

# 生态旅游开发对世界双遗产地植被景观的影响\*

张春英<sup>1</sup>, 张春玲<sup>2</sup>, 郑少峰<sup>3</sup>

1. 福建工程学院建筑与规划系, 福建 福州 350108;
2. 吉林农业工程职业技术学院生物工程系, 吉林 四平 136000;
3. 福建船政交通职业学院管理系, 福建 福州 350007)

**摘要:** 采用景观视觉敏感度、植被景观优势度倒数、平均分维数的倒数、景观斑块数量破碎度、景观聚合度倒数、景观多样性指数倒数、建筑面积比及道路廊道密度指数 8 个指标构建了生态旅游干扰评价模型, 评价分析了生态旅游对武夷山世界自然遗产地植被景观的干扰, 并首次利用改进单纯形投影寻踪法来对 8 个模型指标因子进行聚类分级和检验其贡献度水平。结果表明: 生态旅游对武夷山世界自然遗产地中大竹岚、先峰岭、挂墩、双溪口景区景观系统干扰较轻, 对桃园峪、黄岗山、双泉寺、麻雀观鸟和罗家洞景区干扰较严重, 对坳头农家度假村和三岗景区干扰最严重。8 个指标表征干扰强度的贡献率的从大到小的顺序为: 视觉敏感度指数 = 植被景观优势度倒数 = 平均分维数的倒数 > 道密度指标 > 景观多样性指数倒数 > 景观斑块数量破碎度 > 建筑面积比 > 景观聚合度倒数。

**关键词:** 武夷山世界自然遗产地; 生态旅游; 植被景观; 干扰模型; 改进单纯形投影寻踪法

**中图分类号:** TU986; Q149 **文献标志码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2012) 01-0096-06

## Eco-Tourism Disturbance of the Wuyishan Natural Heritage Vegetation Landscape

ZHANG Chunying<sup>1</sup>, ZHANG Chunling<sup>2</sup>, ZHENG Shaofeng<sup>3</sup>

1. Department of Landscape Architecture and Planning, Fujian University of Technology, Fuzhou 350108, China;
2. Department of Biological Engineering, Jilin Agriculture Engineering Polytechnic College, Siping 136000, China;
3. Department of Management, Fujian shipbuilding College, Fuzhou 350007, China)

**Abstract:** Using  $\bar{S}_{i-c}$  index, MD index, MFD index,  $FN_1$  index, MAI index, MSHDI-index, AR index and RU index, the evaluate model of eco-tourism disturbance was created. with the evaluate model, tourism disturbance of the Wuyishan Natural Heritage vegetation landscape was studied, furthermore, Cluster degree and contribution rate of 8 model indices were analyzed by using MSM-PP for the first time. The result showed that: the Dazulan, the xianfengling, the Guadun and the Shuangxikou scenery spots were disturbed lest seriously; the Taoyuanyu, the Luojiadong, the Shuangquansi, the Masu, the Xianfengling and the Huanganshan scenery spots were disturbed less seriously; the Aotou and the Sangang scenery spots were disturbed most seriously. Evaluate disturbance contribution rate of 8 model indices was list as blow:  $\bar{S}_{i-c}$  index = MD index = MFD index > RU index > MSHDI index >  $FN_1$  index > AR index and > MAI index.

**Key words:** the Wuyishan Natural Heritage; eco-tourism; vegetation landscape; disturbance model; MSM-PP

\* 收稿日期: 2011-03-27

基金项目: 福建省青年人才基金资助项目 (2008F3004); 福建工程学院科研基金资助项目 (GY\_20902)

作者简介: 张春英 (1979 年生), 女, 副教授, 博士; E-mail: zhangchunying8@126.com

自然保护区是一个具有多功能的自然 - 社会 - 经济实体<sup>[1-2]</sup>，而生态旅游是具有保护自然环境和维护当地人民生活双重责任的旅游活动。随着生态旅游业的迅速发展，探索保护区旅游开发与生态保护的协调规律对指导自然保护区进行有效开发与科学管理具有重大意义<sup>[1]</sup>。对此许多学者也作过一些研究<sup>[1,3-9]</sup>，但从植被景观系统角度去研究此类问题未曾见报，基于此，本文从景观尺度上探讨了武夷山世界自然遗产地的 11 个生态旅游景点缓冲范围内的植被景观的受干扰程度，为了定量的分析旅游干扰对景点周围植物景观的影响，采用景观的视觉敏感度、景观破碎度、平均分维数倒数、植被景观优势度倒数、景观多样性倒数、景观聚合度倒数、人工建筑面积比和道路廊道密度来构建评价指标体系，并首次采用改进单纯形投影寻踪模型对景观生态相应的 8 个指标进行聚类分析，研究其每个因子的贡献率的大小。

## 1 研究区域概况与研究方法

### 1.1 研究区域概况

1.1.1 地理概况 武夷山自然保护区的地理坐标为：东经 117°27' ~ 117°51'，北纬 27°33' ~ 27°54'，总面积 56 527 hm<sup>2</sup>，年平均气温 8.5 ~ 18 °C，年平均降雨量为 1 486 ~ 2 150 mm。植被异质性较大，生物多样性是地球同纬度带最为丰富的地区<sup>[10]</sup>。

1.1.2 生态旅游概况 武夷山自然保护区共有大竹岚、桃园峪、三港、黄岗山、双泉寺、先锋岭、麻栗观鸟、坳头农家度假村、罗家洞、挂敦及双溪口 11 个景点，总的游览面积达 130 000 m<sup>2</sup>，旅游的线路主要有桃源洞、泥洋罗家洞、黄岗山及皮坑 4 条，游线总长度为 46 km。全年可游览天数按 360 d 计，平均分为旺季、平季和淡季，各为 120 d，年环境容量为 13.69 万人。目前游客主要来源于上海、厦门、周边的县（市）等地。

### 1.2 研究方法

在 Arc GIS 9.0 中将武夷山自然保护区的基本植被图与旅游景点图相互叠加，以景点斑块的中心点为坐标点由中心向周围画圆型辐射区，辐射圆的半径为 300 m，在圆周上的斑块，以其中心点为准，如果中心点落入圆内，即将此斑块划入圆内，反之则为圆外斑块。对其 11 个区内的景观影响指标进行研究评价。

1.2.1 评价指标构建 为了定量研究生态旅游对植物景观的影响，本文选取以下 8 个指标进行构建评价体系。

#### 1) 景观的视觉敏感度。

视觉敏感度是景观被观赏者所注意到程度的度量，一般来说，视觉敏感度越高，对干扰越敏感，对其的保护工作就越重要。视觉敏感度可以用视觉机率敏感度 ( $S_i$ ) 和醒目程度敏感度 ( $S_c$ ) 来综合表示（简称视觉综合敏感度）<sup>[1,11-12]</sup>。视觉醒目程度敏感度 ( $S_c$ ) 采用专家分级赋值方式<sup>[1]</sup>，具体标准如下：极敏感 (0.8 ~ 1]、敏感 (0.6 ~ 0.8]、较敏感 (0.4 ~ 0.6]、一般 (0.2 ~ 0.4]、不敏感 (0 ~ 0.2]。在游览过程中，景区内的景物出现的机率越大，其敏感度越高。理论上，若游览者在景区内观景的时间总计为  $T$ ，而某景观在视域中停留的累积时间为  $t$ ，则其视觉机率测度为  $S_i = t/T$ ，如果游览者为匀速行进，则  $S_i = l/T$ ，式中  $l$  为某景观能被看到的线路长度，若景观在整个观赏活动中都能在视域内出现，如山岳主峰上的亭、阁，则其敏感度  $S_i = 1$ ，其他情况下， $S_i \in [0 \sim 1)$ <sup>[1]</sup>，公式如下：

$$\bar{S}_{i-c} = \frac{1}{2m} \left[ \sum_{i=1}^m (S_i)_i + \sum_{j=1}^m (S_c)_j \right]$$

式中， $\bar{S}_{i-c}$  为视觉综合敏感度； $i$  为视觉机率敏感度第  $i$  测度点； $j$  为醒目程度敏感度第  $j$  测度点； $m$  为被测度的旅游景物的数量。

#### 2) 植被景观破碎度。

$$FN_1 = (N_p - 1)/N_c$$

式中， $N_c$  是用栅格个数表示的研究区景观总面积（该数值由最小斑块面积去除研究区景观总面积得到）， $N_p$  是景观内各类元素的总数， $FN_1 \in (0, 1)$ ，0 是表示景观完全未被破坏，1 是表示被完全破坏。

#### 3) 平均斑块分维数倒数。

分维数的数学意义为斑块的自相似性程度，分维数越趋近于 1，斑块形状越有规律，其形状越接近于正方形，斑块几何形状越趋近于简单，受人为影响的程度越大。据此可知 MFD 值越大，受人为干扰越强烈。计算公式如下：

$$MFD = \frac{N}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \left[ \frac{2 \ln(0.25 P_{ij})}{\ln a_{ij}} \right]}$$

式中，MFD 为平均分维数倒数； $P_{ij}$  为  $i$  景观  $j$  斑块的周长； $a_{ij}$  为  $i$  景观  $j$  斑块的面积； $N$  为所有斑块的总数； $m$  为植被类型总数。

#### 4) 植被景观优势度倒数。

优势度表示景观多样性对最大多样性之间的偏差，其值越大越表明景观组成中某种或某些景观类

型支配景观的程度越大。植被景观在景观中的优势度越大,说明景观中的植被占有率越高,也反映出景区的旅游活动对原来本底景观的影响程度。优势度的倒数计算公式为:

$$D_0 = \frac{1}{H_{\max} + \sum_{i=1}^m p_i \cdot \log_2 p_i}$$

式中:  $D_0$  为景观优势度倒数;  $H_{\max}$  为最大多样性指数;  $p_i$  为  $i$  类植被景观所占有的面积比;  $m$  为植被景观的类型总数。

#### 5) 植被景观多样性指数倒数。

一般采用香农多样性指数反映景观要素的多少及各景观要素所占比例的变化,也是在景观和要素类型两个水平上来表示景观多样性。SHDI 的值越大,说明斑块类型增加或各斑块类型在景观中呈均衡化趋势分布。景观多样的最直接反映是景观中的斑块的类型的多少,一般来说人为景观类型比较趋向于同质性,其倒数来反映人为干扰的大小。计算公式为:

$$\text{MSHDI} = \frac{1}{-\sum_{i=1}^m p_i \ln p_i}$$

式中,  $p_i$  为第  $i$  种景观类型在景观里的面积比例。

#### 6) 聚合度指数倒数。

聚合度表征是景观中不同生态系统的团聚程度。景观中的同类型斑块最大程度的离散分布时,其聚集度为 0;景观中的同类型斑块被聚合成一个单独的、结构紧凑的斑块时,聚集度为 100,可以表明聚合度指数是表示景观受干扰程度越大,指数越小,而其倒数越大。

计算公式为:

$$\text{MAI} = \frac{1}{\left[ \frac{g_{ij}}{\max \rightarrow g_{ij}} \times 100 \right]}$$

式中,  $g_{ij}$  为景观类型  $i$  的斑块之间的邻接数量,  $\max \rightarrow g_{ij}$  为景观类型  $i$  的斑块之间的最大邻接数值。

#### 7) 人工建筑面积比。

自然景观中建筑的比重越大,说明景观中人为的影响越大,对景观系统的影响越大。

#### 8) 道路廊道密度。

廊道景观是研究区单位面积内的长度<sup>[13]</sup>。旅游沿线的景点地区是保护内道路网络较为密集的地区,道路廊道密度的大小反映景观破碎化程度大小,表征了人为干扰的强弱。

### 2.2.2 旅游干扰响应因子的贡献率研究 近 30 年

来国际统计界兴起的投影寻踪法<sup>[14-15]</sup>,投影寻踪是一种可用于高维数据分析,既可作探索性分析,又可作确定性分析的方法<sup>[16]</sup>,该模型可用于具有任何结构和特征的高维数据的分级处理<sup>[14,17-18]</sup>。研究表明常用的投影寻踪方法计算过程复杂、编程实现困难,在一定程度上限制了其应用,鉴于此,吴承祯等<sup>[15]</sup>提出基于改进单纯形法的投影寻踪法,并将其应用于森林生态系统生态价位的分级研究,结果表明改进单纯形投影寻踪法的搜索时间是传统的投影寻踪方法的 34%,而投影方向对应的投影函数值为传统投影寻踪方法的 143%,模型具体公式及意义详见参考文献 [14, 19]。

## 3 结果与分析

### 3.1 单个旅游干扰评价因子分析

在 8 个单独指标的分析中,人工景观中三港景区的视觉综合敏感度最高,达到了 0.620 0,属于敏感的级别,三港为旅游接待建设了一些旅游服务设施,三港的海拔较低,在视域分析时,其视觉机率敏感度和视觉醒目度都较强。坳头农家度假村和双泉寺的视觉综合敏感度较高,由于近年来新建的建筑较多,而双泉寺主要是寺庙建筑外貌景观醒目度较高。黄冈山、先锋岭、坳头农家度假村、双泉寺、麻栗观鸟、罗家洞景观视觉敏感度处于较敏感的水平。在视域分析过程中,可以发现景观建筑的视觉敏感度,与其在整个景观中的空间位置的关系是比较密切,同时观测点的选择对结果也有影响。双溪口和挂敦是略低于整体景观的平均视觉敏感度的,而大竹岗因为其没有人工建筑景观,所以,其视觉敏感度的值为 0。11 个景点的植被景观的优势度的倒数均不同程度的高于整体植被景观优势度倒数的平均值,说明 11 个景点的植被景观在旅游开发的过程中均受到了不同程度的旅游干扰,其中干扰最大是坳头农家度假村和三港。斑块平均分维数的倒数也表明 11 个景点受到了比整体植被景观更大的干扰强度。景观聚合度倒数却对旅游干扰的反映不是很敏感,有些景点的值还略低于保护区整体植被景观的平均值,这可以说明景观聚合度倒数是对外界干扰敏感较低的一个指标,而且其值的大小波动是在一个较长期的过程后才有的反映。在斑块破碎化的指标中,11 个景点的破碎度均不同程度的高于整体植被景观的平均值,最大的是三港,也是由于三港景区的人群数量较多、人群出现次数比较频繁,旅游服务设施较多造成的。桃园峪、罗家洞及坳头农家度假村等景点也出现了较高的斑块数量

破碎化指标,这说明这些景区旅游流较大,同时也说明了这些景区的景观受人为干扰程度较强烈,有必要采取有效的措施保护景观。11个景区的景观多样性的倒数值也均高于保护区整体植被景观的平均值,最高的是黄岗山,黄岗山的平均海拔为1 839.5 942 m,是华东地区最高的山峰,植被主要是以高山草甸和黄山松、杜鹃等为主,生物多样性的水平本来就比其他的低海拔地区要低,加上黄岗山游线的开通,黄岗山的生物多样性受影响更为严重,所以景观多样性的倒数值为最高。人工建筑的面积比指标非常低,因为11个景区中的人工建筑较少,保护区主要以保护生物多样性的自然生态系统为主,并没有为了开展生态旅游而对原有的自然景观来进行大肆改造,所以建筑面积比非常低,其中大竹岚无人工建筑物,罗家洞、双溪口和挂敦的人工建筑面积比值是小于保护区整体人工建筑面积比的平均值。道路廊道的密度也相对较低,其中黄岗山、双溪口和双泉寺均低于保护区整体植被景观的道路廊道的密度值,黄岗山竟然只有0.000 2。道路廊道的密度值是反映单位面积内廊道的长度,一般来说单位面积内的廊道面积越大表明景观的破碎程度越大。

### 3.2 旅游干扰评价因子的聚类分级及贡献率大小分析

对生态旅游影响评价体系中的各个指标进行标准化处理,利用改进单纯形投影寻踪法进行聚类分级,得到最大的投影方向值为 $\beta$  (0.5, 0.5, 0.5, 0.119 8, 0.007 5, 0.164 2, 0.118 3, 0.441 2),利用最大投影方向值求出 $Z_i$  ( $i = 1 \sim n$ ),  $Z_i$ 值是景观视觉敏感度、植被景观优势度倒数、平均分维数的倒数、景观斑块数量破碎度、景观聚合度倒数、景观多样性指数倒数、建筑面积比和道路廊道密度指数8个多维指标在一维上的投影最投影方向值的综合最大投影值,由8个干扰因子的构造含义可知 $Z_i$ 越大表示此景点的景观受到旅游干扰越强烈,11个景区中(表1)投影值最大的为坳头农家度假村1.730 6,最小的为大竹岚0.508 5。根据干扰强度的变化大小进行干扰的聚类分级,可以将11个景区分为3级,值域为[0.5-0.9)、[0.9-1.3)、[1.3-1.8),第一类干扰级别的景点有大竹岚、先锋岭、挂敦、双溪口,这几个景区受旅游的干扰程度比较低,这几处景点的共性是人工的建筑设施非常少,其中大竹岚是没有人工的景观设施,所谓大竹岚就是满山遍野的毛竹景观,如绿色的战士一样,气势恢宏。挂敦的优越的自然环境举

世闻名,生物多样性的水平也是世界同纬度地区中最为丰富的,这个区域主要用于科学研究,所以大批人流涌入较少。双溪口是处于大安区的边缘地带,因为其交通不是很发达,景色也与其他景点区别不大,所以游人到达较少。先锋岭景区位于三港、大竹岚和坳头农家度假村的附近,旅游客流分配的过程中较容易将其忽略或者不受重视的区域,所以其旅游流的进入比较少。属于第二类干扰级别的景点为桃园峪、黄岗山、双泉寺、麻雀观鸟和罗家洞。这几个景区达到了较严重的干扰水平。桃园峪是景点开发的重点区域之一,黄岗山一直是武夷山自然保护区最吸引人的景点,几乎每个进入保护区的游人和科考人员都会登上华东屋脊——黄岗山,虽然黄岗山上的景物不多,植被以高山草甸和黄山松为主,并未影响其在人们心中的向往程度。双泉寺是武夷山自然保护区较为有名的一座寺庙,海拔为1 164.716 1 m,略低于自然保护区的平均海拔,当地的居民经常会去寺庙焚香拜佛,也是旅游开发的一处重要的景点之一。麻栗观鸟台是保护区管理局为了开发生态旅游而新建的一处旅游设施,游客对此也非常热衷,这是本景点旅游影响的一个重要原因。罗家洞景区被开发的可观赏的景物比较多,山地景观有石门迎客、幽洞石刻、古猴望月、云台览胜等,水域景观有天水瀑等等,生物景观有翠竹莺林等等。丰富的景观资源造成了旅游流大量涌入的驱动力。

属于第三类干扰级别的景点为坳头农家度假村和三岗,达到了干扰严重的程度。其中受干扰最高的为坳头农家度假村,这里的人工建筑是比较集中的地带,武夷山旅游观光、科研考察和开会的人群多数会考虑住在度假村,原本这里就聚集了5个居民点,所以这里的人群是较为密集的地方,度假村的建筑多数是近年来为了发展生态旅游而新建的,在这些建筑等旅游设施的建设过程中,对原本的植被景观进行了很大的破坏,又由于时间较短植被景观还没有恢复到一定程度,所以坳头度假村的景观受旅游开发的综合影响程度是最为强烈的。三港的景点的景物比较多,而且宾馆和村舍也比较密集,是旅游景区的同时也是旅游接待的地方,设施较为丰富,三港景点的平均海拔为948.864 7 m,较武夷山自然保护区的平均海拔(1 212.932 5 m)要低,为人群的可达性也创造了有利的条件。所以三港的受干扰程度与坳头农家度假村仅差0.102 8,也是比较强烈的地区(图1)。

表 1 旅游影响评价指标值及其投影值  
Table 1 Tourist disturbance evaluation indices and their projective values

Item	$\bar{S}_{i-c}$	MD	MFD	$FN_1$	MSHDI	MAI	AR	RU	$Z_i$
DZL	0	1.313 2	0.923 2	0.216 5	0.495 7	0.010 7	0	0.008 6	0.508 5
TY Y	0.355 6	1.670 0	0.920 6	0.371 3	0.558 5	0.010 5	0.008 3	0.006 5	1.069 6
SG	0.620 0	2.621 2	0.920 7	0.422 7	0.549 1	0.010 7	0.016 3	0.004 5	1.627 8
HGS	0.491 7	1.466 7	0.916 7	0.282 4	0.648 2	0.010 3	0.005 1	0.000 2	1.072 9
SQS	0.565 4	1.637 2	0.922 5	0.227 5	0.500 5	0.010 5	0.001 8	0.003 7	1.067 7
XFL	0.421 3	1.378 4	0.924 1	0.221 6	0.509 0	0.010 6	0.003 9	0.009 9	0.876 5
MSGN	0.501 5	1.720 9	0.929 1	0.302 1	0.501 8	0.010 5	0.003 7	0.004 8	1.237 9
ATDJ	0.577 4	3.071 3	0.927 2	0.309 4	0.477 8	0.010 5	0.009 7	0.011 3	1.730 6
LJD	0.511 2	1.747 6	0.927 4	0.313 3	0.555 4	0.010 4	0.002 6	0.015 5	1.270 8
GD	0.202 3	1.231 2	0.925 1	0.299 2	0.514 6	0.010 6	0.001 1	0.005 7	0.870 2
SXK	0.212 2	1.265 3	0.927 4	0.213 8	0.505 3	0.010 2	0.002 0	0.001 3	0.830 2
ZTPJ	0.285 6	1.096 1	0.893 2	0.200 8	0.428 1	0.010 1	0.002 7	0.003 8	0.178 7

注： $\bar{S}_{i-c}$ ：视觉综合敏感度指数；MD：植被景观优势度倒数；MFD：平均分维数的倒数； $FN_1$ ：景观斑块数量破碎度；MAI：景观聚合度倒数；MSHDI：景观多样性指数倒数；AR：建筑面积比；RU：道路廊道密度指标； $Z_i$ ：投影值。DZL：大竹岚；TY Y：桃园峪；SG：三港；HGS：黄冈山；SQS：双泉寺；XFL：先锋岭；MSGN：麻栗观鸟；ATDJ：坳头农家度假村；LJD：罗家洞；GD：挂敦；SXK：双溪口；ZTPJ：武夷山自然保护区植被总体平均的景观指标

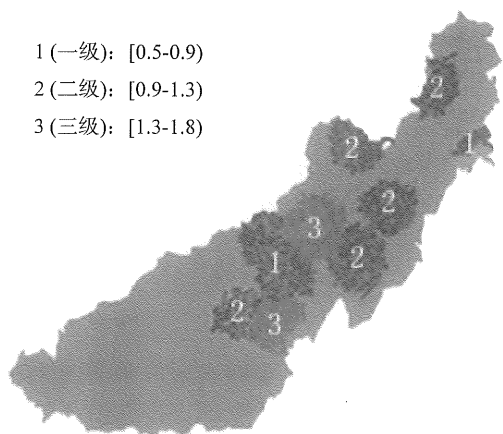


图 1 景点受旅游影响强度分级图  
Fig. 1 Tourism disturbance degree of scenery spots

研究得到最佳的投影方向值为  $\beta$ ，依次对应的 8 个评价指标为视觉敏感度指数、植被景观优势度倒数、平均分维数的倒数、景观斑块数量破碎度、景观聚合度倒数、景观多样性指数倒数、建筑面积比和道路廊道密度指标，可见，旅游响应因子中，对景点干扰表征的贡献率的从大到小的顺序为  $\bar{S}_{i-c} = MD = MFD > RU > MSHDI > FN_1 > AR > MAI$ 。景点中景观视觉敏感度指数 ( $\bar{S}_{i-c}$ )、植被景观优势度倒数 (MD)、道路廊道密度指标 (RU) 及平均分维数的倒数 (MFD) 在反映旅游干扰对景观的影响度方面发挥了重要作用，是非常理想的表征指标，虽然景观斑块数量破碎度 ( $FN_1$ )、景观多

样性指数倒数 (MSHDI) 及建筑面积比 (AR) 在表征旅游对景观干扰程度上的贡献率不大，但与以往其他的评价指标的贡献度比较而言，也是属于敏感的表征指标，只有景观聚合度倒数 (MAI) 这个指标在表征旅游干扰程度上的贡献率比较小，是属于较不理想的表征指标。但从整个投影结果可以看出，作者选用的改进单纯形投影寻踪方法探讨其干扰程度的大小及旅游干扰响应因子的贡献度，取得了较为理想的结果。本研究成功地将武夷山自然保护区 11 个生态旅游景点的旅游干扰程度进行聚类分级，为将来对生态旅游的管理工作提供理论依据。

#### 4 结论与建议

以上研究可知生态旅游在为武夷山自然保护区带来新的发展机遇的同时，也对保护区的自然景观造成了损害，坳头农家度假村和三港景区的景观受干扰程度达到了严重的程度，应控制这两个景区的旅游信息熵的输入，可以采取固定日期开放的形式，这样可以给植被等自然景观以自我调节的时间。对于进入到景区的人群，必须限制其过多的拍照、碰触景观、喧嚣吵闹的现象，以免造成光、声污染。同时应改善目前的建筑形式、色彩、规模、层高等等，鉴于三港景区与居民点相临，应加强对村民的保护生态的教育。罗家洞、双泉寺、麻栗观鸟、桃园峪、先锋岭及黄冈山的旅游干扰程度也达

到了较严重的水平,也必须加强对旅游流、居民流等各种形式人为干扰的控制程度。双溪口、挂敦和大竹岚虽然受干扰的程度相对于其他的景区来说是较轻的,但是也高于保护区整体的受干扰水平,达到了一般干扰水平。对于这 3 个景区,要进行时时监控,一旦发现干扰破坏的程度加大,便立即采取有效的措施进行调控。

在 8 个指标的分项比较分析中可以得到三港景区的视觉的敏感性最强,这就需要限制三港景区的人工建筑面积进一步扩大,而且可以对现有的建筑的外观进行更适合于周围环境的修缮,以使其色彩色调和外部形状与周围自然景观更为融合。景观优势度倒数是坳头农家度假村的最大,说明植被景观在坳头农家度假村中的优势地位较弱,需要及时调整,可以考虑在坳头农家度假村增加植被的面积,限制人工设施进一步扩张。景观多样性的倒数、斑块分维数的倒数和景观聚合度倒数几个景区间的差异是比较小的,均略高于保护区整体的平均值,对于这些指标都可以通过限制人工景观及设施和限制人流的大量涌入,恢复植被景观来改善。景观破碎度最大是三港景区,说明三港景区是景观生态保护的最为重要的地区,对其人流的限制是势在必行的。人工建筑面积比最大的是坳头农家度假村,同样说明此景区的人工建筑过多,对自然景观的干扰和环境压力比较大,可以适当的拆除些废弃的、破旧的建筑,也可以将分散的居民房间集中建成楼房,节约用地面积。在道路廊道密度比中最大的是罗家洞景区,可以看出道路廊道的密度在各个景区中的差异较大,可以减少罗家洞、坳头农家度假村、先锋岭和大竹岚景区的道路廊道,以此来防止保护区植被景观的受到进一步破坏。

#### 参考文献:

- [1] 徐颂军,邱彭华,谢跟踪,等. 广东省古兜山自然保护区生态旅游开发的多尺度影响[J]. 生态学报, 2007, 27(10): 4045 - 4056.
- [2] LIANG J M. Analysis on eco-tourism development in nature reserve[J]. Journal of Jiaying University: Natural Science, 2000 (3): 97 - 100.
- [3] 张桂萍,张峰,茹文明. 旅游干扰对历山亚高山草甸优势种群间相关性的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(11): 2868 - 2874.
- [4] BURGER J, GOCHFELD M. Effects of ecotourists on bird behavior at Loxahatchee National Wildlife Refuge, Florida[J]. Environ Conserv, 1998, 25 (1): 13 - 22.
- [5] HUANG X L, LIN S. Discuss on the deep meaning and basic features of eco-tourism in nature reserves[J]. Problems of Forestry Economics, 2003, 23(3): 172 - 175.
- [6] 朱珠,包维楷,庞学勇,等. 旅游干扰对九寨沟冷杉林下植物种类组成及多样性的影响[J]. 生物多样性, 2006, 14(4): 284 - 291.
- [7] CHENG Z H, ZHANG J T, SHANG T L, et al. Relationship between tourism development and vegetation environment in Luya Mountain Nature Reserve II. Quality analysis of vegetation ecological environment[J]. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22 (10): 1765 - 1773.
- [8] LI Z, BAO J G, QIN C F. The impact of tourist development on the vegetation cover of Mount Danxia, Guangdong[J]. Acta Geographica Sinica, 1998, 53 (6): 554 - 561.
- [9] CHENG Z H, ZHANG J T, SHANG T L. Relationship between tourism development and vegetation environment in Luya Mountain Nature Reserve: tourism influencing index and some indices analysis [J]. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23 (4): 703 - 711.
- [10] 张春英. 武夷山自然保护区景观安全格局、动态及景观安全系统研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2008.
- [11] QIU P H, YU M T, ZENG C S. A research on landscape planning and design in tourist destinations[J]. Tourism Tribune, 2004, 19 (1): 51 - 56.
- [12] YU K J. Assessment of landscape sensitivity and impact resistibility: with a case study of Wangxiangyan canyon in south Mt. Taihang [J]. Geographical Research, 1991, 10 (2): 38 - 51.
- [13] 肖笃宁. 景观生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2003: 39 - 50.
- [14] 吴承祯,洪伟,洪涛. 基于改进的投影寻踪的森林生态系统生态价位分级模型[J]. 应用生态学报, 2006, 17(3): 357 - 361.
- [15] FRIEDMAN J H, TURKEY J W. A projection pursuit algorithm for exploratory data analysis[J]. IEEE Trans, 1974, 23(9): 881 - 890.
- [16] 付强,邢桂君,王兆函,等. 基于 RAGA 的 PPC 模型在节水灌溉项目投资决策中的应用[J]. 水土保持通报, 2002, 22(5): 51 - 54.
- [17] 金菊良,张礼兵,潘金锋. 基于投影寻踪的天然草地分类模型[J]. 生态学报, 2003, 23(10): 2184 - 2188.
- [18] 李柞泳,丁晶,张欣莉. 环境监测优化布点的投影寻踪回归分析法[J]. 环境科学进展, 1999, 7(6): 127 - 130.
- [19] 汪丽娜,陈晓宏. 北江流域历年洪水强度大小的比较研究[J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2010, 49(6): 145 - 148.