

西南山地景观破碎化与城镇化及社会经济发展水平的关系研究——以重庆市渝北区为例^{*1}

王蓉¹ 周宝同^{1, 2*} 甘雪坤¹

(1. 西南大学地理科学学院, 重庆 400715;

2. 重庆市盛地土地经济研究院, 重庆 400000)

【摘要】:城市化进程中的景观破碎问题越来越受到人们的关注,景观破碎度作为衡量城市发展合理性的定量化指标,其应用越来越广泛。在重庆市渝北区,选取4个能够代表景观破碎化的指数,采用移动窗口法、梯度分析法、相关性分析及回归分析法,对景观破碎化空间格局和内部水平差异进行了研究,分析了景观破碎格局下的城镇化特征及其与社会经济发展水平之间的关系。结果表明:渝北区建设用地和林地的景观破碎化程度明显低于其他乡镇低海拔单元,距离城市中心越远,景观破碎化程度越高,在城市边缘达到峰值后开始下降。人口密度是景观破碎化程度的直接影响因素,经济的发展对景观破碎化程度又产生间接影响。研究有助于揭示西南山地地区内部空间格局的演变特征,为该类地区生物多样性保护、绿地廊道维护和生态文明城市建设提供理论依据。

【关键词】:景观破碎化; 空间格局; 影响因素; 渝北区

【中图分类号】:X24 **【文献标识码】:**A **【文章编号】:**1004-8227(2018)03-0624-07

DOI:10.11870/cjlyzyyhj201803018

城市是一个地区社会、经济、文化的聚集地,是受人类影响最大的生态系统,代表着人类文明的进步与发展^[1]。改革开放以来,我国城市化进程加快,城市的地表形态和景观格局被逐渐改变,原本连续均质的天然景观逐渐呈现出异质化、高度破碎化的表征,成为混合斑块镶嵌体^[2~5]。目前,城市景观破碎化程度的加剧与现代社会倡导的城市发展可持续间已出现矛盾^[6~9]。因此,对城市景观破碎化的空间格局及内部水平差异进行分析,并探讨和研究其变化机制及影响因素,能够对城市生态系统的保护和生态城市的建设提供一定的理论依据。

目前,国内外学者多采用数量分析法研究景观格局演变特征。Alberti^[10]、Jaeger^[11]、Luck^[12]等人对城市的结构、功能及其调控的研究在景观生态学中十分活跃,而国内学者多利用景观格局指数揭示某地景观格局动态变化规律,刘吉平等^[13]、郭涿等^[14]、付刚等^[15]、杨国清^[16]等、巩杰^[17]等利用景观格局指数分别对三江平原、北京、广州、甘肃的景观格局演变进行了较为仔细的研究。前人多通过计算不同时段景观格局指数来分析景观格局动态演变特征与趋势,而针对景观格局的内部差异并

¹收稿日期:2017-06-02; 修回日期:2017-09-01

基金项目:重庆市软科学研究计划项目(cstc2012cx-rkx00040)

作者简介:王蓉(1994~),女,硕士研究生,主要从事土地利用方向研究。E-mail:351050792@qq.com

*通讯作者 E-mail:zbt1217@aliyun.com

涉及其影响因素的研究较少。以重庆市渝北区为例，基于美国 NASA 陆地卫星 (Landsat) 遥感影像，分类并提取到 6 类 2015 年渝北区土地利用/覆被信息，获得景观类型数据，计算城市景观破碎化指数，并对景观破碎化格局空间分异情况进行描述，在此基础上，进行景观破碎化的社会经济影响因素研究。该研究对于西南山地地区生态城市建设具有一定的理论价值。

1 研究区与数据来源

研究对象为重庆市渝北区各街道及乡镇，涉及的数据主要包括渝北区 2015 年的土地利用现状数据、行政边界，以及渝北区部分社会经济数据。

土地利用现状数据来源于 2015 年获取的美国 NASA 的陆地卫星 (Landsat) 的 Landsat-8OLI 遥感影像，下载地址为地理空间数据云网站，将空间分辨率为 30m 遥感影像进行预处理获得渝北区的遥感影像图。行政边界来源于渝北区 2015 年土地利用现状图，DEM 数据同样来源于地理空间数据云网站。社会经济数据来自于《重庆渝北统计年鉴》。

通过 ENVI5.0 软件，得到渝北区 2015 年土地利用现状图，景观类型最终分为 6 类，分别为耕地、建设用地、林地、水域、草地和未利用地。分类精度检验得出，Kappa 系数为 0.815，高于最低允许精度要求。随后利用 ArcGIS10.3 进行计算并制作专题图进行分析(图 1)。

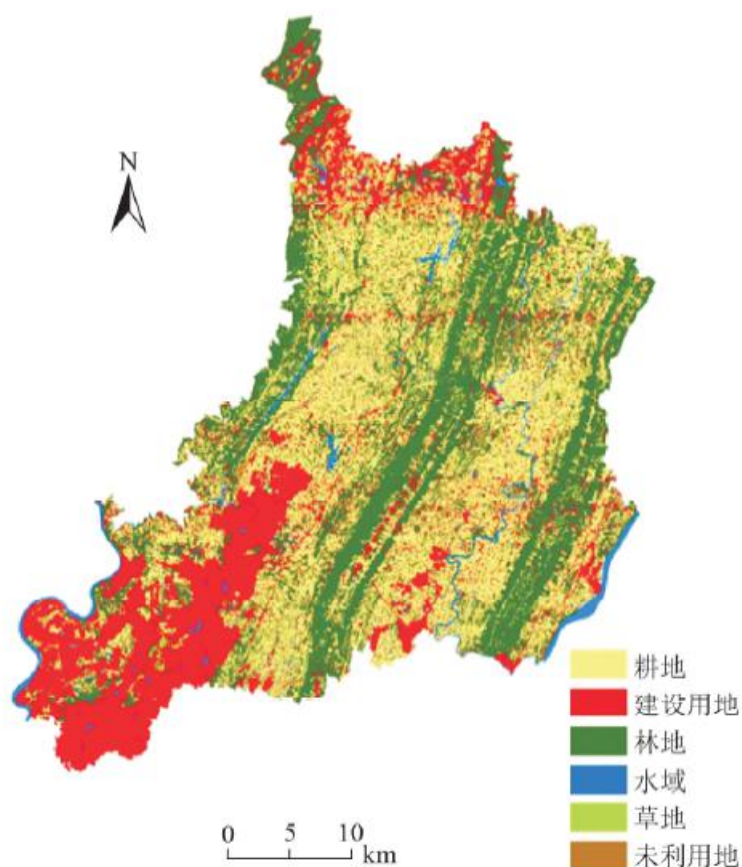


图 1 渝北区 2015 年景观类型图

Fig. 1 Landscape type image of Yubei District in 2015

2 研究方法

2.1 景观破碎化指数

将景观分类结果在 Arc GIS 中转化为 TIFF 格式文件导入 Fragstats4.2 软件中进行景观指数的计算并进行景观格局分析。本文基于景观水平分别选取斑块密度 (Patch Density, PD)、边界密度 (Edge Density, ED)、景观分离度指数 (Landscape Division Index, DIVISION) 和景观形状指数 (Landscape Shape Index, LSI), 4 个不同的景观指数来表征景观破碎化程度, 以便提高对大范围的景观破碎度计算的精确性^[18~20], 各指数的计算方法如表 1。

表 1 景观破碎度指数

景观指标	公式	参数意义
斑块密度 (PD)	$PD = \frac{\sum_{i=1}^M N_i}{A} \quad (PD > 0)$	M 表示景观的要素类型总数, A 表示研究范围景观总面积, Ni 代表第 i 类景观要素的斑块数
边界密度 (ED)	$ED = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M P_{ij}}{A} \quad (ED \geq 0)$	P _{ij} 表示景观中第 i 类与第 j 类景观要素斑块间的边界长度
景观形状指数 (LSI)	$LSI = \frac{e_i}{\min e_i} \quad (LSI \geq 1)$	e _i 表示类型 i 的总边界长(或周长), min e _i 为类别为 i 的最小总边界长(或周长)。该指数值越大则景观破碎程度越高
分离度指数 (DIVISION)	$DIVISION = \left[1 - \sum_{j=1}^n \left(\frac{a_j}{A} \right) \right] \quad (0 \leq DIVISION \leq 1)$	a _j 表示景观中斑块 j 或者景观中某类斑块 j 的面积, 该指数越大, 表明景观内斑块破碎度越高, 景观越复杂

2.2 分析方法

(1) 移动窗口分析。移动窗口法是 Fragstats4.2 软件的功能分析模块, 能充分展现研究区景观破碎化的空间格局内部分异水平。进行移动窗口计算时(图 2A), 根据研究区选取移动窗口大小, 从区域的左上方向右移动, 将景观指数的计算结果赋给中心栅格, 最终输出与各景观指数一致的新栅格图^[21], 该图能展示区域景观破碎化程度的总体变化特征。本文设置移动窗口大小为 3km。

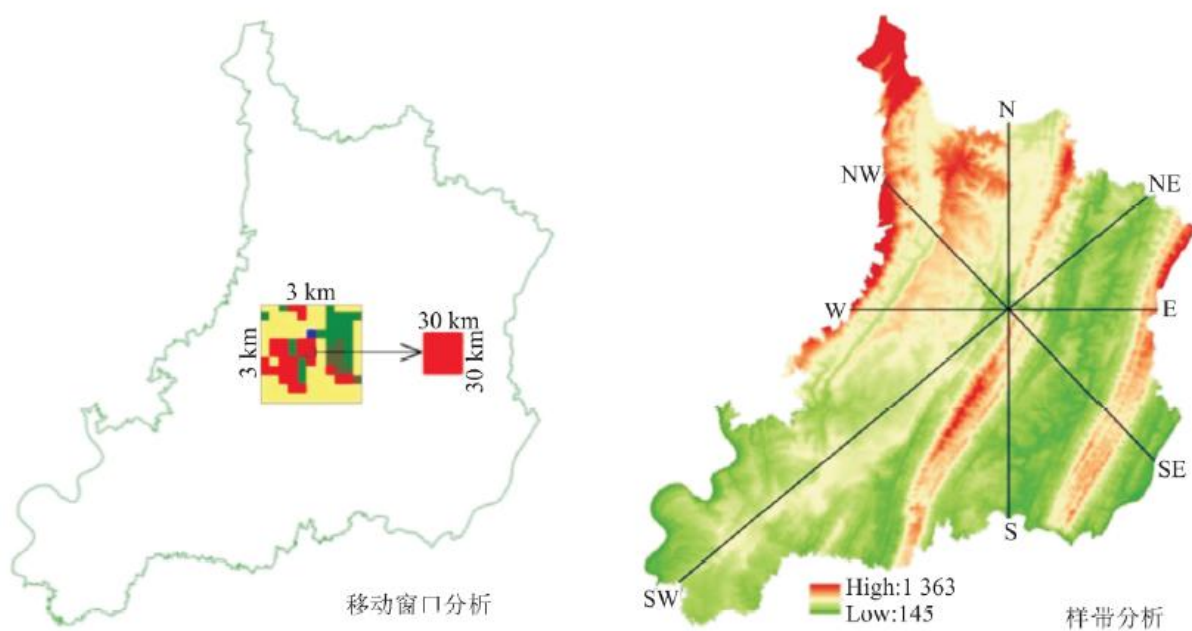


图 2 移动窗口分析和样带分析示意图

Fig. 2 Illustration of moving-window and belt transect

(2)样带梯度分析。为更好的挖掘城市空间拓展潜力，在移动窗口的基础上进行样带梯度分析，以渝北区DEM影像图为底图，沿研究区的中心区域设置四条样带(图 2B)，分别为自北向南、自西向东、自东北向西南、自西南向东北，样带宽度统一取值 3km。然后根据相同宽度不同走向的样带，在 Arc GIS10.3 软件中利用 fishnet 工具建立 3km×3km 正方形窗口，人工选取四个方向的正方形小窗口，获得相应的栅格数据^[22, 23]。为了更好地分析各样带城乡景观格局的变化，定义各样带的中心点为 0km(笔者选取该区域中心为四条样带的中心点)，中心点两端分别代表各方向的两段，由近及远依次进行距离标注。

(3)城市化水平和景观破碎化的相关性分析。利用 Arc GIS 中的 fishnet 工具将研究区裁剪为 3km×3km 一系列分析单元，格网裁剪出来后，计算每个网格的景观破碎化指数(本文中选取 PD 为代表)和各个网格的城镇化特征(本文将以建设用地面积占比为代表，PLU)，对两者进行线性相关回归分析。

(4)景观破碎化的社会经济影响因素分析。文中社会指标选取了人口密度、家庭户数和财政收入 3 个社会经济指标，以渝北区各行政区为分析单元，将每个行政区的指标与景观破碎度指数拟合，进行渝北区景观破碎化水平与社会经济之间的关系研究。

3 结果与分析

3.1 渝北区景观格局总体特征

在斑块类型水平上，渝北区各景观类型分布如下:耕地景观所占比例最高，达 35%；林地景观所占比例位居第二，达 33.79%，一般集中在海拔较高的山地；建设用地景观所占比例位居第三，达 26.6%，主要集中于该区西南部的 14 个街道，且集中成片。水体景观占比 3.36%，以长江和嘉陵江为主，其他类型的水体景观在整个区域零散分布。草地和未利用地的斑块占比极小，分别为 0.75%和 0.38%，在整个区域以小单元零散分布。

3.2 移动窗口下的景观破碎化空间格局

本部分的分析选择的3个景观破碎度指数进行计算,分别为PD、ED、LSI。在景观软件中通过移动窗口法分析分别获得PD、ED、LSI的空间分布格局(图3)。在景观水平上,渝北区西南部的14个街道景观破碎化程度明显低于其他12个乡镇,因为这些街道主要以低密度连片的建设用地斑块为主。而在渝北区海拔较高的地区景观破碎化程度也相对较低,由于这部分区域为山地,开发利用难度较高,所以林地景观保存较完整。渝北区12个乡镇中海拔较低地区景观破碎化程度较高,是由于这些地区正处于快速发展阶段,土地利用方式正在发生变革,斑块数量不断增加,各类型斑块交错分布,连通性变差。

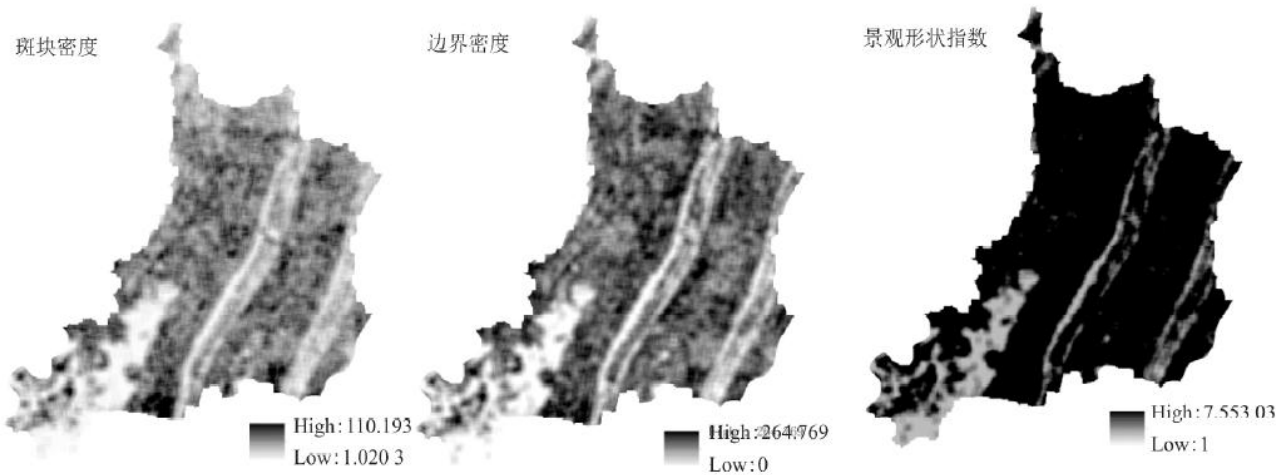


图3 斑块密度、边界密度和景观形状指数空间分布图

Fig. 3 Spatial distribution of patch density, edge density and Landscape Shape Index

3.3 样带梯度分析

分别选取PD、ED和DIVISION进行分析。对8个不同方向的样带梯度进行分析。东—西、南—北和西北—东南3个方向上3个指数低值均落在高海拔山地,不具有显著规律性,因此本文不做详细讨论。而在东北—西南方向中的西南方向上,样带纵深最长,覆盖地貌类型和景观类型最为多样,且3个指数呈现出一定的规律性,根据图4,在-30~-14km左右,3个指数呈逐步上升趋势,在-12km左右3个指数值激增,后呈较为稳定趋势。进一步解释为,从该区域的城镇中心到城镇边缘再到乡镇,景观破碎化程度增加,在城镇边缘达到最高。综上所述,破碎化程度最高的区域出现在人类活动剧烈、土地利用方式变化最大的乡镇,尤其是城镇交界地带。

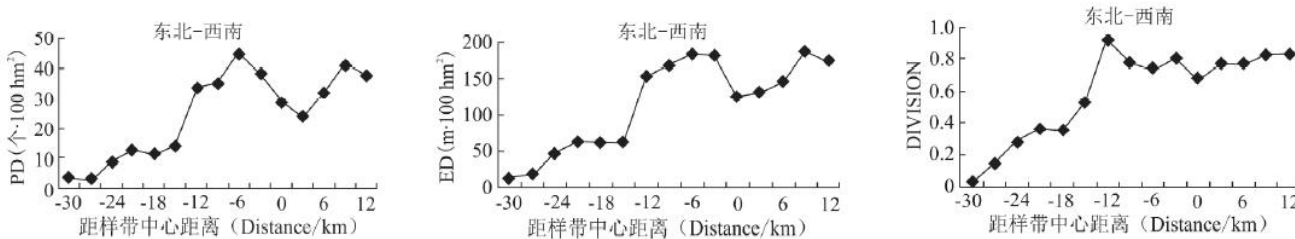


图4 3个指数在东北—西南方向的梯度变化

Fig. 4 Variations of patch density along eight gradients

在渝北区的建成区中心(非区域中心),城镇化水平最高,建设用地斑块占比大,大量斑块成片相连,斑块破碎程度低;受地形条件的限制,渝北区海拔较高的地区开发利用难度大,一般多为连片的林地景观,所以斑块破碎化程度也较低;而在渝北

区 12 个乡镇，大量住宅用地、基础设施等建设用地景观兴起，将原来成片的耕地景观截断、分割，斑块类型更加多样化，且斑块数量激增，建设用地斑块与其它斑块相互嵌套，形成了破碎化程度较高的景观空间分布格局。

3.4 城镇化特征与景观破碎化的关系

选取 3 个景观破碎度指数 (PD、ED、DIVISION) 作为研究城镇化特征与景观破碎化关系的基础。由于西南山地地区的特殊地形和气候条件导致渝北区林地景观多成片分布，降低了总体景观破碎化水平，直接影响对渝北区景观破碎度的分析，因此，在相关分析之前，笔者通过在 Arc-GIS 建立数字高程模型，将渝北区海拔较高的斑块予以剔除，以降低对计算结果的干扰。将这三类景观指数与城镇化特征进行相关回归分析，相关分析结果得出，PD、ED、DIVISION 与 PLU 之间的相关系数分别为 0.5838、0.7043 和 0.8039，呈现出显著的正相关关系 (图 5)。进一步进行回归分析的结果表明，PD、ED、DIVISION 与 PLU 之间均能通过二元多项式进行拟合，且达到很好的拟合效果 ($P<0.0001$)。相关和回归分析结果均表明 PD、ED、DIVISION 与城镇化特征密切相关。从对 DIVISION 与 PLU 的关系图中可以看出，他们之间还呈现出一定的倒“U”型关系，也就是说，景观破碎化程度先随着城镇化特征的显著性而上升，当城镇化特征的显著性达到 40% 左右时景观破碎化程度最高，之后景观破碎化程度开始下降。

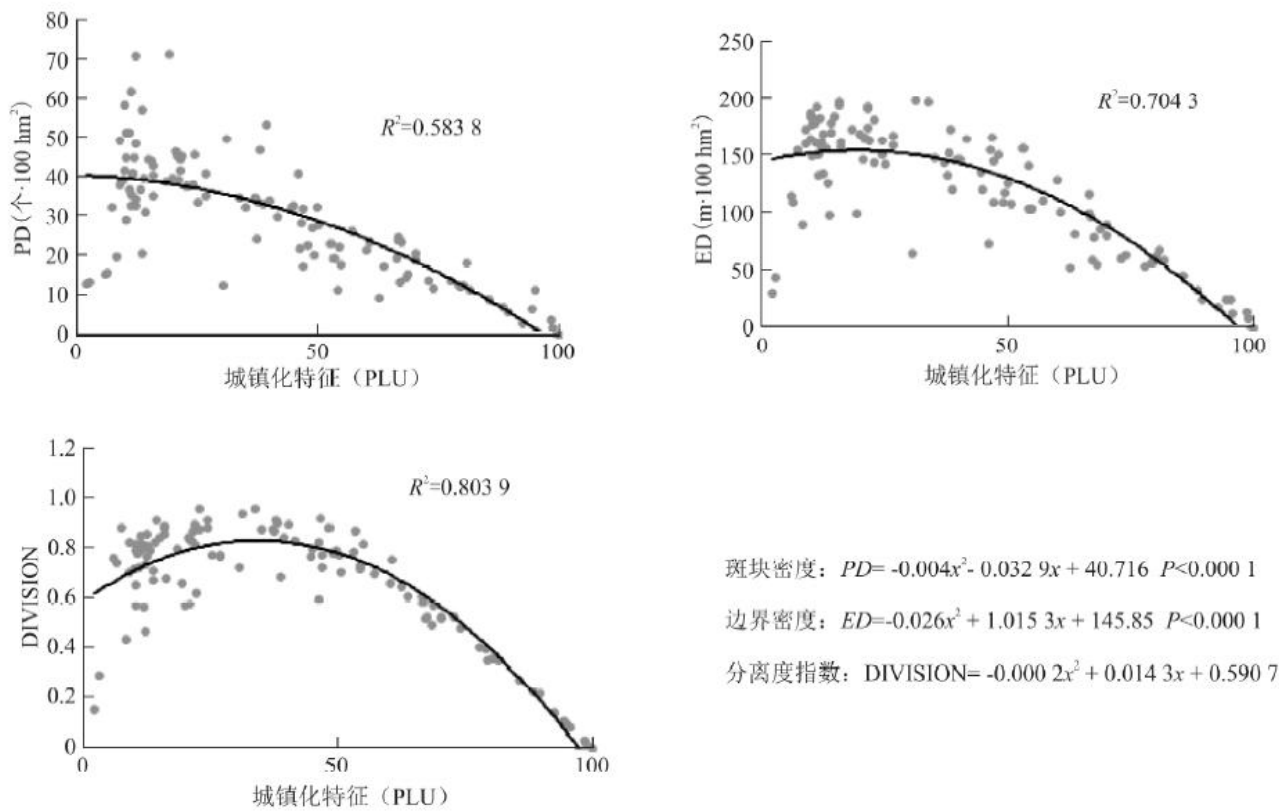


图 5 各景观指数与城镇化特征之间的关系

Fig. 5 Relations of each landscape index with level of urbanization

在城镇发展初期，城镇化特征不显著，人类活动一方面使得各类斑块数量增加，人为斑块也在非城镇地区产生，另一方面，原本连片的斑块也由于人为干扰被截断、分割，进一步加剧了景观破碎化程度。在城市发展中期，城镇化特征越发显著，斑块间不断扩张且相互嵌套，分布更趋于复杂化，景观破碎化程度达到峰值。在城市发展后期阶段，城镇化特征最为显著，斑块之间互相合并，开始“粘合”，斑块面积扩张，连通性增强，数量逐渐减少，景观破碎化程度由此降低。

3.5 景观破碎化与社会经济影响因素分析

社会和经济是景观格局的重要影响因素。人口密度越大的区域，交通网络就越密集；人口大规模集中会带动住宅用地需求。因此，本文选取两个社会指标——人口密度和家庭户数(家庭户数来代表住宅用地)与 DIVISION 进行相关回归分析(图 6)。结果表明，两者呈现显著的线性负相关关系，相关系数分别为 0.5896 和 0.6075。因此，社会的发展和景观破碎化程度有着密切关联，对景观斑块格局有着直接的影响。

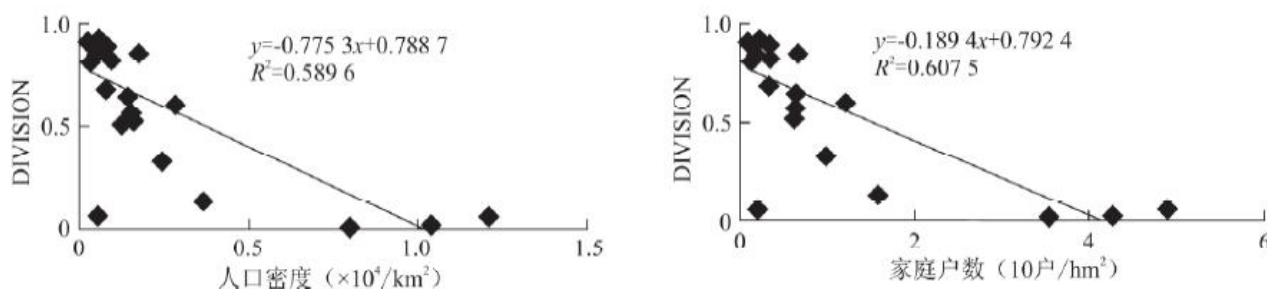


图 6 景观破碎化程度与人口密度与家庭户数的关系

Fig. 6 Relations of landscape fragmentation with population density and the number of households

在经济指标的选取中，数据获取难度比较大，因此本文仅采用财政收入进行相关性分析，发现财政收入与 PD、ED、DIVISION 之间没有明显的相关性，而财政收入与 PLU 之间的相关系数为 0.5677，说明财政收入和城镇化特征之间有显著相关性，而城镇化特征与景观破碎化程度之间又显著相关，因此在某种程度上，经济因素对景观破碎化程度有间接影响。

4 结论与讨论

4.1 结论

基于重庆市渝北区 2015 年的 Landsat-8OLI 遥感影像数据，选取 4 个景观指数来代表景观破碎化程度，利用 Frag stats 软件中的移动窗口法和 Arc GIS 中的景观梯度分析法，并采用相关分析与回归分析，对重庆市渝北区的景观破碎化程度进行了定量的研究，结果表明该方法具有一定可行性。通过量化研究，将景观破碎化程度的空间动态变化及其研究结果可视化，使其更直观。同时，还对破碎化指数与城镇化特征以及社会、经济因素进行相关性分析。该研究对于揭示西南山地地区内部空间格局的演变特征，为该类地区生物多样性保护、绿地廊道维护和生态文明城市建设提供理论借鉴。结论主要如下：

(1) 渝北区建成区中心向外景观破碎化程度加剧。受地形影响，高海拔山地景观特征主要以连片林地为主，景观破碎化程度较低，而低海拔乡镇，景观斑块破碎化程度开始加剧，从建成区向乡镇呈明显的先增加后减少的单峰特征。景观破碎化程度的加剧必然影响城市的可持续发展，该结果对于生态文明的建设有一定的指导意义。

(2) 景观破碎化程度与城镇化特征显著相关。景观破碎化程度在城镇化特征日益显著时呈现下降趋势。该结果表明景观破碎化对于西南山区的城镇化具有响应特征，也反映出景观破碎化在西南山区发展过程中具有一定的演变规律。

(3) 社会经济因素对景观破碎度具有一定的影响。该研究结果表明，人口增长和经济发展是加剧景观破碎化程度的影响因素，在区域发展过程中，应充分考虑影响景观破碎化的程度和作用方向的社会经济因子。

(4) 针对上述结论, 提出以下建议——在景观破碎化程度相对较低, 以建设用地斑块为主导, 斑块类型较为单一的地区, 在对其进行进一步规划设计时, 应人为适当的增加一些绿地和水体, 引入一定的透水地面, 虽然提高了景观破碎化程度, 却有助于发挥城市生态系统的功能; 在城市化发展中期阶段, 不能只注重经济发展, 还要制定相应的政策, 限制一些不合理的建设用地的开发, 引导投资者对开发用地循环高效利用, 并鼓励填充式发展以抑制景观破碎化程度进一步加剧; 在城市规划和建设时, 采取相应措施优先控制加剧景观破碎化的各种社会、经济因子, 如将住宅和商业区进行空间优化改进, 做到利用最大化, 扩展生态廊道从而改善生态环境, 促进城市生态系统有序、健康发展。

4.2 讨论

本研究由于受到数据来源的限制, 无法对其与景观破碎化程度做更为精确的拟合。景观破碎化程度作为单一指标并不能完全评判城市健康发展与否, 但可结合多种指标, 并考虑当地的资源和景观类型, 做到因地制宜的可持续发展。

参考文献:

- [1] WANG R S. High Efficiency and Harmonious: Controlling Theory and Method of Urban Ecology [M]. Changsha: Hunan University Press, 1988.
- [2] FENG H H, ZHAO X F, CHEN F, et al. Using land use change trajectories to quantify the effects of urbanization on urban heat island [J]. Advance in Space Research, 2013 53(3): 463—473.
- [3] 杨英宝, 江南, 苏伟忠, 等. RS 与 GIS 支持下的南京市景观格局动态变化研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(1): 34—39.
- YANG B Y, JIANG N, SU W Z, et al. Dynamics of landscape ecology in Nanjing City revealed by RS and GIS [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2005, 14(1): 34—39.
- [4] 陈利顶, 孙然好, 刘海莲. 城市景观格局演变的生态环境效应研究进展 [J]. 生态学报, 2013, 33(4): 1042—1050.
- CHEN D L, SUN R H, LIU H L. Eco-environmental effects of urban landscape pattern changes: progresses, problems, and perspectives [J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(4): 1042—1050.
- [5] 齐杨, 邬建国, 李建龙, 等. 中国东西部中小城市景观格局及其驱动力 [J]. 生态学报, 2013, 33(1): 275—285.
- QI Y, WU J G, LI J L, et al. Landscape dynamics of medium- and small-sized cities in eastern and western China: A comparative study of pattern and driving forces [J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(1): 0275—0285.
- [6] 张芬. 基于 RS 和 GIS 的景观格局动态演变分析及模拟预测 [D], 山东, 山东师范大学, 2013.
- ZHANG F. Analysis on dynamic changes and simulation of landscape pattern based on RS and GIS—A case study in Licheng District of Jinan [D], Shandong, Shandong Normal University, 2013.

-
- [7] 吴健生, 王政, 张理卿, 等. 景观格局变化驱动力研究进展 [J]. 地理科学进展, 2012, 31(12) : 1739—1746.
- WU J S, WANG Z, ZHANG L Q, et al. Research progresses on driving forces of the changes of landscape pattern [J]. Progress in Geography, 2012, 31(12) : 1739—1746.
- [8] 阳文锐. 北京城市景观格局时空变化及驱动力 [J]. 生态学报, 2015, 35(13) : 4357—4366.
- Yang W R. Spatiotemporal change and driving forces of urban landscape pattern in Beijing [J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(13) : 4357—4366.
- [9] 肖瑶, 王艳慧, 尹川. 北京城区近 20 年土地利用变化及其驱动力 [J]. 测绘与空间地理信息, 2013, 36(7) : 29—32.
- XIAO Y, WANG Y H, YIN C. Driving force analysis of land use change of Beijing urban areas in the Past 20 Years [J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2013, 36(7) : 29—32.
- [10] ALBERTIM. The effects of urban patterns on ecosystem function [J]. International Regional Science Review, 2005, 28(2) : 168—192.
- [11] MOSER B, JAEGER J A G, TAPPEINER U, et al. Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem [J]. Landscape Ecology, 2007, 22(3) : 447—459.
- [12] LUCK M, WU J G. A gradient analysis of urban landscape pattern: a case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA [J]. Landscape Ecology, 2002, 17: 327—339.
- [13] 刘吉平, 赵丹丹, 田学智, 等. 1954—2010 年三江平原土地利用景观格局动态变化及驱动力 [J]. 生态学报, 2014, 34(12) : 3234—3244.
- LIU J P, ZHAO D D, TIAN X Z, et al. Landscape pattern dynamics and driving forces analysis in the Sanjiang Plain from 1954 to 2010 [J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(12) : 3234—3244.
- [14] 郭冻, 夏北成, 刘蔚秋, 等. 城市化进程中广州市景观格局的时空变化与梯度分异 [J]. 应用生态学报, 2006, 17(09) : 1671—1676.
- GUO L, XIA B C, LIU W Q, et al. Spatio-temporal change and gradient differentiation of landscape pattern in Guangzhou City during its urbanization [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(09) : 1671—1676.
- [15] 付刚, 肖能文, 乔梦萍, 等. 北京市近二十年景观破碎化格局时空变化分析 [J]. 生态学报, 2017, 37(8) : 1—12.
- FU G, XIAO N W, QIAO M P, et al. Spatial-temporal changes of landscape fragmentation patterns in Beijing in the last two decades [J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(8) : 2551—2562.

-
- [16] 杨国清, 吴志峰, 祝国瑞. 广州地区土地利用景观格局变化研究 [J]. 农业工程学报, 2006, 22(05) : 218—221.
- YANG G Q, WU Z F, ZHU G R. Analyzing and modeling land use pattern changes in rapid urbanization of area: a case study of Guangzhou City, China [J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(05) : 218—221.
- [17] 巩杰, 孙朋, 谢余初, 等. 基于移动窗口法的肃州绿洲化与景观破碎化时空变化 [J]. 生态学报, 2015, 35(19) : 6470—6480.
- GONG J, SUN P, XIE Y C, et al. Spatiotemporal change and landscape fragmentation in suzhou oasis using the moving window method [J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(19) : 6470—6480.
- [18] 仇江啸, 王效科, 逯非, 等. 城市景观破碎化格局与城市化及社会经济发展水平的关系——以北京城区为例 [J]. 生态学报, 2012, 32(9) : 2659—2669.
- QIU J X, WANG X K, LU F, et al. The spatial pattern of landscape fragmentation and its relations with urbanization and socio-economic developments: a case study of Beijing [J]. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(9) : 2659—2669.
- [19] LI W F, OUYANG Z Y, WANG R S, et al. Landscape pattern and their formation of urban ecosystems [J]. Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(4) : 428—432.
- [20] WU J G. Urban sustainability: an inevitable goal of landscape research [M]. Landscape Ecology, 2010, 25: 1—4.
- [21] 张琳琳. 基于移动窗口与 CA 模型的济南城市空间格局研究 [D], 南京大学, 2011.
- ZHANG L L. Research on the Urban Spatial Pattern in Jinan City Using the Moving Window and Cellular Automata [D]. Nanjing University, 2011.
- [22] 丁丽娜. 城市景观格局梯度分析——以苏锡常为例 [D], 南京, 南京农业大学, 2011.
- DING L N. Gradient analysis of Urban Landscape Pattern—A case study in Suzhou, Wuxi and Changzhou [D]. Nanjing Agricultural University, 2011.
- [23] 崔王平, 李阳兵, 李睿康, 等. 基于梯度分析的重庆市主城区城市扩展的景观生态效应 [J]. 生态学杂志, 2017, 36(01) : 35—46.
- CUI W P, LI Y B, LI R K, et al. Landscape ecological effect of urban expansion in the central area of Chongqing City based on gradient analysis [J]. Chinese Journal of Ecology, 2017, 36(01) : 35—46.