

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2021.09.015

城市景观格局动态及空间自相关研究

——以郑州白沙组团为例

夏 铎^{1,2}, 王腾飞¹, 张京生¹,
贺 丹¹, 雷雅凯¹, 刘靖文³

1. 河南农业大学 风景园林与艺术学院, 郑州 450002; 2. 河南中天园林股份有限公司, 郑州 450002;
3. 河南农业大学 国际教育学院, 郑州 450002

摘要: 新型城镇化背景下, 大都市区的城市融合区域成为发展重点, 其景观格局动态研究具有重要意义。基于遥感影像, 应用景观指数、空间统计学、网格分析法等方法, 分析了 2007—2018 年郑州白沙组团景观格局时空变化及空间自相关动态特征。研究表明: ① 整体景观破碎化加剧, 多样性提升, 连通性降低。斑块面积比中农用地虽然保持最大值, 但减小幅度最大, 建设用地增长较快, 绿地和水体增幅不大; ② 总体上各指数的 Global Moran's I 都大于 0, 景观多样性、景观破碎度及农用地、交通用地的空间正相关性随时间增强。2018 年 1.5 km×1.5 km 尺度上景观破碎化和多样性的空间正相关性较高, 高值区聚集现象突出; 0.5 km×0.5 km 尺度上水体的空间正相关性最高, 绿地的高值聚集区域较多; ③ 聚集特征逐渐呈南北差异: 南部建设用地的斑块面积比、交通用地的斑块面积比和绿地的斑块面积比(PLAND)、边缘密度(ED)、景观破碎度(SPLIT)和景观多样性(SHDI)指数高值区聚集, 是景观整合与重构的主场地, 北部逐渐成为农用地集约发展地, 蔓延度(CONTAG)指数高值区聚集; ④ 规划政策等人为因素驱动着景观格局的改变, 研究区存在绿地、水体发展滞后、景观破碎化区域广等问题, 建议南部要加强绿色网络体系的发展, 北部要提高农用地保护水平, 禁止建设用地无限制扩张。

关 键 词: 城市融合区; 景观格局; 时空变化; 空间自相关; 白沙组团

中图分类号: TU984.181

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2021)09-0131-11

Study on the Dynamic Characteristics and Spatial Autocorrelation of Landscape Pattern of Baisha District in Zhengzhou

XIA Hua^{1,2}, WANG Tengfei¹, ZHANG Jingsheng¹,
HE Dan¹, LEI Yakai¹, LIU Jingwen³

1. College of Landscape Architecture and Art, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;
2. Henan Zhongtian Landscape Company Limited, Zhengzhou 450002, China;
3. International Education College, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

收稿日期: 2020-08-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(31600579); 河南省科技攻关项目(162102310093)。

作者简介: 夏 铎, 硕士研究生, 主要从事景观生态学研究。

通信作者: 雷雅凯, 副教授。

Abstract: Under the background of new urbanization, the metropolitan urban integration areas have become the key development areas. The study of the dynamic characteristics of landscape pattern in the urban integration area is of great significance. Based on remote sensing imageries, landscape indexes, spatial statistics, grid analysis and other methods were applied to explore the spatio-temporal evolution and spatial autocorrelation of the landscape pattern of Baisha District in Zhengzhou from 2007 to 2018. The results were as follows. ① The overall landscape fragmentation was intensified, the landscape diversity was increased, and the landscape connectivity was decreased. The PLAND (Percentage of Landscape Types) of agricultural land maintained the maximum value, but its decrease was the largest. The PLAND of construction land grew rapidly, while the increases of green land and water body were small. ② On the whole, the Global Moran's I value of each landscape pattern index was greater than 0. The positive spatial correlations of SHDI (Shannon's Diversity Index), SPLIT (Splitting Index) and the PLAND of agricultural land and traffic land were increased with time. In 2018, on the scale of $1.5\text{ km} \times 1.5\text{ km}$, the positive spatial correlations of landscape fragmentation and diversity were relatively high, and their region aggregation phenomena of high-value were prominent, and on the scale of $0.5\text{ km} \times 0.5\text{ km}$, the positive spatial correlation of the water body was the highest, and there were more high-value aggregation areas of green land. ③ The aggregation characteristics gradually showed a north-south difference: The high-value areas of SPLIT, SHDI and the PLAND of construction land and traffic land gathered in the south, which was the main site for landscape integration and reconstruction, while the north gradually became an intensive agricultural land development area, with high-value concentration areas of CONTAG (Contagion Index). ④ The change of landscape pattern was mainly driven by human factors such as planning policy. The study area had the problems of wide areas of landscape fragmentation and lagging development of green land and water body. It was suggested that the south should strengthen the development of the green network system, and the north should improve the protection level of agricultural land and prohibit the unlimited expansion of construction land.

Key words: urban integration area; landscape pattern; spatio-temporal evolution; spatial autocorrelation; Baisha District

我国城镇化正快速进入“都市圈时代”,城市群一体化融合发展已成为重要发展方向^[1]. 城市融合区是城市间主要的空间连接区域^[2],一般“临城近乡、多城交汇”^[3],其景观格局在都市圈背景下正处于快速的变化阶段. 城市融合区的发展稍滞后于中心城区,两者在国家 and 区域政策、发展定位等方面具有一定差异. 中国城市群及大都市区发展刚刚起步,城市融合区作为重点发展区域,其相关研究对全国重点城市大都市区及城市群的发展具有重要意义.

目前,国内外学者对城市融合区的关注多在城乡交错带、城市边缘区等特定区域,研究内容主要集中在空间范围识别^[4]、土地资源利用^[5]、景观生态建设^[6]和内部要素特征^[7]等方面,对整体的研究相对较少. 在城市融合区景观空间格局的研究上,付凯等^[8]以 $500\text{ m} \times 500\text{ m}$ 的尺度分析了西安城市边缘区的空间划分、演化及特征;张利利等^[9]借助 ArcGIS 分析了海口市城乡交错带景观格局的梯度变化;杨沅志等^[10]从中心区、近郊区和远郊区出发分析了快速城市化地区森林景观破碎化的动态演变. 研究在总体上多以 3S 技术为主,从单一尺度上探讨城市融合区内景观格局的变化机制及特征,对其中的空间关系和尺度效应的分析相对不够充分. 空间自相关作为景观格局的最大特征之一^[11],可通过检验空间变量值的关联模式、聚集规律等深入分析景观特征的空间关系,例如结合空间自相关分析,张金茜等^[12]研究发现白龙江流域景观破碎化在空间上存在高高聚集区和低低聚集区,郭恒亮等^[13]揭示了郑州市景观多样性高值区聚集且显著

性较高的区域与经济主导方向一致,董玉红等^[14]研究发现大安市植被指数呈高高聚集的多为农田,呈低低聚集的多为盐碱地.近年来基于 GeoDa 平台实现空间自相关分析在经济发展、医疗健康、人口分布、城市建设等领域已成为热点^[15-16],其在景观生态空间的研究中也具有很好的适用性^[12],因此可应用 GeoDa 平台,结合景观格局指数进行多尺度空间自相关分析,揭示城市融合区景观格局特征的空间分异规律和内在属性,以深入理解城市融合区景观格局时空变化特征.

白沙组团位于郑州大都市区核心引擎(郑汴港)中,与郑州中心城区、东部各组团及开封相连,在郑汴一体化发展(2005 年提出)中发挥着重要作用,在中部内陆城市的融合发展中具有代表性^[17].因此本研究选择白沙组团为研究区,基于 2007,2013,2018 年遥感影像,运用景观指数和空间统计学等方法,在郑州大都市区建设背景下分析 2007—2018 年研究区景观格局的动态特征及其空间自相关关系的变化规律,同时探讨变化的驱动力及其对规划的启示,以期对白沙组团未来景观生态空间的整合、优化以及郑州大都市区城市融合区的规划与建设提供科学依据.

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

白沙组团规划范围西起京港澳高速,东至新 107 国道,北起黄河郑州市界,南至陇海铁路,总面积 156 km².地属黄淮平原,暖温带大陆性季风气候.水资源较丰富,内部有贾鲁河、象湖等多个大水域.四周有生态廊道,自然条件优越.交通发达,可实现与郑州高铁站、地铁站的立体对接和一站式换乘,且有多条主干道贯穿,集“铁、公、机”交通优势于一体.研究区概况见图 1.

1.2 数据来源与预处理

景观类型数据来自 2007,2013,2018 年 Google Earth 遥感影像(来源于美国 DigitalGlobe 公司的 QuickBird 卫星和 GeoEye 公司的 GeoEye-1 卫星),影像经过纠偏等处理后,结合

实地调研情况及土地利用现状图,在 eCognition 软件中通过目视解译和监督分类完成景观生态分类.依据《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2017)及研究需求,将景观类型分为建设用地、绿地、农用地、交通用地和水体共 5 类.在影像上随机选取 100 个点作为调查点以对分类精度进行实际踏勘验证,同时综合当地居民的访谈内容、历史资料和地图信息进一步检验分类结果,通过混淆矩阵计算出 2007,2013,2018 年的总体精度分别为 91%,85%和 89%,Kappa 系数分别为 0.88,0.81 和 0.85.当 Kappa 系数超过 0.80 时,分类质量极好^[18-20],因此本研究的分类结果具有较高的精度,满足研究要求.三期景观类型图见图 2.

1.3 研究方法

1.3.1 景观格局指数

为较准确地表现出研究区景观组成、破碎度、连通性等不同景观格局特征的动态变化,同时降低格局

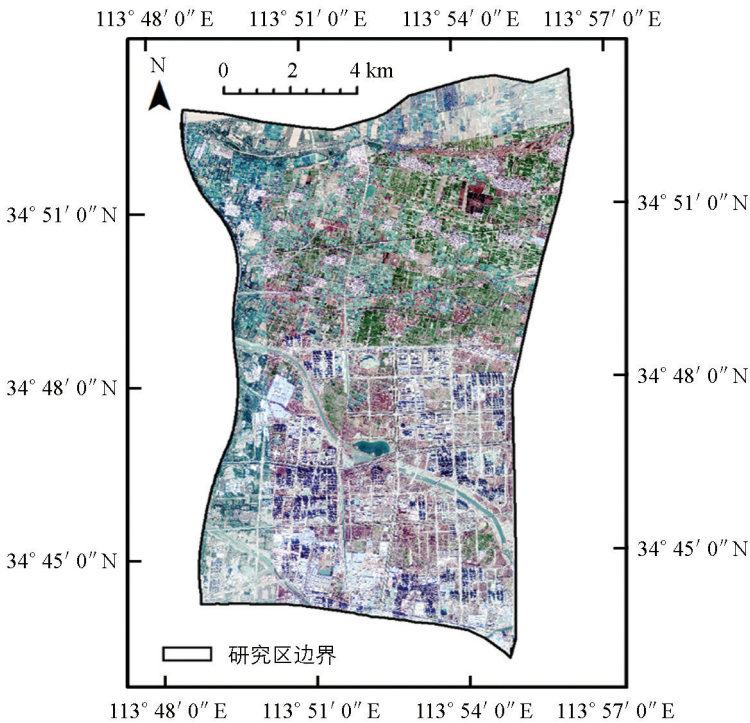


图 1 研究区概况

信息冗余度,研究结合相关文献选取了 5 个具有代表性的景观格局指数(表 1)^[21].

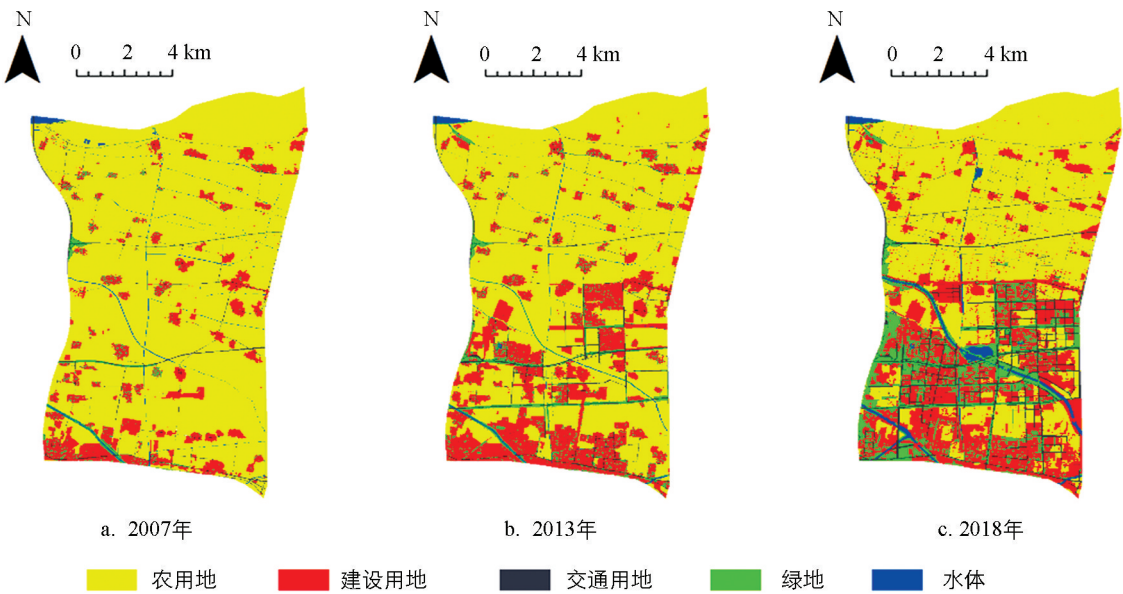


图 2 景观类型图

表 1 景观格局指数及生态意义

指数水平	景观格局指数	英文	缩写	生态意义
类型	斑块面积比	Percentage of Landscape	PLAND	反映某一景观类型占整个景观面积的相对比例 ^[22] .
	景观多样性	Shannon's Diversity	SHDI	反映景观类型丰富和复杂程度 ^[22] .
景观	蔓延度	Contagion Index	CONTAG	反映不同斑块类型的团聚程度或延展趋势 ^[6] .
	景观破碎度	Splitting Index	SPLIT	反映景观被分割的破碎程度及空间结构的复杂性 ^[6] .
	边缘密度	Edge Density	ED	反映景观总体斑块的分化程度或破碎化程度 ^[23] .

表 1 中斑块面积比(PLAND)作为衡量景观组成的基础指标,可有效反映研究区不同景观类型的数量变化;景观多样性指数(SHDI)可测度出白沙组团景观类型的丰富程度,对于评估整体景观异质性的动态具有重要作用;蔓延度指数(CONTAG)通过描述研究区斑块的聚散程度来分析景观格局连通性的动态特征,景观破碎度(SPLIT)和边缘密度指数(ED)可共同量化白沙组团整体景观空间结构的复杂性,体现区域景观破碎程度的变化情况,因此对这 5 个指数的综合分析能较全面地反映出研究区景观的空间格局信息并进行景观动态研究. 指数计算在 Fragstats 软件中完成.

1.3.2 全局空间自相关

采用 Global Moran's I 测度全局空间自相关性,以分析景观格局特征在整体空间上的平均关联与差异程度^[24]. 公式为:

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x}) / S^2}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \tag{1}$$

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_j (x_i - \bar{x})^2 \tag{2}$$

式中: I 是 Global Moran's I , n 是空间单元总数, x 为观测变量值, w_{ij} 是空间权重. 本研究基于 GeoDa 常用的 Queen 邻接准则来构建 w_{ij} , 当空间单元邻接时, w_{ij} 取值为 1, 否则为 0.

I 取值在 $[-1, 1]$, I 越接近 1, 说明观测变量空间正相关性越强, 分布越聚集; 越接近 -1, 说明空间负相关性越强, 分布差异越大; 等于 0 说明不存在空间自相关, 分布随机.

1.3.3 局部空间自相关

局部空间自相关常用空间关联局部指标(Local Indicators of Spatial Association, LISA)来分析, LISA

将 Global Moran's I 分解到各空间单元, 通过 z 检验形成 LISA 聚集图, 可反映研究单元及其邻域变量空间聚集或分异的具体位置, 揭示对全局关联影响较大的区域^[24]. 公式为:

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x})}{S^2} \sum_j w_{ij} (x_j - \bar{x}) \tag{3}$$

1.3.4 格网分析法

格网分析法是描述、分析区域地理现象的有效方法, 为空间分析中尺度缩小和精度提高提供了新思路^[25]. 由于 1 km×1 km 格网能较好地区分各种地类, 常应用于土地利用变化等相关研究^[26], 因此将其作为基本研究尺度, 同时围绕基本尺度进行扩展研究(0.5 km×0.5 km 与 1.5 km×1.5 km), 以揭示研究变量的自相关程度随空间尺度的变化. 格网分析在 ArcGIS10.2 中完成.

2 结果与分析

2.1 景观格局整体动态分析

如表 2 所示, 在总体上, ED, SHDI, SPLIT 和建设用地 PLAND、绿地 PLAND、交通用地 PLAND 指数值均在 2007 年最低, 其中 ED 在 2013 年最高, 其他均在 2018 年达到最大值; CONTAG 则相反, 随时间推移逐渐减小; 2007—2018 年 PLAND 指数值从大到小依次为农用地、建设用地、绿地、交通用地、水体, 其中农用地 PLAND 呈大幅减小趋势, 其他景观类型 PLAND 呈增大趋势. 说明 2007—2018 年研究区农用地占比最高, 且在不断减少, 并迅速向建设用地、绿地、交通用地等景观类型转化; 整体景观破碎化加剧, 景观多样性提升, 景观连通性大幅度降低.

在各时间段中, 2007—2013 年建设用地 PLAND 增长最快, 绿地、水体的 PLAND 均无显著变化, ED 和 SPLIT 增长幅度较大; 2013—2018 年, 绿地和水体的 PLAND 增长速度虽然有所提高, 但远不及农用地 PLAND 的减少速度, ED 呈减小趋势, SPLIT 的增长速度减缓. 说明绿地、水体的增加相对滞后于建设用地、交通用地, 2013—2018 年景观破碎化现象有所减少.

表 2 景观格局指数时间变化

类型	时间/年	景观水平格局指数				类型水平格局指数(PLAND)				
		ED	CONTAG	SHDI	SPLIT	建设用地	绿地	农用地	交通用地	水体
指数值	2007	80.78	72.13	1.06	18.86	9.50	1.95	85.89	1.60	1.05
	2013	132.28	66.01	1.28	25.17	20.32	4.57	71.15	2.97	0.99
	2018	121.17	60.56	1.50	27.33	24.72	10.62	56.07	6.62	1.97
年均变化量	2007—2013	8.58	−1.02	0.04	1.05	1.80	0.44	−2.46	0.23	−0.01
	2013—2018	−2.22	−1.09	0.04	0.43	0.88	1.21	−3.02	0.73	0.20
	2007—2018	3.67	−1.05	0.04	0.77	1.38	0.79	−2.71	0.46	0.08

2.2 全局空间自相关分析

由 GeoDa 得出各景观格局指数的 Global Moran's I , 通过 999 次随机置换, pseudo p-value 为 0.001, 说明在 99.9% 的置信度下空间自相关是显著的. 由表 3 可知, 在不同时间和格网尺度下, 研究区各景观格局指数的 Global Moran's I 值在总体上都大于 0, 表现出空间正相关性, 说明对应的景观格局特征具有不同程度的集聚效应.

2007—2018 年, SHDI、建设用地 PLAND、农用地 PLAND 在 3 个尺度上的 Global Moran's I 都较高, 说明研究区景观多样性、建设用地、农用地的空间聚集分布现象较强. 其中, SHDI 在 3 个尺度上的 Global Moran's I 均高于其他景观水平指数, 空间正相关性最强. ED、CONTAG 的 Global Moran's I 在 1.5 km×1.5 km 尺度上最大, 说明其空间聚集现象在较大尺度上表现突出. 水体 PLAND 的 Global Moran's I 在 0.5 km×0.5 km 尺度上最大, 表明水体的空间聚集性在小尺度上表现较为明显. SHDI, SPLIT, 农用地 PLAND 和交通用地 PLAND 的 Global Moran's I 随着时间的推移而增加, 说明其空间正相关性越来越强, 研究区景观多样性、景观破碎度及农用地、交通用地的空间聚集现象加剧.

在空间动态方面,水体 PLAND 的 Global Moran's I 在 3 个时间点上都呈现出随尺度增加而减小的趋势,在最大尺度 $1.5\text{ km}\times 1.5\text{ km}$ 上,Global Moran's I 仅为 0.02(2007 年), -0.02 (2013 年)和 0.10(2018 年),表明研究期间水体在较大空间范围内的聚集分布较少, $1.5\text{ km}\times 1.5\text{ km}$ 尺度上仍需要得到进一步的发展.此外,景观多样性 SHDI 的 Global Moran's I 在 2007 年呈现出随尺度增大而减小的趋势,而在 2013 和 2018 年表现出随尺度增大而增加的相反趋势,这进一步体现出研究区景观格局的变化特征:2007 年农田的斑块面积比高达 85.89%,在较大空间上以单一的农田景观为主,因此景观多样性的空间聚集特征在 $1.5\text{ km}\times 1.5\text{ km}$ 尺度上表现最小,Global Moran's I 仅为 0.34;2007—2018 年随着农田在空间上大幅度减少,且不断转化为建设用地、绿地、林地等各类景观,因此 2013 和 2018 年景观多样性的空间聚集特征表现出随尺度增大而增加的相反趋势,并在 2018 年 $1.5\text{ km}\times 1.5\text{ km}$ 尺度上最突出,Global Moran's I 高达 0.67.

表 3 景观格局指数在不同时间和尺度上的 Global Moran's I

尺度/ km	年份	景观水平格局指数				类型水平格局指数(PLAND)				
		ED/ ($\text{m}\cdot\text{hm}^{-2}$)	CONTAG/ %	SHDI	SPLIT	建设用 地/%	绿地/ %	农用地/ %	交通用 地/%	水体/ %
0.5×0.5	2007	0.21	0.22	0.37	0.22	0.39	0.37	0.43	0.33	0.56
	2013	0.22	0.14	0.39	0.24	0.55	0.36	0.57	0.36	0.64
	2018	0.32	0.25	0.60	0.41	0.57	0.67	0.74	0.48	0.43
1.0×1.0	2007	0.20	0.18	0.35	0.18	0.59	0.31	0.46	0.30	0.14
	2013	0.17	0.38	0.44	0.26	0.64	0.25	0.54	0.36	0.16
	2018	0.32	0.47	0.62	0.42	0.56	0.67	0.71	0.40	0.16
1.5×1.5	2007	0.30	0.31	0.34	0.26	0.41	0.37	0.32	0.16	0.02
	2013	0.42	0.36	0.49	0.21	0.56	0.37	0.54	0.49	-0.02
	2018	0.61	0.52	0.67	0.46	0.68	0.68	0.73	0.65	0.10

2.3 局部空间自相关分析

综合图 3 和图 4 可得,不同时间和尺度上的大多数空间单元景观格局指数自相关性并不显著,具有显著性的空间单元主要表现为高值区聚集与低值区聚集;2007—2018 年间景观格局指数高高聚集与低低聚集逐渐形成明显的南北差异,其中景观水平上的 SPLIT,SHDI,ED 和类型水平中绿地、建设用地、交通用地的 PLAND 聚集区分布较为一致:2007 年高值聚集区主要是小范围分布在研究区西南角,低值聚集区分布较随机;11 年间高值聚集区逐渐向中东部转移,且范围进一步扩大;到 2018 年,高值聚集区基本都集中在研究区南部,而低值聚集区则集中在北方. CONTAG、农用地 PLAND 的聚集分布则与上述指数正好相反:高值聚集区逐渐向研究区北部集中,南部低值聚集区的范围明显扩大. 以上说明 2007—2018 年研究区南部的建设用地、绿地、交通用地的发展强度明显大于北部,南部景观多样性和景观破碎度高值区聚集,是生态景观整合与重构的主场地,北部作为农用地集约发展地和沿黄生态保护区,景观连通性高值区聚集,可为大都市区生态环境的融合发展奠定良好的基础.

对比不同尺度上的指数聚集情况,发现 2007 与 2013 年绿地 PLAND 的高值聚集区域在 $0.5\text{ km}\times 0.5\text{ km}$ 网格上识别较多,而 2018 年其在各尺度上的表现则较为一致. 水体 PLAND 在各尺度中基本以低低聚集为主,高值聚集区仅在 2018 年 $0.5\text{ km}\times 0.5\text{ km}$ 网格上表现较明显,主要分布在南部象湖区域. 这进一步说明 2007—2013 年间绿地、水体的发展仅局限于在小区域内加强,2013—2018 年虽然有所改善,但其完整的网络体系还没有形成. 2018 年 ED,SHDI,SPLIT 在 $1.5\text{ km}\times 1.5\text{ km}$ 网格上的高值聚集区较为突出,说明研究区此时的景观破碎化程度仍然很高,涉及区域依然较广.

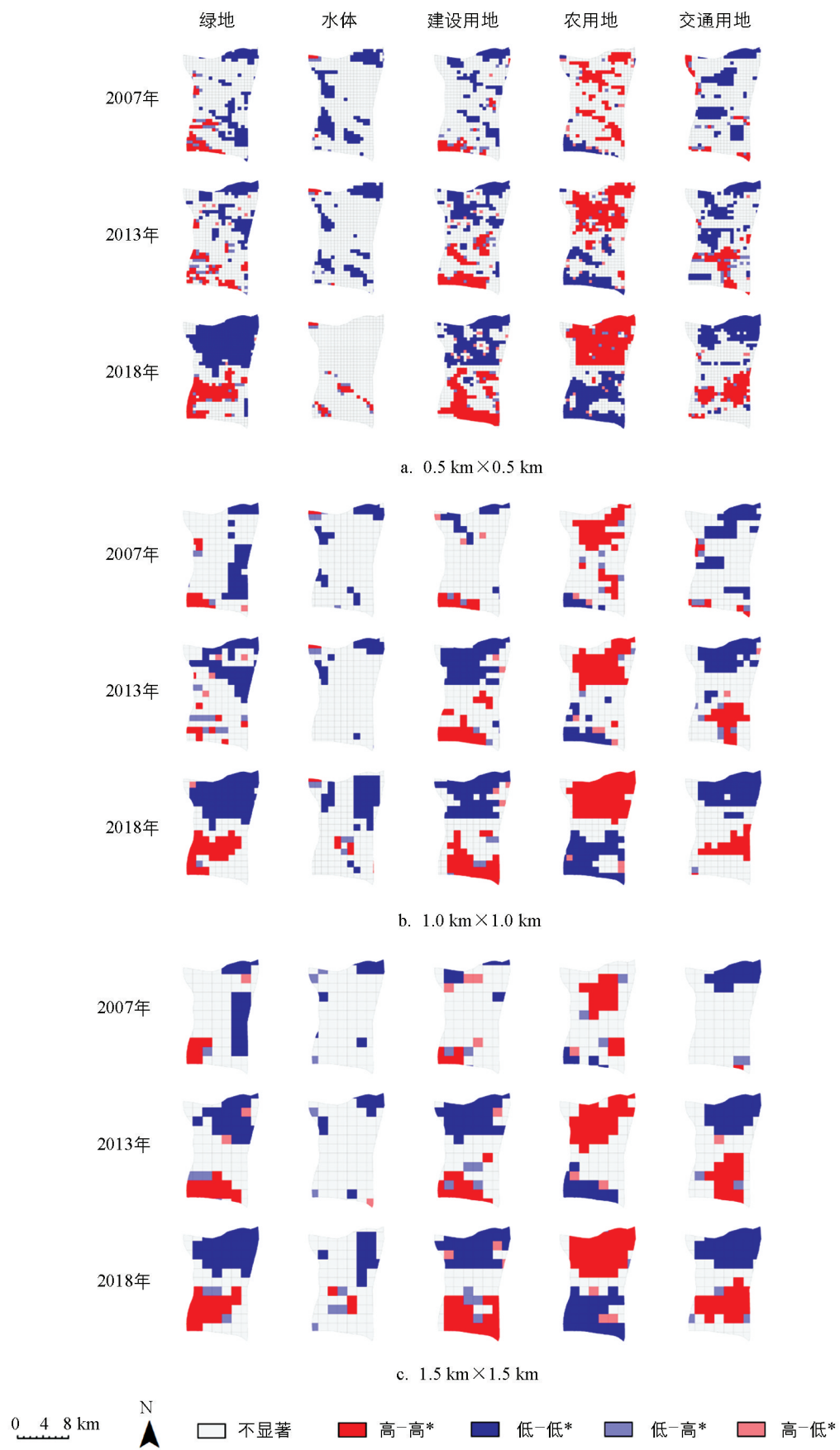


图 3 类型水平格局指数的 LISA 聚集图 (“*”：p<0.05)

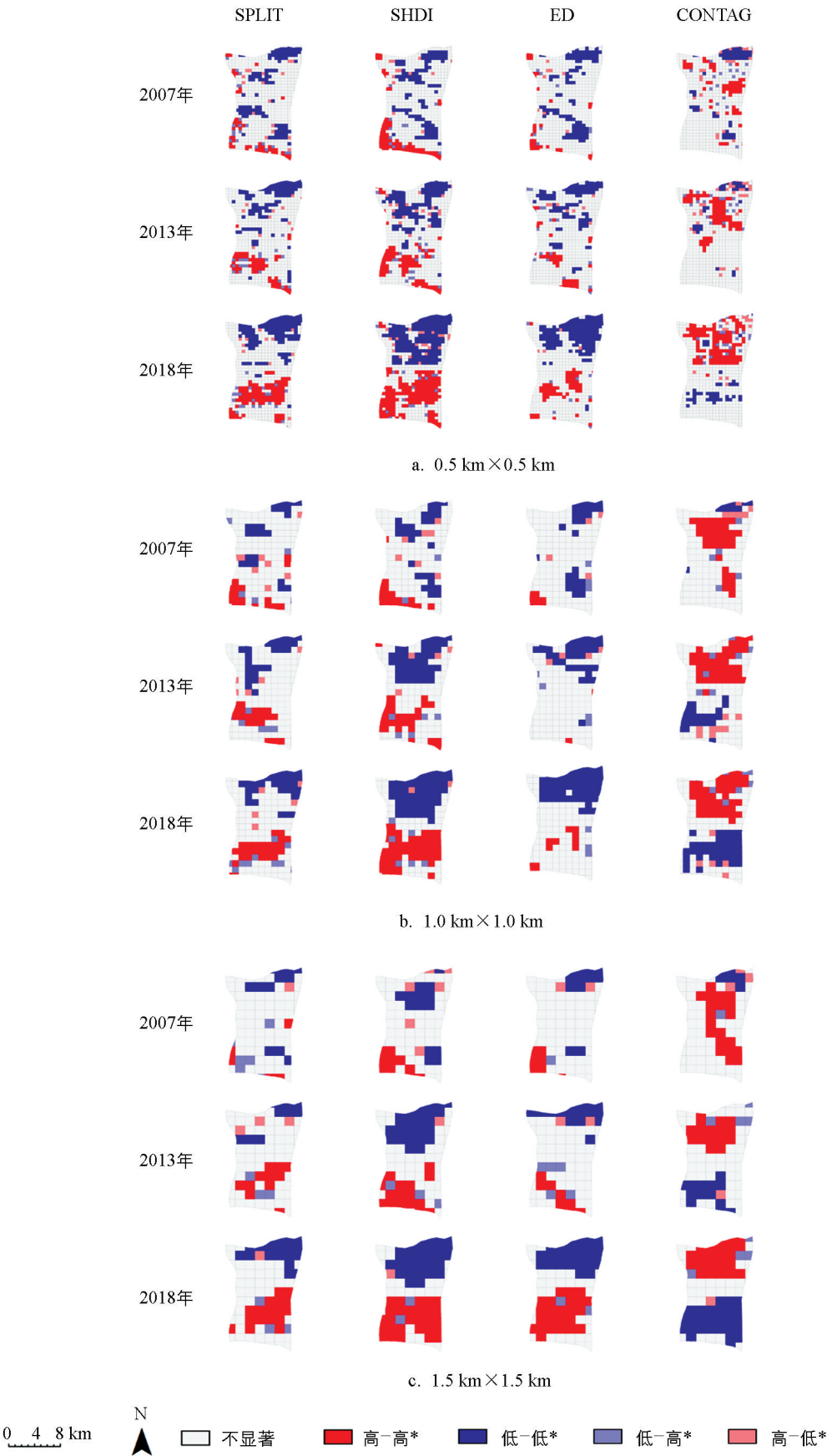


图 4 景观水平格局指数的 LISA 聚集图 (“*”：p<0.05)

3 讨 论

3.1 驱动力分析

由景观格局整体动态分析可得,在“郑汴一体化”概念形成之初的2007年,研究区的优势景观农用地 PLAND 高达 85.89%,建设用地 PLAND 仅为 9.50%;2007—2013 年间“郑汴一体化”发展得到国家明确推进^[27],到2013年研究区农用地 PLAND 减少至 71.15%,而建设用地 PLAND 迅速增加至 20.32%;2016 年国家发改委正式批复郑州建设国家中心城市,推动郑州引领大都市区建设,这进一步加快了郑汴的融合发展^[28],截至2018年,农用地 PLAND 已大幅减小至 56.07%,建设用地 PLAND 增加至 24.72%,由此可见政策的推进在较大程度上促进了研究区整体景观格局的改变.《郑州市郑东新区白沙组团总体规划(2013—2030 年)》中,定位了研究区将以省级行政中心为核心职能,中心区位于南部象湖区域,随着“郑汴一体化”的深入,郑州城市空间向东扩展,研究区尤其是南部中心区的基础设施建设也在不断加强,因此原始农用地不断被侵占,逐渐向绿地、建设用地和交通用地等景观类型转化,这也是2018年绿地、建设用地、交通用地的 PLAND 在南部高值区聚集、水体 PLAND 在象湖区域以小尺度高值区聚集的主要原因.强烈的人为干扰增加了各种类型的斑块数量,使得景观多样性和破碎化也在不断提高^[29],因此 ED, SPLIT 和 SHDI 在南部高值区聚集.同时南部周边分别规划了郑东新区核心区域、郑州经济技术开发区、郑州国际物流园区和绿博组团,2007—2018 年这些区域的快速开发也极大地推动了南部景观格局的变化进程,且规划中连接郑汴的金水大道、郑开大道等多条交通主干道正逐步实现网络化建设,这也加剧了南部景观的多样性和破碎化^[30].研究区北部紧邻黄河,其中连霍高速以北区域处于新规划的郑州黄河流域生态保护和高质量发展核心区,在自然地理上坑塘众多,水源充足,同时在历史上有良好的耕作条件,适宜发展沿黄生态旅游、都市休闲农业等,因此农用地 PLAND 高值区向北聚集,景观连通性高,破碎化的景观斑块相对较少,CONTAG 高值区聚集.综合可得规划政策等人为因素的影响是研究区景观整体格局及空间集聚特征改变的主要驱动力,这与前人的研究结论具有一致性^[31—32].

3.2 区域发展建议

研究结合白沙组团景观格局时空变化特征,充分考虑各景观特征的空间差异及驱动因素,提出以下区域发展建议.

1) 加强南部绿地、水体建设,形成绿色网络体系.研究发现南部绿地高值区聚集,但仅在 $0.5\text{ km} \times 0.5\text{ km}$ 尺度上聚集区较多,且绿地和水体增幅不大,无法满足建设用地、交用地高值区聚集的南部及规划中心区的生态发展需求,因此南部需要增加公园绿地、防护绿地、附属绿地等不同类型和功能的绿色空间,串联起 $0.5\text{ km} \times 0.5\text{ km}$ 尺度上片区集聚的绿地和水体,提高与北部农用地、沿黄生态廊道的连通性,以实现绿色网络体系发展,减少 $1.5\text{ km} \times 1.5\text{ km}$ 等较大尺度上的景观破碎化程度;水体建设除北部黄河、中东部贾鲁河、西南角东风渠等较大水域的改善和提升外,还需要适当增加南部公园、社区等的水域空间,以保障其生态服务功能和南部高密度人群的高品质生活需求.

2) 提高北部农用地保护水平,禁止建设用地无限制扩张.农用地在粮食供应、雨洪调蓄、地下水补给等方面发挥着重要作用^[33—36],但研究发现建设用地在快速增加,而农用地在大幅度减少,且高值聚集区逐渐向北部移动,因此在北部要不断完善和细化基本农田保护制度,严禁建设用地、交通用地的无限制扩张,以维护农田生态系统服务的完整性,同时可与北部黄河流域生态保护和高质量发展的国家战略相结合,推进传统农业向休闲观光农业转型升级,为研究区优质生态空间的形成提供坚实的基础.

3.3 研究展望

“保护城市群融合区域的优质生态空间,提升城市群融合区域的国土生态品质”是促进我国城市群健康发展的重要途径^[3],城市融合区的建设应把农田、绿地和水体等优质生态空间的发展摆在重要位置,实现其与建设用地、交通等的同步提升.研究将进一步探索连续尺度上景观格局空间关联性的变化机制,以更好地探讨其内在的演变规律,同时扩大对城市融合区的研究范围和景观格局指数的选择,进一步关注城市

融合区生态廊道的发展,更全面地为郑州大都市区城市融合区的规划与建设提供科学依据。

4 结 论

本研究应用景观指数和空间统计学等方法,研究了白沙组团景观格局时空变化及空间自相关动态特征。

1) 在 2007—2018 年“郑汴一体化”融合发展中,研究区整体景观破碎化加剧,多样性提升,连通性降低。斑块面积比分析结果显示农用地虽然保持最大值,但减小幅度最大,建设用地增长较快,绿地、水体增幅不大。

2) 景观格局指数在总体上都表现出空间正相关,景观多样性、景观破碎度及农用地、交通用地的空间正相关性随时间增强,空间聚集现象加剧。在 $1.5\text{ km}\times 1.5\text{ km}$ 尺度上,2018 年景观破碎化和多样性的空间正相关性较高,高值区聚集现象突出;在 $0.5\text{ km}\times 0.5\text{ km}$ 尺度上,水体的空间正相关性最高,绿地的高值聚集区域较多。说明景观破碎化聚集区域较广,绿地、水体的发展局限于小区域加强。

3) 景观格局特征的聚集现象随时间推移形成南北差异:景观破碎化和多样性及绿地、建设用地、交通用地的高高聚集区逐渐向南部集中,南部成为景观整合与重构的主场地,而北部逐渐成为农用地集约发展地,景观连通性在高值区聚集。

4) 规划政策等人为因素驱动着景观格局的改变。建议南部要增加公园绿地、防护绿地、附属绿地等不同类型和功能的绿色空间,串联起 $0.5\text{ km}\times 0.5\text{ km}$ 尺度上片区集聚的绿地和水体,以实现绿色网络体系发展,减少 $1.5\text{ km}\times 1.5\text{ km}$ 等较大尺度上的景观破碎化;北部要通过完善和细化基本农田保护制度、禁止建设用地无限扩张、与国家战略相结合等策略来提高农用地保护水平。

参考文献:

- [1] FANG C L, YU D L. Urban Agglomeration: an Evolving Concept of an Emerging Phenomenon [J]. Landscape and Urban Planning, 2017, 162: 126-136.
- [2] 鲍朱佳,尹莹.扬州市公共设施规划布局——以城市融合区为对象[J].中华建设,2012(8): 86-87.
- [3] 夏超,黄强,易维良.“底线管控与品质营造”双导向下的城市群融合区域国土生态提升策略研究——以长株潭城市群生态绿心区域(长沙市南部片区)为例[C]//2019 中国城市规划年会论文集.重庆,2019: 1137-1144.
- [4] 黄琦,王宏志,顾江,等.城乡景观复杂度视角下的城乡交错带界限确定——以武汉市为例[J].经济地理,2019, 39(10): 71-77.
- [5] ZHOU T, KOOMEN E, KE X L. Determinants of Farmland Abandonment on the Urban-Rural Fringe [J]. Environmental Management, 2020, 65(3): 369-384.
- [6] HOU L, WU F Q, XIE X L. The Spatial Characteristics and Relationships between Landscape Pattern and Ecosystem Service Value along an Urban-Rural Gradient in Xi'an City, China [J]. Ecological Indicators, 2020, 108: 105720-1-105720-10.
- [7] PEACOCK A, PEMBERTON S. The Paradox of Mobility for Older People in the Rural-Urban Fringe [J]. Journal of Rural Studies, 2019, 70: 9-18.
- [8] 付凯,王卓琳,韩添.城市边缘区的空间划分、演化及特征——基于 2000 年以来西安的实证研究[J].华中建筑, 2019, 37(11): 61-65.
- [9] 张利利,厉月桥,李锐.海口市 2000—2015 年城乡交错带景观格局梯度变化研究[J].西南林业大学学报(自然科学), 2018, 38(1): 133-139.
- [10] 杨沅志,薛冬冬,张浩,等.快速城市化地区城市森林景观破碎化的动态演变分析[J].华南农业大学学报,2016, 37(4): 97-104.
- [11] 邬建国.景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M].2 版.北京:高等教育出版社,2007.
- [12] 张金茜,巩杰,马学成,等.基于 GeoDA 的甘肃白龙江流域景观破碎化空间关联性[J].生态学杂志,2018, 37(5): 1476-1483.

- [13] 郭恒亮,刘如意,赫晓慧,等.郑州市景观多样性的空间自相关格局分析[J].生态科学,2018,37(5):157-164.
- [14] 董玉红,刘世梁,安南南,等.基于景观指数和空间自相关的吉林大安市景观格局动态研究[J].自然资源学报,2015,30(11):1860-1871.
- [15] PEARSON D R, WERTH V P. GeospatialCorrelation of Amyopathic Dermatomyositis with Fixed Sources of Airborne Pollution: a Retrospective Cohort Study [J]. *Frontiers in Medicine*, 2019, 6: 85-1-85-6.
- [16] BOSE S. Demographic andSpatial Disparity in HIV Prevalence among Incarcerated Population in the US: a State-Level Analysis [J]. *International Journal of STD & AIDS*, 2018, 29(3): 278-286.
- [17] SHI X M, QIN M Z. Research on theOptimization of Regional Green Infrastructure Network [J]. *Sustainability*, 2018, 10(12): 4649-1-4649-13.
- [18] 韩会然,杨成凤,宋金平.北京市土地利用变化特征及驱动机制[J].经济地理,2015,35(5):148-154,197.
- [19] 陈 玲.土地利用更新调查中遥感图像分类的方法和精度对比的研究[D].太原:太原理工大学,2010.
- [20] 吕霜霜,王子芳,王金柱,等.基于LUCC的生态服务价值变化研究[J].西南大学学报(自然科学版),2019,41(9):125-133.
- [21] 陈 铸,傅伟聪,黄钰麟,等.福州市土地利用景观格局变化及驱动力研究[J].西南师范大学学报(自然科学版),2020,45(1):99-107.
- [22] 李莹莹,黄成林,张 玉.快速城市化背景下上海绿色空间景观格局梯度及其多样性时空动态特征分析[J].生态环境学报,2016,25(7):1115-1124.
- [23] ZHANG D, WANG W J, ZHENG H F, et al. Effects ofUrbanization Intensity on Forest Structural-Taxonomic Attributes, Landscape Patterns and Their Associations in Changchun, Northeast China: Implications for Urban Green Infrastructure Planning [J]. *Ecological Indicators*, 2017, 80: 286-296.
- [24] MARTINHO V J P D. ForestFires across Portuguese Municipalities: Zones of Similar Incidence, Interactions and Benchmarks [J]. *Environmental and Ecological Statistics*, 2018, 25(3): 405-428.
- [25] 张学斌,罗 君,石培基,等.格网尺度下张掖生态系统服务价值时空演变及地形梯度分异特征[J].应用生态学报,2020,31(2):543-553.
- [26] 洪武扬,李飞雪.土地利用格局空间关联分析——以浙江省桐庐县为例[J].地理信息世界,2013,20(5):36-41.
- [27] 崔迎新,李国军.深入推进郑汴一体化的问题研究[J].湖北经济学院学报(人文社会科学版),2013,10(2):24-25.
- [28] 李 宏.加快大郑州都市区建设、促进都市区与周边城市融合发展研究[J].美与时代(城市版),2017(11):1-2.
- [29] 仇江啸,王效科,逮 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.
- [30] 潘丽娟,张 慧,刘爱利.重庆市道路网络影响景观破碎化的阈值分析[J].生态科学,2015,34(5):45-51.
- [31] WU Z, CHEN R S, MEADOWS M E, et al. ChangingUrban Green Spaces in Shanghai: Trends, Drivers and Policy Implications [J]. *Land Use Policy*, 2019, 87: 104080-1-104080-11.
- [32] 段红腾,吴发启,杨一凡,等.近10年巴音河流域土地利用变化及驱动力分析[J].水土保持研究,2020,27(2):172-177.
- [33] LEE Y C, AHERN J, YE H C T. EcosystemServices in Peri-Urban Landscapes: The Effects of Agricultural Landscape Change on Ecosystem Services in Taiwan's Western Coastal Plain [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2015, 139: 137-148.
- [34] ROLF W, PAULEIT S, WIGGERING H. AStakeholder Approach, Door Opener for Farmland and Multifunctionality in Urban Green Infrastructure [J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2019, 40: 73-83.
- [35] 何青泽,谢德体,王 三,等.重庆市北碚区耕地多功能评价及时空演变分析[J].西南大学学报(自然科学版),2020,42(1):79-87.
- [36] 袁 零,杨庆媛.基于PSR框架的甘肃省环县耕地生态安全评价[J].西南师范大学学报(自然科学版),2019,44(6):60-68.