

引用格式:童陆亿,胡守庚.湘鄂赣三省多级城镇用地扩张时空特征[J].资源科学,2018,40(6):1175-1185. [Tong L Y, Hu S G. Multi-level urban land expansion characterization using spatiotemporal statistics for Hunan, Hubei and Jiangxi[J]. *Resources Science*, 2018,40(6):1175-1185.] DOI :10.18402/resci.2018.06.08

# 湘鄂赣三省多级城镇用地扩张时空特征

童陆亿<sup>1,2</sup>,胡守庚<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质大学(武汉)公共管理学院,武汉 430074;

2. 国土资源部法律评价工程重点实验室,武汉 430074)

**摘要:**构建了基于自由度、蔓延度和感观优劣度等时空统计分析模型的区域多级城镇用地扩张特征度量方法体系,分析了1990—2015年期间湖南、湖北和江西(湘鄂赣)三省327个县(市)全域、省域、城市群和地级市级别下的城镇用地扩张特征及其分异规律与模式。结果显示:①湘鄂赣三省多级城镇用地扩张时空特征存在分异性,且其主要源自特定级别下城镇用地扩张的空间异质性,以及特定区域不同级别度量结果的变异性;②区域多级城镇用地扩张分异特征能反映各县(市)在区域城镇建设用地扩张中所扮演的角色,本文识别出了湘鄂赣三省有序增长、持续蔓延、复合增长和复合蔓延等主要的镇用地扩张模式;③城市群和丘陵平原区,无序蔓延和复合蔓延模式表现较为明显;有序增长和复合增长模式在非城市群和山区城镇用地扩张中占主导地位。积极开展区域多级城镇用地扩张度量及其分异规律与模式分析,将助力多级、“差别化”城镇用地扩张管控和城市可持续发展战略研究。

**关键词:**城镇用地扩张;时空统计模型;扩张模式;时空特征;湘鄂赣

DOI :10.18402/resci.2018.06.08

## 1 引言

科学合理地推进城镇用地开发利用与管理,是保障区域乃至全球可持续发展的重要前提<sup>[1]</sup>。近年来,快速城镇化所催生的城镇用地扩张以及由此引发的耕地流失、城市热岛、环境污损等系列资源环境乱局在全球尤其是发展中国家蔓延<sup>[2,3]</sup>。作为揭示城镇用地扩张规律与机理、助力城镇用地扩张管控的基础,城镇用地扩张特征度量与模式识别已成为当前城市研究的重要课题<sup>[4]</sup>。

经过近半个世纪的探索,扩张强度<sup>[5]</sup>、异速增长指数<sup>[6]</sup>、转换贡献率<sup>[7]</sup>、人口与经济弹性指数<sup>[8]</sup>、稳态指数<sup>[9]</sup>等时序统计指标以及蔓延度、紧凑度<sup>[10]</sup>、分形维数<sup>[11]</sup>、屏蔽效应指数<sup>[12]</sup>、蛙跳指数<sup>[13,14]</sup>等空间统计模型被陆续提出。日趋丰富的土地出让、网络社交等数据和快速发展的遥感与大数据分析方法更为

微观尺度城镇用地扩张特征与模式研究奠定了良好基础<sup>[15-17]</sup>。学者还从城市形态、密度等角度,对城镇用地扩张进行综合研究<sup>[18,19]</sup>。然而,城镇用地扩张是一个复杂的时空耦合过程<sup>[20,21]</sup>。已有研究多以单一的时间或空间维度为视角,倚靠时序指标的空间分异或空间指标的时序动态来分析城镇用地扩张特征并识别其模式<sup>[22]</sup>。有学者指出,该类研究框架通常将城镇(市)作为独立的空间实体,难以有效刻画区域城镇用地扩张的时空综合特征<sup>[23,24]</sup>。

鉴于此,研究利用扩张自由度、蔓延度和感观优劣度等时空统计模型,构建区域多级城镇用地扩张时空特征度量方法,并对湘鄂赣三省327个县(市)城镇用地扩张分异规律与模式进行分析,以期多级城镇用地扩张度量、管控体系构建及类似研究提供参考。

收稿日期:2017-11-01 修订日期:2018-02-24

基金项目 国土资源部公益性行业科研专项基金(201511004)。

作者简介 童陆亿,男,湖北宜昌人,博士生,主要从事城市土地利用转型研究。E-mail: lytongc@gmail.com

通讯作者 胡守庚, E-mail: husg2009@gmail.com

## 2 研究区概况、研究方法与数据来源

### 2.1 研究区概况

湖南、湖北和江西(湘鄂赣)三省,地处长江经济带中游,下辖42个地级及以上城市(327个县、市、区),现已建成三大城市群(图1)。其中,长株潭城市群下辖长沙、株洲、湘潭3个地级市;武汉市城市圈下辖武汉、孝感、黄冈、黄石、鄂州、咸宁、潜江、天门、仙桃9市;环鄱阳湖城市群包括南昌、上饶(潘阳县、余干县、万年县)、景德镇、九江(除修水县)、鹰潭、抚州(临川区、东乡县)、新余(渝水区)、吉安(新干县)、宜春(高安市、樟树市、丰城市)等9个地区。湘鄂赣三省生态环境良好,长江、洞庭湖及鄱阳湖等大型水体分布其中,西部及中、东部山区林地资源丰富,为区域发展提供了重要的生态屏障。此外,长江沿线尤其是洞庭湖和鄱阳湖等平原地区地势平坦,耕地资源丰富,是国家重要的粮食主产区之一。铁路、高速公路等交通干线网和长江水道规划建设活动,极大地提升了湘鄂赣三省交通区位优势。近年来,湘鄂赣三省经济水平不断提升。“十二五”期间其GDP年均增速高达16.71%,高于全国平均水平(16.08%)<sup>[25]</sup>。随着长江经济带、长江中游城市群建设等国家战略的深入,湘鄂赣三省有望成为中国社会经济成长的又一战略要地。然而,湘鄂赣三省城镇用地扩张时空特征与模式尚不明确,由城镇用地扩张所引发的资源环境风险依旧存在。如何有效权衡区域“发展”与“城镇用地扩张管控”关

系,以实现湘鄂赣三省协调、可持续发展目标已成为国家和地区关注的焦点。

### 2.2 研究方法

城镇用地扩张时空耦合过程的特征主要表现在两个方面,即区域差异性和时序动态性<sup>[22]</sup>。其中,区域差异性衡量城镇用地扩张的空间协同性,差异性越大,协同性越低;时序动态性衡量城镇用地扩张的时序波动性,动态性越明显,扩张过程的波动性越强。已有研究认为,可分别利用自由度、蔓延度刻画城镇用地扩张空间差异性和时序动态性;并通过集成空间和时序扩张特征,构建感观优劣度这一时空统计模型,实现对城镇用地扩张时空综合特征的度量<sup>[20,26]</sup>。其中,构建自由度、蔓延度、感观优劣度并用以测度城镇用地扩张空间、时序和时空特征的步骤如下。

(1)观测城镇用地扩张规模指数。需要强调的是,行政区以及受政策保护或进行建设用地开发成本较高的区域(如山体、水域等)范围,决定了可供城镇用地开发的初始土地规模。直接利用城镇用地规模或比例进行扩张特征度量,难形成可比的结果。因此,研究利用空间分辨率为30m的Landsat影像,参照国家基本资源与环境本底动态遥感调查数据库分类体系<sup>[27]</sup>,经人机交互获取湘鄂赣三省1990年、1995年、2000年、2005年、2010年和2015年城镇用地数据;并参考《湖北省湖泊保护条例》<sup>[28]</sup>、《江西省湿地保护条例》<sup>[29]</sup>、《城乡建设用地竖向规划规范》<sup>[30]</sup>、《中华人民共和国森林法实施条例》<sup>[31]</sup>等相关规定,扣除各行政区内大型水体( $\geq 1 \text{ km}^2$ )、山体(坡度 $>25^\circ$ 或林地覆盖且面积超过 $100 \text{ hm}^2$ )后,计算1990—1995年、1995—2000年、2000—2005年、2005—2010年、2010—2015年5个时段的城镇用地扩张规模指数观测值:

$$SI_{ij}^O = 100 \times A_{ij}^O / A_j \quad (1)$$

式中  $SI_{ij}^O$  为*i*时段城镇*j*城镇用地扩张规模指数观测值;  $A_{ij}^O$  为*i*时段城镇*j*城镇用地扩张规模观测值;  $A_j$  为扣除大型自然物后城镇*j*的土地面积。

(2)构造预期的城镇用地扩张规模指数<sup>[32]</sup>(图2):

$$SI_{ij}^E = SI_i^O \times SI_j^O / M_T \quad (2)$$

式中  $SI_{ij}^E$  分别为*i*时段内城镇*j*的城镇用地扩张规模



图1 湘鄂赣三省区位示意

Figure 1 Location of Hunan, Hubei and Jiangxi provinces

2018年6月

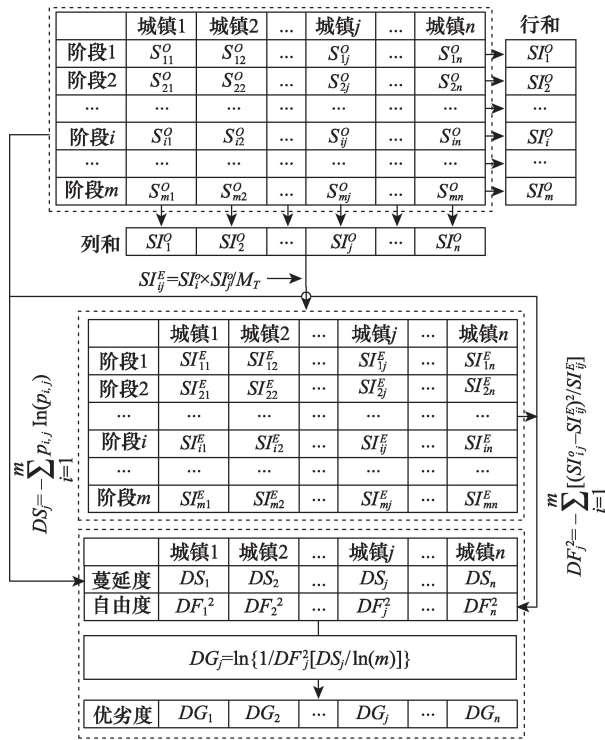


图2 城镇用地扩张时空特征度量模型

Figure 2 Models for spatiotemporal urban land expansion characterization

指数预期值;  $SI_i^O$ 、 $SI_j^O$  分别为城镇用地扩张规模指数观测值所构成矩阵的行和 ( $\sum_{j=1}^n SI_{ij}^O$ ) 与列和 ( $\sum_{i=1}^m SI_{ij}^O$ ),  $SI_{ij}^O$  同公式(1), 其中  $m$  为研究时段的数量,  $n$  为城镇总数;  $M_T$  为所有城镇在整个研究时段内城镇用地扩张规模指数观测值之和 ( $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n SI_{ij}^O$ ).

(3) 计算城镇用地扩张自由度、蔓延度和感观优劣度:

$$DF_j^2 = \sum_{i=1}^m [(SI_{ij}^O - SI_{ij}^E)^2 / SI_{ij}^E] \quad (3)$$

$$DS_j = -\sum_{i=1}^m p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad (4)$$

$$DG_j = \ln\{1/DF_j^2 [DS_j / \ln(m)]\} \quad (5)$$

式中  $DF_j^2$ 、 $DS_j$ 、 $DG_j$  分别为城镇  $j$  的城镇用地扩张自由度、蔓延度和感观优劣度;  $p_{ij}$  为城镇  $j$  在  $i$  时段内的城镇用地扩张规模指数与其在整个研究期内的总扩张规模指数的比 ( $SI_{ij}^O / SI_j^O$ );  $SI_{ij}^O$ 、 $SI_{ij}^E$ 、 $SI_i^O$ 、 $m$  同公式(1)、公式(2)。自由度值越大, 表明城镇用地扩张的空间差异性越强、协同程度越低; 蔓

延度依据各城镇时序城镇用地扩张规模指数进行建模, 是一个不依赖空间尺度的指标, 其值越大, 表明城镇用地扩张的时序波动性越强。感观优劣度负值表明无序、低约束的扩张模式; 正值预示紧凑、有序的城镇用地扩张态势, 且其值越大越理想。

(4) 区域多级城镇用地扩张特征度量。本文构建了“全域-省-城市群/非城市群-地级市”多级城镇用地扩张特征度量体系: ①按全域(湘鄂赣三省)、省、城市群与非城市群、地级市辖属关系对研究区内的城镇进行分组; ②计算各组城镇扩张自由度、蔓延度和感观优劣度; ③利用变异系数测算各城镇不同区域级别下城镇用地扩张(纵向)特征差异以及特定级别下不同城镇间城镇用地扩张(横向)特征差异。变异系数计算公式为:

$$C_v = \sqrt{\sum_{k=1}^N (x_k - \bar{x})^2 / (N-1)} / \bar{x} \quad (6)$$

式中  $C_v$  为变异系数; 当计算某城市城镇用地扩张纵向特征差异时,  $x_k$  为  $k$  级别下该城市城镇用地扩张特征指数;  $\bar{x}$  为  $x_k$  的平均值;  $N$  为研究级别的数量; 当计算特定级别下城镇用地扩张横向特征差异时,  $x_k$  为该级别下城镇  $k$  的城镇用地扩张特征指数;  $\bar{x}$  为  $x_k$  的平均值;  $N$  为城镇数量。

### 2.3 数据来源

研究所需 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年和 2015 年 Landsat 遥感影像下载自美国地质调查局 (<https://www.usgs.gov/>), 所使用行政区划及主要交通线路等矢量数据来源于国家基础地理信息中心 (<http://www.ngcc.cn/>)。

## 3 湘鄂赣三省多级城镇用地扩张特征

### 3.1 全域级别

1990—2015 年期间, 湘鄂赣三省经历了快速的城镇用地扩张过程, 城镇用地比例从 1990 年的 0.54% 增加到 2015 年的 1.38%, 年均复合增长率达 3.82% (表 1)。从时序上看, 湘鄂赣三省城镇用地扩张呈波动上涨趋势。1995—2000 年期间, 城镇用地扩张复合增长率较 1990—1995 年期间大幅减弱。这一现象可能与 1995 年前后国家实施的耕地保护政策, 尤其是 1994 年出台的《基本农田保护条例》对建设用地占用耕地的强约束有关<sup>[33,34]</sup>。随后, 湘鄂赣三省城镇用地扩张提速, 2005—2010 年期间, 城



表1 1990—2015年湘鄂赣三省城镇用地扩张统计

Provinces from 2000 to 2015 (%)			
时段/年	期初/期末城镇用地比例	城镇用地扩张规模	年均复合增长率
1990—1995	0.54/0.68	0.14	4.72
1995—2000	0.68/0.71	0.03	0.87
2000—2005	0.71/0.90	0.19	4.86
2005—2010	0.90/1.24	0.34	6.62
2010—2015	1.24/1.38	0.14	2.16
1990—2015	0.54/1.38	0.84	3.82

镇用地扩张年均复合增长率高达6.62%。2010—2015年,受转型期社会经济减速与“生态文明建设”等国家战略影响,城镇用地扩张开始减速<sup>[35]</sup>。

从全域级别城镇用地扩张指数来看,研究期内湘鄂赣三省局部地区城镇用地扩张协同程度不高

(表2)。但其城镇用地扩张态势总体良好,全域级别感观优劣度均值为1.1879,最大值高达6.0321,且呈较不理想扩张态势的县(市)仅占县(市)总数的22.32%。感观优劣度较低的区域主要分布于湘鄂东部与江西西部,长沙、南昌、武汉及十堰市表现较明显(图3a);湘鄂西部山区和江西省东南部感观优

表2 1990—2015年湘鄂赣三省全域级别城镇用地扩张自由度、蔓延度与感观优劣度统计

Jiangxi Provinces from 1990 to 2015				
扩张指数	最小值	最大值	均值	标准差
自由度	0.002 8	79.746 8	2.925 7	8.827 0
蔓延度	0.025 4	1.564 9	1.031 2	0.309 9
感观优劣度	-3.332 9	6.032 1	1.187 9	1.704 5

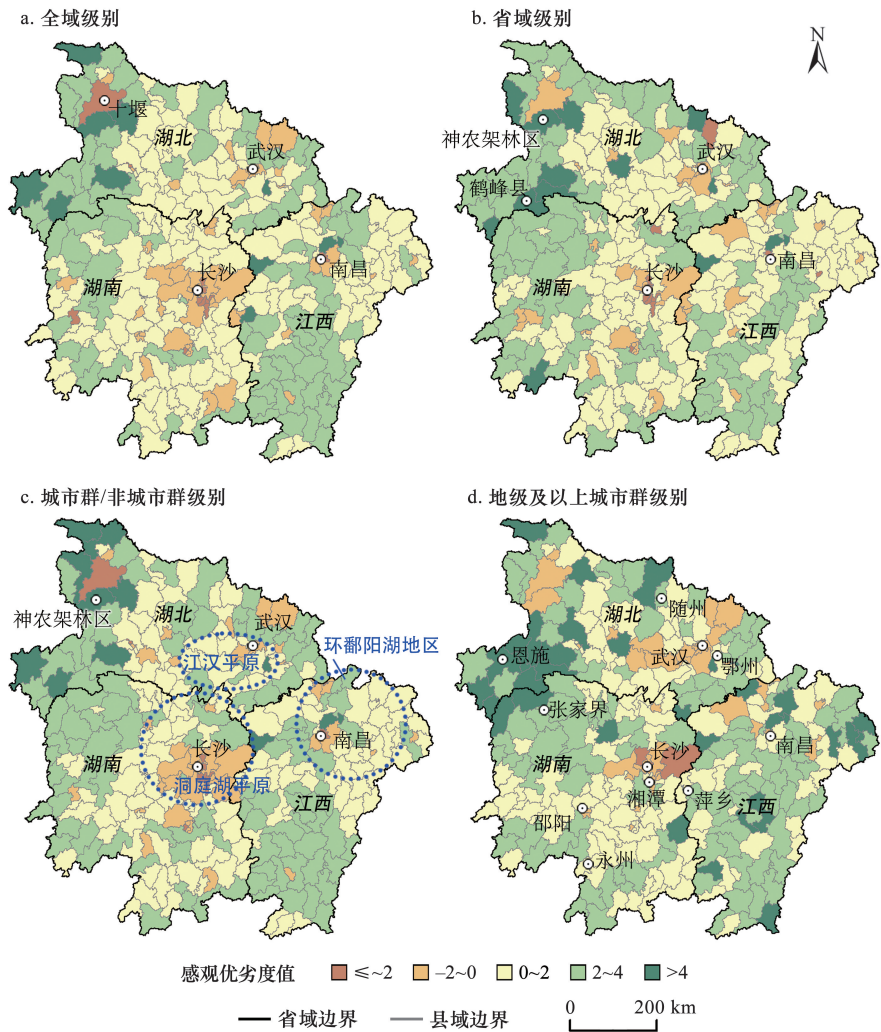


图3 1990—2015年湘鄂赣三省多级城镇用地扩张感观优劣度分布示意

Figure 3 Distributions of multi-level degree-of-goodness for urban land expansion of Hunan, Hubei and Jiangxi provinces from 1990 to 2015



2018年6月

劣度较高,城镇用地扩张紧凑、有序。

### 3.2 省域级别

省域级别上,湖北所辖各县(市)具有相对较低的城镇用地扩张空间差异性,自由度最小值、最大值、均值及标准差均低于湖南和江西两省(表3)。湖南城镇用地扩张自由度最大值和标准差最高,城镇用地扩张空间协同程度相对较低。江西城镇用地扩张蔓延度均值(0.8875)低于湖北、湖南两省,感观优劣度均值(1.1933)高于湖南省,且标准差较低。湖北城镇用地扩张感观优劣度均值最高,扩张模式相对较优。进一步分析发现,感观优劣度较高的城市主要分布于湖北西南部和湖南西北部交界处;江西所辖各县(市)城镇用地扩张格局良好(图3b)。

表3 1990—2015年湘鄂赣三省省域级别  
城镇用地扩张指数统计

Table 3 Statistics for provincial urban land expansion metrics of Hunan, Hubei and Jiangxi Provinces from 1990 to 2015

省份	扩张指数	最小值	最大值	均值	标准差
湖北省	自由度	0.003 2	14.862 5	1.393 8	2.723 5
	蔓延度	0.067 6	1.406 5	0.956 1	0.295 7
	感观优劣度	-2.440 8	5.897 2	1.629 1	1.767 7
湖南省	自由度	0.018 0	40.858 3	2.414 4	6.304 5
	蔓延度	0.564 5	1.564 9	1.212 0	0.194 8
	感观优劣度	-3.226 8	4.155 1	1.161 8	1.660 8
江西省	自由度	0.005 2	30.163 0	2.553 4	5.920 3
	蔓延度	0.025 4	1.426 6	0.887 5	0.332 9
	感观优劣度	-2.577 9	5.618 5	1.193 3	1.553 3

### 3.3 城市群/非城市群级别

城市群/非城市群级别测算结果表明,城市群所辖县、市城镇用地扩张空间差异性较强,自由度最大值、均值与标准差都高于非城市群地区(表4)。非城市群,即城市群所辖县、市以外的地区表现出相对良好的城镇用地扩张时序特征,蔓延度均值低于城市群地区。虽然城镇用地扩张蔓延度最大值和标准差在一定程度上高于城市群地区,非城市群地区依旧呈现出相对良好的城镇用地扩张态势,感观优劣度为负值的县(市)数及占湘鄂赣三省所辖县(市)总数的比例分别为24个和11.01%,明显低于城市群地区(44个,40.37%)。

城市群/非城市群级别下城镇用地扩张呈不尽理想的城市主要分布于城市群及其周边地区,但扩

表4 1990—2015年湘鄂赣三省城市群/非城市群级别  
城镇用地扩张指数统计

Table 4 Statistics for inland/non metropolitan urban land expansion metrics of Hunan, Hubei and Jiangxi Provinces from 1990 to 2015

区域级别	扩张指数	最小值	最大值	均值	标准差
城市群	自由度	0.003 2	109.445 1	6.818 4	15.823 1
	蔓延度	0.165 4	1.428 4	1.036 6	0.271 7
	感观优劣度	-3.647 7	5.884 5	0.428 9	1.975 0
非城市群	自由度	0.005 0	29.566 1	1.056 3	2.809 2
	蔓延度	0.025 4	1.564 9	1.028 5	0.328 0
	感观优劣度	-2.572 6	5.677 8	1.713 3	1.391 5

张态势较好的地区不仅分布于山区,还散布于丘陵平原地区甚至城市群地区的个别县市(图3c)。此外,自然地理条件差异并不明显的山区依旧可以发现截然不同的城镇用地扩张格局。这一规律表明,自然地理和社会经济要素对城镇用地扩张空间格局的影响可能会因各县(市)在区域城镇化进程中的角色差异而有所不同。具体而言,平原地区自然条件优越,城市与交通建设的技术与人力等成本相对较低。在城市群建设等政策刺激下,平原尤其是城市群地区城市人口增长明显,社会经济发展活动强;山区地形起伏较大,城市建设、交通改造与升级等工作及社会经济发展面临诸多限制。此外,各县(市)通常承载生态保护(如神农架林区、环鄱阳湖地区)、粮食生产(江汉平原、洞庭湖平原地区)和城镇化(长沙、武汉、南昌)等特殊的功能,其在区域发展与城镇化进程中所扮演的角色不尽相同。需要说明的是,土地公有制背景下,中国城镇用地扩张很大程度上是政府“土地出让”活动的产物。在经济发展和生态保护等目标导向下,各县(市)尤其是城市群及其周边与部分山区县(市)城镇用地供应差异明显,城镇用地扩张格局亦有所不同。

### 3.4 地级及以上城市级别

湘鄂赣三省地级及以上城市级别城镇用地扩张自由度未现明显的“极化”现象,扩张协同程度较高(图3d)。城镇用地扩张时序波动性较弱,蔓延度较高的区域仅分布于邵阳、永州、湘潭和萍乡等地区,恩施、随州、鄂州、张家界所辖县(市)感观优劣度总体较高。与此同时,该级别下自由度、蔓延度均值总体低于其他级别,感观优劣度均值高于其他级别(表5)。上述分析显示了不同级别下县域城镇

用地扩张格局的变异性,也进一步说明了小尺度、多级城镇用地扩张时空特征度量对发现复杂、特殊规律的理论与实践价值。

表5 1990—2015年湘鄂赣三省地级及以上城市级别城镇用地扩张指数统计

Table 5 Statistics for city-level urban land expansion metrics of Hunan, Hubei and Jiangxi Provinces from 1990 to 2015

扩张指数	最小值	最大值	均值	标准差
自由度	0.002 7	32.456 4	1.031 6	2.564 5
蔓延度	0.025 4	1.564 9	1.033 6	0.310 0
感观优劣度	-3.156 7	6.071 5	1.825 8	1.665 0

#### 4 湘鄂赣三省城镇用地扩张分异特征与模式

多级城镇用地扩张度量结果表明,各县(市)城镇扩张确存在分异性。结果显示,自由度横向分异性呈现“城市群/非城市群>全域>地级及以上城市级别>省域级别”的总体格局,感观优劣度横向分异性则表现为“全域>城市群/非城市群>省域>地级市及以上城市级别”的趋势(表6)。而不具尺度依赖的蔓延度未在不同级别下的横向分异中有所差异。

表6 1990—2015年湘鄂赣三省多级别城镇用地扩张特征横向分异性

Table 6 Horizontal variety of multi-level urban land expansion of Hunan, Hubei and Jiangxi Provinces from 1990 to 2015

区域级别	自由度 变异系数	蔓延度 变异系数	感观优劣度 变异系数
全域	3.002 7	0.300 1	1.445 7
省域	2.469 4	0.300 1	1.277 8
城市群/非城市群	3.266 8	0.300 1	1.346 7
地级及以上城市	2.476 0	0.300 1	0.914 4

在纵向分异方面,蔓延度分异系数为0,这与方法部分所进行的理论分析一致。各县(市)多级城镇用地扩张自由度变异系数主要分布于[0.0,0.8]区间,纵向分异性较低(图4a)。自由度纵向分异较明显的县(市)多零星分布于湖北中西部、湖南西部和南部、江西中部。感观优劣度纵向分异性较强,最大值为12.3,变异系数高值区多分布于主要公路和铁路较为密度的地区,如武汉市及其周边区域、湖南省长株潭地区(图4b)。可见,将时序分析融入空间统计,其结果有利于发掘城镇用地扩张时空综合特征,进而增加区域城镇用地扩张分异规律的识别度。

需要说明的是,感观优劣度是自由度和蔓延度

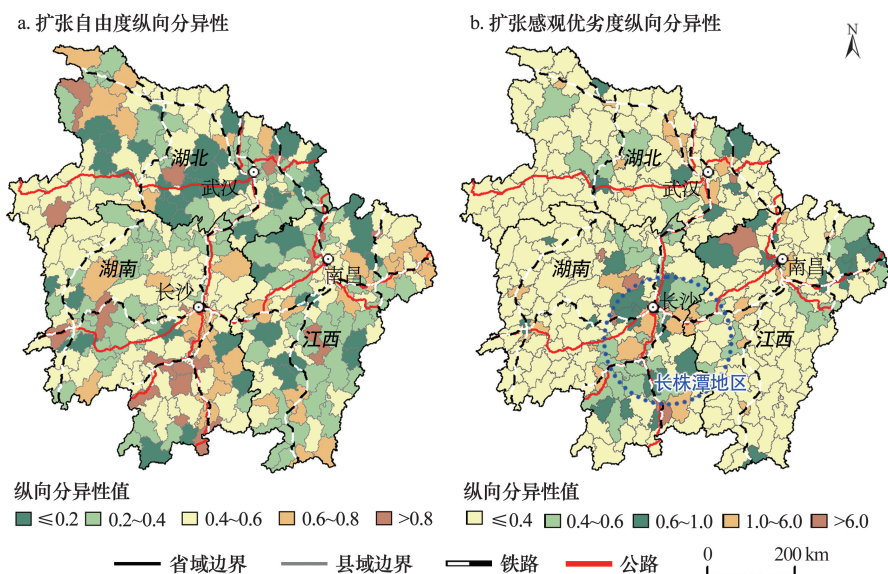


图4 1990—2015年湘鄂赣三省多级城镇用地扩张自由度与感观优劣度纵向分异性示意

Figure 4 Vertical variety of multi-level degree-of-freedom and degree-of-goodness for urban land expansion of Hunan, Hubei and Jiangxi provinces from 1990 to 2015

注:利用变异系数表征某一现象或数据的分异性时,主要依据变异系数的绝对值。为了便于分析,

图中所展示感观优劣度变异系数为其绝对值。这一处理,并不影响结果及其分析的准确性。

2018年6月

通过对数耦合的结果,该指数及其变异系数反映了城镇用地扩张这一时空耦合过程的综合特征与变异性。基于该指数及其纵向变异性,利用自然断点法,本文识别了湘鄂赣三省的城镇用地扩张模式(图5):感观优劣度变异系数呈正值且数值较大的县(市),总体呈良性城镇用地增长态势,但在不同级别扩张中所扮演的角色差异性较大,尚未形成稳定有序的增长格局,呈复合增长模式;感观优劣度变异系数呈负值且绝对值较大的县(市),总体呈较不理想的城镇用地蔓延态势,但在不同级别扩张中所扮演的角色差异性较大,未形成持续的蔓延格局,呈复合蔓延模式;感观优劣度变异系数呈负值且绝对值较小的县(市),总体呈不理想的城镇用地蔓延态势,且在不同级别扩张中所扮演的角色较为一致,呈持续蔓延模式;而感观优劣度变异系数为正值且绝对值较小的县(市),总体呈理想的城镇用地增长态势,且在不同级别扩张中所扮演的角色较为一致,为有序增长模式。

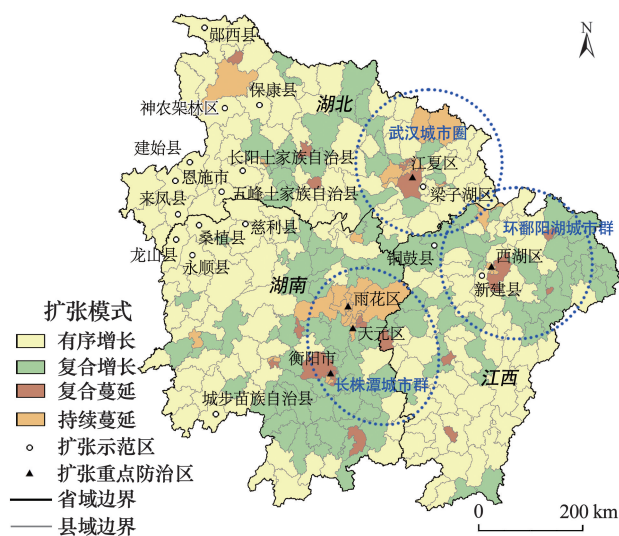


图5 1990—2015年湘鄂赣三省城镇用地扩张模式与典型扩张区分布示意

Figure 5 Urban land expansion patterns and typical cities from Hunan, Hubei and Jiangxi provinces from 1990 to 2015

统计分析表明,有序增长和复合增长是湘鄂赣三省城镇用地扩张的主导模式,呈上述扩张模式的县(市)分别为157个和109个,占湘鄂赣三省县(市)总数的48.01%、33.33%(表7)。其中,郧西县、保康县、神农架林区、恩施市、建始县、来凤县、长阳

表7 1990—2015年湘鄂赣三省分区域城镇用地扩张模式频数统计

Table 7 Frequencies for urban land sprawl patterns in different regions of Hunan, Hubei and Jiangxi Provinces from 1990 to 2015

扩张模式	全域	城市群	非城市群	丘陵平原区	山区
有序增长	157	38	119	63	94
持续蔓延	39	30	9	33	6
复合增长	109	31	78	69	40
复合蔓延	22	10	12	17	5
总计	327	109	218	182	145

土家族自治县、五峰土家族自治县、梁子湖区(鄂州市)、龙山县、永顺县、桑植县、慈利县、城步苗族自治县、铜鼓县、新建县等16个地区具有较高的感观优劣度,且扩张模式稳定,可作为城镇用地扩张示范区;长沙市雨花区等22个县(市)城镇用地扩张呈持续蔓延模式,雨花区、天元区、衡阳市、西湖区、江夏区表现最为突出;另有39个县(市)现复合蔓延模式,江夏表现明显。上述5个呈显著蔓延态势,或明显趋于不理想扩张模式的县(市),是未来城镇用地扩张的重点防治区。对比城市群、非城市群、山区及丘陵平原区城镇用地扩张模式后发现,有序增长模式主要分布于非城市群和山区,持续蔓延模式集中分布于城市群和丘陵平原区,而复合增长和复合蔓延模式则主要分布于非城市群和丘陵平原区。不难看出,非城市群、山区县(市)城镇用地扩张模式总体良好,城市群、丘陵平原区部分地区持续蔓延模式值得关注。

## 5 结论与启示

### 5.1 主要结论

本文利用时空统计模型(自由度、蔓延度和感观优劣度)构建了多级城镇用地扩张特征度量体系,以湘鄂赣三省各县(市)为例所开展的实证表明:

(1)城镇用地扩张时空特征随研究级别的变化而变化,且这一变化主要体现在两个方面。其一,横向即特定级别上,不同县(市)间城镇用地扩张特征不尽相同。湘鄂赣三省多级城镇用地扩张度量结果显示,不具尺度依赖的城镇用地扩张蔓延度横向分异性较弱,不同级别下的横向分异性相同。但自由度和感观优劣度横向分异明显,且不同尺度下的分异程度差异明显。自由度横向分异性呈现“城



市群/非城市群>全域>地级及以上城市级别>省域级别”的格局,感观优劣度横向分异性则表现为“全域>城市群/非城市群>省域>地级市及以上城市级别”的趋势。其二,纵向即特定县(市)城镇用地扩张自由度和感观优劣度度量结果会随研究级别的变化而变化。1990—2015年期间湘鄂赣三省城镇用地扩张自由度纵向分异性总体较低,分异性相对明显的区域多零星分布于湖北中西部、湖南西部和南部、江西中部。感观优劣度纵向分异性较强,最大值为12.3,变异系数高值区多分布于区域内主要公路和铁路密集的地区。这一结论说明了开展区域多级城镇用地扩张时空综合特征度量研究的必要性。

(2)多级城镇用地时空扩张特征的分异性,能在一定程度上反映各县(市)在区域城镇用地扩张中所扮演的角色,进而为区分城镇用地扩张模式提供更多有用信息。研究识别了湘鄂赣三省1990—2015年期间城镇用地扩张的主导模式,即有序增长、持续蔓延、复合增长和复合蔓延。统计表明,湘鄂赣三省所辖48.01%、33.33%的县、市在研究期内分别呈有序增长和复合增长型城镇用地扩张模式,总体态势良好。其中,城市群和丘陵平原区,是无序蔓延和复合蔓延模式表现较为明显的区域,非城市群和山区有序增长和复合增长模式占主导地位。不难看出,非城市群、山区县(市)城镇用地扩张模式总体良好,城市群、丘陵平原区部分地区持续蔓延模式值得关注。此外,研究还根据城镇用地扩张时空特征及其分异性识别出了鄖西县、保康县、神农架林区等16个城镇用地扩张管控示范区和雨花区等5个城镇用地扩张重点防治区,为多级城镇用地扩张管控提供参考。

## 5.2 重要启示

有序推进城镇用地扩张管控是湘鄂赣三省可持续发展应着力关注的重要课题。全面客观地认知城镇用地扩张这一时空过程的综合特征和复杂机理,是提升城镇用地扩张管控决策效率,以较好地规避时、空管控失调风险的重要基础。本文所构建的多级城镇用地扩张特征度量方法,为这一工作提供了参考。本研究的主要发现可为上述工作提供如下启示:

(1)现行土地制度下,中国城镇用地扩张时空过程的差异主要是由“差别化”的城镇用地供应所导致。在“区域协同”和“生态文明建设”双重任务下,湘鄂赣三省应结合不同地区资源环境与社会经济状况及其所应承担的功能,努力促成理性的分级、分区城镇用地管控体系。一方面,强化对平原、城市群地区及重要生态用地与粮食主产区城镇用地利用强度的管控。另一方面,鼓励山区具备较好社会经济发展条件城市城镇用地适度开发和转型升级。

(2)当然,城镇用地扩张管控策略和工具的设计和应用,非一朝一夕能实现。以城镇用地扩张示范区和重点防治区为例,总结扩张示范区城镇用地开发利用和扩张管控经验,积极推进城镇用地扩张管控体系创新,并适时开展应用研究,不失为实现多级城镇用地扩张管控的可靠思路。

## 参考文献(References):

- [1] 刘盛和. 城市土地利用扩展的空间模式与动力机制[J]. 地理科学进展, 2002, 21(1): 43-50. [Liu S H. Spatial patterns and dynamic mechanisms of urban land use growth[J]. *Progress in Geography*, 2002, 21(1): 43-50.]
- [2] 柯新利, 郑伟伟, 杨柏寒. 权衡城市扩张、耕地保护与生态保育的土地利用布局优化—以武汉市为例[J]. 地理与地理信息科学, 2016, 32(5): 9-13. [Ke X L, Zheng W W, Yang B H. Optimizing of land allocation for synergy of urban expansion, cultivated land protection and ecosystem conservation: a case study of Wuhan[J]. *Geography and Geo-information Science*, 2016, 32(5): 9-13.]
- [3] He C Y, Liu Z F, Tian J, *et al.* Urban expansion dynamics and natural habitat loss in China: a multiscale landscape perspective[J]. *Global Change Biology*, 2014, 20(9): 2886-2902.
- [4] Güneralp B, Seto K C. Futures of global urban expansion: Uncertainties and implications for biodiversity conservation[J]. *Environmental Research Letters*, 2013, 8(1): 014025.
- [5] 张利, 雷军, 李雪梅, 等. 1997—2007年中国城市用地扩张特征及其影响因素分析[J]. 地理科学进展, 2011, 30(5): 607-614. [Zhang L, Lei J, Li X M, *et al.* The features and influencing factors of urban expansion in China during 1997-2007[J]. *Progress in Geography*, 2011, 30(5): 607-614.]
- [6] 陈彦光, 周一星. 基于RS数据的城市系统异速生长分析和城镇化水平预测模型: 基本理论与应用方法[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2001, 37(6): 819-826. [Chen Y G, Zhou Y X. Researches in models of allometric analysis of urban systems and forecast

2018年6月

- of urbanization level based on RS data of urban area[J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2001, 36(6): 819–826.]
- [7] Su W Z, Gu C L, Yang G S, *et al.* Measuring the impact of urban sprawl on natural landscape pattern of the Western Taihu Lake watershed, China[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2010, 95(1): 61–67.
- [8] 周国华, 贺艳华. 长沙城市土地扩张特征及影响因素[J]. 地理学报, 2006, 61(11): 1171–1180. [Zhou G H, He Y H. Characteristics and influencing factors of urban land expansion in Changsha [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2006, 61(11): 1171–1180.]
- [9] 赵国梁, 郑新奇, 刘东亚, 等. 基于遥感和GIS的城市扩张稳态指数及其应用[J]. 农业工程学报, 2017, 33(11): 272–281. [Zhao G L, Zheng X Q, Liu D Y, *et al.* Urban expansion steady-state index of urban expansion based on remote sensing and GIS and its applications[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2017, 33(11): 272–281.]
- [10] Taubenböck H, Wiesner M, Felber A, *et al.* New dimensions of urban landscapes: the spatio-temporal evolution from a polynuclei area to a mega-region based on remote sensing data[J]. *Applied Geography*, 2014, 47(1): 137–153.
- [11] Shen G. Fractal dimension and fractal growth of urbanized areas [J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2002, 16(5): 419–437.
- [12] Marulli J, Mallarach J M. A GIS methodology for assessing ecological connectivity: application to the Barcelona Metropolitan Area [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2005, 71(2): 243–262.
- [13] 陈江龙, 高金龙, 徐梦月, 等. 南京大都市区建设用地扩张特征与机理[J]. 地理研究, 2014, 33(3): 427–438. [Chen J L, Gao J L, Xu M Y, *et al.* Characteristics and mechanism of construction land expansion in Nanjing metropolitan area[J]. *Geographical Research*, 2014, 33(3): 427–438.]
- [14] 刘和涛, 田玲玲, 田野, 等. 武汉市城市蔓延的空间特征与管制[J]. 经济地理, 2015, 35(4): 47–53. [Liu H T, Tian L L, Tian Y, *et al.* Exploring the spatial expression and governance policies of urban sprawl in Wuhan[J]. *Economic Geography*, 2015, 35(4): 47–53.]
- [15] 高倩, 阿里木江·卡斯木. “一带一路”沿线之中国新疆-中亚-西亚城市空间扩张[J]. 经济地理, 2017, 37(5): 51–57. [Gao Q, Alimujiang K. Research on the urban expansion of Xinjiang in China, Central Asia, West Asia along the Belt and Road[J]. *Economic Geography*, 2017, 37(5): 51–57.]
- [16] 吕萍, 龙双双, 刘新平. 地价在北京市城市扩张中的作用[J]. 城市问题, 2007, (12): 34–38. [Lv P, Long S S, Liu X P. The role of land price in the urban expansion of Beijing [J]. *Urban Problems*, 2007, (12): 34–38.]
- [17] 杨洋, 李雅静, 何春阳, 等. 环渤海地区三大城市群城市规模分布动态比较-基于1992–2012年夜间灯光数据的分析和透视[J]. 经济地理, 2016, 36(4): 59–69. [Yang Y, Li J Y, He C Y, *et al.* A Comparative study on spatiotemporal dynamics of city size distribution among three urban agglomerations in Bohai Rim: based on the analysis and perspective of Nighttime Light data from 1992 to 2012[J]. *Economic Geography*, 2016, 36(4): 59–69.]
- [18] 焦利民, 唐欣, 刘小平. 城市群视角下空间联系与城市扩张的关联分析[J]. 地理科学进展, 2016, 35(10): 1177–1185. [Jiao L M, Tang X, Liu X P. Spatial linkage and urban expansion: an urban agglomeration perspective[J]. *Progress in Geography*, 2016, 35(10): 1177–1185.]
- [19] Tian L, Li Y F, Yan Y Q, *et al.* Measuring urban sprawl and exploring the role planning plays: a Shanghai case study[J]. *Land Use Policy*, 2017, 67: 426–435.
- [20] Bhatta B, Saraswati S, Bandyopadhyay D. Quantifying the degree-of-freedom, degree-of-sprawl, and degree-of-goodness of urban growth from remote sensing data[J]. *Applied Geography*, 2010, 30(1): 96–111.
- [21] Tong L, Hu S, Frazier A E, *et al.* Multi-order urban development model and sprawl patterns: an analysis in China, 2000–2010[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2017, 167: 386–398.
- [22] Jiao L, Mao L, Liu Y. Multi-order landscape expansion index: characterizing urban expansion dynamics[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2015, 137: 30–39.
- [23] 刘纪远, 刘文超, 匡文慧, 等. 基于主体功能区规划的中国城乡建设用地扩张时空特征遥感分析[J]. 地理学报, 2016, 71(3): 355–369. [Liu J Y, Liu W C, Kuang W H, *et al.* Remote Sensing-based analysis of the spatiotemporal characteristics of built-up area across China based on the plan for major function-oriented zones[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(3): 355–369.]
- [24] Gao B, Huang Q X, He C Y, *et al.* How does sprawl differ across cities in China? a multi-scale investigation using nighttime light and census data[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2016, 148(41): 89–98.
- [25] 国家统计局. 中国统计年鉴 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2015. [National Bureau of Statistics of the P.R. China. *China Statistical Yearbook* [M]. Beijing: China Statistics Press, 2015.]
- [26] 童陆亿, 胡守庚. 中国主要城市建设用地扩张特征[J]. 资源科学, 2016, 38(1): 50–61. [Tong L Y, Hu S G. Characterizations of urban sprawl in major Chinese cities[J]. *Resources Science*, 2016, 38(1): 50–61.]
- [27] Liu J Y, Liu M L, Tian H Q, *et al.* Spatial and temporal patterns of China's cropland during 1990–2000: An analysis based on Landsat TM data[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2005, 98(4): 442–456.
- [28] 湖北省水利厅. 湖北省湖泊保护条例[EB/OL]. (2012–06–04) [2018–02–28]. [http://www.hubeiwater.gov.cn/policy/dfxf/201206/t20120604\\_650.shtml](http://www.hubeiwater.gov.cn/policy/dfxf/201206/t20120604_650.shtml). [Hubei Provincial Department of Water Resources. Hubei Province Lake Protection Ordinance [EB/OL]. (2012–06–04)[2018–02–28]. [http://www.hubeiwater.gov.cn/policy/dfxf/201206/t20120604\\_650.shtml](http://www.hubeiwater.gov.cn/policy/dfxf/201206/t20120604_650.shtml).]

- [29] 江西省人民政府. 江西省湿地保护条例[EB/OL]. (2012-03-29) [2018-02-28]. [http://xxgk.jiangxi.gov.cn/bmgkxx/slyt/fgwj/fg/201711/t20171128\\_1413337.htm](http://xxgk.jiangxi.gov.cn/bmgkxx/slyt/fgwj/fg/201711/t20171128_1413337.htm). [People's Government of Jiangxi Province. Jiangxi Wetland Protection Regulations [EB/OL]. (2012-03-29) [2018-02-28]. [http://xxgk.jiangxi.gov.cn/bmgkxx/slyt/fgwj/fg/201711/t20171128\\_1413337.htm](http://xxgk.jiangxi.gov.cn/bmgkxx/slyt/fgwj/fg/201711/t20171128_1413337.htm).]
- [30] 中华人民共和国城乡建设部. CJJ 83-2016 城乡建设用地竖向规划规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016. [Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China (MOHURD). CJJ 83-2016 Code for Vertical Planning on Urban and Rural Development Land[S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016.]
- [31] 中华人民共和国国务院. 中华人民共和国森林法实施条例[EB/OL]. (2011-01-08) [2018-02-28]. [http://www.gov.cn/gongbao/content/2011/content\\_1860863.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2011/content_1860863.htm). [The State Council of the People's Republic of China. The People's Republic of China Forest Law Implementation Regulations [EB/OL]. (2011-01-08) [2018-02-28]. [http://www.gov.cn/gongbao/content/2011/content\\_1860863.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2011/content_1860863.htm).]
- [32] Almeida C, Monteiro A, Mara G, *et al.* GIS and remote sensing as tools for the simulation of urban land-use change[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2005, 26(4): 759-774.
- [33] 田光进, 刘纪远, 庄大方, 等. 基于遥感与GIS的20世纪90年代中国城镇用地时空特征[J]. 第四纪研究, 2003, 23(4): 421-427. [Tian G J, Liu J Y, Zhuang D F, *et al.* The temporal-spatial characteristics of urban land in China in 1990s by remote sensing and GIS[J]. *Quaternary Sciences*, 2003, 23(4): 421-427.]
- [34] 中华人民共和国国务院. 中华人民共和国基本农田保护条例[EB/OL]. (1994-08-18) [2018-05-15]. [http://www.shidi.org/sf\\_C907687BA21346809C34B7E8E91FFCC1\\_151\\_shidizx.html](http://www.shidi.org/sf_C907687BA21346809C34B7E8E91FFCC1_151_shidizx.html). [The State Council of the People's Republic of China. Basic Farmland Protection Regulations [EB/OL]. (1994-08-18) [2018-05-15]. [http://www.shidi.org/sf\\_C907687BA21346809C34B7E8E91FFCC1\\_151\\_shidizx.html](http://www.shidi.org/sf_C907687BA21346809C34B7E8E91FFCC1_151_shidizx.html).]
- [35] 甄峰, 席光亮. 中国经济社会转型中城市化的质与量[J]. 规划师, 2012, 28(7): 11-15. [Zheng F, Xi G L. Urbanization quantity and quality in China's socio-economic transition[J]. *Planners*, 2012, 28(7): 11-15.]



# Multi-level urban land expansion characterization using spatiotemporal statistics for Hunan, Hubei and Jiangxi

TONG Luyi<sup>1,2</sup>, HU Shougeng<sup>1,2</sup>

(1. School of Public Administration, China University of Geosciences (CUG), Wuhan 430074, China;

2. The Key Laboratory of the Ministry of Land and Resources for Legal Evaluation Engineering, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** This study provided a framework for multi-level urban land expansion characterization through spatiotemporal statistics based on degree-of-freedom, degree-of-sprawl, and degree-of-goodness. This framework was used to estimate and analyze variable characteristics and patterns of urban land expansion from 1990-2015 in 327 counties that are administrated by Hubei, Hunan and Jiangxi provinces in central China at different levels. In addition, four different levels (overall, provincial, metropolitan and city) were examined. Results indicated that the variable characteristics of urban land expansion observed in counties administrated by Hubei, Hunan, and Jiangxi provinces at different levels were seriously generated during the period 1995-2015. In addition, varying spatiotemporal urban land expansion was, on one hand, derived by spatially heterogeneous urban land expansion among counties and on the other hand, shaped by variable outcomes of experiments estimating urban land expansion by the proposal framework in each county when characterizing the expansion at different levels. It was noteworthy that these varied sprawl characteristics might provide us with indicators for the status of counties gained among urban land expansion in large-scale regions; and with which, major urban land expansion patterns, mainly including controlled growth, floating growth, disorderly sprawl, and evolving sprawl, were identified in the study. More importantly, counties located in metropolitan and plain areas, compared to those from non-metropolitan and mountainous areas, generally witnessed dominated disorderly sprawl and evolving sprawl. Controlled growth and floating sprawl were dominate patterns in non-metropolitan, mountainous and hilly districts. Initiatives for promoting research on multi-level urban expansion estimation, variable characteristics, patterns and their inherent causative factors are of great importance for multi-level and special urban land expansion management and sustainable urban development strategies.

**Key words:** urban land expansion; spatiotemporal statistics; multi-level analyses; spatiotemporal characteristics; Hunan Province; Hubei Province; Jiangxi Province