

# 长江中游城市群空间格局演变及优化研究

## ——基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据的方法

钟 洋<sup>1,2</sup>, 林爱文<sup>1,2</sup>

(1. 武汉大学 资源与环境科学学院, 武汉 430079; 2. 地理信息系统教育部重点实验室, 武汉 430079)

**摘 要:**运用 Landsat 系列卫星同期影像数据和聚类分析方法对夜间灯光数据进行了校正,继而使用基于辅助数据的比较法确定提取城镇建成区面积的阈值,在此基础上选取了景观总面积、斑块密度和景观形状指数等总共 8 个典型景观格局指标,进而运用景观格局分析软件 FRAG-STATS 4.2 对体现 1992—2013 年共 22 年间长江中游城市群城镇发展空间格局演变的 8 个景观格局指标进行了计算。计算结果表明:在 1992—2013 年这 22 年间,长江中游城市群城镇化快速扩展,城镇建成区面积增幅达到 7.02 倍,斑块数量增幅为 2.35 倍,斑块密度的增加也较为明显,同时景观形状复杂度逐渐上升,中小城市不断壮大,同时也出现了较多的新兴小城镇,具体的,总边界长度和平均边界密度的年均增长速度分别为 18.86% 和 18.87%,最大斑块指数和聚集度指数两个指标在整体上呈现出逐年下降的特征,但是在整体上所有的景观总面积、最大板块指数和平均边界密度等 8 个指标的演变过程均体现出一定的波动和有序化的特征。

**关键词:**夜间灯光数据; 长江中游城市群; 基于辅助数据的比较法; 空间格局

中图分类号:F291; P237

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2018)06-0298-08

## Spatial Pattern Evolution and Optimization of Urban Agglomerations in the Middle Reaches of the Yangtze River

### — A Method Based on DMSP/OLS Night Light Data

ZHONG Yang<sup>1,2</sup>, LIN Aiwen<sup>1,2</sup>

(1. School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430079, China;

2. Key Laboratory of Geographic Information System, Wuhan 430079, China)

**Abstract:** The Landsat satellite image data and cluster analysis methods were used to correct the nighttime lighting data, and then the threshold value of the urban built-up area was determined using the comparison method based on auxiliary data. The total landscape area and patch were selected. A total of 8 typical landscape pattern indicators, such as density and landscape shape index, were used to calculate 8 landscape pattern indicators reflecting the spatial evolution of urban development in the middle reaches of the Yangtze River during 1992—2013 using the landscape pattern analysis software FRAG-STATS 4.2. The calculation results show that from 1992 to 2013, the urbanization of the urban clusters in the middle reaches of the Yangtze River rapidly expanded, the area of urban built-up areas increased by 7.02 times, the number of patches increased by 2.35 times, and the increase in patch density was also obvious. The complexity of shape gradually increased, and small and medium-sized cities continued to grow. At the same time, there were also a number of emerging small towns. Specifically, the average annual growth rate of the total boundary length and average boundary density were 18.86% and 18.87%, respectively. The largest patch index and the aggregation index presented the decline year by year, but overall the landscape area, the largest plate index, and the average boundary density all showed the characteristics of some fluctuations and disorder.

**Keywords:** night light data; urban agglomeration in the middle reaches of Yangtze River; comparative method based on auxiliary data; spatial pattern

随着我国社会经济的飞速发展和综合国力的不断提升,我国的城市群发展建设也得到越来越多的重视。城市群是国家工业化和城镇化转型发展高级阶段的产物<sup>[1]</sup>。目前,城市群在中国日益受到关注,被认为是国家参与全球竞争与国际分工的全新地域单元,是加快推进城市化进程和城乡统筹的主体空间形态,是中国未来经济发展最具活力和潜力的核心增长极<sup>[2-3]</sup>。

当前,随着我国城市群建设的不断推进,作为城市群研究主要内容之一的城市群空间格局演变研究自然引起了学术界的广泛关注。从研究视角来看,主要集中在可达性测度<sup>[4-5]</sup>、网络化分析<sup>[6]</sup>和流空间<sup>[7]</sup>等;从研究区域来看,主要以长三角城市群<sup>[8-9]</sup>、珠三角城市群<sup>[10]</sup>和长江中游城市群<sup>[11-12]</sup>等为主;从研究方法来看,主要包括主成分分析法<sup>[2]</sup>、引力模型<sup>[13-14]</sup>和社会网络分析法<sup>[15]</sup>和熵值法<sup>[16]</sup>。随着 2015 年 4 月 5 日,《长江中游城市群发展规划》得到国务院批复实施,“长江中游城市群”随即成为了学术界的研究热点区域,现阶段学术界对长江中游城市群的研究工作主要侧重于从多视角切入<sup>[17-19]</sup>、运用多种研究方法<sup>[20-22]</sup>和包括许多内容<sup>[23-26]</sup>等,通过比较,很明显可以看出对长江中游城市群空间格局的研究相对较少,同时当前国内城市群空间格局研究面临着日益严重的发展瓶颈问题,急需拓展新方法论与新数据源,尤其是形式简洁却内涵丰富的评估方式。

美国国防气象卫星 Defense Meteorological Satellite Program(DMSP)搭载的 Operational Linescan System(OLS)传感器则使得夜间灯光数据的获取成为可能<sup>[27]</sup>。该传感器能够在夜间工作,不仅可以利用月光进行云监测,而且还能够探测到包括城市灯光甚至是小规模居民地灯光、车流等低强度灯光<sup>[28]</sup>。夜间灯光指数作为形式简洁却内涵丰富的评估指标,其实现了单一统计指标与综合指标体系的有机融合,因而夜间灯光指数理论上可高效评估城市规模并分析城市体系,此外由于该数据同时具有空间信息和强度变化信息,因此也比较适合用于在大尺度上监测和识别具有不同扩展强度变化轨迹的城市用地类型。目前,国内外学者通过以夜间灯光数据为基础进行了大量研究,主要以城市化扩展研究<sup>[29-33]</sup>、人口与经济估算<sup>[34-36]</sup>、电力消耗量估算<sup>[37-38]</sup>和碳排放空间分布特征<sup>[39-40]</sup>等方面为主。在城市化扩展研究方面,吴健生等<sup>[31]</sup>基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据的实证开展了对中国城市体系等级结构及其空间格局的研究,并且对中国城市体系等级结构进行了划分,同时也分析

了中国城市体系的空间格局特征;杨洋等<sup>[32]</sup>通过以 1992—2012 年夜间灯光数据为基础,对环渤海地区三大城市群的城市规模分布动态比较进行了分析和透视,进而总结出了环渤海三大城市群城市规模动态的差异;王翠平等<sup>[33]</sup>基于 DMSP/OLS 影像对我国主要城市群即“京津冀、长江三角洲和珠江三角洲城市群”的空间扩张特征进行分析,并且发现三大城市群城市用地空间扩张在城市群之间以及城市群内部具有明显的不均衡性。因此,可以发现学术界关于长江中游城市群空间格局演变的研究较少,迫切需要基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据对长江中游城市群空间格局演变进行研究,这对于丰富相关研究的深度和广度以及促进长江中游城市群空间格局优化发展都有着重要的意义。

鉴于此,本文以 DMSP/OLS 夜间灯光时间序列数据为基础,以 Landsat TM 数据、空间分辨率为 1 km 的中国土地利用/覆盖格网数据集以及研究区域内部各省市县的土地利用数据为辅助,获取长江中游城市群从 1992—2013 年总共 22 a 的城镇用地信息,同时运用多种研究方法,对长江中游城市群 1992—2013 年的空间格局演变展开研究,目的在于揭示长江中游城市群的空间格局动态演变特征和规律,具有较高的可信度和科学性,继而在此基础上针对长江中游城市群空间格局演变所存在的问题和不合理之处提出相应地解决对策与建议,可以为长江中游城市群内部各级政府制定区域发展战略和城市群空间规划等提供科学依据,也具有一定的实践价值。

## 1 研究区域与数据来源

### 1.1 研究区域

长江中游城市群是以武汉城市圈、环长株潭城市群和环鄱阳湖城市群为主体形成的特大型城市群,武汉城市圈包括湖北省武汉市、黄石市、鄂州市、黄冈市、孝感市、咸宁市、仙桃市、潜江市、天门市、襄阳市、宜昌市、荆州市、荆门市;环长株潭城市群包括湖南省长沙市、株洲市、湘潭市、岳阳市、益阳市、常德市、衡阳市、娄底市;环鄱阳湖城市群包括江西省南昌市、九江市、景德镇市、鹰潭市、新余市、宜春市、萍乡市、上饶市及抚州市、吉安市的部分县(区),总国土面积约 31.7 万 km<sup>2</sup>,2014 年实现地区生产总值 6 万亿元,年末总人口 1.21 亿人,分别约占全国的 3.3%,8.8%,8.8%,长江中游城市群承东启西、连南接北,其不仅是长江经济带的重要组成部分,而且也是实施促进中

部地区崛起战略、全方位深化改革开放和推进新型城镇化的重点区域,因而其在我国区域发展格局中占有重要地位。

2015年4月5日,伴随《长江中游城市群发展规划》国务院批复实施。这是《国家新型城镇化规划(2014—2020年)》出台后,国家批复的首个跨区域城市群规划。长江中游城市群正式定位为中国经济发展新增长极、中西部新型城镇化先行区、内陆开放合作示范区和“两型”社会建设引领区,旨在推动中国经济朝着健康稳定的方向发展,推动长江中游城市群发展,对于依托黄金水道推动长江经济带发展、加快中部地区全面崛起、探索新型城镇化道路、促进区域一体化发展具有重大意义。

## 1.2 数据来源

### 1.2.1 DMSP/OLS 夜间灯光数据

本研究采用 1992—2013 年总共 22 年的 DMSP-OLS 非辐射定标

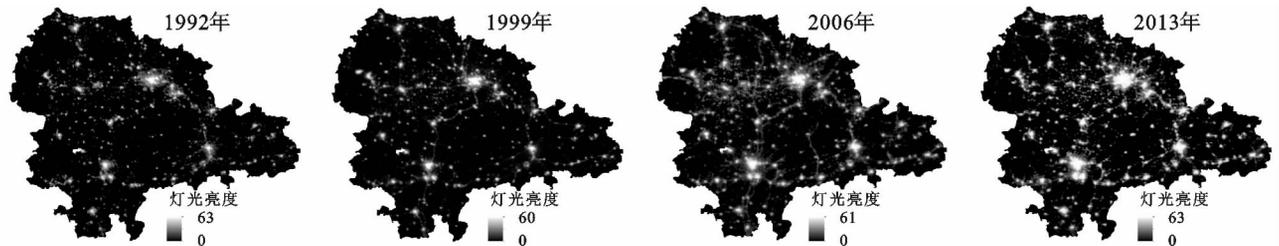


图 1 长江中游城市群 1992 年、1999 年、2006 年、2013 年夜间灯光数据

### 1.2.2 土地利用数据

该数据下载自在“地球系统科学数据共享平台”上发布的中国 1995 年、2000 年、2005 年 3 期空间分辨率为 1 km 的土地利用/覆盖格网数据集(National Land Cover Data, NLCD)。具体的,在该数据的土地利用/覆盖分类系统中包括“耕地”、“林地”、“草地”、“水域”、“城乡、工矿、居民用地”和“未利用土地”总共 6 个一级类型,其中,在“城乡、工矿、居民用地”中包括了“城镇用地”、“农村居民点”和“其他建设用地”这 3 个二级类型<sup>[21]</sup>。因此,从该数据集中分别获取 1995 年、2000 年和 2005 年的二级类型数据“城镇用地”,进而作为确定基于夜间灯光数据提取长江中游城市群 1992—2013 年总共 22 年逐年城镇建成区面积的最佳阈值的辅助数据。

## 2 研究方法

### 2.1 对原始灯光数据进行聚类分析

针对 DMSP/OLS 夜间灯光数据的灰度值范围为 0~63,0 值表示无灯光区域,随着灰度值越大则表示该处灯光亮度值越高,同时由于在后续的研究中是采用基于辅助数据的比较法确定提取城镇建成区面

的夜间稳定灯光数据,该数据下载自美国国家地球物理数据中心,DMSP/OLS 夜间灯光数据投影是 WGS-84,该数据的灰度值范围是 0~63,0 值表示无灯光区域,相反灰度值越大则表示该处灯光亮度值越高,该数据包含城镇以及其他类型的稳定灯光,并已经过严格的处理,去除火灾、太阳光、月光、云和极光等因素的影响,因此在本文的研究中采用此种数据,根据研究时段选取 F101992, F141999, F162006 和 F182013 总共 4 期影像,长江中游城市群逐年数据灰度值分布频率统计见图 1。同时为了验证模型结果的精确性,研究使用 Landsat TM 系列卫星同期数据对夜间灯光数据进行纠正,数据源自中国科学院计算机网络信息中心国际科学数据服务平台,此外为了满足研究工作的需要,本文还运用二次回归函数方法对原始 DMSP/OLS 夜间灯光数据进行相互校正,继而提高其在时间序列上的可比性。

积的最佳阈值,此外作为辅助数据的是从“地球系统科学数据共享平台”下载其发布的 3 期中国 1995 年、2000 年、2005 年这 3 个年份的空间分辨率为 1 km 的土地利用/覆盖格网数据集(NLCD)数据,因此,为了保证接下来城市建成区阈值的提取更为精准,继而对 1995 年、2000 年、2005 年这 3 个年份的 DMSP/OLS 夜间灯光数据进行聚类分析,从而对夜间灯光数据灰度值的分布进行分类,了解夜间灯光数据本身亮度值的分布特征,继而对接下来基于辅助数据的比较法确定提取城镇建成区面积的最佳阈值起到铺垫作用。聚类分析结果见表 1,1995 年、2000 年、2005 年这 3 年的夜间灯光亮度值所占比重较大的分别是 8.83, 9.97, 11.81,由此可见,长江中游城市群在 1995 年、2000 年、2005 年这 3 年的夜间灯光亮度值数值较低,城镇建成群范围较小,此外,1995 年、2000 年、2005 年这 3 年的夜间灯光亮度值和总数大小在年份上也是逐渐增大,可以看出,长江中游城市群处于发展扩张之中,城镇建成区面积不断扩大。

### 2.2 提取城镇建成区面积

通过对国内外基于 DMSP/OLS 夜间灯光数据的长时间序列城镇建成区面积提取方法进行综合比

较,继而选取阈值法作为提取城镇建成区的方法,而在阈值提取法中包括的基于辅助数据的比较法更能满足本研究中进行长时间序列长江中游城市群空间格局演变的需要,因此,选取基于辅助数据的比较法来确定提取城镇建成区面积的最佳阈值,继而提取出长江中游城市群在各个年份的城镇建成区面积。

以从“地球系统科学数据共享平台”下载其发布的中国 1995 年、2000 年、2005 年 3 期空间分辨率为 1 km 的土地利用/覆盖格网数据集(NLCD)数据中获取的城镇用地信息为基础,采用基于辅助数据的比较法来确定提取长江中游城市群城镇建成区的最佳阈值,即找出在 kappa 系数最大时对应的最佳阈值,基于此方法,本文选定灯光阈值 $\geq 25$  的区域作为城镇建成区范围,然后从 1992—2013 年逐年 DMSP/OLS 夜间灯光数据中提取长江中游城市群从 1992—2013 年总共 22 年间各年份的城镇建成区面积,继而为后续研究提供基础。

### 2.3 使用空间格局变化分析方法

本文运用景观生态学中的景观指数方法<sup>[26]</sup>对提

取的长江中游城市群在 1992 年、1999 年、2006 年、2013 年 4 个年份的城镇空间信息进行分析。考虑由 DMSP-OLS 灯光数据提取得到的长江中游城市群建成区数据的景观类型较为复杂的特点,继而选取景观总面积(TA)、总斑块数量(NP)、斑块密度(PDh)、最大斑块指数(LPI)、总边界长度(TE)、平均边界密度(ED)、景观形状指数(LSI)和聚集度指数(AI)总共 8 个典型景观格局指标,各景观格局指数的含义见表 2,进而运用 FRAG-STATS 4.2 软件对选取的 8 个典型景观格局指标进行计算。

表 1 1995 年、2000 年、2005 年夜间灯光数据聚类分析统计

年份	集群	亮度值 (平均数)	所占 比例/%	总数 大小
1995	1	8.83	73.2	3072
	2	28.41	26.8	1125
2000	1	31.83	25.9	1126
	2	9.97	74.1	3237
2005	1	11.81	72.5	3620
	2	33.73	27.5	1373

表 2 景观格局指数

景观指数	简写	描述
景观总面积	TA	所有斑块的面积之和
总斑块数量	NP	景观中所有斑块加在一起的总数量
斑块密度	PDh	100 km <sup>2</sup> 面积内的斑块数目
最大斑块指数	LPI	某一斑块类型中的最大斑块占整个景观面积比例
总边界长度	TE	所有斑块总边界长度
平均边界密度	ED	单位面积内斑块边界的长度
景观形状指数	LSI	斑块景观形状指标
聚集度指数	AI	相应类型的相似邻接数量除以当类型最大程度上丛生为一个斑块时的最大值,然后乘以 100 转为百分比

## 3 结果与分析

FRAG-STATS 4.2 软件计算结果如表 3 所示,为了使得该计算结果显现得更为直观明了,因此,对表 3 中的各项景观格局指标计算结果进行回归分析,得到图 2 中的各项指标在 1992—2013 年共 22 年间的变化趋势。

### 3.1 长江中游城市群空间格局演变特征

景观总面积(TA)、总斑块数量(NP)、斑块密度(PDh)这 3 个指标在整体层面上呈现出逐年增长的特征,在整体上反映出长江中游城市群在城镇化扩张过程中城镇面积和城镇数量均得到不断增加,具体的,这 3 个指标的年均增幅分别达到了 31.89%,10.6%和 10.7%,且 2003—2013 年的增幅要明显高于 1992—2002

年的增幅,尤其是 2010—2013 年的增幅最明显,同时孤立的城镇板块增幅也较为明显,说明在 1992—2013 年这 22 年间,长江中游城市群出现了较多的小城市和新兴城镇。但是,这 3 个指标的波动也较为明显,尤其是 1992—1998 年和 2003—2010 年这两个阶段的起伏波动最为明显,此外这 3 个指标也呈现出很明显的相关性,继而反映出长江中游城市群内部在发展壮大过程中存在不稳定性 and 波动性,迫切需要按照科学规划进行调整,最终实现协调发展。

总边界长度(TE)、平均边界密度(ED)和景观形状指数(LSI)这 3 个指标在整体层面上也保持着逐年增加的态势,具体的,总边界长度(TE)和平均边界密度(ED)的年平均增长速度分别为 18.86%和 18.87%,同时 2003—2013 年的增幅要明显高于 1992—2002 年的增

幅,景观形状指数(LSI)的增幅为4.33%,体现了长江中游城市群城镇区域的形状复杂度不断上升,进一步反映了长江中游城市群城镇间聚集程度越来越高,相互影响也變得越来越大,但是这3个指标发展变化的起伏波动也较为明显,尤其是1992—1998年和2003—2010年这两个阶段起伏波动较大,这不仅反映了长江中游城市群发展存在不协调性和不规范性,而且缺乏内部各城市之间的合理分工和稳定核心的带动引领。

最大斑块指数(LPI)和聚集度指数(AI)这两个指标在整体层面体现出逐年下降的特征,最大斑块指数(LPI)的起伏比较明显,很明显可以看出在2001—2013年最大斑块指数(LPI)的起伏波动最大,说明城市群的核心城市面积变化存在不确定性,呈现不规则和有序化的特征,因此需要进行科学规划来调整,聚集度指数(AI)的变化呈现出逐年平缓下降的特点,反映出长江中游城市群城镇之间联系越来越紧密,破碎度逐步减小,城镇化水平得到不断提高。

表3 1992—2013年长江中游城市群景观格局指标计算结果

年份	TA/km <sup>2</sup>	NP	PDh	LPI/%	TE/km	ED/ (m·km <sup>-2</sup> )	LSI	AI
1992	2039.58	68	2.48	99.36	139.84	5.1	2.92	99.61
1993	1258.17	37	1.35	99.6	77.12	2.81	2.62	99.7
1994	2738.88	79	2.88	99.19	162.56	5.93	3.03	99.58
1995	2434.88	72	2.63	99.23	149.28	5.45	2.97	99.6
1996	2047.82	52	1.9	99.35	117.28	4.28	2.82	99.64
1997	1844.31	56	2.04	99.42	116	4.23	2.81	99.65
1998	2429.81	75	2.74	99.23	150.56	5.49	2.98	99.59
1999	2601.94	72	2.63	99.18	152.16	5.55	2.98	99.6
2000	3380.81	91	3.32	98.93	190.56	6.95	3.17	99.54
2001	3258.44	76	2.77	98.97	167.2	6.1	3.06	99.58
2002	4897.02	127	4.63	98.45	273.12	9.96	3.56	99.42
2003	3946.65	98	3.57	98.76	216	7.88	3.29	99.51
2004	6215.74	141	5.14	98.04	336.24	12.27	3.86	99.33
2005	4532.15	95	3.47	98.57	228.32	8.33	3.35	99.49
2006	5648.94	107	3.9	98.22	274.56	10.02	3.57	99.42
2007	7573.13	152	5.54	97.61	373.76	13.63	4.04	99.28
2008	7354.72	147	5.36	97.68	362.72	13.23	3.99	99.3
2009	5300.24	95	3.47	98.32	250.4	9.13	3.45	99.46
2010	12155.05	184	6.71	96.16	548	19.99	4.88	99.03
2011	11329.9	174	6.35	96.43	501.68	18.3	4.65	99.1
2012	12289.77	187	6.82	96.12	548.16	20	4.88	99.03
2013	16347.37	228	8.32	94.84	720.08	26.27	5.7	98.78

### 3.2 长江中游城市群空间格局优化发展的对策与建议

3.2.1 贯彻落实《长江中游城市群发展规划》,同时高规格制定其他相关规划 2015年4月国务院批复同意《长江中游城市群发展规划》,标志着长江中游城市群发展已经上升为国家战略,同时由于长江中游城市群包括武汉城市圈、环长株潭城市群和环鄱阳湖城市群三大子城市群,跨越了湖北省、湖南省和江西省3个省份的行政管辖范围,必定存在一定的避雷阻碍,因此,长江中游城市群发展要贯彻落实《长江中游城市群发展规划》,积极开展和推动长江中游城市群三大核心城市武汉市、长沙市和南昌市以及其他地市

在经贸、旅游和文化等各个领域的协调、往来和互动,从而实现长江中游城市群合理的区域分工和协调发展。同时,对于长江中游城市群内部其他相关规划,也需要高规格高标准地完成,坚持生态与效率并重,最终实现长江中游城市群快速和科学发展。

3.2.2 集中力量推动武汉市、长沙市和南昌市的发展,提升这三大核心城市的核心作用和辐射作用 长江中游城市群拥有武汉市、长沙市和南昌市三大核心城市,他们分别是武汉城市圈、环长株潭城市群和环鄱阳湖城市群的核心增长极,在各自城市群内部具有明显优势,是带动各自子城市群和整个环长江

中游城市群发展的龙头和关键所在,但是在武汉城市圈、环长株潭城市群和环鄱阳湖城市群内部,这三大核心城市的核心带动作用却是有差距的,当前,武汉市的城市实力和影响力对武汉城市圈的发展起着至关重要的作用,其更是整个长江中游城市群的核心龙头,需要进一步强化武汉市的核心龙头作用;长沙市的城市实力和影响力在长江中游城市群内部仅次于武汉市,在环长株潭城市群内部也是处于核

心地位,需要进一步加快长沙市的发展壮大;相比之下,南昌市的城市实力和影响力明显弱于武汉市和长沙市,由于南昌市自身的实力所限,导致环鄱阳湖城市群整体实力在各方面也跟武汉城市圈和长株潭城市群存在一定的差距,需要集中力量推动南昌市的发展,提升南昌市的竞争力。因此,需要进一步强化三大核心城市的首位城市作用,从而最终实现以点带面的发展格局。

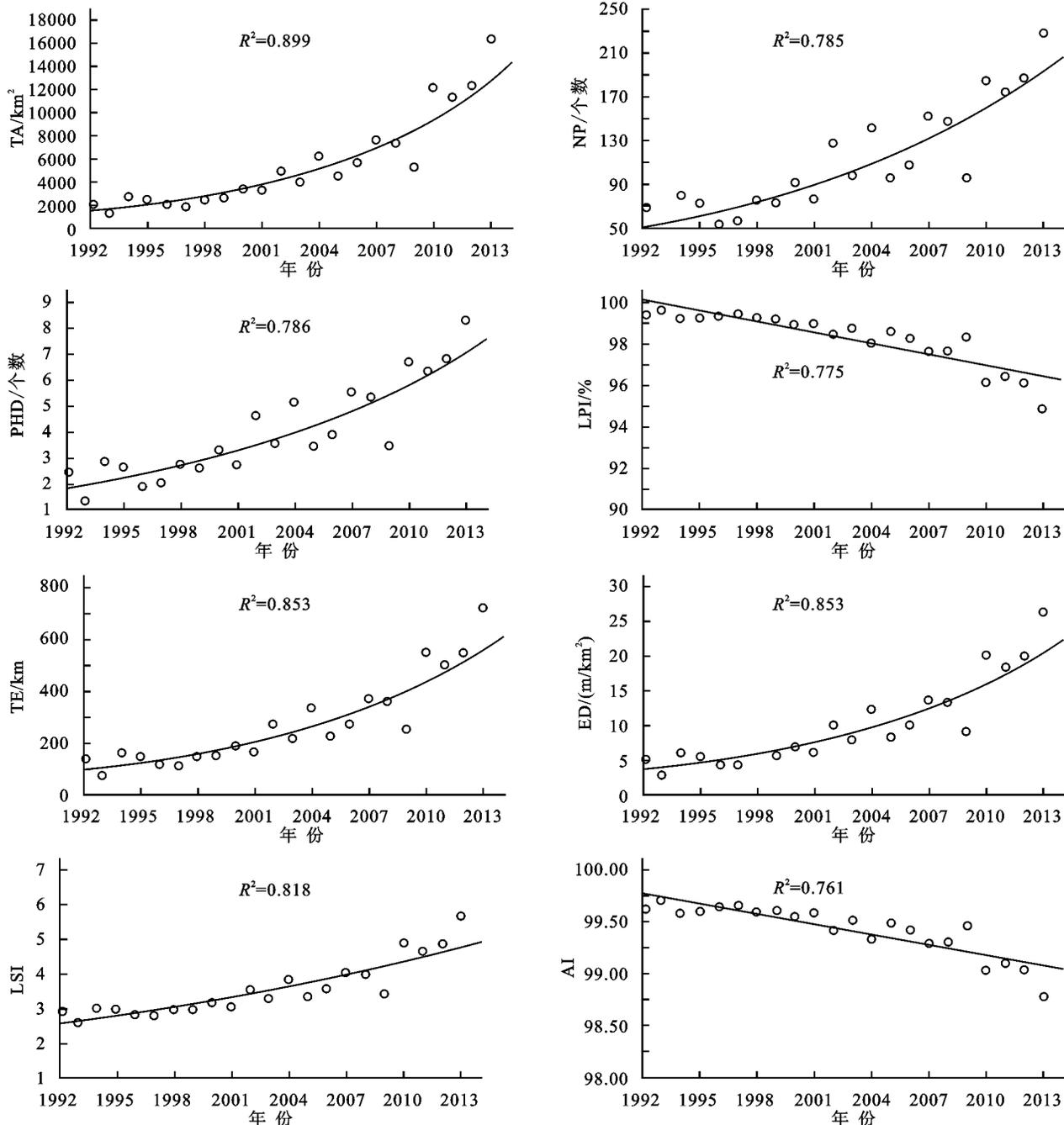


图 2 1992—2013 年长江中游城市群景观格局各指标变化趋势

3.2.3 积极发展大中城市和稳步扩大小城镇的发展规模,从而构建科学合理的城镇等级结构 长江中游城市群除了武汉市、长沙市和南昌市为特大城市之

外,其余的 28 个城市均为大中城市,同时伴随长江中游城市群的不断发展,中小城市进一步壮大,同时也产生了许多新兴小城镇,但是现今长江中游城市群的

城镇发展呈现出规则和有序化的特征,反映出长江中游城市群城镇结构不合理的现状,尤其是黄石、株洲、岳阳和九江等大中城市作为长江中游城市群重要的组成部分,不仅是各自地级区域发展的核心龙头,而且对于完善长江中游城市群城镇结构也有着重要的意义,因此,需要积极发展大中型城市,支持培育地方增长极,从而促使大中城市能有效地分担首位城市的部分职能,推动它们快速成长,成为联系首位城市和中小城市的重要桥梁,同时稳步扩大小城镇的发展规模,坚持走新型城镇化的道路,提高城镇发展的质量,选择并培育一部分具有发展前途的乡镇,逐步将其发展升级为小城市,从而最终构建科学合理的城镇结构。

本研究使用 DMSP-OLS 夜间稳定灯光数据,采用基于辅助数据的比较法提取得到 1992 年、1999 年、2006 年、2013 年长江中游城市群,以及武汉市、长沙市和南昌市三市市域范围的城镇建成区范围,见

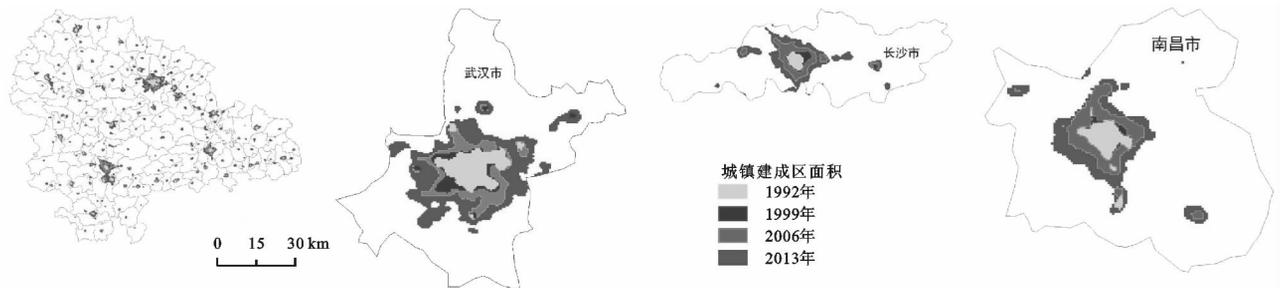


图 3 城镇建成区面积演变

## 4 结论

在 1992—2013 年总共 22 年间,长江中游城市群城镇化快速扩展,城镇建成区面积增幅达到 7.02 倍,斑块数量增幅为 2.35 倍,斑块密度也不断增加,同时景观斑块形状复杂度不断上升,中小城市不断发展壮大,同时出现了较多的新兴小城镇,总边界长度和平均边界密度的年均增长速度分别为 18.86% 和 18.87%,最大斑块指数和聚集度指数两个指标呈现出逐年下降的态势。但是在整体上所有的景观总面积、总斑块数量和斑块密度等 8 个指标的演变过程均存在着一定的波动和有序化。

DMSP/OLS 夜间灯光卫星数据在监测城市化和分析城市空间格局演变等方面有无可比拟的优势,但实际应用中存在 DMSP/OLS 夜间灯光卫星数据分辨率过低等问题,导致小城市、县城以及小城镇等面积较小城区的数据准确性不高,通过较高分辨率的数据开展更加精细的定量化研究可以改善这一情况,这是以后的研究需要拓展的地方。

图 3。随着社会经济的发展,整个长江中游城市群的城镇化速率不断加快,三大核心城市武汉市、长沙市和南昌市的城镇建成区面积均得到很大的扩展,其中武汉市市域的城镇建成区面积从 1992 年的 501.37 km<sup>2</sup> 增加到 2013 年 2 516.35 km<sup>2</sup>,在这 22 年的时间里增加了 4.12 倍;长沙市市域的城镇建成区面积从 1992 年的 158.02 km<sup>2</sup> 增加到 2013 年的 1 716.83 km<sup>2</sup>,在这 22 年的时间里增加了 9.86 倍,增幅在长江中游城市群三大核心城市当中最高;南昌市市域的城镇建成区面积从 1992 年的 135.32 km<sup>2</sup> 增加到 2013 年 915.78 km<sup>2</sup>,在这 22 年的时间里增加了 5.77 倍,增幅也较为明显。由此可以看出长江中游城市群三大核心城市城镇建成区面积不断扩展,城市整体实力也不断得到提升,从而保证三大核心城市在长江中游城市群的发展崛起中更好地发挥核心增长极的龙头作用。

## 参考文献:

- [1] 方创琳,王振波,马海涛. 中国城市群形成发育规律的理论认知与地理学贡献[J]. 地理学报,2018,73(4):651-665.
- [2] 方创琳. 城市群空间范围识别标准的研究进展与基本判断[J]. 城市规划学刊,2009(4):1-6.
- [3] 苗长虹,王海江. 中国城市群发展态势分析[J]. 城市发展研究,2005,12(4):11-14.
- [4] 赵丹,张京祥. 高速铁路影响下的长三角城市群可达性空间格局演变[J]. 经济地理,2012,21(4):391-398.
- [5] 尚正永,张小林,卢晓旭. 基于可达性的城市功能用地空间格局演变研究:以江苏省淮安市为例[J]. 地理科学,2014,32(2):154-162.
- [6] 陈伟,常黎丽,彭翀. 基于网络化发展的长株潭城市群空间格局及优化策略[J]. 经济地理,2016,32(2):74-79.
- [7] 顾雯娟,欧向军,叶磊. 基于要素流的长三角城市群空间布局[J]. 热带地理,2015,35(6):833-841.
- [8] 陈肖飞,张落成,姚士谋. 基于新经济地理学的长三角城市群空间格局及发展因素[J]. 地理科学进展,2015,34(2):229-236.
- [9] 柴攀峰,黄中伟. 基于协同发展的长三角城市群空间格局研究[J]. 经济地理,2014,34(6):75-79.

- [10] 朱政,郑伯红,贺清云. 珠三角城市群空间结构及影响研究[J]. 经济地理, 2011, 31(3): 404-408.
- [11] 冯兴华,钟业喜,李建新,等. 长江中游城市群县域城镇化水平空间格局演变及驱动因子分析[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(6): 899-908.
- [12] 王涛,曾菊新. 长江中游城市群城际竞合空间格局分析: 基于城市竞争力与空间相互作用的视角[J]. 热带地理, 2014, 34(3): 390-398.
- [13] 朱道才,陆林,晋秀龙. 基于引力模型的安徽城市空间格局研究[J]. 地理科学, 2011, 31(5): 551-556.
- [14] 张群生,颜苇. 基于引力模型的贵州省城市空间格局研究[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2015, 40(5): 101-105.
- [15] 黄洁,钟业喜. 长江中游城市群铁路客运联系及其空间格局演变[J]. 世界地理研究, 2016, 25(2): 72-81.
- [16] 杨璐璐. 中部六省城镇化质量空间格局演变及驱动因素: 基于地级及以上城市的分析[J]. 经济地理, 2015, 35(1): 68-75.
- [17] 胡盈,张津,刘转花,等. 基于引力模型和城市流的长江中游城市群空间联系研究[J]. 现代城市研究, 2016(1): 52-57.
- [18] 胡平,伍新木,文余源. 基于面板数据SDM的长江中游城市群FDI决定因素分析[J]. 经济地理, 2014, 34(1): 15-60.
- [19] 蒋大亮,孙焯,任航. 基于百度指数的长江中游城市群城市网络特征研究[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(10): 1654-1664.
- [20] 张雅杰,金海,谷兴,等. 基于ESDADGWR多变量影响的经济空间格局演化: 以长江中游城市群为例[J]. 经济地理, 2015, 35(3): 28-35.
- [21] 王圣云,秦尊文,戴璐,等. 长江中游城市群集群空间经济联系与网络结构: 基于运输成本和网络分析方法[J]. 经济地理, 2013, 33(3): 64-69.
- [22] 马勇,刘军. 长江中游城市群产业生态化效率研究[J]. 经济地理, 2015, 35(6): 124-129.
- [23] 卢丽文,张毅,李小帆,等. 长江中游城市群发展质量评价研究[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(10): 1337-1343.
- [24] 周克昊,刘艳芳,谭荣辉,等. 长江中游城市群综合发展水平时空分异研究[J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(11): 1510-1518.
- [25] 何胜,唐承丽,周国华. 长江中游城市群空间相互作用研究[J]. 经济地理, 2014, 34(4): 46-53.
- [26] 李雪松,孙博文. 长江中游城市群区域一体化的测度与比较[J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(8): 996-1003.
- [27] Croft T. Nighttime images of the earth from space[J]. Scientific American, 1978, 239: 68-79.
- [28] 杨洋,黄庆旭,章立玲. 基于DMSP/OLS夜间灯光数据的土地城镇化水平时空测度研究: 以环渤海地区为例[J]. 经济地理, 2015, 35(2): 141-149.
- [29] Small C, Pozzi F, Elvidge C D. Spatial analysis of global urban extent from DMSP-OLS night lights[J]. Remote Sensing of Environment, 2005, 96(3/4): 277-291.
- [30] Small C, Elvidge C D, Balk D, et al. Spatial scaling of stable night lights[J]. Remote Sensing of Environment, 2011, 115(2): 269-280.
- [31] 吴健生,刘浩,彭建等. 中国城市体系等级结构及其空间格局: 基于DMSP/OLS夜间灯光数据的实证[J]. 地理学报, 2014, 69(6): 759-770.
- [32] 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.
- [33] 王翠平,王宏伟,李春明. 基于DMSP/OLS影像的我国主要城市群空间扩张特征分析[J]. 生态学报, 2012, 32(3): 942-954.
- [34] Elvidge C D, Hsu F C, Baugh K E, et al. National trends in satellite-observed lighting[J]. Global Urban Monitoring and Assessment Through Earth Observation, 2014, 23: 97-118.
- [35] 王钊,杨山,刘师寅. 基于DMSP/OLS数据的江苏省城镇人口空间分异研究[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(12): 2021-2029.
- [36] 柴子为,王帅磊,乔纪纲. 基于夜间灯光数据的珠三角地区镇级GDP估算[J]. 热带地理, 2015, 35(3): 379-385.
- [37] 吴健生,牛妍,彭建. 基于DMSP/OLS夜间灯光数据的1995—2009年中国地级市能源消费动态[J]. 地理研究, 2014, 33(4): 625-634.
- [38] 潘竟虎,李俊峰. 基于夜间灯光影像的中国电力消耗量估算及时空动态[J]. 地理研究, 2016, 35(4): 627-638.
- [39] 郭忻怡,闫庆武,谭晓悦. 基于DMSP/OLS与NDVI的江苏省碳排放空间分布模拟[J]. 世界地理研究, 2016, 25(4): 102-110.
- [40] 苏泳娴,陈修治,叶玉瑶,等. 基于夜间灯光数据的中国能源消费碳排放特征及机理[J]. 地理学报, 2013, 68(11): 1513-1526.