

泰山景观人为干扰的程度及其影响分析

郭 砾, 余世孝*

(中山大学生命科学学院, 广东 广州 510275)

摘 要: 利用 1986 年和 2001 年两期 TM 影像, 在 GIS 支持下, 采用人为影响程度的比重和景观指数等多指标比重分析法以及人为影响类型极性分析法, 对泰山景观的人为影响程度和景观结构变化作用方向进行定量描述。结果表明, 人为影响类型极性分析法可以较理想地定量描述景观结构变化作用的方向和程度。在泰山风观区, 景观人为综合极性影响可以划分为 5 个大类, 影响程度可以划分为 3 个级别。15 a 来人为综合影响为正极性作用方向, 其中 II 级中度影响区影响系数最小, 是泰山生态安全决策必须首先重视的区域。

关键词: 景观结构; 人为干扰程度; 极性分析

中图分类号: Q 143

文献标识码: A

干扰是一种偶然发生的不可预知的事件, 是自然界中无处不在无时不有的一种现象。干扰破坏了生态系统的稳定, 使生态系统处于一种过渡状态, 造成其格局和过程发生变化^[1-3]。随着全球人口的迅速增长和居住区的不断扩大, 人类对自然生态系统的干扰日渐严重^[4], 把地表天然土地覆盖格局改变为受人类支配的土地利用基体中植被的镶嵌体^[5]。成为影响景观发育、景观结构以及空间斑块化形成的重要因素和原因^[6,7]。

干扰既影响着景观格局又受制于景观格局, 是景观的一种重要的生态过程^[8,9]。只有了解了人类影响产生什么样的斑块变化以及与自然景观的斑块变化有何异同, 才能从中找到阐释当前人类所共同面临的环境压力的答案^[10-12]。也就是, 只有了解人类干扰的性质和特征, 如干扰类型、干扰程度等, 才能客观地评价景观动态变化产生何种作用。

山地景观的相关组成要素在地理位置上具有定位特征, 含有与其相对应的描述其自然和社会经济特征的属性数据^[13]; 山地景观生态环境建设对于可持续发展具有重要意义^[14]; 生态环境问题与森林植

被的变迁关系密切^[15]。位于山东省中部的泰山风景区属于一种典型的山地景观, 其自然景观及空间斑块化的形成深受人类活动的结果, 亦可以说是人类长期干扰的产物。由于人为干扰类型和干扰影响的程度不同, 具有明显的区域性特征, 不同区域以及同一区域内的不同地点均不相同, 因此在景观结构上存在差异, 对外作用机制亦具有不同的缓冲和抗衡能力, 在相同的经营水平和旅游投入条件下将会有不同的效益, 搞清楚有那些人为干扰类型, 其干扰程度对生态安全有何影响十分必要^[16]。因此, 深入了解其景观结构和动态变化的驱动影响机制, 有助于把握景观发生和发展中的关键问题, 规范人为活动的类型和方式, 可为形成可持续景观奠定科学基础^[17,18]。这对于泰山风景区从旅游业发展总体上考虑区内环境生态安全评价和保护, 分析经营方向和建设途径, 从而因地制宜, 因景观制宜地进行旅游业的开发和建设, 具有重要意义。

1 研究区概况

泰山位于山东中部, 地势差异显著, 地貌分异明

收稿日期(Received date): 2004- 10- 15; 改回日期(Accepted): 2005- 01- 13。

基金项目(Foundation item): 教育部骨干教师基金和中山大学张宏达科学研究基金[Financial Support by the Funds of Education Ministry and Zhanghongda Fund for Scientific Research of Sun Yatsen University]

作者简介(Biography): 郭砾(1975-), 女, 博士, 研究方向: 景观生态学及 3S 技术应用[Guo Luo(1975-), female, Ph D, Sun Yat-sen University.]

* 通讯作者(Corresponding author): 余世孝(1962-), 男, 中山大学生命科学学院教授、博士生导师, 研究方向: 植被生态学、数量生态学与 3S 技术应用, Email: lssysx@zsu.edu.cn [Yu Shixiao(1962-), male, Corresponding author, Full Professor at the School of Life Science, Sun Yat-sen University. Major in vegetation ecology, quantitative ecology and application of 3S. Email: lssysx@zsu.edu.cn.]

显,主峰海拔 1 545 m, 相对高度大, 具有不同的海拔、坡向和坡度特征。由于地处温暖带大陆性季风气候区, 山顶平均气温 5.3 ℃, 年平均降水量 1 124.6 mm, 山下年平均气温 12.8 ℃, 年平均降水量 715.0 mm。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、阔叶林、竹林、经济林 4 个植被型, 森林覆盖率达 81.5 %, 主要森林类型有松林、侧柏林、刺槐林、栎林 4 大类, 约占 92.9 %。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包括: 复杂的地形、降雨、水土流失、滑坡等, 但因研究时段相对较短, 且处于周边城乡经济活动和景区内部旅游开发区建设迅速发展的时段, 人为活动对研究区的生态环境影响较大^[19]。

2 研究方法

将泰山主体划分为八个地形分区, 利用 1986 年

和 2001 年两期的 1: 5 万 TM 影像所形成的两期景观类型图, 运用 GIS 技术和景观空间格局分析技术获得 15 a 来景观要素斑块变化特征(表 1) 和景观结构指数变化数据(表 2), 采用比重分析法分配八大景区人为影响程度权重并以权重和景观多样性指数(Landscape diversity index)、破碎度指数(Landscape fragmentation)、分维数(Fractal dimension) 变化差值比重等多项指标的平均综合指标值为依据, 进行人为影响程度分级和划分分区。在确定人为影响因素和类型的基础上, 采用 TM 影像类型图上判别和地面补充调查相结合的方法, 获得以分区为单位的各人为影响类型分布图和各人为影响类型的面积, 采用人为影响类型极性分析方法, 求算各人为影响程度分区因不同人为影响类型对景观变化产生的综合极性影响值。以定量为主, 定量和定性相结合的方法和原则, 评价各分区人为影响强度和景观动态变化所产生的作用和影响效应。

表 1 研究区景观要素斑块的变化特征
Table 1 Landscape type patches change in the study area from 1986 to 2001

景观类型 Landscape type	1986 年		2001 年		斑块变化率(%)	
	斑块数量 NP	面积 Area (hm ²)	斑块数量 NP	面积 Area(hm ²)	斑块数量变化 NC (%)	斑块面积变化 AC (%)
松林 Pinus forest	88	4 190.4	92	3 357.6	+ 4.5%	- 19.9%
栎林 Quercus Forest	79	1 437.2	87	1 992.0	+ 10.1%	+ 38.6%
刺槐林 Robinia pseudoacacia	62	1 664	78	1 933.2	+ 17.7%	+ 16.2%
侧柏林 Platycladus orientalis	65	1 789.2	68	1 465.2	+ 4.6%	- 18.1%
混交林 mixed forest	37	263.5	46	482.7	+ 24.3%	83.2%
经济林 economic forest	14	188.4	10	141.7	- 28.6%	- 24.8%
灌丛 shrub	19	528.6	23	637.4	+ 21.1%	+ 20.6%
裸岩 bare rocky	22	381.4	25	423.5	+ 13.6%	+ 11.0%
荒地 abandoned land	17	265.7	12	129.5	- 29.4%	- 47.9%
水体 water	15	267.5	12	201.3	- 20.0%	- 24.7%
建筑 settlement	16	386.2	29	521.5	+ 81.3%	+ 35.0%
道路 road	12	265.7	21	325.4	+ 75%	+ 22.5%
总计 Total	445	11 611	503	11 611	12.6%	

表 2 八个不同的地形分区景观结构的变化

Table 2 The change of Landscape structure for eight topography region at Taishan from the year 1986 to 2001

区域 Zone	1986 年				2001 年			
	多样性指数 SHDI	优势度指数 DI	破碎化指数 FI	分维数 FD	多样性指数 SHDI	优势度指数 DI	破碎化指数 FI	分维数 FD
桃花峪 Taohuayu	1. 87	1. 19	3. 88	1. 263	2. 16	1. 07	5. 07	1. 389
竹林寺 Zhulinshi	2. 32	1. 16	3. 91	1. 331	2. 40	1. 06	5. 15	1. 642
泰前 Taiqian	2. 11	1. 25	3. 97	1. 211	2. 28	1. 07	5. 44	1. 413
樱桃园 Yingtaoyuan	2. 08	1. 14	3. 42	1. 297	2. 17	1. 08	4. 17	1. 451
三岔 Sancha	1. 18	1. 28	2. 81	1. 399	1. 24	1. 13	3. 15	1. 401
扫帚峪 Saozhouyu	1. 75	1. 33	3. 17	1. 140	1. 82	1. 37	3. 58	1. 211
佛爷寺 Foyesi	1. 59	1. 21	3. 07	1. 202	1. 65	1. 11	3. 42	1. 319
巴山 Bashan	0. 92	1. 21	2. 89	1. 177	0. 97	1. 31	3. 18	1. 267

3 结果与分析

3.1 人为影响程度分级与分区分析

3.1.1 人为影响指标与分级

以分级的形式描述泰山景观受人为影响强弱的范围, 有助于从宏观上把握和评价景观的变化特征和程度。分级的原则体现景观结构、景观布局、景观功能、景观保护在区域上的相对一致性和景观利用、社会经济条件以及旅游发展水平的相似性。分级着重人为影响及景观结构动态变化的影响, 使其差异在同一区域内相对较小, 而区域间差异相对较大。分区的指标包括近年来生产经营和基建投入比重、年游入量比重、周边城乡经济活动影响比重和 15 a 来多样性指数变化差值比重, 景观破碎度变化差值比重和平均分维数变化差值比重共 6 项, 在对各指标重要性、可靠性权重评价基础上各指标值经标准化处理, 计算出综合指标值, 并据此划分为 I 级、II 级、III 级(表 3)。

3.1.2 人为影响程度分区分析

表中划分的 I、II、III 级可以表达为人为活动对景观结构影响的强弱程度, 它实际上定量地描述了近几年人为活动的影响和 15 a 来景观结构受各种因素, 但主要是人为因素影响而变化的特征, 各景观指数变化差值比重参与综合指标计算, 使综合指标值更为合理和科学。分级的结构可依据综合指标值, 以景区为单元划分为 3 个人为影响程度区域(图

1)。

I 级区域平均综合指标值为 41.7, 属于强度影响区, 包括竹林寺和泰前两个景区。该区位于泰山南坡的南部和东南部, 是泰山主要景点、人文景观和游人进山游览活动的集中区域, 人为活动最为频繁。该区域旅游开发最早, 生产经营和基础建设投入最大, 年游入量最多, 周边主要受泰安城区经济活动影响, 人为影响比重高达 56.7%, 在竹林寺景区有盘山公路和错综复杂的游径分割森林景观, 公路两侧建有大型广场和停车场, 沿线景点分散, 山上部有登山步道直达山顶, 沿线景点集中, 并建有架空索道至山顶, 上端索道站的南部区域已形成条带状裸岩斑块。山体的中下部区域有多处村舍和垦殖斑块, 并



图 1 泰山景观人为影响程度分区
Fig. 1 The subarea of anthropogenic disturbances at Taishan

有小面积零星分布的坡耕地和牧羊道痕迹,下部水库区东部的建筑群面积较大,亦有违章建筑而形成裸露斑块。在泰前景区有是石阶登山步道分割景观,沿线的景点连续分布,上部景观斑块无变化,下部周边地区受到城区建筑扩展的影响已形成有多处建筑斑块和新建经济林斑块。以上表明,尽管景观指数变化差值平均比重仅为 26.5%,该区仍是泰山景观生态及生态安全问题必须高度重视的重点区域。

II 级区平均综合指标值为 20.8,属于中度影响区,包括三岔、桃花峪、樱桃园 3 个景区。该区位于泰山中西部和东南部,以自然景观为主,属新开发旅游区域,新建旅游公路经桃花峪直达三岔景区,形成西南-东北向景观分割格局,两端建有停车场,终端

建有路堑和石方,但所形成的变化斑块面积较小,在 TM 影像上难以辨别,近年来基础建设的重点在三岔索道站区域的景点。该区人为影响的平均比重为 31.7%,但景观指数变化差值平均比重却达到了 48.4%,其原因:一是该区周边村民违法进行石料开采较为严重,采石场地逐年扩大并有向林缘继续深入的趋势,边缘地带新形成的裸露地斑块或荒地斑块在 TM 影像图上清晰可辨。二是因土地归属、林权争议或放牧使林缘森林退缩,林地转移,其结果在林缘地带形成条状荒地斑块。三是樱桃园景区南部正在实施引水上山修建电厂的大型工程以及城区扩建工程。这表明该区域景观结构的变化主要是近期人为影响的结果。尤其是周边城市扩展的影响是生态安全问题不可忽视的区域。

表 3 泰山景观人为影响指标与分级

Table 3 The indices and grade of anthropogenic disturbances at Taishan

人为影响程度与分级 Grade of anthropogenic disturbances	景区 Region	人为影响比重% Proportion of anthropogenic disturbances				景观指数变化差值比重% Proportion of difference value for landscape indices				综合指标 Integrated index	平均综合指标 Mean of Integrated index
		投入 Input	游人 Tourist	城乡 country	平均 mean	多样性 Diversity	破碎度 Fragm entation	分维数 Fractal dimension	平均 M ean		
I 级 强度影响区 Class I In tense disturbance	竹林寺 Zhulinshi	41	14	7		19.6	17.4	22.5		39.5	
				56.7				26.5		41.7	
	泰前 Taiqian	17	53	38		6.9	7.9	5.2		43.9	
II 级 中度影响区 Class II medium disturbance	三岔 Sancha	11	10	0		33.3	10.8	25.8		16.1	
	桃花峪 T aohuayu	22	13	8	31.7	9.2	26.7	19.0	48.4	27.8	20.8
	樱桃园 Yingtaoyuan	6	6	19		8.0	6.1	6.2		18.4	
	扫帚峪 Saozhouyu	3	2	5		10.3	13.3	11.5		12.5	
III 级 弱度影响区 Class III weak disturbance	佛爷寺 Foyesi	0	2	10	11.6	6.9	10.1	5.4	25.1	10.8	11.4
	巴山 Bashan	0	0	13		5.8	7.7	4.4		10.9	
指标权重 weight of index		25	10	25		25	10	5			

III 级区平均综合指标值为 11.4,属于弱度影响区,包括扫帚峪、佛爷寺和巴山 3 个景区。该区位于泰山北坡的东北部和北部,为待开发的旅游区域,区内尚无公路分割,少量景点亦未扩建,人为影响平均比重仅为 11.6%,说明 25.1%比重的景观斑块变化主要来源于周边群众低强度的人为活动和区内正常性生产经营活动。

人为影响程度分区的描述为经营者提供了一个宏观的警示,景观的综合指标值对于各景区和各人为影响分区均形成等级的概念,揭示了人为影响给斑块带来什么程度或什么级别的影响,无疑对环境

生态安全决策提供了科学依据,但综合指标值的大小并不能说明人为影响使景观变化产生什么作用或什么结果的影响。

3.2 人为影响类型与极性影响分析

3.2.1 人为影响因素与类型

景观的动态变化受人为活动因素影响,不同的人为活动因素对景观斑块的变化将产生不同的作用,或称之为不同方向的极性影响。正极性影响可能将使景观结构更为合理,景观功能更为有效,景观异质性程度更高,使景观格局更适于人类生存;而负极性影响则可能将导致景观破碎化、斑块化、生物多

样性降低, 从而最终影响景观的稳定性。根据泰山的实际情况, 景观的人为影响发生源亦相当复杂, 由于生产经营活动、建设工程、旅游和周边地带城乡人为活动等正负极性综合影响亦很复杂, 可归纳为 5 类: A 类, 弱度负极性影响类, 主要人为影响源有进山采药、砍樵、盗伐、建坟、挖树根、荒火及游人越域践踏、折枝、采集等行为, 其特点是零星点状分散分布, 面积小, 对森林景观的干扰强度小、规模小, 多发生在林缘地带和旅游线两侧, 对景观斑块的影响表征不明显。尽管人为影响的结果在景观尺度上呈隐性状态并不对斑块变化发生明显影响, 但当达到一定规模和强度时, 将对森林景观构成一定程度的危害。B 类, 中度负极性影响类, 主要人为影响源有坡地垦殖、林内放牧、小面积皆伐和滥伐, 其特点是小块状集群分布, 使森林斑块面积减少, 对景观斑块的干扰形成一定规模和强度, 多发生在靠近村落的山下部区域, 虽然在 TM 影像上尚不能解译出斑块特征, 但对景观斑块变异已构成威胁。C 类, 强度负极性影响类, 主要人为影响源有采石场、停车场、索道站、道路、防火线的修建, 并形成生石坡面、路堑滑坡, 其特点是块状或条带状集中分布, 地面裸露, 森林斑块面积减少, 有滑坡和水土流失危害, 斑块分割使森林斑块向裸露斑块转移, 在 TM 影像上已明显可辨, 裸露的块状和条带状斑块特征。D 类, 弱度正极性影响类, 主要人为影响源为森林更新、林分改造、森林抚育、病虫害防治、修建生物防火隔离带等生产经营活动, 其特点是小斑块集中分布, 林分结构更加合理并更有利于森林生长和发育, 低质低产林和幼林斑块向高质量林斑块转移, 纯林斑块向混交林斑块转移, 森林生态环境改善使森林景观斑块稳定性增加, 尽管在景观尺度上呈隐性性状, 但在 TM 影像上局部范围可感知到斑块影像粒度、色调、大小

的变化。E 类, 中度正极性影响类, 主要人为影响源为荒山造林、灌丛改建、森林更新、经济林营建等, 其特点是块状集中分布, 森林斑块数量和面积增加, 景观类型更为丰富, 荒地、灌丛、采伐迹地、火烧迹地、坡耕地等斑块向森林斑块转移, 在 TM 影像上可明显辨别新增森林斑块的整齐边界和均匀整齐的影像颗粒变化。

3.2.2 人为综合极性影响分析

以上人为影响因素按极性影响分类, 指明了对景观结构变化作用的方向, 实质上区别了对景观结构的干扰、改造和构建属性。因人为影响使景观结构产生负极性影响, 可以理解为受到了干扰, 同样产生了正极性影响, 虽然也是被干扰过程, 但可以理解为景观结构受到了改造和构建。正负极性的综合影响可以量化表达, 其综合影响的正负值及大小可以描述景观结构变化的目的方向和强度。对于某个影响分区或景区, 可根据 TM 影像斑块变化特征结合实地调绘和图件资料分析, 确定各人为影响类型的边界范围, 在人为影响程度分区图基础上形成人为影响类型图。以分区为单位确定各类型面积及权重 W_j , 可获得各分区人为影响面积和比重 W_i , 当赋予各类型极性影响值 B_j 后, 可求出各类型极性影响系数 B_i , 获得各分区综合极性影响值 Q , 采用以下公式表达

$$Q = W_i B_i, \quad B_i = \sum W_j B_j$$

即

$$Q = W_i \sum W_j B_j$$

式中 B_j 为各类型极性影响值, 根据负极性类型 A、B、C 三类, 可分别赋予 - 1、- 3、- 6, 正极性类型 D、E 两类分别赋予 + 3、+ 7, 为分区人为影响面积比重, 实质上考虑到了未受干扰的面积比重在其中的影响, 计算结果见表 4。

表 4 泰山景观人为综合极性影响
Table 4 The polar anthropogenic disturbances on landscape at Taishan

分区 Zone	总面积 Area (hm ²)	人为影响 面积 Area of anthropogenic disturbances (hm ²)	W_i	类型负极性影响系数 Negative index of polar anthropogenic disturbances				类型正极性影响系数 Positive index of polar anthropogenic disturbances			综合影响 系数 Intergraded index	综合极性影 响 (Q) Polar Intergraded index
				A	B	C	总计 total	D	E	总计 total		
I	1 963. 7	1 594. 2	19. 88	- 0. 02	- 0. 30	- 0. 78	- 1. 10	+ 1. 32	+ 2. 17	+ 3. 49	+ 2. 39	+ 47. 5
II	4 386. 6	3 250. 6	40. 53	- 0. 05	- 0. 21	- 1. 26	- 1. 52	+ 1. 11	+ 2. 10	+ 3. 21	1. 69	+ 68. 5
III	5 260. 7	3 174. 8	39. 59	- 0. 01	- 0. 39	- 0. 54	- 0. 94	+ 1. 14	+ 2. 10	+ 3. 24	2. 30	+ 91. 1
合计	11 611. 0	8 019. 6	100									

从表 4 可知,人为影响 I 级强度区域与 II 级弱度影响区域,类型的综合影响系数相当,即类型正负极性抵消后,综合反映均为正极性,系数值分别为 + 2.39 和 + 2.30, II 级中度影响区虽然也为正极性,但系数值却相对较小,人为影响按类型综合极性量化分析后,结果可以看出,泰山景观结构及景观斑块的变动产生了正极性作用方向的影响。其中, I、III 级分区大于 II 分区, II 分区正极性作用方向小与负极性 C 类型面积比重大有关,这也指明了生态安全决策上,必须首先重视 II 分区 C 类型人为影响。

综合极性影响与人为影响面积有关,表 4 中 Q 值大小排序为 III 区(+ 91.1) > II 区(+ 68.5) > I 区(+ 47.5),说明按面积比重分配后,其结果与前述人为影响强度分区结果一致, II、II 区人为影响面积比重虽然相当,但 II 级区综合极性影响的正级性指标要比 II 级区域大 24.8%,比 I 级区域大 47.9%。

4 结论与讨论

1. 采用人为影响因素比重和景观斑块变化差值比重的多指标比重分析法所获得的平均综合指标值,可以较理想地数量化地对景观的人为影响程度进行分级和分区。对不同人为影响程度区域的分析可以揭示、分析人为影响发生源以及描述、比较给景观带来的影响程度,但不能说明产生什么方向的作用。

2. 将人为影响因素以极性影响分类,结合人为影响程度分区,以类型极性影响分析方法所获得的综合极性影响值,不但可以定量地描述人为影响程度强弱,还可指明对景观结构变化作用的方向和定量地描述人为影响的强度。

3. 泰山景观人为影响程度可划分为 I、II、III 级 3 个区域,平均综合指标值分别为 41.7、20.8、11.4,综合极性影响值分别为 + 47.5、+ 68.5 和 91.1,类型综合影响系数分别为 + 2.39、+ 1.69、+ 2.30,表明 15 a 来泰山景观结构及景观斑块变化受人为影响各分区均产生正极性作用方向的影响。其中 II 级区虽属于中等程度影响区,但正极性作用较小,这与负极性 C 类型面积比重较大有关,揭示了 II 级区是泰山风景区生态安全决策中必须首先重视和保护的区域。

4. 泰山人为影响因素根据极性影响可划分为 A、B、C、D、E 五大类,所形成的泰山景观人为影响类

型分布图和极性影响分析资料,可为决策泰山景观生态构建和生态安全保护、改善旅游环境提供科学的基础性依据。

参考文献(References):

- [1] Turner M G. Landscape heterogeneity and disturbance, Springer, New York, 1987. 237~ 240.
- [2] Jiang Hong, Zhang Yanli, James R Stritholt. Spatial analysis of disturbances and ecosystem succession. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, **23**(9): 1861~ 1876. [江洪, 张艳丽, James R Stritholt. 干扰与生态系统演替的空间分析[J]. 生态学报, 2003, **23**(9): 1861~ 1876.]
- [3] Zhang J T, Qiu Y, Zheng F Y. Quantitative methods in landscape pattern analysis. *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.]
- [4] Crist P J, Kohley T W, Oakleaf J. Assessing land- use impacts on biodiversity using an expert systems tool. *Landscape Ecology*, 2000, **15**(1): 47~ 62.
- [5] Qian Lexiang, Ding Shengyan, Qin Fen. Land cover and landscape dynamics of Yluo River Basin. *Journal of Mountain Science*, 2003, **21**(5): 552~ 558. [钱乐祥, 丁圣彦, 秦奋. 伊洛河流域的土地覆盖与景观动态分析[J]. 山地学报, 2003, **21**(5): 552~ 558]
- [6] Simpson IA, Dugmore A J, Thomson A, et al.. Crossing the thresholds: human ecology and historical patterns of landscape degradation. *Catena*, 2001, **42**(2~ 4): 175~ 192.
- [7] Zeng Hui, Kong Ningning, Li Shujuan. Human impacts on landscape structure in Wolong National Natural Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(12): 1994~ 2001. [曾辉, 孔宁宁, 李书娟. 卧龙自然保护区人为活动对景观结构的影响[J]. 生态学报, 2001, **21**(12): 1994~ 2001.]
- [8] Liu Jianguo. General Discussion of Modern Ecology[M]. Beijing: Chinese Science and Technology Press. 1992, 209~ 233. [刘建国. 当代生态学概论[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 113~ 245.]
- [9] Zhou Huafeng, Ma Keming, Fu Bojie. Analysis of the impacts of human activities on landscape patterns in Donglin mountain area of Beijing. *Journal of Natural Resources*, 1999, **14**(2): 116~ 122. [周华锋, 马克明, 傅伯杰. 人类活动对北京东灵山地区景观格局影响分析[J]. 自然资源学报, 1999, **14**(2): 116~ 122.]
- [10] Fu Bojie, Chen Lixiang, Ma Keming. The effect of land use change on the regional environment in the Yangjuangou catchment in the loess plateau of China. *Acta Geographica Sinica*, 1999, **54**(3): 241~ 246. [傅伯杰, 陈利项, 马克明. 黄土高原羊圈沟流域土地利用变化对生态环境的影响[J]. 地理学报, 1999, **54**(3): 241~ 246.]
- [11] Fu Bojie, Chen Lixiang, Ma Keming, et al.. Landscape Ecology: Theory and Application [M]. Beijing: Higher Education Press, 2001. [傅伯杰, 陈利项, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用

- [M]. 北京: 高等教育出版社. 2001.]
- [12] Sombroek W G & Sins D. Planning for sustainable use of land resources: towards a new approach. FAO, Rome. 1992.
- [13] Guo Luo, Yu Shixiao. Montane landscape ecology research based on geomatics[J]. *Journal of Mountain Science*, 2003, **21**(4): 410 ~ 415. [郭烁, 余世孝. 基于地球空间信息技术的山地景观生态学研究[J]. 山地学报, 2003, **21**(4): 410~ 415.]
- [14] Wang Yunhuan, Guo Huan cheng. Mountain landscape ecosystem construction and landscape planning of Westem Beijing Area *Journal of Mountain Science*, 2003, **21**(3): 265~ 271. [王云才, 郭焕成. 北京西部山地景观生态整治与景观规划——以北京房山区史家营乡的典型研究为例[J]. 山地学报, 2003, **21**(3): 265 ~ 271.]
- [15] Zhou Lin. Quantitative estimate on destruction forest caused by human activities in Dongchuan region of Yunnan province during Qing dynasty and early stage of Republic of China[J]. *Journal of Mountain Science*, 2003, **21**(3): 304~ 310. [周麟. 清末民初人类活动对东川森林破坏的定量评估 [J]. 山地学报, 2003, **21**(3): 304~ 310.]
- [16] Kong Ningning, Zeng Hui, Li Shujuan. A study of the spatial distribution characteristics of human landscape impact in Wolong National Natural Reserve, Sichuan Province [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2002, **38**(3): 393~ 399. [孔宁宁, 曾辉, 李书娟. 四川省卧龙自然保护区景观人为影响的空间分布特征研究[J]. 北京大学学报 (自然科学版), 2002, **38**(3): 393~ 399.]
- [17] MacNaeidhe F S, Culleton N. The application of parameters designed to measure nature conservation and landscape development on Irish Farms [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 1999, **77**(1 2): 65~ 78.
- [18] Kupfer J A, Franklin S B. Evaluation of an ecological land type classification system, Natchez Trace State Forest, Western Tennessee, USA [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2000, **49**(3 4): 179~ 190
- [19] Guo Luo, Yu Shixiao. Analysis of spatial and temporal variation of landscape pattern with the aids of 3S techniques [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 2004, **43**(4). [郭烁, 余世孝. 基于 3S 技术的景观格局时空分异特征 [J]. 中山大学学报(自然科学版), 2004, **43**(4): 67~ 71.]

Intensity of Anthropogenic Disturbance and Its Effect on the Landscape at Taishan, Shandong Province

GU O Luo, YU Shixiao

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

Abstract: In this paper, the influence of human activities on the landscape structure at Taishan of Shandong province has been studied. Based on the landscape map compiled with satellite remotely sensed data (TM data in the year 1986 and 2001), the methods of multi-indices analysis and polar analysis were used to quantitatively describe the anthropogenic disturbance intensity and the direction of landscape structural change at Taishan, China. The results indicated that the method of polar analysis could be used precisely to analyze the effect on landscape change and detect the direction of anthropogenic disturbance reasonably. At Taishan, the polar anthropogenic disturbance on landscape can be divided five types, while the intensity of anthropogenic disturbance can be divided into three grades. The general effect of human impacted during the past fifteen years was positive polarity. The value of polar anthropogenic disturbance index at the region with medium intensity of anthropogenic disturbance was minimum.

Key words: landscape structure; anthropogenic disturbance; polar analysis