

典型旅游城市生境质量空间分异及其影响机理研究 ——以黄山市为例¹

彭建^{1, 2}, 徐飞雄^{1*}, 吴见², 邓凯², 胡婷¹

(1. 湖南师范大学旅游学院, 湖南 长沙 410081; 2. 滁州学院地理信息与旅游学院, 安徽 滁州 239000)

【摘要】:以典型旅游城市黄山市为研究对象,利用遥感影像分类解译、气象、统计年鉴、百度地图等多源数据,综合生态系统服务价值评价模型、基于 NPP 与 NDVI 的生境质量指数评价、InVEST 生境质量评价模型、地理探测器等模型与方法,对黄山市 2017 年生境质量进行了评价,定量识别了黄山市生境质量空间分布特征及影响其空间分异的主导因素。结果表明:(1)黄山市 2017 年综合生境质量总值为 1.84×10^{10} 元,平均生境质量值为 18 627 元/hm²,在空间上表现出西部优于东部、北部优于南部的分布特征。(2)县域尺度上祁门县生境质量最优,屯溪区生境质量最差,乡镇(街道)尺度上环太平湖的龙门乡生境质量均值最高,昱中街道最低。(3)地形是影响生境质量空间分布的重要基础因素,海拔、地势起伏度、坡度、坡度极差对生境质量空间分异的解释力均在 0.6 以上,其中坡度比海拔影响力更大。(4)旅游活动是黄山市生境质量空间分异的重要外在动力,旅游区生境质量较其他区域与海拔等因素的相关性更高。高等级旅游资源聚集且交通便利、地势平坦区域发展为规模大的旅游接待、集散中心,成为生境质量低值区;高品质旅游资源聚集,但受限于区位、地形与资源保护,成为生境质量中值区;旅游资源分散区,未形成集聚效应,且交通不便,原始生境保持较好,成为生境优质区。空间理论可以用来解释生境质量空间分异形成机理。

【关键词】:生境质量;空间分布;影响机理;旅游城市;黄山

【中图分类号】:X176 **【文献标识码】:**A **【文章编号】:**1004-8227(2019)10-2397-13

DOI: 10. 11870/cjlyzyyhj201910012

生境质量是指环境(自然环境)为个体和种群的持续生存与发展提供适宜条件的能力^[1],是生态环境好坏的重要指示^[2],是生物多样性的反映^[3],生境质量的优劣决定人类与自然及其他种群的可持续发展与和谐发展^[4],评价、模拟、预测特定区域生境质量的状况、发展趋势及其与人类活动的关系对于区域生态安全格局构建至关重要,是当前地理学、生态学等领域的热点议题^[4~6]。生境质量评价方法根据研究尺度、数据来源不同而有所区别。国内外对于单一物种、群落或较小区域的森林、河流、海洋生境的评价主要采用野外实地调查的方法获得与该物种或环境相关的评价指标因子数据,通过熵权法、主成分分析等数理统计

¹收稿日期:2019-01-04;修回日期:2019-02-20

基金项目:安徽省自然科学基金(1808085QC72);安徽省教育厅高校自然科学研究重点项目(KJ2018A0434);湖南省研究生科研创新项目(CX2018B264)

作者简介:彭建(1989~),女,博士研究生,研究方向为旅游地理与旅游信息化.E-mail: pjl07155@126.com

*** 通讯作者 E-mail:** xudafeng9802083@163.com

方法评价生境质量^[7~9]，但该方法仅限于小尺度研究，且人力、物力、财力耗费大，难以对不同类型、地区的生境状况进行全面监测^[10]。随着遥感、GB 等地观测技术的发展，大、中型区域定量、快速、可视化评估生境质量成为可能，利用遥感影像等数据借助 GIS 技术、生态模型等方法提取环境中的相关因子成为评价、模拟生境质量的重要研究方法^[11~13]，其中基于人类活动对生境威胁而开发的 InVEST 模型在我国生境质量评价中应用最广，我国学者借助 InVEST 模型综合景观格局、生态系统服务价值等方法对特定区域的生境质量分布格局进行了探讨，刘春芳等^[14、15]基于 1995、2005、2015 年的土地利用数据评估三大自然过渡带、黄土丘陵区榆中县生境质量，发现榆中县生境质量空间格局与自然地带特性保持一致，生境质量变化的原因主要是受城镇扩张和政策的影响；吴健生等^{[16][10]}、戴云哲等^[2]证实京津冀、长三角、长株潭等都市圈生境质量与城市扩张密切相关，城市扩张又受地形影响；谢余初等^[17]对白龙江流域生境质量进行研究结果表明人类活动频繁的河谷地带是生境低值区，自然保护区等为生境高值区；褚琳等^[18]发现辽宁海岸带生境质量退化区域主要集中在围海造田、城镇化扩张区域。我国学者在不断拓展对不同类型区域的生境质量实践研究^[19]，然而在典型的人地互动区域——旅游区尚未涉及，旅游区内部生境质量分异规律及其与旅游活动的关系研究还很缺乏。已有研究从宏观到微观、从理论到实践利用统计与实验数据均表明区域旅游的发展一方面带来经济的繁荣、城市的发展，另一方面对生态环境会造成相应的破坏^[20~22]，典型旅游城市是重要的旅游区，评估典型旅游城市生境质量及其影响机理对其旅游可持续发展、生态保护与土地利用意义重大。

黄山市是皖南国际旅游文化示范区的中心，是首批国家全域旅游创建单位，是典型的旅游城市^[23]，本文以黄山市为例，从生态系统服务价值、生境质量指数、InVEST 生境质量模块三方面构建综合模型对黄山市生境质量进行评价，深入分析生境质量的空间格局，并利用地理探测器从自然与旅游活动方面探测各乡镇生境质量空间分异的影响因素，进一步识别旅游区与非旅游区各因素对生境质量空间分布的影响差异，探索旅游城市生境质量空间分异的影响机理，以期对旅游城市生态环境保护与空间优化、可持续发展提供理论支撑。

1 研究区概况与数据来源

1.1 研究区概况

黄山市（117° 02'E ~ 118° 55'E，29° 24'N ~ 30° 24'N）地处安徽省最南端的皖南山区，土地面积 9 800 余平方千米，海拔高差大，海拔高的山体聚集在两条大体呈东西走向的地带，森林覆盖率超 80%，辖三区四县共 105 个乡镇（街道），因境内拥有世界自然与文化双重遗产黄山风景区、世界文化遗产西递与宏村等国内外知名景点，已发展为我国著名的旅游目的地，是典型的因旅游发展而促进城市发展的区域之一，现有 A 级景区 47 家 52 处，2017 年旅游收入占 GDP 比重达 78%。

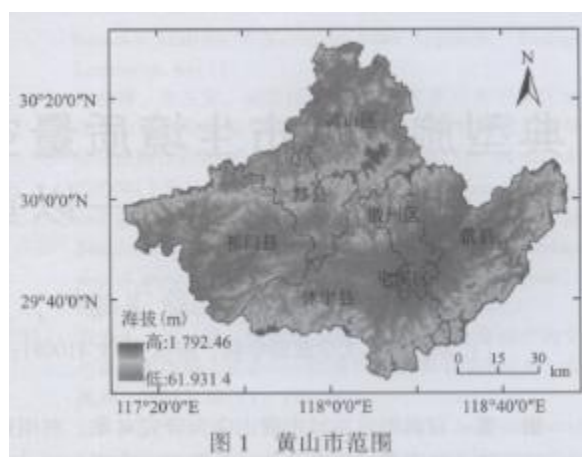


图 1 黄山市范围

1.2 数据来源与预处理

黄山市 2017 年遥感影像来源于地理数据空间云提供的分辨率为 30 m 的 Landsat TM 影像(行列号: 121/39、120/39、120/40), DEM 数据来源于 91 卫图助手下载的 Google Earth 高程, 分辨率调整为 30 m; 交通路网数据从地理数据空间云获得; 黄山市边界从安徽省测绘局下载 1 : 400 万省图矢量化后提取获得; 安徽省农产品收益数据来自安徽省物价局价格成本调查监审局发布的安徽省物价局农产品成本调查专题数据的 2017 种植业成本收益数据; 2017 年宾馆、餐饮企业数据于 2018 年 1 月 1 日~1 月 10 日从百度地图上爬取; 2017 年各乡镇人口、旅游人次、旅游景区数据通过查阅统计公报、统计年鉴、各乡镇人民政府官方网站获得; 2017 年日气温与降水数据来源于安徽省气象台资料信息共享平台 (<http://www.amo.org.cn/tcsj/zh/index.jsp>)。

依据土地利用现状分类标准 (GB/T 21010-2017) 及研究需要将研究区遥感影像利用 ENVI 软件采用面向对象分类法分为: 林地 (有林地、疏林地、灌木林地)、草地、耕地 (水田、旱地)、建设用地 (城镇、农村居民点、工矿用地、交通用地)、水域 (湖泊与水库、河流、滩涂湿地)、未利用地, 并依据 Google earth、天地图高清影像及实地调研在 Arcgis 中进行目视校准, 获得黄山市 2017 年土地利用分类数据, 一级分类精度达 96%。同时利用 Arcgis 软件从 DEM 上提取黄山市坡度、海拔等地形数据, 将区域宾馆数量、餐饮企业数量、交通路网面积与区域面积相比获得宾馆密度、餐饮企业密度、交通路网密度数据, 地区人口与人均收入乘积得到 GDP 值。

2 研究方法

2.1 生境质量评价模型

根据生境质量的内涵, 本文基于地类斑块构建综合生境质量时考虑 3 个层面的因素: 不同地类本身生境的价值; 不同区域地类的生境能力差异; 外部威胁对生境质量产生的影响。

2.1.1 基于不同地类的本底生境质量评价

生态系统服务价值评估是对生态系统能够直接或间接对生命提供支撑的产品和服务能力的大小进行价值量化, 一般基于地类展开^[24], 生态系统服务价值高的地类是优质生境的表征^[16], 故此, 可将生态系统服务价值量作为地类本底生境质量值。采用基于单位面积价值当量因子法来评估研究区生态系统服务价值, 不同地类单位面积生态系统服务价值当量因子、生物量修正系数参考谢高地等学者研究成果确定^[24~26], 1 个当量的经济价值按照 1 公顷农田每年的自然粮食产量确定, 黄山市主要的粮食作物包括稻谷、小麦、玉米、豆类, 参照相关文献价值计算公式^[24], 得到 2017 年黄山市 1 个当量的经济价值为 858.6 元/hm²。根据当量因子与其价值在 Arcgis 中计算每个像元栅格 (30 m * 30 m) 的生态系统服务价值量, 得到黄山市本底生境质量 (Q_i) 空间分布。

2.1.2 基于生境能力的生境质量指数

不同区域的同种生境地类为物种提供服务的能力高低是不一致的^[27], 因此在不同地类生态系统服务价值评价的基础上必须考虑同种地类生境的优劣。植被覆盖度 (NDVI) 表征单位面积上植被与环境作用后的生长状况, 植被净初级生产力 (NPP) 是植物在单位面积在自然环境条件下生产能力的体现, 因此由 NDVI 与 NPP 组成的生境质量系数模型可作为生境能力指数, 用来更加准确的判断地类为物种提供适宜能力的大小, 生境能力指数计算公式为:

$$Q_i = \left(\frac{NPP_i}{NPP_{mean}} + \frac{y_i}{y_{mean}} \right) / 2 \quad (1)$$

$$y_i = \frac{NDVI_i - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (2)$$

式中： NPP_i 、 NPP_{mean} 表示栅格 i 的植被净初级生产力以及净初级生产力的均值； y_i 、 y_{mean} 为栅格 i 的植被覆盖度及植被覆盖度均值； $NDVI_{max}$ 与 $NDVI_{min}$ 为研究区 $NDVI$ 最大值与最小值； $NPP(tDM/(hm^2 \cdot a))$ 计算采用气候-植被相关研究成果^[28]， $NDVI$ 值由遥感影像波段提取。通过安徽省 81 个国家气象监测站 2017 年日均温与日降水量数据，采用克里金插值法获得黄山市 NPP 值，其中水域 $NDVI$ 设置为 1，根据公式得到黄山市生境质量系数 (Q_2)空间分布。

2. 1. 3 基于人类活动威胁的生境质量评价

人类的发展需要占用自然资源，并表现在土地利用变化上，而人类土地利用强度越大对生境造成的干扰也越强^[16]，因此斯坦福大学伍兹环境研究所团队在世界自然基金会与大自然保护协会支持下基于土地覆被与生物多样性威胁因素开发了 InVEST 模型生境质量模块，该模块首先对不同的土地覆被定义生境适宜性，将人类集中利用土地类型定义为威胁源，并根据某一生境栅格与周边威胁源的距离及对每一种威胁源的相对敏感性来计算生境质量，在土地利用覆盖图中，类型 j 中的斑块 x 的生境质量 Q_{xj} 表示为：

$$Q_{xj} = H_j \left(1 - \left(\frac{D_{xj}^z}{D_{xj}^z + k^z} \right) \right) \quad (3)$$

式中： H_j 为地类 j 的生境适宜性； D_{xj} 为生境类型 j 中栅格 x 所受到的总威胁水平，计算方法详见 InVEST 模型使用指南^[29]， z 为常数，默认为 2.5， k 为半饱和常数，通常设定为 D_{xj} 最大值的一半。根据研究区黄山市的土地利用类型分类，将水田、旱地、城镇、农村居民点、工矿地、交通用地、裸地设定为威胁因子，文中威胁因子的权重、威胁因子最大影响距离、每种地类的生境适宜性、生境对每种威胁的相对敏感性系数在参考相关文献^[14, 15]的基础上结合专家访谈确定，最终获得基于威胁影响的黄山市生境质量空间分布 (Q_3)。

2. 1. 4 综合生境质量评价

最终研究区综合生境质量评价模型以生态系统服务价值计算的本底生境质量为基数，以体现区域生境生长力的生境指数及基于生物多样性威胁因素计算的生境质量为系数，通过栅格乘积运算获得，计算公式为：

$$Q = Q_1 \times Q_2 \times Q_3 \quad (5)$$

2. 2 生境质量影响因素定量探测

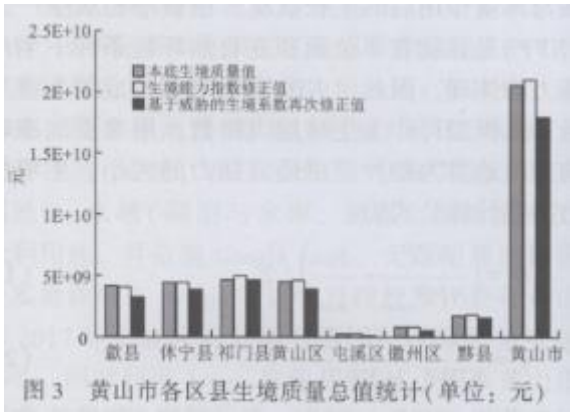
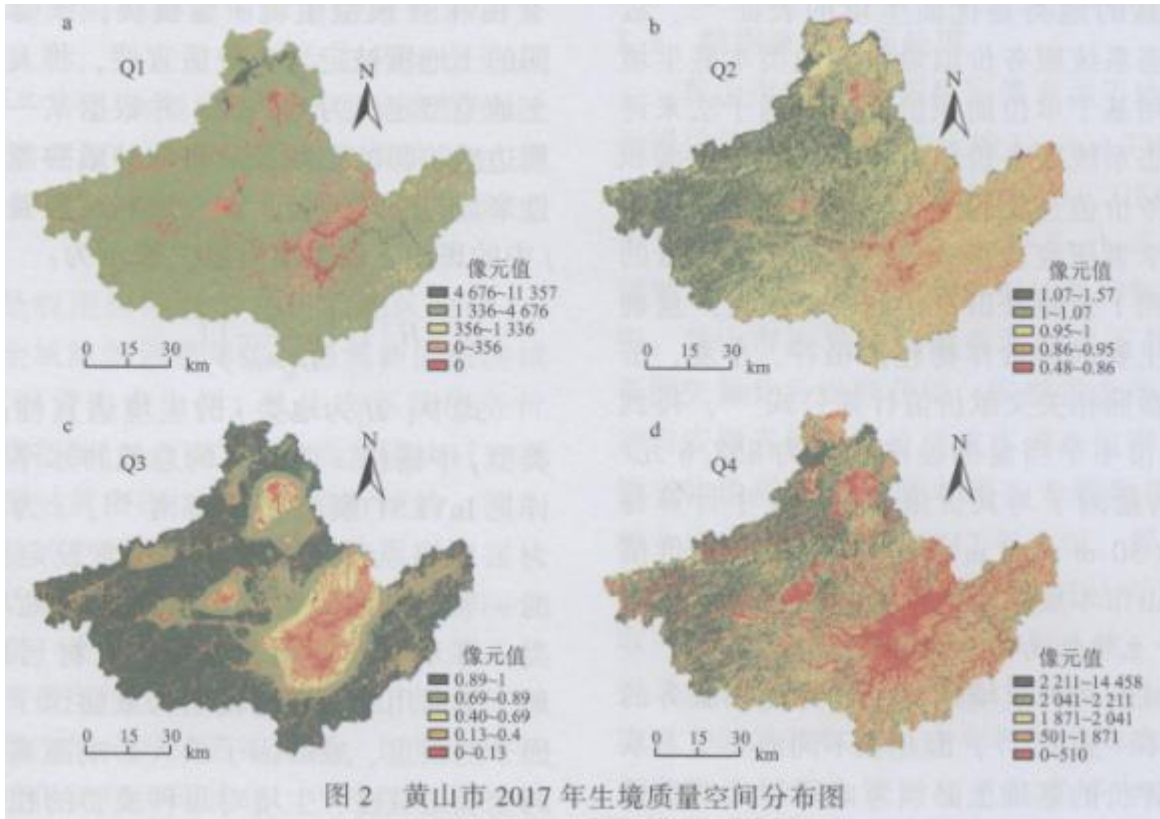
地理探测器 (Geographical Detector) 是一种探测空间分异性，揭示空间分异背后驱动力的有效统计学方法，该模型在假设方面限制较少，实用性强，已广泛运用于地理学、环境科学、经济学等研究领域^[30]，在旅游领域较为少见，本文用地理探测器中的因子探测对生境质量空间分布差异的影响因子进行探测，计算原理详见参考文献[30]。

3 黄山市生境质量空间分异

3. 1 生境质量评价结果空间分异

黄山市 2017 年总体生态系统服务价值为 2.02×10^{10} (元)，平均生态系统服务价值为 21 126. 10 (元/ hm^2) (图 2a)，西部祁门县森林覆盖率高，生境总值最高 (4.62×10^9 元)，北部黄山区拥有大面积水域，平均每公顷生境价值最高 (25 364. 90 元/ hm^2)，屯溪区生境总值与均值均最低。生境能力系数 (图 2b) 西部区域显著高于东、中部区域，受植被覆盖度影响，整体景观分割较为

破碎；西部与北部的祁门县、黟县、黄山区平均值大于 1，其中祁门县最高；东部与南部的休宁县、徽州区、歙县、屯溪区平均值小于 1，屯溪区最低。基于外部威胁的黄山市生境质量(图 2c)平均值为 0.68，生境质量退化主要受城市建设及交通的影响，屯溪区为主城区，生境质量均值最低，仅为 0.23，祁门县由于县域发展程度不高，外部威胁较小，生境质量均值最高，达 0.87。黄山市森林覆盖高，本底生境质量较好，经过生境能力指数调整后，生境质量总值增加到 2.10×10^{10} (元)，其中西北部区域总值增加，而东部歙县总值减少；再次经过外部威胁系数调整后，综合生境质量总值下降为 1.84×10^{10} (元)，平均值为 18 627.91 元/hm²，在空间上呈现显著的异质性，总体上西北部高、东南部低，低质生境区在城区呈块状，在其余区域呈带状分布，从县域上看，祁门县综合生境最优，其余依次为黄山区、黟县、休宁县、歙县、徽州区、屯溪区（图 2d、图 3）。



3.2 不同乡镇（街道）生境质量空间分异

乡镇作为我国最基础的行政单位，研究其生境质量对生境治理意义重大。统计黄山市各乡镇（街道）综合生境质量总值与

平均值，并依据自然断裂法由低到高分为低-低 (1)、低-中 (2)、低-高 (3)、中-低 (4)、中-中 (5)、中-高 (6)、高-低 (7)、高-中 (8)、高-高 (9) 共 9 个等级，等级越高表示生境质量越优 (图 4)。各乡镇 (街道) 综合生境质量总值与乡镇本身生境质量及区域面积密切相关，总值最高的前五位分别为：乌石镇、焦村镇、溪口镇、祁山镇、历口镇，均位于西部区域；最低的五个依次为昱中街道、老街街道、昱东街道、歙县经济开发区、昱西街道，位于东部区域。各乡镇综合生境质量均值从总体上看，边界乡镇高于中心区域，西部乡镇高于东部区域，均值最高的 5 个乡镇为：太平湖镇、龙门乡、永丰乡、新华乡、乌石镇，均位于北部邻近太平湖区域，西南边界乡镇组成生境较优区；生境质量均值最低的 5 个乡镇 (街道) 为昱中街道、昱东街道、歙县经济开发区、昱西街道、老街街道，并与岩寺镇、弈棋镇、郑村镇等市区其余乡镇形成生境低值片区。

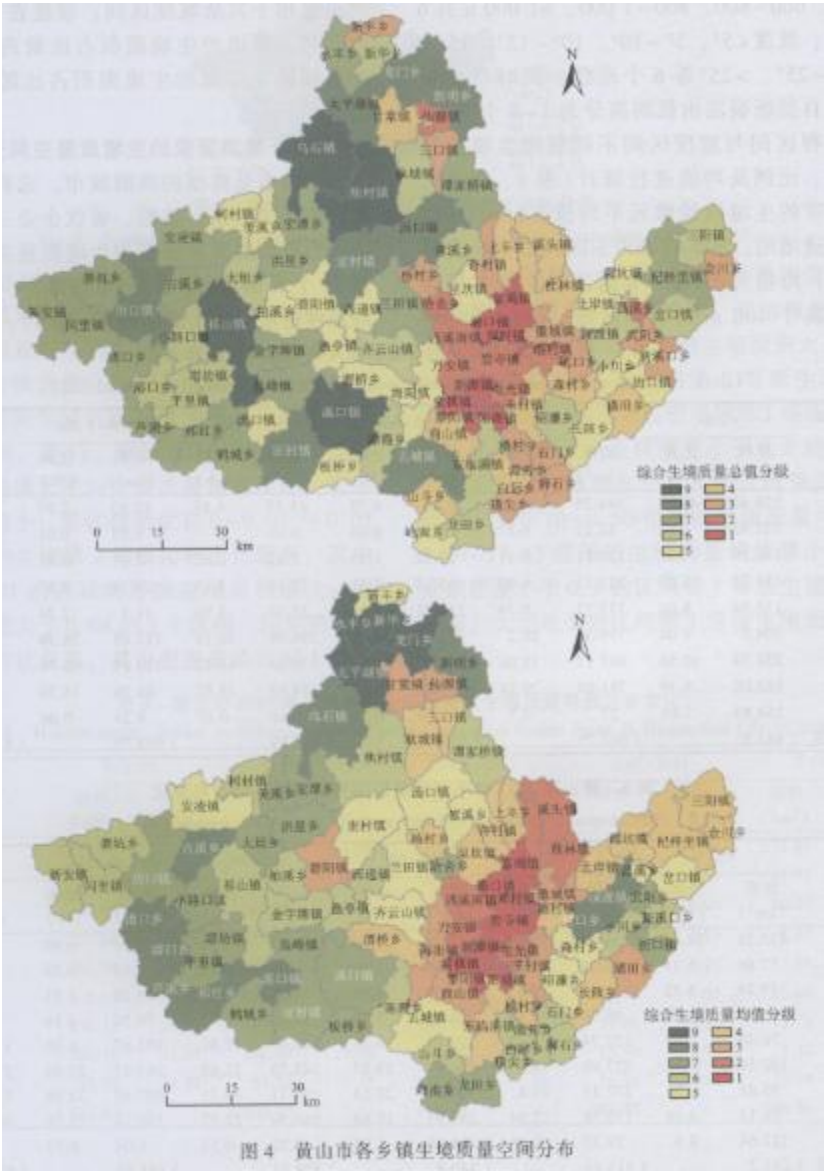


图 4 黄山市各乡镇生境质量空间分布

3.3 不同海拔与坡度的生境质量空间分布统计

生境是生物生活的地理环境，主要包括地形、气候等环境因子^[14]。本文在构建综合生境质量模型时已考虑降水、气温等气候因子，因此着重分析生境质量在地形上的空间分布，海拔和坡度是地形的两个重要衡量指标，根据黄山市地形情况，将海拔分为<200、200-400、400~600、600-800、800-1 000、>1 000 m 共 6 个区间带，坡度<5°、5°~10°、10°~15°、15°~

20°、20°~25°、>25°等6个范围,同时将生境质量按照自然断裂法由低到高分1~9个等级,对各个高程区间与坡度区间不同等级生境质量栅格面积、比例及均值进行统计(表1、表2)。不同海拔带的生境质量像元平均值在1000m以下是逐步递增的,800~1000m区间带生境质量均值最高,海拔大于1000m的区域均值有所降低,但仍高于400m以下的区域。从生境斑块等级面积占比来看,海拔小于200m的区域最低等级生境面积占比最高,达41.42%;海拔在200~1000m范围内第7等级的生境栅格占比最高,并随着海拔增高比例增加;海拔在1000m以上的高程带第6等级的生境面积占比最高。坡度与生境质量均值呈现较大的相关性,不同坡度范围的生境质量栅格均值随着坡度的增加而增高,坡度<5°的区域1等级的生境栅格面积占比超50%,第9等级的生境面积在这一范围内远远超于其余坡度区间;坡度在5°~10°范围内,第1等境的生境面积占比最高;坡度>10°的区域第7等级的生境面积占比随坡度带增加而增加。

3.4 基于旅游要素的生境质量空间分布统计

黄山市是典型的旅游城市,选择与旅游活动密切相关的景区、宾馆、餐饮企业三大要素,进一步分析旅游要素密度与生境质量关系。将黄山市52个A级景区、2365家宾馆、4102家餐饮店利用核密度方法生成密度图(图5),其中搜索半径统一设置为10km,在计算景区密度时,考虑不同A级景区对周边影响差距较大,因而对景区按照A级对应赋权1~5。进一步将旅游景区、宾馆、餐饮企业核密度分为5个区间,统计3个要素不同密度区间生境质量1~9等级栅格面积及比例(表3、表4、表5)。旅游景区核密度带与该密度带范围内每像元平均生境质量值成反比,密度越高,均值越小;景区核密度在0~0.01与0.01~0.04范围的生境第7等级面积占比最高,其中密度小于0.01的区域高等级生境面积最大;旅游景区核密度大于0.04的3个区间,均为第1等级生境面积占比最高,其中密度最高区域1等级生境占比超过50%。像元生境质量均值随着宾馆核密度区间值的升高而降低;宾馆核密度在0~0.006范围内,第7、8等级生境面积大;0.006~0.04、0.04~0.18范围内第7等级生境面积最大;大于0.18的宾馆核密度带第1等级生境面积占比最高。餐饮企业核密度小于0.5的区间带像元生境质量均值与大于0.5的区间带变化相反,核密度在0.10~0.50范围的生境质量均值最大,1.50~17.45范围的生境质量均值最小;餐饮企业核密度小于0.5的区间带7等级生境栅格占比最高,大于0.5的区间带1等级生境面积占比最高。

表1 黄山市 2017 年不同海拔区间生境质量等级分布变化

高程 (m)	<2100		200~400		400~600		600~800		800~ 1 000		>1 000	
生境等级	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)
1	936.46	41.42	544.25	14.1	132.9	6.75	43.57	4.87	12.45	2.97	8.87	3.88
2	122.43	5.42	32.22	0.83	0.78	0.04	0.03	0	0.03	0.01	0.04	0.02
3	140.59	6.22	120.11	3.11	20.62	1.05	7.42	0.83	2.61	0.62	2.15	0.94
4	137.22	6.07	232.15	6.02	65.15	3.31	28.13	3.15	19.14	4.57	8.72	3.82
5	136.94	6.06	375.72	9.74	116.81	5.93	35.37	3.96	11.5	2.74	15.7	6.87
6	204.3	9.04	779.34	20.2	481.29	24.45	234.08	26.18	121.45	28.98	91.98	40.23
7	238.79	10.56	967.17	25.06	688.1	34.96	370.34	41.42	183.38	43.76	81.05	35.45
8	185.08	8.19	781.09	20.24	460.03	23.37	174.49	19.52	68.26	16.29	19.69	8.61
9	158.89	7.03	27	0.7	2.69	0.14	0.66	0.07	0.24	0.06	0.42	0.18
每像元平均值	1 443.93		1 697.75		1 879.83		1 914.29		1 933.75		1 873.64	

表2 黄山市 2017 年不同坡度区间生境质量等级分布变化

坡度 (°)	<5		5~10		10~15		15~20		20~25		>25	
生境等级	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)

1	830.28	54.66	331.07	24.09	187.27	12.69	138.22	8.59	102.98	6.69	93.58	4.43
2	77.66	5.11	43.08	3.13	20.49	1.39	9.75	0.61	3.62	0.23	1.56	0.07
3	79.29	5.22	74.61	5.43	50.37	3.41	37.60	2.34	26.28	1.71	25.83	1.22
4	71.02	4.68	95.98	6.98	88.38	5.99	83.84	5.21	70.56	4.58	79.10	3.75
5	78.48	5.17	127.74	9.29	129.47	8.77	122.49	7.61	105.67	6.86	129.65	6.14
6	100.56	6.62	227.99	16.59	294.43	19.95	348.55	21.65	367.27	23.85	574.76	27.23
7	99.88	6.58	272.17	19.8	400.61	27.14	494.37	30.71	507.45	32.96	752.45	35.65
8	54.14	3.56	172.36	12.54	289.91	19.64	366.50	22.77	350.74	22.78	449.49	21.29
9	127.64	8.4	29.50	2.15	15.15	1.03	8.52	0.53	5.04	0.33	4.45	0.21
每像元平均值	1 281.7		1 515.66		1 740.9		1 828.24		1 868.93		1 914.83	

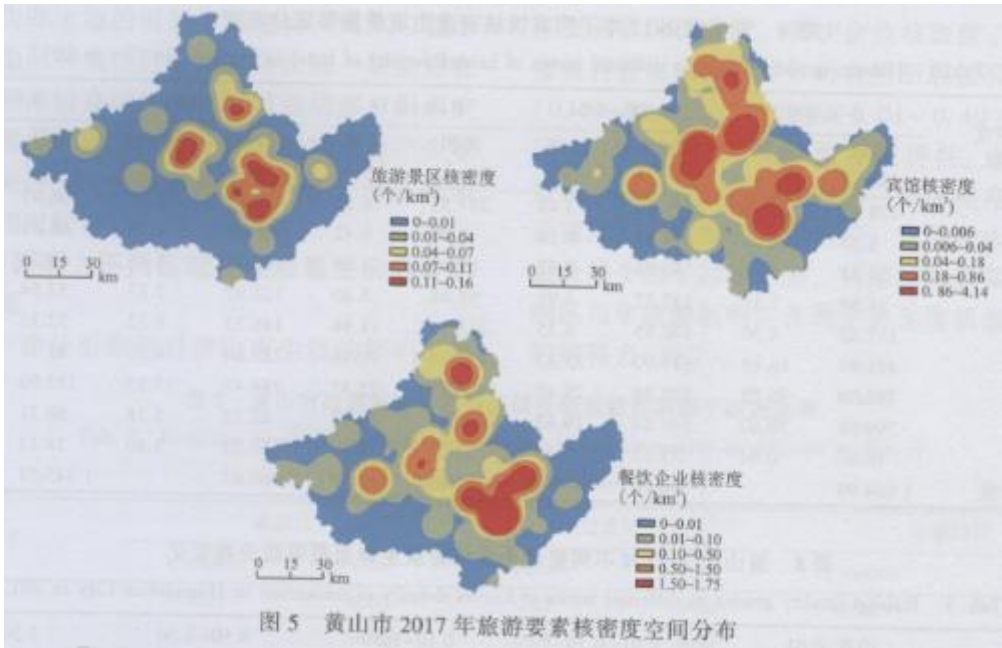


表 3 黄山市 2017 年不同旅游景区核密度生境质量等级分布变化

景区核密度生境等级	0-0.01		0.01-0.04		0.04~0.07		0.07-0.11		0.11-0.16	
	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)
1	825.84	13.28	288.16	16.29	172.89	22.23	219.08	41.51	172.84	51.45
2	10.53	0.17	13.44	0.76	24.35	3.13	62.51	11.84	44.69	13.30
3	116.48	1.87	44.24	2.50	44.32	5.70	57.55	10.90	30.91	9.20
4	254.68	4.09	111.11	6.28	82.87	10.66	32.86	6.23	8.95	2.66
5	392.30	6.31	177.55	10.04	85.78	11.03	22.44	4.25	13.94	4.15
6	1 328.11	21.35	383.02	21.65	128.46	16.52	47.78	9.05	25.06	7.46
7	1 836.13	29.52	465.62	26.32	149.39	19.21	53.86	10.20	23.78	7.08
8	1 360.19	21.87	230.00	13.00	78.39	10.08	15.50	2.94	4.42	1.32
9	95.32	1.53	55.76	3.15	11.18	1.44	16.24	3.08	11.38	3.39
像元均值	1 825.85		1 809.33		1 450.19		985.52		794.36	

表 4 黄山市 2017 年不同宾馆核密度生境质量等级分布变化

宾馆核密度生境等级	0-0. 006		0.006-0.04		0.04-0.18		0.18-0.86		0.86-4.14	
	面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积	比例
	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)	(km ²)	(%)
	278.18	10.65	375.70	13.49	297.55	16.25	420.62	26.51	306.42	37.63
2	1.55	0.06	3.85	0.14	7.70	0.42	76.02	4.79	66.42	8.16
3	26.31	1.01	50.74	1.82	65.19	3.56	102.04	6.43	49.23	6.05
4	91.56	3.51	137.27	4.93	98.88	5.40	124.92	7.87	37.84	4.65
5	117.62	4.50	176.85	6.35	218.93	11.96	146.33	9.22	32.33	3.97
6	481.93	18.45	635.90	22.83	419.05	22.88	289.84	18.27	85.71	10.53
7	799.09	30.59	820.89	29.47	466.49	25.47	284.41	17.93	157.90	19.39
8	799.28	30.60	546.84	19.63	200.13	10.93	82.22	5.18	60.31	7.41
9	16.67	0.64	37.55	1.35	57.27	3.13	60.25	3.80	18.13	2.23
像元均值	1 864.99		1 796.60		1 791.85		1 500.67		1 145.57	

表 5 黄山市 2017 年不同餐饮企业核密度生境质量等级分布变化

餐饮企业核密度生境等级	0~0.01		0.01-0.10		0.10-0.50		0.50-1.50		1.50~17.45	
	面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积	比例	面积	比例
	(km ²)		(km ²)		(km ²)		(km ²)		(km ²)	
1	467.92	12.34	409.60	13.16	188.67	15.80	254.04	30.25	358.24	51.97
2	3.00	0.08	2.98	0.10	15.53	1.30	23.39	2.79	110.64	16.05
3	55.88	1.47	53.87	1.73	67.22	5.63	46.80	5.57	69.72	10.11
4	141.24	3.72	147.02	4.72	78.20	6.55	69.53	8.28	54.50	7.91
5	225.75	5.95	221.39	7.11	119.02	9.97	99.34	11.83	26.53	3.85
6	796.34	20.99	720.25	23.14	238.90	20.00	142.33	16.95	14.61	2.12
7	1 156.69	30.49	896.26	28.79	299.54	25.08	153.27	18.25	23.02	3.34
8	912.64	24.06	597.16	19.18	130.16	10.90	37.54	4.47	11.27	1.63
9	33.81	0.89	64.72	2.08	56.99	4.77	13.53	1.61	20.83	3.02
像元均值	1 817.44		1 852.10		1 880.42		1 306.33		679.64	

表 6 黄山市生境质量影响因子探测结果

因子	q statistic	p value	因子	q statistic	p value
平均海拔	0.70	0.00	人口密度	0.76	0.00
地势起伏度	0.67	0.00	旅游人次	0.31	0.00
平均坡度	0.75	0.00	餐饮企业分布密度	0.58	0.00
坡度极差	0.71	0.00	宾馆分布密度	0.52	0.00
GDP	0.48	0.00	交通路网密度	0.45	0.00

注：p 值代表显著度，下同。

4 黄山市生境质量空间分异影响机理

4.1 乡镇生境质量空间分异影响因素定量探测

在基于地形与旅游要素分级统计生境质量空间分布特征的基础上,采用地理探测器定量识别黄山市生境质量的空间分异影响因素。地理探测器对类别数据适用性高于连续数据,将定性分析的地形与旅游活动因子,进行增加与完善,选取平均海拔、地势起伏度、平均坡度、坡度极差等 4 个因子,居民人口密度、GDP 值、宾馆密度、餐饮企业密度、景点密度、交通路网密度等 6 个与旅游密切相关的因子,根据值以乡镇(街道)为单位按照自然断裂法由低到高分 1~9 级,与各乡镇(街道)综合生境质量均值进行匹配,导入地理探测器软件中探测各因子对生境质量空间分异的解释力 q 值(表 6)。10 个因子均对黄山市各乡镇(街道)生境质量空间分异产生显著影响。4 个自然因子对各乡镇生境质量空间分异影响普遍较高,其中平均坡度对生境质量影响最大, q 值达 0.75;6 个与旅游活动相关的因子中,当地居民人口密度对乡镇生境质量影响力最大,旅游总人次影响力最小。黄山市多为山区,海拔高,陡坡多,人类活动基本沿河流与地势平坦区域开展,生境质量受海拔与坡度的影响较大;同时人口越密集的区域,对土地利用强度越大,土地类型由生境转变为非生境的可能性也越高,而人口趋于在交通密集区聚集,且旅游接待设施一般修建在人口密集程度较高的区域,以城镇居多,因而交通、人口密度、旅游接待设施对生境质量产生较大影响;旅游人次受旅游资源的影响,对生境质量影响力相对较小。

4.2 旅游影响力不同区域生境质量空间分异影响因素探测

为进一步分析旅游对黄山市生境的影响,将上文的景区核密度、餐饮企业核密度、宾馆核密度进行叠加求和,并采用自然断裂法分为旅游区(0.49~21.56)、过渡区(0.01~0.49)和非旅游区(0~0.01),限于数据可获得性,选取坡向、坡度、海拔、交通路网密度、景区密度、餐饮企业密度、宾馆密度 7 个因子,获得黄山市生境质量及每个因子的像元值,利用探测器探测旅游影响区与非旅游影响区各因子对生境质量空间分异的解释力(表 7)。

表 7 黄山市旅游影响力不同区域生境质量影响因子探测结果

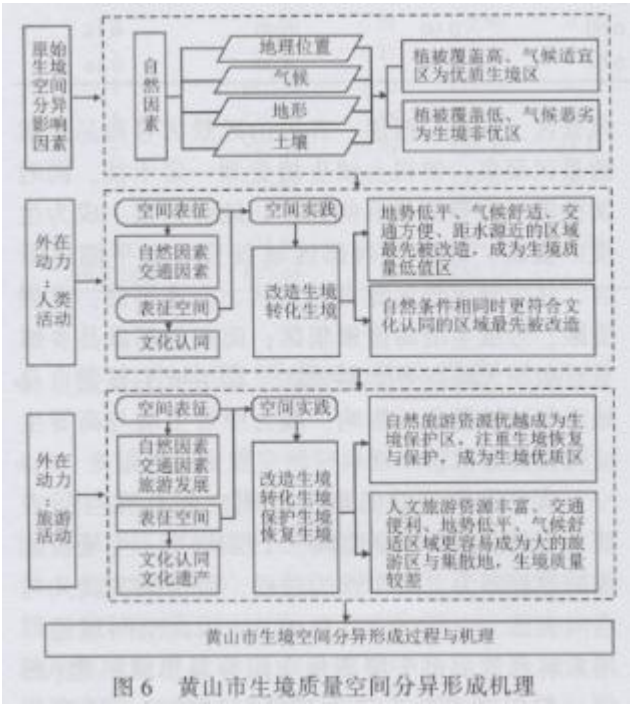
因子	旅游区		过渡区		非旅游区	
	q statistic	p value	a statistic	p value	q statistic	p value
坡向	0.03	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00
坡度	0.21	0.00	0.08	0.00	0.01	0.00
海拔	0.18	0.00	0.05	0.00	0.01	0.00
交通路网核密度	0.21	0.00	0.10	0.00	0.03	0.00
景区核密度	0.06	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
餐饮企业核密度	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16
宾馆核密度	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.16

旅游区地形与旅游要素均为生境质量空间分异的影响因子,交通路网密度是影响生境质量的最主要因素, q 值为 0.21,其次是坡度(0.21)和海拔(0.18);过渡区各因子仍对生境质量空间分异产生影响,但影响力均低于旅游区,交通路网密度对生境质量空间分异影响最大,餐饮企业、宾馆、景区对生境质量空间分异影响较小;非旅游区餐饮企业、宾馆、景区对生境质量空间分异几乎没有影响,对生境空间分异产生影响的因素由大到小依次为交通路网密度、坡向、坡度、海拔。坡向对生境质量产生影响,并在 3 个区的影响力基本相同,交通是 3 个区域生境质量空间分布的主要影响因素,坡度和海拔在旅游区对生境质量的影响力度大大高于其余区域。

4.3 基于空间理论的生境质量空间分异影响机理

黄山市生境质量空间分布格局最终表现为：中部偏东南区域，拥有呈坎、唐模、潜口民宅等 5A 级，花山谜窟、黎阳 in 巷、新四军军部等 4A 级景区，同时交通便利、地势平坦，使得围绕屯溪区、徽州区及歙县城区分布大量旅游接待设施，形成规模大的旅游接待、集散中心，也成为生境质量低值聚集区；低值聚集区的外围汤口镇、宏村镇、齐云山镇等相邻乡镇一方面有黄山风景区、宏村、西递、齐云山风景区等高品质旅游景区聚集，使得乡镇生境受到一定干扰，同时又受限于高等级景区的保护、地势因素，成为生境中值区；北部与西部区域仅分布太平湖风景区、牯牛降风景区等自然景区，交通不便，发展受限，形成生境高值聚集区；而东南部歙县乡镇只有徽州大峡谷等个别景区，其生境主要受自身地形与植被覆盖的影响，成为中等生境与高等生境交替分布区。

列斐伏尔的空间理论表明空间具有空间表征、空间实践及表征空间三个层次^[31]，生境被改变的过程即为空间实践的过程，而空间实践又与空间表征、表征空间息息相关，因此空间理论可用来解释黄山市生境质量空间分异形成机理（图 6）。黄山市原始生境主要受区域位置、地形地貌、土壤、气候等自然因素的影响，植被覆盖高、气候舒适等更适合物种生活的自然环境原始生境质量优越，生境质量空间分异的主导因素为自然环境。随着人口的大规模增长，人类活动成为促使黄山市原始生境改变而分异的动力，空间权利支配者，如政府作为主体，综合考虑自然、交通等因素对某一区域进行空间表征，并依据空间表征进行空间实践，地势低平、气候舒适、交通便利等利于人类生活、生产的空间最先被改造，生境类型被改变，生境质量降低；同时，在空间实践中，由人的文化认知累积的表征空间同样起作用，如在传统观念中，东方优于西方，风水好的区域优于风水差的区域，因而自然条件相同时更契合人的文化认知的区域原始生境更容易被转变，被破坏。当大规模发展旅游时，旅游活动成为影响生境质量空间分异的主要要素，以政府、开发商为代表的主体进行空间表征时将旅游发展作为主要考虑因素，在空间实践中不仅改变、转化生境，同时保护与恢复生境，因此自然旅游资源优越区域设置生境保护区，并成为生境优质区；此外，象征本土文化遗产的符号如徽派建筑、民居等表征性空间被保护、重建，成为吸引力，与文化认同一起影响着空间实践，最终，人文旅游资源优越、交通便利、地势低平、气候舒适的区域成为规模大的旅游区或者旅游集散地，生境质量较低。



5 结论与讨论

本文以典型旅游城市黄山市为研究区，在遥感与 GIS 技术支持下，综合生态系统服务价值量、NDVI 与 NPP 组成的生境质量系数、InVEST 生境质量模块构建生境质量评价方法，基于生境质量空间格局分析结果，利用地理探测器定量探测地形及旅游活

动相关因素对生境质量空间分异的影响力,并尝试借助列斐伏尔的空间理论对黄山市生境质量空间分异机理进行解释。与已有研究相比^[14~19],采用综合模型使得生境评估既考虑最接近自然状态又考虑为人类提供的利益^[32],同时论文将生境质量研究拓展到典型人地互动区域——旅游区,丰富了旅游城市生境质量研究成果,对旅游城市生态安全格局构建、生态环境保护、旅游可持续发展提供科学理论依据,此外,文中提出了生境质量空间分异影响机理的初略框架,为后续旅游地生境质量时空演化机理研究提供了前期基础。

结果表明:(1)2017年黄山市综合生境质量总值为 1.84×10^{10} (元),平均生境质量值为18 627元/hm²,综合模型修正后的生境质量评价结果比原始生态系统服务价值量低^[16],生境质量空间上异质性显著,总体呈现西北高、东南低的格局,低质生境呈块状在几大县区中心城镇聚集,其中屯溪区主要为城镇用地,生境质量最差,高质生境在北部集中在太平湖区域,西部山区生境质量也较优;(2)地形是影响生境质量空间分布的基础因素^[14],坡度等级与生境质量均值成负相关,海拔<200m的区域低等级生境比例最高,海拔、地势起伏度、坡度、坡度极差对乡镇生境质量空间分异的解释力均在0.6以上,其中坡度比海拔影响力更大;(3)旅游活动是影响生境质量空间分异的外在动力,旅游景区核密度与旅游宾馆核密度值越高区域,生境质量均值越低,而餐饮企业核密度范围在中间区间的生境质量均值最高,旅游相关要素中对各乡镇生境质量影响力由大到小依次为当地居民人口密度、餐饮企业密度、宾馆密度、GDP、交通路网密度、旅游人次。旅游区地形、交通、旅游设施等因素对生境质量空间分异影响力度更大,从旅游区向非旅游区过渡,各因素对生境质量影响逐渐减小。1黄山市旅游活动在交通、地形基础上对生境质量产生较大影响,高等级旅游资源聚集且交通便利、地势平坦的中部偏南区域,人口聚集,成为规模大的旅游接待、集散中心,如屯溪区、徽州区,区域城镇化进程快,生境质量退化严重,提升品质、优化布局,构建有效的生境恢复制度成为治理的重点,生态旅游城市是发展的方向;高品质旅游资源聚集且交通较为便利的区域,如黄山风景区、齐云山风景区周边乡镇,受限于区位、地形与资源保护,成为生境质量中值区,加强生境监管,提升生境质量是保护性发展的重点;单个高品质自然旅游资源分散的西部、南部山区,不能形成集聚效应,且海拔较高,交通较为不便,生境质量受外力影响较小,为生境优质区,平衡好经济发展与生境保护的关系成为管理的重点,此外,北部太平湖为黄山市生境最优区,可划分为生态涵养区,然近年来太平湖已成长为黄山市重要的旅游地之一^[33],后续管理中应分区规划,限制性的发展生态旅游,以保障太平湖区域生境的可持续。

旅游往往被认为是城市经济发展的一剂良药,然而旅游业并非“无烟产业”,已有研究表明在欧洲旅游业会抑制碳排放产生^[34],在中国,旅游产业化水平高的区域经济发展带来的环境压力更小^[35],对于区域生境质量,旅游产业的发展是否会表现同样的趋势?旅游活动的开展势必对区域生境产生一定负面影响^[20, 22],但相对于其余产业,区域发展旅游是否对生境质量的影响更小?此外,政府作为空间实践的主体,政府行为对生境的影响较大^[3, 14],生境质量演变中政策的效用等问题均值得深入研究。

本研究尚存在一定不足之处,(1)InVEST模型生境质量评价中威胁因子的权重等指标赋值虽参考了专家意见仍具有一定的主观性;(2)受限于数据等方面,仅分析了2017年黄山市生境质量的时空分布及影响因素,后续可从时间维度及理论方面深化研究;(3)文中虽然采用3个模型构建综合生境质量评价方法,但其评价结果是否与实地生境质量情况相符还需进一步的验证。

参考文献:

[1] HORNE B V. Density as a misleading indicator of habitat quality[J]. Journal of Wildlife Management, 1983, 47(4): 893-901.

[2] 戴云哲,李江风,杨建新.长沙都市区生境质量对城市扩张的时空响应[J].地理科学进展,2018,37(10):1340-1351. DAI Y Z, LI J F, YANG J X. Spatiotemporal responses of habitat quality to urban sprawl in the Changsha metropolitan area[J]. Progress in Geography, 2018, 37(10): 1340-1351.

[3] 钟莉娜,王军.基于InVEST模型评估土地整治对生境质量的影响[J].农业工程学报,2017,33(1):250-255. ZHONG L N, WANG J. Evaluation on effect of land consolidation on habitat quality based on InVEST model[J]. Transactions of

the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33: 250-255.

[4] JOHNSON M D. Measuring habitat quality: A review[J]. Con-dor, 2007, 109(3) : 489-504.

[5] WANG J, YAN S C, GUO Y Q, et al. The effects of land con-solidation on the ecological connectivity based on ecosystem service value[J]. Journal of Geographical Sciences, 2015 , 25(5) : 603-616.

[6] DAI L, LI S, LEWIS B J, et al. The influence of land use change on the spatial - temporal variability of habitat quality be-tween 1990 and 2010 in Northeast China[J] . Journal of Forest-ry Research, 2018(1409) : 1-10.

[7] GUNNARSSON T G, GILL J A, NEWTON J, et al. Seasonal matching of habitat quality and fitness in a migratory bird[J].Proceedings Biological Sciences, 2005, 272 (1578) : 2319-2323.

[8]刘红玉, 李兆富, 白云芳. 挠力河流域东方白鹤生境质量变化景观模拟[J]. 生态学报, 2006, 26(12): 4007-4013. LIU H Y, LI Z F, BAI Y F. Landscape simulating of habitat quality change for oriental white stork in Naoli River Watershed[J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(12) : 4007-4013.

[9]王琼, 卢聪, 李法云, 等. 基于主成分分析和熵权法的河流生境质量评价方法——以清河为例[J]. 生态科学, 2017, 36(4) : 185-193. WANG Q, LU C, FAN Z P, et al. River habitat quality assess-ment based on principal component analysis and entropy weight in Qinghe River as a case [J]. Ecological Science, 2017, 36(4) : 185-193.

[10]吴健生, 曹祺文, 石淑芹, 等. 基于土地利用变化的京津冀生境质量时空演变[J]. 应用生态学, 2015, 26(11): 3457-3466. WU JS, CAO Q W, SHIS Q, et al. Spatio-temporal variability of habitat quality in Beijing-Tianjin-Hebei Area based on land use change [J]. Chinese journal of applied ecology, 2015 , 26: 3457-3466.

[11]陈凌娜, 董斌, 彭文娟, 等. 升金湖自然湿地越冬鹤类生境适宜性变化研究[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(3) : 556-563. CHEN L N, DONG B, PENG W J, et al. Study on the Change of Landscape Pattern on Habitat Environment of Winter cranes in Shengjin Lake Nature Wetland [J]• Resources and Environ-ment in the Yangtze Basin, 2018, 27(3) : 556-563.

[12]JORGENSEN J C, HONEA J M, MCCLURE M M, et al. Lin-king landscape-level change to habitat quality : An evaluation of restoration actions on the freshwater habitat of spring-run Chinook salmon[J]. Freshwater Biology, 2009, 54(7) : 1560-1575.

[13]LAWLER J J, LEWIS D J, NELSON E, et al. Projected land-use change impacts on ecosystem services in the United States[J]. Proceedings of the National Academy of sciences of the U-nited States of America, 2014, 111(20) : 7492.

[14]刘春芳, 王川, 刘立程. 三大 g 然区过渡带生境质量时空差异及形成机制——以榆中县为例[J]. 地理研究, 2018, 37(2) : 419-432. LIU C F, WANG C, LIU L C. Spatio-temporal variation on habitat quality and its mechanism within the transitional area of the Three Natural Zones : A case study in Yuzhong county [J]. Geographical Research, 2018, 37(2) : 419-432.

[15]刘春芳, 王川. 基于土地利用变化的黄土丘陵区生境质量时空演变特征——以榆中县为例[J]. 生态学报, 2018, 38(20) : 7300-7311. LIU C F, WANG C. Spatio-temporal evolution characteristics of habitat quality in the Loess Hilly Region

based on land use change : a case study in Yuzhong county [J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(20) : 7300-7311.

[16]吴健生,毛家颖,林倩,等.基于生境质量的城市增长边界研究——以长三角地区为例[J].地理科学,2017,37: 28-36. WU J S, MAO J Y, LIN Q, et al. Urban growth boundary based on the evaluation of habitat quality : Taking the Yangtze River Delta as an example [J]. Scientia Geographica Sinica, 2017, 37(1) : 28-36.

[17]谢余初,巩杰,张素欣,等.基于遥感和 InVEST 模型的白龙江流域景观生物多样性时空格局研究[J].地理科学,2018,38(6) : 979-986. XIE Y C, GONG J, ZHANG S X, et al. Spatiotemporal change of landscape biodiversity based on InVEST model and remote sensing technology in the Bailong River Watershed[J]. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(6) : 979-986.

[18]褚琳,黄办,刘庆生,等.2000~2010 年辽宁省海岸带景观格局与生境质量变化研究[J].资源科学,2015,37(10) : 1962-1972. CHU L, HUANG C, LIU Q S, et al. Changes of coastal zone landscape spatial patterns and ecological quality in Liaoning Province from 2000 to 2010[J]. Resources Science, 2015, 37(10) : 1962-1972.

[19]包玉斌,刘康,李婷,等.2015.基于 InVEST 模型的土地利用变化对生境的影响:以陕西省黄河湿地自然保护区为例[J].干旱区研究,32(3): 622-629. BAO Y B, LIU K, LI T, et al. 2015. Effects of land use change on habitat based on InVEST model: Taking Yellow River Wetland Nature Reserve in Shaanxi Province as an example[J]. Arid Zone Research, 32(3) : 622-629.

[20]章锦河,李曼,陈静,等.旅游废弃物的环境库兹涅茨效应分析——以黄山风景区为例[J].地理学报,2012,67: 1537-1546. ZHANG J H, LI M, CHEN J, et al. Analysis of environmental kuznets effect of tourism waste : Case study of Huangshan National Park [J]. Acta Geographica Sinica, 2012, 67 (11):1537—1546.

[21]GUPTA M R, DUTTA P B. Tourism development, environmental pollution and economic growth : A theoretical analysis [J]. Journal of International Trade & Economic Development, 2017 : 1-20.

[22]晋秀龙,陆林,巩劼,等.旅游活动对九华山风景区大型土壤动物群落影响[J].地理研究,2011,30(1): 103-114. JIN X L, LU L, GONG J, et al. Effects of tourism activities on soil macrofauna community in Mount Jiuhua scenic area [J]. Geographical Research, 2011, 30(1) : 103-114.

[23]谷永泉,杨俊,冯晓琳,等.中国典型旅游城市人居环境适宜度空间分异研究[J].地理科学,2015,35(4): 410-418. GU Y Q, YANG J, FENG X L, et al. Spatial differentiation of human settlement environment suitability in Chinese Typical Tourist Cities[J]. Scientia Geographica Sinica, 2015, 35(4): 410-418.

[24]谢高地,张彩霞,张雷明,等.基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J].自然资源学报,2015(8) : 1243-1254. XIE G D, ZHANG C X, ZHANG L M, et al. Improvement of the evaluation method for ecosystem service value based on Per Unit Area[J]. Journal of Natural Resources, 2015(8) : 1243-1254.

[25]谢高地,甄雾,鲁春霞,等.一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J].自然资源学报,2008,23(5): 911-919. XIE G D, ZHEN L, LU C X, et al. Expert knowledge based valuation method of ecosystem services in China[J]. Journal of Natural Resources, 2008, 23(5) : 911-919.

-
- [26]谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资源的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196. XIE G D, LU C X, LENG Y F, et al. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau[J]. Journal of Natural Resources, 2003, 18(2): 189-196.
- [27]高玲, 赵智杰, 张浩, 等. 基于生境质量与生态区位的海口市生态系统服务价值估算[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2012, 48(5): 833-840. GAO L, ZHAO Z J, ZHANG H, et al. Adjustment of Haikou city ecosystem services value based on habitat quality and ecological location[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2012, 48(5): 833-840.
- [28]周广胜, 郑元润, 陈四清, 等. 自然植被净第一性生产力模型及其应用[J]. 林业科学, 1998, 34(5): 2-11. ZHOU G S, ZHENG Y R, CHEN S Q, et al. NPP Model of natural vegetation and its application in China[J]. Scientia Sinicae, 1998, 34(5): 2-11.
- [29]TALLIS H T R T, GUERRY A D. InVEST 2. 6. 0 User's Guide: Integrated valuation of environmental services and tradeoffs[M]. Stanford: The Natural Capital Project, 2014.
- [30]王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134. WANG J r, XU, C D. Geodetector: Principle and prospective[J]. Acta Geographica Sinica, 2017, 72(1): 116-134.
- [31]郭凌, 王志章, 陈丹丹. 旅游影响下城市历史街区的空间再生产研究——基于列斐伏尔空间生产理论视角[J]. 四川师范大学学报(社会科学版), 2016, 43(4): 53-60. GUO L, WANG Z Z, CHEN D D. Space reproduction of historical street under the influence of tourism: form the perspective of Henri Lefebvre, s space production theory[J]. Journal of Sichuan Normal University, social Sciences Edition, 2016, 43(4): 53-60.
- [32]李素馨, 林敬好, 吴治达, 等. 运用生境价值评估工具建构永续农村地景空间配置[J]. 都市与计划, 2014, 41(1): 67-97. LEE S H, LIN J S, WU Z D, et al. Spatial patterns for sustainable rural landscape by biotope evaluation[J]. Journal of City and Planning, 2014, 41(1): 67-97.
- [33]陆林, 天娜, 虞虎, 等. 安徽太平湖旅游地演化过程及机制[J]. 自然资源学报, 2015, 30(4): 604-616. LU L, TIAN A, YU H, et al. The evolution process and mechanism of Taiping Lake in Anhui Province[J]. Journal of Natural Resources, 2015, 30(4): 604-616.
- [34]LEE J W, BRAHMASRENE T. Investigating the influence of tourism on economic growth and carbon emissions: evidence from panel analysis of the European Union[J]. Tourism Management, 2013, 38(13): 69-76.
- [35]王凯, 邵海琴, 周婷婷, 等. 基于 EKC 框架的旅游发展对区域碳排放的影响分析——基于 1995~2015 年中国省际面板数据[J]. 地理研究, 2018, 37(4): 742-750. WANG K, SHAO H Q, ZHOU T T. EKC framework analysis of the effects of tourism development on regional carbon emissions: Based on China's 1995 - 2015 panel data[J]. Geographical Research, 2018, 37(4): 742-750.