

DOI:10.13718/j.cnki.xsxb.2019.01.012

基于夜间灯光数据的武汉市城镇用地 扩张识别与空间分布特征研究^①

陈 星 星

长江大学 城市建设学院, 湖北 荆州 434000

摘要: 以武汉市为例, 基于 DSMP/OLS 夜间灯光数据、多源遥感影像数据和统计年鉴数据, 通过构建城镇用地复合指数, 提取 2000、2005 和 2010 年 3 个年份的武汉市城镇用地面积, 分析了武汉市城镇用地扩张的形态特征、城镇用地演变规律和影响其变化的因素。研究表明, 2000 年到 2010 年之间武汉市的城镇用地扩张速度不断加快, 并呈现非紧凑型发展。城镇用地空间扩张逐渐复杂化, 离散破碎之势逐年显著。位于西北和东南方向上距主城 20~30 km 的远城区扩张强度最大; 总体城镇用地空间格局基本稳定, 受地理条件、空间距离、经济发展和政策指引等因素的影响, 不同方向上城镇用地扩张差异化显著。

关键词: 夜间灯光数据; 城镇用地扩张; 空间分布特征; 武汉市

中图分类号: P237; TU984.2

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2019)01-0070-09

城市是资源、环境和社会经济要素高度集聚的综合体, 同时也是区域经济发展的核心与载体, 故城市因其强大的生命力而不断向四周扩张。这种扩张是时间上的动态过程, 体现在它的自然、经济、人文等要素上的发展具有时间上的阶段性、顺序性和不可逆性^[1]。随着城镇人口集聚增长和社会经济的快速发展, 城镇用地空间扩张是城市工业化和城市化最直接的体现, 目前正日益成为土地利用变化的主要特征^[2-4], 同样也成为当前城市规划以及土地利用相关领域研究的热点。随着遥感技术和地理信息技术的不断应用, 诸多学者分别从城镇扩张空间特征^[5-10]、驱动力机制^[9-15]、动态过程和预测^[16-22]等方面, 基于不同的数据源运用多种新技术对城镇空间扩张进行了较为深入的研究与探讨。

传统方法层面, 学者多用各种统计年鉴等社会经济数据来分析城镇空间动态的扩张分析, 如顾朝林^[23]和方创琳^[24]等基于不同尺度与视角利用社会经济统计数据分析了建国以来我国城市化空间格局与动态变化过程。近年来, 随着遥感和地理信息技术在规划和地理层面的深入应用, 国内外更多学者都对城镇空间扩张基于不同分辨率的遥感影像数据以及夜间灯光数据进行分析, 尤其是以国防气象卫星 DMSP 搭载的 OLS 传感器提供的夜间灯光数据和美国 Landsat 系列卫星数据应用最广, 如 Lo C P^[25]运用 DMSP/OLS 夜晚灯光数据对中国多城市测定和识别; 丁彤彤等^[26]使用卫星遥感影像揭示了黄河三角洲湿地景观格局动态变化; 车前进等^[27]使用 Landsat MSS/TM 和 SPOT 卫星遥感影像揭示了长江三角洲区域城镇空间扩张特征及机制。毛卫华等^[28]选用多时序 MODIS 数据产品和夜间灯光指数数据对 2001—2010 年之间的浙江省城市扩张情况开展了动态监测。

① 收稿日期: 2018-05-24

基金项目: 湖北省教育厅中青年人才项目(Q20171312)。

作者简介: 陈星星(1982-), 男, 硕士, 讲师, 主要从事城市地理与城市经济研究。

虽应用广泛, 但 Landsat 系列卫星数据和夜间灯光数据源在提取用地信息以及测定城镇空间动态信息时各有优点和存在弊端(表 1)。

表 1 Landsat 系列卫星数据和夜间灯光数据源

名称	优点	弊端
Landsat 系列卫星数据	具有较高的空间分辨率(30 m)、较大的空间覆盖范围以及丰富的光谱信息和空间信息, 适合于单个城市或者区域城市范围的提取与扩张分析 ^[29] 。	在较高分辨率的尺度上, 对城市内部不同地物类别(自然植被与人造地物)存在错分现象, 虽然表示分类精度的指标较高, 但是城市类别与周围光谱特征相似的地物(如裸土)区分度不大, 混合像元大量存在, 精度有限 ^[29] 。
DMSP/OLS 夜间灯光数据	可感知低强度夜晚城市灯光以及小规模居民地、车流、渔船等发出的低强度信号, 并使之区别于黑暗的乡村背景, DMSP/OLS 数据可作为人类活动的表征, 成为研究人类活动行为和城市信息的良好数据源 ^[30-31] 。	夜晚灯光数据的空间分辨率较低(1 km), 并且存在溢出效应, 由于“灯光溢出”效应的存在, DMSP/OLS 探测到的反映人类活动的灯光分布区范围往往要大于实际情况 ^[30-31] 。

研究城镇用地的扩张关键之一在于城镇用地面积的提取, 多源遥感数据组合应用将会提供更加丰富的信息, 更好地提供城镇用地信息。近年来, 国内外学者借助较高分辨率遥感数据和 DMSP/OLS 夜间灯光数据具有互补的特性, 如将 Liu X^[32] 和毛卫华^[28] 等将 Landsat 和 DMSP/OLS 夜间灯光数据相结合用于城镇用地信息的提取与扩张研究。因此, 本文以武汉市为例, 基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据、Landsat TM/ETM+ 数据和 MODIS 产品, 通过将几种数据相互结合的城镇用地复合指数 NUACI 方法, 更为精准地提取武汉市 3 个年份(2000, 2005 和 2010 年)的城镇用地信息, 通过计算不同方向不同区域的城镇扩张强度指数、城镇扩张差异指数、紧凑度、分形维数等指标, 定量研究该城市十年来城镇用地扩张方向、强度和空间格局变化, 结合定性分析的方法, 以期揭示武汉市十年来城镇用地扩张的时空规律与特征。

1 研究区概况

本研究以我国中部地区超大城市武汉市为研究区。武汉市是湖北省省会, 市域总面积 8 494 km², 下辖 13 个区和 3 个国家级开发区, 全市常住人口 1 060.77 万人(2015 年), 地区生产总值 10 905.60 亿元。武汉市地处华中腹地, 坐落于长江汉水汇合处, 同长沙、南昌形成三角形、放射状结构, 成为推动长江中游城市群发展的重要节点和区域核心, 是国家中部崛起战略的重要支点, 是连接东部沿海与内陆地区的咽喉要道与必由之路, 区位优势十分明显。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

本文收集了武汉市行政区图和由《武汉市统计年鉴》得到的 3 个年份的建成区面积统计数据。所采用的遥感数据包括: 一是夜间灯光数据, 来自美国国家海洋和大气管理局(NOAA)网站的 3 个年份(2000, 2005 和 2010 年)的全球 DMSP/OLS 非辐射定标夜间灯光平均强度数据。二是基于中分辨率成像光谱仪(MODIS)反射率数据计算所得的 EVI 数据。三是 3 个年份(2000, 2005 和 2010 年)的 30 m 分辨率的 Landsat TM/ETM+ 遥感影像数据。

2.2 研究方法

2.2.1 城镇用地复合指数

植被丰富度与城市不透水层成高度负相关, 植被指数可以用来作为城镇用地提取的重要指标^[33-34]。城镇用地复合指数 NUACI^[32] 方法的原理是在已有 DMSP/OLS 夜间灯光遥感数据的基础上, 考虑到受季节变化的影响较大的植被覆盖率, 引入增强型植被指数(EVI)和归一化差异水体指数(NDWI)作为辅助计算, 可以在植被覆盖率较高的区域更有效地降低灯光饱和带来的误差, 同时更加精确地区分地物属性特征, 提取城镇用地信息^[32]。NUACI 计算公式如下:

$$NUACI = \begin{cases} 0, & d > r, d = \sqrt{(NDWI - a)^2 + (EVI - b)^2} \\ \left(1 - \frac{d}{r}\right) * \frac{OLS - OLS_{\min}}{OLS_{\max} - OLS_{\min}}, & d \leq r \end{cases} \quad (1)$$

式中: a 和 b 为城市样本 $NDWI$ 和 EVI 的平均值; r 为城市样本集聚的圆形区域半径; d 为距离城市中心的距离; OLS_{\min} 和 OLS_{\max} 为 DMSP/OLS 夜间灯光数据像元最大值和最小值. 标准化后的 $NUACI$ 取值为 $[0, 1]$, 不同城市的空间格局分布使得在提取城镇用地信息时 r 的取值不尽相同. 其中 $NDWI$ 的计算公式如下:

$$NDWI = \frac{\rho_{\text{mir}} - \rho_{\text{mir}}}{\rho_{\text{mir}} + \rho_{\text{mir}}}$$

式中: ρ_{mir} 为近红外光波段反射率; ρ_{mir} 为中红外光波段反射率. EVI 计算公式如下:

$$EVI = \frac{2.5(\rho_{\text{mir}} - \rho_{\text{red}})}{\rho_{\text{mir}} + C_1\rho_{\text{red}} - C_2\rho_{\text{blue}} + L}$$

本文所用的 ISA 基础数据来源于学者刘小平在网上共享的数据(网址为 <http://www.geosimulation.cn/ISA-China.htm>)^[32]. 其提取建设用地的具体方法如下: 1) 从美国国家海洋和大气管理局(NOAA)下载 2000 年、2005 年和 2010 年 3 个年份 NTL 数据集, 其 NTL 图像上的光的 DN 值范围从 1 到 63, 研究区域武汉市选用的遥感行列号为 123/39, 该区间成像清晰, 本文提取时阈值为 8, 以夜间灯光数值(DN) >8 的区域是建设用地; 2) 基于中分辨率成像光谱仪(MODIS)反射率数据计算所得的 EVI 数据, 利用 ENVI 软件对研究区域原始数据进行预处理和进行 $NDWI$ 的计算, 得出 $NDWI$ 值; 3) 从美国地质调查局网站下载 30 m 分辨率 Landsat TM/ETM+(2000, 2005 和 2010 年), 并提取了实际不透水表面积作为参考数据, 建立文中所设城镇用地复合指数回归模型, 验证 $NUACL$ 的准确性, 利用最大似然分类器(MLC)提取城市建设用地, 武汉市 2000, 2005 和 2010 年城镇用地面积分别为 330.07, 431.57 和 630.58 km^2 . 在检验过程中, 采用 DMSP-OLS, VANUL, HIS, NUACI 等抽样方法计算, 通过不同年份的相同样本点, 验证 $NUACL$ 的准确性^[32]. 其武汉市验证的各类精度值如表 2 所示.

表 2 各方法检验的精度值(武汉市)^[32]

年 份	精度值			
	DMSP	HSI	VANUL	NUACL
2000	0.838 3	0.841 9	0.748 8	0.868 9
2005	0.805 2	0.808 3	0.814 7	0.835 1
2010	0.740 7	0.715 7	0.646 8	0.765 1

2.2.2 城镇扩张强度指数

城镇扩张强度指数($UEII$)是指某空间单元在单位时期内城镇用地的扩张面积占其用地总面积的百分比^[10]. 该指数可表明研究区相应时段内城镇用地规模数量在时间维度上的变化特征, 将研究区内各空间单元的城镇用地年均增长速度进行了标准化处理, 使不同时期增长速度具有可比性^[9]. 一般城镇扩张强度指数 $UEII$ 的计算公式为:

$$UEII_i = \frac{ULA_i^{t_2} - ULA_i^{t_1}}{TLA_i \times \Delta t} \times 100$$

式中: $UEII_i$ 为单元空间 i 的年平均城镇扩张强度指数; $ULA_i^{t_2}$ 和 $ULA_i^{t_1}$ 表示空间单元 i 分别在 t_2 和 t_1 时城镇用地面积; TLA_i 为空间单元 i 的土地总面积; Δt 为研究时间跨度.

2.2.3 城镇扩张差异指数

城镇扩张差异指数($UEDI$)是指某空间单元的城镇扩张变化率与研究区内的城镇扩张变化率的比值^[10]. 该指数相对于城镇扩张强度来说更加强调空间单元之间扩张强度的差异性, 可用于进行横向对比分析, 分析研究区内不同空间扩张差异与城镇用地变化的热点区域. 城镇扩张差异指数 $UEDI$ 公式为:

$$UEDI_i = \left| \frac{ULA_i^{t_2} - ULA_i^{t_1}}{ULA_i^{t_2} - ULA_i^{t_1}} \right| \times \frac{ULA_i^{t_1}}{ULA_i^{t_1}}$$

式中： $UEDI_i$ 为空间单元 i 的城镇扩张差异指数； $ULA_i^{t_2}$ 和 $ULA_i^{t_1}$ 表示空间单元 i 分别在 t_2 和 t_1 时城镇用地面积； ULA^{t_2} 和 ULA^{t_1} 为研究区域在 t_2 和 t_1 时城镇用地总面积。

2.2.4 城镇用地紧凑度与分形维数

紧凑度和分形维数是反映区域地物空间形状的参数，紧凑度的变化也可以表征城镇用地扩张的变化形态特征，而城市分形维数是可描述土地利用空间形态的变化规律和土地受干扰程度的重要参数。二者均可借助 ArcGIS 平台进行度量分析与计算。紧凑度^[12]表达式为：

$$C = \frac{2 \sqrt{nA_t}}{P_t}$$

式中： C 为紧凑度； A_t 和 P_t 分别为第 t 年城镇用地面积(km^2)和周长(km)； C 的取值为 $0 \sim 1$ ，当紧凑度的值越接近于 1，则表示地物形状的紧凑性越好，反之越差。分形维数^[12]计算公式为：

$$S_t = \frac{2 \ln\left(\frac{P_t}{4}\right)}{\ln(A_t)}$$

式中： S_t 为第 t 年城镇用地的分形维数； A_t 和 P_t 分别为第 t 年城镇用地面积(km^2)和周长(km)；其中分形维数的取值为 $1 \sim 2$ ，分形维数数值越大表示图形形状越复杂。当分形维数的数值小于 1.5 时，说明图形趋于简单；当其数值等于 1.5 时，表明图像处于布朗随机运动状态，稳定性较差；当分形维数的数值大于 1.5 时表明图像趋于复杂。

2.2.5 空间象限方位分析法

城镇用地扩张的方向性对于研究城市的发展起到十分重要的作用，同时对城市的管理提供了一定的价值意义。空间象限方位分析法可以同时对不同方位上的城镇用地扩张的差异进行直观的比较和分析，宏观上直观简明地勾绘出城市空间形态上的变化。

为了研究武汉市城镇用地扩张的方向性，以武汉市几何中心为原点，东西方向为横轴，南北方向为纵轴，按 4 个象限 8 个方位将研究区划分成 8 个象限区域(以顺时针方向依次为第一、第二到第八象限)，并以原点为中心，每 5 km 向外建立一圈缓冲区(图 1)。在 ARCGIS 软件中，将象限方位区、缓冲区与武汉市各研究时段的城镇用地分布矢量图进行空间叠加分析，从而获得不同时段城市用地在各个象限方位区中的面积，以分析城市用地在各个象限方位扩张的强度特征。

3 结果与分析

3.1 武汉市扩张时空信息提取

2000—2010 年武汉市灯光遥感 $NUACI$ 值分布和城镇用地扩张提取结果如图 2、图 3、表 3 所示。从城镇用地的总量来看，武汉市 2000、2005 和 2010 年城镇用地面积分别为 330.07、431.57 和 630.58 km^2 。十年间增长 300.51 km^2 ，平均每年增长 30.05 km^2 。其中 2000—2005 年增长 101.5 km^2 ，平均年增长 33.83 km^2 ；2005—2010 年发展迅猛，平均年增长 66.34 km^2 。由此可见，在国家中部崛起战略的指引下，武汉市作为湖北省乃至长江中游城市群的核心城市，近年来发展十分迅猛。

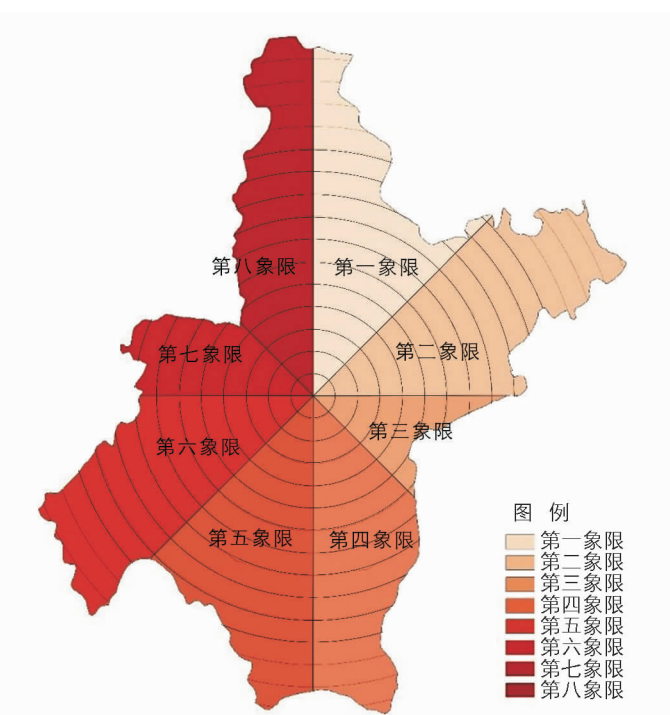


图 1 武汉市空间象限分析图

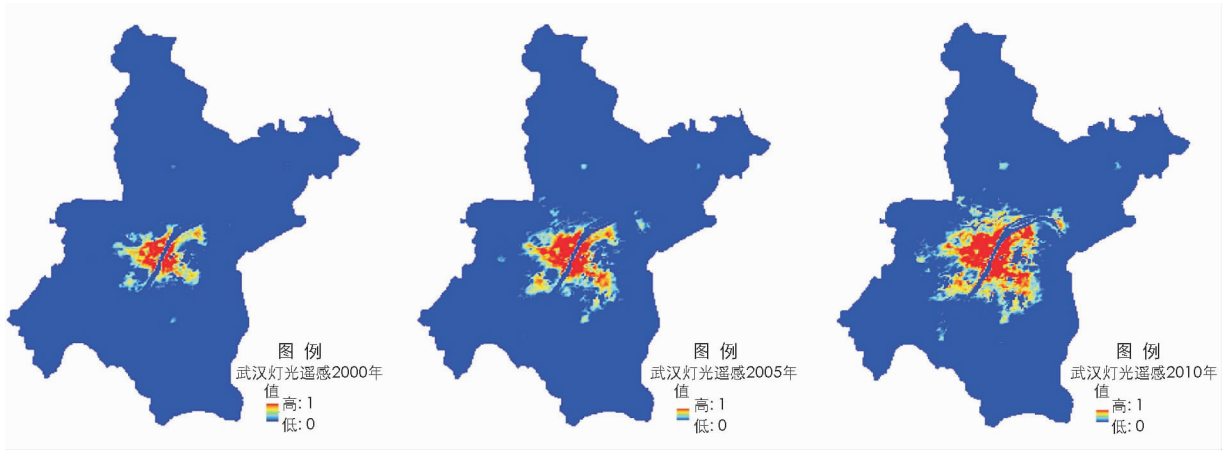


图 2 2000,2005 和 2010 年武汉市灯光遥感 NUACI 值分布图

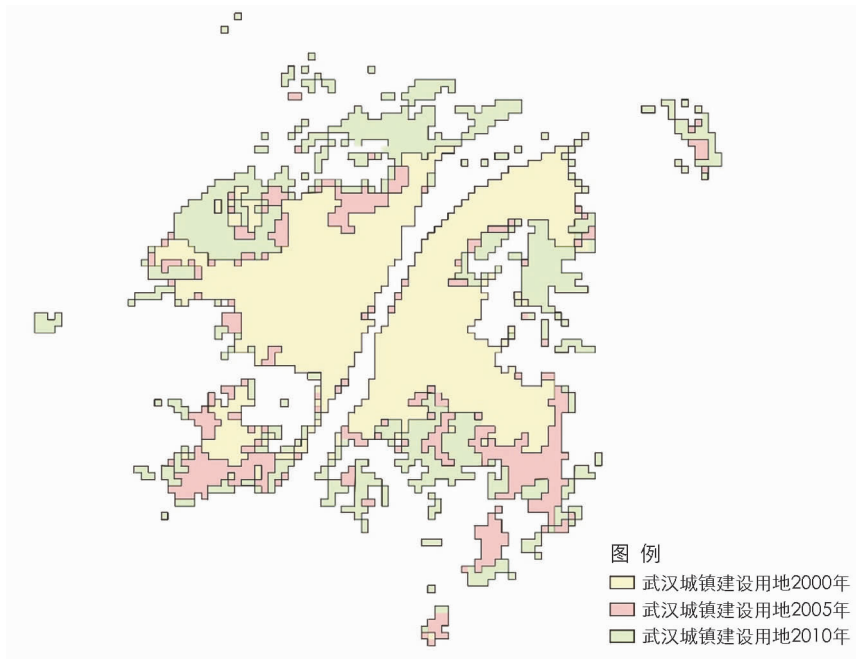


图 3 2000,2005 和 2010 年年武汉市城镇用地提取结果示意图

表 3 武汉市城镇用地面积及扩张速度

年份	2000	2005	2010	2000—2010 年变化量
城镇用地面积	330.25	431.75	630.75	300.5

3.2 武汉市城镇用地扩张的形态特征

城市是一个复杂的系统,而城市外部空间形态是城市自身演化发展的外在综合表现,合理的空间形态和扩张进程有利于城市稳定的发展和资源的合理利用.紧凑度和分形维数是反映城镇用地扩张中形状变化的两个重要指标.城市紧凑度取值范围为 $0\sim 1$,当数值越接近于 1 时,则表示城镇用地的紧凑性越好.分形维数同样也是反映城镇空间形态的重要指标,当分形维数的数值小于 1.5 时,表明城镇用地空间形态趋于简单,当分形维数的数值大于 1.5 时,表明城镇用地空间形态趋向复杂,由表 2 可知,2000,2005 和 2010 年 3 个时期的武汉市城镇用地的紧凑度分别为 $0.180\ 4, 0.154\ 7, 0.126\ 3$,数值逐年减小,这表明武汉市城镇用地扩张呈现非紧凑型发展,城镇用地总体空间形态趋向离散.由表 4 可知,2000,2005 和 2010 年武汉市城镇用地分形维数分别为 $1.548\ 8, 1.575\ 2$ 和 $1.604\ 5$,3 个年份的分形维数数值均大于 1.5 且总体呈增加的趋势,这表明十年间武汉市的总体城镇用地空间格局基本稳定,空间扩张逐渐复杂化,并有进一步巩固的趋势.武汉是由具有不同自然条件和发展历史的汉口、汉阳、武昌三镇整合形成,2000—2010 年武汉市城镇用地扩张情况基于武汉的规划引导与发展实际,符合“多中心组团式”空间布局的构想.

表 4 武汉市不同时期城市紧凑度和分形维数

年份	城镇用地面积/km ²	城镇用地周长/km	城市紧凑度/ <i>c</i>	分形维数/ <i>s</i>
2000	330.25	357	0.180 4	1.548 8
2005	431.75	476	0.154 7	1.575 2
2010	630.75	705	0.126 3	1.604 5

城镇用地的扩张与社会的发展密切相关,其扩张的方向、速度等受社会经济发展、产业结构变化与国家政策调控等因素的综合影响.本文基于 ArcGIS 平台,运用空间象限方位分析法,结合从 DSMP/OLS 数据中提取的不同年份的城镇用地,分别计算上文中的多个指标,得到的结果如表 5 和表 6 所示.从空间扩张方向上来看,2000—2010 年间武汉市城镇空间扩张主要为第四、五象限,第七第八象限次之,即主要集中在西南、东南、西北方向.其中第一、八象限,即东北向、西北向城镇扩张差异性显著.2000—2005 年间西南和东南方向为武汉市最主要的扩张方向,结合扩张区域距城市中心距离可知扩张区域主要集中在距城市中心 20~30 km 处.2005—2010 年间在保持西南、东南向城镇用地继续发展的趋势,西北方向上扩张规模同样不可小视.具体分析可知,西南方向上的城镇用地扩张主要集中在汉阳区外围、沌口开发区和常福等地,依托武汉经济技术开发区,以汽车及零配件、电子信息、家电和包装印刷为主导,不断发展城市组团集群.而东南方向的建设主要以国家级东湖新技术开发区为主导,集聚科教智力优势资源实现城镇用地不断扩张.随着机场以及周边配套交通要素的不断完善,西北方向上武黄高速两侧及盘龙城等地也成为城镇用地扩张主力军,成为影响远城区空间扩张的重要因素.

表 5 武汉市不同时段内分象限城镇用地扩张强度与差异指数

	扩张强度指数		扩张差异指数	
	2000—2005 年	2005—2010 年	2000—2005 年	2005—2010 年
第一象限	0.001 8	0.034 5	2.001 4	16.079 5
第二象限	0.005 7	0.027 2	0.301 8	0.874 6
第三象限	0.007 9	0.060 5	0.639 0	2.734 7
第四象限	0.087 6	0.067 9	1.859 1	0.611 4
第五象限	0.055 4	0.086 8	0.980 8	0.786 8
第六象限	0.054 8	0.060 9	0.633 5	0.393 1
第七象限	0.028 6	0.078 5	1.830 9	2.142 4
第八象限	0.004 3	0.057 5	1.060 7	7.206 1

表 6 武汉市不同时段内分距离城镇用地扩张强度与差异指数

	城镇扩张强度指数		城镇扩张差异指数	
	2000—2005 年	2005—2010 年	2000—2005 年	2005—2010 年
5 km	0.011 0	0.016 0	0.343 1	0.302 9
10 km	0.020 8	0.119 5	0.289 0	1.017 7
15 km	0.027 9	0.096 5	0.324 4	0.679 3
20 km	0.062 7	0.131 6	1.557 4	1.473 5
25 km	0.087 5	0.081 1	7.537 3	1.404 1
30 km	0.028 1	0.026 2	152.968 0	1.980 0
35 km	0.004 4	0.003 8	24.076 9	1.660 7

4 影响城镇用地扩张因素分析

4.1 自然因子限制城镇用地扩张方向

武汉市位于长江、汉水交汇处,经历长时间的历史发展形成了“两江交汇、三镇鼎立”的城市形态和“湖泊众多,星罗棋布”的自然格局,形成汉口、武昌、汉阳相对独立完整的城市功能体系,并在此基础上构建三镇一体化发展的总体格局.从时间跨度看,1990 年之前,由于江河山体的阻隔,武汉城市建成区零散分布;1990—2000 年,城市建成区稳步扩展,基本上保持在三环以内,城市建成区的“碎片式”空间逐渐被填充发展;2000 年以后,尤其是 2005 年后,受江河湖泊与郊野山林等自然要素的影响,城市建成区从中心向

四周主要的对外交通廊道呈轴向式急速拓展,尤其是向西、西北、西南及东南方向建成区指状蔓延的扩张态势十分明显,但拓展速度不一致,导致指状边界、形态各异.2010年以后在六大绿楔的引导下,建成区边界朝各个方向的发展愈加均衡,呈现凹凸有致的向心形态,整体上形成以武汉两江交汇处为中心向四周圈层式均匀覆盖的饱满形态^[35].丰富的自然资源营造良好的城市生态环境,带来丰富生态旅游资源的同时,也会对城市产生强烈的分割限制作用.无限制的圈层发展不可避免地会蚕食山体、湖泊等生态空间,破坏城市整体的生态环境.因此,在现有城镇建设用地的基础之上采取轴向拓展、组团推进的模式才能最大程度地保护生态空间的连续性和完整性,实现城市与自然的和谐共生.

4.2 经济发展和产业转移推动城镇建设用地扩张

随着城镇化的不断深入,武汉市城镇用地不断向外扩张以承接主城区部分产业转移.如武汉市北部的黄陂区,以天河国际航空港为依托,以航空物流、大型主题游乐等临空产业为主导,不断地吸引各类人流、物流、信息流在此地集聚,逐步发展形成盘龙、横店等大型新城组团并不断完善;而南部新洲区以新港建设为依托,建成地区性水陆联运枢纽,形成港口产业集聚,完善自身发展的同时不断加强与主城区以及毗邻地区互动沟通,形成地域空间点状极化发展之势.机场、港口等重大基础设施落户非主城区地区,辅以逐步完善的配套设施,将带来人、物、资金、政策等要素资源的高密度集聚,使得各类开发区及重大基础设施所在地在短时期内迅速发展为经济增长极,带动区域经济发展^[36].

4.3 政策导向引领城镇用地空间扩张

政策是城市规划执行的工具,尤其是城市总体规划在城镇用地扩张过程中具有重要的引导作用,《武汉市城市总体规划(1996—2020年)》确定主城按核心区、中心区片、综合组团结构,规划江北、江南两个核心区,在核心区周围布局10个中心区片,在主城边缘布局10个综合组团,区片组团之间道路交通联系,形成“多中心组团式”的布局结构.规划加强卫星镇的建设,在主城外围,将建设阳逻、北湖、金口等7个重点镇;《武汉市城市总体规划(2010—2020年)》响应了国家提出的“中部地区崛起”战略,根据城市风道研究,和武汉两江交汇、河湖密布、生态绿地分隔的自然地理特征,规划形成“以主城区为核、多轴多心”的开放式空间结构.即由主城区向外,依托“多快多轨”复合型交通走廊,新城6个城市发展轴,布局6个新城组群.新城组群之间控制6条生态廊道.由近期两次规划可以看出,主城区的用地注重优化整合,而其他各区多沿着交通走廊呈轴状式发展,结合具体建设可知,吴家山海峡两岸科技园、武汉经济技术开发区和东湖新技术开发区等一众先导区的兴起与建设,不仅成为三镇城镇用地空间扩张的新动力,同时也引导新增居住、就业的统筹安排和布局,为城市经济社会的可持续发展创造条件.

5 结论与讨论

本文基于DSMP/OLS夜间灯光数据,同时结合多源遥感影像数据和相关资料,通过构建城镇用地复合指数,提取2000、2005和2010年武汉市城镇用地面积,从而更加真实有效地获取十年间武汉市城镇用地面积变化特征.2000—2010年间武汉市建设用地处于快速扩张之中,整体呈现非紧凑型发展,总体空间形态趋向离散型发展,城镇用地的的发展日益复杂,空间形态趋向多样,继而运用象限分析的方法并结合距城市中心的距离值进一步分析武汉市不同方向上城镇用地扩张差异与强度.研究结果发现2000—2010年间武汉市远城区西北、东南方向上扩张强度最大,东北方向上扩张差异性显著,本文认为自然因素、经济发展和产业转移以及政策导向对武汉市城镇用地扩张产生重要影响.

参考文献:

- [1] 胡晓明,李月臣,黄孝艳,等.城市空间扩展研究及进展[J].现代城市研究,2013,28(6):60—65,82.
- [2] LIU J Y, LIU M L, ZHUANG D F, et al. Study on Spatial Pattern of Land—Use Change in China during 1995—2000 [J]. Science in China(Series D: Earth Sciences), 2003, 46(4): 373—384.
- [3] LIU J, ZHAN J, DENG X. Spatio—Temporal Patterns and Driving Forces of Urban Land Expansion in China during the Economic Reform Era [J]. Ambio, 2005, 34(6): 450—455.

- [4] 刘纪远, 张增祥, 庄大方, 等. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及其成因分析 [J]. 地理研究, 2003, 22(1): 1—12.
- [5] 车前进, 曹有挥, 于 露, 等. 景观空间异质性及城市化关联——以江苏省沿江地区为例 [J]. 生态学报, 2011, 31(23): 7261—7270.
- [6] LIU J, ZHANG Q, HU Y F. Regional Differences of China's Urban Expansion from Late 20th to Early 21st Century Based on Remote Sensing Information [J]. Chinese Geographical Science, 2012, 22(1): 1—14.
- [7] 李晓文, 方精云, 朴世龙. 上海及周边主要城镇城市用地扩展空间特征及其比较 [J]. 地理研究, 2003, 22(6): 769—779.
- [8] 马晓冬. 基于 ESDA 的城市化空间格局与过程比较研究 [M]. 南京: 东南大学出版社, 2007.
- [9] 马荣华, 陈 雯, 陈小卉, 等. 常熟市城镇用地扩展分析 [J]. 地理学报, 2004, 59(3): 418—426.
- [10] 刘盛和, 吴传钧. 基于 GIS 的北京城市土地利用扩展模式 [J]. 地理学报, 2000, 55(4): 407—416.
- [11] 谈明洪, 李秀彬, 吕昌河. 我国城市用地扩张的驱动力分析 [J]. 经济地理, 2003, 23(5): 635—639.
- [12] 王厚军, 李小玉, 张祖陆, 等. 1979—2006 年沈阳市城市空间扩展过程分析 [J]. 应用生态学报, 2008, 19(12): 2673—2679.
- [13] 龚道溢, 史培军, 陈 浮, 等. 城市边缘区土地利用变化及人文驱动力机制研究 [J]. 自然资源学报, 2001, 16(3): 204—210.
- [14] 李晓文, 方精云, 朴世龙. 上海城市用地扩展强度、模式及其空间分异特征 [J]. 自然资源学报, 2003, 18(4): 412—422.
- [15] 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): 3—14.
- [16] 关兴良, 胡仕林, 蒯雪芹, 等. 武汉城市群城镇用地扩展的动态模式及其驱动机制 [J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(11): 1493—1501.
- [17] 张 津, 李双成, 王 阳. 深圳市城市扩展预测与分区评价 [J]. 北京大学学报(自然科学版), 2014, 50(2): 379—387.
- [18] 徐新良, 赵美艳, 闵稀碧. 城市扩展研究的主要进展与展望 [J]. 生态科学, 2014, 33(3): 619—624.
- [19] 李志英, 刘涵妮, 田金欢, 等. 基于 SLEUTH 模型的滇池流域城市扩展模拟分析 [J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(10): 1360—1366.
- [20] 黄 铎, 张珊珊. “同城化”背景下广佛都市圈城镇扩展的时空特征研究 [J]. 现代城市研究, 2015, 30(12): 76—81.
- [21] 孙秀锋, 刁承泰, 何 丹. 我国城市人口、建设用地规模预测 [J]. 现代城市研究, 2005, 20(10): 48—51.
- [22] LIU J Y, ZHANG Z X, XU X L, et al. Spatial Patterns and Driving Forces of Land Use Change in China during the Early 21st Century [J]. Journal of Geographical Sciences, 2010, 20(4): 483—494.
- [23] 顾朝林, 庞海峰. 建国以来国家城市化空间过程研究 [J]. 地理科学, 2009, 29(1): 10—14.
- [24] 方创琳. 改革开放 30 年来中国的城市化与城镇发展 [J]. 经济地理, 2009, 29(1): 19—25.
- [25] LO C P. Urban Indicators of China from Radiance—Calibrated Digital DMSP—OLS Nighttime Images [J]. Annals of the Association of American Geographers, 2002, 92(2): 225—240.
- [26] 丁彤彤, 周廷刚, 朱晓波, 等. 基于卫星遥感影像的黄河三角洲湿地景观格局动态变化研究——以东营市为例 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2016, 41(4): 52—57.
- [27] 车前进, 段学军, 郭 焱, 等. 长江三角洲地区城镇空间扩张特征及机制 [J]. 地理学报, 2011, 66(4): 446—456.
- [28] 毛卫华, 胡德勇, 曹 冉, 等. 利用 MODIS 产品和 DMSP/OLS 夜间灯光数据监测城市扩张 [J]. 地理研究, 2013, 32(7): 1325—1335.
- [29] 戴昌达, 唐伶俐, 陈 刚, 等. 卫星遥感监测城市扩展与环境变化的研究 [J]. 环境遥感, 1995, 10(1): 1—8.
- [30] 陈 晋, 卓 莉, 史培军, 等. 基于 DMSP/OLS 数据的中国城市化过程研究——反映区域城市化水平的灯光指数的构建 [J]. 遥感学报, 2003, 7(3): 168—175.
- [31] IMHOFF M L, LAWRENCE W T, STUTZER D C, et al. A Technique for Using Composite DMSP/OLS “City Lights” Satellite Data to Map Urban Area [J]. Remote Sensing of Environment, 1997, 61(3): 361—370.
- [32] LIU X, HU G, AI B, et al. A Normalized Urban Areas Composite Index (NUACI) Based on Combination of DMSP—OLS and MODIS for Mapping Impervious Surface Area [J]. Remote Sensing, 2015, 7(12): 17168—17189.

- [33] WENG Q, LU D, LIANG B. Urban Surface Biophysical Descriptors and Land Surface Temperature Variations [J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 2006, 72(11): 1275—1286.
- [34] BAUER M E, DOYLE J K, HEINERT N J. Impervious Surface Mapping Using Satellite Remote Sensing [C]//IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2002.
- [35] 谢 波, 陈杰夫, 张 帆. 大城市开发边界的整合与优化策略——以武汉市为例 [J]. 规划师, 2016, 32(10): 51—56.
- [36] 姜 珊. 武汉市远城区城镇化发展路径及空间结构模式研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2012.

Urban Land Expansion Identification and Spatial Distribution Characteristics of Wuhan City Using DMSP/OLS Nighttime Light Data

CHEN Xing-xing

School of Urban Construction, Yangtze University, Jingzhou Hubei 434000, China

Abstract: This research focused on extracting the urban area by calculating Normalized Urban Areas Composite Index from 2000 to 2010. Analyzing the morphological characteristics of urban land expansion, spatial evolution characteristics and factors that affect their changes about Wuhan urban area, combining the DSMP/OLS nighttime light data with the help of multi-source remote sensing images and statistical data. The study shows that the expansion rate of urban land in Wuhan was accelerating between 2000 to 2010 and presented a non-compact development. The expansion of urban land space is gradually complicated, and the trend of discrete fragmentation is significant year by year. The areas which located in the north-west and southeast direction from the main city of 20—30km have the largest expansion intensity. The overall pattern of urban land use is basically stable. Affected by factors such as geographical conditions, spatial distance, Economic development and policy guidelines, differences in urban land expansion in different directions are significant.

Key words: nighttime light data; urban land expansion; spatial distribution characteristic; Wuhan city

责任编辑 包 颖