地所占的面积比例幅度开始升高。由于自然恢复和人为保护等原因,湖泊湿地所占的面积比例也有一定幅度的提高。

6 结论与讨论

随着近 10 年北京经济的快速发展以及城市化进程的不断变化,自然界最富生物多样性的生态景观——湿地,也发生着显著的变化。北京湿地景观主要分为天然湿地与人工湿地两类,其中河流湿地是北京唯一的天然湿地,人工湿地包括水田湿地、湖泊湿地、库塘湿地、水库湿地、输水渠与水产池

表 7 初始状态下湿地景观类型转移概率矩阵(n=1)
Tab.7 The transfer rates of wetland landscape types in the beginning state (n=1)

1996 年	2005 年						
	河流 湿地	水田 湿地	湖泊 湿地	坑塘 湿地	水库 湿地	输水 渠	水产 池塘
河流湿地	97.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00
水田湿地	0.03	85.69	0.08	0.00	0.00	0.05	0.07
湖泊湿地	0.00	0.16	98.53	0.00	0.00	0.53	0.00
坑塘湿地	0.02	0.79	1.06	87.57	1.29	0.01	0.00
水库湿地	0.09	0.00	0.00	0.19	92.12	0.04	0.00
输水渠	0.47	0.14	0.00	0.20	0.36	92.25	0.04
水产池塘	0.00	1.77	0.02	0.10	0.00	0.03	85.72

表 8 稳定状态时各湿地景观类型面积比例
Tab.8 The area proportion of wetland landscape types at the stable state

类型	年代				
	2010	2020	2030	2040	2050
河流湿地	22.72	28.40	28.54	26.54	24.45
水田湿地	17.45	15.36	17.43	19.33	20.35
湖泊湿地	5.47	9.89	12.84	14.32	14.99
坑塘湿地	5.98	8.97	12.12	14.39	15.90
水库湿地	34.21	24.63	16.71	12.68	10.93
输水渠	11.36	9.71	8.49	8.16	8.29
水产池塘	2.81	3.04	3.87	4.59	5.10

塘。本文通过利用北京地区 1996、2001 与 2005 年 3 个时期的 Landsat TM 影像,研究了北京湿地景观类型变化的现状。结果表明 1996–2005 年近 10 年间,北京地区的湿地资源呈现显著退化趋势,主要表现在湿地水域面积的减少。2005 年,北京湿地景观面积仅占 1996 年面积的 49.97%,减少 31453.33 hm²;在构成北京湿地的 7 种景观类型中,面积变化最大的为水田湿地,其面积从 1996 年的 22646.65 hm²下降到 2005 年的 6501.19 hm²,所占比例由 36.02%下降到 20.69%;同时,北京湿地的水库的面积也极具的缩减,这对北京市居民生活生产用水产生了极大的威胁。

本文选择了景观破碎化程度、多样性指标及景观分维数等一系列景观格局指数开展北京湿地景观格局变化分析。从破碎化程度方面讲,斑块数量与聚合度数值显著下降,形状指数呈上升趋势,破碎化程度增强。基于湿地消退这一因素,北京湿地景观的多样性指数与均匀度指数都较高;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。1996–2005 年,北京湿地受人为影响比较强烈,湿地景观形状比较规则,湿地破碎程度急剧增加。湿地破碎程度加剧,导致湿地内部生境面积减小,

且湿地容易消退,导致了生态功能的丧失和地表污染加剧,湿地的功能难以发挥,促使生态环境不断恶化,生物资源急剧减少^[31]。

湿地景观变化及其产生的环境效应研究是受自然因素和人为因素双重作用的结果^[7]。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,间接促进湿地演化。利用马尔科夫模型进行预测的前提是不考虑任何其他因素对于湿地景观变化趋势的调整,北京的湿地资源会越来越紧张,而实际中湿地景观的变化会因自然或人为因素而随时间变化或呈某种变化趋势并非绝对平稳过程^[27]。1996–2005 年间,以及至预测的 2050 年,北京市自然湿地资源、人工湿地资源均有所减少。过控制围垦和实施退田还湖措施,北京地区的天然湿地所占的比例有一定幅度的提高,但是人工湿地景观类型变化幅度却比较大,特别是其中的水库湿地,根据预测结果,至 2050 年水库湿地所占的比例仅为北京湿地整体格局的 10.93%,水域面积严重减少,水库蓄水能力显著削弱,这对首都北京的城市用水特别是饮用水产生一定的不利因素,甚至会影响北京地区的气候条件,甚至是降雨量分布。

北京城市建设正在发生着日新月异的变化,目前已经进入了一个大规模的高速发展时期。由于社会经济的发展及和城市人口的增加,用于人工养殖的水面和防洪、水利、旅游的水面得到大量拓展,水资源的过度利用更加剧了湿地的退化。湿地面积的缩小以及污染的加剧使得湿地保护显得尤为紧迫,湿地保护与水资源合理利用已成为首都北京生态环境建设和城市发展不容忽视的问题。近些年,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子^[32],湿地景观的变化明显受到人口因子资源利用政策和经济政策因子的驱动。为了防止北京地区湿地进一步恶化,应完善湿地生态环境监测体系,建立科学的管理决策机制,提高全社会的湿地保护意识,为首都北京的湿地资源保护与可持续发展做出应有的贡献。

参考文献

[1] 蒋卫国, 李京, 李加洪, 等. 辽河三角洲湿地生态系统健康评价. 生态学报, 2005, 25(3): 409–141.

- [2] Paul A K. Wetland Ecology Principles and Conservation. Cambridge: Cambridge University Press, 2000: 124–238.
- [3] Holland M M. Wetlands and environment gradients//Mullamootil G, Warner B G, McBean E A//Wetland Environment Gradients, Boundaries and Buffers. CRC Press Inc, 1996: 112–131.
- [4] Land-Use and Land-Cover Change (LUCC) Implementation Strategy. IGBP Report 48. IHDP Report, 1999, 10: 10–26.
- [5] 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. 应用生态学报, 2006, 17(9): 1677–1682.
- [6] Hess L L, Melack J M, Novo E, et al. Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin. Remote Sensing of Environment, 2003, 87(4): 404–428.
- [7] Prior H, Johnes P J. Regulation of surface water quality in a Cretaceous Chalk catchment, UK: An assessment of the relative importance of instream and wetland processes. Science of the Total Environment, 2002, 282: 159–174.
- [8] Rapport D J, Costanza R, McMichael A J. Assessing ecosystem health. Trend in Ecology & Evolution, 1998, 13(10): 397–402.
- [9] Vadineanu A, Cristofor S. Biodiversity changes in the lower Danube river system//Gopal B, Junk W J, Davis J A. Biodiversity in Wetlands: Assessment, Function and Conservation(eds). Leiden: Backhugs Publishers, 2001: 29–65.
- [10] Saunders D A. Biological consequence of ecosystem fragmentation. A review conservation. Biology, 1991, 5(1): 18–32.
- [11] Hulst R. On the dynamics of vegetation: Markov chains as models of succession. Vegetation, 1979, 40(1): 3–14.
- [12] Moreno –Mateos D, Mander U. Relationships between landscape pattern, wetland characteristics, and water Quality in agricultural catchments. Journal of Environmental Quality, 2008, 37(6): 2170–2180.
- [13] 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. 地理信息科学学报, 2009, 11(1): 91–97.
- [14] Royh Y, Mark C. Quantifying landscape structure: a review of landscape indices and their application to forested land-scapes. Progress in Physical Geograph, 1996, 20(4): 418–445.
- [15] 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. 生态学报, 2008, 28 (5): 2245–2252.
- [16] Tagil, S. Quantifying the change detection of the Uluabat wetland, Turkey, by use of landsat images. Ekoloji, 2007, 16(4): 9–20.

- [17] 韩海辉, 杨太保, 王艺霖. 近 30 年青海贵南县土地利用与景观格局变化. 地理科学进展, 2009, 28(2): 207–215.
- [18] 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. 地理学报, 2006, 61(6): 654–662.
- [19] 张志峰, 赵文吉, 贾萍, 等. 北京湿地分析与监测. 地球信息科学, 2004, 6(1): 53–56.
- [20] 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. 国土资源遥感, 2004, 61(3): 61–64.
- [21] 蔡博峰, 卞有生. 北京市奶水河流域景观生态学分析. 环境污染与防治, 2006, 28(5): 373–376.
- [22] 王颖, 宫辉力, 赵文吉, 等. 北京野鸭湖湿地资源变化特征. 地理学报, 2005, 60(4): 656–664.
- [23] 湿地国际——中国项目办事处. 湿地公约宣传册, 1999.
- [24] Wilson P A. Rule-based classification of water in Landsat MSS images using the variance filter. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 1997, 63(5): 485–491.
- [25] Forman R T T, Godron M. Landscape Ecology. New York: Wiley & Sons, 1986: 188–210.
- [26] 李加, 赵寒冰, 曹云刚, 等. 辽河三角洲湿地景观空间格局变化分析. 城市环境与城市生态, 2006, 16(2): 5–7.
- [27] 宁龙梅, 王学雷, 胡望斌. 利用马尔科夫过程模拟和预测武汉市湿地景观的动态演变. 华中师范大学学报自然科学版, 2004, 38(2): 255–258.
- [28] 刘红玉, 吕宪国, 张世奎. 三江平原流域湿地景观多样性及其 50 年变化研究. 生态学报, 2004, 24 (7): 1472–1478.
- [29] 钟凯文, 孙彩歌, 解靓. 基于 GIS 的广州市土地利用遥感动态监测与变化分析. 地球信息科学学报, 2009, 11(1): 111–116.
- [30] 李颖, 田竹君, 叶宝莹. 嫩江下游沼泽湿地变化的驱动力分析. 地理科学, 2003, 23(6): 686–691.
- [31] Zhao R F, Chen Y N, Zhou H R, et al. Assessment of wetland fragmentation in the Tarim River basin, western China, Environmental Geology, 2009, 57(2): 455–464.
- [32] Qiu P F, Wu N, Luo P, et al. Analysis of dynamics and driving factors of wetland landscape in Zoige, eastern Qinghai–Tibetan Plateau. Journal of Mountain Science, 2009, 6(1): 42–55.

Landscape Monitoring and Dynamic Evolution of Wetland Resources in Beijing

GU Li¹, WANG Xinjie¹, GONG Zhiwen², FU Yao¹, LIU Jun¹

(1. Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083; China;

2. Post-Doctoral Science Research Station of Agriculture and Forestry of Economics and Management, Beijing 100083; China)

Abstract: Wetland, considered as the natural ecosystem and landscape, has great resource potentiality and environmental function. For a long time, the change of wetland landscape pattern has been affected by human activities, which has changed the existing wetland functions, and exerted influence on wetland environment. This paper, took the capital city of Beijing as a case for the study of wetland areas, and used Markov model to analyze the dynamic change and the trend of evolution. Supported by RS and GIS technology, combining the previous researches and numerous field investigations, this paper used Landsat TM images of 1996, 2001 and 2005 as the information source to analysis the process of dynamic evolution. The results showed that Beijing wetland resources were degraded significantly. The area of wetland dropped from 62869.64 hm² in 1996 to 31416.31 hm² in 2005. The patches of wetlands tended to be irregular, and the degree of fragmentation was increasing. The transition probability matrices at two primary states (1996 and 2005) were established. Then, the development and the future tendency of wetland landscape patterns were simulated and forecasted with Markov process. Under the existing human effects, Beijing wetland landscape pattern may achieve a relative stable state, in which natural rivers make up 10.93% and artificial waters account for 99.17%. The findings have provided the basis for the sustainable development and the scientific management of Beijing's wetlands.

Key words: wetland resource; landscape pattern; dynamic evolution; Markov model; Beijing

本文引用格式:

顾丽, 王新杰, 龚直文, 等. 北京湿地景观监测与动态演变. 地理科学进展, 2010, 29(7): 789–796.