

# 特大城市新兴城区土地利用及景观格局变化研究

## ——以武汉市洪山区为例<sup>1</sup>

韩勇<sup>1</sup>, 高军波<sup>1</sup>, 余斌<sup>2</sup>

(1. 信阳师范学院地理科学学院, 河南 信阳 464000;

2. 华中师范大学城市与环境科学学院, 湖北 武汉 430079)

**【摘要】**: 新兴城区是快速城镇化进程中由城郊区向主城区转型的一种城市空间类型, 是特大城市土地利用变化的主要载体。以武汉市洪山区为研究对象, 利用景观生态学方法分析了该区 2000-2015 年土地利用变化特征。结果表明: 研究期间武汉市洪山区土地利用变化速率较快。从土地利用结构变化来看, 洪山区建设用地是景观转入主体, 城区基底面积增加、空间承载力增强。从土地利用空间变化来看, 洪山区建设用地供给系统稳定, 水域和农业用地景观破碎化程度加剧、空间范围缩小。洪山区城区边缘特征逐渐消失, 中心城区的城市特性进一步增显, 研究结论可为武汉市土地规划和城市发展提供一定的借鉴和启示。

**【关键词】**: 新兴城区; 土地利用; 景观格局; 武汉市; 洪山区

**【中图分类号】**: F301.24      **【文献标志码】**: A      **【文章编号】**: 1005-8141 (2018) 04-0506-07

### 1、引言

我国快速城镇化正在持续形成规模外延扩张和功能内涵提升有机结合的城市空间过程<sup>[1, 2]</sup>, 这种城市空间过程已催生出一类新的城区类型, 该类城区的典型特征是地域空间正在经历由城郊区向主城区的转型之中。在此过程中, 新兴城区土地覆盖情况发生了极大变化, 是特大城市土地利用变化的前沿阵地。以新兴城区为空间棱镜, 是进一步发掘我国特大城市快速城镇化进程中土地利用时空变化的重要载体。

土地利用/覆被变化与景观格局变化是地理学和景观生态学领域长期关注的热点问题<sup>[3]</sup>。尤其是进入 21 世纪以来, 我国城镇化速度以年均 1% 的速度增长, 进入快速城镇化阶段, 土地城镇化是其重要的表现形式之一。一方面, 在城市空间扩张的不同阶段, 土地利用景观类型在数量、面积、方向和强度上映射出不同的变化特征<sup>[4]</sup>。尤其是在城市空间快速扩张阶段, 农业用地、林地和水域景观向建设用地转移构成特大城市土地利用方式的主要类型<sup>[5, 6]</sup>。另一方面, 城镇化速度与土地利用景观格局变化的时间和空间序列之间存在明显的关联性。尤其是特大城市行政区域的频繁替换和加速转型引发土地利用景观格局的强烈变化, 异质化<sup>[7, 8]</sup>、破碎化<sup>[9, 10]</sup>成为其景观格局的一般特征。同时, 在动态的变化过程中, 特大城市综合土地利用表现出明显的从中

<sup>1</sup>[收稿日期]: 2018-02-07; [修订日期]: 2018-03-16

[基金项目]: 国家自然科学基金项目 (编号: 41671179)。

[第一作者简介]: 韩勇 (1983-), 男, 河南省信阳人, 博士, 讲师, 主要研究方向为区域发展与城乡规划、社会地理学。

[通讯作者简介]: 余斌 (1963-), 男, 河南省信阳人, 博士, 教授, 主要研究方向为区域发展与城乡规划。

心向边缘递减的空间趋势<sup>[11]</sup>，特大城市的边缘地区和新城市空间自然景观破碎化程度逐渐加剧<sup>[7, 12]</sup>。值得注意的是，伴随着特大城市空间形态多元化特征，新城市空间不断涌现，其土地利用研究成为当前研究热点。

本研究以武汉市洪山区作为研究对象，并借助景观生态学的研究方法对洪山区 2000-2015 年土地利用景观格局进行定量分析，以探索其快速城镇化进程中土地利用景观格局变化的一般特征及其空间规律，为我国特大城市发展规划提供一定的借鉴和启示。

## 2、研究区域、研究方法、数据来源及处理

### 2.1 区域概况

洪山区位于武汉市长江以南地区，是该市版图面积最大的中心城区（图 1）。全区行政区域总面积 480.2km<sup>2</sup>，其中辖区总面积 220.5km<sup>2</sup>、托管区总面积 259.7km<sup>2</sup>。2000 年以来，伴随着洪山区城区从“以城带郊”向“中心城区”的行政地位转变，城区发展提速，土地覆盖发生了剧烈变化。统计数据显示，2003 年洪山区固定资产投资 294283 万元，占武汉市投资总额的 17%，位列各城区之首，其中 41.8% 的部分用于城区基本建设。截止 2015 年底，洪山区全社会固定资产投资仍位列武汉市各行政区之首。在国民生产总值核算中，建筑业和房地产业均以年均 18.21% 和 27.11% 的速度增长，快速城镇化建设使洪山区在近 10 年内城区土地利用景观发生了极大变化，是武汉市城市外延扩张和内部更新同时发生变化的空间缩影。本研究以湖北省第二次国土调查洪山区行政范围（2000 年）为研究对象。

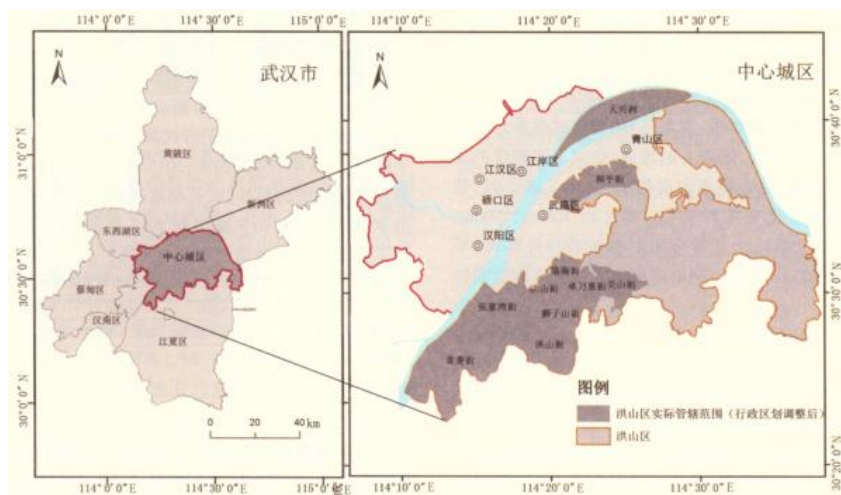


图 1 洪山区空间区位示意图

### 2.2 研究方法

破碎化指数：破碎化指数是用以反映景观格局的破碎化程度，随着人类活动的加剧，景观斑块数破碎化指数也随之增高。破碎化指数值越小，说明景观斑块具有较好的完整性；破碎化指数值越大，表明受人类活动干扰强度越大<sup>[13]</sup>。计算公式为<sup>[14]</sup>：

$$FN = \frac{N_p - 1}{N_c} \dots\dots\dots (1)$$

式中，FN 为破碎化指数；N<sub>p</sub> 为景观斑块总数；N<sub>c</sub> 为研究区总面积与最小斑块面积的比值。FN 的取值范围在 0-1 之间，0 表

示景观完全未被破坏即无生境破碎化的存在，1 表示给定性质的景观已完全破碎。

分维数指数：分维数指数可以定量描述某类型景观核心面积的大小及其边界线的曲折性。分维数越趋近于 1，说明景观斑块具有较小的核心面积和较大的边界曲折性，斑块的几何形状越趋于规则；反之，分维数越趋近于 2，说明景观斑块具有较大的核心面积和较小的边界曲折性，斑块的几何形状趋于不规则<sup>[13]</sup>。同时，分维数在某种意义上主要反映了系统对于空间的填充能力<sup>[15]</sup>。计算公式为<sup>[16]</sup>：

$$FD = \frac{2\ln(p/4)}{\ln A} \dots\dots\dots (2)$$

式中，FD 表示分维数；P 表示斑块周长；A 表示斑块面积。

核密度估计法：核密度估计法（Kernel Density Estimation, KDE）是一种非参数估计方法，其优点主要是可随意设定函数形式，解释变量与被解释变量的分布形式较少受到限制<sup>[17]</sup>。它认为地理事件可发生在空间的任何位置上，但是不同位置上的概率不一样<sup>[18]</sup>。通过核密度分析，可观测样本点分布的位置、延展性以及形状特征，从而得到关于整体分布状况的直观且清晰的描述<sup>[19]</sup>。此外，核密度估计法还被广泛应用于空间热点分析与探测研究中<sup>[20]</sup>。计算公式为：

$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n k\left(\frac{x - X_i}{h}\right) \dots\dots\dots (3)$$

式中， $k\left(\frac{x - X_i}{h}\right)$  称之为核函数；h>0 为带宽；(x-X<sub>i</sub>) 表示估值点 x 到事件 X<sub>i</sub> 处的距离<sup>[18]</sup>。

在核密度估计中，带宽（h）的确定或选择对于计算结果影响很大，随着 h 的增加，空间上点密度的变化更为光滑，但会掩盖密度的结构；当 h 减小时，估计点密度变化突兀不平<sup>[21]</sup>。本文以 1000m、1500m、2000m 和 2500m 为带宽分别对数据进行处理，结果发现以 2000m 为带宽能够更好地发掘数据的空间特征。

### 2.3 数据来源及处理

本文主要选取 2000 年、2005 年和 2010 年的 Landsat4-5TM 影像、2015 年 Landsat 8 OLI-TIRS 影像作为基础数据，分辨率均为 30m，数据主要来源于中国科学院计算机网络中心地理空间数据云。在 ENVI5.1 软件支持下，遥感影像经过几何校正后，通过应用掩膜裁剪出本文研究区域的遥感影像图，以 TM5、4、3 波段进行假彩色合成。依据全国土地利用分类标准及区域的实际情况，将土地利用景观类型分为四类：建设用地（城镇建设用地、农村居民点用地和交通用地）、林地、水域（河流、湖泊、坑塘等水体）和农业用地（耕地、园地和鱼塘）。选取监督分类和人机交互目视解译相结合的方法，并借助 Google earth 历史影像查询功能进行研究区土地利用的分类。分类结果经检验 Kappa 系数均在 0.90 以上，符合分类精度要求。基于缀块内部均质性的原则，合并小斑块，进行分类后处理。

研究步骤：首先，本文运用景观格局分析软件 Fragstats 4.2 计算破碎化指数和分维数指数，以及面积和斑块数等描述性指标；其次，以武汉市第二次土地调查成果中的洪山区行政图 as 底图，并借助 Arc-GIS10.0 软件 Data Management tools 工具创建随机样本点 3000 个，通过 Spatial Analyst Tools 模块将栅格单元上的景观破碎化指数和分维数指数值赋给随机点；第三，利用核密度估算法揭示土地利用空间变化规律。

## 3、结果分析

### 3.1 武汉市洪山区土地利用类型变化特征

土地利用景观指数变化分析：根据各时段土地利用景观分类结果，利用 ENVI 软件计算各类景观面积和斑块数所占比例，反映武汉市洪山区土地利用景观总体特征（表 1）。从景观面积变化数量上看，研究期间建设用地数量持续增加，水域面积先减后增，农业用地数量持续减少。由表 1 可见，2000-2015 年武汉市洪山区建设用地面积占比持续增加，由 2000 年的 22.04% 增加到 2015 年的 57.84%，增加了近 35.8%；水域面积占比由 2000 年的 26.71% 下降到 2010 年的 20.70%，2015 年又升至 21.35%，呈现先减后增的趋势；农业用地面积占比持续减少，由 2000 年的 48.40% 减少到 2015 年的 33.17%，减少了近 15.23%，林地面积变化不大。

表 1 2000-2015 年洪山区土地利用类型面积及斑块数占比

项目	2000 年		2005 年		2010 年		2015 年	
	面积	斑块数	面积	斑块数	面积	斑块数	面积	斑块数
建设用地	22.04	57.87	29.75	49.81	39.83	52.41	42.81	57.84
林地	2.88	10.37	2.56	15.11	2.76	11.93	2.67	8.16
水域	26.71	15.46	22.66	14.19	20.7	13.45	21.35	11.6
农业用地	48.4	16.3	45.04	20.89	36.72	22.21	33.17	22.41

从景观斑块变化数量上看，各类景观斑块数占比较为稳定，建设用地斑块数量先减后增，水域斑块数量持续减少，农业用地斑块数量持续增加，林地斑块数量先增后减。由表 1 可见，建设用地斑块数占比由 2000 年的 57.87% 下降至 2005 年的 49.81%，在 2015 年又达到 57.87%；水域斑块数量持续减少，由 2000 年的 15.46% 下降至 2015 年的 11.60%，减少了 3.86%；农业用地斑块数量持续增加，由 2000 年的 16.30% 增加至 22.41%，增加了 6.11%；林地斑块数量由 2000 年的 10.37% 增加至 2005 年的 15.11%，后持续下降，2015 年仅占全部斑块数量的 8.16%。

以破碎化指数和分维数指数反映土地利用格局的异质性特征，揭示其背后的人类活动干扰强度和景观稳定性程度。从景观破碎化指数计算结果来看（图 2），2000-2015 年武汉市洪山区土地利用景观破碎化值呈不同程度的上升趋势，其中建设用地破碎化值由 0.0017 增加到 0.0037，林地由 0.01 增加到 0.03，水域由 0.0067 增加到 0.018，农业用地由 0.0064 增加到 0.0096。洪山区林地景观类型被分割的破碎化程度高、景观空间复杂、异质化程度高，水域景观类型次之，建筑用地和农业用地的景观破碎化值较低。在景观生态学中，由于这两类景观受人类规划思维构筑的影响，形状较为方正和规则，因此其破碎化程度低、景观空间结构简单、均质化程度较高。

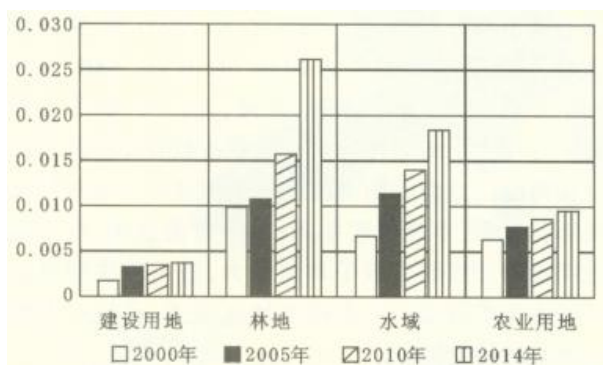


图 2 洪山区 2000-2015 年各景观类型破碎化指数

从景观分维数指数的绝对值来看，分维数均值表现为建设用地>农业用地>林地>水域。从景观分维数指数的动态变化来看，洪山区 2000-2015 年景观分维数指数总体随时间变化不大，呈局部时间内的稳定性特征（图 3）。其中，建设用地分维数指数在 2000-2010 年间较为稳定，三个时间节点分维数值为 1.54、1.53 和 1.54，数值趋近于 2，2015 年下降至 1.48。林地景观分维数值 2000-2010 年较为稳定，三个时间节点分维数值为 1.40、1.41 和 1.41，2015 年降低到 1.34。水域景观分维数指数不断减小，分别由 1.43、1.39 降低到 1.32。农业用地景观分维数指数从 2000 年的 1.54 降低到 2005 年的 1.48，之后分维数指数较为稳定。

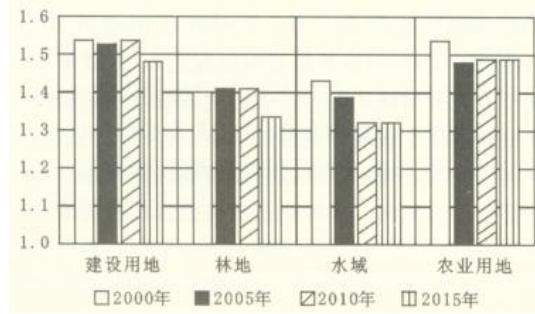


图 3 洪山区 2000-2015 年各景观类型分维数

从上述结果来看，武汉市洪山区建设用地在景观生态学中表现为斑块边界较为复杂，相似性程度低，以核心面积增长为主要特征。2015 年洪山区景观分维数下降，建设用地景观填充性降低，且新增用地具有较小的核心面积和较大的边界曲折性，斑块的几何形状相对规则；农业用地分维数值在研究期间整体较为平稳，可判断为建设用地对农业用地的侵占是从边缘向核心的缓慢推进过程，因此保证了洪山区农业用地的核心面积未受到较大影响，分维数值较为稳定。一般情况下，自然过程造成的斑块常表现出不规则的复杂形状<sup>[16]</sup>。而武汉市洪山区林地和水域景观分维数平均值较低，分维数指数呈下降趋势且趋近于 1，反映出在人类活动的干扰下，林地和水域景观核心面积逐渐缩小，斑块几何形状趋于规则。

土地利用类型转移矩阵分析：本文借助 ENVI5.1 软件分析了武汉市洪山区土地类型相互转移情况（表 2-4）。表中，横字段表示前一时间段的土地利用类型面积；纵字段为后一时间段的土地利用类型面积；对角线表示未发生类型转移的数量；变化量为发生类型转移的面积；变化率为发生类型转移面积占总面积的百分比。

表 2 2000-2005 年研究区土地利用类型转移矩阵 (km<sup>2</sup>)

		2000 年			
2005 年		建设用地	林地	水域	农业用地
建设用地		90.12	1.99	13.16	65.18
林地		1.43	9.94	0.47	3.04
水域		4.1	0.3	121.66	3.92
农业用地		23.63	2.33	14.53	170.09
变化量		46.53	0.02	-25.68	-20.52
变化率 (%)		37.55	-8.75	-16.5	-7.37

2000-2005 年（表 2），武汉市洪山区建设用地变化量和变化率最高，为景观转入主体，水域和农业用地变化量和变化率呈负增长，为景观转出主体。该阶段水域景观为建设用地的转出主体，洪山区城镇化建设用地以“填湖造地”为主。2005-2010 年，

建设用地为景观转入主体，与2000-2005年间相比，增长量上升（增长了11.47km<sup>2</sup>），而增长率下降了3.52%，建设用地景观基底面积增加；水域和农业用地变化量和变化率呈负增长，为景观转出主体。该阶段农业用地变化量和变化率绝对值高于水域景观，农业用地为主要转出主体，洪山区城镇化建设用地以侵占农业用地为主。2010-2015年，武汉市洪山区建设用地增长速度放缓；水域景观呈正增长，景观呈修复趋势；农业用地变化率较之前一阶段变小。该阶段农业用地是城镇化建设用地的输出主体。

表3 2005-2010年研究区土地利用类型转移矩阵 (km<sup>2</sup>)

		2005年			
2010年		建设用地	林地	水域	农业用地
建设用地		141.56	2.84	13.26	70.76
林地		1.36	9.83	0.21	4.41
水域		2.84	0.03	112.72	2.77
农业用地		24.68	2.18	3.74	180.01
变化量		58	0.94	-11.38	-47.37
变化率(%)		34.03	6.34	-8.75	-18.36

表4 2010-2015年研究区土地利用类型转移矩阵 (km<sup>2</sup>)

		2010年			
2015年		建设用地	林地	水域	农业用地
建设用地		179.06	2.11	2.81	61.65
林地		1.68	10.95	0.01	2.9
水域		7.4	0.12	113.03	1.4
农业用地		40.29	2.65	2.74	144.66
变化量		18.3	-0.25	4.05	-20.03
变化率(%)		8.01	-1.59	3.42	-9.51

### 3.2 武汉市洪山区土地利用空间变化特征

土地利用景观空间稳定性分析：首先，本文借助 ArcGIS10.0 软件中的 Spatial Statistics Tools 工具计算洪山区建设用地空间中心（各年份空间中心在核密度图中标出，此处不再单独用图说明）。然后，采用等扇分析方法，以各年份建设用地空间中心为圆心，生成涵盖洪山区行政范围的外接圆，以正北方向为起点，按顺时针方向将圆划分为16个夹角相等的扇形区域。基于叠置分析方法，计算各扇形区域内土地利用景观指数值，绘制各年份景观指数雷达图，解析武汉市洪山区空间异质性特征。2000-2015年，武汉市洪山区建设用地空间中心呈自西向东的拓展趋势。其中，2000—2005年空间中心向东移动了1.84km，2005-2010年空间中心向东移动了2.41km，2010-2015年空间中心向北偏东约10°方向移动了1.14km。

从景观分维数指数等扇分析雷达图可以看出（图4），2000-2015年，洪山区土地利用景观分维数值的高值均分布在SE—SSW之间。2000年，洪山区景观分维数指数主要方向在SE方向，2005年在SSW方向，2010年在SSW方向，2015年则在S和SSW方向。土地利用景观分维数指数各年份的方位变化情况一方面表明洪山区东南部地区土地利用景观形状复杂，不规则程度高；另一方面表明，由于建设用地的分维数指数平均值最大，进一步说明洪山区城镇化扩展方向以东南部地区为主，且较具有稳定性和持续性特征。

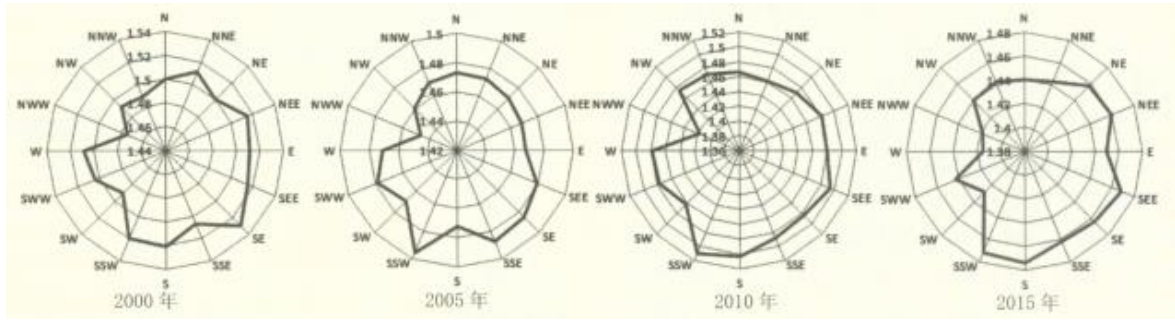


图4 土地利用景观分维数指数的等扇分析雷达图

将各年份分维数指数核密度估值进行可视化处理（图5），按自然间断点分级法分为五级（从上到下分别为低值区、较低值区、中值区、较高值区和高值区）。

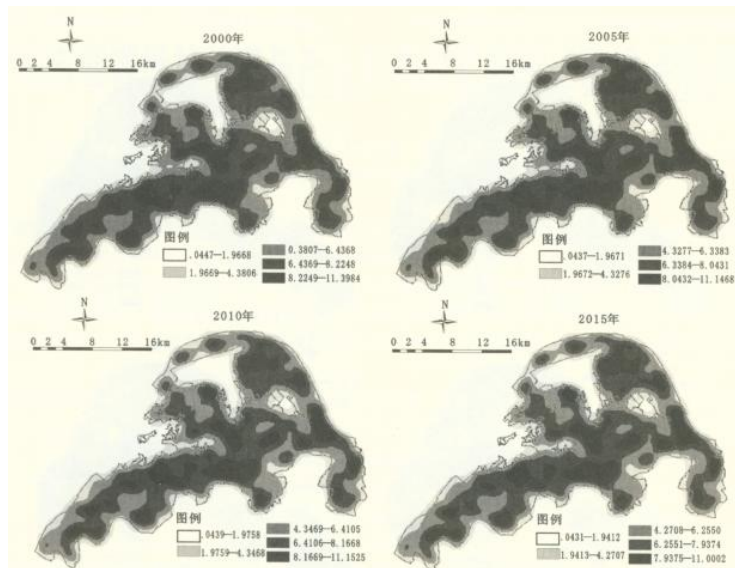


图5 2000-2015年洪山区土地利用分维数指数核密度

从核密度估值的等级性看，2000-2015年最高值（分别为11.40、11.15、11.15和11）和等级范围没有明显波动性。从分维数指数空间集聚性和延展性来看，研究期间分维数指数空间格局并没有随着城镇化建设空间中心的转移而转移，空间稳定性特征较为明显。

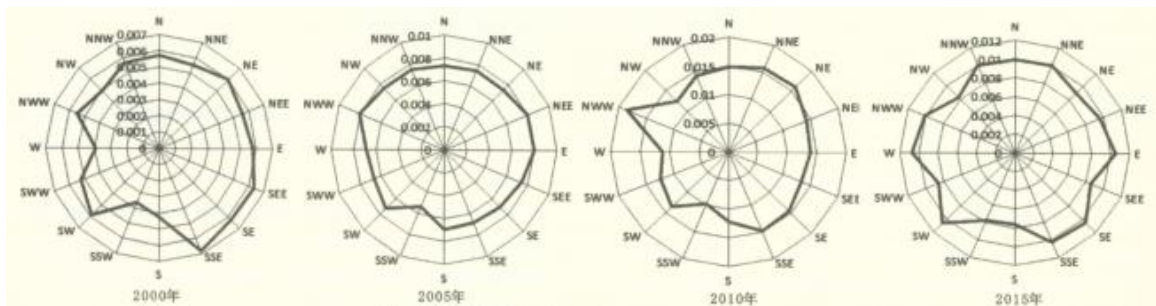


图 6 土地利用景观破碎化指数的等扇分析雷达图

土地利用景观空间破碎化分析：从土地利用景观破碎化指数的等扇分析雷达图来看（图 6），研究期间武汉市洪山区土地利用景观破碎化指数高值呈现不规则变化趋势。2000 年土地利用景观破碎化的主要方向为 SEE 方向，2005 年在 NWW 方向，2010 年在 NWW 方向，而 2015 年在 W、SW、E 和 SE 方向。2005-2010 年，洪山区土地利用景观破碎化指数高值区趋同。

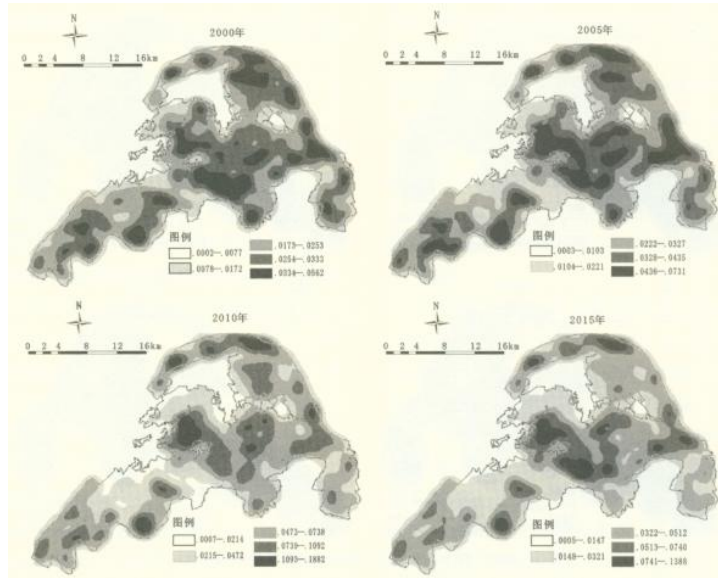


图 7 2000-2015 年洪山区土地利用破碎化指数核密度

从核密度估值计算结果的等级性来看（图 7），2000—2015 年间，最高值（分别为 0.0562、0.0731、0.1882 和 0.1388）和等级范围呈现出以 2010 年为时间节点先升后降的趋势。破碎化指数空间集聚性和延展性整体上表现为范围的缩小。各时段土地利用空间特征均表现出景观破碎化高值区分布在洪山区中部和外围地区。破碎化指数高值区和较高值区范围缩小，低值区、较低值区和中值区从中心向外围延伸，并且 S-W 范围内表现出较好的空间稳定性特征。

#### 4、结论

2000 年以来，快速城镇化冲击了现有的行政区框架，武汉市洪山区由一般意义上“以城带郊”区升级为中心城区。在此过程中，其土地利用景观格局变化主要表现为以下三大方面：

首先，2000-2015 年武汉市洪山区不同土地利用类型变化差异明显，转入转出频繁，其中以水域和农业用地为主要转出对象，而建设用地为主要转入对象，土地非农化特征明显；建设用地基底面积增加，空间承载力增强，其中心城区的城市特性进一步增显，进一步表明新兴城区是特大城市外延扩张的重要空间载体。

其次，土地利用稳定性和破碎化特征明显。一是研究期间武汉市洪山区建设用地来源稳定，转变层次稳定。从空间特征来看，洪山区农业用地、林地和水域提供了城区发展的重组土地资源，各类型土地空间系统稳定。另一方面，洪山区水域和农业用地破碎化程度最高，建设用地斑块趋向规则；土地破碎化程度向外围地区辐射，趋向静止状态，土地利用表现出多中心波浪式的景观格局特征，空间分异特征明显。

第三，武汉市洪山区在快速城镇化的背景之下，伴随着自身发展和行政托管的内外力作用，就土地利用方式和景观格局变



---

化来看已经实现了从边缘区<sup>[22]</sup>向中心城区的过渡,进入城区内部更新阶段。新兴城区是我国特大城市快速城镇化建设下的阶段性产物。当前,洪山区城区土地空间相对稳定,主要表现在建设用地成片出现、斑块面积增加、破碎化降低、景观变得单调。尤其值得注意的是,针对洪山区三环线以南地区,虽然从土地利用景观格局上仍显示为农业用地,但是当前城区土地性质已从农业用地转变为城市建设用地,如何有效开发和管理该地区土地关系到武汉市土地利用的集约和协调发展。

**[参考文献]:**

- [1]房国坤,王咏,姚士谋.快速城市化时期城市形态及其动力机制研究[J].人文地理,2009,24(2):40-43.
- [2]刘新卫,张定祥,陈百明.快速城镇化过程中的中国城镇土地利用特征[J].地理学报,2008,63(3):301-310.
- [3]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,2014,12(34):3234-3244.
- [4]陈永林,谢炳庚,李晓青,等.2003—2013年长沙市土地利用变化与城市化的关系[J].经济地理,2015,35(1):149-154.
- [5]王日明,熊兴耀,肖洋.重庆市永川区土地利用空间格局变化模拟[J].中国农学通报,2014,30(35):166-171.
- [6]孙云华,郭涛,崔希民.昆明市土地利用变化的强度分析与稳定性研究[J].地理科学进展,2016,(2):245-254.
- [7]贾琦,运迎霞.快速城镇化背景下天津滨海新区湖泊水体景观变化研究[J].资源开发与市场,2014,30(8):968-970.
- [8]吴波,慈龙骏.毛乌素沙地景观格局变化研究[J].生态学报,2001,21(2):191-196.
- [9]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.
- [10]袁青,马彦红.快速城镇化背景下景观破碎化的生态、社会影响探析[C].天津:2014(第九届)城市发展与规划大会,2014.
- [11]史利江,王圣云,姚晓军,等.1994-2006年上海市土地利用时空变化特征及驱动力分析[J].长江流域资源与环境,2012,21(12):1468-1479.
- [12]李灿,张凤荣,朱泰峰,等.大城市边缘区景观破碎化空间异质性——以北京市顺义区为例[J].生态学报,2013,(17):5363-5374.
- [13]吴箐,李宇.土地经济生态位变化下的城乡空间景观格局表征——以广东省惠州市为例[J].地理科学,2014,34(6):705-710.
- [14]由畅,周永斌,于丽芬.景观破碎化数量分析方法概述[J].中国农学通报,2006,22(5):146-151.
- [15]Batty M, Longley P A. Fractal Cities: A Geometry of Form and Function[M].Academic Press, 1994.

- 
- [16] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [17] 安康. 我国区域经济协调互动发展统计测度研究[D]. 广州: 暨南大学博士学位论文, 2010.
- [18] 程 乾, 凌素培. 中国非物质文化遗产的空间分布特征及影响因素分析[J]. 地理科学, 2013, 33 (10) : 1166-1172.
- [19] 刘 靖, 张车伟, 毛学峰. 中国 1991-2006 年收入分布的动态变化: 基于核密度函数的分解分析[J]. 世界经济, 2009, (10) : 3-13.
- [20] 李 强, 王士君, 梅 林. 长春市中心城区大型超市空间演变过程及机理研究[J]. 地理科学, 2013, 33 (5) : 553-561.
- [21] 何洪林, 王远飞. 空间数据分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [22] 魏 伟, 周 捷, 许 峰. 大城市边缘区土地利用时空格局模拟——以武汉市洪山区为例[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15 (2) : 174-179.