

长株潭城市群核心区城镇景观空间 扩张过程定量分析

曾永年,何丽丽,靳文凭,吴孔江,徐艳艳,于菲菲

(中南大学地球科学与信息物理学院,中南大学空间信息技术与可持续发展研究中心,湖南 长沙 410083)

摘要: 城镇扩张是城镇化过程最直接的表现,定量研究与揭示城镇空间扩张模式,对理解区域城镇化过程及城镇空间规划具有重要的意义。利用景观扩张指数定量研究了长株潭城市群核心区1993~2006年城镇景观空间演化过程,揭示其城镇景观空间扩张规律。结果表明:① 研究时段内,城镇用地发展经过了凌乱分散的初级发展阶段后正趋向局部紧凑和区域布局合理;② 1993~2006年间,长株潭城市群核心区城镇景观扩张主要是以边缘式增长为主,但是不同的时期,景观扩张表现出相异的空间扩张模式:1993~1996年间,景观扩张方式主要是以边缘式和飞地式为主,这一阶段长株潭城市群核心区处于快速城镇化过程的初级阶段;1996~1998年城镇化过程加快,这一阶段的城镇发展显得凌乱而分散,飞地式扩张明显;1998~2001年处于快速城镇化发展的扩散阶段,以边缘式扩张为主;2001~2006年间,处于快速城镇化的聚合阶段,城镇发展主要以边缘式和填充式为主;③ 长株潭城市群核心区在1993~2006年间,其平均斑块扩张指数和面积加权平均斑块扩张指数都呈上升趋势,表明城镇景观扩张更趋于紧凑。

关 键 词: 城镇景观;空间扩张模式;演化过程;长株潭城市群

中图分类号: Q149/P237

文献标识码: A

文章编号: 1000-0690(2012)05-0544-06

20世纪以来,全球城市化进程正在以前所未有的速度进行,在过去的100多a的城市化率年均增长达到0.33个百分点,是19世纪城市化发展速度的3.3倍^[1]。中国的城市化自20世纪80年代以来发展极为迅速,根据国家统计局的数据,1980年中国城市化水平为19.4%,至2009年已经上升至46.6%,预测至2050年中国的城市化水平将达到75%^[2]。长株潭城市群作为全国“两型”社会建设综合配套改革试验区,是中国中部地区未来经济发展的重要增长极^[3],长沙市区及周边城镇作为长株潭城市群的核心区域,是中国中部重要的商贸、现代新型工业、文化旅游中心。改革开放以来,长株潭城市群核心区城镇化进程不断加快,仅长沙市区的城镇人口已经达到242.2万人(2009年),快速城镇化过程迅速改变了长株潭城市群核心区的整体景观格局,也带来了许多生态与环境问题^[4]。

因此,深入研究和理解该区域城镇化时空过程及其机制,对积极有效地引导和调控城镇的扩展,促进城镇化过程的健康发展,以及区域社会经济的可持续发展具有重要的战略意义。

城镇土地利用和景观扩张过程记录了城镇环境演变和社会经济发展的历史^[5-6],目前关于城镇化过程导致的城镇扩展问题已有较多的研究,主要集中在城镇扩展规模、强度和空间分异特征^[7-11]以及驱动机制的研究^[12-21]、城市扩张模拟与预测^[22-26]等方面。对有关城镇土地利用扩张所引起的景观格局变化的定量研究大多采用景观指数,从斑块、类型和景观3种不同的水平上分析景观格局特征与变化^[27-31]。尽管这些研究利用景观指数在定量刻画景观空间格局方面发挥了一定的作用,但景观指数只侧重对景观格局几何特征的分析,缺乏景观格局变化过程的信息,难以显性刻画和定量

收稿日期: 2011-06-09; **修订日期:** 2012-02-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(41171326、40771198)、湖南省自然科学基金项目(08JJ6023)资助。

作者简介: 曾永年(1959-),男,青海西宁人,教授,博士,主要研究方向为环境遥感与地理信息系统应用、土地利用/覆盖变化监测与模拟研究。E-mail: ynzeng@csu.edu.cn

通讯作者: 何丽丽。E-mail: cehui0501helili@163.com

反映景观格局与过程的关系,也就无法有效的分析与研究城市景观扩展过程。然而,针对景观扩展过程的定量分析问题,景观扩张指数(Landscape Expansion Index,简称LEI)^[32]不仅可以定量描述某一景观动态扩张过程的类型及各景观扩张类型在空间上的格局分布,而且可以包涵景观格局的动态变化过程信息。为此,本文以长株潭城市群为研究区域,利用多时相Landsat-TM数据,在地理信息系统技术的支持下,运用景观扩张指数(LEI)对1993~2006年长株潭城市群核心区城镇扩展的空间格局和过程进行定量分析,获得研究区景观扩张类型及其在空间上分布与变化过程,为长株潭城市群核心区土地资源的合理开发与利用,未来的城市总体规划和可持续发展决策提供科学指导。

1 研究区及数据处理

以“两型”社会建设综合配套改革试验区——长株潭城市群的核心区域作为研究区域,该区域位居珠江三角洲和长江黄金水道之间,地处湖南省北部,湘江下游和长浏盆地西缘,区位优势显著,是连接中国北部和南部城市的重要经济纽带,是湖南省未来经济发展的核心增长极。行政区域上包括长沙市区的芙蓉、天心、岳麓、开福、雨花5个区,以及长沙、望城、宁乡3县和浏阳市的部分区域,面积1 428.99 km²。

为研究城镇景观扩张空间格局与过程,采用1993年、1996年、1998年、2001年、2006年5个时相的Landsat-TM遥感数据。首先,利用ENVI4.4遥感图像处理软件进行几何精度校正,几何校正误差在0.5个像元内。采用支持向量机的遥感分类方法进行区域景观分类,将研究区景观要素类型划分为:水域、耕地、林地、开发裸地和建设用地,分类结果总体精度达到85.253%,Kappa系数为0.809,能够满足城镇扩张空间格局与过程分析需求。

2 研究方法

根据遥感信息提取的不同时相的城镇用地数据,通过GIS空间分析获取长株潭城市群核心区1993~1996年、1996~1998年、1998~2001年、2001~2006年四个时间段的城市扩张信息。然后通过ArcGIS的二次开发工具ArcEngine,在Visual c#开发环境中编程计算景观扩张指数、平均斑块扩张

指数、面积加权斑块扩张指数^[32],并根据计算的景观扩张指数(LEI),绘制直方图。再根据LEI值的变化规律,设定LEI阈值,最后划分出城镇景观扩张的空间模式。以此来分析城镇景观扩张的规律,并进一步来探讨景观扩张的空间模式与景观格局的关系。

2.1 城镇景观扩张的空间模式

城镇景观扩张受城镇经济、自然条件、交通、区位、生态环境、政策及社会心理等因素的影响,增长方式多种多样。但是城镇景观扩张的空间模式最终都可以看作是3种基本模式的变种或者混合体,即填充式、边缘式、飞地式^[32-34]。填充式景观扩张是指新增景观斑块填充原有的景观斑块,边缘式景观扩张是指新增斑块是沿着原有斑块的边缘扩张出去,飞地式景观扩张是指新增景观斑块与原有景观斑块处于分离状态^[32-34]。

2.2 景观扩张指数

1) 景观扩张指数

景观扩张指数由斑块生成的最小包围盒定义,当新增斑块不是矩形时用公式(1)计算景观扩张指数,当新增斑块是矩形时用公式(2)计算景观扩张指数^[32]。

$$LEI = \begin{cases} 100 * \frac{U_o}{U_E - U_P} & (1) \\ 100 * \frac{U_{Lo}}{U_{LE} - U_P} & (2) \end{cases}$$

式中,LEI为斑块的景观扩张指数, U_E 为斑块的最小包围盒面积, U_{LE} 为斑块的放大包围盒的面积; U_P 是最小包围盒中新增斑块的面积; U_o 是最小包围盒中原有的景观面积, U_{Lo} 为放大包围盒中原有景观面积,LEI的取值范围 $0 \leq LEI \leq 100$ 。

2) 平均斑块扩张指数

$$MEI = \sum_{i=1}^n \frac{LEI_i}{n} \quad (3)$$

式中,MEI为平均斑块扩张指数, LEI_i 为第*i*个新增斑块的景观扩张指数, n 为总的斑块数目。MEI的值越大,说明景观扩张过程越紧凑^[32]。

3) 面积加权平均斑块扩张指数

$$AWMEI = \sum_{i=1}^n LEI_i * \left(\frac{u_i}{U} \right) \quad (4)$$

式中,AWMEI为面积加权平均斑块扩张指数, LEI_i 为第*i*个新增斑块的景观扩张指数, u_i 为第*i*个新增斑块的面积, U 为所有新增斑块的总面积。AWMEI的值越大,说明景观扩张过程越紧凑^[32]。

3 结果与分析

3.1 城镇景观扩张指数变化分析

1993~2006年,对应于景观扩张指数(LEI)的城镇增长斑块均呈增加趋势,但每个时间段城镇景观扩张呈现不同的发展模式(图1)。四个不同时间段的进一步分析表明,景观扩张指数所对应的城镇增长斑块变化均存在相同的三个峰值,峰值对应的LEI区间分别为:(0~2)、(50~52)、(98~100)(图1)。三个峰值区间的斑块数分别占各个时间段总斑块的27.84%、36.26%、29.74%、31.49%(表1)。

根据LEI对应的城镇增长斑块峰值变化规律,确定景观扩张类型的LEI阈值,当 $50 < LEI \leq 100$ 时,该斑块是填充式扩张;当 $2 < LEI \leq 50$ 时,该斑块是边缘式扩张;当 $0 \leq LEI \leq 2$ 时,该斑块是飞地式扩张。

3.2 城镇景观扩张空间模式分析

1993~2006年间,长株潭城市群核心区景观发

生了重大的变化,大量的非城镇用地转变为城镇用地,城镇景观扩张主要是以边缘式为主(图2)。1993~1996年,这个阶段是城镇发展的初级阶段,城镇扩张主要是以飞地式和边缘式为主,分别占了新增建设用地面积的22.38%、60.60%;1996~1998年,城镇开始快速发展,但是城镇的发展显得凌乱且分散,在道路两边的建设用地以及零散的农村居民点主要以飞地式进行扩张,飞地式扩张增加至30.26%。在离中心城区有一定距离的一些重大项目呈飞地式扩张,这些项目对资源和建设条件有特殊要求,对中心城区环境有污染,因此需远离市区独立发展。而中心城市周围的建设用地和河流两岸的建设用地主要是以边缘式扩张;1998~2001年,城镇用地扩张的幅度远比1996~1998年间城镇用地扩张的幅度要强,在这时间段内飞地式扩张明显下降,城镇用地主要是以边缘式和填充式为主,边缘式扩张占新增建设用地的66.83%。这主要是由于在这期间,工业化和城市

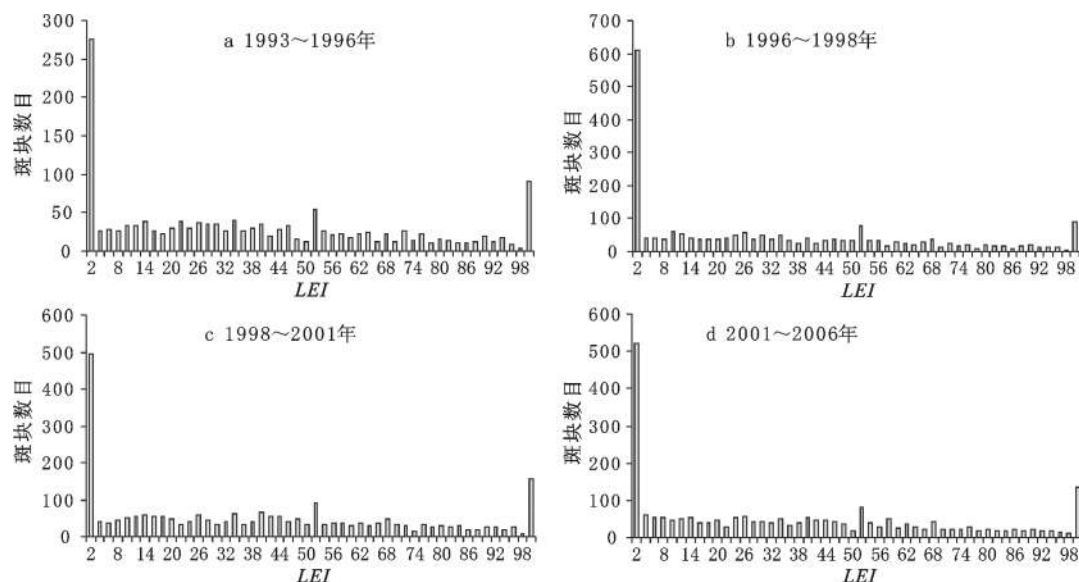


图1 景观扩张指数(LEI)对应的城镇增长斑块变化

Fig.1 The changes of urban expansion patch with urban landscape expansion index (LEI)

表1 不同的LEI值间不同时间段的斑块数目及比例

Table 1 The patch number and proportion of three LEI peaks in four periods

LEI区间	1993~1996年		1996~1998年		1998~2001年		2001~2006年	
	斑块数	斑块比例(%)	斑块数	斑块比例(%)	斑块数	斑块比例(%)	斑块数	斑块比例(%)
0~2	275	18.27	611	28.37	494	19.80	521	22.26
50~52	54	3.59	79	3.67	90	3.61	82	3.50
98~100	90	5.98	91	4.22	158	6.33	134	5.73
合计	419	27.84	781	36.26	742	29.74	737	31.49

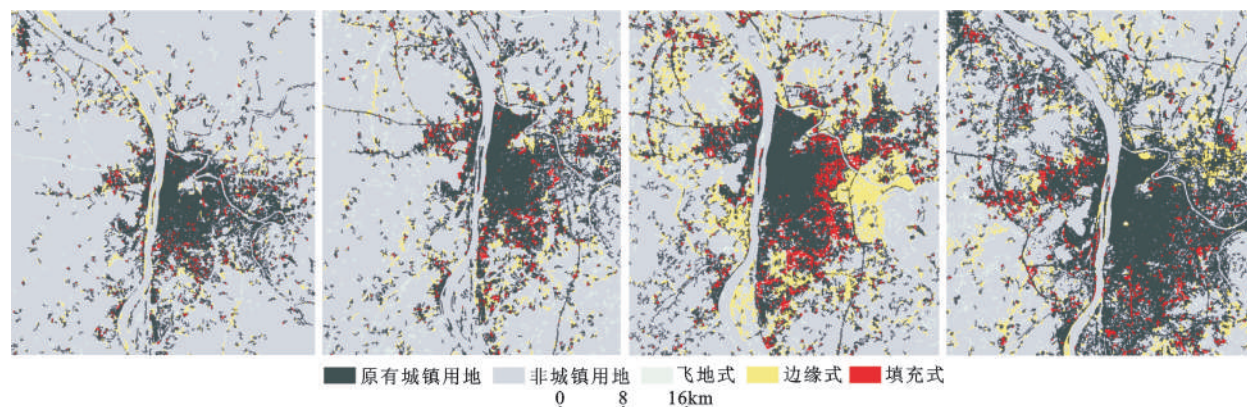


图2 不同时间段内城镇景观扩张类型的空间分布

Fig. 2 The distribution of urban expansion landscape types in different periods

化进程加快,需要大量的非建设用地转为建设用地。因此,在中心城市的边缘地带,大量的非建设用地以边缘式的方式转变为建设用地。同时,在中心城市里面的非建设用地以填充式的方式转变为建设用地;2001~2006年,城镇用地呈圈层式扩张发展,城镇扩张主要是以边缘式和填充式为主,城镇用地的扩张方式更趋于紧凑和合理。

各个时间段这三种扩张方式的统计分析表明(图3),在研究时间段内,城镇景观扩张规模与强度以边缘式扩张为主导,但该类扩张在波动增长中有所放缓;其次为飞地式扩张,呈先上升后下降的趋势;再次为填充式扩张,在波动中呈上升趋势。总体上讲,城镇扩张由最初的蔓延性逐步趋向紧凑和合理性的发展。

3.3 MEI和AWMEI变化分析

根据公式(3)和(4),计算研究区在各个时间段内的平均斑块扩张指数(MEI)和面积加权平均斑块扩张指数(AWMEI)(表2)。这两个值在1993~2006年间都具有上升的趋势,表明城镇景观扩张更趋于紧凑。

表2 各个时间段的MEI和AWMEI

Table 2 MEI and AWMEI in four periods

时间	1993~1996	1996~1998	1998~2001	2001~2006
MEI	30.30	30.69	32.73	34.72
AWMEI	25.36	26.63	30.22	30.59

4 结论与讨论

1) 1993~2006年间,长株潭城市群核心区城镇景观扩张主要是以边缘式为主,但不同的时期,景观扩张表现出相异的空间扩张模式。1993~1996年间,景观扩张方式主要是以边缘式和飞地式为主,这个阶段城镇处于初级发展阶段;1996~1998年,城镇开始快速发展,但是这个阶段的城镇发展显得凌乱而分散;1998~2001年,这个阶段城镇发展处于扩散阶段,城镇主要是以边缘式扩张进行扩散;2001~2006年间,城镇用地发展主要处于聚合阶段,城区中心主要以填充式进行扩张,城区周围主要以边缘式进行扩张,城镇用地更趋于紧凑和合理。

2) 1993~2006年间,飞地式扩张所占的总面积比例是先上升再下降,而边缘式所占的总面积比

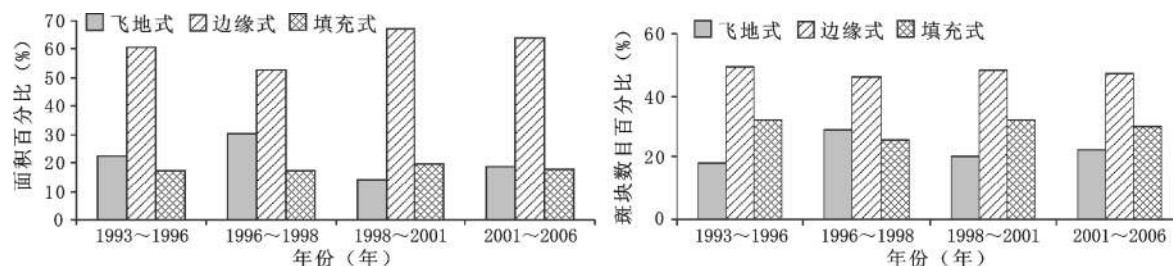


图3 三种景观扩张类型在不同时间段的面积和斑块变化

Fig. 3 The proportion of area and patch number of three landscape expansion types in different periods

例在波动中有所放缓,填充式扩张所占的总面积比例在波动中呈上升趋势,说明城镇用地发展经过了凌乱分散的初级发展阶段后正趋于紧凑和合理。

3) 长株潭城市群核心区在1993~2006年间,其平均斑块扩张指数和面积加权平均斑块扩张指数都呈上升趋势,表明城镇景观扩张更趋于紧凑。

4) 导致城镇景观扩张的原因是多方面的,其中城镇化和工业化的快速发展是一个重要的因素。以长沙市为例,1993~1996年间,长沙市城镇化率提高了0.98个百分点,地区生产总值、工业总产值和全社会固定资产投资平均每年增加74.07、62.17、5.70亿元,这个阶段的城镇化和工业化的发展比较缓慢,城镇景观主要通过飞地式和边缘式进行缓慢扩展;1996~1998年间,城镇化率提高了2.44个百分点,地区生产总值、工业总产值和全社会固定资产投资平均每年增加77.57、85.22、15.67亿元,这个阶段的城镇化和工业化水平较前一个阶段高,尤其是工业化的发展速度较快,与中心城区有一定距离的工业园区的建设和发展,使这个阶段的城镇景观扩展大部分表现为建设用地的飞地式扩展。另一方面,城镇化的发展也使中心城区周围和河流两岸的建设用地以边缘式进行扩张;1998~2001年间,城镇化率提高了9.29个百分点,地区生产总值、全社会固定资产投资平均每年增加80.17、43.79亿元,而工业总产值平均每年下降了3.17亿元,这个阶段由于产业结构调整和优化,工业发展相对放慢,导致这个阶段的城镇景观主要由城镇化快速发展而使居住用地、绿地和道路广场等的边缘式和填充式扩张;2001~2006年间,城镇化率提高了11.80个百分点,地区生产总值、工业总产值和全社会固定资产投资平均每年增加244.85、247.11、202.50亿元,这个阶段长沙市开始进入资源节约与环境友好型社会的建设时期,无论是城镇化还是工业化都得到快速发展,由于中心城区内部的城镇景观基本已达到饱和,城镇和工业主要是以圈层式向外发展,所以城镇景观扩张主要表现为以边缘式为主、填充式相辅的扩张方式,扩张模式由单一的向外空间扩张、单一的内部空间填充向内部空间填充和外部扩张相结合转变。

参考文献:

[1] 王玉洁.上海市浦东新区快速城市化过程中景观格局其变化分析[D].上海:华东师范大学,2006.

- [2] 中国科学院可持续发展战略研究组.2005年中国可持续发展战略报告[M].北京:科学出版社,2005:1~537.
- [3] 蔡立力.建设“两型社会”的长株潭城市群区域规划[J].城市规划,2009,(4):27~30.
- [4] 郭娅琦.城市化进程对城市生态环境的影响研究[D].长沙:湖南大学,2007.
- [5] 徐建华,方创琳,岳文泽.基于RS与GIS的区域景观镶嵌结构研究[J].生态学报,2003,23(2):365~375.
- [6] 徐建华,梅安新.20世纪下半叶上海市景观镶嵌结构演变数量特征与分形结构模型研究[J].生态学报,2002,21(2):131~137.
- [7] Ward D, Phinn S R, Murray A T. 2000. Monitoring growth in rapidly urbanization areas using remotely sensed data[J]. The Professional Geographer, 52(3):371~385.
- [8] Weng Q. 2001. A remote sensing-GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China[J]. International Journal of Remote Sensing, 22(10):1999~2014.
- [9] 林目轩,师迎春,陈秧分,等.长沙市区建设用地扩张的时空特征[J].地理研究,2007,26(2):265~275.
- [10] 刘胜和,吴传钧,沈洪泉.基于GIS的北京城市土地利用扩展模式[J].地理学报,2000,7(4):407~416.
- [11] 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,2003,7(4):412~422.
- [12] 刘殿伟,宋开山,王丹丹,等.近50年来松嫩平原西部土地利用变化及驱动力分析[J].自然科学,2006,26(3):277~283.
- [13] 欧维新,杨桂山,李恒鹏,等.苏北盐城海岸景观格局变化及驱动力分析[J].地理科学,2004,24(5):610~615.
- [14] 谢叶伟,刘兆刚,赵 军,等.基于RS和GIS的典型黑土区土地利用变化分析——以海伦市为例[J].自然科学,2010,30(3):428~434.
- [15] 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):1171~1179.
- [16] 史培军,陈 晋,藩辉忠,等.深圳市土地利用变化机制分析[J].地理学报,2000,55(2):151~160.
- [17] 鲁春阳,文 枫,杨庆媛,等.地级以上城市土地利用结构特征及影响因素差异分析[J].地理科学,2011,31(5):600~607.
- [18] 徐 勇,马国霞,沈洪泉.北京丰台区土地利用变化及其经济驱动力分析[J].地理学报,2005,60(6):860~868.
- [19] 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.
- [20] 何春阳,史培军,陈 晋,等.北京地区城市化过程与机制研究[J].地理学报,2002,57(3):363~371.
- [21] 黄季焜,朱莉芬,邓祥征.中国建设用地扩张的区域差异及其影响因素[J].中国科学(D辑),2007,37(9):1235~1241.
- [22] 张鸿辉,曾永年,金晓斌,等.多智能体城市土地扩张模型及其应用[J].地理学报,2008,63(8):869~881.
- [23] 张鸿辉,尹长林,曾永年,等.基于SLEUTH模型的城市增长模型研究——以长沙市为例[J].遥感技术与应用,2008,23(6):618~623.
- [24] 曾 辉,唐 江,郭庆华.珠江三角洲东部地区常平镇景观组分转移模式及动态变化研究[J].地理科学,1999,19(1):73~77.

- [25] 何春阳,陈 晋.大都市区城市扩展模型——以北京城市扩展模拟为例[J].地理学报,2003,58(2):294~304.
- [26] 刘辉林,刘艳芳,名冬萍.基于灰色局势决策规则的元胞自动机城市扩展模型[J].武汉大学学报(信息科学版),2004,29(1):7~13.
- [27] Herold M, Goldstein N, Clarke K. The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 86(3): 286~302.
- [28] Chia-Tsung Yeh, Shu-Li Huang. Investigating spatiotemporal patterns of landscape diversity in response to urbanization[J]. Landscape and Urban Planning, 2009, 93(3-4): 151~162.
- [29] 华 昇,谢更新,石 林,等.基于 GIS 的市域景观格局定量分析与优化[J].生态环境,2008,17(4):1554~1559.
- [30] 董明辉,魏 晓,邹 滨.城市化过程对土地覆被空间格局的影响研究——以湖南省长沙市为例[J].经济地理,2009,29(12): 2001~2005.
- [31] 社会石,哈 斯,李明玉.1977~2008 年延吉市城市景观格局演变[J].地理科学,2011,31(5):609~612.
- [32] 刘小平,黎 夏,陈逸敏,等.景观扩张指数及其在城市扩展分析中的应用[J].地理学报,2009,64(12):1430~1437.
- [33] Forman R T T. Land mosaics: the ecology of landscapes and regions[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- [34] Wilson E H, Hurd J D, Civco D L et al. Development of a geospatial model to quantify, describe and map urban growth[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 86: 275~285.

Quantitative Analysis of the Urban Expansion Models in Changsha-Zhuzhou-Xiangtan Metroplan Areas

ZENG Yong-nian, HE Li-li, JIN Wen-ping, WU Kong-jiang, XU Yan-yan, YU Fei-fei

(School of Geoscience and Geomatics, Center for Geoinformatics and Sustainable Development Research, Central South University, Changsha, Hunan 410083, China)

Abstract: The urban expansion pattern is important to understand the urbanization processes. It is important to reveal and study quantitatively on urban spatial expansion models for understanding the regional urbanization process and the urban spatial planning. In this article, the changes of urban landscape from 1993 to 2006 in the core area of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan metroplan areas are quantified using landscape expansion index (LEI). The results indicate: 1) the proportions of urban expansion area in outlying model is 22.38%, 30.26%, 13.74%, 18.68% respectively, those of in edge-expansion model are 60.60%, 52.42%, 66.83%, 63.69% and in infilling model are 17.02%, 17.32%, 19.43%, 17.63% respectively from 1993 to 2006. This shows that after a messy dispersed primary development phase, urban development is more compact and reasonable layout. 2) the urban expansion appears mainly edge-expansion model from 1993 to 2006 in Changsha-Zhuzhou-Xiangtan metroplan areas. However, there are different urban expansion models in four different periods: ① the urban expansion appears edge-expansion and outlying model from 1993 to 1996, which indicates that urbanization is in the early stage of rapid urbanization; ② the urban expansion appears mainly outlying model from 1996 to 1998, which indicates that urban development is messy and dispersion; ③ the urban expansion appears mainly edge-expansion model from 1998 to 2001. This period is the proliferation phase in the rapid development of urbanization; ④ the urban expansion appears edge-expansion and infilling model from 2001 to 2006. This period is the polymeric phase in rapid urbanization. 3) The MEI and AWMEI of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan metroplan areas show an ascendant trend, which rises to 34.72 and 30.59 respectively. This means that urban landscape expansion tends to be more compact. 4) The urbanization level of Changsha-Zhuzhou-Xiangtan metroplan areas was 49.69% in 2006. The annual growth rate is 2.57%. A rapid development of urbanization leads to land used for construction increasing and the investment of urban construction expanding ceaselessly. Rapid development of urbanization is an important reason for urban landscape expansion. Another important reason is industrialization development, especially a quick development when Changsha-Zhuzhou-Xiangtan metroplan areas go into “Two Type” society. The proportion of secondary industry is 47%, which is 3.5% higher than the provincial average.

Key words: urban landscape; spatial expansion model; evolution process; Changsha-Zhuzhou-Xiangtan metroplan areas