

张月, 张飞, 王娟, 等. 干旱区艾比湖流域典型区域景观格局脆弱性时空格局变化研究[J]. 灾害学, 2016, 31(3): 222 - 229. [ZHANG Yue, ZHANG Fei, WANG Juan, et al. Evaluation of the Landscape Patterns Vulnerability and Analysis of Spatial - Temporal Patterns in the Typical Region of the Ebinur Lake[J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31(3): 222 - 229. ]

## 干旱区艾比湖流域典型区域景观格局 脆弱性时空格局变化研究<sup>\*</sup>

张月<sup>1,2</sup>, 张飞<sup>1,2,3</sup>, 王娟<sup>1,2</sup>, 任岩<sup>1,2</sup>, 王东芳<sup>1,2</sup>

(1. 新疆大学 资源与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830046; 2. 新疆大学 绿洲生态教育部重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046; 3. 新疆智慧城市与环境建模普通高校重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830046)

**摘 要:**以新疆艾比湖流域典型区域为研究区, 利用1998、2011和2013年3个时期的TM/OLI遥感影像为数据源, 通过计算相关景观指数, 构建景观脆弱度指数, 并把研究区划分为低、较低、中、较高、高脆弱区5个脆弱度等级。使用地统计学和空间自相关模型分析的方法对研究区景观脆弱度的空间分布特征、变异规律以及空间关联格局进行分析。结果表明: ①1998-2013年, 研究区的主要景观类型是未利用地和耕地, 其主要特征为耕地景观面积显著增加, 其他景观面积减少; ②在研究期间内, 研究区的景观脆弱度呈显著下降趋势, 并且其等级的空间变化较为显著; ③尝试使用桑基图来表达脆弱度等级之间的相互转换, 结果可知脆弱度等级之间转换频繁, 且转换速率均较高; ④1998-2013年, 研究区景观格局Moran's I表现为一定程度的正相关, 且相关程度呈上升的趋势; 景观脆弱度局部空间自相关和显著性水平发生了明显的变化。正确客观地认识和评价艾比湖区域的生态环境, 有利于实现自然环境的保护, 为人类的可持续发展服务。

**关键词:**艾比湖流域; 典型区域; 景观格局; 脆弱度; 地统计学; 空间关联格局

**中图分类号:** X43 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2016)03-0222-08

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2016.03.038

环境的可持续发展问题日益受到科学界的广泛关注, 生态系统的结构功能成为研究的热点问题<sup>[1-2]</sup>。当前, 最受社会和科学界关注的是人类活动与环境的相互作用导致的生态系统的退化、脆弱性程度等问题<sup>[3-4]</sup>。生态脆弱度是自然环境的变化、人类活动干扰及其相互作用而导致的生态环境问题的难易程度及其可能性大小<sup>[5-6]</sup>。景观脆弱度反映景观生态系统所受到的干扰及脆弱程度。景观格局的脆弱性评价及其动态变化研究已经成为景观生态学的研究热点和重要研究领域<sup>[7]</sup>。

近年来, 国内学者们主要通过单一型及综合型指标体系对景观格局的生态系统脆弱性进行分析研究。国外对于生态脆弱性的研究比较关注全球的气候变化, 尤其是全球背景下景观生态系统脆弱性的响应变化<sup>[8]</sup>, 气候变化会致使景观生态系统的功能及结构发生变化<sup>[9]</sup>。部分国外的学者进行了景观脆弱度在森林管理等方面应用的研究<sup>[10-11]</sup>。

国外相关研究借助于RS、GIS等技术深入到各类型研究区域与景观学相结合, 针对各种环境条件构建多种脆弱性评价体系<sup>[12-13]</sup>, 对其脆弱性评价进行分析。

近几十年来, 艾比湖的湖区面积不断萎缩, 景观格局不断发生变化, 导致敏感性和脆弱度发生变化, 这使艾比湖流域的经济发展以及生态环境受到了很大的威胁<sup>[14-15]</sup>。因此, 本文以艾比湖流域典型区域为研究区, 综合考虑其景观特点, 构建比较科学的景观指标, 对研究区景观格局脆弱性的空间分异规律及关联格局进行分析。

### 1 研究区概况

艾比湖流域典型区域位于44°32'~45°08'N, 82°04'~83°32'E<sup>[16]</sup>, 主要包括两个区域: 艾比湖

\* 收稿日期: 2015-12-15 修回日期: 2016-02-22

基金项目: 自治区青年科技创新人才培养工程项目(2013731002); 国家自然科学基金项目(41361045; 41130531); 新疆绿洲生态(教育部省部共建)重点实验室开放课题(XJDX0201-2012-01)

第一作者简介: 张月(1990-), 女, 山东五莲人, 硕士研究生, 主要从事干旱区生态环境遥感应用研究。

E-mail: zhangyueXINJIANG@163.com

通讯作者: 张飞(1980-), 男, 陕西凤翔人, 副教授, 博士, 主要从事干旱区资源与环境遥感应用研究。

E-mail: zhangfei3s@163.com

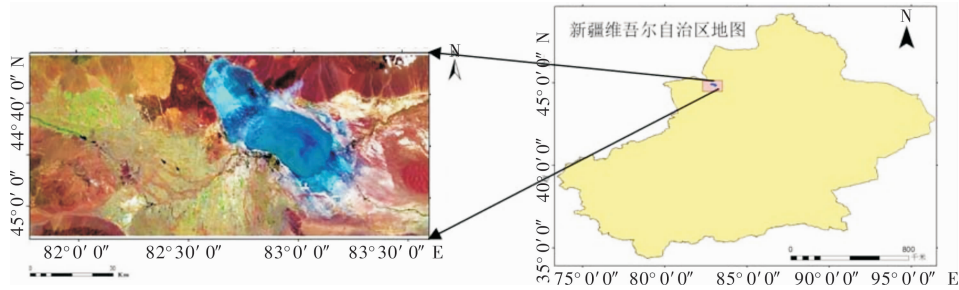


图1 研究区地理位置

沿岸地区和地处艾比湖流域的中部偏西(包括艾比湖湖区)地区,如图1所示。艾比湖区域表现为典型的中温带干旱大陆气候,对气候变化及人类活动的影响具有较强的敏感性<sup>[17]</sup>。近40年来,艾比湖由于入湖水量的减少,湖面急剧萎缩,干涸湖地已沦为盐漠,成为浮尘天气发源地。由于人为和自然因素等原因,研究区的生态环境遭到破坏,严重影响了生态系统的平衡。艾比湖湖区的景观动态变化剧烈,在区域环境演变过程中具有强烈的响应特征。艾比湖流域既是我国内陆荒漠中的荒漠物种集中分布区,又是指征准噶尔盆地生态环境变化的关键地区<sup>[18]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源及处理方法

本研究的数据来源主要为1998年的TM、2011年和2013年的OLI遥感影像(时相为植被生长茂盛的6-10月份),同时选用艾比湖流域的遥感影像和其他相关统计资料作为辅助数据。以ENVI4.8软件为平台,对研究区各期的遥感影像进行校正及配准等预处理。结合研究的需要,依据研究区的土地覆被状况以及当地的实际景观类型的特点将研究区划分为耕地、林地、草地、水体、裸露的河床及盐渍地、未利用地等6类景观类型,利用最大似然法进行监督分类。结合Google Earth和野外采样点实地考察校正,得到研究区1998年、2011年以及2013年的土地类型分类图,经统计各土地利用与覆盖的解译精度均在89%以上。

### 2.2 单元网格的划分

依据研究区的景观格局及生态系统的特点,本研究为了保证尺度内信息的完整性及定量评价的准确性,将研究区划分为8 km × 8 km的正方形样地,共有样区231个,即景观脆弱度小区,对景观损失度指数进行空间化。计算每个采样区的景观脆弱度值,并把该值作为采样区中心点的属性值。

### 2.3 景观格局指数及景观脆弱度的构建

景观格局是指由自然条件原因和人类活动共

同作用而形成的,形状、大小、排列不同的各类景观在空间的排列,不但可以具体表现景观的异质性,而且也是在干扰的影响下各种生态过程在不同尺度上作用的结果<sup>[19]</sup>。本文以景观格局特征为基础,参考国内学者<sup>[20-21]</sup>的相关研究,选取7个最佳景观指数(表1)。

景观格局受到危害性和不确定性因素的作用后会表现出不同程度的敏感性和适应性。本文利用景观敏感度指数和景观适应度指数,引入景观脆弱度指数LVI,其指数可以客观地、量化地描述景观格局在受到外界干扰时所表现的敏感性及其景观格局的结构、功能和特性发生改变程度。用于描述每一个采样区景观脆弱度的相对大小,景观脆弱度指数LVI的计算公式为<sup>[20]</sup>:

$$LVI = LSI \times (1 - LAI). \quad (1)$$

### 2.4 空间统计学方法

#### 2.4.1 地统计学分析方法

地统计学是一系列监测、模拟和估计变量在空间上的相关关系和格局的统计方法<sup>[27]</sup>。具体计算公式为<sup>[27]</sup>:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + h)]^2, (i=1, 2, \dots, N(h)). \quad (2)$$

式中: $\gamma(h)$ 为变异函数; $h$ 为步长,即为了减少各样点组合对的空间距离个数而对其进行分类的样点空间间隔距离; $N(h)$ 为间隔距离为 $h$ 时的样点对数; $Z(x_i)$ 和 $Z(x_i + h)$ 分别为景观脆弱度指数在空间位置 $x_i$ 和 $x_i + h$ 上的观测值。

#### 2.4.2 空间自相关分析方法

空间自相关是检验某一要素的属性值与其相邻空间上的属性值是否显著相关联的重要指标,揭示了空间参考单元与其邻近的空间单元属性特征值之间的相似性或相关性。本文选用Moran's I指数(全局空间自相关)和LISA指数(局部空间自相关)对景观脆弱度的空间相关度进行分析研究。

Moran's I系数反映空间邻近区域单元属性值的相关程度,Moran's I其绝对值越趋近于1,表明研究单元的空间自相关程度越强。全局Moran's I指数用于验证整个研究区域某一要素的空间关系,其表达式为<sup>[27]</sup>:

表 1 景观格局指数计算方法

序号	名称	计算公式	景观指数的意义
1	景观破碎度指数 $C_i^{[21]}$	$C_i = \frac{n_i}{A_i}$	其值用来表述整个景观或某一景观类型在给定时间和综合性上的破碎化程度。此值越大,表明景观单元内部稳定性越低,对应的景观的生态系统稳定性越低 <sup>[21]</sup> 。
2	景观分离度指数 $N_i^{[22]}$	$N_i = l_i \times A/A_i$	$l_i = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{n_i}{A}}$ ; 表述某一景观类型中不同元素或斑块个体分布的分离程度,分离程度越大,景观在地域分布上越分散,景观分布越复杂,破碎化程度也越高。
3	景观分维数 $F_i^{[23]}$	$F_i = \frac{2\ln(P_i/4)}{\ln A_i}$	分维数值的理论范围在 1~2 之间,维数越大表示图形形状越复杂,当维数 < 1.5 时,说明图形趋向于简单;当维数 = 1.5 时,表示图形处于布朗随机运动状态,越接近于该值,稳定性越差;当维数 > 1.5 时,则图形趋于复杂。
4	景观干扰度 $S_i^{[24]}$	$S_i = aC_i + bN_i + cF_i$	其值是用来反映不同程度的反映区域受到干扰之后的损失程度
5	景观易损度指数 $V_i^{[21]}$	由专家咨询法并归一化获得	表示不同生态系统的易损性,生态系统的脆弱性与其在景观自然演替过程中所处的阶段有关。其景观类型中所代表的生态系统,以未利用地最为脆弱,其次是裸露的河床及盐渍地,而林地最稳定。分别对六种景观类型赋以脆弱度指数,进行归一化处理,得到各自的脆弱度指数。
6	景观敏感度指数 $LSI^{[20]}$	$LSI = \sum_{i=1}^n U_i \times V_i$	景观损失度指数表示遭遇干扰时各类型景观所受到的生态损失的差别,也即其自然属性损失的程度,是某一景观类型的景观结构指数和脆弱度指数的综合。
7	景观适应度指数 $LAI^{[25]}$	$LAI = PRD + SHDI + SHEI$	适应度指数与景观脆弱度密切相关,而适应度指数与系统的结构功能有关。本文借鉴国内相关研究,选取斑块丰度密度指数 $PRD$ 、香农多样性指数 $SHDI$ 和香浓均匀性指数 $SHEI$ 构建该指数。

注:  $n_i$  为景观类型  $i$  的斑块数;  $A_i$  为景观类型  $i$  的总面积;  $l_i$  为景观类型  $i$  的距离指数;  $A$  为景观总面积;  $F_i$  为景观分维数;  $P_i$  为景观类型  $i$  的周长;  $PRD$  斑块丰度密度指数  $SHDI$  为香农多样性指数;  $SHEI$  为香浓均匀性指数,  $a, b, c$  为相应各景观指数的权重,且  $a + b + c = 1$ , 根据对相关研究的分析,结合本研究区的实际情况分别赋以景观破碎度指数、分离度指数和分维数 0.5、0.3 和 0.2 的权重。

表 2 景观类型各年面积比例

年份	未利用地/%	耕地/%	草地/%	林地/%	裸露的湖床及盐渍地/%	水体/%
1998	74.66	7.09	7.26	1.27	5.88	3.85
2011	69.42	15.04	4.93	0.63	6.55	3.44
2013	69.72	17.97	2.758	0.12	6.15	3.28

$$Globalmoran's = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m W_{ij}} \quad (3)$$

式中:  $x_i$  为第  $i$  地区的属性值;  $n$  为栅格数;  $W_{ij}$  为二进制的邻接空间权重矩阵,表示空间对象的邻接关系。 $i = 1, 2, 3 \dots, n; j = 1, 2, 3 \dots, m$ ; 当区域  $i$  和区域  $j$  相邻时,  $W_{ij} = 0$ 。Moran's I 一般在  $-1 \sim 1$  之间,大于 0 为正相关,小于 0 为负相关,等于 0 为不相关<sup>[25]</sup>。

LISA 指数(局部空间自相关)是将 Moran's I 值分解到每个空间单元进行分析,该值可以有效地反映空间变量值的高值或低值的局部空间聚集,从而反映局部空间异常特征<sup>[27]</sup>。因此,进行局部空间自相关分析具有重要的意义。如果全局空间自相关不存在时,可以寻找可能被掩盖的局部空间自相关的位置;而全局空间自相关存在时,

可以对是否存在空间异质性探讨分析。其公式为<sup>[20,27]</sup>:

$$Localmoran's I_i = \left( \frac{x_i - \bar{x}}{m} \right) \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (4)$$

式中:  $m = \left( \sum_{j=1, j \neq i}^n x_j^2 \right) / (n-1) - \bar{x}^2$ , 正的  $I_i$  表示该空间单元周围相似值(高值或低值)的空间集聚,负的  $I_i$  值表示非相似值之间的空间集聚。

### 3 结果与分析

#### 3.1 景观类型变化特征分析

本文依据研究区的土地覆被状况以及当地的实际景观类型的特点,利用 RS 和 GIS 技术,对遥感图像进行监督分类,得到艾比湖 1998 年,2011 年,2013 年的景观类型图(图 2)。

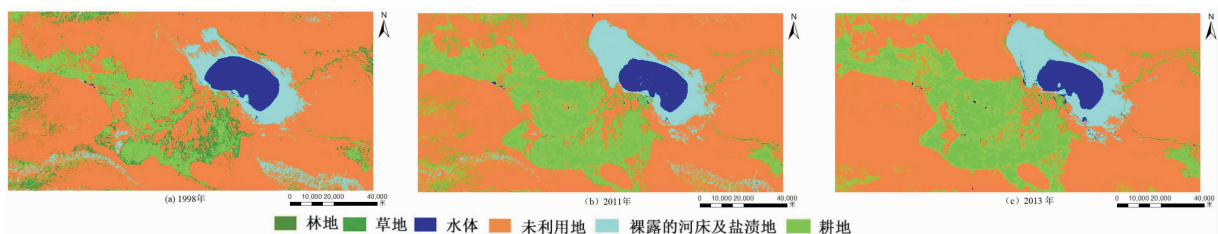


图 2 1998 年、2011 年和 2013 年土地类型图

表 3 艾比湖流域典型区域景观格局脆弱度理论变异函数

年份	模型	块金值	基台值	块金值/基台值	变程 /m	决定系数 $R^2$	残差
1998	线状模型	0.004573	0.005196	0.120	110.40	0.782	$9.875 \times 10^{-08}$
2011	指数模型	0.003400	0.010110	0.664	736.80	0.919	$5.763 \times 10^{-07}$
2013	线状模型	0.003604	0.005095	0.293	109.85	0.842	$1.435 \times 10^{-06}$

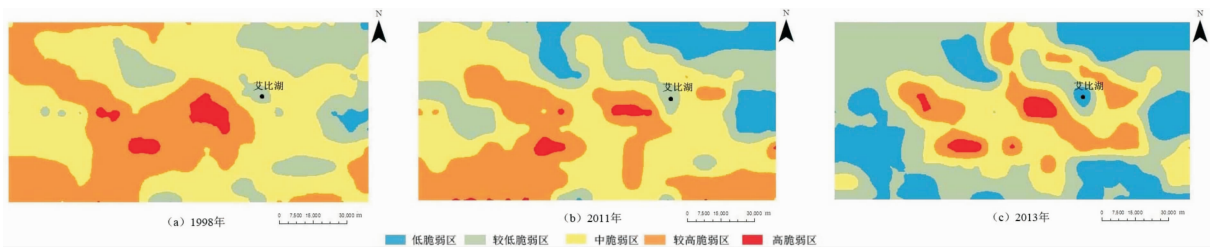


图 3 景观格局脆弱度的克里格插值

根据图 2 及表 2 进行分析可知, 未利用地和耕地是研究区的主要景观类型。本研究区未利用地约占研究区大部分区域, 且占总面积比例分别为 74.66%, 69.42%, 69.72%, 分布着大量的山地以及沙地等未利用地地区, 这些地区由于地形地貌、气候以及土壤等自然原因, 暂时未能被利用。从图 2 中可知, 1998 - 2013 年间, 草地、林地及水体的面积均减少。林地和草地分布较为分散, 破碎度大。耕地面积在各年的面积比例一直呈不断上升的趋势, 至 2013 年, 其面积增长为总面积的 17.97%。人们大量开垦荒地, 使耕地类型的面积增大, 需要大量的水进行灌溉, 因此艾比湖水体的面积有减小的趋势, 以至于湖水萎缩, 裸露的湖底沙漠盐渍化, 引起植被衰败, 草场沙化。艾比湖区域生态质量存在进一步退化的趋势。

### 3.2 区域景观脆弱度时空分异

#### 3.2.1 基于地统计学的理论模型拟合分析

根据式(5)的计算, 得到每个采样区的景观脆弱度值。ArcGIS 软件的地统计模块限制了数据的计算, 因此借用地统计软件 GS<sup>+</sup> 对样本变异函数理论模型拟合。在本研究中, 选择决定系数高, 而残差小的最优模型, 结果见表 2。

通过分析比较发现, 1998 年, 2011 年和 2013 年拟合效果最为理想的模型均为线状模型。研究区的景观脆弱度指数的块金值  $C_0$  表示景观格局受非结构性因素影响而变化的程度大小。非结构性因素主要为自然因素和人为因素<sup>[20]</sup>。1998 年、2011 年和 2013 年的块金值/基台值 ( $C_0/(C_0 + C)$ ) 值分别为 12.0%, 40.4% 和 29.3%, 说明在 1998 - 2011 年人类活动对景观格局的影响程度加深, 而在 2011 - 2013 年该值由 40.4% 降低为 29.3%, 说明了人类活动对景观格局的影响程度有所影响, 但与前一时段相比影响程度有所降低。1998 年、2011 年、2013 年研究区景观格局空间变异的变程分别为 110.40 m, 108.46 m, 109.85 m, 表明景观格局脆弱度在 8 km 采样间距内具有较高的空间相关性。脆弱度指数在小尺度上的随机变异逐步

向大尺度变化。

#### 3.2.2 脆弱度的时空演变及驱动因素分析

运用 ArcGIS10.1 软件对各研究期的景观脆弱度值进行普通克里格法插值。本文为了便于分析景观脆弱度的时空变化特征, 采用相对指标法对采样区的脆弱度 LVI 进行等级划分。本文将研究区划分为 5 个等级分区, 即低脆弱区、较低脆弱区、中脆弱区、较高脆弱区、高脆弱区(图 3), 并对研究区的 231 个采样区的脆弱度等级所占的面积进行了统计<sup>[23]</sup>(图 4)。

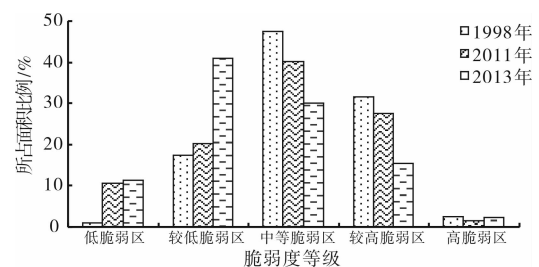


图 4 景观脆弱分区各年比例及其变化

如图 3 所示, 在 1998 - 2013 年间, 研究区的景观格局脆弱度呈显著下降趋势, 脆弱度等级空间结构变化较为显著。根据图 4 可知, 较低脆弱区和中等脆弱度的面积的比例变化较为明显。1998 年较低脆弱区占总面积的 17.325%, 到 2013 年增加为 40.888%。然而, 中脆弱区从 1998 年的占总面积 47.421% 减小到 2013 年的 29.997%, 高脆弱区的面积大小以及空间位置基本发生变化不明显。

从图 4 中各分级区的变化来看, 1998 年研究区内处于低脆弱区和较低脆弱区主要分布于研究区的东部及东北部地区的未利用地。中、较高脆弱区的面积比例为 47.421%, 31.632%, 主要分布于研究区的绿洲地区。高脆弱度的地区占全区的 2.601%, 主要分布在耕地与艾比湖湖区的过渡区, 景观类型较为复杂, 相互转换较敏感。2011 年, 低、较低脆弱区的面积增加显著。中、较高脆弱区面积有所减小, 分别约占总面积的

40.120%，和27.648%。2013年，研究区内处于低脆弱和较低脆弱区的总面积比例呈现递增的趋势，人们提高了土地利用率，增加耕地的面积，使原来的景观类型的空间结构发生变化。综上所述，低脆弱区和较低脆弱区的空间分布格局与当地景观格局的客观事实较为一致。

3.3 景观脆弱度等级转换

利用 ArcGIS 软件，将研究区 1998、2011 和 2013 年的脆弱度等级分布图相互叠加，并对 1998 - 2011 年和 2011 - 2013 年 2 个时间段内的各等级相互转化方向和面积进行统计。为了方便直观可视化的进行分析，本文尝试使用 Sankey3.2 软件桑基图来显示这两个时间段内的各生态脆弱等级之间的相互转换(图 5)。

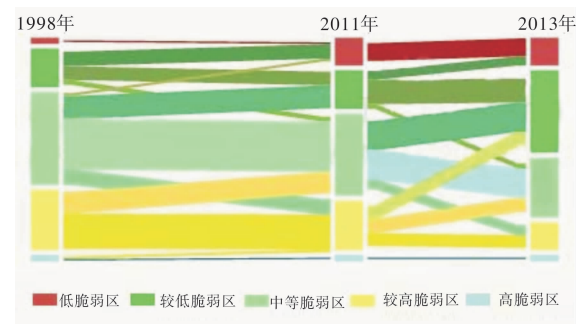


图 5 1998 - 2011、2011 - 2013 年两个时间段的脆弱度程度动态相互转换桑基图

图 5 是由三个多层垂直堆叠的矩形图所组成的矩形条代表研究区 1998 年、2011 年、2013 年的景观脆弱度图。堆叠的每个矩形图形象的表示每个景观脆弱度等级的丰度。堆叠矩形图中的每个组成部分的高度与其相对丰度成正比。垂直排列的

矩形图表示景观脆弱度的等级。三个矩形条之间的水平距离表示时间间隔。矩形条之间线条表示脆弱度等级之间转换，其宽度与转换面积成正比。图 5 中为了减少视觉上的混乱，选择一个阈值应用于持久性映射和转换，这样所有小于阈值的没有进行描述。

本文进一步对两个时间段内的各脆弱度等级转化方向和面积进行分析统计。如表 4 所示。

如表 3 所示，1998 - 2013 年各脆弱度等级相互转换可知：由高等级向低等级转变的面积大于由低等级向高等级转变的面积，脆弱度等级之间的转换较为频繁。在 1998 - 2011 年期间，脆弱度等级上升的面积约为 11 562.021 hm<sup>2</sup>，脆弱度等级下降的面积为 13 606.637 6 hm<sup>2</sup>。较低脆弱度转为低脆弱度速率最高，高达 768.093 1 hm<sup>2</sup>/年。由高级脆弱度转为低级脆弱度等级速率均较低。2011 - 2013 年间，景观脆弱度等级整体呈显著降低趋势。对比 2 个时间段的脆弱度等级的年均转化速率可知，2011 - 2013 年各景观类型的转换速率均高于 1998 - 2011 年的转换速率。近些年来，当地居民的经济活动频繁，致使各种地类之间的转变速率越来越复杂。根据分析，另一原因为脆弱度等级分级时，有很多值处于临界值，因此出现此结果。

3.4 区域景观格局脆弱度的空间关联格局分析

3.4.1 全局自相关分析

为了更好地理解景观脆弱度及其变化趋势，本文以研究区景观脆弱度为空间变量探索分析其空间分异特征。通过确定某一变量是否在空间上相关及其相关程度大小，来定量地描述要素在空间上的依赖关系。本文利用 Geoda095i 软件，根据 1998 年、2011 年和 2013 年景观格局脆弱度值得到

表 4 1998 - 2013 年各脆弱度等级相互转换

转换类型	1998 - 2011 转换面积/hm <sup>2</sup>	年均转换速率/(hm <sup>2</sup> /年)	1998 - 2011 转换面积/hm <sup>2</sup>	年均转换速率/(hm <sup>2</sup> /年)
12	2. 5165	0. 1936	137. 5609	68. 7805
13	0. 8303	0. 0639	0. 1055	0. 0528
21	9985. 2099	768. 0931	610. 8303	305. 4151
23	331. 3243	25. 4865	332. 3773	166. 1886
24	9134. 6695	702. 6669	42. 2297	21. 1148
31	198. 6953	15. 2843	608. 4003	304. 2002
32	1544. 4648	118. 8050	1950. 5576	975. 2788
34	1018. 9624	78. 3817	655. 0233	327. 5116
41	54. 7305	4. 2100	755. 8831	377. 9415
42	138. 6037	10. 6618	887. 3563	443. 6782
43	1460. 4831	112. 3449	959. 0911	479. 5456
45	73. 7091	5. 6699	99. 6897	49. 8448
52	0. 0656	0. 0050	8. 1471	4. 0736
53	30. 1298	2. 3177	8. 3442	4. 1721
54	194. 2548	14. 9427	27. 7651	13. 8825

表中：12：低脆弱度→较低脆弱度；21：较低脆弱度→低脆弱度；23：较低脆弱度→中脆弱度；31：中脆弱度→低脆弱度；32：中脆弱度→较低脆弱度；34：中脆弱度→较高脆弱度；41：较高脆弱度→低脆弱度；42：较高脆弱度→较低脆弱度；43：较高脆弱度→中脆弱度；45：较高脆弱度→高脆弱度；53：高脆弱度→中脆弱度；54：高脆弱度→较高脆弱度。

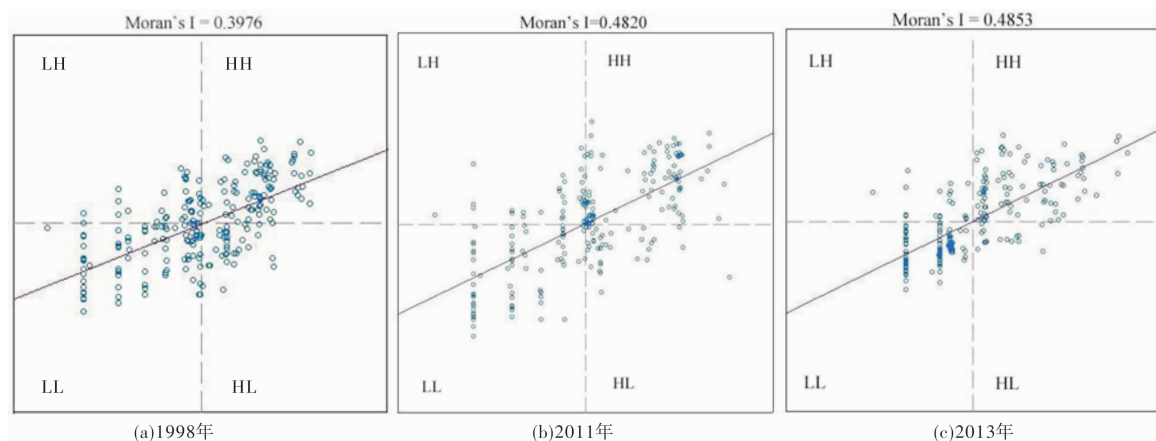


图6 景观格局脆弱度 Moran 散点图

注: HH: 高值被其他高值所包围 LH: 低值被其他高值所包围 LL: 低值被其他低值所包围 HL: 高值被其他低值所包围

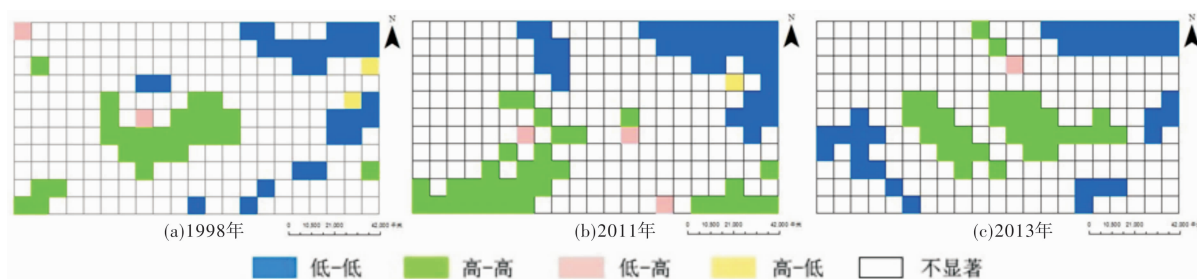


图7 艾比湖流域3个时期景观格局脆弱度局部空间自相关 LISA 集群图

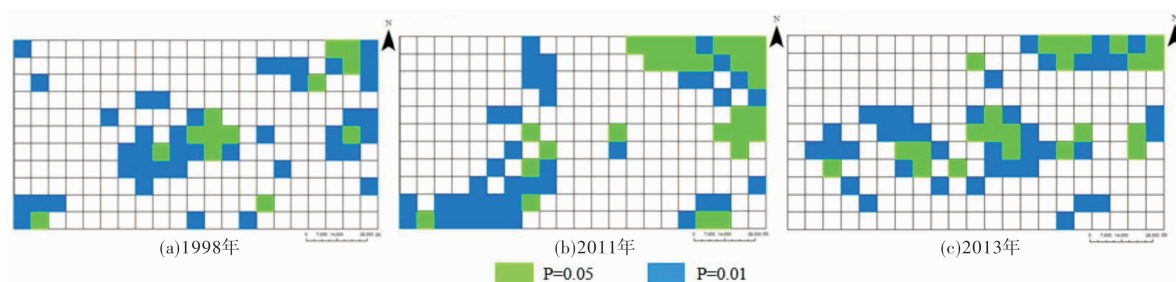


图8 艾比湖流域3个时期景观格局脆弱度局部空间自相关 LISA 显著性水平

Moran's I 散点图(图6)。

各时期的全局 Moran's I 值分别为 0.397 6、0.482 0、0.485 3, 整体呈上升的趋势, 尤其是在 1998-2010 年期间, Moran's I 指数显著增加, 表明研究区景观格局脆弱度存在较强的正相关及一定的内在联系, 其空间分布不是随机的, 而是存在着趋于集群的现象。标准差分别为 0.043 2、0.046 5、0.043 6, 表明景观脆弱度空间趋同集聚现象明显, 总体水平较为平稳。

### 3.4.2 局部自相关分析

为了更好地理解景观脆弱度的空间分布特征, 本文进一步对采样区的景观格局脆弱度进行局域空间关联格局分析, 得到 LISA 集群图(图7)和 LISA 显著性水平图(图8)。

从图7中可以看出, 1998年“高-高”值区主要分布在研究区的中部地区及西南部的部分地区, 这里人类活动较为频繁, 草地、林地等景观类型

转换为耕地, 导致这一区域景观破碎度较大, 景观格局脆弱度则呈现增强的趋势。再者, 因为该地区位于艾比湖湖区的湖岸, 在耕地与湖岸交界处景观类型复杂, 致使该地区景观脆弱度较高。“低-低”值区分布较为分散, 主要位于研究区的东部地区, 该地区景观类型单一, 多为沙地、山地等未利用地。

1998-2011年研究区景观格局脆弱度集群结构发生了变化。“高-高”值区向西南部的地区转移, 人们长期开垦荒地, 景观类型之间转化频繁, 该区域分布着耕地、草地、林地等景观类型, 生态系统多样性提高, 系统内部的稳定性增强。然而“低-低”值区有明显的增加, 主要是在东北部的区域增大。其原因在于这里景观类型单一, 主要是基质景观的未利用地。

从2011-2013年研究区景观格局脆弱度的空间结构发生了明显的变化。“高-高”值区向研究

区中部转移,并且在该地区出现集聚现象,高值区内有大面积的耕地等景观类型。研究区的“低-低”值的大部分面积分布空间位置大致不变,依然是山地,沙地等未利用地。

LISA 集聚图可以直观地反映出“高-高”、“低-低”、“高-低”及“低-高”值区域的空间分布,LISA 显著性水平图则可以在空间上反映出景观格局脆弱性的显著性水平(见图8)。

根据图7可知,1998年景观格局脆弱度“高-高”值区域绝大部分达到0.01显著水平,部分地区达到0.05显著水平,而“低-低”值区分布区域一般达到0.01显著水平。2011年景观格局脆弱度的空间结构发生变化,位于研究区西南部“高-高”值区域的大部分地区达到0.01显著水平,有的地区甚至为0.01显著水平。而位于研究区东北部的“低-低”值区域的大部分地区达到0.05显著水平,较“高-高”值区的显著水平有下降的趋势。在2013年景观格局脆弱度,位于研究区东北部“低-低”值区部分地区达到0.05显著性水平,部分地区达到0.01显著性水平,研究区中部的“高-高”值区区域的显著性水平相对较强。大部分地区达到0.01显著性水平,只有部分地区达到0.05显著性水平。

## 4 结论与讨论

本研究以艾比湖流域的典型区域为研究区,利用景观敏感性和景观适应性两个指数构建景观脆弱度,比较客观地、量化地揭示出研究区生态系统的景观脆弱度的特征。本研究有利于认识艾比湖区域生态环境的空间特征,合理的进行土地利用和管理以达到改善生态环境功能和可持续发展的要求。研究结果表明:

(1)根据研究区景观类型变化特征分析可知,未利用地和耕地是研究区的主要景观类型。然而耕地面积在各年的面积比例一直呈不断上升的趋势。林地、草地、水体的面积均减少,其中林地和草地分布较为分散,破碎度大。

(2)1998-2013年间研究区脆弱度空间格局整体呈显著下降的趋势,较低脆弱区和中脆弱度的面积的比例变化较为明显。1998年较低脆弱区占总面积的17.325%,到2013年,增加为40.888%。然而,中脆弱区从1998年的占总面积47.421%减小到2013年的29.997%,高脆弱区的面积大小以及空间位置基本变化不明显。

(3)两个时间段由高等级向低等级转变的面积均大于由低等级向高等级转变的面积。对比2个时间段的脆弱度等级之间的年均转化速率可知,脆弱度等级转换频繁,且转换速率均较高。2011-2013年各景观类型的转换速率均高于1998-2011

年的转换速率。

(4)全局 Moran's I 值在1998、2011、2013年分别为0.397 6、0.482 0、0.485 3,整体呈上升的趋势。尤其是在1998-2011年,Moran's I 指数呈现显著增加,表明研究区景观格局脆弱度存在较强的正相关,存在一定内在联系,其空间分布并不是随机的,而是在空间上存在趋于集群的现象。局部空间自相关表明,景观格局脆弱度的集聚结构在1998-2013年间发生明显变化。

影响景观脆弱度的因素很多,本文建立的基于景观格局的评价体系还不够完善,在对艾比湖区域进行生态脆弱区评价时尚有些因素未进行考虑,评价的方法和过程还有待进一步完善。

## 参考文献:

- [1] 任小玢,胡光印,董治宝. 沙漠化脆弱性的概念与评价[J]. 中国沙漠, 2015, 35(1): 40-50.
- [2] Komiya H, Takeuchi K. Sustainability science: building a new discipline[J]. Sustainability Science, 2006, 1(1): 1-6.
- [3] 蔡运龙,宋长青,冷疏影. 中国自然地理学的发展趋势与优先领域[J]. 地理科学, 2009, 29(5): 619-626.
- [4] 张龙,宋戈,孟飞,等. 宁安市土地生态脆弱性时空变化分析[J]. 水土保持研究, 2014, 21(2): 133-137, 143.
- [5] 潘竞虎,任梓茵. 基于景观格局和土壤侵蚀敏感性的兰州市生态脆弱性评价[J]. 土壤, 2012, 44(6): 1015-1020.
- [6] 马真臻,王忠静,顾艳玲,等. 中国西北干旱区自然保护区生态脆弱性评价—以甘肃西湖、苏干湖自然保护区为例[J]. 中国沙漠, 2015, 35(1): 253-259.
- [7] 刘晶,刘学录,侯莉敏. 祁连山东段山地景观格局变化及其生态脆弱性分析[J]. 干旱区地理, 2012, 35(5): 795-805.
- [8] 乔青. 川滇农牧交错带景观格局与生态脆弱性评价[D]. 北京: 北京林业大学, 2007.
- [9] 马骏. 三峡库区重庆段生态脆弱性动态评价[D]. 重庆: 西南大学, 2014.
- [10] Nitschke C R, Innes J L. Integrating climate change into forest management in South-Central British Columbia: an assessment of landscape vulnerability and development of a climate-smart framework[J]. Forest Ecology and Management, 2008, 256: 313-327.
- [11] Aretano R, Semeraro T, Petrosillo I. et al. Mapping ecological vulnerability to fire for effective conservation management of natural protected areas[J]. Ecological Modelling, 2015, 295: 163-175.
- [12] Kamaljit S B, Gladwin J, Siddappa S. Poverty, Biodiversity and institutions in forest-agriculture ecotones in the western ghats and eastern himalaya ranges of india [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2007, 121: 287-295.
- [13] Mortberg U M, Balfors B, Knol W C. Landscape Ecological Assessment: A Tool for Integrating Biodiversity Issues in Strategic Environmental Assessment and Planning [J]. Journal of Environmental Management, 2007, 82: 457-470.
- [14] 谢霞,王宏卫,塔西甫拉提·特依拜. 艾比湖区域生态脆弱性评估与保护[J]. 新疆农业科学, 2012, 49(3): 531-536.
- [15] 任建丽,金海龙,叶茂,等. 艾比湖湿地自然保护区水质分析与评价[J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(5): 154-157.
- [16] 张飞,王娟,塔西甫拉提·特依拜,等. 1998—2013年新疆艾比湖湖面时空动态变化及其驱动机制[J]. 生态学报, 2015, 35(9): 2848-2859.
- [17] 李新琪,金海龙. 基于 CBERS-2 遥感数据的艾比湖流域景

- 观生态分类系统[J]. 干旱区地理, 2007, 30(5): 736-741.
- [18] 王璐, 丁建丽. 基于景观尺度的艾比湖保护区 LUCC 变化及其驱动力分析[J]. 水土保持研究, 2015, 22(1): 217-223.
- [19] 张飞, 塔西甫拉提·特依拜, 曹鑫, 等. 干旱区内陆艾比湖流域景观格局时空变化及生态安全评价[J]. 水土保持通报, 2015, 35(1): 249-255, 363.
- [20] 孙才志, 闫晓露, 钟敬秋. 下辽河平原景观格局脆弱性及空间关联格局[J]. 生态学报, 2014, 34(2): 247-257.
- [21] 高宾, 李小玉, 李志刚, 等. 基于景观格局的锦州湾沿海经济开发区生态风险分析[J]. 生态学报, 2011, 31(12): 3441-3450.
- [22] 赵彩霞. 甘肃白龙江流域生态风险评价[D]. 兰州: 兰州大学, 2013.
- [23] 阿斯耶木·图尔迪, 阿里木江·卡斯木. 基于多源遥感数据的奎屯城市扩张研究分析[J]. 水土保持研究, 2013, 20(2): 233-237.
- [24] 巩杰, 谢余初, 赵彩霞, 等. 甘肃白龙江流域景观生态风险评价及其时空分异[J]. 中国环境科学, 2014, 3(8): 2153-2160.
- [25] 闫晓露. 下辽河平原景观格局脆弱性与景观变化驱动力研究[D]. 沈阳: 辽宁师范大学, 2014.
- [26] 胡金龙, 王金叶, 郑文俊, 等. 基于土地利用变化的桂林市区生态风险评价[J]. 中南林业科技大学学报, 2013, 33(3): 84-88, 97.
- [27] 巩杰, 谢余初, 赵彩霞, 等. 甘肃白龙江流域景观生态风险评价及其时空分异[J]. 中国环境科学, 2014(8): 2153-2160.

## Evaluation of the Landscape Patterns Vulnerability and Analysis of Spatial-Temporal Patterns in the Typical Region of the Ebinur Lake

ZHANG Yue<sup>1, 2</sup>, ZHANG Fei<sup>1, 2, 3</sup>, WANG Juan<sup>1, 2</sup>, REN Yan<sup>1, 2</sup> and WANG Dongfang<sup>1, 2</sup>

(1. College of Resources and Environment Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China;

2. Key Laboratory of Oasis Ecology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China; 3. Key Laboratory of Xinjiang Wisdom City and Environment Modeling, Urumqi 830046, China)

**Abstract:** Taking the typical region in the Ebinur Lake Basin as the study area, using 1998, 2011 and 2013 3 period TM/OLI sensing image as data source, by calculating the landscape index, constructing landscape vulnerability index and the study area is divided into low, low, high, high vulnerability areas five vulnerability level. The spatial distribution characteristics, variation pattern and spatial association pattern of landscape vulnerability in study area were analyzed by using the method of geo statistics and spatial autocorrelation model. The results showed that: 1998-2013, the main types of landscape in the study area are the unused land and the cultivated land. The main feature is the significant increase in the area of cultivated land, and the other landscape area is reduced. During the study period, the landscape vulnerability of the study area showed a significant downward trend, and the spatial variation of the grade of the study area was significant. The results show that the transition between vulnerability level is frequent and the conversion rate is relatively high. Fourthly, 1998-2013, landscape pattern in the study area Moran's I is a certain degree of positive correlation, and is closely related to the extent of a rising trend; fragile landscape of local spatial autocorrelation and significant level occurred obvious change. Correct and objective understanding and evaluation of AI Lake region's ecological environment, conducive to the realization of the protection of the natural environment for the sustainable development of human.

**Key words:** the typical region of the Ebinur Lake; landscape patterns vulnerability; geo-statistics; spatial correlation patterns

(上接第 216 页)

## Classification Method of Demand Urgency of the Affected Points Based on the BP Neural Network

YAO Enting, MENG Yanping and LIN Guolong

(Logistics Research Center, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** After the occurrence of large-scale emergencies, often involves multiple disaster areas, so that the number of emergency rescue of the affected point is numerous. When the emergency resources are limited and transport capacity constrained, in order to improve the efficiency of emergency rescue, emergency supplies transportation and distribution needs according to the demand priority of the affected spot. Therefore, hierarchical ordering of the urgent demand of the affected points is critical. This paper proposed a classification method based on BP neural network, constructed evaluation index system of influence the affected points of demand urgency, established the demand urgency classification model based on BP neural network. Finally, example shows that BP neural network for the test sample results output and the expected output is consistent, and it compares the evaluation outcome of TOPSIS method, gray relation method and entropy weight method, and further prove the scientific and rationality of this evaluation method.

**Key words:** BP neural network; affected point; emergency demand; demand urgency; gradation