

# 新疆天池景区生态安全度时空分异特征与驱动机制

时 卉<sup>1,2</sup>, 杨兆萍<sup>1</sup>, 韩芳<sup>1</sup>, 石天戈<sup>1,2</sup>, 栾福明<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘 要:**本研究基于2000、2010年新疆天池风景名胜区的TM遥感影像、2000-2010年新疆统计年鉴、野外实地调查等数据,构建研究区的景观生态安全度,采用ESDA、半变异函数空间分析、逐步回归等方法,分析各样点景观生态安全度的时空演变特征,探讨导致格局演变的驱动机制。结果表明:① 2000-2010年,高景观生态安全度范围由南向北转移;中景观生态安全度区域由南北向中部集中;低景观生态安全度呈现由南向北扩散的趋势。② 景观生态安全度全局空间自相关较显著,随时间演变,空间集聚水平降低;局域空间自相关呈现集群分布向随机分布转变的趋势。③ 变程范围内,景观生态安全度值的各向异性与弱空间相关性特点是结构性因素和随机性因素综合作用的结果。④ 经度、纬度、海拔因子对景观生态安全度的影响显著;放牧、旅游以及政策活动影响景观生态安全度中小尺度格局,对景观生态安全度的演变有重要影响。

**关 键 词:**生态安全度;时空分异;驱动机制;新疆天池风景名胜区

doi: 10.11820/dlkxjz.2013.03.017

## 1 引言

生态安全的概念在1989年国际应用系统分析研究所(IASA)建立全球生态安全监测系统时首次提出(Rogers, 1997),包含从环境、生态保护、外交、军事角度为人类提供完善生存安全的广义研究,以及从生态系统完整性和健康水平方面考虑区域资源环境状态可持续性的狭义理解(Dator, 2006; 王耕等, 2010)。国内外学者对生态安全的研究内容主要包括:生态安全的内涵界定、宏观尺度上对国家和社会安全的研究(周国富, 2003),群落、种群和生境角度的生态安全评价(张艳丽, 2011),生态安全格局分析(郭明等, 2006; 刘洋等, 2010),系统健康诊断(陈星等, 2005),风险评估(张小飞等, 2011),模拟预测和预警(张强等, 2010)和调控和维护管理(Zhao et al, 2006)等。研究方法主要包括:基于PSR(压力—状态—响应)模型建立的各类生态安全(彭建等, 2012)、健康系统评价体系,以生态足迹法

(杨艳等, 2011)、土地承载力法(杨亮等, 2010)、熵权法(修丽娜, 2011)、综合指数法(张红丽, 2011)、主成分分析法(孙奇奇等, 2012)、灰色关联度法、景观生态安全格局法等为代表的量化优化方法,以及基于系统动力学、生态学等理论所建立的各类系统动力模型、景观格局优化模型、集成模型等(俞孔坚, 1999; 赵慧霞等, 2007)。

Han等(2011)认为,景观具有高度的综合性与地域性特点,景观信息的空间分布与梯度变化在景观尺度能准确反映人类活动对环境的影响,而且由于景观的地域联系性特征,能使信息在景观尺度与区域尺度互相转换的过程中,保持信息量损失较小。游巍斌等(2011)认为景观格局的时空分异特征能够从时间尺度,直观细微地刻画自然、人类活动对生态系统结构的影响,进而影响生态安全。景观的数据易获取性以及尺度数据直观性等优点,使国内学者基于景观格局角度,借助RS/GIS技术研究的领域广泛,包括土地、农业、流域、

收稿日期:2012-08; 修订日期:2012-10.

基金项目:中国科学院西部博士资助项目(XBBS201210);中国科学院外国专家特聘研究员计划项目(2011T2Z42);自治区外专局2012年引进国外技术、管理人才项目(20126500026);2012年度中国科学院国际合作局俄乌白专项补助经费项目“新疆天山、喀纳斯自然遗产科学基础研究”。

作者简介:时卉(1987-),女,博士研究生,研究方向为旅游地理、遗产地生态保护。E-mail: shihui\_129@163.com

通讯作者:杨兆萍(1964-),女,研究员,主要从事世界自然遗产、旅游地理研究。E-mail: yangzp@ms.xjb.ac.cn.

湿地、自然保护区、城市、森林等生态系统的生态安全研究(高杨等, 2010; 龚建周等, 2010; 林佳等, 2011; 徐辉等, 2011; 俞孔坚等, 2009; 曾辉等, 2010)。

天池风景名胜区是“新疆天山”自然遗产提名地的组成部分之一,是温带荒漠区山地生态系统的杰出代表,由北向南地势升高的地貌条件,造就了天池独特的山地气候、景观类型以及完整的垂直自然带谱(陈曦, 2010)。由于长期受自然和人类活动的影响,2000-2010年研究区生态过程发生明显变化,区内自然条件、人类放牧、旅游活动以及景区内的政策导向性对景观生态安全格局产生一定影响。本文使用2000、2010年(2000年起天池游客的数量显著增长,2010年天池开始申报世界自然遗产)两期遥感数据,对天池风景区的生态安全度进行空间定量分析,发现研究区景观生态安全度的时空演变特征,探讨自然、人类活动造成风景区内景观结构和功能变化的积累性结果的动因,揭示景观生态安全格局、过程的影响机制,为开展遗产地生态安全模拟预警(游巍斌等, 2011),制定合理的保护与恢复环境政策措施提供参考,同时也丰富和发展了干旱区气候下中小尺度山岳遗产地的景观生态安全研究。

2 数据与方法

2.1 研究区概况

天池风景名胜区,位于新疆昌吉州阜康市境内,地理坐标88°0'38"~88°25'51" E, 43°44'53"~44°4'55"N,面积548 km<sup>2</sup>,其中游客游览面积28 km<sup>2</sup>,占风

景区面积的5%。总体地势由北向南逐渐抬高,海拔1380~5445 m之间,地处典型的大陆性温带气候带,是干旱荒漠中心的“湿岛”。由于山体受屏障效应影响,气候表现冬暖夏凉,降水充沛,积雪较深,无大风天气,无明显春、秋季,冷暖季几乎等长的气候特点。年平均气温2.55℃,相对湿度70%~85%,年均降水量443.9 mm,多集中在4-9月,年平均蒸发量1439 mm(陈曦, 2010)。天池风景名胜区在博格达世界自然遗产提名地范围之内,面积占博格达遗产提名地的68.27%,区内具有天山北坡最典型的垂直自然带谱,是全球温带干旱区山地垂直自然带的典型代表,2007年被评为5A级景区,是1980年全国第一批被列入国家级风景名胜区的景区之一。

2.2 数据来源及预处理

本文所用资料包括2000、2010年9月分辨率为30 m的Landsat TM影像数据,分辨率90 m的DEM数据(来自美国USGS网站),Google Earth 5.0软件在研究区的大比例尺截图,阜康市统计年鉴,以及乌鲁木齐市与阜康市地形图、植被分布图、行政区划图等。利用ENVI 4.7图像处理软件对遥感影像进行拼接、滤波校正、波段融合等处理,在此基础上将天池风景名胜区的范围边界进行投影变换,叠加至遥感图中裁剪得到天池风景名胜区的遥感影像图。根据研究区自然气候特征、土地类型分布特点以及全国土地利用现状调查技术规程,参照Google Earth 5.0软件截图,运用人机交互式对影像进行解译,解译中结合多次实地考察获取的资料和数据,对照实地踏勘所获取的明显地物坐标,提取各类景观信息,获得天池风景名胜区2个时段的景观类型图(图1)。将研究区景观类型划分为10类,

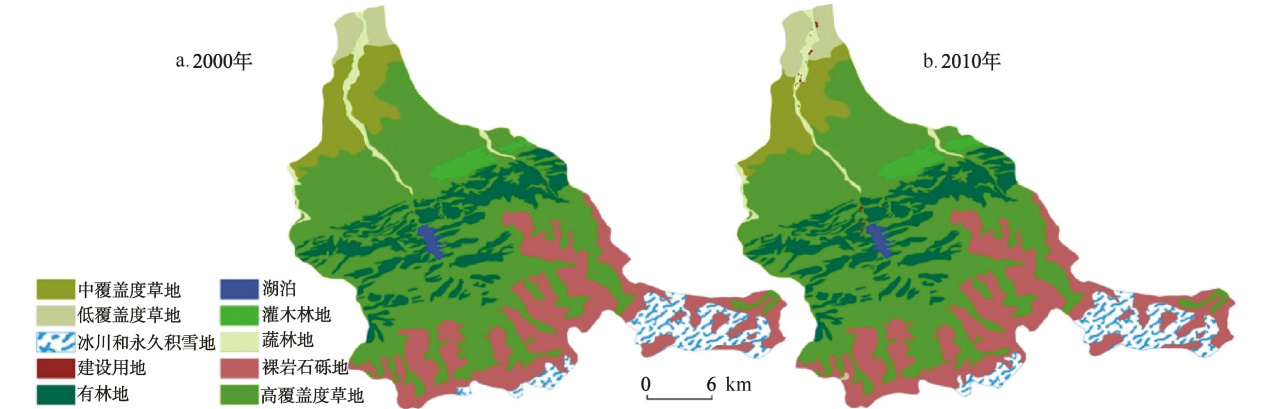


图1 2000(a)、2010(b)年新疆天池风景名胜区景观类型图  
Fig. 1 Landscape partten of Tianchi scenic zone in 2000(a) and 2010(b)

分别为高、中、低覆盖度草地、冰川和永久积雪地、建设用地、有林地、湖泊、灌木林地、疏林地、裸岩石砾地。

### 2.3 景观生态安全度构建

景观生态安全是从景观尺度上反映人类活动和自然胁迫对生态安全的影响(李月臣, 2008)。景观干扰度与脆弱度在一定程度上反映各景观类型在人类活动、自然胁迫作用下景观、生态环境的变化情况。景观结构的破坏或退化对整个景观区域的生态环境产生严重影响。由于受自然、人为干扰导致景观生态环境向复杂性、异质性、不连续性变化(郭涿等, 2008), 直接影响景观的生态安全。景观脆弱度与干扰度指数是反映景观生态的因果指标, 干扰度反映干扰强度, 脆弱度是景观被干扰后的结果。由此可见, 景观干扰度与脆弱度与景观生态安全存在相关关系, 即景观干扰度越大、脆弱性越强, 对景观生态安全的影响程度越大。

#### 2.3.1 景观干扰度指数

依据郭涿等(2008)的研究成果, 景观干扰度表征自然、人类干扰下景观的异质性、多样性特点, 能量化景观所受自然、人类活动的影响程度。因此景观干扰度指数既反映景观在自然态下的本底属性, 又反映受干扰后的变化过程, 与景观指数中的破碎度、分离度、优势度有关; 且景观指数中破碎度、分离度和优势度均表征人类活动对景观类型作用的难易及影响程度。破碎度指景观类型在特定时间里和特定性质上的破碎化程度, 反映人类对景观的干扰程度(李晓燕等, 2005); 分离度反映景观类型在地域上的分布特征以及人类活动对景观结构的影响; 景观优势度指数反映景观的异质性, 是比较、分析不同景观或同一景观不同时期多样性和异质性变化的敏感指标(邱彭华等, 2007)。由此, 以破碎度、分离度、优势度为基础指标的景观干扰度, 能够从数量上反映人类活动对景观的干扰和积累作用, 依据游巍斌等(2011)的研究, 公式为:

$$E_i = aC_i + bS_i + cD_i \quad (1)$$

式中:  $E_i$  为景观干扰度指数;  $C_i$  为类型斑块破碎度;  $S_i$  为类型斑块分离度;  $D_i$  为类型斑块优势度;  $a$ 、 $b$ 、 $c$  分别为破碎度、分离度和优势度的权重。依据景观指数的重要性以及对景观干扰度的贡献率, 参照游巍斌等(2011)的研究成果, 对破碎度、分离度和优势度分别赋以权重 0.5、0.3 和 0.2, 对量纲不同的指数进行归一化处理。

#### 2.3.2 景观脆弱度指数

景观脆弱度是各景观类型受自然和人类干扰后景观自然属性抵御外界干扰的能力, 反映受干扰后景观的变化程度(张笑楠等, 2009), 不同景观类型其抵抗外界干扰能力及对外界敏感程度存在差别(郭涿等, 2008)。本文中, 景观脆弱度反映区域尺度下景观类型受干扰后景观的变化状态, 与景观结构的自然演替过程, 功能的完整性, 外界干扰的性质、强度等多方面均存在密切关系(李月臣, 2008)。景观破碎度和分离度是描述景观特点的基本景观指数(邱彭华等, 2007), 既反映自然及人类活动对景观干扰的过程, 也反映受干扰后景观的变化状态, 是景观受干扰后结构变化、受干扰性质、强度的量化因子, 是景观脆弱度量度的重要指数。在郭涿等(2008)、游巍斌等(2011)的生态安全研究中, 对景观脆弱度的赋值也考虑到景观的脆弱度与分离度, 因此在景观脆弱度指数的构建中选取这 2 个指数。分维数表征斑块周长和面积的关系, 几何形状越简单、规则, 说明受干扰痕迹越严重, 形状越复杂, 自然度越高。另外, 景观信息是对景观类型特征的表述, 不能充分反映景观的脆弱性特点, 为此补充植被覆盖和土壤侵蚀 2 个指数, 便于从生态学角度量化景观的脆弱度。根据邱彭华等(2007)对于景观脆弱度的研究成果, 选取景观分离度、分维数倒数、破碎度指数、植被覆盖指数、土壤侵蚀指数作为景观类型脆弱性评价的指标, 通过多因子加权求和反映不同景观类型的脆弱程度。公式为:

$$F_i = \alpha C_i + \beta S_i + \gamma FD_i + \delta VC_i + \phi SE_i \quad (2)$$

式中:  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ 、 $\phi$  分别为破碎度、分离度、分维数倒数( $FD_i$ )、植被覆盖指数( $VC_i$ )、土壤侵蚀指数( $SE_i$ )的权重, 对量纲不同的指数进行归一化处理。因子分析法是用几个因子描述指标之间的联系, 用较少的因子反映目的函数的大部分信息。本文采用因子分析法计算景观脆弱度因子的权重, 运用 ArcGIS 软件中的 Patch Analysis 插件对各用地类型的景观破碎度、分离度、分维数倒数进行计算, 植被覆盖指数以及土壤侵蚀指数依据张笑楠等(2009)的研究, 运用专家打分法进行赋值。计算结果通过 SPSS 16.0 软件的因子分析, 得出  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ 、 $\phi$  的权重值分别为 0.192、0.188、0.107、0.256、0.258。景观格局指数  $C_i$ 、 $S_i$ 、 $D_i$ 、 $FD_i$  的公式见 Fragstrats 3.3 软件索引。

#### 2.3.3 区域景观生态安全度构建

根据罗格平等(2005)、周德成等(2012)的研究



成果,以1 km×1 km(行政区边缘不完整样方的大小有差别)尺度的等间距法将研究区进行空间网格化,将研究区分为567块样地,计算每一个网格样点的综合生态安全度,依据李月臣(2008)的研究,公式为:

$$ES_k = \sum_{i=1}^m \frac{A_{ki}}{A_k} (1 - 10 \times E_i \times F_i) \quad (3)$$

式中: $ES_k$ 为第 $k$ 个网格景观生态安全度指数; $m$ 为区域景观总样地数; $A_{ki}$ 为网格内景观类型 $i$ 的面积; $A_k$ 为评价单元 $k$ 区的面积。 $ES_k$ 越大,景观生态安全程度越高,反之生态安全度低。

## 2.4 空间统计学方法

### 2.4.1 空间自相关

空间自相关分析(ESDA)是通过计算空间自相关系数,描述可视事物或现象空间分布格局的空间集聚和异常,发现研究对象间的空间相互作用现象(王静等, 2011; 王伯礼等, 2010)。ESDA有2类分析方法,即全局统计和局域统计。

(1) 全局空间自相关(Moran's  $I$ )。用于验证整个研究区域某一要素的空间相关关系,依据王静等(2011)的研究,计算公式如下:

$$Moran's I = \frac{N \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij}} \quad (4)$$

式中: $N$ 为参与分析的研究区样地总数; $x_i, x_j$ 分别表示某特征属性 $x$ 在空间地域单元上的观测值( $i \neq j$ );  $\bar{x}$ 是研究对象 $x$ 的均值; $W_{ij}$ 是空间权重矩阵。

(2) 局部空间自相关(LISA)。反映整个大区域中的一个局部小区域单元上的某种地理现象或某一属性与相邻局部小区域单元上同一现象或属性的相关程度,依据王伯礼等(2010)的研究,计算公式为:

$$I_i = \left( \frac{x_i - \bar{x}}{m} \right) \sum_{j=1}^n W_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (5)$$

式中: $m = \left( \sum_{j=1, j \neq i}^n x_j^2 \right) / (n-1) - \bar{x}^2$ ;  $I_i$ 值为正,表示该区域单元周围相似值(高值或低值)的空间集聚,为负则表示非相似值之间的空间集聚。

### 2.4.2 半变异函数分析方法

区域生态环境脆弱度是一种空间变量,其空间变化具有结构性和随机性特征,采用地统计学的半变异函数法(Semi-variogram)进行生态环境脆弱度的空间分析(姚荣江等, 2006)。半变异函数的计算

公式为:

$$r(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (6)$$

式中: $N(h)$ 为相隔距离等于 $h$ 时的样点对数; $Z(x_i)$ 为样点 $Z$ 在位置 $x_i$ 的实测值; $Z(x_i + h)$ 为与 $x_i$ 距离为 $h$ 处样点的值。

## 2.5 逐步回归分析法

逐步回归分析方法是利用求解求逆紧凑变换法和双检验法,研究和建立最优回归方程的多元线性分析方法(游巍斌等, 2012)。对需要引入的自变量进行显著性检验,将通过检验(结果显著)的自变量按其对因变量作用的大小逐个引入方程,保证方程中的自变量对因变量的贡献均是显著的。

## 3 结果与分析

### 3.1 景观安全度时空演变分析

根据公式(1)~(3)计算研究区每个样方的景观生态安全度值,对其进行标准化,通过Arcgis 9.3软件对应输入各样地数据库,对其进行空间分析。依据前人的研究成果(俞孔坚, 1999; 游巍斌等, 2011; 林佳等, 2011)以及景观生态安全度值在空间上的分布特征,将研究区的景观生态安全度值分为3级:高生态安全度区(0.54~1)、中生态安全度区(0.31~0.53)和低生态安全度区(0~0.30)。2000-2010年,研究区景观生态安全度变化总体特点为:高生态安全度范围由南向北转移,面积减少18.23%;中生态安全度区域向中部集中,整体面积减小16.22%;低生态安全度面积增加,由南向北扩散(图2)。2000年高景观生态安全度地区内的主要景观类型为有林地以及高覆被草地;中景观生态安全度地区分布于研究区北部的疏林地,低、中覆被草地以及高覆被草地与裸岩石砾地的交错地区;低景观生态安全度地区分布于冰川永久积雪地以及裸岩石砾地区域。到2010年,研究区北部中等程度的景观生态安全度区域(低覆被度草地、疏林地)图上颜色由浅绿色变为蓝色,表明该区域生态安全度由中度变为高度,变化面积占研究区面积的3.7%;中部地区从较高的蓝紫色全部变为黄色和红色,表明此区域生态安全度整体下降,变化面积达22.93%;南部中生态安全度分布区(高覆被草地与裸岩石砾地的过渡带),由浅绿色变为黄色,表征该区域生态安全度下降,由中度变为低度的面积占研究区面积

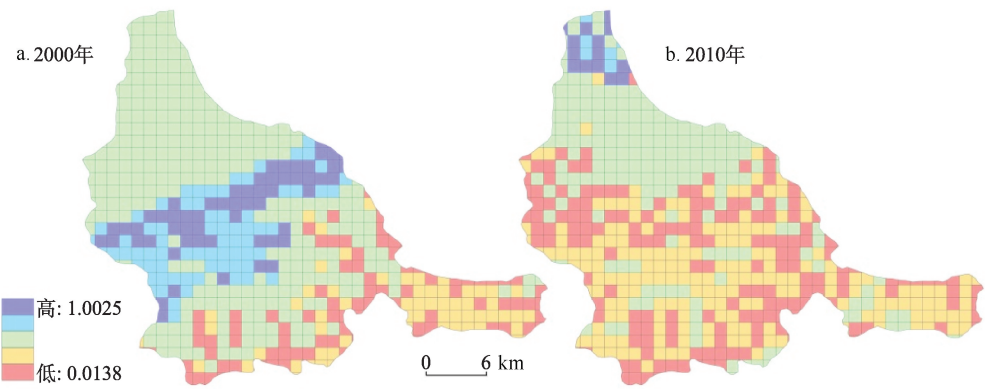


图2 新疆天池风景名胜区2000(a)、2010(b)年生态安全度空间分布

Fig. 2 Space distribution of landscape ecological security degree in Tianchi scenic zone in 2000 and 2010

的14.1%;随着高、中生态安全度地区面积的减小,低生态安全度面积增加,南部地区黄色、红色区域增大,有扩张趋势。

3.2 景观生态安全度空间相关性分析

根据公式(4)~(5),运用Geoda095i软件,计算2000、2010年不同时空尺度下研究区景观生态安全度的Moran's I值,结合散点图与局部空间自相关LISA分布图( $z$ 检验 $p<0.05$ ),进一步分析景观生态安全度在整个研究区以及单个样地与相邻样地的相关程度,以期得到整个研究区以及内部各样地景观生态安全度的空间分布特征(王静等, 2011; 王伯礼等, 2010)。

图3显示, Moran's I均为正值,且均趋近或大于0.5,说明研究区景观生态安全度在空间上存在正相关关系且空间全局自相关较显著,呈现较强的集聚现象。2000-2010年,其值从0.7656下降至0.4865,表明景观生态安全度随时间的变化呈现不

稳定性,表现出集聚态势减弱的趋势,集聚水平降低。研究区各样地的景观生态安全度值主要分布于第一、第三象限,存在高值区集聚和低值区集聚的正相关空间关联模式。2000年,具有空间正相关的样地比例达到92.5%(进入高值区域的样地为140个,低值区域的样地为385个);2010年,这一比例下降至81.5%(进入高值区域的样地为23个,低值区域的样地为439个)。2个时间断面内高值区样地个数均小于低值区样地的个数,随时间变化差距增大,表明研究区景观生态安全度主要集中在低值区,随时间变化集聚性减弱。

由图4可见,2000-2010年研究区内各样地与相邻样地景观生态安全度在空间上表现出集群分布向随机分布格局转变的趋势,呈现以下特点:①空间差异小、区域自身和邻近样地景观生态安全度都高(HH)的区域与高生态安全度区域变化趋势一致。2000年,HH区集中分布于生态环境较好的研

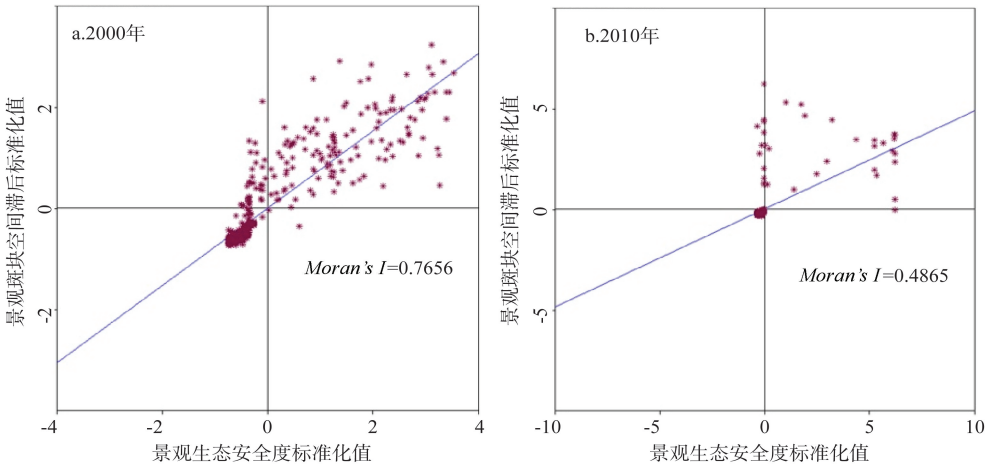


图3 2000(a)、2010(b)年新疆天池风景名胜区生态安全度Moran散点图

Fig. 3 Moran scatterplot of landscape ecological security degree in Tianchi scenic zone in 2000 and 2010

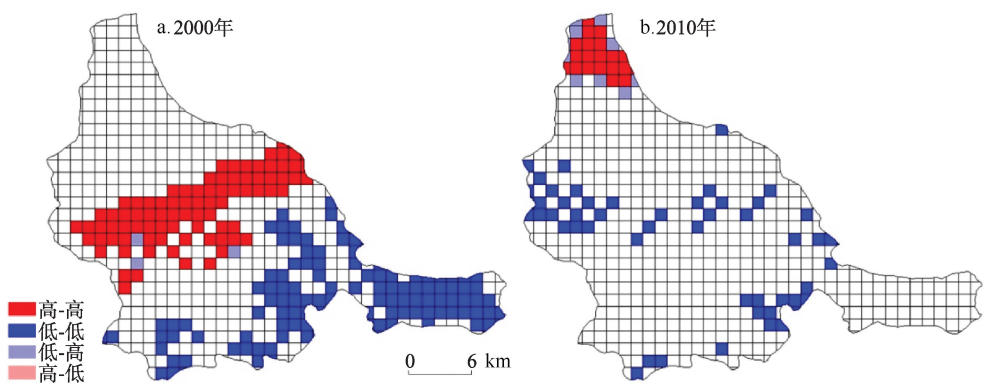


图 4 2000(a)、2010(b)年新疆天池风景名胜区生态安全度局域空间自相关LISA 集群图  
Fig. 4 LISA cluster graph of local spatial autocorrelation in Tianchi scenic zone in 2000 and 2010

究区中部地区,形成以高生态安全度为核心的区域;至2010年,景区景观生态安全度HH区转移至以原著居民集聚区域(三工河哈萨克族乡)为核心的区域,转移过程中面积减小。②空间差异小、区域自身和邻近样地景观生态安全度都较低(LL)的区域,空间上向北转移,由裸岩、积雪地为主的景观类型区转移到中部生态环境较好的区域,南部原本集中分布的LL区域面积减小15.7%,中部区域面积增加4.9%,总体面积减小。③空间差异较大,区域自身水平较低,邻近样地景观生态安全度高(LH)的区域空间上呈现零星分布,变化趋势从中部地区向北部转移。④空间差异较大,区域自身水平较高,邻近样地景观生态安全度低的(HL)区域空间上变化明显,由南向北面积增加,逐渐取代南部LL区域。可见,10年间研究区总体格局在空间上变化明显,空间集聚水平降低,呈现集聚区不稳定的特征,各样地与邻近样地在空间上随时间变化表现出集群分布向随机分布格局转变的趋势。

3.3 景观生态安全度空间分异分析

将各样方的景观生态安全度值作为样方中心点的景观生态安全度值,经过log变换后,数据符合正态分布,满足半变异函数分析的前提条件。运用GS+软件,根据公式(6)对研究区景观生态安全度进行分析,得到的各模型拟合的结果见表1。

经检验,2000年景观生态安全度指数模型的拟合效果最好,2010年高斯模型拟合效果最佳;2000与2010年样方的景观生态安全度值均存在各向异性特点,说明研究区在不同方向上性质不同,可能由于空间本身所处的介质(如地形、土壤、植被、母质等)存在各向异性所造成(张笑楠等,2009)。

$C_0/(C_0+C)$ 主要反映变量的空间相关性,也反映自相关与随机部分对地理要素空间分异的影响程度比例。小于25%,说明变量具有强烈的空间自相关性;25%~75%之间,属中等空间相关性;大于75%时,呈弱空间相关性(姚荣江等,2006)。 $A_0$ 反映研究区某一特征空间自相关的尺度状况,当取样尺度小

表1 新疆天池风景名胜区景观生态安全度理论变异函数  
Tab. 1 Variogram of landscape ecological security degree in Tianchi scenic zone

时段	模型	$C_0$	$C_0+C$	$C_0/(C_0+C)$	$A_0$	$R^2$	$RSS$
2000	球状模型	0.0081	0.0678	0.881	10390	0.860	$6.668 \times 10^{-4}$
	指数模型	0.0001	0.0689	0.930	11100	0.830	$8.332 \times 10^{-4}$
	线性指数	0.0367	0.0756	0.515	20020	0.415	$2.789 \times 10^{-3}$
	高斯模型	0.015	0.0676	0.778	8417.77	0.854	$6.981 \times 10^{-4}$
2010	球状模型	0.0024	0.0367	0.935	51100	0.825	$1.029 \times 10^{-4}$
	指数模型	0.0021	0.0607	0.965	153300	0.803	$1.159 \times 10^{-4}$
	线性指数	0.0024	0.2191	0.889	20020.72	0.841	$9.366 \times 10^{-5}$
	高斯模型	0.0054	0.0933	0.942	70078.78	0.958	$2.502 \times 10^{-5}$

注: $C_0$ 为块金值; $C_0+C$ 为基台值; $A_0$ 为变异程度; $R^2$ 为复相关系数; $RSS$ 为残差



于该值时,表明此时研究区主要的生态学过程、格局及功能都与该尺度有关,而当取样尺度大于该值时,则要素呈现随机性(张笑楠等, 2009)。

2000-2010年,研究区景观生态安全度的块金效应增强,  $C_0$  从 0.0001 增加至 0.0054, 反映随机部分的空间异质性增强。 $C_0/(C_0+C)$  的值从 0.930 上升至 0.942, 其值均大于 75%, 属弱空间相关性, 且相关性减弱, 与 LISA 图中各样方点与邻近样方所表现的空间相关性特征一致; 同时也表明尺度范围内, 随机因素(人为活动)对风景区景观生态安全空间分布的影响效应明显, 且影响效果显著, 与 10 年间景区的旅游开发与人为活动频繁的实际状况相符。 $A_0(11100\sim70078.78\text{ m})$  大于研究区样方的尺度, 表明景观生态安全度在研究区内各样方点仍具有相关性。总之, 风景区景观生态安全度的各向异性与弱空间相关性特点是结构性因素(地形、土壤、植被、母质等)和随机性因素综合作用的结果, 其中结构因素是景观的基质条件, 决定景观空间分布的大体格局分布, 随机因素是景观格局的中小尺度范围内景观演变的主要动因。

4 影响生态安全演变驱动机制分析

天池风景名胜区作为自然赋予的珍贵遗产, 自 20 世纪 80 年代就是全国享有盛名的旅游胜地, 其景观格局的变化与结构因素和随机因素紧密相连。在对近 10 年来研究区生态安全度格局的特征及动态规律分析的基础上, 认为导致风景区景观格局演变的驱动因子主要包括经、纬度及地貌条件等结构因素, 以及放牧、旅游、政策体制等随机因素。

4.1 经、纬度及地貌条件等结构因素

天山山地的地貌特征是影响天池景观空间格局、植被、土壤分布的主要因素。尽管景区内地貌

因素在 10 年内基本没有变化, 但地形因子在大尺度上决定研究区景观格局的形成与演变。经、纬度反映地理格局在空间上的水、热分布, 对经纬度网格范围内的景观格局的形成有重要影响。本文借助 ArcGIS 软件, 在 DEM 数据基础上生成经度、纬度、海拔、坡向、坡度、坡位等 6 个地形因子图层, 反映地形与景观生态安全度的关系。叠加经、纬度以及地形因子图层至生态安全度数据图层中, 逐一获得各样方点的数据, 对数据进行逐步回归分析。

相关系数( $r$ )是反映变量之间相关程度的指标:  $|r|$  越接近 1, 代表相关性越强; 在 0.3 以下为弱相关; 0.3~0.7 之间为中等相关; 0.7~1.0 为强相关(游巍斌等, 2012)。由表 2 可以看出, 景观生态安全度与各地形因子总体相关程度不高, 与纬度( $r=0.434$ )和海拔( $r=-0.322$ )中等相关, 与坡度( $r=-0.195$ )、经度( $r=-0.186$ )呈弱负相关。经检验, 坡位、坡向与景观生态安全度没有相关性( $sig.>0.5$ ), 说明景区内坡位、坡向不对生态安全度起关键作用。可见天池风景名胜区内各景观类型景观生态安全度值与经纬度以及地形因子(坡向、坡位除外)之间总体呈中、弱相关性。

选择经度、纬度、海拔、坡向、坡度、坡位等 6 个因子进行逐步回归拟合, 揭示研究区经纬度及地形因子与生态安全度的线性关系。得出最优方程 ( $p<0.005, R^2=0.554$ ):

$$ES=-0.000000433X+0.00001329Y$$
$$+0.00007078DEM-62.169$$

(7)

通过逐步回归分析, 坡度、坡向、坡位因子被剔除, 只有经度  $X$ 、纬度  $Y$ 、海拔  $DEM$  等 3 个因子进入地形景观生态安全度回归方程, 复相关系数为 0.554, 因子偏相关关系均达到显著水平 ( $P<0.05$ )。表明研究区景观生态安全度受经度、纬度、海拔因子的影响。

表2 景观生态安全度与地形因子的相关系数  
Tab.2 Correlation coefficient of landscape ecological security and topographical factors

相关系数	<i>ES</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>DEM</i>	<i>TPI</i>	<i>SLOP</i>	<i>ASP</i>
<i>X</i>	-.186**	1					
<i>Y</i>	.434**	-.442**	1				
<i>DEM</i>	-.322**	.769**	-.847**	1			
<i>TPI</i>	0.03	0.011	0.04	-.116*	1		
<i>SLOP</i>	-.195**	.261**	-.426**	.457**	-.271**	1	
<i>ASP</i>	0.005	-.111*	0.075	-.093*	-0.059	0.016	1

注: *ES* 为生态安全度; *X* 为经度; *Y* 为纬度; *DEM* 为海拔; *TPI* 为坡位; *SIOP* 为坡度; *ASP* 为坡向; \*\*代表显著性水平为 0.01; \*代表显著性水平为 0.05

## 4.2 人类活动影响因素

### 4.2.1 放牧、旅游活动因素

新疆天池风景名胜区是气候变化以及人为干扰敏感的区域,自2000年起,随着景区社会经济的发展,区内农牧民以发展旅游业和扩大放牧业为主要经营模式,由此2000-2010年间,景区中部地区植被受到影响,景观特点具体呈现斑块数量增加,破碎化、分离度加剧,优势度降低,斑块形状趋向规则化等特点(罗格平等,2005)。

区内草地作为基质景观,其内镶嵌着湖泊、林地、裸岩以及冰川积雪地等景观类型,由于优良的草质、合理的分布使得区内居民的放牧活动从历史延续至今。2000-2010年,放牧对草地生态系统生产力的影响呈现“弱—强—弱”的特点,主要通过影响草场生物量和营养的再分配对生态系统产生直接和间接影响(周德成等,2012)。居民放牧影响的范围主要集中在 $43^{\circ}50'18''\sim 44^{\circ}4'55''\text{N}$ ,其中草地面积(包括低、中、高覆盖度草地)占全区总面积的57%,具体范围从花尔沟口至雪山,东西为四工河、三工河、水磨河分水岭,核定载畜量为51210个绵羊单位,2000年实际载畜量为46500只绵羊单位,2010年为5万只,较2006年的10.3万只绵羊单位减少50%以上。原因在于2000年后,农牧民以生活需求、增加收入为前提,大力发展畜牧业,过度的放牧超载现象使原本面积较大、等级较好的草场均发生严重超载,造成牧草数量减少、草场等级退化现象。2006年后,景区进行牧民搬迁,对圈养牲畜量进行科学控制及补贴,牲畜总量出现下降趋势,对草场的影响减弱。

景区的发展规划建设、游客活动以及区内居民生产生活方式的差异,会导致景区呈现不同的生态学过程以及景观格局特征,旅游开发进程(或旅游地生命周期)对自然遗产地的景观格局影响显著(游巍斌等,2012;周年兴等,2008),表现在为满足游客需求实施的基础设施建设和游客的旅游行为对周边环境的影响方面:①随着旅游旺季游客量的不断集中,为满足游客的需求,天池景区游客中心、酒店、旅店、停车场、公路等旅游基础服务设施建设面积增加,同时需要包括吃、住、行、游、购、娱在内的旅游体系服务设施的建设,对本区的直接影响为部分裸地、低覆盖度草地、部分天然林被开发成建设用地,建设用地斑块数量增加,面积增大。②2000-2010年,景区游客量从42.12万人次增长至134.5万人次,10年

间增长近2.19倍,游客游览面积达 $28\text{ km}^2$ ,游客量基数的增长超过了景区游客的门槛数量,因而对周边的景观和生态系统都产生一定影响。

放牧、旅游活动对景观生态安全度的空间格局的影响体现在:研究区中部原本生态环境较好的高景观生态安全度区域变为低景观生态安全度区域,高景观生态安全度区域面积减少,核心区发生转移。

### 4.2.2 政策体制因素

由政策引导而实施的生态修复、草场保护、生态移民等政策措施,是某一类型景观格局在中小尺度变化的直接动因。2000年后,景区积极鼓励旅游业发展,在政策引导作用下,经济效益增加,但生态环境出现生物多样性降低、生境破碎化等问题。2006年后,政策发生转变,天池管委会以及相关地区先后编制《天山天池风景名胜区总体规划》(2006年),组织专家对其进行科学考察,2007年完成《新疆天山天池博格达峰自然保护区科学考察报告》;2010年2月天池风景区被纳入世界自然遗产地的遗产清单后,政府进一步加大对天池风景区的生态保护和规划管理,出台《天山天池风景名胜区保护管理条例》,对研究区进行生态移民,对景区内破坏生态的设施进行拆迁,并加大对景区管理、生态移民的财政补贴。政策因素的影响直接体现为北部居民聚居区(三工河哈萨克族乡)原本人类活动影响显著的中等景观生态安全度区域变为高景观生态安全度区域,且成为景观生态安全度新的HH核心区。

## 5 结论与讨论

本文运用景观干扰度、景观脆弱度指数构建天池风景名胜区景观生态安全度;运用等间距法将研究区进行空间网格化,计算每个网格样点的综合生态安全度;比较分析2000、2010年各样点景观生态安全度的时空演变特征,进一步探讨导致格局演变的驱动机制。主要结论如下:

(1) 2000-2010年,高景观生态安全度范围由南向北转移,面积减小;中景观生态安全度区域由南北向中部集中,面积减小;低景观生态安全度呈现由南向北扩散的趋势,面积增加。

(2) 2000-2010年,景观生态安全度的Moran's I均趋近于0.5,全局空间自相关较显著,但随时间演



变,空间集聚水平降低,呈现集聚区不稳定特征;局域空间自相关分析中,HH区由中部向北部转移,且面积减小;在研究区范围内,HL与LH区面积增加,表现出集群转移向随机分布格局转变的趋势。

(3) 2000-2010年,研究区景观生态安全度的块金效应增强,在变程范围内,随机因素作用增强,与10年间景区人为活动频繁的实际状况有关;景观生态安全度值的各向异性与弱空间相关性特点是结构性因素和随机性因素综合作用的结果。

(4) 结构因素与随机因素是影响研究区景观生态安全度格局的主要驱动机制,经度、纬度、海拔因子等结构性因素对景观生态安全度的影响显著;随机因素中,放牧、旅游活动以及政策影响景观生态安全度中小尺度的格局,放牧、旅游活动导致高景观生态安全度区域面积减小,HH区发生转移,政策因素使原本人类活动影响显著的中等景观生态安全度区域变为高景观生态安全度区域,并成为景观生态安全度新的HH区。

借助景观格局指数对研究区景观生态安全度的构建,在时空上大体反映了研究区景观生态安全的变化趋势,与实际情况相符。研究区的景观生态安全度一方面反映景观类型自身的安全性和稳定性,另一方面也反映在外界(包括人类和自然)干扰后,本身自然条件在抵御干扰作用后的安全状况。研究区随机因素中政策保护使得研究区北部高景观生态安全度的面积增加,HH区向北转移,但人为保护是否会导致某些景观类型面积增加,其他景观类型面积减小,进而造成生态系统的生物多样性、功能均低于原始自然态下生态系统的指标。本文因研究者的经验以及知识水平等限制,未能阐明这些问题,因此,如何量化生态安全度变化的原因,以及人类政策作用下,是否一定对生态系统功能产生促进作用等,还有待进一步研究。

## 参考文献(References)

- Chen X, Zhou C H. 2005. Review of the studies on ecological security. *Progress in Geography*, 24(6): 8-20. [陈星, 周成虎. 2005. 生态安全: 国内外研究综述. *地理科学进展*, 24(6): 8-20.]
- Chen X. 2010. *Physical geography of arid land in China*. Beijing, China: Science Press. [陈曦. 2010. 中国干旱区自然地理. 北京: 科学出版社.]
- Dator J. 2006. From resource scarcity to ecological security: Exploring new limits to growth. *Technological Forecasting and Social Change*, 73(8): 1051-1056.
- Gao Y, Huang H M, Wu Z F. 2010. Landscape ecological security assessment based on projection pursuit: A case study of nine cities in the Pearl River Delta. *Acta Ecologica Sinica*, 30(21): 5894-5903. [高杨, 黄华梅, 吴志峰. 2010. 基于投影寻踪的珠江三角洲景观生态安全评价. *生态学报*, 30(21): 5894-5903.]
- Gong J Z, Xia B C, Liu Y S. 2010. Study on spatial-temporal heterogeneities of urban ecological security of Guangzhou based on spatial statistics. *Acta Ecologica Sinica*, 30(20): 5626-5634. [龚建周, 夏北成, 刘彦随. 2010. 基于空间统计学方法的广州市生态安全空间异质性研究. *生态学报*, 30(20): 5626-5634.]
- Guo L, Xue D Y, Yu S X, et al. 2008. Assessment and dynamic analysis of landscape ecological security of Taishan Mountain. *Journal of Mountain Science*, 26(3): 331-338. [郭砾, 薛达元, 余世孝, 等. 2008. 泰山景观生态安全动态分析与评价. *山地学报*, 26(3): 331-338.]
- Guo M, Xiao D N, Li X. 2006. Changes of landscape pattern between 1986 and 2000 in Jiuquan oasis, Heihe River Basin. *Acta Ecologica Sinica*, 26(2): 457-466. [郭明, 肖笃宁, 李新. 2006. 黑河流域酒泉绿洲景观生态安全格局分析. *生态学报*, 26(2): 457-466.]
- Han F, Yang Z P, Liu X Y, et al. 2011. Impact assessment and protection of outstanding landscape integrity in a natural heritage site: Fairy Valley, Kanas Nature Reserve, Xinjiang, China. *Journal of Mountain Science*, 8(1): 46-52.
- Li X Y, Zhang S W. 2005. Analysis on the dynamic trend of ecological security in the west part of Jilin Province, China based on the landscape structure. *Arid Zone Research*, 22(1): 57-62. [李晓燕, 张树文. 2005. 基于景观结构的吉林西部生态安全动态分析. *干旱区研究*, 22(1): 57-62.]
- Li Y C. 2008. The dynamic changes of ecological security in northern China. *Geographical Research*, 27(5): 1150-1160. [李月臣. 2008. 中国北方13省市区生态安全动态变化分析. *地理研究*, 27(5): 1150-1160.]
- Lin J, Song G, Song S M. 2011. Research on dynamic changes of landscape structure and land use eco-security: A case study of Jiansanjiang land reclamation area. *Acta Ecologica Sinica*, 31(20): 5918-5927. [林佳, 宋戈, 宋思铭. 2011. 景观结构动态变化及其土地利用生态安全: 以建三江垦区为例. *生态学报*, 31(20): 5918-5927.]
- Liu Y, Meng J J, Zhu L K. 2010. Progress in the research on regional ecological security pattern. *Acta Ecologica Sinica*, 30(24): 6980-6989. [刘洋, 蒙古军, 朱利凯. 2010. 区域生态安全格局研究进展. *生态学报*, 30(24): 6980-6989.]
- Luo G P, Zhou C H, Chen X. 2005. Human-induced spatio-temporal changes of oasis through landscape pattern analysis: A case study of oasis in the Sangong River. *Acta Ecologica Sinica*, 25(9): 2197-2205. [罗格平, 周成虎, 陈曦. 2005. 从景观格局分析人为驱动的绿洲时空变化: 以天山北坡三工河流域绿洲为例. *生态学报*, 25(9): 2197-2205.]

- Peng J, Wu J S, Pan Y J, et al. 2012. Evaluation for regional ecological sustainability based on psr model: Conceptual framework. *Progress in Geography*, 31(7): 933-940. [彭建, 吴健生, 潘雅婧, 等. 2012. 基于PSR模型的区域生态持续性评价概念框架. *地理科学进展*, 31(7): 933-940.]
- Qiu P H, Xu S J, Xie G Z, et al. 2007. Analysis on the ecological vulnerability of the western Hainan Island based on its landscape pattern and ecosystem sensitivity. *Acta Ecologica Sinica*, 27(4): 1257-1264. [邱彭华, 徐颂军, 谢跟踪, 等. 2007. 基于景观格局和生态敏感性的海南西部地区生态脆弱性分析. *生态学报*, 27(4): 1257-1264.]
- Rogers K S. 1997. Ecological security and multinational corporations. *Environmental Change and Security Project Report*, (3): 29-36.
- Sun Q Q, Song G, Qi M L. 2012. Analysis of land ecological safety evaluation of Harbin City based on principal component analysis. *Research of Soil and Water Conservation*, 19(1): 234-238. [孙奇奇, 宋戈, 齐美玲. 2012. 基于主成分分析的哈尔滨市土地生态安全评价. *水土保持研究*, 19(1): 234-238.]
- Wang B L, Zhang X L. 2010. The contribution of highway traffic infrastructure construction to economic growth in Xinjiang based on I-O and ESDA. *Acta Geographica Sinica*, 65(12): 1522-1533. [王伯礼, 张小雷. 2010. 新疆公路交通基础设施建设对经济增长的贡献分析. *地理学报*, 65(12): 1522-1533.]
- Wang G, Gao H J, Gao X L, et al. 2010. An evaluation of ecological security of mineral-rich cities based on danger factors. *Resources Science*, 32(2): 331-337. [王耕, 高红娟, 高香玲, 等. 2010. 基于隐患因素的矿业城市生态安全评价研究: 以辽宁省为例. *资源科学*, 32(2): 331-337.]
- Wang J, Zhang X L, Du H R. 2011. Spatial pattern evolution and characteristics of the economy in Xinjiang at the county level. *Progress in Geography*, 30(4): 471-478. [王静, 张小雷, 杜宏茹. 2011. 新疆县域经济空间格局演化特征. *地理科学进展*, 30(4): 471-478.]
- Xiu L N. 2011. Evaluating on regional land ecological security based on OWA-GIS[D]. Beijing, China: China University of Geoscience(Beijing). [修丽娜. 2011. 基于OWA-GIS的区域土地生态安全评价研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京).]
- Xu H, Lei G P, Cui D P, et al. 2011. Study on evaluation for ecological security of cultivated land: A case study of Ning'an City in Heilongjiang Province. *Research of Soil and Water Conservation*, 18(6): 180-189. [徐辉, 雷国平, 崔登攀, 等. 2011. 耕地生态安全评价研究: 以黑龙江省宁安市为例. *水土保持研究*, 18(6): 180-189.]
- Yang L, Lv Y, Zheng H Y. 2010. Review on research of urban land carrying capacity. *Progress in Geography*, 29(5): 593-600. [杨亮, 吕耀, 郑华玉. 2010. 城市土地承载力研究进展. *地理科学进展*, 29(5): 593-600.]
- Yang Y, Niu J M, Zhang Q, et al. 2011. Ecological footprint analysis of a semi-arid grassland region facilitates assessment of its ecological carrying capacity: A case study of Xilinguole League. *Acta Ecologica Sinica*, 31(17): 5096-5104. [杨艳, 牛建明, 张庆, 等. 2011. 基于生态足迹的半干旱草原区生态承载力与可持续发展研究: 以内蒙古锡林郭勒盟为例. *生态学报*, 31(17): 5096-5104.]
- Yao R J, Yang J S, Liu G M. 2006. Spatial variability of soil salinity and moisture and their estimations by cokriging method: A case study in characteristic field of Yellow River Delta. *Journal of Soil and Water Conservation*, 20(5): 133-138. [姚荣江, 杨劲松, 刘光明. 2006. 土壤盐分和含水量的空间变异性及其CoKriging估值: 以黄河三角洲地区典型地块为例. *水土保持学报*, 20(5): 133-138.]
- You W B, He D J, Wu L Y, et al. 2011. Temporal-spatial differentiation and its change in the landscape ecological security of Wuyishan Scenery District. *Acta Ecologica Sinica*, 31(21): 6318-6327. [游巍斌, 何东进, 巫丽芸, 等. 2011. 武夷山风景名胜区景观生态安全度时空分异规律. *生态学报*, 31(21): 6318-6327.]
- You W B, He D J, Wu L Y, et al. 2012. Spatial-temporal variation of landscape service value and its correlation with ambient environmental factors in mountain resorts: A case study of Wuyishan Scenery District. *Journal of Mountain Science*, 30(1): 113-120. [游巍斌, 何东进, 巫丽芸, 等. 2012. 山岳旅游地生态服务价值时空分异及其与环境因子关系: 以武夷山风景名胜区为例. *山地学报*, 30(1): 113-120.]
- Yu K J. 1999. Landscape ecological security patterns in biological conservation. *Acta Ecologica Sinica*, 19(1): 8-15. [俞孔坚. 1999. 生物保护的景观生态安全格局. *生态学报*, 19(1): 8-15.]
- Yu K J, Li H L, Li D H, et al. 2009. National scale ecological security pattern. *Acta Ecologica Sinica*, 29(10): 5163-5175. [俞孔坚, 李海龙, 李迪华, 等. 2009. 国土尺度生态安全格局. *生态学报*, 29(10): 5163-5175.]
- Zeng H, Gao Q H, Chen X, et al. 2010. Changes of the wetland landscape in Shenzhen City from 1988 to 2007 and the driving force analysis. *Acta Ecologica Sinica*, 30(10): 2706-2714. [曾辉, 高启辉, 陈雪, 等. 2010. 深圳市1988-2007年间湿地景观动态变化及成因分析. *生态学报*, 30(10): 2706-2714.]
- Zhang H L. 2011. Study on evaluation and optimization of agricultural land use in XPCC based on ecological security [D]. Shihezi, China: Shihezi University. [张红丽. 2011. 基于生态安全的新疆兵团农地利用评价及优化研究[D]. 石河子: 石河子大学.]
- Zhang Q, Xue H F, Zhang M J, et al. 2010. Early-warning model based on extension analysis for ecological security and its application: Case study of Shaanxi Province. *Acta Ecologica Sinica*, 30(16): 4277-4286. [张强, 薛惠锋, 张明军, 等. 2010. 基于可拓分析的区域生态安全预警模型及应用: 以陕西省为例. *生态学报*, 30(16):

4277-4286.]

Zhang X F, Wang R S, Li Z G, et al. 2011. Comprehensive assessment of urban ecological risks: The case of Huaibei City. *Acta Ecologica Sinica*, 31(20): 6204-6214. [张小飞, 王如松, 李正国, 等. 2011. 城市综合生态风险评价: 以淮北市城区为例. *生态学报*, 31(20): 6204-6214.]

Zhang X N, Wang K L, Zhang W, et al. 2009. The quantitative assessment of eco-environment vulnerability in karst regions of Northwest Guangxi. *Acta Ecologica Sinica*, 29(2): 749-757. [张笑楠, 王克林, 张伟, 等. 2009. 桂西北喀斯特区域生态环境脆弱性研究. *生态学报*, 29(2): 749-757.]

Zhang Y L. 2011. Research on ecological security synthetic assessment of Minqin [D]. Beijing, China: Beijing Forestry University. [张艳丽. 2011. 民勤县生态安全综合评价研究 [D]. 北京: 北京林业大学.]

Zhao H X, Wu S H, Jiang L G. 2007. Review on recent advances in ecological threshold research. *Acta Ecologica Sinica*, 27(1): 338-345. [赵慧霞, 吴绍洪, 姜鲁光. 2007. 生态阈值研究进展. *生态学报*, 27(1): 338-345.]

Zhao Y Z, Zou X Y, Cheng H, et al. 2006. Assessing the eco-

logical security of the Tibetan plateau: Methodology and a case study for Lhaze County. *Journal of Environmental Management*, 80(2): 120-131.

Zhou D C, Luo G P, Han Q F, et al. 2012. Impacts of grazing and climate change on the aboveground net primary productivity of mountainous grassland ecosystems along altitudinal gradients over the Northern Tianshan Mountains, China. *Acta Ecologica Sinica*, 32(1): 81-92. [周德成, 罗格平, 韩其飞, 等. 2012. 天山北坡不同海拔梯度山地草原生态系统地上净初级生产力对气候变化及放牧的响应. *生态学报*, 32(1): 81-92.]

Zhou G F. 2003. Ecological security and study on ecological security. *Journal of Guizhou Normal University: Natural Science*, (3): 105-108. [周国富. 生态安全与生态安全研究. 2003. 贵州师范大学学报: 自然科学版, (3): 105-108.]

Zhou N X, Huang Z F, Lin Z S. 2008. Changes in landscape spatial pattern in Wulingyuan world heritage site as a tourism destination. *Geographical Research*, 27(4): 735-744. [周年兴, 黄震方, 林振山. 2008. 武陵源世界自然遗产旅游地景观格局变化. *地理研究*, 27(4): 735-744.]

## Characteristics of temporal-spatial differences in landscape ecological security and the driving mechanism in Tianchi scenic zone of Xinjiang

SHI Hui<sup>1,2</sup>, YANG Zhaoping<sup>1</sup>, HAN Fang<sup>1</sup>, SHI Tiange<sup>1,2</sup>, LUAN Fuming<sup>1,2</sup>

(1. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, Urumqi 830011, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** The Tianchi scenic zone of Xinjiang, one of Xinjiang Tianshan Mountain's world natural heritage sites, contains well-preserved natural landscapes. Landscape ecological security is an important environmental protection indicator. In this article, gridded spatial models for the degrees of landscape ecological security in the scenic zone are constructed based on TM images from 2000 to 2010, almanacs of Xinjiang from 2000 to 2010 and the data of field survey. By using ESDA and semi-variogram for spatial analysis, and the stepwise regression methods, the characteristics and the driving forces of the evolvement of temporal-spatial differences among the individual quadrats are analyzed. The results indicate that: (1) During 2000-2010, the areas with high degrees of landscape ecological security shifted from south to north; the areas with medium degrees shifted to the center from the south and north; the areas with low degrees showed a trend of expanding from south to north. (2) From 2000 to 2010, *Moran's I* reflected positive spatial autocorrelation of landscape ecological security, but the level of spatial concentration decreased and was unstable with time. The local indicators of spatial association showed that the degrees of landscape ecological security exhibited a trend of change from a clustered to a random distributed pattern. (3) Within the variation range, the value of landscape ecological security exhibited anisotropy and weak spatial correlation features, as a result of combined effects of structural and stochastic factors. (4) The longitude, latitude and altitude significantly affected the degree of landscape ecological security. In small and medium landscape scales, grazing, tourism, and policy activities had major impacts on the evolvement of the landscape ecological security.

**Key words:** degree of ecological security; spatial-temporal differences; driving mechanism; Tianchi scenic zone of Xinjiang