

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

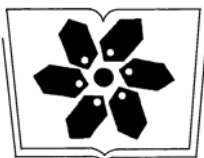
景观生态学专辑



第34卷 第12期 Vol.34 No.12 **2014**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 12 期 2014 年 6 月 (半月刊)

目 次

中国景观生态学发展历程与未来研究重点.....	陈利顶,李秀珍,傅伯杰,等 (3129)
城市景观格局演变的水环境效应研究综述.....	黄 硕,郭青海 (3142)
多功能景观研究进展.....	汤 茜,丁圣彦 (3151)
空间形态受限型城市紧凑发展研究——以厦门岛为例	黄 硕,郭青海,等 (3158)
紫金山森林公园降温效应影响因素.....	闫伟姣,孔繁花,尹海伟,等 (3169)
城市公园景观空间结构对其热环境效应的影响	冯悦怡,胡潭高,张力小 (3179)
基于 OWA 的低丘缓坡建设开发适宜性评价——以云南大理白族自治州为例	刘焱序,彭 建,韩忆楠,等 (3188)
生态安全条件下土地利用格局优化——以皇甫川流域为例	喻 锋,李晓兵,王 宏 (3198)
新疆玛纳斯河流域 2000—2010 年土地利用/覆盖变化及影响因素	刘金巍,靳甜甜,刘国华,等 (3211)
基于 GIS 和 RS 的赣江上游流域土地利用动态趋势分析	鲁燕飞,彭 芳,万 韵,等 (3224)
1954—2010 年三江平原土地利用景观格局动态变化及驱动力	刘吉平,赵丹丹,田学智,等 (3234)
基于斑块评价的三峡库区腹地坡耕地优化调控方法与案例研究.....	王永艳,李阳兵,邵景安,等 (3245)
贵州省山地-坝地系统土地利用与景观格局时空演变	李阳兵,姚原温,谢 静,等 (3257)
中国西南地区土地覆盖情景的时空模拟	李 婧,范泽孟,岳天祥 (3266)
基于移动窗口法的岷江干旱河谷景观格局梯度分析.....	张玲玲,赵永华,殷 莎,等 (3276)
基于植被覆盖度的藏羚羊栖息地时空变化研究.....	赵海迪,刘世梁,董世魁,等 (3285)
西南峡谷型喀斯特坡地土壤微生物量 C、N、P 空间变异特征	范夫静,黄国勤,宋同清,等 (3293)
峡谷型喀斯特不同生态系统的土壤微生物数量及生物量特征.....	谭秋锦,宋同清,彭晚霞,等 (3302)
长三角地区土地利用时空变化对生态系统服务价值的影响	刘桂林,张落成,张 倩 (3311)
基于视觉廊道的青藏铁路沿线旅游动态景观评价.....	张瑞英,席建超,姚予龙,等 (3320)
基于 RS 与 GIS 的农村居民点空间变化特征与景观格局影响研究	任 平,洪步庭,刘 寅,等 (3331)
生态系统保护现状及保护等级评估——以江西省为例.....	樊乃卿,张育新,吕一河,等 (3341)
崇明东滩盐沼植被变化对滩涂湿地促淤消浪功能的影响.....	任璘婧,李秀珍,杨世伦,等 (3350)
基于气候、地貌、生态系统的景观分类体系——以新疆地区为例.....	师庆东,王 智,贺龙梅,等 (3359)
黄土丘陵沟壑区景观格局演变特征——以陕西省延安市为例.....	钟莉娜,赵文武,吕一河,等 (3368)
不同干扰背景下农业景观异质性——以巩义市为例	张晓阳,梁国付,丁圣彦 (3378)
山西高原草地景观的数量分类与排序.....	张先平,李志琴,王孟本,等 (3386)

山区夏季地表温度的影响因素——以泰山为例..... 孙常峰,孔繁花,尹海伟,等 (3396)

典型岩溶洼地土壤水分的空间分布及影响因素..... 张继光,苏以荣,陈洪松,等 (3405)

基于移动窗口法的豫西山丘陵区景观异质性分析..... 李栋科,丁圣彦,梁国付,等 (3414)

桂西北喀斯特区域植被变化趋势及其对气候和地形的响应..... 童晓伟,王克林,岳跃民,等 (3425)

喀斯特与非喀斯特区域植被覆盖变化景观分析——以广西壮族自治区河池市为例.....
..... 汪明冲,王兮之,梁钊雄,等 (3435)

不同干扰背景下景观指数与物种多样性的多尺度效应——以巩义市为例.....
..... 董翠芳,梁国付,丁圣彦,等 (3444)

石栎-青冈常绿阔叶林土壤有机碳和全氮空间变异特征 杨 丹,项文化,方 晰,等 (3452)

湘中丘陵区南酸枣阔叶林群落特征及群落更新..... 易 好,邓湘雯,项文化,等 (3463)

基于 RBFN 的桂西北喀斯特区植被碳密度空间分布影响因素分析..... 张明阳,王克林,邓振华,等 (3472)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 352 * zh * P * ¥ 90.00 * 1510 * 36 * 2014-06



封面图说: 空间发展受限城市的厦门——在我国城市化进程中,中小城市在城镇体系建设中处于中间环节,起到了联系大城市和小城镇的作用。但是,每个城市由于发展历史、社会经济结构、自然地理形态等因素的不同,都有其发展的特性,这些问题都必须因地制宜地去把握。例如,厦门岛相对隔离,没有多余的发展空间,该城市以居住功能为主,城市功能较为单一,公共服务功能和商业服务功能比例较小。研究这样紧凑型的城市发展必须要考虑该城市结构转换的承受力,周边社会经济环境以及居民的生活习惯等。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201310282595

李栋科, 丁圣彦, 梁国付, 赵清贺, 汤茜, 孔令华. 基于移动窗口法的豫西山地丘陵地区景观异质性分析. 生态学报, 2014, 34(12): 3414-3424.

Li D K, Ding S Y, Liang G F, Zhao Q H, Tang Q, Kong L H. Landscape heterogeneity of mountainous and hilly area in the western Henan Province based on moving window method. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(12): 3414-3424.

基于移动窗口法的豫西山地丘陵地区景观异质性分析

李栋科^{1,2}, 丁圣彦^{1,2,*}, 梁国付^{1,2}, 赵清贺^{1,2}, 汤茜^{1,2}, 孔令华²

(1. 教育部黄河中下游数字地理技术重点实验室, 开封 475004; 2. 河南大学环境与规划学院, 开封 475001)

摘要: 研究典型区域景观异质性过程中, 对特征尺度的判断尤为重要。基于 3S 技术, 以豫西山地丘陵地区巩义市为研究区域, 在分析其景观组分与结构的基础上, 采用半变异函数和移动窗口相结合的方法, 确定研究景观异质性的特征尺度, 并在特征尺度下选取西北—东南方向和东北—西南方向两条样线, 分析研究区不同干扰背景下景观异质性的空间特征。结果表明: 豫西巩义地区总体上以旱地、建设用地、水浇地、草地和有林地景观类型为主, 其中旱地所占比例最大(30.9%), 沟渠所占比例最小(0.1%); 根据特征尺度分析确定研究区巩义市景观异质性的合适尺度为 1000 m; 在特征尺度下, 研究区景观破碎化以河谷平原和丘陵为主的巩义东部偏南区域最高, 以人为干扰较少的南部低山有林地地区最低, 景观多样性分布特征则呈现 4 个聚集中心, 分别为北部河谷平原农业区、城市建成区、南部低山区和东南丘陵区; 不同干扰背景下, 巩义地区景观异质性根据城市化程度呈现以市区为中心向外辐射发展的特征, 同时受海拔高度因素影响较大, 即在海拔 200 m 以下区域景观受人干扰强烈, 海拔 200—500 m 丘陵区域受海拔因子和人为干扰因子共同作用, 海拔 500 m 以上区域海拔因子起主导作用。研究结果可为豫西山地丘陵地区及同类地区景观异质性的研究尺度、景观格局优化和土地的有效管理提供依据。

关键词: 移动窗口法; 特征尺度; 景观异质性; 山地丘陵地区; 河南西部

Landscape heterogeneity of mountainous and hilly area in the western Henan Province based on moving window method

LI Dongke^{1,2}, DING Shengyan^{1,2,*}, LIANG Guofu^{1,2}, ZHAO Qinghe^{1,2}, TANG Qian^{1,2}, KONG Linghua²

1 Key Laboratory of Geospatial Technology For the Middle and Lower Yellow River Regions, Ministry of Education, Kaifeng 475004, China

2 College of Environment & Planning, Henan University, Kaifeng 475001, China

Abstract: In analyzing landscape heterogeneity in a typical area, appropriate selection of characteristic scale is very important. In this paper, Gongyi City, located in mountainous and hilly area of western Henan Province, has been chosen as our study area. Based on 3S technology, the landscape composition and structure of this area are analyzed. Meanwhile, the characteristic scale of landscape heterogeneity is determined by using the semi-variable function and moving window method. According to the characteristic scale, we selected two sample lines, which extend from the direction of NW to SE and the direction of NE to SW. These two sampled lines are set to analyze the spatial characteristics of landscape heterogeneity under different disturbances. Finally, the results show that landscape of the study area mainly consists of dry land, construction land, irrigated land, grassland and woodland. Among these landscape types, the dry lands have the largest proportion, accounting for 30.9% of the whole area, while the irrigation canals have the least area proportion, accounting for 0.1% of the whole area. Based on the semi-variable function and the moving window method, the characteristic scale for analyzing landscape heterogeneity of the study area is 1000 m. Under this characteristic scale, the landscape fragmentation of the study area is mainly concentrated in the valley plain and hilly regions of the southeastern part

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41371195, 41071118)

收稿日期: 2013-10-28; 修订日期: 2014-04-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: syding@henu.edu.cn

of the Gongyi City. The lowest fragmentation regions are in the forestland of southern hilly area of Gongyi City. Landscape diversity of the study area is characterized by four gathering centers, which are the northern valley plain agricultural area, constructed urban areas, the southeast hills and the low mountains in southern area. The first center exhibits the highest landscape diversity, while the landscape diversity of the other three is of the lowest. Under the influence of different disturbances, the landscape heterogeneity of the study area show features of radiating from the city center to surrounding rural area. In addition, landscape heterogeneity is also related to altitude in hilly regions. We find that the landscape heterogeneity has dramatic changes below 200 m because of strong human disturbance. However, at the altitude of 200—500 m, human disturbance and altitude are combined to affect the landscape heterogeneity. In addition, at 500 meters above sea level, altitude is the dominant factor in influencing landscape heterogeneity. The results of this study can provide valuable guidance for further study on landscape pattern optimization and efficient management of land use in the mountainous and hilly area of western Henan Province.

Key Words: moving window method; characteristic scale; landscape heterogeneity; mountainous and hilly area; Western Henan Province

景观生态学注重异质性的研究^[1],其研究核心是强调空间异质性与生态过程、尺度之间的相互作用关系^[2-5]。景观异质性是空间斑块性和空间梯度的综合反映^[6-7],是景观格局的重要特征。分析景观异质性是研究景观功能和动态的基础,对探索景观结构与自然生态过程和社会经济活动的关系^[8-9]、研究区土地资源合理利用和可持续发展均具有重要的理论和现实意义^[10]。目前分析景观异质性多是在深入理解各个景观指数对应公式及生态学意义基础上^[6, 11-12],本着代表性、统一性和便于解释原则,直接用景观指数来表征景观异质性。但是,景观指数具有尺度效应、方向性及其他行为学特征^[2, 13-15],目前的研究较少综合以上特征对区域景观异质性进行分析。

对于特定研究区域,选择合适的研究尺度对研究结果尤为重要。有研究表明,利用地统计学中的半变异函数和移动窗口法都可以较好地分析景观指数与空间变量的变异关系,以及判定研究区域的特征尺度。其中,移动窗口法最早由 Whittaker 提出用于分析植被沿水分梯度的变化^[16],随后被应用于城乡交错带景观异质性等方面的研究^[17],其原理是在研究区内选取一定大小的窗口进行移动,形成新的可在地理信息系统(GIS)中运算的数据图形^[18],实现在区域或地区尺度上对景观指标的量化^[19-20],从空间尺度上明确展示景观异质性特征;半方差分析是把统计相关系数的大小作为一个距离的函数来反映一个采样点与其相邻采样点的空间关系的一种地

统计学方法,可用于分析特征尺度,目前已被广泛应用于多个领域。但是,综合半变异函数和移动窗口法来判定区域景观特征尺度的研究较少。

巩义市位于中岳嵩山北麓,地貌类型多样,地势南高北低,山地、丘陵、平原类型齐全。近年来,随着区域社会经济发展,该地区的景观发生了巨大变化,引起较多关注。但是,大部分学者多从村域和农户角度研究农田生态经济系统投入产出特征、农田系统能量投入产出特征、农户迁居模式等^[21-23],以及从恢复生态学角度研究森林景观恢复^[24],较少从景观生态学角度研究不同干扰背景下景观异质性变异特征。

因此,本研究基于地理信息系统,采用移动窗口法和半变异函数相结合的方法,以巩义市为研究区域,探讨该区域景观异质性变化的特征尺度和景观空间变异特征,以期对研究区域土地的有效管理及可持续利用提供依据。

1 研究区概况

作为豫西地区经济活力较高的三县之一的巩义市^[25],位于黄河中游地区,处于国家第2台阶向第3台阶过渡边缘,地理位置介于北纬34°31'—34°52',东经112°49'—113°17',在河南省省会郑州与古都洛阳之间,南依嵩山,北临黄河,地势东南高西北低(图1)。巩义市土地总面积为1041 km²,其中山地、丘陵面积共919 km²,河谷、平原面积117 km²,属典型的山地丘陵地区。山地分布着保护较完整的大面积林

地,植物资源丰富,以温带落叶阔叶林为主;低山丘陵地区以荒山灌草丛、经济林和人工林为主;河谷平川地区以精耕细作的农业为主,或者是农林间作。巩义地处暖温带半湿润偏干旱区,属于温带季风气

候,四季分明,年平均气温 14.4℃,7 月最热,平均气温 27.3℃,1 月最冷,平均气温 0.2℃,平均的降雨量为 640.9 mm,无霜期为 220 d。

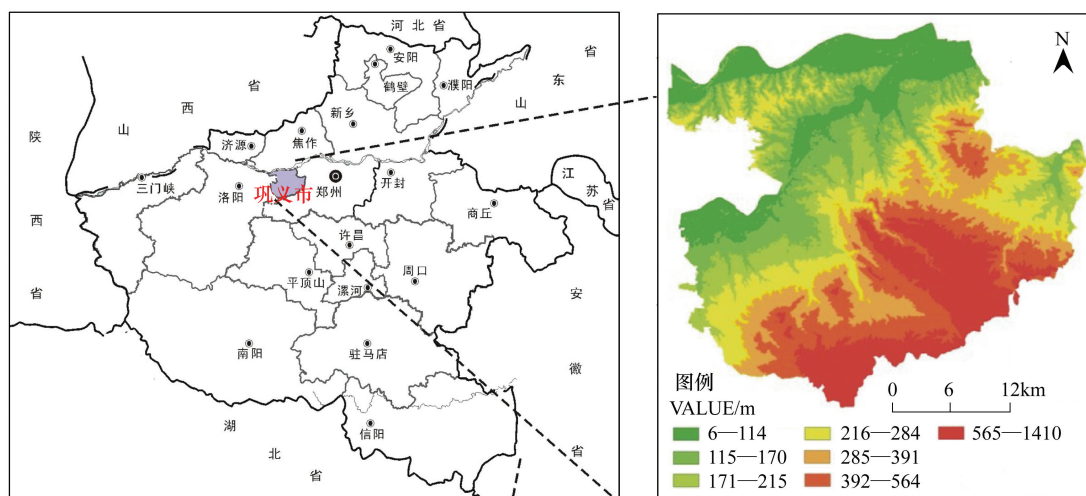


图 1 巩义市地理位置图及海拔梯度

Fig.1 Location and DEM of Gongyi City

2 研究方法

2.1 数据处理

2.1.1 数据选择

本研究选用的数据有:2011 年巩义市土地利用现状图(当地政府部门提供,比例尺较大,数据涉密),比例尺为 1:1 万;2012 年巩义实地调查得出的景观类型组成、地貌特征和高程等相关数据。

2.1.2 数据处理平台

本研究所采用的数据处理软件主要为:Fragstats 3.3、ArcGIS 9.3 以及 SPSS 17.0、GS+ 7.0 数据分析等软件。

2.1.3 景观分类

在对研究区景观功能认识的基础上,根据土地利用现状,将研究区景观类型划分为旱地、建设用地、水浇地、草地、有林地、灌木林、河流、内陆滩涂、道路、果园、水库坑塘、裸地、沟渠共 13 种景观类型,并由矢量格式转换为栅格格式,栅格大小为 30 m×30 m,进而进行格局指数的计算。

2.2 景观指数的选取

景观破碎化程度和多样性指数是衡量景观异质性的重要指标。根据前人研究,本文采用最大斑块指数(LPI)、斑块密度(PD)代表景观破碎化程度,破

碎化程度越高,空间异质性程度就越大,反之破碎化程度越低,空间异质性就越小;采用香农多样性指数(SHDI)、聚集度指数(CONTAG)、景观均匀度指数(SHEI)代表研究区的景观多样性,其中,SHDI 代表景观要素的多少和各景观要素面积占比的变化,CONTAG 描述景观中不同生态系统的团聚程度或发展趋势,SHEI 则表示景观中不同生态系统的分配均匀程度。

2.2.1 最大斑块指数(LPI)

LPI 用于揭示最大斑块对整个景观(或类型)的影响程度:

$$LPI = \frac{\max_j(a_{ij})}{A} \quad (1)$$

式中, a_{ij} 是景观中斑块的面积, A 为景观总面积。

2.2.2 斑块密度指数(PD)

PD 反映斑块破碎化程度,同时也反映景观空间异质性程度。斑块密度越大,破碎化程度就越高,空间异质性程度就越大,反之,破碎化程度越低,空间异质性就越小:

$$PD = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^m Ni \quad (2)$$

式中,PD 整个景观的斑块密度, Ni 斑块数量, A 景观的总面积。

2.2.3 香农多样性指数 (SHDI)

SHDI 值大小反映景观要素的多少和各景观要素面积占比的变化:

$$SHDI = - \sum_{i=1}^m (p_i \times \ln p_i) \quad (3)$$

$$CONTAG = \left[1 + \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^m (p_i) \left[\frac{g_{ik}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \right] \cdot \left[\ln(p_i) \left[\frac{g_{ik}}{\sum_{k=1}^m g_{ik}} \right] \right]}{2 \ln(m)} \right] \quad (100) \quad (4)$$

式中, P_i 为第 i 种景观类型所占景观总面积的比例, m 为景观类型种类数。 g_{ik} 为随机选择的两个相邻的栅格属于类型 i 和 k 的概率。蔓延度指数通常是用来说明景观斑块形状的复杂程度。取值范围: $0 < CONTAG \leq 100$ 。

2.2.5 景观均匀度指数 (SHEI)

SHEI 用于揭示景观中不同生态系统的分配均匀程度。

$$SHEI = \frac{- \sum_{i=1}^m (p_i \ln p_i)}{\ln m} \quad (5)$$

式中, P_i 为第 i 种景观类型占景观总面积的比例, m 为景观类型的种类数。

2.3 移动窗口法

首先,将矢量格式的土地利用图转换为栅格格式 (30 m×30 m);其次,将栅格数据导入 Fragstats3.3 软件中,采用标准法计算研究区整体景观水平上最大斑块指数 (LPI)、斑块密度 (PD)、香农多样性指数 (SHDI)、聚集度指数 (CONTAG)、景观均匀度指数 (SHEI) 等景观指数;利用移动窗口法,移动窗口半径分别设为 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000 m,从研究区左上角开始移动,每次移动 1 个栅格,计算每个窗口内上述景观指数值 (根据 Fragstats3.3 使用说明书,对于窗口边界上不能被整分的栅格由 Fragstats3.3 软件自动判定取舍),并赋予各个窗口的中心栅格,最终获得各个景观指数的空间分布栅格图。

2.4 半变异函数

地统计学是一系列检测、估算变量在空间上的相关关系和格局的统计方法^[26],半方差分析 (又称变异函数分析) 是地统计学中的一个重要组成部分^[27-30],目前已在生态学、土壤学等领域应用。本研究在移动窗口法的基础上,采用地统计学中的半变

式中, P_i 表示景观类型 i 所占面积的比例, m 表示景观类型数。

2.2.4 聚集度指数 (CONTAG)

CONTAG 用于描述景观中不同生态系统的团聚程度或延展趋势:

异函数方法判定景观特征尺度。半变异函数是把统计相关系数的大小作为一个距离的函数。区域化变量 $Z(x)$ 在点 x 和 $x+h$ 处的值 $Z(x)$ 与 $Z(x+h)$ 差的方差的一半称为区域化变量 $Z(x)$ 的半变异函数^[31],记为 $r(h)$ 。定义为:

$$r(x, h) = 1/2 \text{Var}[Z(x) - Z(x+h)]$$

半变异函数曲线可以反映一个采样点与其相邻采样点的空间关系。在半变异函数曲线上有两个非常重要的点,即间隔为 0 时的点和半变异函数趋势平稳时的拐点,由这两个点产生 4 个相应的参数:块金值 (Nugget)、变程 (Range)、基台值 (Still)、偏基台值 (Partial Still)。理论上,空间变异是永恒存在的,样点任意一方或两者共同作用产生了块金值 (Nugget),记为 C_0 ,当采样点间距增大时, $r(h)$ 从初始的块金值达到一个相对稳定的常数,该常数就为基台值,记为 $C+C_0$ 。基台值与块金值间的差值为偏基台值,也就是结构方差 C 。块金值与基台值比值即为块基比,记为 $C_0/(C+C_0)$,其值可以估算随机因素在空间总变量中重要性,进而反映变量在空间上的变异程度。 $C_0/(C+C_0)$ 的比值大小代表空间变异程度的高低,其值越小,说明空间自相关越明显,也就越稳定^[23,32-33]。本研究通过地统计软件 GS + 模拟各个移动窗口下景观指数半变异函数模型,根据各个景观指数的 $C_0/(C+C_0)$ 值的变化规律,分析不同指数的空间变异特征对尺度变换的响应。结合前人研究,当比值达到稳定状态时,即说明景观指数在空间的变异趋于稳定,可判定为研究区域景观的特征尺度^[32-33]。

2.5 样线设置

巩义市地势是自东南向西北呈阶梯状急剧降低,分别为中山、低山、丘陵、河谷平川,样线选取尽量覆盖所有景观类型。本文选取西北—东南方向样线,长为 28.3 km;东北—西南方向样线,长为 30.5

km;然后基于特征尺度,利用 ArcGIS 软件中 3D Analyst 功能模块将两条样线上的信息提取并进行梯度变化分析。

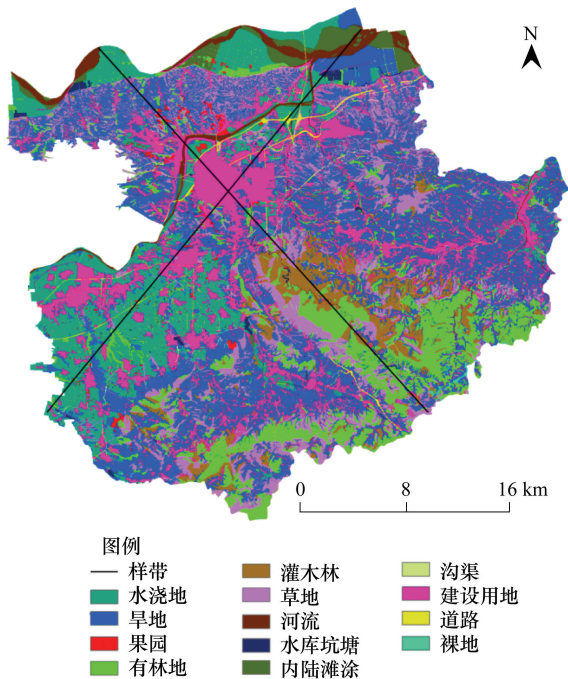


图2 巩义市 2011 年景观分类图及样线设置

Fig.2 The classified map of Gongyi city and transects setting in 2011

3 结果与分析

3.1 研究区景观的基本特征

该地区占较大面积的景观类型是旱地,面积为 322.0 km²,占总面积的 30.9%,为该地区的基质;其次为建设用地,水浇地,草地和有林地的面积,其面积分别为 190.0、142.4、135.2 km²和 125.8 km²,占总面积的比例分别为 18.2%、13.7%、13.0%、12.1%;其他景观类型面积比较小,均未超过总面积的 10.0% (表 1)。

3.2 特征尺度

根据景观格局指数空间变异特征值趋势图(图 3),在多个连续尺度上对区域景观斑块组成与构型的空间变异特征进行探讨,且在此基础上确定景观斑块组成与构型的分析尺度(特征尺度)。

图 3 中横坐标(X 轴)代表不同的窗口半径,纵坐标(Y 轴)代表的是块基比值($C_0/(C_0 + C)$)。块基比值越低,空间变异程度越低,空间自相关性越明显,也就越稳定;越高,空间变异程度越高,越不稳

定。3 个景观格局指数的稳定性随着窗口半径的增加呈现先增加后降低,到一定数值后趋于稳定,因此可以进行特征尺度的判定。结果表明,粒度 750 m 和粒度为 1000 m 时,趋势图上出现明显的拐点。窗口为 500 m 和 750 m 时呈现上升趋势,变化不稳定,因此 750 m 并不能反映研究区域的特征尺度。3 个景观指数的空间变异特征值在 1000 m 左右时开始趋于稳定,表明该尺度可以反映研究区景观格局变化空间变异特征的内在尺度。另外,尺度过大(1250、1500、1750、2000 m)会致使较多的空间信息规律损失。因此,本研究选择 1000 m 作为分析巩义市景观格局的理想特征分析尺度。

表 1 各景观类型的面积及所占比例

Table 1 The area of the landscape types and their percentages

景观斑块类型 Landscape types	面积/km ² Area	面积比例/% Area percentage
旱地 Dry land	322.0	30.9
建设用地 Construction land	190.0	18.2
水浇地 Irrigated land	142.4	13.7
草地 Grassland	135.2	13.0
有林地 Woodland	125.8	12.1
灌木林 Shrub land	53.6	5.1
河流 River	22.3	2.1
内陆滩涂 Rnland tidal flat	20.1	1.9
道路 Road	16.2	1.5
果园 Orchard	7.1	0.7
水库坑塘 Pond and reservoir	5.0	0.5
裸地 Bare land	1.9	0.2
沟渠 Channel	1.3	0.1

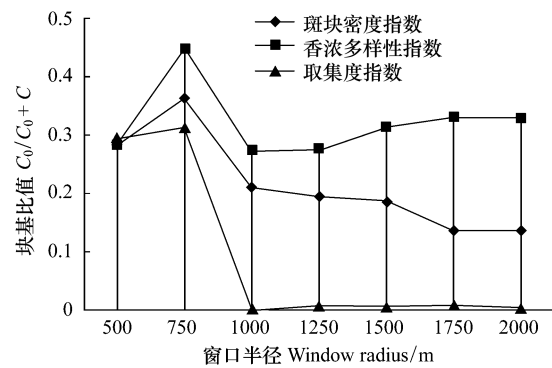


图3 景观格局指数空间变异特征值趋势图

Fig.3 The trend of characteristic values of spatial heterogeneity within different extents

3.3 特征尺度下景观异质性特征

3.3.1 景观破碎化空间分析

2011 年研究区景观破碎化空间分布状况如图 4

所示,最大斑块指数有 3 个高值区,分别为巩义市区、西部河谷平原城镇建成地区和南部低山有林地区,其中最大高值斑块为巩义市区。巩义市区和西部河谷平原城镇建成区林地和绿地面积较少,景观类型以建设用地为主,人为干扰剧烈;而南部低山有林地区,由于封山育林,人工油松林已初成规模,林地面积较大,景观类型以有林地为主,且海拔在 800 m 以上,地势较高,人为干扰因素较弱。斑块密度在

以上 3 个地区较小,是由于该地区优势类型斑块较大且较完整,破碎化程度较低,空间异质性较小。斑块密度较高地区位于巩义东部偏南区域,大致由巩义城区东南部近郊向巩义东部延展,地形以河谷平原和丘陵为主,地势较平坦,景观类型多样,受人类活动影响较大,所以该地区破碎化程度较高,并且图中显示两指数的相关性较高。

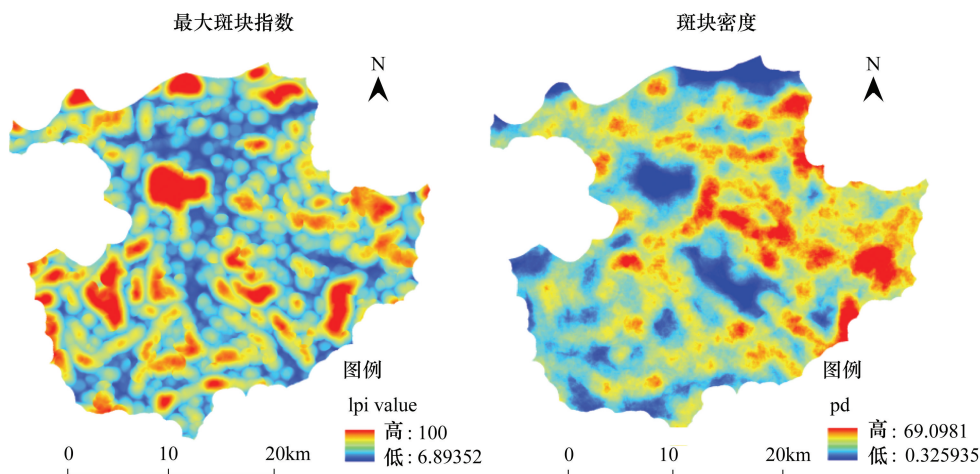


图 4 研究区景观破碎化空间分布

Fig.4 Spatial distribution of landscape fragmentation of the study area

3.3.2 景观多样性空间分析

景观多样性空间分布如图 5 所示,香农多样性指数低值区出现在东南丘陵地区,南部低山地区和中部建成区,尤其在有林地占绝对优势东南部地区,景观类型较为单一,景观几乎是均质的,香农多样性值较低;香农多样性指数高值出现在市区北部,该地区为平原地区,开发较早,拥有水浇地、旱地、林地、

水域、建设用地等景观类型。景观均匀度指数表现出与其相似分布状况。聚集度指数与景观多样性指数有较高负相关性,巩义市区和中部建成区,以建设用地、工矿用地为主,受人类活动影响较大,大斑块团聚程度较高,呈规则形状分布;东南丘陵地区和南部低山丘陵地区以荒山灌丛、有林地为主,不同生态系统团聚程度低。

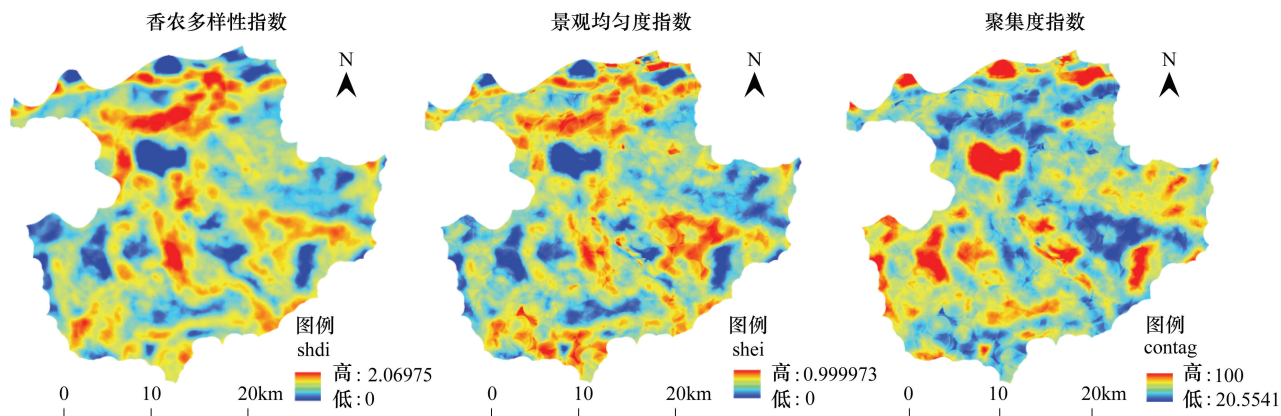


图 5 研究区景观多样性空间分布

Fig.5 Spatial distribution of landscape diversity of the study area

3.4 不同干扰背景下景观异质性特征分析

3.4.1 人为干扰背景下景观异质性分析

在西北—东南方向上,巩义市景观异质性特征如图6所示。从远郊到近郊,最大斑块指数总体呈下降趋势,在离中心城区约5 km处达到拐点,随后急剧上升,在市中心达到顶点,随后在城市中心东南近郊最大斑块指数迅速下降。这是由于城市建设用地景观类型占绝对优势,人为干扰剧烈所致。最大

斑块指数总体呈现“W”形状;聚集度指数呈现类似结果。景观均匀度指数从远郊到近郊不断增加,在近郊离城市中心约5 km处达到最大,然后不断减少,在市中心达到最小值,随着离城市中心越来越远,指数逐渐增加,在远郊又呈下降趋势,并向东南方向不断延伸,总体呈现“M”形状。香农多样性和斑块密度也呈现类似结果。

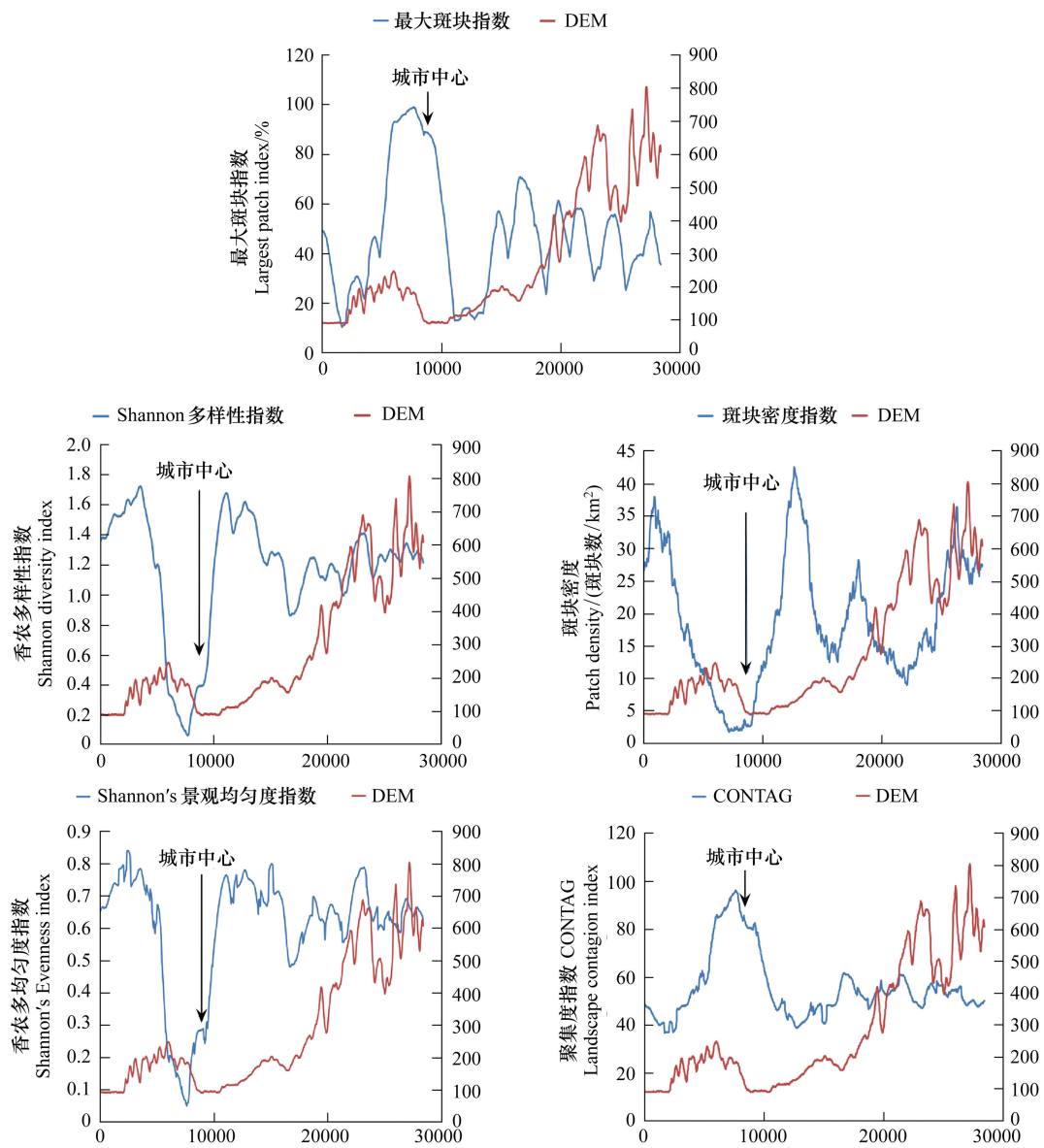


图6 景观水平上的景观指数沿西北—东南方向样线变化

Fig.6 Change in landscape-level metrics along the NW-SE transect

在东北—西南方向上,巩义市景观异质性特征如图7所示。远郊到市中心距离约13 km,最大斑块指数和聚集度指数的峰值出现在市中心,在近郊变

化较为剧烈,出现多次的波动,在市中心西南又有回升趋势,均匀度指数,多样性指数和斑块密度出现类似的特点,在市中心出现谷值,在近郊出现峰值,在

远郊指数相对较低。东北—西南方向的景观格局指数在城市郊区波动具有相类似的特点,变化明显的

地区出现在离市中心 7 km 范围,有多次频繁的波动,景观类型复杂多样。

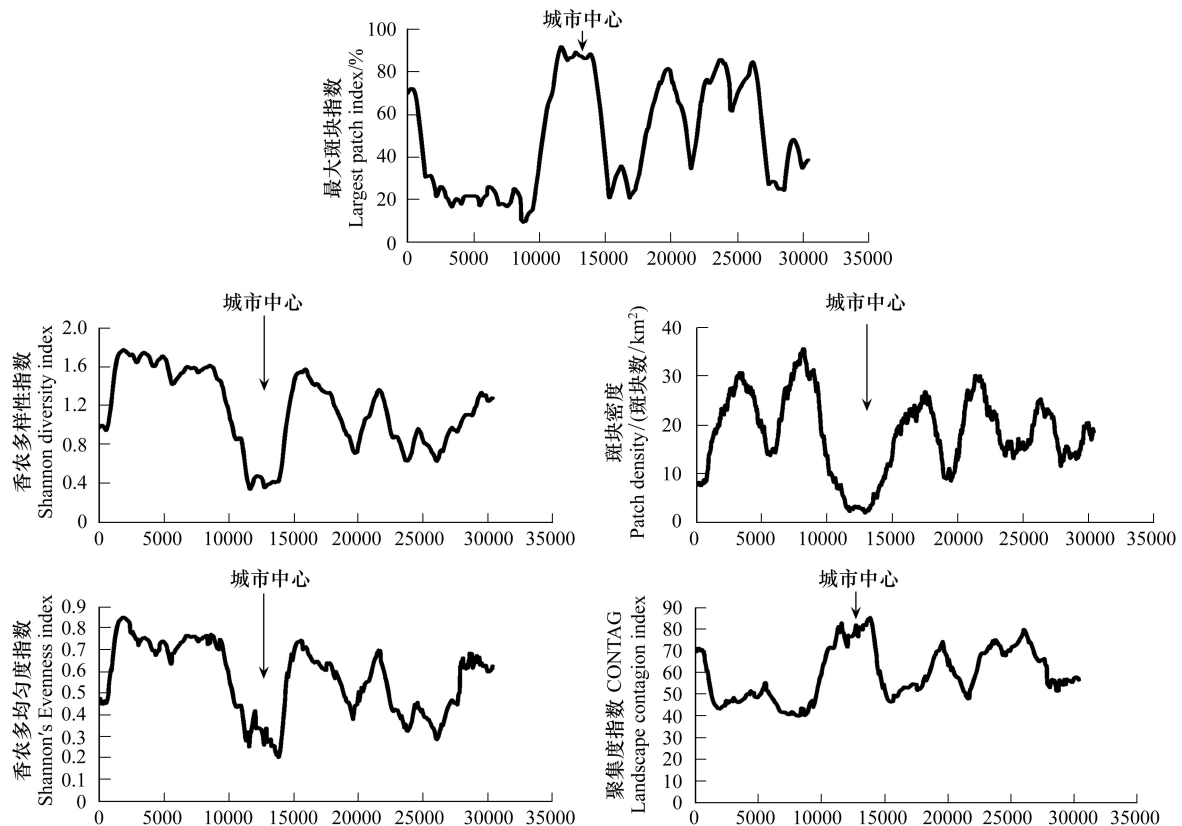


图 7 景观水平上的景观指数沿东北—西南方向样线变化

Fig.7 Change in landscape-level metrics along the NE-SW transect

通过对比两条样线可以发现,景观破碎化程度以市区为中心向外辐射波动。在城市中心斑块密度达到最低值,是由于斑块类型较为单一,主要以建设用地为主,数量较少,但每个斑块的面积较大,从而造成斑块密度较小。而在城市郊区,斑块类型多样,但每个斑块的面积较小,从而造成斑块密度较大,甚至出现峰值。所以由城市中心到郊区景观由单一、均质和连续的整体趋向于复杂、异质和不连续的斑块镶嵌体。但是,由于选取的两条样线方向不同,景观指数的变化趋势也有所不同。东北-西南方向景观格局指数变化比较剧烈,这可能与研究区地势有关,如巩义市中心向西南远郊方向地势较平坦,城市建设用地和水浇地占较大优势,受人为活动影响较大,而巩义市中心向东南远郊方向以低山为主,有林地斑块占较大优势,建设用地和农业用地相对较少,受人为活动影响较小。因此,推断巩义市景观异质性变化受海拔因素影响较大。

3.4.2 景观异质性随海拔高度变化规律

豫西巩义市地处嵩山北麓,最高峰玉柱峰海拔高度为 1487 m,最低点巩义市沙鱼沟乡洛口滩,海拔为 103.8 m,上下海拔落差为 1383.2 m,其地势是自南部向西北呈阶梯状急剧下降。南部和东南部分地区海拔在 1000 m 以上,属中山区域;由中山区域向西北方向是一系列海拔在 500—1000 m 的低山,构型成低山区;由低山区再向西北方向为广阔的黄土丘陵区,其海拔为 200—500 m;丘陵区西北向即为其境内河谷平原区。

为了进一步分析景观异质性随海拔高度的变化规律,结合图 2,图 6 和表 2 发现,在研究区西北-东南方向上,各景观指数曲线图的极值均出现在低海拔受人干扰严重的城市建成区中心附近。对比最大斑块指数(LPI)曲线、香农多样性指数(SHDI)曲线和景观均匀度指数(SHEI)曲线发现,自西北向东南方向过城市中心后,海拔高度升至 200 m 出现了

较为明显的较小波幅的连续波动,说明随海拔高度攀升,自海拔 200 m 后人为因素减少而海拔因子开始显著作用于该研究区景观,同时也表明海拔 200—500 m 黄土丘陵区是海拔因子和人为干扰共同作用的区域。当海拔进入 500—1000 m 低山区向高海拔区延展的过程中,景观异质性呈均衡平稳波动的态势,证明随着海拔梯度的快速跃升,景观受海拔因子的影响强烈,人类干扰因素显著降低。以灌木林和有林地为主的低山区景观由于海拔的变化被不同程度的自然分割,适度破碎化,斑块数量略有增多,进而增加了生境类型,更有利于生物多样性的保护。另外最大斑块指数(LPI)曲线上峰弧度平滑,略有跨度,下峰急变斗转无弧度,表明当地海拔落差变化较快,确实对景观产生了明显影响。对比斑块密度

(PD)曲线和聚集度指数(CONTAG)曲线发现,进一步印证当海拔从 500—1000 m 低山区到高海拔区延展的过程中出现较为明显的均衡平稳波动并维持在一个适度水平上,表明随着海拔的攀升,各类型斑块面积占比趋于稳定,景观中不同生态系统的分配均匀度适中,人为干扰因素明显降低,海拔因子对 500 m 以上高海拔区域的景观变化起主导作用。

综上所述,豫西巩义地区海拔 200 m 以下区域景观受人为干扰强烈;海拔 200—500 m 丘陵区域是海拔因子和人为干扰因子共同作用的过度区域,且随着海拔上升人为干扰因子对景观作用力逐步减弱;海拔因子对 500 m 以上高海拔区域的景观变化起主导作用。

表 2 景观异质性与海拔的相关性

Table 2 Correlation between landscape heterogeneity and elevation

海拔/m Elevation	最大斑块指数 Largest Patch index, LPI	聚集度指数 Contagion Index, CONTAG	斑块密度指数 Patch Density, PD	Shannon 多样性指数 Shannon's diversity Index, SHDI	景观均匀度指数 Shannon's Evenness Index, SHEI
<200	0.237 **	0.175 **	-0.292 **	-0.200 **	-0.142 **
200—500	-0.376 **	-0.284 **	0.112	0.373 **	0.355 **
>500	-0.330 **	-0.496 **	0.273 **	0.463 **	0.343 **

4 结论和讨论

本文基于巩义市 2011 年 30 m×30 m 栅格图像数据,运用景观生态学、空间统计学的理论与方法^[34-35],在地理信息系统技术支持下,对豫西山地区丘陵典型地区的巩义市的景观格局进行探讨。研究表明,基于 GIS 的梯度和景观指数分析,利用移动窗口的方法定量地测定景观空间格局及其变化规律是可行的,且可实现景观指标的空间化与可视化,有利于直观地了解区域景观格局和对干扰进行量化研究^[36-37]。

采用移动窗口计算景观格局指数时,移动窗口半径大小的选择对于分析景观格局的变化有重要影响。在巩义市山地丘陵地区,当移动窗口半径较小时,景观格局指数变化较大,当移动窗口半径到 1000 m 或更大时,景观格局指数变化相对比较平缓。本研究结果表明,采用 1000 m 移动窗口半径来分析研究区景观格局时,既能保留梯度特征,又能通过景观指标的变化真实地反映空间格局的变化。在不同的

区域,随着景观组成和构型的变化,景观异质性也在不断变化,分析景观格局时采用的移动窗口半径也不一样,但是本研究提出的方法,可以为研究其它地区时选择合适的研究尺度提供参考。

移动窗口形成的景观指数空间分布图,集中形成了 4 个中心,分别为巩义市区、东南丘陵地区、南部低山地区和北部平原河川农业区,这与巩义地区空间格局的分布特点密切相关。中心地区周围约 5 km 处是景观格局指数变化最强烈的地区,这 4 个中心恰恰代表巩义 4 种不同程度的人为干扰区。市区是人为干扰最大的区域,山地区人为干扰最小,景观表现为均质化的城市景观,景观要素类型少,最大斑块指数大,多样性低;河川平原和丘陵地区人为干扰程度居中,多样性高,聚集度低。人类活动对巩义景观的影响取决于离城市中心的距离,沿两样线能清楚识别出城市化中心,巩义城市空间的扩展受其特殊地形结构的影响,主要从市区沿东部和北部进行拓进和扩张。从另一个方面说明,所选用表示景观组成和构型方面的指数,如多样性指数、蔓延度指数

等可以很好地表征研究区景观格局特征,对于这些指数深入地分析,可以很好理解和区域景观异质性特征。此外,除人为干扰外,海拔高度对研究区景观异质性也起到相当重要的作用,如在地势较为平坦的低海拔地区(200 m 以下)受人为影响显著,在中海拔丘陵地区(200—500 m)景观异质性受海拔高度和人为干扰共同作用,而在 500 m 以上的高海拔区域,海拔因子对景观变化起主导作用。

景观格局指数是有尺度相关性的,景观格局指数本身的尺度相关性是怎样的?在表征景观异质性时,随尺度的变化又是怎样的?这些问题在理解景观异质性特征、特别是借用景观格局指数来分析时,是急需回答的问题,在下一步研究中还需要深入考虑和分析。此外,分析景观异质性要特别要从景观不同的粒度和幅度来研究,研究中主要探讨了在 30 m 粒度下,不同干扰程度地区的景观异质性的幅度相关特征,而没有分析别的粒度,以及不同粒度和幅度组合下景观异质性的特征,这对全面理解景观异质性特征有很重要意义,这也是在以后研究中需要深入分析的地方。

References:

- [1] Risser P G. Champaign: Illinois Natural History Survey // Landscape Ecology: Directions and Approaches, Special Publication Number 2. Champaign, IL: Illinois Natural History Survey, 1984.
- [2] Forman R T T, Godron M. Landscape Ecology. New York: John Wiley and Sons, 1986: 1-47.
- [3] Naveh Z. Some remarks on recent developments in landscape ecology as a transdisciplinary ecological and geographical science. Landscape Ecology, 1991, 5(2): 65-73.
- [4] Wu J G. Landscape Ecology, Cross-disciplinarity, and sustainability science. Landscape Ecology, 2006, 21(1): 1-4.
- [5] Turner M G. Landscape ecology: the effect of pattern on process. Annual Review of Ecology and Systematics, 1989, 20: 171-197.
- [6] Wu J G. Landscape Ecology—Pattern, Process, Scale and Hierarchy. Beijing: Higher Education Press, 2007: 19-20.
- [7] Pickett S T A, Cadenasso M L. Landscape ecology: spatial heterogeneity in ecological systems. Science, 1995, 269(5222): 331-334.
- [8] Turner M G. Landscape ecology in North America: past, present, and future. Ecology, 2005, 86(8): 1967-1974.
- [9] Forman R T T. Some general principles of landscape and regional ecology. Landscape Ecology, 1995, 10(3): 133-142.
- [10] Gao J B, Cai Y L. Spatial heterogeneity of landscape fragmentation at multi-scales. Scientia Geographica Sinica, 2010, 30(5): 742-748.
- [11] Ye Y Q, Chen G J. An analysis on the landscape patterns based on the GIS technology in the upper Min River basin. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2006, 15(1): 112-115.
- [12] Sui X, Tong F, Yao C Q, Yang Z F. Landuses and landscape patterns of Qinghai Province in the Yellow River Basin. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2007, 27(2): 123-127.
- [13] Wu J G. Landscape Ecology — Concepts and Theories. Chinese Journal of Ecology, 2000, 19(1): 42-52.
- [14] Bu R C, Hu M Y, Chang Y, Li X Z, He H S. A correlation analysis on landscape metrics. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(10): 2765-2775.
- [15] Shen W J, Wu J G, Lin Y B, Ren H, Li Q F. Effects of changing grain size on landscape pattern analysis. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(12): 2506-2519.
- [16] Whittaker R H. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. New York: Ecological Society of America, 1960: 30-49.
- [17] McDonnell M J, Pickett S T A. Ecosystem structure and function along urban-rural gradients: An unexpected opportunity for ecology. Ecology, 1990, 71(4): 1231-123.
- [18] Baker W L, Cai Y M. The r.le programs for multiscale analysis of landscape structure using the GRASS geographical information system. Landscape Ecology, 1992, 7(4): 291-302.
- [19] Yin H W, Kong F H. Spatio-temporal gradient analysis of urban green space in Ji'nan City. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(11): 3010-3018.
- [20] Pickett S T A, Cadenasso M L, Grove J M, Nilon, C H, Pouyat R V, Zipperer W C, Costanza R. Urban ecological systems: Linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. Annual Review of Ecology and Systematics, 2001, 32: 127-157.
- [21] Li X J, Qiao J J. Impact of landform on input-output of man-land system in farmland of mountainous region: a micro-study of a small village in Wugou of Henan Province. Geographical Research, 2004, 23(6): 717-727.
- [22] Qiao J J, Ding P F. Comparative study of energy input and output in villages farmland systems: the case of three types of villages in Gongyi county, Henan Province. Resources Science, 2004, 26(5): 139-146.
- [23] Qiao J J, Li X J. Impact of LULC on human-land systems: a micro-study of three villages in Gongyi City, Henan Province. Research of Soil and Water Conservation, 2006, 13(2): 91-94.
- [24] Chen J, Liang G F, Ding S Y. Landscape connectivity analysis for the forest landscape restoration: a case study of Gongyi City. Beijing: Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(12): 3773-3781.
- [25] Qiao J J. Rural Territorial Economy of China. Beijing: Science Press, 2008: 128-129.

- [26] Journal A, Huijbregis C. Mining Geostatistics. New York: Academic Press, 1978.
- [27] Matheron G. Principles of geostatistics. Economic Geology, 1963, 58(8): 1246-1266.
- [28] Griffith J A, Martinko E A, Price K P. Landscape structure analysis of Kansas at three scales. Landscape Urban Plan, 2000, 52(1): 45-61.
- [29] Fortin M J, Boots B, Csillag F, Rimmel T K. On the role of spatial stochastic models in understanding landscape indices in ecology. Oikos, 2003, 102(1): 203-212.
- [30] Smith A C, Koper N, Francis C M, Fahrig L. Confronting collinearity: comparing methods for disentangling the effects of habitat loss and fragmentation. Landscape Ecology, 2009, 24(10): 1271-1285.
- [31] Cai B F, Yu R. Comparison on spatial scale analysis methods in landscape ecology. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(5): 2280-2282.
- [32] Xue D D, She G H, Wen X R, Sun H H, Li Q W, Zhou Y C. Scale effect of landscape pattern of Nanjing Zhongshan Scenic Spot based on statistic analysis. Journal of Southwest Forestry University, 2012, 32(1): 30-35.
- [33] Yue W Z, Xu J H, Xu L H, Tan W Q, Mei A X. Spatial variance characters of urban synthesis pattern indices at different scales. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(11): 2053-2059.
- [34] Xiao D N. Landscape Ecology. Beijing: Science Press, 2003: 89-124.
- [35] Yu Z R. Landscape Ecology. Beijing: Chemical Industry Press, 2008: 44-78.
- [36] Liu X, Guo Q X. Landscape pattern in Northeast China based on moving window method. Chinese Journal of Applied Ecology, 2009, 20(6): 1415-1422.
- [37] Wang J, Sun J, Yang X J, Liu W Z, Zaccarelli N, Zhang X L, Wang X Y. An analysis of disturbance on social-ecological system at multiple scales based on NDVI, case study in Yuzhong county of Gansu Province. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(3): 1622-1628.
- [6] 郭建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2007: 19-20.
- [10] 高江波, 蔡运龙. 区域景观破碎化的多尺度空间变异研究. 地理学报, 2010, 30(5): 742-748.
- [11] 叶延琼, 陈国阶. GIS 支持下的岷江上游流域景观格局分析. 长江流域资源与环境, 2006, 15(1): 112-115.
- [12] 隋欣, 童飞, 姚长青, 杨志峰. 黄河流域青海片土地利用景观空间格局分析. 水土保持通报, 2007, 27(2): 123-127.
- [13] 郭建国. 景观生态学——概念与理论. 生态学杂志, 2000, 19(1): 42-52.
- [14] 布仁仓, 胡远满, 常禹, 李秀珍, 贺红士. 景观指数之间的相关分析. 生态学报, 2005, 25(10): 2765-2775.
- [15] 申卫军, 郭建国, 林永标, 任海, 李勤奋. 空间粒度变化对景观格局分析的影响. 生态学报, 2003, 23(12): 2506-2519.
- [19] 尹海伟, 孔繁花. 济南市城市绿地时空梯度分析. 生态学报, 2005, 25(11): 3010-3018.
- [21] 李小建, 乔家君. 地形对山区农田人地系统投入产出影响的微观分析——河南省巩义市吴沟村的实证研究. 地理研究, 2004, 23(6): 717-727.
- [22] 乔家君, 丁鹏飞. 村域农田系统能量投入产出特征比较研究——以河南省巩义市 3 个不同类型村为例. 资源科学, 2004, 26(5): 139-146.
- [23] 乔家君, 李小建. 土地利用/土地覆被对人地系统的影响分析——以河南省巩义市 3 个不同类型村为例. 水土保持研究, 2006, 13(2): 91-94.
- [24] 陈杰, 梁国付, 丁圣彦. 基于景观连接度的森林景观恢复研究——以巩义市为例. 生态学报, 2012, 32(12): 3773-3781.
- [25] 乔家君. 中国乡村地域经济论. 北京: 科学出版社, 2008: 128-129.
- [31] 蔡博峰, 于嵘. 景观生态学中的尺度分析方法. 生态学报, 2008, 28(5): 2280-2282.
- [32] 薛冬冬, 余光辉, 温小荣, 孙浩晗, 李勤文, 周易春. 基于地统计分析的南京钟山风景区景观格局尺度效应分析. 西南林业大学学报, 2012, 32(1): 30-35.
- [33] 岳文泽, 徐建华, 徐丽华, 谈文琦, 梅安新. 不同尺度下城市景观综合指数的空间变异特征研究. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2053-2059.
- [34] 肖笃宁. 景观生态学. 北京: 科学出版社, 2003: 89-124.
- [35] 宇振荣. 景观生态学. 北京: 化学工业出版社, 2008: 44-78.
- [36] 刘昕, 国庆喜. 基于移动窗口法的中国东北地区景观格局. 应用生态学报, 2009, 20(6): 1415-1422.
- [37] 王俊, 孙晶, 杨新军, 刘文兆, Zaccarelli N, 张向龙, 汪兴玉. 基于 NDVI 的社会-生态系统多尺度干扰分析——以甘肃省榆中县为例. 生态学报, 2009, 29(3): 1622-1628.

参考文献:

- [6] 郭建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2007: 19-20.
- [10] 高江波, 蔡运龙. 区域景观破碎化的多尺度空间变异研究. 地

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.12 June, 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Development history and future research priorities of landscape ecology in China	CHEN Liding, LI Xiuzhen, FU Bojie, et al (3129)
Research review on effects of urban landscape pattern changes on water environment	HUANG Shuo, GUO Qinghai (3142)
A review of multifunctional landscape	TANG Qian, DING Shengyan (3151)
Compact development of space-limited city: a case study of Xiamen Island	HUANG Shuo, GUO Qinghai, TANG Lina (3158)
Analysis of factors contributing to the cooling effects of Purple Mountain Forest Park	YAN Weijiao, KONG Fanhua, YIN Haiwei, et al (3169)
Impacts of structure characteristics on the thermal environment effect of city parks	FENG Yueyi, HU Tangao, ZHANG Lixiao (3179)
Suitability assessment for building land consolidation on gentle hillside based on OWA operator: a case in Dali Bai Nationality Borough in Yunnan, China	LIU Yanxu, PENG Jian, HAN Yinan, et al (3188)
Optimization of land use pattern based on eco-security: a case study in the Huangfuchuan watershed	YU Feng, LI Xiaobing, WANG Hong (3198)
Analysis of land use/cover change from 2000 to 2010 and its driving forces in Manas River Basin, Xinjiang	LIU Jinwei, JIN Tiantian, LIU Guohua, et al (3211)
Dynamic trend analysis of land use change in the Ganjiang upstream watershed by using RS and GIS techniques	LU Yanfei, PENG Fang, WAN Yun, et al (3224)
Landscape pattern dynamics and driving forces analysis in the Sanjiang Plain from 1954 to 2010	LIU Jiping, ZHAO Dandan, TIAN Xuezhi, et al (3234)
Optimizing theory and case studies of cultivated slope land in the center of three gorges reservoir area based on patch-scale land evaluation	WANG Yongyan, LI Yangbing, SHAO Jingan, et al (3245)
Spatial-temporal evolution of land use and landscape pattern of the mountain-basin system in Guizhou Province	LI Yangbing, YAO Yuanwen, XIE Jing, et al (3257)
Spatio-temporal simulation of land cover scenarios in southwestern of China	LI Jing, FAN Zemeng, YUE Tianxiang (3266)
Gradient analysis of dry valley of Minjiang River landscape pattern, based on moving window method	ZHANG Lingling, ZHAO Yonghua, YIN Sha, et al (3276)
Study on spatio-temporal change of Tibetan Antelope's habitat based on vegetation coverage	ZHAO Haidi, LIU Shiliang, DONG Shikui, et al (3285)
Spatial heterogeneity of soil microbial biomass carbon, nitrogen, and phosphorus in sloping field in a grove Karst region, Southwest China	FAN Fujing, HUANG Guoqin, SONG Tongqing, et al (3293)
Characteristics of soil microbial populations and biomass under different ecosystems in a canyon karst region	TAN Qiujin, SONG Tongqing, PENG Wanxia, et al (3302)
Spatial and temporal dynamics of land use and its influence on ecosystem service value in Yangtze River Delta	LIU Guilin, ZHANG Luocheng, ZHANG Qian (3311)
Evaluation of tourism dynamic landscape along Qinghai-Tibet railway based on the visual corridor	ZHANG Ruiying, XI Jianchao, YAO Yulong, et al (3320)
A study of spatial evolution characteristics of rural settlements and influences of landscape patterns on their distribution using GIS and RS	REN Ping, HONG Buting, LIU Yin, et al (3331)

- Assessing the ecosystem conservation status and priority: a case study from Jiangxi Province, China FAN Naiqing, ZHANG Yuxin, LÜ Yihe, et al (3341)
- The impact of salt marsh change on sediment accumulation and wave attenuation at the East Chongming Island REN Linjing, LI Xiuzhen, YANG Shilun, et al (3350)
- Landscape classification system based on climate, landform, ecosystem: a case study of Xinjiang area SHI Qingdong, WANG Zhi, HE Longmei, et al (3359)
- Analysis of landscape pattern evolution characteristic in the hilly and gully area of loess plateau: a case study in Yan'an City, Shaanxi Province ZHONG Lina, ZHAO Wenwu, LV Yihe, et al (3368)
- Analysis of the characteristics of agro-landscape heterogeneity under the different disturbances: a case study of Gongyi City ZHANG Xiaoyang, LIANG Guofu, DING Shengyan (3378)
- Classification and ordination of grassland landscape in the Shanxi Plateau ZHANG Xianping, LI Zhiqin, WANG Mengben, et al (3386)
- Analysis of factors affecting mountainous land surface temperature in the summer: a case study over Mount Tai SUN Changfeng, KONG Fanhua, YIN Haiwei, et al (3396)
- Research on spatial distribution and influencing factor of soil moisture in typical depression area of karst region ZHANG Jiguang, SU Yirong, CHEN Hongsong, et al (3405)
- Landscape heterogeneity of mountainous and hilly area in the western Henan Province based on moving window method LI Dongke, DING Shengyan, LIANG Guofu, et al (3414)
- Trends in vegetation and their responses to climate and topography in northwest Guangxi TONG Xiaowei, WANG Kelin, YUE Yuemin, et al (3425)
- Landscape pattern analysis on change of fractional vegetation cover between karst and no-karst areas: a case study in Hechi District, Guangxi Zhuang Autonomous Region WANG Mingchong, WANG Xizhi, LIANG Zhaoxiong, et al (3435)
- Multi-scale effects for landscape metrics and species diversity under the different disturbance: a case study of Gongyi City DONG Cuifang, LIANG Guofu, DING Shengyan, et al (3444)
- Spatial heterogeneity of soil organic carbon and total nitrogen concentrations in a *Lithocarpus glaber-Cyclobalanopsis glauca* evergreen broadleaved forest YANG Dan, XIANG Wenhua, FANG Xi, et al (3452)
- The characteristics and regeneration of the *Choerospondias axillaries* broad-leaved community in the hilly region of central Hunan Province, China YI Hao, DENG Xiangwen, XIANG Wenhua, et al (3463)
- Factors influencing the spatial distribution of vegetation carbon density in karst landscapes of Northwest Guangxi: a case study based on radial basis function network model ZHANG Mingyang, WANG Kelin, DENG Zhenhua, et al (3472)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 34 卷 第 12 期 (2014 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 34 No. 12 (June, 2014)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行人

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元