

泰山景观生态安全动态分析与评价

郭 砾¹, 薛达元¹, 余世孝², 蔡 亮¹

(1. 中央民族大学生命与环境科学学院, 北京 100081; 2. 中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275)

摘 要: 泰山位于山东省中部, 是我国重点旅游区和世界文化与自然双遗产, 具有独特的山地植被景观。长期以来, 泰山的生态环境和自然资源经历了由原始完整到遭受严重破坏、再恢复重建的过程。近年来, 旅游业的迅速发展和人类活动的干预已构成对当地生态环境的严重威胁, 泰山景观格局的生态安全问题已成为一个不容忽视的问题。在对泰山景观格局研究的基础上, 着重分析了泰山景观生态环境问题的发生与作用、景观结构与功能关系的机制、不同尺度上格局与过程的干扰效应及景观稳定性等问题。定性和定量相结合地评估和分析了泰山景观整体健康水平, 并讨论和描述了泰山景观的安全格局。

关键词: 泰山; 景观格局; 生态安全; 评价

中图分类号: Q143

文献标识码: A

生态安全 (ecological security) 是指生态环境处于不受或少受破坏或威胁的状态, 目前关于生态安全的概念存在着广义和狭义两种理解。广义的生态安全包括自然生态安全、经济生态安全和社会生态安全; 狭义的生态安全是自然和半自然生态系统的安全^[1]。目前国内外大量有关生态安全的研究主要集中在生物入侵、环境污染和城市、地区生态安全的评价等方面, 主要涉及生态安全的概念及本质、生态安全评价体系的构建、生态安全阈值的确定、生态安全度数量化指标或生态安全系数的设计^[2-5]。值得注意的是, 许多研究或评价注重已受破坏或即将恶化的区域; 研究思路偏重生态安全现状分析, 研究层次着重在生态系统层面^[6-7]。关于山地生态安全的研究主要集中在环境脆弱性和保护策略方面^[8-9], 而从景观生态角度对山地景观生态安全格局的研究涉及较少。

在人类活动改变和影响地球环境的过程中, 山地系统是最敏感的区域之一。由于景观本身是人类经济活动的资源和开发利用的对象, 人类的经济开发活动主要是在景观层次上进行, 因而景观成为研

究人类活动对山地环境影响的适度尺度^[10]。景观结构 (格局) 既是景观异质性的具体体现, 又是各种生态过程在不同尺度上作用的最终结果, 景观结构显示的各种生态影响的空间分布和梯度变化特征, 使各种空间分析的手段成为可能^[11]。

基于泰山景观格局的研究积累, 本文将着重对景观结构与功能关系的机制、泰山景观生态环境问题的发生与作用、不同尺度上格局与过程的干扰效应及景观稳定性等问题, 分析泰山景观整体健康和景观生态环境水平, 并进一步描述其景观安全格局。

1 研究区概况

泰山位于华北平原, 地势差异显著, 地貌分异明显, 主峰海拔 1 545 m, 相对高度大。泰山与其他名山不同之处在于, 它并不位于由板块会聚形成的山脉之内, 而是位于中国东部滨陆缘活化带之中。由于地处温暖带大陆性季风气候区。气候的垂直地带性分异十分明显, 植被类型为暖温带落叶阔叶林, 植被带的垂直分布明显, 森林植被包括针叶林、

收稿日期 (Received date): 2007-10-20; 改回日期 (Accepted): 2008-01-10.

基金项目 (Foundation item): 教育部骨干教师基金和国家民委重点项目 (Financial Support by the Funds of Education Ministry and the Funds of National Nationality Council)

作者简介 (Biography): 郭砾 (1975-), 女, 副教授, 济南人, 主要从事景观生态方面的研究工作。 [Guo Luo (1975-), female, born in Jinan city,

Specialty in the Landscape ecology and "3S" technology application.]Email: guoluo2010@163.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

阔叶林、竹林、经济林 4 个植被型, 森林覆盖率达 81.5%。泰山处于中国北方生态环境脆弱带的边缘, 自然环境本身具有脆弱性, 自然环境对景观的干扰复杂, 人为活动对研究区的生态环境影响较大^[12]。

2 研究方法

2.1 景观复合稳定性分析

景观复合稳定性是指低层次非平衡过程被整合到高层次稳定过程, 在高层次上表现出的“准”平衡态特性。景观的稳定性来自景观类型斑块复合镶嵌体, 反映的是一种“有序来自无序”的情景。本文通过干扰面积与干扰时间间隔, 根据 Tumer等^[13]所建立的干扰在时间与空间上相对尺度的函数, 定性描述景观复合稳定性。另外采用景观类型平均综合指数变化率、景观类型分维数变化率、景观类型稳定性指数变化率, 定量地确定各景观类型指标变化率值。以各景观类型最大综合结构指数变化率与平均值, 表达景观稳定性的阈值, 筛选出综合变化率大、稳定性差的景观类型。通过分析定性描述景观稳定性。采用公式

$$P_i(\%) = \sum P_{ij} / m \quad P(\%) = \sum P_i / n$$

式中 P_i 为 i 景观类型平均综合指数变化率, n 为景观类型数目; P_{ij} 为 i 景观类型 j 项指数变化率, m 为分析指数项目, P 为景观综合指数变化率。

本研究共选用五项指数进行综合分析, $m = 5$, 包括景观类型斑块的优势度变化率、多样性变化率、均匀度变化率、形状指数变化率和联系度变化率; 景观类型包括 12 个, $n = 12$ 。

2.2 景观生态安全度分析

景观的空间格局是由若干生态过程和非生态过程共同作用、长期影响的结果。景观结构影响或制约着各种干扰的扩散和能量的转移, 因此, 景观结构一旦遭到破坏或退化, 将对整个景观区域的生态环境产生严重的影响。长期的自然或人为的各种干扰, 导致景观生态环境由单一向复杂、均质向异质、连续向不连续变化, 干扰的程度越大, 景观生态环境的安全程度就越低, 景观受干扰的程度表征在各种景观异质性、多样性指数的变异上, 如景观的破碎程度、景观分离或连接程度、景观的优势程度, 同时还与景观本身易损性质有关。为此, 采用各景观类型受干扰程度和景观本身的易损程度来表征景观类型

生态安全程度。公式如下

$$ES_i = 1 - [(PD_i + ED_i + D_i + C_i) \times 2.5Q_i]$$

$$I_i = (PD_i + ED_i + D_i + C_i) / 4$$

式中 ES_i 为景观类型生态安全度; PD_i 为景观类型斑块破碎度, 也即类型密度; ED_i 为景观类型边界破碎度, 也即类边界密度; D_i 为景观类型斑块优势度, 也即类斑优势度; C_i 为景观类型斑块联系度, 也即类斑分离度; I_i 为景观类型干扰度, 也即类斑损失度; Q_i 为景观类型斑块易损度, 也即类斑脆弱度, 2.5 为换算系数, 其中考虑到公式中四项指数采取平均权重计算。

总体景观的生态安全程度与景观内各景观类型面积有关的公式如下

$$ES = \sum_{i=1}^n ES_i \times PR_i$$

式中 ES 为景观安全度; PR_i 为景观类型斑块面积百分比, 即类斑盖度, n 为景观类型数。

3 结果与分析

3.1 泰山景观复合稳定性分析

景观稳定性和不稳定性问题尚有一定争议, 这多源于对稳定性定义的多意和混淆, 也由于缺乏对景观结构异质性、尺度效应的认知。实际上, 景观类型斑块表征的是多尺度上的特征; 在景观尺度上, 同一景观类型斑块之间或不同类型斑块间的相互作用或影响是相当复杂的。一方面反映在斑块本身动态水平变化上, 另一方面则反映在斑块镶嵌水平的结构和功能变化上, 要确定的正是这种稳定性变化水平或状态。景观的任何变化超过一定阈值则可表达为稳定性差, 景观的任何突变均可表述为与景观生态安全有关。景观总体的景观稳定性来自景观类型的稳定性, 更来自于景观类型斑块镶嵌体的稳定性。景观稳定性这种在高层次景观等级上表现出的“准”平衡特性称为复合稳定性 (meta-stability), 所反映的正是一种“有序来自无序”的动态变化过程。

3.1.1 景观稳定性的 Tumer 模型分析

景观稳定性可看作是干扰在时间和空间相对尺度上的函数 (Tumer *et al.*, 1991)。干扰的频率和强度以及景观本身的生物学特征一起决定其稳定性^[14]。20 a 来泰山经历了自然和人为的种种干扰, 在主要依据人工干扰强度 (强度、中度、弱度), 所划分的三个分区和泰山总体景观基础上, 确定景观恢复期为 60 a, 干扰时间为 20 a, 时间比值为 0.4 面

积比值在 0.60~0.81 间(表 1)。

Tumer景观稳定性干扰在时空上的相对尺度函数模型, 给出的各干扰强度区景观均具稳定性, 其中仅强度干扰区变异程度大, 其他干扰区变异程度均小。由此定性描述泰山总体景观和各干扰强度分区的景观稳定性为: 具有稳定性, 变异程度小。

3.1.2 景观稳定性的综合指数变化率分析

各景观类型综合结构多项指数的平均变化率,

无论是增加或减少, 在一定程度上反映类型斑块镶嵌水平的结构与功能变化。这些变化率经历了 20 a 其平均水平又反映景观综合变化率的稳定性水平和规律。景观在 20 a 动态的变化也许在大尺度景观水平上处于稳定态。在适当的中尺度景观水平上则可能处于非稳定态, 这里采用的是各指数 20 a 动态的变化率, 并以景观类型平均综合指数变化率来评估景观稳定性, 这种稳定性也应属于景观复合稳定性。

表 1 泰山不同干扰强度区景观稳定性

Table 1 Landscape stability of different disturbances zones of Taishan Mountain

干扰强度 分区	景区	干扰时间与 恢复期比值	区域面积 (hm ²)	干扰面积 h(m ²)	干扰面积与 总面积比值	稳定性变 化率(%)	稳定性描述
I 强度 干扰区	泰前、竹林寺	0.4	1 963.7	1 594.2	0.81	87.2	具有稳定性, 变异程度大
II 中度 干扰区	樱桃园、三岔、 桃花峪	0.4	4 386.6	3 250.6	0.74	54.0	具有稳定性, 变异程度小
III 弱度 干扰区	巴山、佛爷寺、 扫帚峪	0.4	5 260.7	3 174.8	0.60	19.9	具有稳定性, 变异程度小
总体		0.4	11 611.0	8 019.6	0.69	44.6	具有稳定性, 变异程度小

表 2 泰山景观类型综合结构指数和稳定性指数变化率

Table 2 The index change of landscape structure and stability of Taishan Mountain

景观 类型	综合结构指数变化率(%)			分维数 变化率(%)	稳定性指数 变化率(%)
	平均值	最大值	最大/平均值		
松林	26.3	77.8	2.958	7.9	45.7
侧柏林	26.4	64.5	2.452	5.8	42.3
刺槐林	10.3	15.2	1.476	1.3	16.5
栎林	14.7	31.8	2.163	3.4	22.2
混交林	17.5	42.6	2.434	32.2	68.7
经济林	108.0	262.8	2.433	9.4	79.3
灌丛	24.4	38.5	1.578	5.8	25.6
荒地	55.2	103.7	1.879	5.9	42.4
裸地	8.9	20.4	2.292	1.5	30.4
水体	71.7	166.8	2.326	15.4	45.3
建筑	47.8	88.3	1.847	15.7	72.7
道路	109.3	340.0	3.111	/	/
总体	43.4	104.4	2.246	7.3	44.6

从表 2 可知, 20 年来泰山各景观类型平均综合结构指数变化率范围在 10.3~109.3 间; 最大变化率在 15.2%~340.0% 间; 最大变化率与平均变化率的比值在 1.476~3.111 间, 平均为 2.246。将景观类型变化率的平均值 2.246 作为景观类型稳定性阈值, 则大于阈值的七个景观类型顺序有: 道路、松林、侧柏林、混交林、经济林、水体和裸地。

从各景观类型分维数变化率来看, 大于平均值的五个景观类型顺序有: 混交林、建筑、水体、经济林、松林; 从各景观类型稳定性指数变化率来看, 大于平均值的五个景观类型顺序有: 经济林、建筑、混交林、松林、水体。由此, 可以初步定性确定以上景

观类型: 综合结构指数变化率大, 稳定性相对较差。

20年来, 道路、建筑和水体景观的变化率大, 具体体现在近几年建设步伐加大, 表明对旅游业和景区基本建设投入较大。经济林和混交林的稳定性指数变化率较大, 分别为 79.3% 和 68.7%, 尤其是混交林, 其分维数变化率为 32.2%, 都指示出景观类型稳定性相对较差。值得关注的是针叶林景观类型(包括松林和侧柏林)虽然变化率比较接近平均值(阈值)水平, 但最大综合结构指数变化率却达到 71.1% (松林为 77.8%, 侧柏林为 64.5%), 最大与平均值均大于平均比值, 表明针叶林要比阔叶林景观类型的景观稳定性差。

3.1.3 泰山景观复合稳定性的景观生态安全格局描述

20年来泰山景观具有一定的复合稳定性, 总体景观生态安全格局基本形成; 各干扰强度分区景观均具有稳定性。除强度干扰区外, 结构与功能变异程度均较小, 各景观类型综合结构指数、分维数、稳定性指数的变化率差异较大, 有 45.5% ~ 58.3% 的景观类型各指数变化率水平大于假定的阈值。在森林景观中主要有针叶林景观(包括松林、侧柏林), 混交林和经济林景观变异程度大, 稳定性相对较差, 从景观生态安全角度应格外关注, 尤其应注意松林景观生态安全动态变异及对泰山景观总体生态安全格局的影响。

3.2 景观生态安全度分析

3.2.1 景观类型干扰度现状与动态

景观类型干扰程度也可理解为景观类型经受长

期各种干扰的综合损失程度, 本文通过类斑密度、边界密度、优势度和分离度四项指数叠加来反映不同景观类型受干扰的程度。考虑到很难确定这四项指标对干扰影响的贡献或权重, 公式中构建干扰度时采取了平均权重。类斑密度和边界密度用破碎度表示, 反映景观类型被分割的破碎程度, 景观的破碎化、景观斑块被分割使面积缩小, 景观边界更趋于复杂, 可直接干扰到物种繁殖、扩散、迁移、影响景观生态安全; 类斑分离度表征景观类型斑块分布的分离程度; 类斑优势度表征景观类型在景观中的地位及其对景观格局形成和变化的影响。

从 2006年景观类型干扰度现状来看(表 3), 各种景观类型干扰度范围在 0.074 8~ 0.260 7间, 依大小排序为刺槐林 > 道路 > 松林 > 侧柏林 > 经济林 > 混交林 > 栎林 > 建筑 > 灌丛 > 水体 > 荒地 > 裸地。可以看到森林景观受干扰程度较大的特征。刺槐林景观类型干扰度最大(0.260 7), 主要是类斑分离度较高(0.755), 长期以来刺槐林成熟林分被小块状砍伐并形成不同密度的萌生次生刺槐林或改建为其他林分, 斑块被严重的分割, 斑块分布格局趋于分散, 致使在景观中相对受干扰程度大; 松林受干扰程度在森林景观中居次(0.145 6), 主要是斑块优势度高(0.246), 长期来松林受到经营者关注, 对松林的大量病虫害和林火灾害给予格外重视, 对松林的抚育管理、林分密度控制和混交改造等经营、保护措施干扰度大; 还可得出: 相对于道路、建筑景观, 灌丛、荒地和裸地的受干扰程度较小。

表 3 泰山景观生态安全指数 (2006年)

Table 3 The indices of landscape ecological safety of Taishan Mountain (2006)

景观类型	相对盖度 (PC_i)	类斑破碎度 (PD_i)	边界破碎度 (ED_i)	优势度 (D_i)	分离度 (C_i)	干扰度 (I_i)	易损度 (Q_i)	生态安全度 (ES_i)
松林	38.9	0.027 4	0.074 1	0.246	0.235	0.145 6	0.138 9	0.798
侧柏林	12.6	0.046 4	0.084 4	0.130	0.277	0.134 5	0.138 9	0.813
刺槐林	16.6	0.040 3	0.085 6	0.162	0.755	0.260 7	0.111 1	0.744
栎林	17.2	0.043 7	0.093 7	0.172	0.149	0.114 6	0.112 1	0.873
混交林	4.9	0.081 7	0.127 0	0.065	0.199	0.118 2	0.083 3	0.902
经济林	1.2	0.070 6	0.109 5	0.016	0.318	0.128 5	0.055 6	0.929
灌丛	5.5	0.036 1	0.117 9	0.051	0.180	0.096 3	0.166 7	0.839
荒地	1.1	0.092 7	0.116 3	0.017	0.080	0.076 5	0.222 2	0.830
裸地	3.7	0.059 0	0.122 1	0.042	0.076	0.074 8	0.222 2	0.834
水体	1.0	0.098 9	0.134 5	0.015	0.101	0.087 4	0.194 4	0.830
建筑	4.5	0.055 6	0.093 7	0.050	0.207	0.101 6	0.027 8	0.972
道路	2.8	0.064 5	0.120 8	0.034	0.435	0.163 6	0.027 8	0.955

表 4 泰山景观生态安全指数 (1986年)

Table 4 The indices of landscape ecological safety ofTaishanMountain (1986)

景观 类型	相对盖 度 (PC_i)	类斑破碎 度 (PD_i)	边界破碎 度 (ED_i)	优势度 (D_i)	分离度 (C_i)	干扰度 (I_i)	易损度 (Q_i)	生态安全 度 (ES_i)
松林	36 1	0 021 0	0 074 4	0. 296	1. 08	0 367 9	0 138 9	0. 489
侧柏林	15 4	0 036 3	0 084 0	0. 151	0. 79	0 265 3	0 138 9	0. 631
刺槐林	14 3	0 037 3	0 089 4	0. 142	0. 66	0 316 1	0 111 1	0. 649
栎林	12 4	0 055 0	0 083 7	0. 145	0. 16	0 110 9	0 111 1	0. 877
混交林	3 1	0 101 8	0 110 8	0. 052	0. 20	0 116 2	0 083 3	0. 903
经济林	1 5	0 081 6	0 113 3	0. 021	0. 23	0 111 5	0 055 6	0. 938
灌丛	4 6	0 035 9	0 103 4	0. 044	0. 13	0 078 3	0 166 7	0. 869
荒地	2 3	0 064 5	0 121 5	0. 029	0. 11	0 081 3	0 222 2	0. 819
裸地	3 3	0 057 7	0 116 5	0. 039	0. 08	0 073 3	0 222 2	0. 837
水体	1 4	0 089 7	0 090 0	0. 022	0. 11	0 077 9	0 194 4	0. 849
建筑	3 3	0 041 4	0 094 0	0. 034	0. 16	0 082 4	0 027 8	0. 977
道路	2 0	0 045 2	0 087 2	0. 025	0. 10	0 064 4	0 027 8	0. 982

表 5 泰山景观类型干扰度与生态安全度动态变化

Table 5 The index change of disturbance degree of landscape type and ecological safety ofTaishanMountain

景观 类型	干扰度				生态安全度			
	1986年	2006年	差值	变化率%	1986年	2006年	差值	变化率%
松林	0 367 9	0 145 6	- 0 222 3	- 60 4	0 489	0 798	0 309	63 2
侧柏林	0 265 3	0 134 5	- 0 130 8	- 49 3	0 631	0 813	0 182	28 8
刺槐林	0 316 1	0 260 7	- 0 055 4	- 17 5	0 649	0 744	0 095	14 6
栎林	0 110 9	0 114 6	0 003 7	3 3	0 877	0 873	0 056	6 9
混交林	0 116 2	0 118 2	0 002 0	1 7	0 903	0 902	- 0 00 1	- 0 1
经济林	0 111 5	0 128 5	0 017 0	15 2	0 938	0 929	- 0 009	- 1 0
灌丛	0 078 3	0 096 3	0 018 0	23 0	0 869	0 839	- 0 033	- 3 8
荒地	0 081 3	0 076 5	- 0 004 8	- 5 9	0 819	0 830	0 011	1 3
裸地	0 073 3	0 074 8	0 001 5	2 0	0 837	0 834	- 0 003	- 0 4
水体	0 077 9	0 087 4	0 009 5	12 2	0 849	0 830	- 0 019	- 2 2
建筑	0 082 4	0 101 6	0 019 2	23 3	0 977	0 972	- 0 005	- 0 5
道路	0 064 4	0 163 6	0 099 2	154 0	0 982	0 955	- 0 027	- 2 7

从 1986~ 2006年景观类型干扰度动态变化来看 (表 4 表 5), 干扰度变化率降低的景观类型依次有: 松林 (- 60. 4%)、侧柏林 (- 49. 3%)、刺槐林 (- 17. 5%)、荒地 (- 5. 9%), 其他景观类型干扰度均有不同程度增加, 主要是道路 (154. 0%)与建筑 (23. 3%)。

20年来对松林、侧柏林和刺槐林的干扰大幅度降低, 主要原因是 ①前期病虫害严重, 干扰度大, 后期病虫害已得到有效控制, 尤其是松毛虫危害率大

幅度下降, 使干扰度降低幅度较大; ②前期林分处于幼龄生长期, 造林抚育修枝等经营活动多, 后期林分已达中龄或近熟龄, 经营措施向管护转移, 干扰程度低; ③景区森林经营目标由经营林木果品向森林公园、森林旅游方向转型。森林景观类型斑块已不再是林业经营生产对象, 而是着重保护对象; ④大规模的道路和景区建设工程已经结束, 明显的人为干扰大幅度降低; ⑤近年来加强了对景区的保护管理, 看山挖石、盗伐毁木、森林火灾、块状皆伐、林分改造等

自然和人为干扰减少。松林、侧柏林、刺槐林是泰山景观中最重要的森林景观类型,尤其是松林占据绝对优势,20年来干扰度降低符合风景区和自然保护区可持续发展和科学发展的要求。

3 2 2 景观类型生态安全度现状与动态

景观类型的生态安全度可以理解为以景观类型干扰度和景观类型易损度(或称其为景观类型脆弱度)来表示构建的以景观生态风险反表征的景观类型生态安全程度。景观类型易损度(或脆弱度)很难确定,原因:①易损度与景观类型自然演替过程中所处的阶段有关,相当复杂;②与景观类型本身的结构和功能完整性有关;③与景观类型对外界干扰的抵抗能力有关;④与干扰的种类、性质、强度、方式、等特性有关。本研究暂将景观易损度脆弱性与景观类型特性相关联,将类型易损性从小到大顺序并赋值如下:建筑与道路(1)<经济林(2)<混交林(3)<阔叶林(4)<针叶林(5)<灌丛(6)<水体(7)<荒地和裸地(8)。在景区开发建设过程中,建筑与道路最稳定,灌丛、荒地和裸地最为脆弱;在森林景观中,经济林受人类保护程度要比针叶林高。由此进行定级并归一化确定各景观类型脆弱度。

从 2006年景观类型生态安全度现状来看(见表 3),各景观类型生态安全度范围在 0.744~ 0.972 之间,生态安全度分布在安全度等级 0.7~ 0.9级范围内。生态安全度 0.7级的有松林和刺槐林;0.8级的有侧柏林、栎林、灌丛、荒地、裸地和水体;0.9级的有混交林、经济林、建筑和道路。松林类型生态安全度相对较低。

从 1986~ 2006年景观类型生态安全度动态变

化来看(见表 4表 5),20年来,生态安全度变化率提高的类型,主要是森林景观中四大纯林景观,依次为:松林(63.2%)、侧柏林(28.8%)、刺槐林(14.6%)和栎林(6.9%),尤其是前三个景观类型变化率大,这源于干扰度大幅度降低,变化率增大。松林生态安全度最低(0.798),但 20年来生态安全度变化的幅度最大(0.309)、速度最快(63.2%),这一特征反映正极影响或有利干扰较为突显。生态安全度大小与其动态变化率基本呈反比关系,这一规律表明 20年来重视生态安全度较低的景观类型,使干扰度下降(见表 5)。

泰山景观类型生态安全度,在 1986年时范围在 0.489~ 0.982间,生态安全度等级从 0.4~ 0.9级跨越 6个等级,0.4和 0.6生态等级占 3个景观类型,包含 65.9%的景观面积,0.8和 0.9级占 9个景观类型,包含景观面积达 34.1%,景观生态安全等级分散;在 2006年时,松林和刺槐林生态安全度已分别从 0.4和 0.6等级进入到 0.7等级,侧柏林也已从 0.6等级到 0.8等级,生态安全等级提高且有较大集中,表明景观各类型的人为干扰影响种类、程度、方式以及干扰特性较为一致,各景观类型本身的结构和功能更趋于完整,也说明各森林景观抵抗外来干扰的能力提高。20年的动态变化,生态安全度 0.7等级占 2个(松林和刺槐林)景观类型,包含有 45.6%的景观面积;0.8等级从占 5个景观类型提高到 6个,占有景观面积的比重也从 23.9%提高到 41.1%,变化率达 72%;0.9级所占景观类型等级仍为 4个(道路、建筑、混交林、经济林),但包含的景观面积比重由 10.2%提高到 13.3%(表 6)。

表 6 泰山景观生态安全度影响面积动态
Table 6 The area change of landscape ecological safety of Taishan Mountain

生态安全等级	生态安全度	1986年			2006年		
		景观类型及数量	类型面积 (hm ²)	面积 比重(%)	景观类型及数量	类型面积 (hm ²)	面积 比重(%)
0.4	0.4~ 0.49	松林	4 192.4	36.1	/	/	/
0.5	0.5~ 0.59	/	/	/	/	/	/
0.6	0.6~ 0.69	侧柏、刺槐	3 453.2	29.8	/	/	/
0.7	0.7~ 0.79	/	/	/	松林、刺槐	5 290.8	45.6
0.8	0.8~ 0.89	栎林、灌丛、荒地、裸地、水体	2 778.4	23.9	侧柏、栎林、灌丛、荒地、裸地、水体	4 768.9	41.1
0.9	0.9~ 0.99	道路、混交林、建筑、经济林	1 187.0	10.2	道路、混交林、建筑、经济林	1 551.3	13.3

3.2.3 泰山景观整体生态安全状况定量表达和描述

以上分析表明, 1986~2006 年间, 泰山生态安全程度整体呈上升态势。生态安全度较为低等级的松林、刺槐林、侧柏林三个景观类型的生态安全度上升幅度较大, 这主要源于对各种非有利干扰的排除以及景观结构与生态过程等结构性因素的调整。

采用各景观类型生态安全度与该景观类型面积比重的乘积合计, 可数量化表征泰山景观生态安全度整体水平达到的程度, 计算结果为: 1986 年时泰山景观整体生态安全度为 0.669, 2006 年时为 0.821, 20 年来整体提高 0.152, 提高率为 22.72%, 泰山景观整体生态安全等级有 0.6 等级上升为 0.8 等级。

值得重视的是, 泰山主要的四大森林景观类型, 其生态安全度和生态安全等级均相对较低, 应密切关注和深入研究, 特别是油松和侧柏林的景观结构和生态过程演变, 更需要进一步探讨、总结 20 年来生态安全度大幅上升变化的原因和将带来何种影响。研究表明: 四大森林景观类型仍是泰山景观生态研究的主要对象。

4 结论与讨论

1. 本文通过景观复合稳定性分析、景观类型干扰度分析, 采用景观稳定性的定性描述和易损度来表示并反表征景观类型生态安全程度和动态, 进而对泰山景观整体生态安全状况给予表征和描述。以景观类型生态安全度表征景观总体的生态安全状况尚属首次, 这种数量化的表达比定性的描述要更为具体和科学。研究结果表明: ①泰山景观中森林景观各主要景观类型受干扰程度较大, 其中刺槐林景观受干扰最大 (干扰度 0.260 7), 主要是类斑分离度高 (0.755); 松林受干扰居次, 主要是类斑优势度高; 20 年来森林景观类型干扰度变化明显, 变化率呈大幅度降低态势, 其中尤以松树、侧柏林、刺槐林干扰程度变化率动态降低, 这对景观生态安全将产生有利影响; ②泰山景观生态安全度以松林景观类型最低 (0.798), 但 20 年来其变化速度最快 (63.2%), 变化幅度最大 (0.309); 其次为侧柏林和刺槐林类型, 这源于这三个景观类型干扰度大幅度降低; ③泰山景观生态安全程度整体呈上升态势, 20 年来整体提高 0.152, 提高率达 22.72%, 生态安全等级由 0.6 等级上升为 0.8 等级; ④定性描述的结果

论是: 泰山景观具有一定的复合稳定性, 总体景观生态安全格局基本形成。

2. 本文提出景观类型的生态安全度和景观整体的生态安全度及生态安全等级, 涉及的是景观生态安全, 也即景观结构及生态过程在一定时空范围内, 在自然与人为干扰下达到动态平衡与协调的状态。景观生态安全的本质是要求各景观类型在排除不利或有害干扰或适应有利或正常干扰下稳定、协调、有序、永续和可持续性发展和演变; 景观生态安全的目标是保障各景观类型结构合理, 生态过程健康。为此本文可为泰山区域实现生态化建设规划提供方向。为实现景观结构优化整合, 实现生态建设和评价生态环境安全提供依据, 为泰山区域生态安全奠定实践与理论基础。

3. 景观生态安全不同于区域生态安全。区域生态安全是生态环境系统安全, 应该围绕区域乃至周边地区人们可持续发展的目的, 促使经济、社会和自然生态的协调统一, 因此区域生态安全是由自然生态安全、经济生态安全和社会自然安全组成的安全复合体系。而景观生态安全属于狭义的生态安全理解, 要使景观生态安全概念具有现实意义, 必须立足于景观尺度开展景观生态安全研究和景观生态安全评价。因此, 本文涉及的是景观生态学可持续发展研究的一个新领域, 所提出的内容实质上是景观生态安全定量表征的方法探讨, 由于决定景观生态安全度的类斑干扰度和类斑易损度难以量化, 可供选择的景观生态指数有限, 其表征方法的本身有待完善和改善。

参考文献 (References)

- [1] Xiao Dunling, Chen Wenbo, Guo Fuliang. On the basic concepts and contents of ecological security[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(3): 354~358[肖笃宁, 陈文波, 郭福良. 论生态安全的基本概念和研究内容[J]. *应用生态学报*, 2002, 13(3): 354~358]
- [2] Irena Twardowska. Ecotoxicology, environmental safety, and sustainable development: challenges of the third millennium[J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2004, 58: 3~6
- [3] Don T. Luynes, Ken Tamminga. Integrating public safety and use into planning urban greenways[J]. *Landscape and Urban Planning*, 1995, 33: 391~400
- [4] Ma Keming, Fu Bojie, Li Xiaoya et al. The regional pattern for ecological security (RPES): the concept and theoretical basis[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(4): 761~768[马克明, 傅伯杰, 黎晓亚, 等. 区域生态安全格局: 概念与理论基础[J]. *生态学报*, 2004, 24(4): 761~768]

- [5] Shi Peijun, Song Changqing, Jing Guifei. Strengthening the study of land use/ cover change and its impact on Eco-environmental security [J]. *Advance in Earth Sciences*, 2002, 17(2): 161~ 168 [史培军, 宋长青, 景贵飞. 加强我国土地利用 / 覆盖变化及其对生态环境安全影响的研究 [J]. *地球科学进展*, 2002, 17(2): 161~ 168]
- [6] Lin Zhangping. A case study on land use pattern under ecological security in ecotone between agriculture and animal husbandry in northeastern China [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2002, 21(6): 15~ 19 [林彰平. 东北农牧交错带土地利用生态安全模式案例研究 [J]. *生态学杂志*, 2002, 21(6): 15~ 19]
- [7] Cao Xirong, Guo Zhiyong, Luo Hanchao. Study on ecological security of regionally sustainability utilization of land resources [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2004, 18(2): 192~ 195 [曹新向, 郭志永, 雒海潮. 区域土地资源持续利用的生态安全研究 [J]. *水土保持学报*, 2004, 18(2): 192~ 195]
- [8] Tao Heping, Gao Pan, Zhong Xianghao. A study of regional eco-environment vulnerability: A case of “one-river-two-tributaries” Tibet [J]. *Journal of Mountain Science*, 2006, 24(6): 761~ 768 [陶和平, 高攀, 钟祥浩. 区域生态环境脆弱性评价——以西藏“一江两河”地区为例 [J]. *山地学报*, 2006, 24(6): 761~ 768]
- [9] Zhong Xinhao, Liu Shuzhen, Wang Xiaodan, *et al*. A research on the protection and construction of the state ecological safe shelter zone on the Tibet plateau [J]. *Journal of Mountain Science*, 2006, 24(2): 129~ 136 [钟祥浩, 刘淑珍, 王小丹, 等. 西藏高原国家生态安全屏障保护与建设 [J]. *山地学报*, 2006, 24(2): 129~ 136]
- [10] Peng Jian, Wang Yanglin, Liu Song, *et al*. Research on landscape ecology and sustainable land use [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2004, 40(1): 154~ 160 [彭建, 王仰麟, 刘松, 等. 景观生态学与土地可持续利用研究 [J]. *北京大学学报 (自然科学版)*, 2004, 40(1): 154~ 160]
- [11] Zhang Jintun, Qiu Yang, Zheng Fengying. Quantitative methods in landscape pattern analysis [J]. *Journal of Mountain Science*, 2000, 18(4): 346~ 352 [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]
- [12] Guo Luq, Yu Shixiao, Xia Beideng, *et al*. Analysis of the multi-scale effect of topography on forest landscape pattern of mountains [J]. *Journal of Mountain science*, 2006, 24(2): 150~ 155 [郭砾, 余世孝, 夏北成, 等. 地形对山地森林景观格局多尺度效应 [J]. *山地学报*, 2006, 24(2): 150~ 155]
- [13] Turner M. G, Gardner R. *Quantitative Methods in Landscape Ecology* [M]. New York: Springer-Verlag, USA, 1991
- [14] Wu JG, Loucks O L. From balance of nature to hierarchical patch dynamics: A paradigm shift in ecology [J]. *The Quarterly Review of Biology*, 1995, 70(4): 439~ 466

Assessment and Dynamic Analysis of Landscape Ecological Security of Taishan Mountain

GUO Luo¹, XUE Dayuan, YU Shixiao², CAI Liliang

(1. College of Life and Environmental Sciences, Central University for Nationalities, Beijing 100081, China;

2. School of Life Sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract Taishan Mountain, located in the middle of Shandong province of China, is a nationally famous spot for tourism and one of the world heritage sites for culture and nature, with special and unusual landscape for its mountainous vegetation. From a long-term research, the eco-environment and natural resources in Taishan region have experienced a great change from prime and intact into threatened, and then into eco-rehabilitation. Recently, the rapid development of tourist business in Taishan region and anthropogenic disturbance arising from tourism have exerted great pressures on the local eco-environment, so that the eco-environment security for the landscape pattern of Taishan has become a non-neglectful problem. Based on the previous studies on landscape pattern of Taishan, this paper focuses on such issues of occurrence and functions of landscape eco-environment, relationship between landscape structure and its functions, disturbance effects and stability for the patterns and processes in different scales, etc. Furthermore, by the methodologies of qualitative and combination of qualitative with quantitative, the landscape integrity and landscape level for eco-environmental quality have been assessed and analyzed in this paper. In addition, a security landscape pattern in Taishan is discussed and described.

Key words Taishan Mountain, landscape pattern, ecological security, assessment