

蚌埠市 1995—2015 年土地利用及景观格局变化特征

孙梦蝶, 王小德

(浙江农林大学 风景园林与建筑学院、旅游与健康学院, 浙江 杭州 311300)

摘要: 以 1995、2005 和 2015 年蚌埠市 3 期遥感影像为数据源, 采用景观动态度、转移矩阵和景观指数 3 种方法, 分析了蚌埠市土地利用景观格局的时空演变特征。结果表明: (1) 1995—2015 年, 蚌埠市土地利用主要表现为耕地的主导利用和建设用地的开发改造, 总体开发程度较高, 土地利用动态变化和类型转移均以耕地和建设用地的变化为主, 研究期间耕地面积减少而建设用地增加, 林地、水域等生态用地虽有小幅增长, 但总体区域环境压力加大, 人地矛盾日益突出; (2) 在景观指数方面, 以耕地和建设用地的变化最为明显, 耕地的景观形状愈加复杂, 趋于零散分布; 建设用地的连通性增加, 趋于集中分布; (3) 在景观水平格局方面, 各景观类型的复杂程度和破碎程度增加, 不同景观所占比例趋于均衡发展, 整体上景观异质性增强, 景观格局趋于多样化, 区域人类干扰程度增强。以上研究结果可为区域土地资源利用和生态环境优化提供参考依据。

关键词: 土地利用; 景观格局; 动态变化; 景观指数; 蚌埠市

中图分类号: S771.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3776(2021)04-0070-07

Dynamic Changes of Land Use Types in Bengbu City from 1995 to 2015

SUN Meng-die, WANG Xiao-de

(School of Landscape Architecture, Zhejiang A & F University, Hangzhou 311300, China)

Abstract: Using the remote sensing images of Bengbu, Anhui province in 1995, 2005 and 2015 as data sources, the spatial and temporal changes of land use types were analyzed by landscape dynamic attitude, transfer matrix and landscape index. The results showed that area of farmland and development land occupied more than 90% of the total area of researched one from 1995 to 2015. Development land increased progressively, forest land and water area increased a litter, while farmland decreased progressively during the researching period. In terms of landscape index, the change of farmland and development land was the most obvious.

Key words: land use; landscape pattern; dynamic change; landscape index; Bengbu

土地利用作为地球表层系统最突出的景观标志, 由不同类型的斑块构成, 具有显著的时空特征, 对人类社会的经济发展和自然环境的生态功能具有重要影响^[1-2]。通过空间格局分析, 将土地利用的空间特征与时间过程联系起来, 可以更好地总结土地利用的动态变化特征^[3-8]。景观格局作为景观异质性的具体表现, 是大小不一的景观嵌体在空间分布组合的综合反映^[9-13]。通过分析研究土地利用和景观格局, 有利于了解景观现状, 揭示发展趋势, 对促进人类社会与自然生态的和谐发展具有重要意义^[14-16]。

蚌埠市是安徽省重要的综合性工业基地, 皖北地区商贸中心与加工制造业中心, 也是国务院批准的促进中部崛起、享受比照东北老工业基地政策的城市之一。在全国综合交通“五纵五横”运输通道中, 蚌埠市位于京

收稿日期: 2021-02-22; 修回日期: 2021-06-03

作者简介: 孙梦蝶, 硕士研究生, 从事风景园林植物应用研究; E-mail: 2507311894@qq.com。通信作者: 王小德, 教授, 从事风景园林植物应用研究; E-mail: 1056417075@qq.com@sina.com。

沪运输大通道上, 是华东地区重要的综合交通枢纽, 京台高速公路、宁洛高速公路等多条重要高速公路经过境内, 京沪铁路和淮南铁路交汇于此。境内有淮干流, 水运资源丰富, 具备“通江达海”的水运优势^[17-19]。近年来, 已有研究者对安徽省的土地利用进行了较为全面的分析研究^[20-22], 张柏秀等^[23]以 2000 年和 2005 年蚌埠市 TM 遥感影像为数据源, 在 Envi 以及 Fragstats 景观格局分析软件的支持下, 对蚌埠市土地利用变化信息以及其景观格局的动态特征进行了相关研究。本研究将通过分析 1995 年、2005 年和 2015 年的蚌埠市土地利用空间分布和构成及其动态变化, 结合景观指数等方法定量揭示蚌埠市近 20 年土地利用景观格局的时空演变特征, 以期对蚌埠市国土空间总体规划与发展提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

蚌埠市地处淮河流域, 位于安徽省北部, 地理坐标为 116°45' ~ 118°04' E, 32°43' ~ 33°30' N, 以淮河为界, 淮河以北为淮北平原的南缘部分, 地势开阔平坦, 由西北向东南倾斜; 淮河以南地形呈波状起伏, 主要分布地貌类型为丘陵。属北亚热带湿润季风气候与南温带半湿润季风气候区的过渡带, 四季分明, 气候温和。主要植被属暖温带落叶阔叶林。蚌埠市的人工林群落结构较为单一, 纯林多而混交林少, 多为黑松 *Pinus thunbergii*、马尾松 *P. massoniana* 与刺槐 *Robinia pseudoacacia*、麻栎 *Quercus acutissima* 的混交。全市森林覆盖率为 17.67%。蚌埠市处于东部沿海省市经济向中部、西部地区发展的过渡地带, 具有连接南北、承接东西的区位优势。全市现辖龙子湖区、蚌山区、禹会区、淮上区 4 个行政区以及怀远、五河、固镇 3 个县, 共设镇 43 个, 乡 12 个。截至 2015 年末, 蚌埠市户籍总人口有 366.60 万人, 其中, 非农业人口有 102.45 万人, 农业人口有 264.15 万人, 户籍城镇化率为 27.95%。全市 GDP 和人均 GDP 分别由 1995 年的 114.61 亿元和 3 650.65 元增长至 2015 年的 1 253.10 亿元和 38 267.00 元, 20 年间分别增长了 1 138.49 亿元和 34 616.35 元, 社会经济发展趋势稳步上升。

1.2 数据来源及处理

基础数据为 1995、2005 和 2015 年蚌埠市 3 期遥感数据, 空间分辨率为 30 m。该数据是基于 1995 年、2005 年和 2015 年蚌埠市的遥感影像解译得到, 经过波段提取、合成、几何纠正等处理, 通过人机交互目视解译以及混淆矩阵进行分类精度及总精度评价, 总体精度可达 90% 以上。根据安徽省土地类型分类标准, 结合蚌埠市土地资源的利用情况和遥感影像的特点, 在建立的解译标志的基础上, 将蚌埠市划分为耕地、林地、草地、水域、建设用地 5 种景观类型 (图 1)。在 ArcGis10.5 下将解译生成的图形数据以及相应的属性数据替换为 5 m × 5 m 的栅格格式, 最后导出为 GeoTiff 格式。导出的数据在 ArcGis10.5 下运用 Fragstats 4.2 计算和分析景观指数。

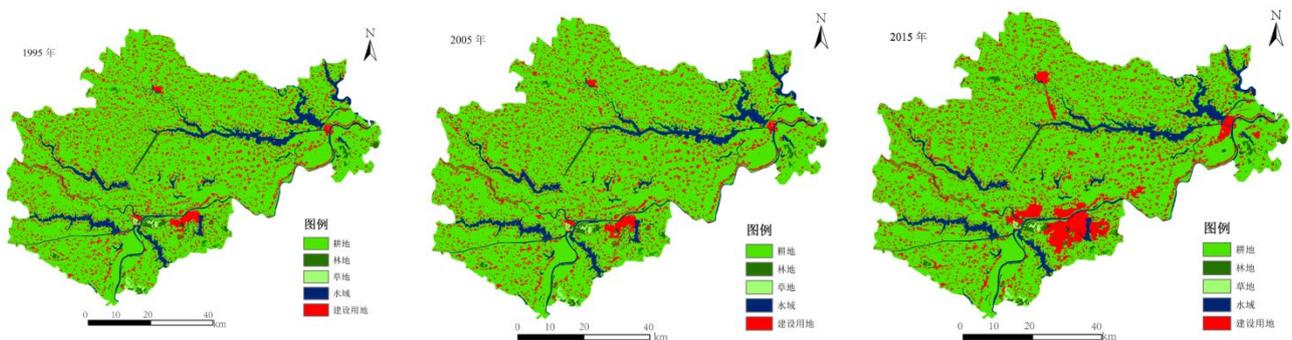


图 1 1995—2015 年蚌埠市土地利用景观类型图

Figure 1 Land types of Bengbu city in 1995, 2005 and 2015

1.3 研究方法

1.3.1 单一景观动态度 土地利用动态度是指景观类型变化的剧烈程度, 可以为土地利用的变化速度提供一个定量描述, 并对未来土地利用的变化趋势做出预测分析^[24-25], 其计算公式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中, K 表示某一景观类型动态度; U_a 和 U_b 分别为研究初期和末期某景观类型的面积, 单位为 km^2 ; T 为研究时段长。

1.3.2 景观转移矩阵 景观转移矩阵可以较为全面地反映区域的景观类型数量以及空间方向上的变化情况^[26-27]。研究中采用蚌埠市土地利用面积作为景观转移矩阵中的向量, 制作 1995—2005 年、2005—2015 年、1995—2015 年三个时期的转移概率矩阵, 其计算公式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \cdots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \cdots & P_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ P_{n1} & P_{n2} & \cdots & P_{nn} \end{pmatrix}$$

式中, P 表示某种景观类型的面积; P_{ii} 是指时段内该景观类型保持不变的面积; P_{ij} 指时段内由 i 种景观类型转化为 j 种景观类型的面积; n 为景观类型的种类。

1.3.3 景观指数 景观指数可以体现一个区域的景观结构和空间变化特征, 是高度浓缩的反映景观格局信息的定量参考标准。一套合理的景观指标需要充分反映景观格局类型的丰富程度、体现各斑块的形态特征、展示景观内各组成部分的空间分布特征^[28-30]。根据蚌埠市的土地利用和景观类型, 本文通过类型水平和景观水平两个尺度共选取 11 个景观指标进行分析; 类型水平选择斑块数 (NP)、平均斑块面积 (MPS)、斑块密度 (PD)、最大斑块指数 (LPI)、景观形状指数 (LSI)、斑块结合度数 ($COHESION$); 景观水平选择边缘密度 (ED)、蔓延度指数 ($CONTAG$)、聚合度指数 (AI)、香农多样性指数 ($SHDI$)、香农均匀度指数 ($SHEI$)。其计算在 Fragstats 4.2 软件实现。

2 结果与分析

2.1 景观结构特征

由表 1 可知, 蚌埠市的景观结构较为简单, 格局清晰, 1995—2015 年, 蚌埠市耕地所占的土地总面积的比例均超过 76%。2015 年, 蚌埠市的耕地面积为 455 119.11 hm^2 , 占土地总面积的 76.45%, 是蚌埠市占有绝对优势的景观类型; 其次是建设用地, 在 1995—2015 年, 建设用地的面积均超过 11%, 并呈逐年增长的趋势, 2015 年, 建设用地的面积为 90 192.06 hm^2 , 占土地总面积的 15.15%, 主要分布在蚌埠市的禹会区和龙子湖区附近; 水域包括淮河干流水系和怀洪新河水系两部分, 占土地总面积的 7.11%; 林地和草地面积最少, 分别为 6 021.00 hm^2 和 1 676.97 hm^2 , 占土地总面积的 1.01% 和 0.28%。

表 1 1995 年、2005 年和 2015 年蚌埠市各景观类型的面积及占比
Table 1 Land types, area and proportion of Bengbu city in 1995, 2005 and 2015

年份/年	项目	耕地	林地	草地	水域	建设用地
1995	面积/ hm^2	474 697.62	5 943.60	1 691.46	41 680.53	71 252.64
	比例/%	79.75	1.00	0.28	7.00	11.97
2005	面积/ hm^2	472 674.33	5 953.32	1 691.37	41 730.12	73 284.21
	比例/%	79.40	1.00	0.28	7.01	12.31
2015	面积/ hm^2	455 119.11	6 021.00	1 676.97	42 325.92	90 192.06
	比例/%	76.45	1.01	0.28	7.11	15.15

由表 1 可以看出, 1995—2015 年, 蚌埠市土地利用特点明显, 主要变化为林地、水域、建设用地均呈增加趋势, 其中林地面积和水域面积在 1995—2015 年逐年缓慢增长, 水域面积由 41 680.53 hm^2 增至 42 325.92 hm^2 , 变化较小, 建设用地面积由 71 252.64 hm^2 增至 90 192.06 hm^2 , 增长速度最快; 草地面积由 1 691.46 hm^2 减少至 1 676.97 hm^2 , 总体变化不大; 耕地面积呈逐年减少的趋势, 由 474 697.62 hm^2 减少至 455 119.11 hm^2 。

2.2 景观类型动态转移

由表 2 可知, 蚌埠市的建设用地是整个研究时期内动态度最高的地类, 为 0.013 3%, 其中 2005—2015 年是建设用地动态度最高的时间段, 为 0.023 1%; 耕地的动态度为 -0.002 1%, 在整个研究时期排第二位, 其动态度最高的时间段为 2005—2015 年, 为 -0.003 7%; 林地和水域的动态度仅次于耕地, 在研究期间均呈先增加后减少的趋势, 且都是在 2005—2015 年动态度值最高; 草地的动态度变化不明显, 动态值最低。

表 2 1995—2015 年蚌埠市景观动态度
Table 2 Dynamic change land type during 1995 to 2015 in Bengbu city

景观类型	1995—2005 年		2005—2015 年		1995—2015 年	
	面积变化/hm ²	动态度/%	面积变化/hm ²	动态度/%	面积变化/hm ²	动态度/%
耕地	-2 023.290 0	-0.000 4	-17 555.220 0	-0.003 7	-19 578.510 0	-0.002 1
林地	9.720 0	0.000 2	67.680 0	0.001 1	77.400 0	0.000 7
草地	-0.090 0	0	-14.400 0	-0.000 9	-14.490 0	-0.000 4
水域	49.590 0	0.000 1	595.800 0	0.001 4	645.390 0	0.000 8
建设用地	2 031.570 0	0.002 9	16 907.850 0	0.023 1	18 939.420 0	0.013 3

通过表 3 发现, 蚌埠市土地利用转化模式明晰, 各土地利用类型间的转化模式以耕地和建设用地的相互转入为主体; 1995—2015 年, 耕地转入建设用地的面积最多, 共 19 444.92 hm², 占耕地转出总面积的 93.03%; 建设用地主要表现为单向转入的趋势; 除草地外, 林地、水域的转出面积均少于转入面积, 二者转出面积仅占转移总面积的 3.52%。对比蚌埠市 1995—2005 年和 2005—2015 年两个时间段土地利用的转移情况可知, 在 2005—2015 年, 蚌埠市土地利用转移面积的变化幅度最大, 累计转移 20 581.87 hm², 其中耕地转出 18 858.26 hm², 占转移总面积的 91.63%, 建设用地转入 17 813.18 hm², 占转移总面积的 86.55%

表 3 1995—2015 年蚌埠市景观转移矩阵
Table 3 Transition matrix of land types during 1995 and 2015 in Bengbu city

年份/年	景观类型	类型				
		耕地/hm ²	林地/hm ²	草地/hm ²	水域/hm ²	建设用地/hm ²
1995—2005	耕地	472 604.85	0	0.09	5.31	0.99
	林地	18.27	5 935.05	0	0	0
	草地	0	0	1 691.37	0	0
	水域	50.67	0	0	41 675.04	0
	建设用地	2 023.83	8.55	0	0	71 251.65
2005—2015	耕地	453 767.95	28.47	6.42	396.21	872.82
	林地	188.93	5 815.21	5.18	6.90	3.71
	草地	5.53	4.86	1 663.80	0.58	1.66
	水域	1 211.00	7.14	0.76	41 066.20	28.52
	建设用地	17 452.80	96.62	14.44	249.32	72 376.05
1995—2015	耕地	453 748.62	28.32	6.50	393.44	853.14
	林地	206.46	5 797.21	5.18	6.80	3.63
	草地	5.35	4.86	1 663.81	0.58	1.66
	水域	1 244.15	7.14	0.76	41 019.94	28.26
	建设用地	19 444.92	105.05	14.44	248.86	70 364.51

2.3 景观指数变化特征

类型水平的景观指数见表 4。由表 4 可知, 3 个时期的研究区均以建设用地的 *NP* 最大, 远高于其他景观, 说明建设用地的破碎程度最高, 水域次之, 但整体变化较小。1995—2005 年, 耕地的 *NP* 和 *PD* 减少、*MPS* 增加, 2005—2015 年, 耕地的 *NP*、*PD* 增加、*MPS* 减少, 说明耕地景观的破碎化程度呈现出先减弱后增强的趋势, *LPI* 持续减少, *LSI* 不断增加, 表明耕地的优势度减弱而不规则性增加, 受到人类活动的干扰程度加强。1995—2005 年, 林地的 *NP*、*PD*、*LSI* 增加、*MPS* 减少, 2005—2015 年, 林地的 *NP*、*PD*、*LSI* 减少、*MPS*

增加,说明林地景观的破碎化程度趋于先增强后减弱的模式,20年间,*LPI*无明显变化,说明林地的优势度同过去持平,但是不规则性整体减弱。20年间,水域的*NP*、*PD*、*LSI*不断增加,*MPS*不断减少,*LPI*先减少后增加,说明水域景观的破碎化程度增加,景观优势度减弱,形状趋于不规则;草地的各类景观指数变化不显著,但景观趋于破碎化。20年间,建设用地的*NP*显著减少,*LSI*呈先增后减的整体减少趋势,*LPI*、*COHESION*持续增加,*MPS*增长显著,这是由于快速的城市化建设使得建设用地大量增加,20年间,建设用地景观不断由小斑块融合成大斑块,大的建设用地斑块数增多,建设用地的破碎度在不断减弱,景观的优势度趋于增强,表明建设用地逐渐趋于规整化,由于城市化的发展,蚌埠市的建设规划越来越趋于科学合理,改变了城市化初始阶段无序杂乱的发展模式。由于城市化建设发展与区域规划的关系,城市居住用地和公共企业用地不断增多,同时,随着社会经济的发展,使得公路、铁路等基础设施的密度逐渐加大,提高了建设用地的连通性和结合度,使得建设用地逐渐聚集成片,形成规模化发展的趋势。其他各类景观的连通性变化不明显。

表4 1995年、2005年和2015年蚌埠市类型水平景观指数
Table 4 Landscape index of land types of Bengbu in 1995, 2005 and 2015

年份/年	景观类型	<i>NP</i>	<i>MPS</i>	<i>PD</i>	<i>LPI</i>	<i>LSI</i>	<i>COHESION</i>
1995	耕地	62	7 656.413 2	0.010 4	52.111 0	37.981 3	99.963 6
	林地	59	100.739 0	0.009 9	0.133 6	13.807 4	98.210 8
	草地	26	65.056 2	0.004 4	0.055 1	7.625 5	97.411 8
	水域	150	277.870 2	0.025 2	4.702 3	29.242 3	99.765 2
	建设用地	3 374	21.118 2	0.566 8	0.511 8	71.897 2	94.720 6
2005	耕地	61	7 748.759 5	0.010 2	51.946 5	38.588 1	99.963 3
	林地	60	99.222 0	0.010 1	0.133 5	13.912 6	98.198 3
	草地	26	65.052 7	0.004 4	0.055 1	7.625 5	97.411 7
	水域	152	274.540 3	0.025 5	4.702 2	29.303 2	99.764 8
	建设用地	3 378	21.694 6	0.567 4	0.550 3	72.261 5	94.868 0
2015	耕地	125	3 640.952 9	0.021 0	50.478 8	39.852 8	99.962 0
	林地	59	102.050 8	0.009 9	0.133 5	13.588 8	98.231 5
	草地	27	62.110 0	0.004 5	0.055 0	7.602 2	97.418 0
	水域	190	222.768 0	0.031 9	4.734 9	29.766 8	99.760 0
	建设用地	3 260	27.666 3	0.547 6	1.425 7	67.618 6	96.455 4

景观水平景观指数见表5。从表5中可看出,20年间,*ED*增加、*CONTAG*和*AI*减少,说明研究区景观边缘形状逐渐趋于复杂化、景观的离散程度增加、空间聚集性减弱;*SHDI*和*SHEI*增长,说明研究区各类型斑块在景观中所占比例差异逐渐缩小并趋向均匀分布,景观类型的多样性和丰富程度得到提高,这是由于耕地的减少、建设用地、林地和水域增加,各景观类型所占比例差异逐步减小,使得蚌埠市近20年的景观格局趋于复杂化,景观异质性得到增强。以上分析表明,近20年,蚌埠市景观格局受人类活动影响明显,且人类活动的干扰程度逐年增强。

表5 1995年、2005年和2015年蚌埠市景观水平景观指数
Table 5 Landscape index of Bengbu in 1995, 2005 and 2015

年份/年	<i>ED</i>	<i>CONTAG</i>	<i>AI</i>	<i>SHDI</i>	<i>SHEI</i>
1995	17.103 6	74.938 5	97.405 0	0.683 4	0.424 6
2005	17.421 1	74.670 7	97.367 5	0.690 1	0.428 8
2015	17.833 2	72.914 6	97.306 8	0.742 2	0.461 1

3 结论与讨论

3.1 结论

1995—2015 年, 蚌埠市各土地利用类型总体呈“三增两减”的变化趋势, 具体表现为建设用地面积逐年递增, 林地、水域面积小幅增长, 耕地面积持续减少, 草地面积稍有下降。其中, 耕地和建设用地作为区域土地利用的主要组成部分, 二者的面积之和占研究区总面积的 90% 以上。20 年间, 耕地、水域、建设用地的土地利用动态变化明显, 区域土地利用转移模式以耕地的转出和建设用地的转入为主, 20 年间, 建设用地累计转入 19 444.92 hm², 其中有 93.03% 的面积来源于耕地, 说明建设用地的空间布局与耕地的格局变化密切相关。

从景观指数分析表明, 研究区各景观类型的数量和分布在 1995—2015 年均有所变化, 但在变化趋势上有所区别。其中, 耕地和水域的景观形状趋于复杂, 景观破碎程度增加, 二者的连接性较弱; 建设用地的数量和规模增加, 其景观优势度和连通性均有增强, 逐渐趋于集中分布; 而林地和草地相对变化较小。整体上, 各景观类型所占比例逐渐趋于均衡发展, 区域异质性增强, 景观格局趋于复杂化和多样化。

3.2 讨论

1995—2015 年, 蚌埠市的土地利用结构发生了一定程度的变化, 其中, 在 2005—2015 年, 土地利用的动态变化最为明显, 但整体土地利用类型变化缓慢^[31]。2005—2015 年, 我国中部地区的土地利用平均效率约为 0.95, 东部地区的土地利用平均效率在 0.94, 而蚌埠市的土地利用效率则不足 0.50^[32-33], 土地利用效率数值较低, 区域整体土地资源开发尚有一定的上升空间。

20 年间, 由于城市化和社会经济的快速发展, 蚌埠市土地利用景观格局发生了一定程度的变化。在蚌埠市政府发布的《蚌埠市土地利用总体规划(2006—2020 年)》以及《蚌埠市水土保持规划(2018—2030 年)》中明确指出, 要协调保护农用地和保障经济发展用地间的关系, 调整土地利用模式, 合理安排建设用地, 加强土地生态环境建设, 从而促进区域土地利用节约集约发展。结合蚌埠市土地利用景观格局变化的分析和结果可知, 近年来, 随着经济建设的发展, 区域内各类生产建设项目不断增多, 建设用地规模扩大, 不可避免地占用了部分耕地以及生态用地, 土地供需矛盾日益明显, 低效的土地资源配置及不合理的景观要素规划给城市的长期发展带来一定的阻碍。

因此, 针对本文研究中所反映的相关问题, 缓解区域资源环境与可持续发展间的矛盾, 应当进一步调整区域土地利用模式, 重点把握农业用地和建设用地的结构调整, 优先安排区域基本农田, 划定永久基本农田保护红线, 保障区域粮食安全; 优化基础设施用地布局, 加强此类用地的制度审核和监督管理, 合理规划城市建设用地; 拓展城乡绿色空间用地, 调整生态用地布局, 发挥城市景观的生态功能等。

参考文献:

- [1] 史培军. 人地系统动力学研究的现状与展望[J]. 地学前缘, 1997, 4(12): 201-211.
- [2] 唐秀美, 陈百明, 路庆斌, 等. 城市边缘区土地利用景观格局变化分析[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(8): 159-163.
- [3] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1): 5-16.
- [4] 王军, 严慎纯, 白中科, 等. 土地整理的景观格局与生态效应研究综述[J]. 中国土地科学, 2012, 26(9): 89-96.
- [5] 王航, 秦奋, 张军, 等. 土地利用及景观格局演变对生态系统服务价值的影响[J]. 生态学报, 2017, 37(4): 1286-1296.
- [6] 彭建, 王仰麟, 张源, 等. 土地利用分类对景观格局指数的影响[J]. 地理学报, 2006, 61(2): 157-168.
- [7] 谢花林. 土地利用生态安全格局研究进展[J]. 生态学报, 2008, 12(28): 630-6311.
- [8] 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]. Adv Space Res, 2014, 53(3): 463-473.
- [9] 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.
- [10] 王仰麟, 赵一斌, 韩荡. 景观生态系统的空间结构: 概念、指标与案例[J]. 地球科学进展, 1999, 14(3): 235-241.
- [11] 邬建国. 景观生态学概念与理论[J]. 生态学杂志, 2000, 19(1): 42-52.
- [12] 陈文波, 肖笃宁, 李秀珍. 景观指数分类、应用及构建研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13(1): 121-125.
- [13] 张秋菊, 傅伯杰, 陈利顶. 关于景观格局演变研究的几个问题[J]. 地理科学, 2003, 23(3): 264-270.
- [14] 傅伯杰, 吕一河, 陈利顶, 等. 国际景观生态学研究新进展[J]. 生态学报, 2008, 28(2): 0798-0804.
- [15] 陈利顶, 刘洋, 吕一河, 等. 景观生态学中的格局分析: 现状、困境与未来[J]. 生态学报, 2008, 28(11): 5521-5531.
- [16] FOX J. Land use and landscape dynamics in northern Thailand-Assessing change in three upland watersheds[J]. Ambio, 1995, 24(6): 328-334.