

文章编号:1671-6833(2011)02-0125-04

基于卫星遥感影像的郑州市建成区扩展变化研究

李爱民¹, 刘 杉², 吕安民³

(1. 郑州大学 水利与环境学院, 河南 郑州 450001; 2. 河南省国土资源科学研究所, 河南 郑州 450008; 3. 郑州市国土资源局, 河南 郑州 450006)

摘要:以遥感影像为数据源,借助GIS技术提取了4个时期的郑州市建成区的面积信息,利用扩展强度系数、紧凑度指数、分维数指数、城市面积-人口弹性系数等参数,从扩展数量、形态、扩展合理性3个方面分析了郑州1999—2007年建成区扩展的时空特征以及与人口增长之间的协调关系。结果表明:从1999—2007年8年间,郑州市建成区面积净增了211.802 km²,平均每年扩展26.475 km²,扩展强度指数为27.222%,城市空间形态越来越离散,高速外延式扩展是建成区用地扩展的主要特征,城市用地扩张与人口增长不相适宜。

关键词:遥感影像;建成区;城市扩张;用地规模;人口

中图分类号: TP79 **文献标志码:** A

0 引言

近年来,在人口增多、经济发展、交通设施改善及政策等因素的驱动下,郑州市的建成区逐步向外围扩展,占用了大量农用地。为了切实保护耕地,同时又使城市可持续发展,对郑州市建成区的扩展特征进行研究,具有重要的现实意义。由于遥感技术具有客观、宏观、快速、准确、动态等特点,能够为城市建成区空间扩展变化研究提供多时相、大范围的实时信息,因而近年来成为监测城市用地扩展的主要手段。赵昕、牟风云、谭文彬、穆江霞、卢晓峰、陈亮、胡德勇、王琳等分别采用不同的遥感数据对一些城市的土地变化情况进行了研究^[1-12],积累了丰富的经验,但目前利用多时相遥感数据从空间上对郑州市建成区扩展过程和特征进行系统研究方面还比较薄弱。笔者以4期卫星遥感影像为数据源,对郑州市近8年来城市建成区扩展的时空变化特征进行了研究和分析。

1 研究区域及数据

郑州市是河南省省会,中原城市群的核心。位于河南省中部偏北,北临黄河,西依嵩山,东南为广阔的黄淮平原,所处地理坐标为东经112°42'~

114°14',北纬34°16'~34°58'。全市总土地面积7 532.56 km²,辖六区五市一县。交通发达,处于我国陆上交通的咽喉要地,在全国经济和物资交流中具有重要的战略地位。

遥感影像数据包括:成像时间为1999年的SPOT4多光谱遥感影像,空间分辨率为20 m;成像时间为2001年的ETM⁺全色遥感影像,空间分辨率为15 m;成像时间为2005年的SPOT5多光谱卫星影像,空间分辨率为10 m;成像时间为2007年的北京一号卫星影像,包含4 m分辨率的全色波段和32 m分辨率的多光谱数据。辅助数据包括郑州市城市土地利用图集、城市统计资料和历史文献资料。

2 基于遥感影像获取城市建成区的方法

基于遥感影像,可以客观、准确、快速地提取城市建成区区域。首先利用ENVI等图像处理软件对多期遥感影像进行几何纠正及配准;若研究区域不在同一幅影像上,就进行影像镶嵌;其次,通过与行政区图叠加裁剪出研究区影像;然后对影像进行预处理,结合地物波谱特性,运用能够突出建成区特征的三指数法等分类方法对遥感影像

收稿日期:2010-09-29;修订日期:2010-12-21

基金项目:河南省教育厅自然科学研究项目(2011A170005)

作者简介:李爱民(1972-),男,山东菏泽人,郑州大学讲师,博士,主要从事城市GIS及测绘工程研究,E-mail:aiminli@zzu.edu.cn

分类,得到建成区边界轮廓清晰的分类图;最后根据建成区的定义及其在影像中的特性,提取建成区的边界,获得建成区的面积和周长.在边界提取时,应遵循以下原则:城市实体保持空间上的连续性,将城市内部较小的、非城市用地的地块以及城市内部的水体都划到城市实体内,舍去周围乡村的建设用地^[1].提取结果如图1所示.

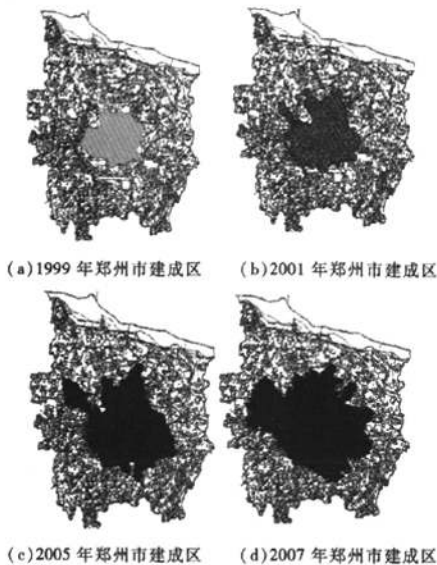


图1 4个年份的郑州市建成区提取结果
Fig.1 Urban land information extracted of built-up Area in Zhengzhou in four years

3 建成区扩展变化分析

3.1 建成区扩展数量分析

郑州建成区在1999—2007年不同时期城市土地扩展的面积、速率和扩展强度变化量如表1所示.从表1得出,从1999—2007年8年间,建成区面积净增了211.802 km²,平均每年扩展达到26.475 km²,扩展强度指数为27.222%.可以看出,高速外延式扩展是近年来郑州建成区用地扩展的主要特征.

3.2 建成区扩展形态分析

城市形态的变化,是城市空间布局 and 结构变

化的综合反映.从城市空间形态的变化可以分析城市的生长过程,揭示扩展规律.近几年郑州城市的紧凑度指数、分维数指数、放射状指数如表2所示.

表1 不同时期郑州建成区扩展的变化量

Tab.1 Quantity of urban land expanding of Built-up Area in Zhengzhou in different years

特征参数	1999—2001	2001—2005	2005—2007	1999—2007
面积增长量/km ²	53.332	87.360	71.110	211.802
面积增长率/%	54.836	58.012	29.884	217.773
扩展速率/(km ² ·a ⁻¹)	26.666	21.840	35.555	26.475
扩展强度指数/%	27.418	14.503	14.942	27.222

(1)城市空间紧凑度指数.它是衡量城市空间形态变化的重要指标,其表达式为^[2]

$$C = 2\sqrt{\pi A}/P \quad (1)$$

式中: C 为城市紧凑度; A 为城市面积; P 为城市周长. C 值在0~1之间,越接近1,城市形状越紧凑;反之,城市空间离散程度越大.

由表2可以看出,1999—2007年间,郑州城市的紧凑度指数总体呈下降趋势,说明城市空间越来越离散,形态变得相对复杂.

(2)分维数指数.城市有着复杂的、非线性的空间形态,这种空间形态具有分形特征,空间分维数指数能够描述这种特征.分维数指数的表达式为^[3]

$$D = 2\ln\left(\frac{P}{4}\right)/\ln A \quad (2)$$

式中: D 为某一时期城市区域的分维数; A 、 P 分别是某一时期城市区域的面积和周长.

$1 \leq D \leq 2$, D 值越大表示图形不规则的程度越大.当 $D < 1.5$ 时,说明图形趋向于简单;当 $D = 1.5$ 时,表示图形处于布朗随机运动状态,越接近于该值,稳定性越差;当 $D > 1.5$ 时则图形更为复

表2 郑州市建成区不同时期的城市形态指数

Tab.2 Urban shape index of Built-up Area in Zhengzhou in different years

年份	面积/km ²	周长/km	重心 X/m	重心 Y/m	紧凑度指数	分维数	放射状指数
1999	97.258	51.877	3 848 578.433	38 468 541.391	0.674	1.120	13.180
2001	150.590	80.207	3 848 517.145	38 467 723.646	0.542	1.196	12.541
2005	237.950	100.623	3 848 318.690	38 468 340.960	0.543	1.179	14.732
2007	309.060	123.365	3 848 592.179	38 467 745.352	0.505	1.196	17.241

杂. 1.0 代表形状最简单的正方形区域, 2.0 表示等面积的情况下周边最复杂的区域^[3].

在假定城市面积随时间不断增加的前提下, 如果分维数增大, 说明在这一时期城市地域以外扩展为主; 如果分维数下降, 则说明城市地域面积的增加是以建成区边缘间的填充为主; 如果分维数基本不变, 则说明城市进入相对稳定发展阶段^[4].

由表 2 可以看出, 1999—2007 年的分维数指数接近 1, 说明郑州建成区的空间形状相对简单. 1999 年与 2001 年分维数差异明显, 说明这一时期建成区向外扩展的程度大; 2001—2005 年分维数减小, 说明该时期城市以内部结构调整为主; 2005—2007 年分维数渐大, 说明建成区以向外扩展为主.

(3) 建成区重心指数. 城市空间重心是描述城市空间分布的一个重要指标, 是城市保持均匀分布的平衡点, 通过对各城市地块的几何中心坐标值加权平均求得. 计算公式为

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{it} \cdot X_i)}{\sum_{i=1}^n C_{it}} \quad (3)$$

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{it} \cdot Y_i)}{\sum_{i=1}^n C_{it}} \quad (4)$$

式中: X_t, Y_t 分别为 t 时间城市空间重心坐标; X_i, Y_i 为第 i 个城市地块的几何中心坐标; C_{it} 为第 i 个地块面积.

通过跟踪不同时期城市空间重心的移动, 能够得到城市扩展方向变化的轨迹. 根据多个时期的重心变化, 可以预测城市的空间发展趋势.

在 ArcGIS 软件中, 根据建成区几何形状计算出各个年份的重心坐标, 如表 2 所示. 可以看出, 4 个年份建成区的重心位置变化不大, 从而说明郑州城市是“摊大饼”式的外延扩展模式.

(4) 放射状指数. 放射状指数的基本思想是将研究的形状与标准圆形进行比较, 得出一个相对指数的方法^[2]. 这种方法是面状地物的中心为核心, 向周边延伸若干条半径 (半径之间的夹角相等), 计算各条半径的变化情况. 其表达式为

$$SBC = \sum_{i=1}^n \left| \frac{r_i}{\sum_{i=1}^n r_i} \times 100 - \frac{100}{n} \right| \quad (5)$$

式中: SBC 是放射状指数; r_i 为某个图形的中心到图形周边的半径长度; n 为具有相等角度差的辐射半径的数量.

放射状指数在研究城市空间形态中考虑了城

市中心与区内各部分之间的具体联系, 并考虑了各部分的客观位置特征. 在城市形态时空变化方面具有较强的可比性. 笔者以各个年份的建成区的重心为核心, 向周边延伸 $n = 24$ 条放射线, 线间夹角为 15° . 计算 1999—2007 年建成区的放射状指数见表 2, 可以看出, 放射状指数总体呈上升趋势, 说明近年来郑州市建成区的空间形态越来越不规则.

3.3 建成区扩展合理性分析

如果用地扩展速度过快, 而城市人口增长缓慢, 势必造成土地粗放利用, 资源浪费; 反之, 则会出现土地利用强度高现象, 同样带来城市环境恶化、居民生活质量下降等问题. 城市面积 - 人口弹性系数描述了城市扩展速度与城市人口增长速度之间的关系, 是用来评价城市扩展合理性的指标之一. 其数学表达式为^[4]

$$R(i) = \frac{A(i)}{Pop(i)} \quad (6)$$

式中: $R(i)$ 为第 i 时段城区扩展弹性系数; $Pop(i)$ 为第 i 时段城区人口平均增长率; $A(i)$ 为第 i 时段城区面积平均增长率.

我国学者通过对中国历年城市化过程的综合分析, 认为 $R(i)$ 为 1.12 时城市扩展与人口发展之间的协调性较为合理, 即城市人口每增加 1 个百分点, 建成区面积应增加 1.12 个百分点左右^[4]. 根据式 (6) 计算郑州 1999—2007 年各时期建成区扩展弹性指数, 结果见表 3. 城市面积采用前面提取的建成区面积, 城市人口采用郑州市统计年鉴中城区平均人口 (不含上街区).

表 3 1999—2007 年各时期郑州建成区扩展弹性指数
Tab. 3 Urban flexibility index of Built-up Area in Zhengzhou from 1999 to 2007 %

指标	1999—2001	2001—2005	2005—2007
$A(i)$	27.418	14.503	14.942
$Pop(i)$	10.395	2.991	2.671
$R(i)$	2.638	4.849	5.594

从表 3 看出, 郑州市建成区的 $R(i)$ 系数明显高于经验值 1.12, 特别是 2005—2007 期间, 达到 5.594, 说明郑州建成区的用地扩展明显快于人口增长速度.

本着既要切实保护耕地, 又要保持郑州又好又快发展的原则, 郑州需要改变单纯的外延扩展道路, 走以内涵式发展为主的道路, 努力挖掘建设用地潜力, 盘活存量土地, 集约利用土地, 提高土地利用综合效益, 从严控制非农建设项目占地,

“摊大饼”式的向外扩展模式容易造成居住环境恶化、交通拥挤、环境质量下降等系列城市病,因此,政府部门应该努力改变传统城市扩展模式,实行城区集中与分散有机结合的城市宏观布局模式,解决城市向外无序蔓延所带来的种种问题,最终实现未来郑州城市布局合理、功能完善、环境优美的目标。

4 结论

(1)1999—2007年郑州市建成区面积在数量上呈逐年上升趋势,扩展强度指数为27.22%。高速外延式扩展是近年来郑州市城区土地扩展的主要特征。

(2)1999—2007年郑州建成区紧凑度指数总体上呈下降趋势,放射状指数总体呈上升趋势,表明城市空间越来越离散,形态变得相对复杂。

(3)1999—2007年郑州建成区的重心位置变化并不大,表明郑州城市是“摊大饼”式的向外扩展模式。

(4)通过城市人地关系分析得出,郑州建成区的空间扩展明显快于人口增长速度,建成区用地扩张与人口的增长不相适宜。

参考文献:

- [1] 赵昕,胡召玲.基于RS和GIS的徐州市建成区扩展研究[J].淮海工学院学报:社会科学版,2006,4(4):61-62.
- [2] 牟风云,张增祥,谭文彬.基于遥感和GIS的重庆市近30年城市形态演化特征分析[J].云南地理环境研究,2008,20(5):2-4.
- [3] 牟风云,张增祥,迟耀斌,等.基于多源遥感数据的北京市1973-2005年间城市建成区的动态监测与驱动力分析[J].遥感学报,2007,11(2):258-263.
- [4] 谭文彬,刘斌,张增祥,等.近三十年来昆明市建成区扩展遥感监测与分析[J].地球信息科学学报,2009,11(1):117-119.
- [5] 穆江霞.西安市建设用地扩展变化研究[J].现代城市研究,2007,4:38-42.
- [6] 卢晓峰.基于RS和GIS的郑州市城市扩展研究[J].河南理工大学学报:自然科学版,2008,27(2):182-187.
- [7] 陈亮.基于不透水面的城市建成区提取及其空间扩展过程分析[D].河海大学土木工程学院,2008:5-6.
- [8] 胡德勇,李京,陈云浩.基于多时相Landsat数据的城市扩张及其驱动力分析[J].国土资源遥感,2006,70(4):46-48.
- [9] 王琳,徐涵秋,李胜.福州城市扩展的遥感动态监测[J].地球信息科学,2006,8(4):129-135.
- [10] 吕安民.中国省级人口增长率和GDP增长率及其相关关系研究[J].郑州大学学报:理学版,2006,38(1):110-114.
- [11] 王茜,张增祥,易玲,等.南京城市扩展的遥感研究[J].长江流域资源与环境,2007,16(5):554-559.
- [12] 蔡博峰,张增祥,刘斌,等.基于遥感的GIS的天津城市空间形态变化分析[J].地球信息科学,2007,9(5):89-93.

Research on Expansion of Built-up Area in Zhengzhou during 1999—2007 based on Multi-original Remote Sensing Images

LI Ai-min¹, LIU Shan², LU An-min³

(1. School of Water Conservancy and Environment, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Institute of Henan Land Resource Research, Zhengzhou 450008, China; 3. Zhengzhou Land Resources Bureau, Zhengzhou 450006, China)

Abstract: The expansion of Zhengzhou urban area in the period from 1999 to 2007 was obtained by using remote sensing images. The spatial-temporal features of the urban expansion and the relationship between urban expansion and population growth in the period were analyzed by using some indexes on three aspects of quantity, shape, and rationality. The research shows that the built-up area has increased 211.802 km², extend velocity is 26.475 km², and extend intension is 27.222% in the period. The urban space shape becomes more and more scatter. The important feature of Zhengzhou urban expansion is the high speed extension outside pattern. The urban sprawl rate of Zhengzhou did not match urban population growth during the study years.

Key words: remote sensing image; built-up area; urban expansion; land use scale; population