

文章编号: 1008 - 2786 - (2014) 1 - 11 - 10

漓江流域旅游开发对景观格局干扰的时空分异

向芸芸 蒙吉军*

(北京大学城市与环境学院 地表过程分析与模拟教育部重点实验室 北京 100871)

摘 要: 旅游开发对景观格局的影响是旅游干扰的重要体现,景观结构变异程度则是反映景观格局变化的重要指标。选择桂林市旅游发展的核心区漓江流域,基于自然地理数据、社会经济统计数据和土地利用/覆被数据,运用 GIS 空间建模等技术,采用景观变异系数分析方法对主要人为干扰源进行了量化识别,确定了居民点、景点及道路三类干扰源的显著影响范围,对比分析了不同干扰源对景观结构变异的剧烈程度;探讨了 1989—2000 年和 2000—2010 年两个旅游开发阶段的景点干扰强度动态变化,分析了景点干扰与海拔、坡度和 GDP 的空间特征。结果表明: 1. 旅游开发已经成为漓江流域重要的人为干扰源,对景观格局产生了直接的影响,干扰强度因景点数量、规模及类型而异; 2. 旅游景点干扰表现出显著的空间分异特征,受流域自然环境和社会经济条件的制约,部分区域因其景点配置的特点呈现出特殊性; 3. 漓江流域景点干扰的重点区域主要有两种类型,旅游开发需从干扰的特征出发,探寻适宜的旅游发展模式,以实现流域生态系统的适应性管理。

关键词: 旅游干扰; 景观变异系数; 时空分异; 漓江流域

中图分类号: P901

文献标志码: A

干扰是自然界中无时无刻不在的一种地理过程,直接影响着生态系统的演替^[1-3]。人为干扰是在人类有目的地对局部地区自然环境进行的改造,如烧荒种地、森林砍伐、放牧、道路修建、景区建设等^[4-7],是景观格局时空分异的重要驱动力来源^[8-9]。近年来,由于人类活动的广泛性和作用方式的多变性,人为干扰的破坏性尺度不断被放大^[10],往往超过了其依附的景观所容许的程度^[11-12],导致景观中各类资源的改变和结构的重组,甚至成为景观病态结构和功能的成因。因此,合理辨识人为干扰的作用方式和强度大小,分析人类干扰加剧导致的生态系统的异化过程,对于维持自然系统结构与功能的持续性和完整性非常重要。

旅游活动作为一种日益复杂的人为干扰形式,在推动区域经济增长、形成积极的溢出效应的同时,不可避免地会对景区的生态环境带来消极的影

响^[13],并通过动植物资源、土地结构、大气质量、人文环境等具体要素体现出来^[14]。近年来,旅游干扰引起的景观退化及破坏问题日趋严峻^[15],直接影响到景区生态系统的平衡和持续。如何定量评价旅游活动对区域生态环境的干扰,为旅游开发建设提供依据,是地理学、生态学、环境科学等共同关注的热点问题。早期的研究源于 20 世纪 30 年代旅游业发达的美国和加拿大,基于生态学方法针对旅游开发对旅游地被^[16]、水土^[17]、空气^[18]、建筑风格^[19]等方面的影响进行了大量定性研究; Wagar^[20]在此基础上提出了基于样方调查和对比分析的模拟实验法,对旅游行为产生的干扰进行了半定量的模拟; Liddle^[21]进而提出了旅游环境影响理论,在实验的基础上初步探究了生态系统对于旅游活动的抗干扰能力及恢复机制。近 20 年来,国外对旅游干扰的研究逐渐由理论框架演

收稿日期(Received date): 2013 - 07 - 13; 改回日期(Accepted): 2013 - 07 - 25。

基金项目(Foundation item): 国家科技支撑课题(2012BAC16B04) 资助。[National Key Technology R&D Program(2012BAC16B04) .]

作者简介(Biography): 向芸芸(1989 -), 女, 湖北宜昌人, 硕士研究生。主要从事资源环境管理、土地变化科学研究。[Xiang Yunyun(1989 -), female, bachelor major in study of resources and environmental management, land use changes.] E - mail: xiangyunyun@ 126. com, Tel: 18810328468

* 通信作者(Corresponding author): 蒙吉军(1971 -), 男, 副教授。[Meng Jijun(1971 -), male, Associate professor.]

化为模型工具,侧重模拟特定生态过程下景观规划与管理的合理方式^[22-25]。

相比而言,国内对于旅游干扰的研究起步较晚,研究内容侧重在两个方面:一是通过植被和土壤的变化分析旅游对区域环境的累积负面效应,如刘儒渊等在塔塔山国家公园等地对景区植被、土壤进行的长期定点观测^[26],谭周进等对土壤酶及微生物作用强度以及碳、氮、磷影响的研究^[27],武国柱等对六盘山旅游区不同类型植被对人类旅游践踏干扰敏感性的研究^[28]和王延平等对泰山森林公园内植被和土壤的受扰程度的测算^[29]等;二是通过对旅游环境容量、生态环境承载力、景观敏感值、生态干扰度等综合指标的量化间接反映旅游干扰的强度,如郭砾等描述泰山景观人为影响程度的类型极性指数^[30],蒋依依综合景观格局指数、总体变异系数和稳定性系数构建的旅游地道路生态持续性评价体系^[31],陈爱莲基于干扰度概念提出的双台河口湿地景观生态干扰度分类系统^[32],廖小娟等构建的评价太姥山风景名胜区内人为干扰特征的旅游影响系数^[33],以及钟静等基于景观指数提出的旅游干扰度指标等^[34]。总体来看,现有的研究侧重一定干扰作用下旅游景区某一截面的静态影响,研究方法多采用传统的样方调查或半定量的景观指数评价法,数据的连续性与结论的可重复性不高,对时间序列下干扰变化与自然景区的动态响应机制研究不多,也较少涉及不同干扰类型在景区内的空间格局分异。为此,本文尝试在辨识主要干扰源的基础上,以景观变异程度来反映人类活动对旅游地的干扰强度,从景区尺度出发探讨旅游开发建设不同阶段的干扰强度分异规律,在此基础上对景点影响的空间分异特征进行分析,以为旅游地的景区开发建设与管理提供依据。

1 研究区与数据来源

漓江流域位于中国广西壮族自治区东北部的桂林市境内,呈南北向狭长带状分布(图1)。流域面积 5 306.06 km²,干流全长 164 km,自北向南流经兴安、灵川、临桂、阳朔 4 县及雁山、叠彩、秀峰、七星和象山 5 区。流域属中亚热带季风气候,雨热同期,年平均降水量约 1 400~2 000 mm;流域植被覆盖率约为 62%,物种繁多,垂直分带性显著。漓江流域人

口密集,截止 2010 年,流域人口总数占全市人口总数的 44.66%,非农人口数占全市非农人口数的 70.82%,地区生产总值占全市总值的 61.52%,是桂林社会经济发展最为核心的区域。漓江流域还是桂林旅游资源的集中分布区,流域范围内 A 级以上级别景点达 55 处,其中依托流域自然风光的资源达 41 处,人文景观类 14 处;2010 年旅游总收入达 159.19 亿元,占全市旅游总收入的 94.59%,接待游客人数突破 2 000 万人次,是一个典型的以旅游发展带动经济发展的区域。总体上,作为桂林市旅游经济核心区域的漓江流域承载着高强度的人为干扰,同时流域的旅游发展对生态环境资源又有着较强的依赖。因此,探究流域内部旅游活动与生态环境的作用模式具有重要意义。

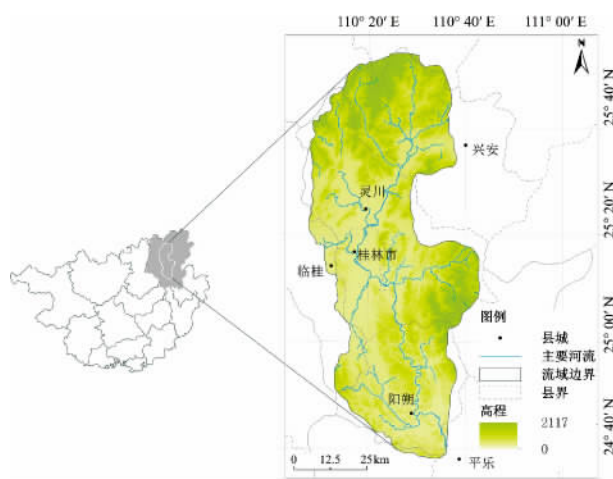


图1 漓江流域区位图¹⁾

Fig. 1 Location of Li River Basin

本研究所用的土地利用/覆被数据源于 1989 年 10 月、2000 年 9 月和 2010 年 10 月 3 期遥感影像,结合实地调查和历史资料,基于 ENVI 4.7 平台对图像进行了校正处理和解译分类,提取出耕地、林地、草地、水域、建设用地 5 种景观类型;DEM 数据源于国家科学数据服务平台,分辨率为 30 m×30 m,基于 Arcgis10.0 获取坡度和高程;道路、河流、居民点、行政边界等基础数据源于国家基础地理信息中心提供的 1:25 万地理信息数据库;灯光数据来自美国国家地球物理数据中心 DMSP F18 卫星获取的 2010 年 DMSP/OLS 稳定夜间灯光影像,空间分辨率为 1 km×1 km,参照灯光数据的 GDP 空间化处理方

1) 流域边界依据《广西壮族自治区漓江流域生态环境保护条例》(2012 年 1 月 1 日起施行)中确定的范围。

法^[35]获取流域各栅格单元的GDP; 旅游景点数据源于《桂林漓江志》^[36]、《桂林年鉴》^[37]、桂林市旅游信息网及漓江流域旅游专题图件。

2 研究方法

2.1 基于景观变异系数的干扰强度分析方法

景观发育演替受自然条件和人类活动两类异质性影响因素的制约^[38], 且二者对景观的影响具有加和性, 自然环境约束扮演着景观结构变化的背景性限制因素, 景观格局更大程度上取决于人为干扰的目的和方式^[39]。根据曾辉等人的研究成果^[40], 人为干扰在空间上集中体现在与之相应的景观附近, 主要影响范围在以其为中心的一定缓冲区范围内, 且在局部范围内景观结构差异较大; 而超出人为影响范围之外, 景观主要受自然因素制约, 景观结构差异不显著。因此, 在确定不同类型人为干扰的景观影响作用时, 可以利用缓冲区分析的方法, 以典型的干扰源为核心, 进行不同类型下相邻缓冲距的景观变异分析, 并利用总体变异系数来衡量相邻缓冲区间景观的差异水平, 如下式

$$TVD = \sum_{i=1}^n |a_i - a'_i| \quad (1)$$

式中 TVD 为总体变异系数, i 为景观类型, a_i 和 a'_i 为进行比较的两个相邻缓冲区中, 第 i 类景观类型分别占两个缓冲区的面积比例。

根据不同缓冲距下的景观总体变异系数, 可建立起典型人为干扰强度的距离衰减曲线。在近距离的缓冲区中, 景观受扰强烈, 总体变异系数往往呈现出大幅度的波动; 当缓冲区达到一定距离, 人为干扰程度显著降低, 总体变异系数不再发生显著减少, 而是围绕自然背景值窄幅波动, 说明此范围外景观结构已与自然背景趋同。因此, 可以根据该距离划定特定类型人为干扰的大致影响范围。此外, 在同等条件缓冲区内, 总体变异系数越大, 表明景观结构差异越大, 因而变异系数值的大小可以反映不同干扰类型的强度差异^[41]。本研究以 1989 年、2000 年和 2010 年土地覆被数据作为景观格局变异分析的基础数据。

2.2 干扰源的确定及其缓冲区分析方法

结合漓江流域的区域特点, 确定了 3 种主要人为干扰类型: 1. 以道路为发生源向两侧扩散的线状

干扰; 2. 以居民点为发生源向周围地区扩散的点状干扰; 3. 以重要旅游景点和游线为发生源向周围扩散的点线复合干扰。与此同时, 选定流域北部的猫儿山自然保护区和市区东部的海洋山水源林保护区¹⁾作为对比分析的自然背景区域。基于 ArcGIS 10.0 平台, 根据重要性、区域特征对道路和居民点进行了制图综合。其中, 道路干扰源依据级别和类型选择了县乡及以上级别的公路; 居民点干扰源选择了乡及以上级别驻地; 旅游景点和游线干扰源以 A 级以上的 56 个旅游资源(含漓江桂林至阳朔段)(截止 2010 年)。另外, 在自然背景区域采集 40 个随机点, 作为自然干扰源进行对比分析。漓江流域干扰源空间分布如图 2。

针对不同的干扰类型, 确定相应的缓冲区分析方法。道路干扰为条带状结构、居民点和自然干扰为同心圆结构、景点和游线干扰为复合结构。为方便宏观趋势性分析, 每个缓冲区的初始宽度(半径)依次设定为 200 m、300 m、400 m、500 m, 应用 ArcGIS 10.0 中的缓冲区分析工具, 以节点为中心, 等间距地生成若干个连续缓冲区。经比较发现, 更宽距离的缓冲区同样能够反映出景观结构的变化趋势, 并能有效降低数据冗余, 因此选择初始缓冲距离为 500 m, 分别对所有节点以宽度(或半径)依次增加 500 m 生成 20 个、30 个和 40 个缓冲区, 发现在节点周边 12 000 m 范围之外(即第 24 个缓冲区), 景观结构的变化已经趋于稳定。因此, 对于所有节点, 取最大缓冲距离为 12 000 m。在此基础上, 运用 ArcGIS 10.0 中的建模和脚本语言工具, 提取各缓冲区范围内的景观类型信息、计算相邻缓冲距离的变异系数并进行类型汇总。

2.3 旅游景点干扰的时空分析方法

2.3.1 时间变化分析方法

对于同一干扰源, 不同时期的景观总体变异系数可反映出干扰强度的时间变化; 而一定时段内景观类型变异系数的比重变化, 则能反映出该时段内各景观类型受扰强度的变化: 某景观类型变异系数的比重越大, 说明其在该时段内受扰程度相对越强。如下式

$$TVD_i = \frac{|a_i - a'_i|}{\sum_{i=1}^n |a_i - a'_i|} \quad (2)$$

式中 TVD_i 为景观类型 i 的变异系数比重, a_i 和

1) 海洋山水源林保护区边界依据 DEM 数据通过划分子流域范围确定。

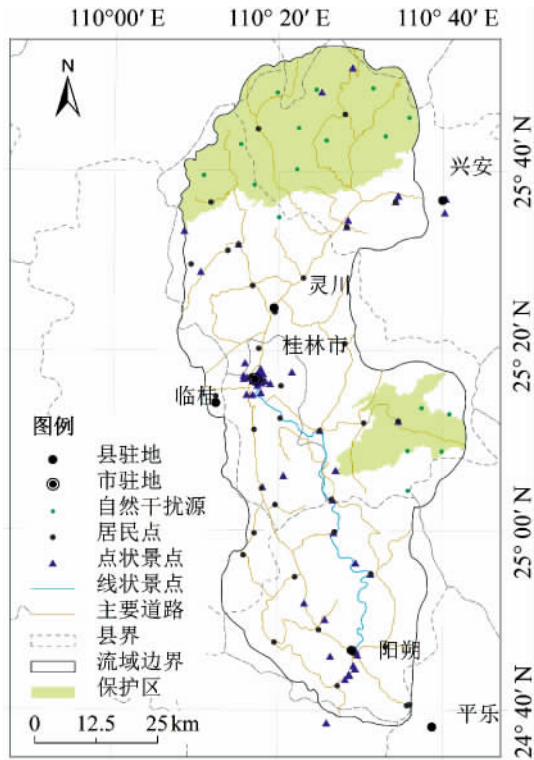


图2 漓江流域干扰源分布

Fig. 2 The locations of different human disturbance sources in Li River Basin

α'_i 为进行比较的两个相邻缓冲区中,第 i 类景观类型分别占两个缓冲区的面积比例。

根据漓江流域旅游发展的阶段性特点,本研究选择 1989—2000 年和 2000—2010 年两个时段,选取两个时段的新增景点为干扰源;时段首、末年的景观类型分别作为开发基期和建设末期的基础数据。因研究区景点干扰的最大范围为 5 500 m,选取 300 m 的初始缓冲距离和 6 000 m 的最大缓冲距离,以反映景观结构的细部变化,得到两个时段景点开发建设对周边景观结构的干扰强度变异。

2.3.2 空间分异分析方法

区域受干扰面积比重能衡量特定干扰作用在某一空间因子上的分异规律。在确定景点干扰的影响范围及强度的基础上,采用空间叠置和分区统计的方法,分析景点干扰与自然因子和社会经济因子的空间分布关系。由于漓江流域海拔高差大,地形起伏明显,高程和坡度作为衡量区域自然环境的指标,能较好地反映出流域的自然背景^[15];基于灯光数据的空间 GDP 则与旅游目的地的经济水平和人口分布直接相关^[35],可作为流域社会经济发展水平的度量指标。因此,本研究选择海拔、坡度和单位面积的

GDP 作为空间分异因子。考虑到宏观趋势性分析的特点,海拔和 GDP 数据分别按照自然间隔断点法分为 8 级和 7 级,坡度参照《水土保持综合治理规划通则》^[42] 分为 5 级,利用 ArcGIS10.0 的重分类及分区统计工具,得到研究区旅游景点干扰、居民点干扰随海拔、坡度及 GDP 的空间分异特征,并与整个研究区的基本特点进行对比。

3 结果与分析

3.1 不同干扰源产生的景观变异特征

图 3 为人为干扰源及自然背景的景观变异系数。可以发现,相较于自然干扰,人为干扰导致局部地区景观结构变异程度显著增加,并且表现出有规律的梯度递减特征:在干扰源近距离(500 ~ 2 000 m)的范围内,景观结构变异程度强,总体变异系数较大;当缓冲区达到一定距离(2 000 ~ 7 000 m)后,总体变异系数不再发生显著减少,而是围绕某一中间值窄幅波动下降,表明人为干扰强度显著降低,景观结构逐渐与自然景观趋同;当距离达到 10 000 m 左右时,总体变异系数基本稳定且趋向统一,说明这一距离以外的缓冲区分布地段受大尺度的自然因素约束,人为干扰对景观结构的影响可以忽略。

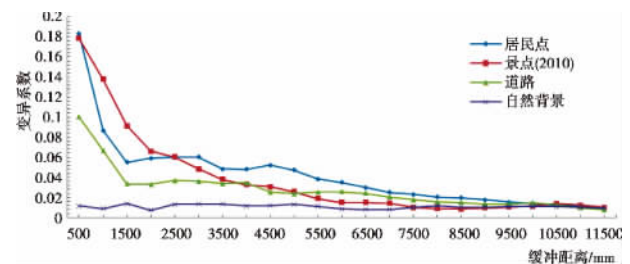


图3 不同干扰源下景观变异系数

Fig. 3 Results of landscape variation analysis for different human disturbance sources

另外,变异系数的大小能够反映出干扰剧烈程度的差异^[41]。从图 3 看出,自然背景下(自然保护区)随机干扰源的相邻缓冲区变异系数始终保持在 0.01 左右。在三种人为干扰源影响的距离范围内,居民点的变异系数最大(0.183),旅游景点次之(0.179),道路最小(0.100)。道路的变异系数无论是最大值还是平均值都远低于另外两者,再次表明道路的干扰程度较小;当地居民对周边景观的干扰强度依然最大;景点的干扰强度已趋近于居民点,且

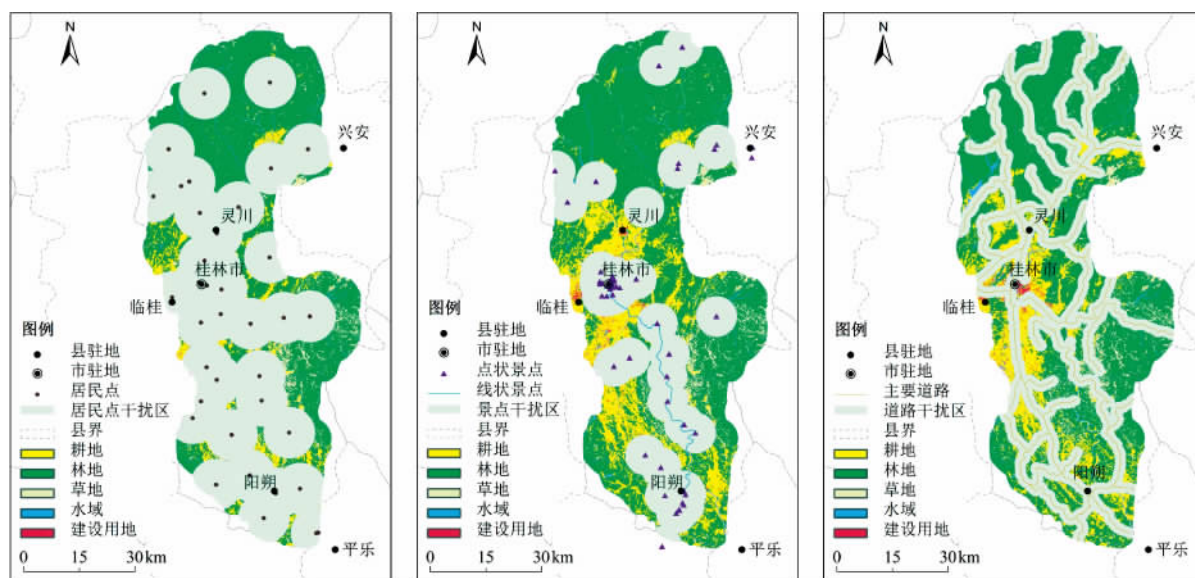


图4 漓江流域居民点(a)、景点(b)及道路(c)干扰的范围分布

Fig. 4 Distribution of residents (a), scene spots (b) and roads (c) disturbance in Li River Basin

在 500 ~ 2 500 m 范围内显著超过居民点干扰。尤其是 1989 年以来, 随着旅游开发建设规模的不断扩大和游客活动强度的持续增加, 特别是近 10 年来以游客参与性为主的体验型和度假休闲型旅游产品的兴起, 进一步增大了景区的干扰强度。

图 4 为居民点、景点、道路干扰的影响范围。可以发现, 不同人为干扰源对景观结构产生显著影响的距离区间存在差异。道路缓冲区的变异系数在 1 500 m 左右就基本达到稳态, 旅游景点的变异系数在 5 500 m 左右开始进入窄幅波动状态, 居民点在 7 000 m 之后不再显著波动。表明道路对两侧景观的影响范围最小; 居民点由于持续的生产和生活行为对周围景观的干扰具有较强的距离渗透和扩散能力; 景点干扰的距离区间也较大, 表明流域内以景点为主体的旅游活动干扰已具有显著的影响扩散能力。旅游景点的干扰扩散效应, 对区域内景点配置的合理性提出了新的要求。景点的数量和结构布局, 是影响区域旅游干扰的重要因素, 在桂林市区和阳朔县等旅游资源密集区, 一些景点间的距离不到 1 000 m, 远远小于景点干扰的稳态距离, 势必对周围的生态环境产生严重的干扰破坏。

3.2 旅游景点建设的干扰变化特征

鉴于旅游景点干扰在绝对强度和距离强度上的显著性特点, 进一步分析了 1989—2000 年和 2000—2010 年两个时段景点建设的干扰变化特点 (图 5)。

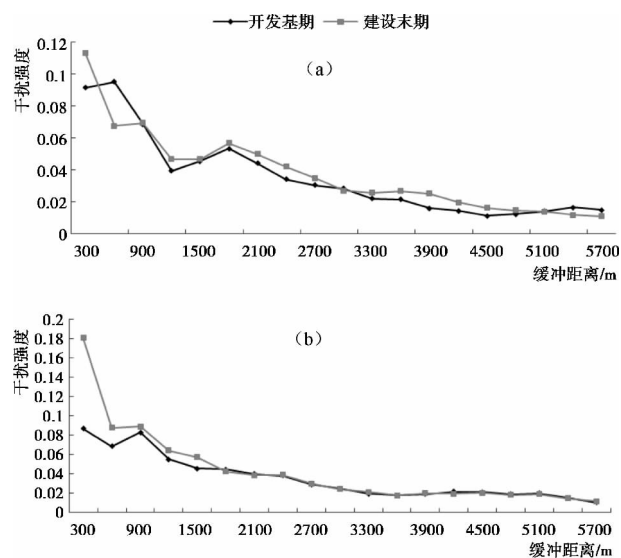


图5 1989—2000 年(a)和 2000—2010 年(b)时段内景区建设对景观结构干扰强度的距离分异

Fig. 5 Distance distribution of landscape structure variation for tourism construction

从图 5 可以明显看出, 景点建设对景观格局空间分布特征产生了直接影响, 表现在局部范围内景观结构变异程度和波动幅度的显著增强。开发基期, 这些地区所受的最大干扰强度值均在 0.1 以下, 在空间距离上呈现出总体衰减、局部无序的特点, 反映出一定程度自然干扰和轻微的人为干扰叠加作用下的随机性。建设末期, 最大干扰强度显著增加, 且在局部范围内出现大幅度波动, 呈现出图 3 中景点干扰的梯度衰减特性。

图 6 为两个时段内不同景观类型受干扰强度的变异系数比重分异。1989—2000 年期间(图 6(a)),区域内共增加及改造景区 11 处,主要位于桂林市区至阳朔河段沿岸,多为自然观光型景区,如世外桃源的修建和聚龙潭景区的改造等,对邻近水体的变化产生了比较强烈的扰动,林地和耕地也受到相当程度的干扰,受扰程度均呈现出局部地区的峰值。2000—2010 年期间(图 6(b)),新增及改造景点数量达到 27 处,集中分布在桂林市区(9 处)及阳朔县城(5 处),典型景区如桂林市区的“两江四湖”景区、兴安县乐满地主题乐园、古东瀑布和冠岩风景区等,无论是干扰强度还是干扰范围都远大于第一阶段,明显受扰的景观类型也不再局限于生态用地,5 类景观的干扰强度序列均呈现出一定的平稳特征,且建设用地和林地的受扰比重表现出持续的高值,这既受制于景区建设的空间分布,也与这一时期度假山庄、文化遗址、主题乐园等人文景点的大量兴起直接相关。

3.3 旅游景点干扰的空间分异特征

图 7 为旅游景点干扰、居民点干扰及研究区分

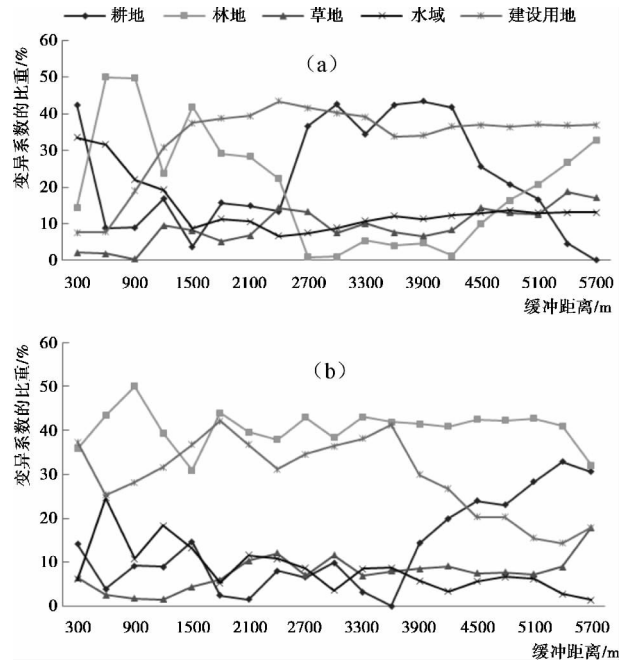


图 6 1989—2000 年(a)和 2000—2010 年(b)时段内
景区建设对不同景观类型干扰强度的比重分异

Fig. 6 Ratio variation of different landscape for tourism
construction disturbance

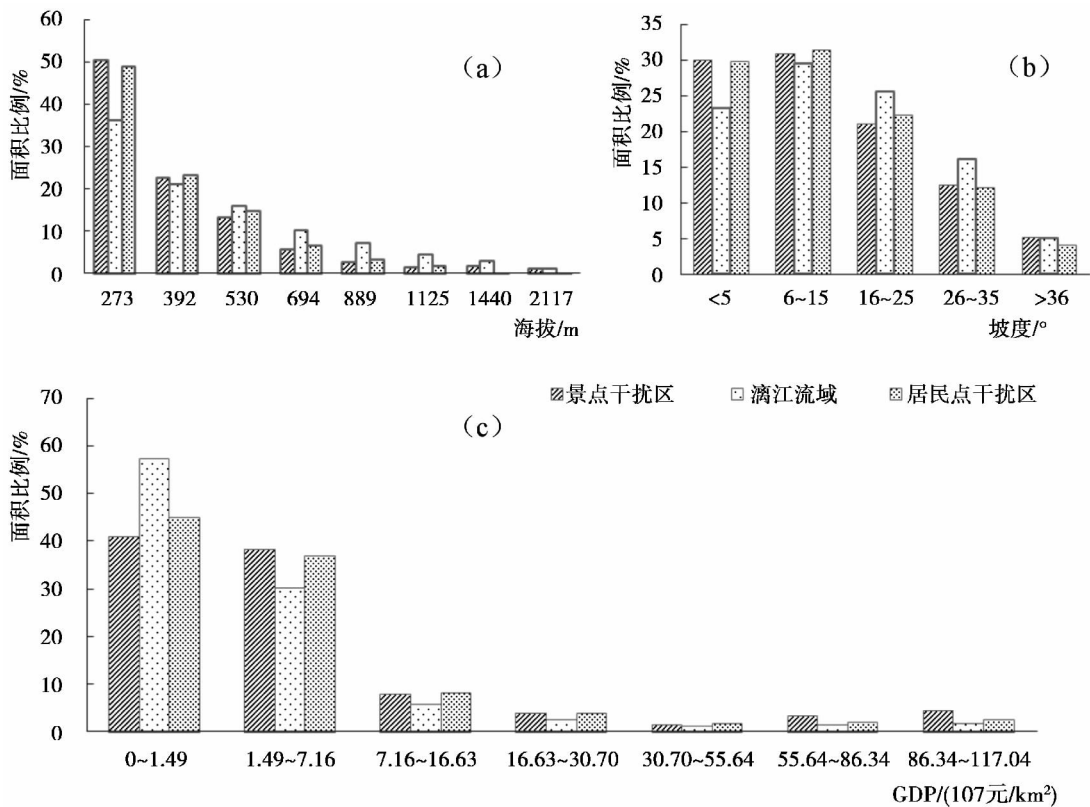


图 7 漓江流域、景点和居民点干扰区面积的高程(a)、坡度(b)、GDP(c)分异

Fig. 7 Spectrum distribution of total working area and tourism and resident disturbance to elevation, slope and GDP

别随海拔、坡度及 GDP 的空间分异特征。由图 7 (a) 可以看出, 景点干扰区域从海拔 273 m 开始一直延伸到最高海拔 2 117 m, 呈现出随海拔增加面积逐渐衰减的特征, 与居民点干扰区的特点相似, 也与整个流域景观面积在各海拔区间的分布频率同步。其中, 海拔 694 m 以下的各区间内景点干扰面积比重均在 5% 以上, 累积面积比重达到了 93%, 是景点干扰的主要分布区域; 而海拔 273 m 以下的地区, 面积比重超过了 50%, 无疑是流域内景点干扰比较密集的区域。考虑到流域内居民点也多分布在海拔 273 m 以下范围内, 在景点和居民点的双重干扰下, 若不对景区的开发运营加以合理的管理和约束, 将影响流域旅游的持续发展。海拔 694 m 以上的缓冲区段, 受景点干扰的景观面积比重相对较小, 但即使是在流域的最大高程区段, 依然存在景点干扰, 如流域北部的猫儿山自然保护区和东部的海洋山水源林保护区, 由于这些区域的景区紧密依托自然背景, 且通常位于偏远地区, 交通条件相对较差, 生态环境受景点建设及游客扰动的敏感程度高, 在未来的旅游开发中应当辅以严格的保护措施。

由图 7(b) 可以看出, 景点干扰区域显著出现在任何坡度区间范围内, 呈现出随坡度的增加而衰减, 但坡度最小的区域并不是景点干扰强度最高的地区, 且坡度较高的地区受扰面积比重也在 5% 以上, 这与流域景点分布范围的广泛性和多样性有关, 也意味着旅游干扰对自然生态系统的潜在威胁较大。漓江流域喀斯特地貌发育, 喀斯特地区坡陡土薄, 植被覆盖率较低, 特别是坡度大于 25° 的地区, 景点扰动会严重影响到生态系统的稳定性, 引发水土流失和生境破坏等问题。此外, 居民点干扰的坡度分异特征与景点干扰的规律基本趋同, 说明两种干扰源的控制作用在各坡度区间内会出现复合叠加现象, 进一步增加旅游干扰的复杂程度。尤其是地形较为平坦的桂林市区及阳朔镇, 作为流域旅游接待服务中心, 加大了区域景观的受扰程度。

由图 7(c) 可以看出, 景点干扰区域集中分布在经济发展接近流域平均水平(地均 GDP 为 1.28×10^7 元/ km^2) 的地域, 中等经济发展水平的区域受扰程度最弱, 总体上与流域 GDP 的频率分布同步。这与漓江流域旅游发展的空间格局紧密相关: 在社会经济水平两极化分异显著的背景下, 一类是以兴安、灵川的北部为代表的经济水平较低的地区, 旅游发展相对滞后, 多依赖传统的本土资源开发单一的旅

游产品, 如北部的猫儿山自然保护区、西北的东江森林度假山庄和东部的大野神境生态旅游风景区等, 近年来“回归山水”的度假游和休闲游的兴起导致这些地区受扰程度剧烈; 另一类是经济较为发达的桂林市区, 以良好的背景资源为基础持续开展了较大规模的旅游开发建设, 景区密集, 产品类型多样, 因而受扰程度也日益强烈。

4 结论与讨论

1. 人为活动干扰对景观的影响主要体现在对景观结构的改变, 利用缓冲区分析和相邻缓冲区景观结构变异系数可以合理地将自然景观和人为影响景观分割开来。对漓江流域景点、道路和居民点三种典型人为干扰源的显著影响范围分析结果显示, 流域内当地居民持续的生产和生活行为对周围景观的干扰强度最大, 且呈现出较强的距离渗透和扩散能力; 旅游景点的干扰强度和影响范围都已经趋近于居民点, 在局部范围内甚至表现出更强的冲击力, 表明旅游发展已经成为流域内部重要的人为干扰类型。随着流域旅游发展逐步进入“四化”阶段(旅游消费主体的大众化、游客出游方式的散客化、旅游消费需求的个性化和旅游市场营销的网络化), 其对景观改造的主导作用还会持续上升。

2. 旅游景点建设的干扰变化分析表明, 区域旅游开发对景观类型的空间格局存在直接影响, 主要表现在建设末期局部范围内景观结构变异程度和波动幅度的显著增强。而这种干扰强度的变化模式不仅受制于开发建设的景点数量及规模, 还与景区的类型相关: 依托漓江河段观光景区的建设对水体、林地、耕地产生了强烈的扰动, 紧邻城市的人文景点的建设则更显著地影响到建设用地, 表明区域未来的旅游发展在平衡生态用地的保护和防止建设用地的扩张方面面临着较大的权衡取舍。随着临桂、阳朔、兴安等地的旅游发展逐渐进入规划的中远期阶段, 探索旅游产品结构的优化, 从单一的景区开发建设模式过渡到旅游产业品牌设计模式, 从高度依赖自然资源转向对民俗文化的深度挖掘, 是缓解流域景观受扰程度的有效措施。

3. 旅游景点干扰表现出显著的空间分异特征, 总体格局受到流域的自然因子和社会经济条件的制约, 部分地区因其景点配置的特点呈现出一定的特殊性。流域内旅游资源分布广泛, 景点干扰几乎能

够出现在任何自然区间范围内,且在海拔较低和坡度较缓地区呈集中分布,而这些地区往往又是居民日常活动的聚集地,两种高强度人为干扰会出现一定的复合叠加作用,进一步增加了区域景观受扰的复杂程度。而在市区外围及灵川中部等中等经济发展水平区域,受景点数量及布局所制,干扰强度相对较小。因此,除了严格约束景区的开发建设和保护管理,探寻流域内部旅游发展与居民生活的协调机制、充分调动居民参与景区开发与资源保护的积极性,也是降低景点干扰的重要途径。

4. 漓江流域景点干扰的重点区域主要分为两种类型:一类是以兴安北部、市区东部以及临桂与桂林市交界地为代表的区域,海拔较高、坡度多在 25° 以上,生态环境的敏感程度高,经济发展滞后,旅游产品较为单一,往往紧密依托自然资源,旅游活动对自然生态系统的潜在威胁较大,特别是近年来随着“生态旅游”的兴起,这些地区逐渐成为流域旅游发展的热点区域,受扰程度呈增加态势,必须辅以严格的保护管理措施。另一类是以桂林市区、阳朔镇为代表的区域,地形条件相对平坦,经济较为发达,旅游产品丰富,大规模的景区开发建设是区域景观受扰的主要来源,探索旅游发展模式的转型,丰富文化旅游产品(如红色之旅、民俗体验、节庆活动等),是实现持续旅游的重要举措。

5. 研究采用景观变异系数分析方法对人为干扰量化研究进行了应用扩展,将干扰强度与时空因子结合,为人为干扰的深入研究提供了实现的基础。但对旅游开发干扰的度量侧重于旅游开发引起的景观结构的改变,对其他方面如游客增加对环境的污染、旅游活动对生物的威胁^[14]等产生的生态环境压力缺乏考虑。

参考文献(References)

- [1] Brokaw NVL. Treefalls, regrowth and community structure in tropical forests[G]//Pickett STA, White PS (eds). The ecology of natural disturbance and patch dynamics. New York: Academic Press, 1985.
- [2] Hobbs R J, Atkins L. Effect of disturbance and nutrient addition on native and introduced annuals in plant communities in the Western Australian wheatbelt[J]. Aust J Ecol. 13: 171 - 179
- [3] Wei Bin, Zhang Xia, Wu Refeng. Theoretical analysis of disturbance in ecology and its application[J]. Chinese Journal of Ecology, 1996, 15(6): 50 - 54 [魏斌, 张霞, 吴热风. 生态学中的干扰理论与应用实例[J]. 生态学杂志, 1996, 15(6): 50 - 54]
- [4] Theobald M D, Miller J R, Hobbs N T. Estimating the accumulative effects of development on wildlife habitat[J]. Landscape and Urban Planning, 1997, 39(1): 25 - 36
- [5] Vos C C, Chardon J P. Effect of habitat fragmentation and road density on the distribution pattern of the moorfrag *Rana arvalis* [J]. Journal of Applied Ecology, 1998, 35(1): 44 - 46
- [6] Fitzgibbon C D. Small mammals in farm woodlands: the effect of habitat isolation and surrounding land-use patterns [J]. Journal of Ecology, 1997, 34(2): 530 - 539
- [7] White P S. Pattern, process, and natural disturbance in vegetation [J]. Bot. Rev. 1979, 45: 229 - 299
- [8] Rapport D J, Gaudet C, Karr J R, et al. Evaluating landscape health: Integrating societal goals and biophysical process [J]. Journal of Environmental Management, 1998, 53(1): 1 - 15
- [9] Simpson I A, Dugmore A J, Thomson A, et al. Crossing the thresholds: human ecology and historical patterns of landscape degradation [J]. Catena, 2001, 42(2-4): 175 - 192
- [10] Jiang Hong, Zhang Yanli, James R Stritholt. Spatial analysis of disturbances and ecosystem succession [J]. 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]
- [11] Levin S A. The problem of pattern and scale in ecology [J]. Ecology, 1992, 73(6): 1943 - 1967
- [12] Dong Quan. Current state and trend of ecological studies in western Countries [J]. Acta Ecologica Sinica, 1996, 16(3): 314 - 324
- [13] Bao Jigang, Chu Yifang, Peng Hua. Tourism geography [M]. Beijing: Higher Education Press, 1993. [保继刚, 楚义芳, 彭华. 旅游地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993.]
- [14] Lu Jinping, Yang Wei. The analysis and research of tourism interference to eco-environment [J]. Northern Horticulture, 2012, 4(4): 99 - 102 [卢金平, 杨威. 旅游对生态旅游地环境干扰的研究与分析[J]. 北方园艺, 2012, 4(4): 99 - 102]
- [15] Zeng Hui, Guo Qinghua. Spatial analysis of artificial landscape transform in Fenggang Town, Dongguan City [J]. Acta Ecologica Sinica, 1999, 19(3): 298 - 303 [曾辉, 郭庆华. 东莞市凤岗镇景观人为改造作用的空间分析[J]. 生态学报, 1999, 19(3): 298 - 303]
- [16] J M Edington, M A Edington. Ecology, recreation and hospitality management [M]. London: Cambridge University Press, 1989.
- [17] S L J Smith. Recreation geography [M]. Beijing: Higher Education Press, 1992. [S L J Smith 著, 吴必虎译. 游憩地理学: 理论与方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 1992.]
- [18] Wall G, Wright C. The environmental impact of outdoor recreation [M]. Waterloo: University of Waterloo, 1977.
- [19] S J Page. Urban tourism [M]. London: Routledge, 1995.
- [20] Wagar J A. The carrying capacity of wild lands for recreation [M]. Forest Science Monograph 7. Washington, DC: Society of American Foresters, 1964.
- [21] Sun D, Liddle M J. A survey of trampling effects on vegetation and soil in eight tropical and subtropical sites [J]. Environmental Management, 1993, 17: 497 - 510
- [22] Geneletti D. Impact assessment of proposed ski areas: a GIS approach integrating biological, physical and landscape indicators [J]. Environmental Impact Assessment Review, 2008, 28: 116 -

- 130
- [23] Kerbirou C, Leviol I, Jiguet F, et al. The impact of human frequentation on coastal vegetation in a biosphere reserve [J]. *Journal of Environmental Management* 2008 88: 715–728
- [24] Lorena Rodriguez-Gallego, Marcel Achkar, Daniel Conde. Land suitability assessment in the catchment area of four southwestern Atlantic Coastal Lagoons [J]. *Multicriteria and Optimization Modeling* 2012 50(1): 140–152
- [25] D Orhon, H Gökçekuş, Seval Sözen. Environmental basis of sustainable tourism along sensitive coastal areas——principles and applications [J]. *Environmental Earth Sciences* 2011: 235–241
- [26] Liu Juyuan, Cheng Chialin. Long-term research and its monitoring of trail impacts: a case study of tataka trail, Yushan National Park, Taiwan [J]. *Resources Science* 2006 28(3): 120–127 [刘儒渊, 曾家琳. 登山步道游憩冲击之长期监测 [J]. *资源科学*, 2006 28(3): 120–127]
- [27] Tan Zhoujin, Dai Suming, Xie Guixian, et al. Studies on the effect of recreation activities on soil microbial biomass carbon, soil microbial biomass nitrogen and soil microbial biomass phosphorus in Zhangjiajie National Forest Park [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae* 2006 26(11): 1921–1926 [谭周进, 戴素明, 谢桂先, 等. 旅游踩踏对土壤微生物生物量碳、氮、磷的影响 [J]. *环境科学学报* 2006 26(11): 1921–1926]
- [28] Wu Guozhu, Xi Jianchao, Liu Haolong, et al. Simulation of the dynamic response of vegetation to tourist trampling in Liupan Mountain National Nature Reserve [J]. *Resources Science* 2008 30(8): 1169–1175 [武国柱, 席建超, 刘浩龙, 等. 六盘山自然保护区不同类型植被对人类旅游干扰的响应 [J]. *资源科学* 2008 30(8): 1169–1175]
- [29] Wang Yanping, Yang Yang, Wang Huatian, et al. The evaluation of tourist influence and countermeasure of tourism management on Taishan National Forest Park [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin* 2008 24(6): 436–444 [王延平, 杨阳, 王华田, 等. 泰山森林公园旅游影响评价及管理对策 [J]. *中国农学通报*, 2008 24(6): 436–444]
- [30] Guo Luo, Yu Shixiao. Intensity of anthropogenic disturbance and its effect on the landscape at Taishan, Shandong Province [J]. *Mountain Research* 2005 23(3): 367–373 [郭砾, 余世孝. 泰山景观人为干扰的程度及其影响分析 [J]. *山地学报*, 2005 23(3): 367–373]
- [31] Jiang Yiyi, Cheng Shengkui, Wang Yanglin, et al. Assessment and spatial distribution of ecological sustainability of tourism area: a case study in Naxi Autonomous County of Guangxi Zhuang Autonomous Region [J]. *Acta Ecologica Sinica* 2011 31(21): 6328–6337 [蒋依依, 成升魁, 王仰麟, 等. 旅游地道路生态持续性评价——以云南省玉龙县为例 [J]. *生态学报*, 2011 31(21): 6328–6337]
- [32] Chen Ailian, Zhu Boqing, Chen Liding, et al. Dynamic changes of landscape pattern and eco-disturbance degree in Shuangtai estuary wetland of Liaoning Province, China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology* 2010 21(5): 1120–1128 [陈爱莲, 朱博勤, 陈利顶, 等. 双台河口湿地景观及生态干扰度的动态变化 [J]. *应用生态学报* 2010 21(5): 1120–1128]
- [33] Liao Xiaojuan, Bian Lili, He Dongjin, et al. Impacts of tourism disturbance on plant community of Taimu Mountain Scenery District [J]. *Journal of Sichuan Agricultural University* 2012 30(3): 287–292 [廖小娟, 卞莉莉, 何东进, 等. 旅游干扰对太姥山风景名胜植物群落的影响 [J]. *四川农业大学学报*, 2012 30(3): 287–292]
- [34] Zhong Jing, Zhang Jie. Tourism disturbance assessment of Jiuzhaigou Tourism Area based on landscape metrics [J]. *Chinese Journal of Ecology* 2011 30(6): 1210–1216 [钟静, 张捷. 基于景观指数的九寨沟旅游区旅游干扰评价 [J]. *生态学杂志*, 2011 30(6): 1210–1216]
- [35] Yang Mei, Wang Shixin, Zhou Yi, et al. Review on applications of DMSP/OLS night-time emissions data [J]. *Remote Sensing Technology and Application* 2011 26(1): 45–51 [杨眉, 王世新, 周艺, 等. DMSP/OLS 夜间灯光数据应用研究综述 [J]. *遥感技术与应用* 2011 26(1): 45–51]
- [36] Guilin Lijiang History Compilation Committee. Guilin Lijiang chorography [M]. Nanning: Guangxi people's Publishing House 2004 [桂林漓江志编纂委员会. 桂林漓江志 [M]. 南宁: 广西人民出版社 2004.]
- [37] Guilin Local History Compilation Committee. Guilin yearbook [M]. Beijing: the Chronicles Press, 1989–2010. [桂林市地方志编纂委员会. 桂林年鉴 [M]. 北京: 方志出版社, 1989–2010.]
- [38] Chen LiDing, Fu BoJie. Analysis of impact of human activity on landscape structure in Yellow River Delta—a case study of Dongying Region [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16(4): 337–344 [陈利顶, 傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析——以山东省东营市为例 [J]. *生态学报*, 1996, 16(4): 337–344]
- [39] Chen Liding, Fu BoJie. Ecological significance, characteristics and types of disturbance [J]. *Acta Ecologica Sinica* 2000 20(4): 581–586 [陈利顶, 傅伯杰. 干扰的类型、特征及其生态学意义 [J]. *生态学报* 2000 20(4): 581–586]
- [40] Zeng Hui, Kong Ningning, Li Shujuan, et al. Human impacts on landscape structure in Wolong Natural Reserve [J]. *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]
- [41] 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]
- [42] Chinese National Standards (GB/T 15772–2008). General principles of soil and water conservation plan [S]. http://www.nyjs.net.cn/nongyeshu/nongyebiaozhun/2007/nongyebiaozhun_20071212200483.html [中华人民共和国国家标准 (GB/T 15772–2008). 水土保持综合治理规划通则 [S]. http://www.nyjs.net.cn/nongyeshu/nongyebiaozhun/2007/nongyebiaozhun_20071212200483.html]

Temporal and Spatial Analysis of Tourism Disturbance on Landscape Pattern in the Li River Basin of Guangxi

XIANG Yunyun , MENG Jijun

(Laboratory for Earth Surface Processes , Ministry of Education ; College of Urban and Environmental Sciences ,
Peking University , Beijing 100871 , China)

Abstract: The impact of tourism activities on landscape pattern is an important reflection of tourism disturbance , while landscape structure variation coefficients are the quantitative indices in reflecting the changes of landscape pattern. On the basis of physical geographical information , socio-economic statistics and multi-year land use data , this paper employed landscape variation coefficients to evaluate the tourism disturbance in the Li River Basin of Guangxi , China , which is the core area of tourism development in Guilin. By the means of GIS spatial model tools , three typical sources of human disturbance in the region i. e. residents , scene spots and roads , were identified and their notable influential scopes were determined , through which the disturbing intensity of each disturbance was compared ; Then the dynamic changes of scene spots disturbance in the tourism development phases of 1989—2000 and 2000—2010 were explored , and the spatial distributing characteristics with elevation , slope and GDP were analyzed. The results showed as follows : firstly , tourism development has become an significant human disturbance source in the Li River Basin , exerting immediate influences on the landscape pattern , and the disturbing intensity varied with the number , scale and type of scene spots ; secondly , the disturbance of scene spots showed considerable spatial differentiation characteristics , under the constraints of physical environment and socio-economic conditions of the region , while several parts presented specificity for their tourism configuration features ; thirdly , the apparent scene spots disturbance in the Li River Basin could be classified into two types , and future tourism development should be emphasized on the exploration of suitable modes , to achieve the adaptive management of watershed eco-systems.

Key words: tourism disturbance ; landscape variation coefficient ; temporal and spatial differentiation ; Li River Basin

关于《山地学报》英文名变更说明

由于近年新创办的英文刊《Journal of Mountain Science》最初申报是作为中文刊《山地学报》的英文版 , 故采用了中文刊《山地学报》的英文名字《Journal of Mountain Science》。而英文刊《Journal of Mountain Science》审批下来 , 一直是以一个独立的刊物形式存在 , 在宣传时为了区别与中文刊重名 , 将其中文名翻译为《山地科学学报》, 英文名仍与中文刊《山地学报》的一致。由于两刊的英文名相同 , 在有些时候容易混淆 , 为此 , 中文刊从 2014 年起 , 将其英文名更为《Mountain Research》。请各位作者今后在引用中文刊注录英文名时也相应予以更正。同时希望各统计系统能够尽量给予更正 , 以减轻对《山地学报》某些统计数据的影响。

由此带来的不便敬请谅解!

《山地学报》编辑部