

基于支持向量机的六安市城区多源景观格局演化分析

李陶¹, 孙贤斌^{2*}, 胡莎莎¹, 杨佳² (1. 安徽省金寨县城乡规划局, 安徽六安 237300; 2. 皖西学院环境与旅游学院, 安徽六安 237010)

摘要 通过收集六安市城区多源多时相卫星影像数据, 采用支持向量机分类方法和 GIS 技术, 分析了 2009—2017 年的景观格局演化情况。结果表明: ① Sentinel-2 影像地物解译特征显著, 图像分辨率满足地物类别识别, 总体分类精度达 92.41%; ② 在景观结构动态变化中, 水域基本保持稳定, 建设用地面积增长了约 3.4 倍, 且向东扩展趋势明显; 耕地和林地面积总量逐年下降, 在东部区域趋于破碎化; 未利用地则受建设用地扩大速度的影响, 一直处于波动变化中; ③ 在景观格局演化中, 水域保持动态平衡状态, 建设用地和耕地增加量分别达 80.61% 和 55.64%, 林地和未利用地面积减少明显, 分别达 63.39% 和 72.33%; ④ 演化后期的建设用地和林地演化速度明显加快, 而耕地面积速度开始下降, 城市扩展显著。

关键词 景观格局; 支持向量机; 多源遥感影像; 六安市

中图分类号 TP79 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)31-0056-05

Evolution of Landscape Pattern Analysis Based on Support Vector Machine of Multi-sources' Satellite Images in Lu'an Urban Area

LI Tao¹, SUN Xian-bin^{2*}, HU Sha-sha¹ et al (1. Urban and Rural Planning Bureau of Jinzhai County, Lu'an, Anhui 237300; 2. School of Environment and Tourism, West Anhui University, Lu'an, Anhui 237010)

Abstract By multi-sources' and multi-temporal satellite images data gathering, the evolution of landscape pattern in 2009-2017 years in Lu'an city was analyzed by using support vector machine classification and GIS technology. The results showed: ① The feature interpreting of image object is significant on Sentinel-2 satellite image, also the image resolution to meet the object classes identified standard and the overall classification precision reaches 92.41%. ② In the dynamic change of Landscape structure, the water area remained stable, construction area increased by about 3.4 times and the eastward expansion tendency is obvious; the total amount of arable area and forest area decreased year by year in the eastern region and tends to be fragmented; unused areas is affected by the expansion of construction area, which has been in the wave changes. ③ In landscape evolution, water area maintains the dynamic equilibrium state, construction area and arable area increased respectively by 80.61% and 55.64%, forest area and unused land reduced significantly by 63.39% and 72.33% respectively. ④ In the later stage of evolution, the construction area and arable area has been speeded up obviously, and the evolution rate of arable land began to decline, also the urban expansion is remarkable.

Key words Landscape structure; Support vector machine; Multi-sources' remote sensing images; Lu'an City

景观格局是指景观要素在空间上的分布情况, 也是衡量城市环境与可持续发展水平的重要指标。近 20 年来, 我国城市化发展迅猛, 导致部分区域景观格局发生了明显变化, 由此引发的人地矛盾和环境问题日益突出, 已成为众多学者研究的热点。刘铁冬等^[1] 基于高分辨率影像, 利用 GIS 分析了哈尔滨市城区的绿地景观格局变化; 胡瀚文等^[2] 采用扩展强度指标重点研究了上海市城市用地扩展的时空特征; 李永梅等^[3] 基于多维视角, 构建主成分分析模型, 探讨了杭州市城市化扩展的趋势和驱动力; 吴巍等^[4] 运用 Sleuth 模型, 模拟与预测了泉州市城区景观要素的空间演化格局。上述研究中, 学者大多关注东部一、二线等大型城市, 对于社会经济发展与城市化水平相对滞后的中西部三、四线城市, 尤其是生态园林型城市的景观格局研究较少^[5]。据此, 及时加强后者的景观格局变化研究, 对于提升这些城市的可持续发展质量、改善生态环境及缓和人地矛盾均具有重要的现实意义。笔者基于六安市城区多源多时相卫星影像, 采用支持向量机方法, 进行了多源精度分析、景观结构动态变化分析和景观格局演化分析等研究, 并探讨了景观格局演化趋势和驱动力, 以期为城市规划和国土管理部门宏观决策提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 六安市位于安徽省西部, 辖金寨、霍山、霍邱和舒城 4 县, 金安、裕安、叶集 3 区, 总面积约 15 600 km²。根据六安市总体规划(2008—2030 年)确定的中心城区范围, 兼顾近年来东部新城和城南地区快速发展的实际情况, 确定研究区位于 116°22'40"~116°42'39" E 和 31°37'44"~31°52'43" N(图 1), 北至 G42 沪蓉高速, 南达金安城南镇南部, 西至 G35 济广高速, 东达金安区东部边界, 总面积约为 830 km²。近年来, 六安市城区快速发展, 城区面积

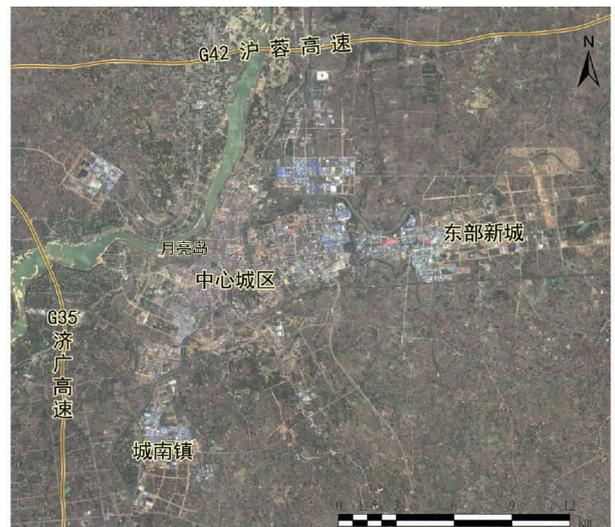


图 1 研究区地理区位

Fig. 1 Geographical location of the study area

基金项目 皖西学院 2016 年度校级科研项目(WXZR201635); 皖西学院 2016 年度校级质量工程项目(2016wxy31, 2016wxy10)。

作者简介 李陶(1991—), 男, 安徽长丰人, 助理工程师, 硕士, 从事城乡规划与 GIS、遥感应用研究。* 通讯作者, 教授, 博士, 从事资源生态与 GIS 应用研究。

收稿日期 2017-09-15

不断扩大,初步形成了“一核、两轴、六区”的空间发展体系,同时正努力打造加工制造业基地、皖江城市带承接产业转移基地和滨水园林特色的现代化宜居城市^[6]。

1.2 数据来源 运用春季地物综合分辨性能较好的理论^[7],同时考虑到数据的可获取性和可操作性,分别选取2009年(Landsat-5)、2013年(Landsat-8)和2017年(Sentinel-2)4月的假彩色卫星影像(云量均低于5%且地物分辨性能较好),各影像元数据信息见表1。

表1 六安市城区多源多时相影像元数据信息

Table 1 Metadata information of multi-source and multitemporal images in Lu'an urban area

影像日期 Image date	卫星类型 Satellite type	假彩色影像分辨率 False color image resolution//m	假彩色影像波段组合 False color image band combination
2009-04-08	Landsat-5	30	B4、B3、B2
2013-04-28	Landsat-8	15	B5、B4、B3
2017-04-15	Sentinel-2	10	B8、B4、B3

1.3 数据处理 为充分利用 Landsat-8 影像的纹理信息,提升影像分辨率,将多光谱(B5、B4、B3)波段和全色波段(B8)进行融合处理,使其实际分辨率提升为15 m。多时相影像处理的技术方法见图2。

此外,为了充分对比不同类型影像所含的地物信息度和分辨精度,提高分类结果的客观性和可信性。运用灰度共生矩阵分别得出多时相影像的纹理特征值,将对对比度、平均值和变异值等信息进行组合分类处理^[8]。

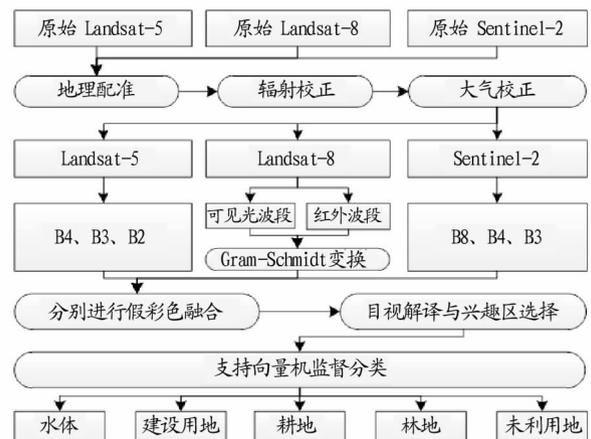
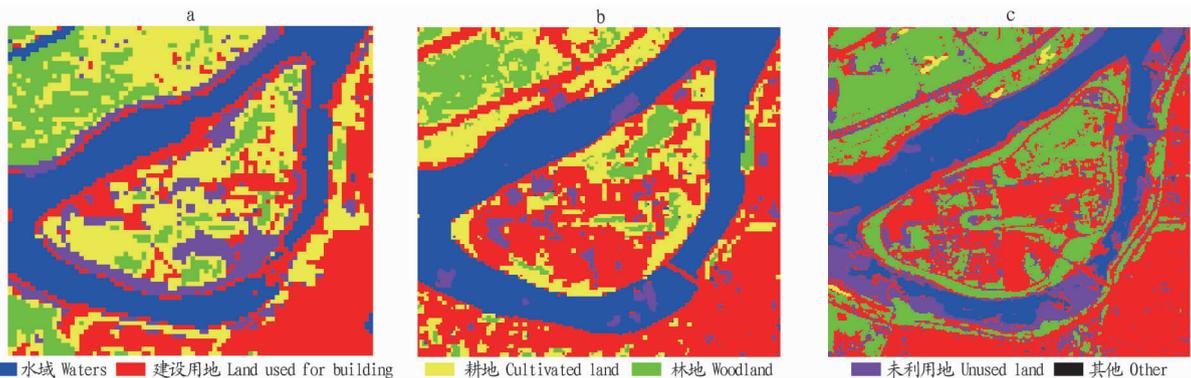


图2 多源卫星影像处理流程

Fig. 2 Processing flow of multi-source satellite image

1.4 影像解译与精度分析 相对于一般影像监督分类方法而言,支持向量机(support vector machine, SVM)方法将向量映射到一个更高维的空间,根据有限的样本信息在模型的复杂性和学习能力间寻求最佳折衷。该方法的优点在于:在样本练习上结构风险最小,无须进行降维运算,且在算法收敛性、练习速度和分类质量上均具有优良性能,已获得众多学者的青睐^[9]。为验证多时相影像的分类精度,以月亮岛区域为训练样本,选择支持向量机方法进行景观要素监督分类,结果见图3。



注:a. Landsat-5(2009年,30 m);b. Landsat-8(2013年,15 m);c. Sentinel-2(2017年,10 m)

Note: a. Landsat-5(2009, 30 m); b. Landsat-8(2013, 15 m); c. Sentinel-2(2017, 10 m)

图3 六安市城区月亮岛支持向量机监督分类结果

Fig. 3 SVM supervised classification results of Lu'an City Moon Island

对照分类结果,同时参考 Google Earth 影像的高分辨率纹理特征和实际地物调查,得出上述影像的分类精度和 Kappa 系数(表2)。

表2 多时相影像分类精度和 Kappa 系数信息

Table 2 Classification accuracy and Kappa coefficients information of multi temporal images

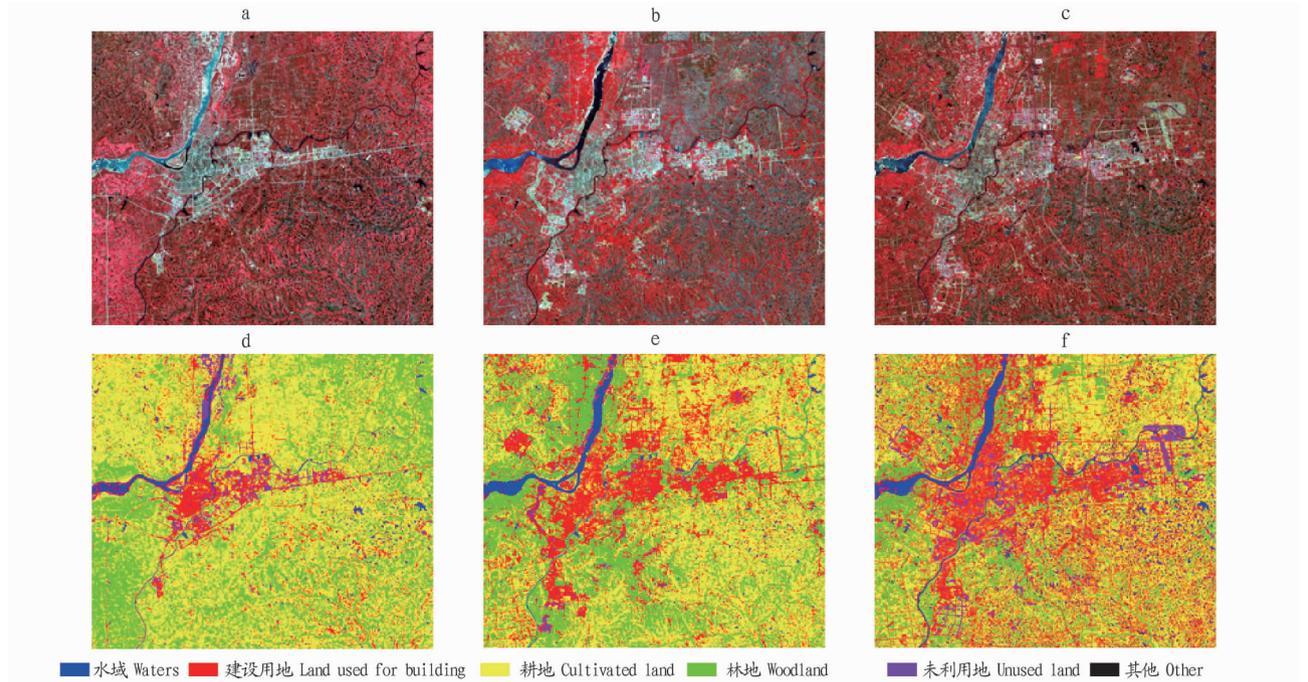
类型 Type	分类精度 Classification accuracy //%	Kappa 系数 Kappa coefficients
Landsat-5	76.56	0.764
Landsat-8	85.19	0.838
Sentinel-2	92.41	0.906

分析发现, Sentinel-2 影像在分类精度和 Kappa 系数值上明显高于前2类影像。究其原因,主要是 Sentinel-2 卫星在2015年升空服役时携带了更为先进的多光谱传感器装置,覆盖13个光谱波段,成像图幅宽度达290 km,可提供有关城市化、农业、林业砍伐种植、海水污染等多方面的监测信息;该影像地物纹理特征明显,分辨率达10 m,其分类精度也达92.41%,在月亮岛影像上也可以清晰识别出环岛路的轮廓。鉴于其优异的地物信息丰富度和可辨度,可以预测 Sentinel-2 影像在今后的学科研究中将会有更好、更广阔的应用空间。

2 结果与分析

2.1 景观结构动态变化 运用支持向量机监督分类方法,

分别对研究区的多时相假彩色影像进行分类处理,得出各年份景观结构情况(图4)。



注:a~c.假彩色融合影像;d~f.景观要素分类结果;a,d为2009-04-08(Landsat-5);b,e为2013-04-28(Landsat-8);c,f为2017-04-15(Sentinel-2)

Note:a-c.False color fusion image;d-f.Classification results of landscape elements.a,d.2009-04-08(Landsat-5);b,e.2013-04-28(Landsat-8);c,f.2017-04-15(Sentinel-2)

图4 六安市城区景观格局演化状态

Fig.4 Evolution status of landscape pattern in Lu'an Urban Area

采用景观要素特征计算方法^[10],分别得出各景观要素面积(S)、所占百分比(R)、形状指数(LSI)和平均最近距离(MNN)等典型参数(表3),计算公式如下:

$$S = P \times A \quad (1)$$

式中, P 为要素图斑数; A 为单个图斑面积。

$$R = \frac{M}{\sum_{i=1}^n M_i} \times 100\% \quad (2)$$

式中, M 为各要素面积; M_i 为所有要素面积总和。

$$LSI = \frac{0.25E}{\sqrt{A}} \quad (3)$$

式中, E 为图斑边界总长度; A 为景观总面积。

$$MNN = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n h_{ij}}{N} \quad (4)$$

式中, h_{ij} 为每一图斑与其最近邻体距离的总和; N 为具有邻体的图斑总数。

表3 2009—2017年六安市城区景观要素典型指标信息

Table 3 Typical index information of landscape elements in Lu'an City during 2009-2017

指标 Index	要素面积 Factor area(S)//km ²			要素所占百分比 Percentage(R)//%			形状指数 Shape index(LSI)			平均最近距离 Average nearest distance(MNN)//m		
	2009年	2013年	2017年	2009年	2013年	2017年	2009年	2013年	2017年	2009年	2013年	2017年
水域 Waters	20.47	25.41	36.45	2.46	3.06	4.39	52.44	44.79	48.25	225.92	225.27	222.45
建设用地 Land used for building	75.00	180.26	252.50	9.02	21.68	30.38	130.35	151.91	186.90	97.18	68.71	56.78
耕地 Cultivated land	541.90	443.81	402.77	65.18	53.38	48.46	121.82	133.20	138.19	72.40	87.36	91.90
林地 Woodland	175.59	173.27	99.03	21.12	20.84	11.92	133.80	133.45	100.72	87.20	89.42	102.91
未利用地 Unused land	18.45	8.66	40.34	2.22	1.04	4.85	56.86	48.06	50.38	156.66	189.98	176.48

由表3可知,5种景观要素均发生明显变化,其中水域和建设用地总量不断增长,而耕地和林地则呈下降趋势,未利用地则处于波动变化中,具体情况如下:

(1)水域。六安市城区水域主要由淠河、淠史杭干渠、三元河及湖泊组成。水域总量由2009年的20.47 km²增加至

2017年的36.45 km²,占景观结构总量的百分比也由2.46%上升至4.39%;景观形状指数增加和平均最近距离降低,均表明水域的空间分布格局趋于复杂化,而细节要素间趋于聚合化。

(2)建设用地。2009—2017年城区建设用地面积呈急剧

扩大态势,尤其在东部新城、城南地区和金安区经济开发区较为显著,顺 312 国道为主轴向东延伸趋势十分明显。建设用地总量由 75.00 km² 猛增至 252.50 km²,扩大了约 3.4 倍。由此导致建设用地形状指数快速增长,而要素间平均最近距离减少,空间聚合程度得以急剧加强。

(3) 耕地。随着城区建设用地总量的快速扩大,占用大量耕地资源,导致耕地总量由 2009 年的 541.90 km² 下降至 2017 年的 402.77 km²;形状指数和平均最近距离同时增加,表明耕地在空间上的分布趋于离散化和破碎化。

(4) 林地。与耕地变化相同,林地总量也呈减少趋势,由 175.59 km² 下降至 99.03 km²,在城区东南部林地减少尤为明显,主要是由于该阶段城区建设和耕地复垦等活动大规模占用共同造成,导致林地在空间分布上也趋于破碎化。

(5) 未利用地。城区的未利用地主要由河岸砂石堆积和工程填挖土石方构成。研究表明,未利用地在 8 年中受城市化进程变化影响,处于波动变化中。其中,2013—2017 年间

未利用地面积随着城区建设用地急剧扩大而迅速增加至 40.34 km²,且主要分布在东部新城和城南地区。

上述结果表明,2009—2017 年六安市城区在景观结构方向上,建设用地和未利用地向东和向南变化趋势明显,而耕地和林地东部总体上趋于破碎化,水域则基本稳定。在结构总量上,建设用地一直呈快速增加态势,与此相反,耕地和林地则随之减少,其中林地总量下降速度较为明显。水域增加且保持基本稳定,而未利用地则受建设用地扩大速度制约,一直处于波动变化中。

2.2 景观格局演化 为探讨景观要素间内部流动情况,运用 ENVI 转移矩阵原理^[11],分别计算 2009—2013、2013—2017 和 2009—2017 年的要素变化值,并生成相应的景观要素变化量,研究多时相影像景观格局演化规律^[12],结果见表 4。由表 4 可知,2009—2017 年各类景观要素均发生了一定的流动转移,其中水域基本稳定,建设用地和耕地明显增加,而林地和未利用地则显著减少。

表 4 六安市城区景观要素演化转移矩阵

Table 4 Evolution matrix of landscape elements in Lu'an City

%

年份 Year	类型 Type	景观要素 Landscape elements					变化量 Variation
		水域 Waters	建设用地 Land used for building	耕地 Cultivated land	林地 Woodland	未利用地 Unused land	
2009—2013	水域	75.51	6.16	0.61	0.08	10.31	-7.33
	建设用地	5.96	45.66	19.29	16.04	65.51	52.46
	耕地	17.41	41.52	56.92	55.89	13.69	85.43
	林地	0.92	4.96	22.22	27.14	6.92	-37.84
	未利用地	0.20	1.70	0.96	0.85	3.57	-92.72
2013—2017	水域	78.05	1.43	2.81	0.87	1.07	-15.77
	建设用地	16.10	48.12	27.57	20.02	54.42	66.23
	耕地	2.35	38.22	59.14	39.61	26.71	66.03
	林地	0.54	3.83	6.65	35.86	4.74	-48.38
	未利用地	2.96	8.40	3.83	3.64	13.06	-68.11
2009—2017	水域	79.21	7.78	2.22	0.31	9.95	-0.53
	建设用地	15.88	50.86	30.72	18.68	64.47	80.61
	耕地	2.10	29.88	51.11	57.13	15.42	55.64
	林地	0.68	2.58	11.25	20.33	1.77	-63.39
	未利用地	2.13	8.90	4.70	3.55	8.39	-72.33

(1) 2009—2017 年水域流动基本稳定,仅减少 0.53%。究其原因,主要是六安市注重保持水域面积和质量稳定,同时将少部分难以使用的建设用地和未利用地进行了水域建设,维持其动态平衡。

(2) 在演化期内,建设用地总量增加了 80.61%,在经济开发区、东部新城和城南地区尤为明显。其中,30.72% 的原有耕地和 64.47% 的原有未利用地大规模流入建设用地,导致城区面积的扩大和景观要素格局的改变。

(3) 耕地在演化过程中呈扩大趋势,增加量达 55.64%。在城区发展占用耕地的同时,近年来随着郊区和农村土地流转和复垦的加快,29.88% 的原有建设用地和 57.13% 的原有林地不断流入耕地,使得城区在建设用地扩大的同时,也保证了耕地总量的稳步提升。

(4) 在 8 年演化期中,林地明显减少,流出量达 63.39%,且主要集中在城区北部和东南部。由于该区域城市化进程

加快及土地复垦政策推进,18.68% 和 57.13% 的原有林地分别流出至建设用地和耕地,而与此相对应的林地补充不足,导致林地持续减少。

(5) 在演化期内,未利用地减少了 72.33%,主要是由于 64.47% 的原有未利用地流出至建设用地,使得城区土地利用更加合理化,减少了未利用地闲置造成的土地浪费和景观格局失衡。

(6) 与演化期前期相比,后期(2013—2017 年)建设用地和林地演化速度明显加快,而与此相反,耕地流动速度开始下降,其余要素则出现小幅波动变化。

综上所述,六安市城区景观要素在 8 年的演化期间,呈现出 3 种演化模式,即水域稳定型、建设用地与耕地的流入型、林地与未利用地的流出型。建设用地大规模增加,与此相反,林地明显减少,这一现象值得有关部门引起重视。

3 结论与讨论

该研究基于2009—2017年的六安市城区多源多时相影像,采用支持向量机方法,重点分析了六安市城区景观格局演化,分析表明:景观要素格局总体上发生了较为明显的变化,要素间的流动转移也十分显著。

(1)在精度分析上,Sentinel-2影像由于具有较好的光谱性质和地物分辨率,整体性能明显优于Landsat-5和Landsat-8影像,采用Sentinel-2影像进行景观格局分析具有较高的分类精度和可信度,预测其应用前景和领域较为广阔。

(2)在景观格局动态变化上,形状指数值和平均最近距离值增加均表明景观要素在总体上趋于破碎化,而在细节要素间趋于聚合化。由此得出,水域基本稳定,建设用地总量明显增加且向东发展趋势明显;耕地和林地总量逐年下降,且在东部区域总体上趋于破碎化;未利用地受城市建设发展速度制约,处于波动变化中。

(3)在景观格局演化上,可划分为水域稳定型、建设用地与耕地的流入型、林地与未利用地的流出型3种类型。其中,其他景观要素大规模流入建设用地,而林地出现了明显流出现象。后期的建设用地和林地演化速度明显加快,而耕地变化速度开始下降,城市扩展显著。

(4)由于该研究基于多源影像,彼此间地物分辨率不尽

相同,且草地和园地等景观要素未加入探讨,对此,今后将继续进行深入研究,以期服务于六安市城市规划和国土管理工作。

参考文献

- [1] 刘铁冬,张佳佳,李羽佳.基于GIS技术的城市绿地景观格局动态变化:以哈尔滨市主城区为例[J].东北林业大学学报,2014(8):65-68,74.
- [2] 胡翰文,魏本胜,沈兴华,等.上海市中心城区城市用地扩张的时空特征[J].应用生态学报,2013,24(12):3439-3445.
- [3] 李永梅,张立根,张学俭,等.基于RS的杭州市城区扩展及驱动力分析[J].西北师范大学学报(自然科学版),2014(4):90-97.
- [4] 吴巍,周生路,魏也华,等.中心城区城市增长的情景模拟与空间格局演化:以福建省泉州市为例[J].地理研究,2013,32(11):2041-2054.
- [5] 梁保平,马艺芳,陈桂南.桂林市主城区建设用地扩张时空动态特征分析[J].广西师范大学学报(自然科学版),2015,33(4):152-159.
- [6] 孙贤斌,李传武,傅先兰.基于GIS六安城市景观格局优化研究[J].池州学院学报,2009,23(6):52-55.
- [7] 李强子,闫娜娜,张云飞,等.2010年春季西南地区干旱遥感监测及其影响评估[J].地理学报,2010,65(7):771-780.
- [8] 孙贤斌,刘红玉.土地利用变化对湿地景观连通性的影响及连通性优化效应:以江苏盐城海滨湿地为例[J].自然资源学报,2010,25(6):892-903.
- [9] 杜培军,单丹丹,夏俊士,等.北京一号小卫星数据的城市景观格局监测分析:以徐州市城区为例[J].地球信息科学学报,2010,12(6):855-862.
- [10] 吴莉,侯西勇,徐新良,等.山东沿海地区土地利用和景观格局变化[J].农业工程学报,2013,29(5):207-216,293.
- [11] 赵志轩,张彪,金鑫,等.海河流域景观空间梯度格局及其与环境因子的关系[J].生态学报,2011,31(7):1925-1935.
- [12] 林卉,刘培,杜培军,等.基于遥感影像的城市景观格局变化分析[J].国土与自然资源研究,2012(4):9-10.

(上接第49页)

32.46%、21.64%。产量比对照低的有新麦9817、邓麦996和

鄂麦19这3个品种,分别比对照减产21.98%、18.75%、17.43%。

表3 各品种产量结构及位次

Table 3 Yield components and precedence of different varieties

序号 No.	品种 Varieties	有效穗数 Number of effective panicle//万穗/hm ²	成穗率 Panicle rate//%	每穗粒数 Grain number per panicle//粒	千粒重 Thousand grain weight//g	理论产量 Theoretical yield kg/hm ²	增产率 Increasing rate//%	位次 Precedence
1	西科麦3号	547.5	80.8	28.2	44.01	5 779.5	8.29	5
2	襄麦35	498.0	63.2	35.2	41.31	6 159.0	15.40	3
3	鄂麦19	472.5	82.9	25.9	42.39	4 407.0	-17.43	7
4	矮麦027	549.0	62.0	32.9	42.30	6 492.0	21.64	2
5	先麦12	453.0	69.3	37.9	40.50	5 908.5	10.71	4
6	新麦9817	438.0	61.5	26.7	41.94	4 164.0	-21.98	9
7	鄂麦170	486.0	65.1	39.8	43.02	7 069.5	32.46	1
8	邓麦996	429.0	49.2	28.1	42.30	4 336.5	-18.75	8
9	郑麦9023(CK)	496.5	57.9	31.2	40.50	5 337.0	—	6

3 结论

该研究结果表明,鄂麦170、矮麦027、襄麦35、先麦12、西科麦3号等品种较对照郑麦9023增产明显,丰产性较好。鄂麦170和矮麦027长势和综合抗性较好,可大面积推广,应注意鄂麦170熟期。先麦12和襄麦35丰产性较好,但是纹枯病和赤霉病发生相对较重,在做好纹枯病和赤霉病防治,控制病害发生的情况下,仍可以大面积推广。西科麦3号抗倒伏能力弱,生产上应注意控制群体密度。新麦9817、邓麦996和鄂麦19产量较低,表现不佳,不宜在宜城市推广。试

验年度属特殊气候,该次展示试验数据仅供参考。

参考文献

- [1] 郭东升,李彩萍.小麦品种比较试验总结[J].农业科技通讯,2008(5):32-33.
- [2] 袁延乐,李祥惠.小麦品种比较试验[J].种业导刊,2014(12):14-15.
- [3] 李淑梅,马俊,董丽平,等.小麦品种比较试验[J].天津农林科技,2014(6):12-13.
- [4] 王书文,鲁飞,沈庆荣,等.2014—2015年度凤阳县小麦新品种比较试验[J].安徽农学通报,2016,22(6):43-44.
- [5] 吴岩松.小麦新品种比较试验[J].安徽农业科学,2016,44(7):43-45.
- [6] 胡立勇,丁艳锋.作物栽培学[M].北京:高等教育出版社,2008:191-195.