

文章编号: 1004-8227(2010) 04-0460-05

湿地景观格局演变研究评述

高常军^{1,2}, 周德民^{1*}, 栾兆擎¹, 张海英^{1,2}

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所中国科学院湿地生态与环境重点实验室,
吉林 长春 130012; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 湿地景观格局演变研究是湿地生态学领域研究的热点问题。由于湿地具有独特的生态结构与功能并蕴涵丰富的生物多样性价值, 其生态变化备受关注。同时, 湿地资源作为一种重要的自然资源为人类的生存与发展提供了物质保证, 深入了解湿地演变时空特征及其驱动机制是了解湿地生态演变规律和制定湿地保护对策的基础。通过分析近年来国内外湿地景观格局演变领域的主要研究理论、方法和成果, 对包括景观格局指数、景观动态变化模型等湿地景观格局演变特征的研究方法和成果进行了探讨, 分析了目前湿地景观格局演变驱动力研究的制约因素, 对驱动因子的选取及定量表征驱动力的模型研究等各个方面的优缺点进行了评价, 并在此基础上, 进一步指出了本领域相关研究的研究趋势和发展方向。

关键词: 湿地; 景观格局; 演变; 驱动机制

文献标识码: A

景观格局变化及其驱动机制分析是地理学和景观生态学领域长期关注的热点问题^[1~3]。自 20 世纪 80 年代以来, 景观生态学关于格局、过程、尺度及驱动机制分析等原理与方法逐渐应用于湿地科学领域中^[4], 推动了湿地景观格局演变特征及其驱动机制的研究^[5]。湿地是由水陆相互作用而形成的自然综合体, 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^[6]。目前, 湿地生态系统是世界上受威胁最为严重的生态系统之一^[7], 在自然因素和人类活动的双重影响下大面积的湿地被开发成为农田, 自然湿地损失十分严重。通过对湿地景观格局演变特征及其驱动机制进行深入研究, 对于揭示湿地景观格局演变的原因、基本过程、内外部机制、预测未来演变趋势及制定相应的有效管理保护对策至关重要。

湿地景观格局演变研究主要包括湿地景观格局演变特征和湿地景观格局演变驱动机制两个方面。目前湿地景观格局演变研究主要以景观生态学理论为指导, 以 RS 和 GIS 为技术支撑, 采用景观格局数量方法定量表征湿地景观格局和过程, 借助数理统

计方法分析湿地景观格局演变的特征。当前对湿地景观格局演变特征定量分析方面的研究成果已经比较丰富, 形成了较系统的研究方法; 而在演变驱动力的定量分析方面的研究成果则相对较少, 且缺乏系统性。湿地生态系统的复杂性, 决定了其研究必须从多学科合作的角度出发, 充分借鉴和吸收相关领域如土地利用/覆被变化驱动力等方面的研究成果, 建立适合于该领域的驱动机制模型, 确定各种驱动因子在湿地景观格局演变中所起的作用, 这将是定量分析湿地景观格局演变驱动力的发展方向。

1 湿地景观格局演变特征分析

长期以来, 在自然因素和人类活动综合作用下, 湿地景观发生了显著的演变: 自然湿地面积骤减, 人工湿地面积渐增, 湿地景观多样性下降, 破碎化程度上升及由此导致其生态功能衰退等。当前湿地景观格局演变特征的研究方法主要包括定性描述法、景观生态图叠置分析法和景观格局数量分析方法^[8]。目前国内外相关研究主要采用景观格局数量分析方

收稿日期: 2009-05-04; 修回日期: 2009-08-24

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(NSFC 40871241)、中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-Q06-03)和国家 863 课题(2007AA12Z176)联合资助。

作者简介: 高常军(1982~), 男, 山东省泰安人, 硕士研究生, 主要从事湿地景观变化方面研究。E-mail: gaochangjun@neigae.ac.cn

* 通讯作者 E-mail: zhoudemin@neigae.ac.cn

法(主要包括景观格局指数和景观动态变化模型)研究湿地景观格局演变特征,即通过收集和处理各种遥感影像等来获取各种景观专题图件,借助 GIS 和数理统计软件等对所获取的专题图件进行景观格局分析,比较不同景观之间的结构特征,以揭示湿地景观动态变化过程及其时空规律。

1.1 景观格局指数方法

景观格局指数是景观格局信息的高度概况,是反映景观结构组成、空间配置特征的量化指标^[9]。通过比较不同时间段的区域景观格局指数变化,分析湿地景观格局动态演变特征与趋势,已成为国内外学者普遍采用的研究方法^[10~16]。2005 年 FUJIHARA 和 KIKUCHI^[10]通过计算相对重要性指数、相似性指数等,对日本中部长良河流域湿地的景观格局变化特征进行分析。1997 年王宪礼等^[12]选用 6 种景观格局指数对辽河三角洲湿地景观格局进行分析,结果表明,该区空间格局呈聚集型,随着人类干扰强度的增加,景观多样性下降。2004 年刘红玉等^[15]以 RS 和 GIS 为技术支撑,选用多种景观格局指数对三江平原流域湿地 50 a 来的景观变化过程进行分析,结果表明,该区湿地景观多样性指数不断下降且其值与湿地景观面积、水文情势变化程度均呈显著正相关。

RS 与 GIS 技术的应用极大地促进了景观格局指数的发展,并深化了人们对湿地景观格局动态演变规律的定量认识^[17]。但是目前的景观格局指数

多是基于栅格数据实现的运算,存在对分辨率敏感的问题,许多景观格局指数重复,且来自单纯的数理统计或拓扑计算公式而没有明确的生态学意义^[18~20]。因此研究者需要结合研究目的选用生态学意义明确的景观指数或构建的新指数,以加强对湿地景观格局演变特征的研究。

1.2 景观动态变化模型

自 20 世纪 80 年代以来,以 RS 和 GIS 作为技术支撑的景观动态变化模型方法迅速发展,并逐渐应用于景观生态学领域^[21]。近年来,利用该方法描述湿地景观格局动态变化特征,探索其内在规律性,已成为景观动态变化领域的一个基本研究方法^[3]。本文依据景观动态变化模型的结构特征将其分为景观动态表征模型(包括景观动态度模型^[22]、相对变化率模型^[23]、斑块空间质心模型^[24]、景观梯度分布模型^[25]、矢量景观方向指数^[26])和景观动态模拟模型(包括马尔柯夫模型^[27]和细胞自动机模型^[28])(表 1)。2002 年汪爱华等^[29]选用动态度模型和相对变化率模型探讨了三江平原沼泽湿地的动态变化特征,结果表明,1980~2000 年该区沼泽湿地面积显著减少,但减少速度明显下降且各地区之间变化差异显著。宁龙梅等^[30]2005 年利用马尔柯夫模型研究了武汉市各类湿地景观的转化情况,结果表明,1996~2001 年该区湿地景观格局在人类活动的影响下变化显著,湖泊面积减少,人工湿地增加,湿地景观趋于破碎化,景观分布趋于均匀。

表 1 景观动态变化模型及其生态意义

Tab. 1 Dynamic Model of Landscape and Their Ecological Meanings

模型分类	模型名称	模型表达式	生态意义
景观动态表征模型	景观动态度模型 (K)	$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$	反映一定时段内某类湿地景观面积的变化程度。式中:K 为研究区某段时间内某类湿地面积的动态度;U _a 、U _b 分别为研究期初及研究期末某类湿地的面积;T 为研究时段长。
	相对变化率模型 (R)	$R = \frac{K_b - K_a}{K_a} \times \frac{C_b - C_a}{C_a}$	反映研究区一定时间内某类湿地变化的区域差异。式中:K _a 、K _b 分别表示某区域研究期初和研究期末的某类湿地面积;C _a 、C _b 分别为研究区研究期初和研究期末某类湿地面积。
	斑块空间质心模型 (X _t , Y _t)	$X_t = \sum_{i=1}^n (C_{it} \times X_i) \div \sum_{i=1}^n C_{it}$ $Y_t = \sum_{i=1}^n (C_{it} \times Y_i) \div \sum_{i=1}^n C_{it}$	反映研究时段内湿地景观空间变化规律。式中:X _t 、Y _t 分别为第 t 年某类湿地分布质心的经纬度坐标;C _{it} 为第 t 年第 i 块湿地斑块的面积;X _i 、Y _i 分别为第 i 块湿地斑块质心经纬度坐标。
	景观梯度分布模型 (DI)	$DI = S \div \sum_{i=1}^n S_i \times 100$	反映研究区内某景观类型空间分布的疏密程度及该景观受干扰过程和退化趋势。式中:DI 为给定景观类型梯度值;S 为给定景观面积;S _i 代表不同景观类型面积。
景观动态模拟模型	矢量景观方向指数 (PO)	$PO = \theta = \frac{1}{2} \arctan \left(\frac{2I_{xy}}{I_{xx} - I_{yy}} \right)$	反映不同景观要素空间分布的方向性差异。式中:θ 为主轴与水平轴的夹角;I _{xx} 为绕 X 轴惯性矩;I _{yy} 为绕 Y 轴惯性矩;I _{xy} 为惯性积;PO 为斑块方向指数,为长主轴的方向,0° ≤ PO ≤ 180°。
	马尔柯夫模型 (Markov)	$P = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ P_{m1} & P_{m2} & \cdots & P_{mn} \end{bmatrix}$	反映景观要素类型间的相互转化情况。式中:P _{mn} 为湿地景观类型 m 转化为景观类型 n 的转移概率。马尔柯夫模型是一种特殊的随机运动过程,它表明一个业稳定系统在(t+1)时刻的状态只与 t 时刻所处的状态有关。
	细胞自动机模型 (CA)	$\mu(S_x^{t+1}, x) = F(S_x^t, S_N^t)$	反映湿地的时空动态变化特征。式中:S _x ^t 是细胞 x 在 t 时刻的状态;S _x ^{t+1} 为细胞 x 在(t+1)时刻的状态;N 为不包含中心细胞 x 的邻域;S _N ^t 是细胞 x 邻域 N 的状态集;F 为局部状态转化规则。

景观动态模型的普遍应用促进了湿地景观格局与过程的动态演变特征的研究。然而,景观动态模型仍存在许多不足之处。现有模型多为基于矢量算法的模型,不能与海量的栅格数据有效结合;缺乏有效的检验方法;模型构建时没有考虑社会经济因素等^[31]。因此,如何提高现有景观动态模型对湿地景观格局与过程的分析能力,将是今后湿地景观动态研究领域需要重点关注的问题。

目前,应用景观格局数量分析方法只能反映湿地景观格局和过程,不能表征湿地景观变化的驱动因素,更不能模拟与预测湿地景观演变的趋势。科学与社会实践中不但需要了解湿地景观类型间的转化及其空间分布特征,更重要的是要清楚湿地景观格局变化的原因。湿地景观格局演变是自然与社会经济因素等综合作用的结果,因此确定各种驱动因子在湿地景观格局演变中所起的作用,将有助于深入分析湿地景观格局演变的原因及其发展趋势^[32]。

2 湿地景观格局演变驱动机制分析

湿地景观格局演变驱动机制分析的关键主要有两个方面,一方面是确定有些哪些驱动因子引起湿地景观格局演变;另一方面是定量分析引起湿地景观格局发生演变的各驱动因子之间的相对重要性^[33]。目前关于湿地景观格局演变驱动机制的研究案例尚不丰富,还没有形成完善的理论框架与系统的研究方法。

2.1 湿地景观格局演变驱动因子的确定

湿地景观格局演变的驱动因子是指导致湿地景观类型、格局及功能发生变化的主要自然和社会经济因素。在自然系统中,气候、土壤、水文和自然灾害等被认为是主要的驱动因子类型;在社会经济系统中,通常将驱动因子分为 5 类,即人口、技术、政经体制、政策及文化^[34]。驱动因子的确定就是要找出驱动湿地景观发生演变的各个因素。由于驱动因子的状态与功能随研究的时空尺度的不同而异,因此必须在特定的时空尺度下对驱动因子进行辨识。

湿地景观格局演变过程与驱动因子之间存在着复杂关系,并随时空尺度的变化而变化。尽管在不同区域、不同的时段内,各种因素对湿地景观的作用方式不同,湿地景观格局演变的驱动因子仍具有一定的规律性。根据自然驱动因素对湿地景观的作用方式可将其分为两类:一种为稳定型因子,如气候、地貌、土壤等,通常在较大的时空尺度下构成区域地

质历史背景,作为区域环境演变的内在驱动力,控制着整个湿地景观的形成及演变;另一种是突变型因子,如火灾、泥石流、飓风等自然灾害,在较短的时间内能引起湿地景观的大面积变化。而社会经济因素通过影响人们在土地利用上的决策对湿地景观的变化产生直接影响。它们相对活跃,是目前和未来短时空尺度内塑造湿地景观格局变化的主要外生驱动因素^[35]。2001 年肖笃宁等^[36]通过对辽东湾滨海湿地近年来的演变过程进行分析表明,河口泥沙沉积使自然湿地向海淤涨,带动整个湿地景观向海推演以及海退导致湿地环境因子变化,这种强烈的海陆作用在较大的时空尺度下控制着整个辽河三角洲的形成及演变过程。2005 年王学雷等^[37]对长江中游湿地系统演变过程中包含的蓄泄关系和湖垵关系等几个关键驱动关系进行探讨。结果表明,建造防洪堤、兴修大型水利工程和围垦湖泊等人类活动是导致该区湖泊面积减少,湿地调蓄功能下降及湿地整体价值受损的直接驱动因素。

2.2 湿地景观格局演变驱动力的定量分析

定量分析湿地景观格局演变驱动力的关键在于如何在一个模型中最大程度地量化各个驱动因子并体现它们之间的相对重要性。目前国内外学者主要采用经验模型(Empirical Model)和统计模型(Statistical Model)方法对湿地景观格局演变的驱动力进行定量分析^[38~44]。经验模型主要以过去几十年观测到的湿地景观格局变化数据为基础,通过选取各种数学形式对数据进行分析,以达到在一定时空尺度上定量表征各驱动因素的目的^[45]。统计模型是指以概率论为基础,采用统计方法建立的模型。主要包括相关分析、主成分分析与回归分析。相关分析用来判定研究对象和驱动因素之间的疏密关系;主成分分析用来对驱动因素进行归类;回归分析主要用于分析各驱动力对研究对象的影响程度^[46]。2003 年 YUE TIANXIANG 等^[40]通过采用生物多样性指数和人类影响强度指数等 4 种经验模型定量分析黄河三角洲新生湿地演变情况。研究表明,1984~1996 年黄河三角洲新生湿地发生了显著变化,其变化的直接驱动力来源于自然演变和快速的非农人口增长。2004 年 KONEFF 和 ROYLE^[44]在协助美国鱼类和野生动物局(WST)实施水禽栖息地保护计划时,采用 Logistic 回归和线性回归方法分析美国大西洋沿岸(1950~1970)和(1970~1990)两个时期内湿地演变情况。研究表明,酸雨、自然界的水循环和工业污染等是影响湿地的直接生物物理

因素。

经验模型与统计模型之间具有高度的互补性。经验模型在理论上易于解释,而统计模型则更便于实施;经验模型擅长处理空间数据,而统计模型则更易于处理社会统计数据;经验模型可用来假定计算公式并判定哪些变量应该被引入统计模型中,而统计模型可检验假设的计算公式的合理性^[46]。目前所应用的驱动机制模型(统计模型和经验模型)均存在着简化现实并且仅仅关注少数几种驱动力的现象^[47]。湿地生态系统的独特性及驱动力系统的复杂性需要从多学科合作的角度分析湿地景观格局演变的驱动力问题。

3 结语

从上面的分析可以看出,当前对湿地景观格局演变特征方面的研究比较丰富和深入,已有较系统的理论框架和研究方法。而湿地景观格局演变驱动机制的定量研究仍处于发展阶段,是目前湿地景观格局演变研究领域的薄弱环节,也是该领域应该重点关注的研究方向。今后应从以下两个方面加强湿地景观格局演变驱动机制的定量研究。一方面从完善现有驱动机制模型方面入手,充分借鉴相关领域如土地利用/覆被变化驱动力方面等的研究成果,提高现有驱动机制模型对各驱动因子的定量表征,对湿地演变趋势的预测与模拟能力,这是定量分析湿地景观格局演变驱动力研究方法的发展方向。另一方面从选择典型的研究对象入手,水库消落带湿地和水田湿地等人工湿地大量出现,人工湿地具有更复杂的人类扰动机制和特征,是研究湿地景观格局演变人文驱动机制理想的试验场,对其进行定量研究是未来湿地景观格局演变驱动机制领域研究关注的一个重要方面。

参考文献:

- [1] WOOD R, HANDLEY J. Landscape dynamics and the management of change[J]. Landscape Research, 2001, 26: 45~ 54.
- [2] 傅伯杰. 黄土区农业景观空间格局分析[J]. 生态学报, 1995, 15(2): 113~ 120.
- [3] 肖笃宁, 李秀珍. 当代景观生态学的进展和展望[J]. 地理科学, 1997, 17(4): 356~ 364.
- [4] BRIJ G. Wetland[C]//MAJUMDAR S K, MILLER E W. Ecology of Wetlands and Associated Systems. The Pennsylvania Academy of Science, 1998: 4~ 11.
- [5] 刘红玉, 吕宪国, 张世奎. 湿地景观格局变化过程与累积效应研究进展[J]. 地理科学进展, 2003, 22(1): 60~ 70.
- [6] 陈宜瑜. 中国湿地[M]. 长春: 吉林科学出版社, 1995.
- [7] LEMLY A D, KINGSFORD R T, THOMPSON J R. Irrigated agriculture and wildlife conservation: Conflict on a global scale[J]. Environment Management, 2000, 25: 485~ 512.
- [8] 白军红, 欧阳华, 杨志锋, 等. 湿地景观格局变化研究进展[J]. 地理科学进展, 2005, 24(4): 36~ 45.
- [9] 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.
- [10] FUJIHARA M, KIKUCHI T. Changes in the landscape structure of the Nagara River Basin, central Japan[J]. Landscape and Urban Planning, 2005, 70: 271~ 281.
- [11] LAUSCH A, HERZOG F. Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: Issues of scale, resolution and interpretability[J]. Ecological Indicators, 2002, 2: 3~ 15.
- [12] 王宪礼, 肖笃宁, 布仁仓, 等. 辽河三角洲湿地的景观格局分析[J]. 生态学报, 1997, 17(3): 317~ 323.
- [13] JABBAR M T, SHI ZH H U A, WANG TIANWEI, et al. Vegetation change prediction with Geo-Information techniques in the Three Gorges area of China[J]. Pedosphere, 2006, 16(4): 457~ 467.
- [14] 周德民, 官辉力, 胡金明, 等. 三江平原淡水湿地生态系统景观格局特征研究——以洪河湿地自然保护区为例[J]. 自然资源学报, 2007, 22(1): 86~ 96.
- [15] 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[J]. 生态学报, 2004, 24(7): 1472~ 1479.
- [16] 王红娟, 姜加虎, 黄群. 东洞庭湖湿地景观变化研究[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(6): 732~ 737.
- [17] 李书娟, 增辉. 遥感技术在景观生态学研究中的应用[J]. 遥感学报, 2002, 6(3): 233~ 240.
- [18] SCHUMAKER N H. Using landscape indices to predict habitat connectivity[J]. Ecology, 1996, 77: 1210~ 1225.
- [19] HE H S, DEZONIA B, MLADENOFF D J. An aggregation index (AI) to quantify spatial patterns of landscapes[J]. Landscape Ecology, 2000, 15: 591~ 601.
- [20] 肖笃宁, 李秀珍. 景观生态学的学科前沿与发展战略[J]. 生态学报, 2003, 23(8): 1615~ 1621.
- [21] 郭建国. 景观生态学——概念与理论[J]. 生态学杂志, 2000, 19(1): 42~ 52.
- [22] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81~ 87.
- [23] 崔保山, 刘兴土. 黄河三角洲湿地生态特征变化及可持续性管理对策[J]. 地理科学, 2001, 21(3): 250~ 256.
- [24] 刘兴土, 马学慧. 三江平原自然环境变化与生态保育[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 100~ 102.
- [25] 陈铭, 王宗明, 张树清, 等. 向海自然保护区景观格局变化及湿地梯度分布特征研究[J]. 干旱区地理, 2006, 29(5): 694~ 699.
- [26] ZHANG SHUQING, ZHANG JUNYAN, LI FANG. Vector analysis theory on landscape pattern (VATLP) in Sanjiang Plain marsh, China[J]. 湿地科学, 2004, 2(3): 161~ 170.
- [27] 王学雷, 吴宜进. 马尔柯夫模型在四湖地区湿地景观变化研究中的应用[J]. 华中农业大学学报, 2002, 21(3): 288~ 291.
- [28] 孙燕楠. 扎龙湿地时空格局演变的细胞自动机模型研究[D]. 大连: 大连理工大学博士学位论文, 2007.
- [29] 汪爱华, 张树清, 何艳芬. RS 和 GIS 支持下的三江平原沼泽湿地动态变化研究[J]. 地理科学, 2002, 22(5): 636~ 640.

[30] 宁龙梅,王学雷,吴后建. 武汉市湿地景观格局变化研究[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(1): 44~ 49.

[31] 李书娟, 增 辉, 夏 洁, 等. 景观空间动态模型研究现状和应重点解决的问题[J]. 应用生态学报, 2004, 15(4): 701~ 706.

[32] 张秋菊, 傅伯杰, 陈利顶. 关于景观格局演变研究的几个问题[J]. 地理科学, 2003, 23(3): 264~ 270.

[33] 傅伯杰, 赵文武, 陈利顶. 地理——生态过程研究的进展与展望[J]. 地理学报, 2006, 61(11): 1 123~ 1 131.

[34] 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, 2001: 117~ 126.

[35] 邵景安, 李阳兵, 魏朝富, 等. 区域土地利用变化驱动力研究前景展望[J]. 地球科学进展, 2007, 22(8): 798~ 809.

[36] 肖笃宁, 李晓文, 王连平. 辽东湾滨海湿地资源景观演变与可持续利用[J]. 资源科学, 2001, 23(2): 31~ 36.

[37] 王学雷, 吴后建, 任宪友. 长江中游湿地系统驱动关系的演变及保护展望[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(5): 644~ 648.

[38] LONGA J, WALLER M P, STU PPLES P. Driving mechanisms of coastal change: Peat compaction and the destruction of late Holocene coastal wetlands[J]. Marine Geology, 2006, 225: 63~ 84.

[39] BAO R, ALONSO A, DELGADO C, et al. Identification of the main driving mechanisms in the evolution of a small coastal wetland (Traba, Galicia, NW Spain) since its origin 5700 cal yr BP[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2007, 247: 296~ 312.

[40] YUE TIANXIANG, LIU JIYUAN, Jf RGENSEN S E, et al. Landscape change detection of the newly created wetland in Yellow River Delta[J]. Ecological Modelling, 2003, 164: 21~ 31.

[41] ZHOU DEMIN, GONG HUILI, WANG YIYONG, et al. Study of driving forces of wetland degradation in the Honghe National Nature Reserve in the Sanjiang Floodplain, Northeast China[J]. Environmental Modeling & Assessment, 2009, 14: 101~ 111.

[42] 周德民, 宫辉力. 洪河保护区湿地水文生态模型研究[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007: 162~ 165.

[43] SERRA P, PONS X, SAURI D. Land cover and land use change in a Mediterranean landscape: A spatial analysis of driving forces integrating biophysical and human factors[J]. Applied Geography, 2008: 189~ 209.

[44] KONEFF M D, ROYLE J A. Modeling wetland change along the United States Atlantic Coast[J]. Ecological Modelling, 2004: 41~ 59.

[45] LAMBIN E F. Modelling and monitoring land cover change processes in tropical regions[J]. Progr Phys Geogr, 1997, 21: 375~ 393.

[46] VELDKAMP A, LAMBIN E F. Predicting land use change[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2001, 85: 1~ 6.

[47] LAMBIN E F, TURNER BL, GEIST H J, et al. The causes of land use and land cover change: Moving beyond the myths[J]. Glob Environ, 2001, 11: 261~ 269.

REVIEW ON RESEARCHES OF WETLAND
LANDSCAPE PATTERN CHANGE

GAO Chang-jun^{1,2}, ZHOU De-min¹, LU AN Zhao-qing¹, ZHANG Hai-ying^{1,2}

(1. Key Laboratory of Wetland Ecology and Environment, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The research on the landscape pattern evolution of wetland has been one of the key research fields of wetland ecology. Since wetlands are ecological landscapes with abundant biodiversity, having the special ecosystem structure and function, its ecological change has been caught special attention in scientific circles. As an important natural resource, wetland offers material support for human survival and development. Profound understanding of spatial-temporal characteristics and driving mechanism of wetland change provides a basis for knowing wetland evolution rules and drawing up wetland protection policy. Through analyzing major theories, methods and achievements of domestic and foreign researches on wetland characteristics of landscape pattern in recent years, this paper explored methods and achievements on evolution of landscape pattern including landscape indices and dynamic models. It also analyzed the factors restricting researches on driving forces of wetland landscape evolution, and appraised the advantages and disadvantages of selection on driving factors and modeling them quantitatively. Based on this, it also proposed the tendency and future developing direction of the relevant studies in this field.

Key words: wetland; landscape pattern; evolution; driving mechanism