

# 西安市城市扩张及土地利用变化遥感监测分析

许 鹏 杜 萍

(兰州交通大学 测绘与地理信息学院, 甘肃省地理国情监测工程实验室, 兰州 730070)

**[摘 要]** 针对西安市作为新晋国家中心城市, 城市发展与土地监测信息不足的问题, 基于遥感方法, 利用 1993、2003、2013、2017 年 4 期 Landsat TM/ETM/OLI 遥感影像为数据源, 提取西安市 4 期建设用度和土地利用信息, 通过扩张指数、象限分析法、同心圆分析法、植被覆盖度等方法分析西安市近年城市扩张的时空特征, 并对西安市城市扩张和土地利用变化进行分析。结果表明, 西安市在 1993—2017 年间城市扩张明显, 扩张速度经历了缓慢增长阶段、加速阶段和稳定增长阶段; 扩张方向整体经历了“向南—向北—向西”发展, 扩张范围主要集中于以钟楼为中心的 6~20 km 处, 反映了城市区域发展的阶段性差异和空间开发受政策变动的影响。城市扩张规模影响因子主要为经济发展、产业结构和人口增长, 扩张方向主要受政府政策影响。由于城市的快速扩张, 西安市的生态系统服务价值持续下降。因此, 西安市后期应严格控制建设用地增长, 促进建设用地集约节约利用, 加大耕地的保护力度以及对林地、水体、草地等生态用地的维护与改造, 维持整个区域的生态平衡。

**[关键词]** 遥感监测; 城市扩张; 土地利用; 时空分析; 西安市

**[中图分类号]** F 299.27 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1005-0310(2018)03-0042-10

## Remote Sensing Monitoring Analysis of City Expansion and Land Use Change in Xi'an

Xu Peng, Du Ping

(Faculty of Geomatics, Lanzhou Jiaotong University, Gansu Provincial Engineering Laboratory for National Geographic State Monitoring, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** As Xi'an becomes a newly-developed national center city, there is insufficient information on urban development and land monitoring, which is the problem this analysis aims at. Based on remote sensing methods, Landsat TM/ETM/OLI remote sensing images from 1993, 2003, 2013, and 2017 were used as data sources to extract information on construction lands and land use in four periods in Xi'an. Through the expansion index, quadrant analysis, concentric circle analysis, vegetation coverage and other indicators, we analyzed the expansion characteristics in Xi'an in recent years, as well as the urban expansion and land use changes in Xi'an. The result shows that the urban expansion was obvious during 1993–2017, and the expansion rate experienced from a slow growth phase, an acceleration phase, then finally to a steady growth phase. The direction of expansion has generally undergone the development of “south-north-west”. The scope of expansion has mainly focused on the 6–20 km around the Clock Tower, which reflects the periodic differences in urban development and the impact of policy changes on spatial development. The main factors affecting the scale of urban expansion are economic

**[收稿日期]** 2018-04-23

**[第一作者简介]** 许鹏(1991—), 男, 陕西汉中, 兰州交通大学测绘与地理信息学院硕士研究生, 主要研究方向为遥感与 GIS 应用研究。E-mail: 839070129@qq.com

development, industrial structure and population growth. The direction of expansion is mainly influenced by government policies. Due to the rapid expansion of the city, the value of ecosystem services in Xi'an continues to decline. Thus, it should strictly control the growth of land for construction, promote the intensive use of construction land, increase the protection for cultivated land, as well as maintain and transform ecological land such as forestland, water bodies and grasslands, so as to maintain the ecological balance of the entire region.

**Keywords:** Remote sensing technology; Urban expansion; Land use; Spatio-temporal analysis; Xi'an City

## 0 引言

随着中国城镇化的高速发展,城市不断向外围扩张,其扩张过程中又不断加剧了城市内部资源和生态环境等方面的压力,致使城市化质量不容乐观<sup>[1]</sup>。截止2016年末,中国城市数量达到657个,常住人口城镇化率已经达到57.4%,城镇用地的空间扩张已经成为现阶段乃至未来城市发展土地利用的主要特征<sup>[2-3]</sup>。城市化的快速发展通常伴随着城市土地利用急剧变化,而现阶段中国的城市化发展已经从量变走向了质变的关键阶段<sup>[4-5]</sup>。因此,及时掌握城市建成区的分布状态和土地利用变化,了解城市扩张的动力因素,为城市发展、改善城市生态具有重要的意义。

由于城市监测对城市发展的重要意义,国内外学者从不同方向对城市扩张和发展进行了研究<sup>[6-9]</sup>。与传统城市监测手段相比,遥感方式具有实时性、可靠性、高效性等优点<sup>[10]</sup>,因此利用遥感数据进行城市扩张及土地利用变化监测就有了极其重要的价值。目前,利用遥感方式监测城市发展的研究主要集中于东部城市,对西部城市的研究较少<sup>[11-12]</sup>。随着国家中心城市战略的新布局,国家发改委于2018年2月7日正式将西安市定位为国家中心城市,西安由此也成为中国第九座国家中心城市。因此,本文以城市扩张显著的西部国家级中心城市——西安市为例,选取数据较为稳定的1993、2003、2013、2017年4期遥感影像,分析西安市城市扩张和土地利用的时空变化与影响因素,梳理城市扩张对社会经济效益及生态环境效益的影响。

## 1 研究区与研究方法

### 1.1 研究区概况

西安市地处陕西省中部,市域平均海拔424 m,位于东经107°40′~109°49′,北纬33°39′~34°45′,市域总面积10 108 km<sup>2</sup>。本文以西安市建成区为主要研究对象(图1),研究区包括主城7区(未央区、灞桥区、莲湖区、新城区、碑林区、雁塔区、长安区),7区总面积2 420.703 km<sup>2</sup>。到2017年末,西安市户籍总人口达845.09万,地区生产总值7 469.85亿元,人均GDP为78 346元,城市发展呈现积极态势。

随着国家一系列政策的实施,西安市城市发展进程明显加快。因此,以西安市建成区为主要区域研究西安市城市扩张和土地利用时空变化及其影响因素,对于促进西安作为国家中心城市的合理发展具有重要的意义。

### 1.2 数据来源与影像分类

本文研究中的相关经济数据主要来源于1993—2017年的《西安统计年鉴》及其他统计资料;影像数据选用4期覆盖西安市建成区范围的Landsat数据,分别为1993年的TM影像、2003年的ETM影像以及2013年和2017年的OLI影像,分辨率均为30 m,轨道号为P127R36,成像时间主要集中在夏季,目标区影像平均云覆盖率4%;以及部分野外实地调研数据。

空间数据预处理在ArcGIS10.3和ENVI5.3软件支持下进行,包括几何配准、辐射定标、大气校正和影像裁剪等预处理操作。依据影像的实际解译能力和国土资源部制定的土地利用分类体系及西安市当前土地结构特点,为了分类的准确性,本文将研究区土地类型分为城乡、工矿居民用地(本文简称城镇)、耕地、林地、草地、水域及未利用土地(本文简称其他)共6类。采用基于样本的面向对象方式对4期遥感影像进行分类,其综合分类精度均值达到85%以上,在此基础上结合实地调查对解译结果进行人工局部修改,进一步提高分类精度,得到西安市7区4期土地利用类型图(图2)。

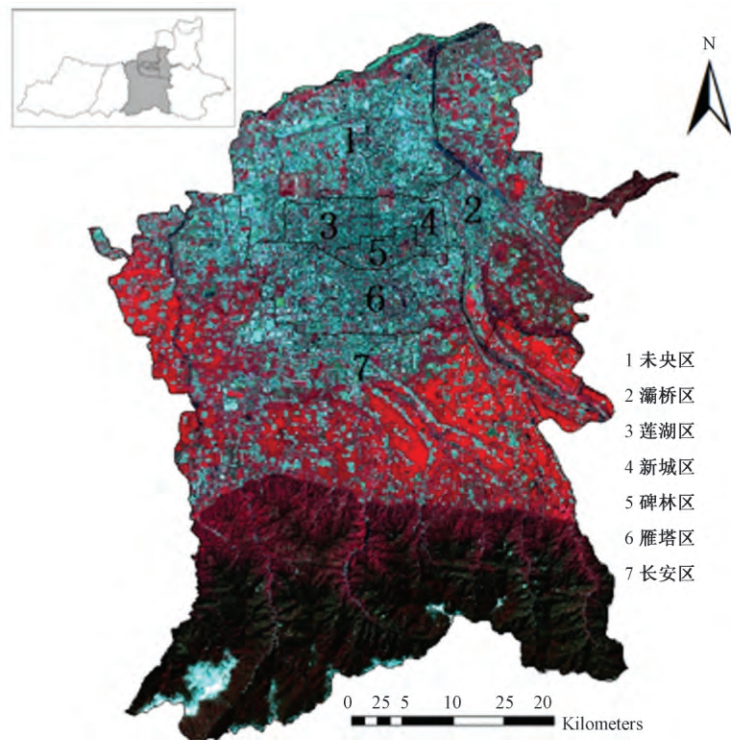


图 1 研究区地理位置(2017)

Fig. 1 The geographical location of the study area(2017)

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 扩张指数

城市面积增长指数(Urbanization Growth Index,  $UGI$ )和城市扩张强度指数(Urbanization Intensive Index,  $UII$ )是研究城市扩张的重要指标之一<sup>[12]</sup>。 $UGI$ 和 $UII$ 的计算公式如下:

$$UGI = \frac{S' - S}{\Delta T}; UII = \frac{S' - S}{S} \times \frac{1}{\Delta T} \times 100\% \quad (1)$$

其中, $S$ 为前一时期建设用地面积, $S'$ 为后一时期建设用地面积, $\Delta T$ 为时间间隔,单位为a。

#### 1.3.2 象限分析法

象限分析法是一种能直观反映城市在不同方位扩张和演化的手段<sup>[13]</sup>。本文以西安市钟楼为中心,以现阶段刚好囊括西安市主城区的20 km为半径,以正北为方向,将研究区分为8个象限。分别统计不同时期各个方向城镇用地图斑面积,分析西安市阶段性城市用地的扩张方向特征。

#### 1.3.3 同心圆分析法

同心圆分析法尤其能够反映平原型城市发展过程中的空间格局和圈层扩张特点<sup>[14]</sup>。本文以西安市钟楼为圆心,以2 km为间隔,构成4个时期覆盖城区影像的缓冲环,分析其城市建设与距离之间的扩张特征。

#### 1.3.4 植被覆盖指数分析

植被覆盖指数是指评价区域内城镇、耕地、林地、草地和其他5种土地类型面积占研究区面积比重<sup>[15]</sup>,可以一定程度上反映区域现阶段生态质量。

## 2 结果分析

根据遥感解译结果,西安市在1993—2017年间的城市扩张、土地利用情况及比重如表1所示。可以看出,林地、耕地和城镇用地在所有时间段内占研究区面积比重最大,土地利用主要在城镇用地和耕地间剧烈变化,研究区内的其他土地类型只是小范围变化。由表1可以得出,西安市从1993—2017年24年间耕地面积减少了520.21 km<sup>2</sup>,比重减少了21.49%,城镇用地面积增加了451.94 km<sup>2</sup>,比重增加了18.67%。

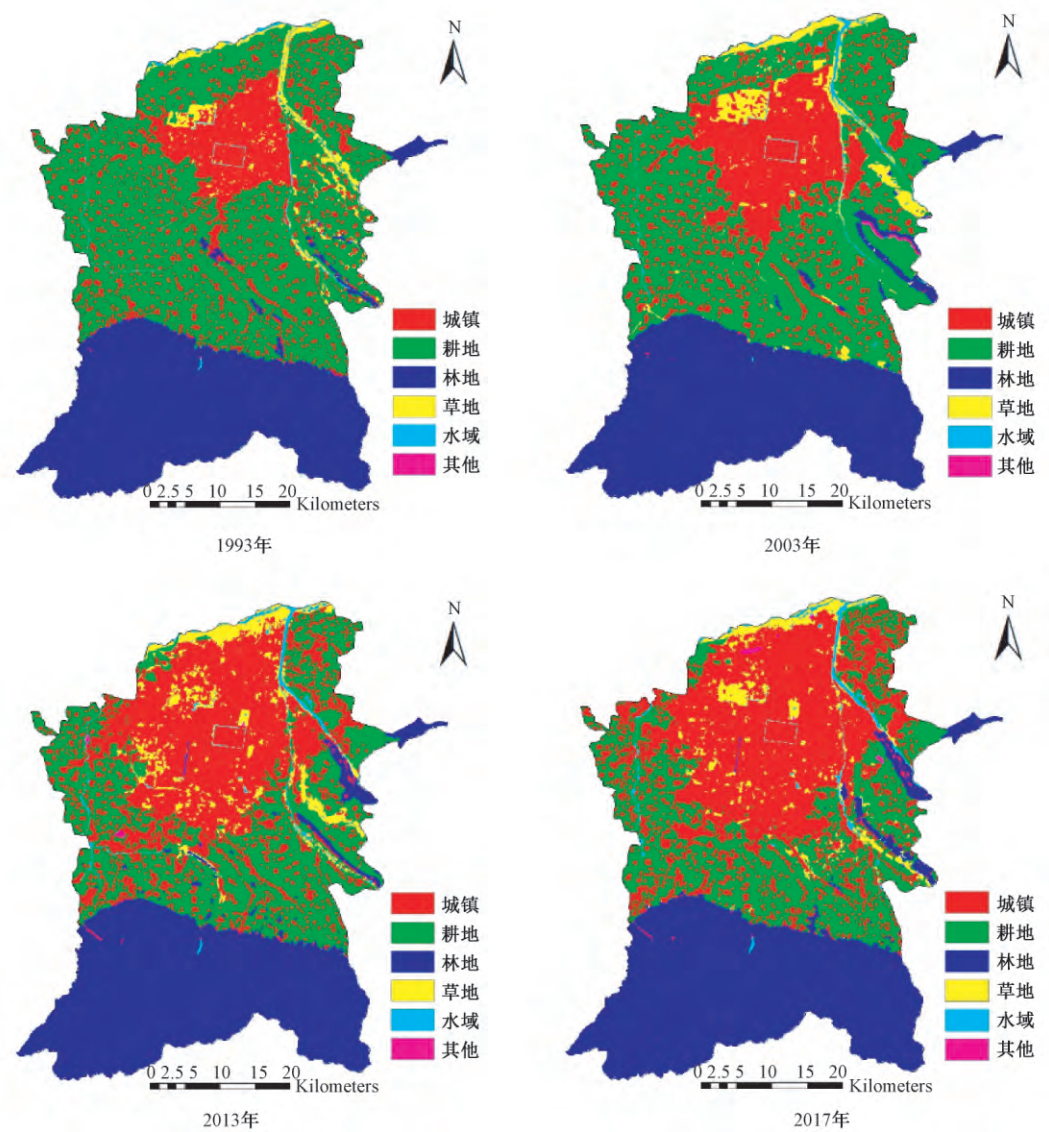


图 2 1993—2017 年西安市主城区土地利用类型分布  
Fig.2 The spatial distribution of land use in Xi'an city from 1993 to 2017

表 1 西安市 1993—2017 年各土地利用类型面积及比重  
Table 1 Area and proportion of land use in Xi'an city from 1993 to 2017

| 土地利用<br>类型 | 1993 年                 |          | 2003 年                 |          | 2013 年                 |          | 2017 年                 |          |
|------------|------------------------|----------|------------------------|----------|------------------------|----------|------------------------|----------|
|            | 面积<br>/km <sup>2</sup> | 比重<br>/% | 面积<br>/km <sup>2</sup> | 比重<br>/% | 面积<br>/km <sup>2</sup> | 比重<br>/% | 面积<br>/km <sup>2</sup> | 比重<br>/% |
| 城镇         | 407.65                 | 16.84    | 490.92                 | 20.28    | 762.52                 | 31.5     | 859.59                 | 35.51    |
| 耕地         | 1157.34                | 47.81    | 1021.05                | 42.18    | 706.60                 | 29.19    | 637.13                 | 26.32    |
| 林地         | 770.99                 | 31.85    | 786.97                 | 32.51    | 801.01                 | 33.09    | 805.85                 | 33.29    |
| 草地         | 65.12                  | 2.69     | 93.92                  | 3.88     | 116.68                 | 4.82     | 85.21                  | 3.52     |
| 水域         | 19.37                  | 0.80     | 24.21                  | 1.00     | 31.71                  | 1.31     | 29.53                  | 1.22     |
| 其他         | 0.24                   | 0.01     | 3.63                   | 0.15     | 2.18                   | 0.09     | 3.39                   | 0.14     |

2.1 扩张指数

经统计,西安市 1993—2017 年各时间段内的扩张速度和强度如表 2 所示,可以看出,西安城市建设面积在 2003—2013 年经历了较高速度的扩张,在此之后西安市的城市扩张仍然处于高速扩张,但已明显低于前期扩张速度和强度。城镇用地 24 年间共扩张了 451.94 km<sup>2</sup>,年均扩张速度 18.83 km<sup>2</sup>/a,扩张强度为

4.62%。

表 2 西安市 1993—2017 年城市扩张速度和强度

Table 2 Expansion rate and intensity

| 时间段/a     | UGI/( $\text{km}^2/\text{a}$ ) | UII/% |
|-----------|--------------------------------|-------|
| 1993—2003 | 8.33                           | 2.04  |
| 2003—2013 | 27.16                          | 5.53  |
| 2013—2017 | 24.27                          | 3.18  |

进一步统计分析 3 个阶段的西安市城市扩张情况,结果显示:1993—2003 年西安市建设用地面积从 1993 年的  $407.65 \text{ km}^2$  增加到 2003 年的  $490.92 \text{ km}^2$ ,净增约  $83.27 \text{ km}^2$ ;净增率为 20.43%,年均扩张速率为  $8.33 \text{ km}^2/\text{a}$ ;2003—2013 年建设用地净增约  $271.60 \text{ km}^2$ ,净增率为 55.32%,年均扩张速率为  $27.16 \text{ km}^2/\text{a}$ ;2013—2017 年建设用地净增约  $97.07 \text{ km}^2$ ,净增率为 12.73%,年均扩张速率为  $24.27 \text{ km}^2/\text{a}$ ,表现出“缓慢增长期—高速增长期—稳定增长期”的特征。

## 2.2 方向分析

对西安市城市用地格局进行象限分析(图 3a),显示西安市城市建设用地扩张具有明显的方向特征。在 1993—2017 年的 24 年间,城市整体集中向南方、北方和西方扩张。其中 1993—2003 年,城市集中向西南和南方方向扩张,扩张速度分别为  $3.29 \text{ km}^2/\text{a}$ 、 $2.26 \text{ km}^2/\text{a}$ ;在 2003—2013 年,城市整体扩张速度最快,集中在西方、西北、西南和北方 4 个方向,扩张速度分别为  $3.69 \text{ km}^2/\text{a}$ 、 $3.64 \text{ km}^2/\text{a}$ 、 $3.44 \text{ km}^2/\text{a}$ 、 $3.42 \text{ km}^2/\text{a}$ ;在 2013—2017 年,整体扩张幅度相对放缓,但局部仍处于较强强度扩张,其扩张主要集中向东北和东南方向,扩张速度分别为  $6.46 \text{ km}^2/\text{a}$  和  $5.24 \text{ km}^2/\text{a}$ 。

通过进一步统计与分析西安主城各区 4 期建设用地扩张速度,能较好地揭示各区城市开发强度 and 经济发展状况,体现城市发展格局。根据建设用地在各区统计情况(图 3b),可以看出,2003—2017 年西安市城市扩张总体处于较快时期,扩张强度大,城区建设用地向周边扩张较为明显。莲湖区、新城区、碑林区由于开发较早,在 1993 年以前已经完成城市扩张,因此建设用地比重长期处于高位状态,反映出早期中心城区已进入产业优化和用地结构调整优化阶段;雁塔区在 1993—2003 年扩张速度显著,年均扩张  $4.97 \text{ km}^2/\text{a}$ ;长安区、未央区在 2003—2013 年城市扩张明显加快,扩张速度分别为  $13.46 \text{ km}^2/\text{a}$ 、 $7.35 \text{ km}^2/\text{a}$ ,长安区由于行政区域面积较大,故统计图上造成城镇面积占比较小,但实际城市扩张进程显著;灞桥区在 2003—2017 年一直处于高速扩张期,扩张速度为  $5.30 \text{ km}^2/\text{a}$ 。由此可见,在 1993—2017 年近 24 年间西安市城镇扩张行政区划主要集中在雁塔区、未央区、长安区和灞桥区。

结合总体分析和实地调研后发现,1993—2003 年城市主要扩张方向为向南延伸,而东边扩张空间得到一定的限制。2003—2013 年西安市城市扩张过程剧烈,向各个方向均有不同程度扩张,其中主要扩张方向为西南部和北部;西部也有明显的扩张,揭示了西安市建成区重心正在不断向西南方向转移。2013—2017 年西安城市扩张开始放缓,主要扩张为东北和东南方向。

## 2.3 模式分析

由于特殊的平原地形,利用同心圆方法分析西安市不同时期城市扩张。从结果可以看出(图 4a),西安市城市扩张存在明显的圈层结构特征,且在 1993 年就基本完成了以钟楼为中心方圆  $6 \text{ km}$  内的城市用地扩张。在 1993—2017 年间,城市扩张集中体现在  $6 \sim 20 \text{ km}$  处,并在  $12 \sim 14 \text{ km}$  处形成一个峰值,环带扩张强度随距离钟楼呈现倒 U 型曲线变化。在 1993—2003 年间,城市扩张主要集中在  $6 \sim 12 \text{ km}$  处,扩张幅度较小并集中在城市外围,年均扩张为  $8.33 \text{ km}^2/\text{a}$ ;在 2003—2013 年间,城市扩张速度最快,扩张幅度也最大,其主要扩张移至  $10 \sim 20 \text{ km}$  处,年均扩张为  $27.16 \text{ km}^2/\text{a}$ ;在 2013—2017 年间,扩张体现在内部填充与外围扩张共存,其  $12 \sim 16 \text{ km}$  处扩张明显,年均扩张为  $24.27 \text{ km}^2/\text{a}$ 。截止 2017 年,规划上西安市城市整体扩张体现在三环以内并伴随南北方向的扩张。

由图 4b) 得,西安市耕地面积减少量与城镇面积增加量存在一定的关联。在 1993—2017 年耕地面积的减少量在  $6 \sim 20 \text{ km}$  之间较大,表明城市的空间扩张是导致耕地面积减少的主要原因。其中,1993—2003 年城镇扩张和耕地减少均在  $6 \sim 12 \text{ km}$  处较强烈;2003—2013 年城镇扩张和耕地减少在  $10 \sim 20 \text{ km}$  处强



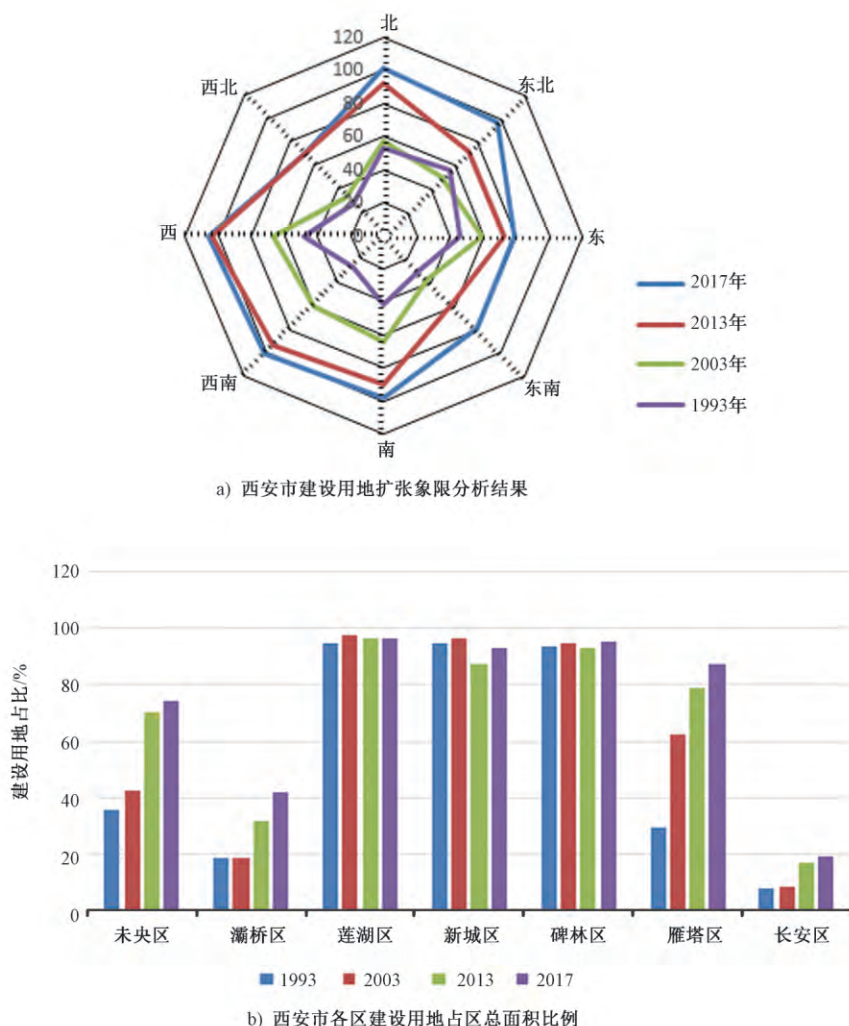


图 3 1993—2017 年西安市建设用地扩张方向分析

Fig. 3 The direction analysis of urban sprawl in Xi'an city from 1993 to 2017

烈; 2013—2017 年城镇扩张和耕地减少处于稳定波动。说明了西安市核心城区边缘处建设用地的扩张强度较大, 城镇扩张用地主要来源于耕地, 而中心区域扩张强度相对较弱。

## 2.4 植被覆盖指数分析

植被覆盖指数可用于评价区域植被覆盖和生态质量状况, 其公式为

$$Q = Aveg \times (0.38 \times A + 0.34 \times B + 0.19 \times C + 0.07 \times D + 0.02 \times E) / F. \quad (2)$$

式中,  $Q$  为植被覆盖指数;  $Aveg$  为植被覆盖指数的归一化系数, 省(地)级取值为 588.26076, 面积单位为  $\text{km}^2$ ;  $A$  为林地面积;  $B$  为草地面积;  $C$  为耕地面积;  $D$  为城镇面积;  $E$  为其他用地面积;  $F$  为研究区总面积。

将各区域面积代入计算公式, 得到西安市 1993 年、2003 年、2013 年和 2017 年的植被覆盖指数分别为 136.95、135.94、129.22 和 125.51。经分析可知, 虽然研究区林地面积有缓慢增长, 但研究区生态用地持续下降, 这些土地类型面积的减少最终导致植被覆盖指数持续呈现下降趋势, 区域生态质量持续降低。

## 2.5 土地利用变化分析

城市格局时空演变基于土地利用变化, 通过表 1 可以看出研究区各类型用地在 1993—2017 年的比例变化。24 年间城镇用地比例呈显著增长, 由 1993 年的 16.84% 增长为 2017 年的 35.51%; 同时耕地比重剧烈减退, 占比由 1993 年的 47.81% 下降为 2017 年的 26.32%。耕地面积的持续下降也与西安市统计局关于西安市粮食播种面积和粮食产量持续减少相吻合。空间上主要表现为耕地随城市建设用地扩张而急剧减

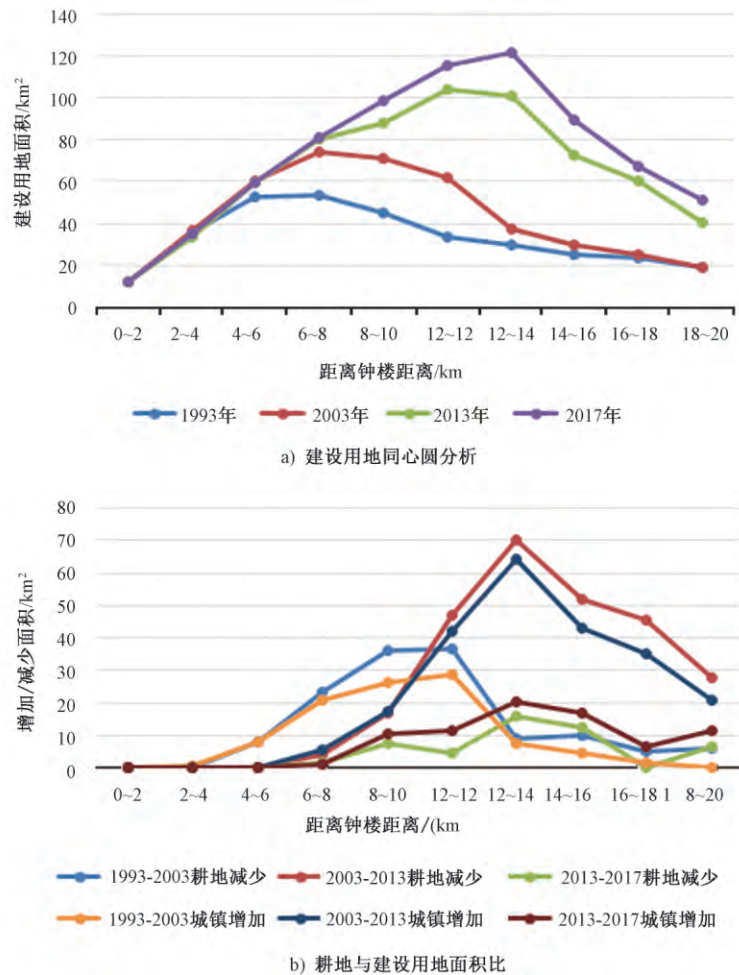


图 4 1993—2017 西安市同心圆和耕地与建设用地面积比分析结果

Fig. 4 Concentric circles in Xi'an and analysis results of the ratio of construction land to cultivated land from 1993 to 2017

少,耕地与建设用地之间的矛盾是本阶段城市格局变化的主要特征。其中以 2003—2013 年间减少最为严重。随着西安市城市建设逐步饱和,西安市耕地持续减少才有所放缓。从分布来看,在城镇扩张过程中郊区村镇也存在一定程度的低密度蔓延空间扩张特征,由于与主城区较远且均为自发扩张,扩张强度不大。随着生态文明建设,在 1993—2017 年间林地在东南区域有一定程度的缓慢增长,表明西安市退耕还林工作得到了稳步落实。同时,随着东部地区大量生态用地建设和浐灞流域河漫滩的综合治理,水体所占比例增长明显,水体比例由 1993 年的 0.8% 增加为 2013 年的 1.31%,增长主要体现在生态园储水和浐灞河流治理造成蓄水河流段面积的增长。随着西安市城市的扩张,城郊一部分土地荒置而演变为草地,自 1993—2013 年以来,草地比例由 2.69% 增加为 4.82%,增长体现在东部地区和西部汉宫遗址等一批文物保护单位保护措施增强,从而造成土地利用发生变化。研究区其他用地类型主要为裸地,其占研究区比重较小,在研究期内先增加后减少。

### 3 驱动力分析

通过对影响城市扩张的动力因素分析,可以更好地对城市内在发展机理进行深入分析,从而有利于对城市未来发展的预判,进而合理推动城市可持续健康发展。因此本文综合西安市城市发展与影响因子之间的机理研究,分析西安市城市扩张及土地利用变化的主要驱动因素如下:

#### 3.1 经济方面

国内生产总值是衡量一个城市发展最为重要的指标之一。通过统计,近 24 年间西安市国内生产总值

从 229.56 亿元增长到 7 469.85 亿元,增幅约 32.5 倍;人均生产总值从 3 661 元增长到 78 346 元,增幅约 21.4 倍。表明西安市在 1993—2017 年间城市经济发展迅猛,城市活力不断增强。其中 2003—2013 年,西安经济发展最快,这也与西安城市加速扩张时间相一致。产业结构上,从 1993—2017 年,正是我国经济发展和产业结构调整的高速期,经济的繁荣也进一步促进了对城市的开发。分析发现,西安市城市规模与国内生产总值和第三产业呈显著线性正相关,其相关系数分别为 0.98 和 0.96;同时显示与第一和第二产业占比呈负相关,即第三产业的发展显著促进了城市扩张。

由图 5 分析得知,将 1993 年第三产业、城镇面积和耕地面积量化为“1”后,进一步统计 24 年经济增长率与土地利用变化率发现:经济的增长促进了城镇的扩张和耕地的减少,但城镇的扩张率明显高于经济增长率和耕地减少率。表明 24 年间西安市的城镇面积在经济驱动下高速扩张,城镇面积扩张强度为 0.05/a。

由表 3 对比西安市 GDP 和土地利用变化特点也可以看出,随着第三产业和 GDP 总量的增长,城镇面积不断扩大,而耕地面积逐步减小,经济增长与西安市土地利用存在明显的关联效应,经济增长对城市扩张作用明显。

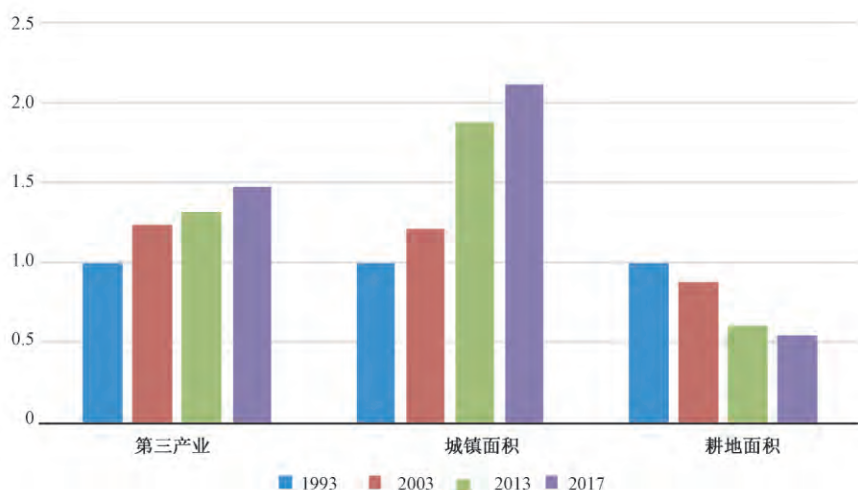


图 5 1993—2017 年西安市第三产业与土地利用变化量化图

Fig. 5 Quantitative map of the tertiary industry and land use change in Xi'an between 1993—2017

表 3 1993—2017 年西安市 GDP 与土地利用变化关系

Table 3 Relationship between GDP and land use changes in Xi'an City from 1993 to 2017

| 年份     | 生产总值<br>/亿元 | 第一产业占比<br>/% | 第二产业占比<br>/% | 第三产业占比<br>/% | 城镇<br>/km <sup>2</sup> | 耕地<br>/km <sup>2</sup> |
|--------|-------------|--------------|--------------|--------------|------------------------|------------------------|
| 1993 年 | 229.56      | 9.8          | 48.3         | 41.9         | 407.65                 | 1 157.34               |
| 2003 年 | 946.66      | 5.4          | 43.0         | 51.6         | 490.92                 | 1 021.05               |
| 2013 年 | 4 924.97    | 4.1          | 40.6         | 55.3         | 762.52                 | 706.6                  |
| 2017 年 | 7 469.85    | 3.8          | 34.7         | 61.5         | 859.59                 | 637.13                 |

### 3.2 人口因素

一个城市内在人口的增加必然会促进城市活力的提升,因此城镇人口的增长对于城市的扩张必定会起到推动作用。统计发现,1993—2017 年西安市的户籍人口从 630.91 万增长到 845.09 万,城镇人口由 1993 年的 240.85 万增加到 2016 年的 552.21 万,增长了 129.28%,而 1993—2017 年西安市的城镇面积增长 110.84%。因此,西安市的户籍人口城镇化和城镇人口快速增加,显著促进了城市建设用地的增加,而建设用地的迅速扩张又导致主城区土地利用结构发生了较大的变化。

### 3.3 地理环境

区域地理环境是影响城市发展的先天基础条件,在一定程度上会显著影响城市发展的格局和土地利用在空间上的演变。由于特殊的地理环境,西安市中部地势平坦,北部为渭河,南部为秦岭,整体地势有利于城镇建设和向各个方向大规模开发。但地理环境也在一定程度上影响了土地利用的分布,受地理因素



的影响,西安市林地主要集中在南部山区,并在东部地区有缓慢增长;水域面积的增减主要体现在泾河、灞河和沣河的变化;城镇扩张由于受东部灞河和骊山地势影响,建成区范围蔓延方向整体以向南、北、西为主,也客观揭示了西安市建成区重心的不断西移;而特殊的地形也造成了西安市城区待开发耕地已经枯竭,耕地面积随着城镇的扩张大幅度减少。

### 3.4 政策因素

由于西安市不同时期发展和建设任务的变化,使得城市扩张和土地利用也呈现出阶段性特点。其中,除了城市自身体系运动发展以外,政府的规划也对城市发展起到了显著的影响,政府政策的引导显著影响了城市空间扩张的方向和强度。政府的权利驱动使得其在土地转化中扮演着积极的角色,新区建设、住宅区规划、生态遗址保护区的划定、公共和服务设施的布局均会引发区域空间上土地利用格局发生明显变化。政策的规划和修订在空间上对区域的建设起到了重要的指引和控制作用,控制了建设用地的方向、规模和类型。

国家级、省级开发区的迅速发展,在很大程度上影响了西安市的城市扩张和土地利用方向与强度。自1999年国家实施西部大开发战略以来,西安市城市扩张及周边建设速度明显加快。西安市主城区现有5个国家级开发区和6个省级开发区,即1991年成立的位于中心城区西南部的西安高新技术产业开发区(国家级),1993年成立的位于中心城区北部的西安经济技术开发区(国家级),1996年成立的位于中心城区东南方向的曲江新区(国家级文化产业示范区),2006年成立的位于中心城区东南方向的西安国家民用航天产业基地(国家级),2014年成立的位于中心城区西北方向的西咸新区(国家级),以及西安未央工业园、西安泾河经济开发区、西安郭杜教育科技产业开发区、西安灞桥科技工业园区、西安泾河生态区、西安国际港务区等6个省级开发区。由1993—2017年城市新增建设用地的空间分布来看,11个开发区内新增建设用地的面积直接促进了城市的扩张,说明西安市各开发区的快速发展成为主城区向外拓展的主导力量。随着西安市各种遗址公园保护区范围的规划以及地铁设施的建设,“米”字型高铁网的完善和2006年西安市政府北迁的契机,西安市的城市发展仍将长期处于活跃状态。

近年来,西安市的城市扩张趋于放缓,但随着西安市作为国家中心城市战略的实施,预计未来几年,西安市的建设用地扩张仍将会继续保持较高水平状态。

## 4 结论与启示

本文以Landsat影像为基础数据,收集了西安市主城7区4期遥感数据,较好地还原了1993—2017年间西安市城市建设用地扩张和土地利用变化情况。作为中国西北地区唯一的国家级中心城市,西安市的城市发展仍与东部城市存在显著的地域差异。总体来说,西安市的城市扩张速度和强度较东南沿海城市整体偏小,这与西北地区人口和经济规模及社会发展等因素有直接关系。在此基础上,通过对西安市城市发展深入分析,得出以下结论:

1) 西安市在这24年间城市建设用地始终保持着扩张态势,其城市扩张经历了“缓慢增长期—高速增长期—稳定增长期”,土地利用时空演变速度加快,建设用地急剧扩张及大量耕地被占用为这一时期西安土地利用变化的主要特征。

2) 由于西安市地形平坦,城市扩张受到地理约束条件较少,城市空间的扩展方向表现出了阶段性的特征:1993—2003年,城市空间集中向南方和西南方向扩张;2003—2013年,城市空间集中向北方、西南、西方和西北方向扩张;2013—2017年,城市空间集中向东北和东南方向扩张。城市扩张整体呈现出“南—北—西”的片状扩张模式,其扩张地区集中在距钟楼6~20 km范围内。

3) 综合分析影响因素,发现导致西安市土地利用变化的主要外在驱动力为地理环境、经济发展、产业结构和人口增长。但城市扩张是多重因素驱动的结果,城市扩张的方向性主要受制于政府对城市发展的规划政策,实质驱动力是在政策导向下的经济增长、人口增长等。其中,不同时期城市区域重点开发政策的演变是造成城市扩张方向发生变化的主要因素。

4) 西安市城市扩张造成城市内部现有生态系统破碎、功能日趋单调,扩张过程中土地利用和生态环境效益不高。城市的生态环境质量与城市的合理规划密切相关,因此城市规划中应注重对生态用地的规划

与保护。西安市下一步发展应加强拓展生态资产发展空间,加强对非农建设占用耕地的控制,引导土地利用向符合西安市整体发展目标的方向发展。

5) 结合城市格局时空演变机理和相关政策,可以预测未来几年西安市城市扩张主要以外延型为主,空间上仍然存在“摊大饼”的方式。扩张方向主要向西、南、西南和东北4个方向,扩张面积集中在由郊区耕地转化,用地效率不高,土地利用结构不尽合理。因此,未来城市发展应提高土地集约利用效率,协调政府城市建设的政策,加强城市规划的科学性及合理性,积极调控城市用地格局,避免城市粗放式扩张,减小城市扩张进程中的土地和生态压力,实现西安市城市化升级发展。

随着国家中心城市的进一步发展,西安市建设用地的比例将会进一步提高,然而与其他国家中心城市横向对比发展仍处于较低水平。通过对西安市城市扩张和土地利用相关研究发现,地理环境、经济发展(人口)和政府政策对西安市土地利用分别起着基础性、决定性和控制性的作用,但政府政策和规划起着主导作用。这对于有关部门制定合理的土地利用布局管理方法,协调人地矛盾和促进西安市城市建设合理升级等问题具有重要的参考价值。

#### [参考文献]

- [1] 姚士谋,张平宇,余成,等.中国新型城镇化理论与实践问题[J].地理科学,2014,34(6):641-647.
- [2] 孔雪松,刘艳芳,常旭.基于GIS的城镇用地空间演化与景观特征分析[J].经济地理,2012,32(4):67-71.
- [3] 李广东,方创琳,王少剑,等.城乡用地遥感识别与时空变化研究进展[J].自然资源学报,2016,31(4):703-718.
- [4] 方创琳,王德利.中国城市化发展质量的综合测度与提升路径[J].地理研究,2011,30(11):1931-1946.
- [5] 周春山,叶昌东.中国城市空间结构研究评述[J].地理科学进展,2013,32(7):1030-1038.
- [6] 张理茜,蔡建明,王妍.城市化与生态环境响应研究综述[J].生态环境学报,2010,19(1):244-252.
- [7] Mahesh K J, Garg P K, Khare D. Monitoring and modelling of urban sprawl using remote sensing and GIS techniques [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2008, 10(1): 26-43.
- [8] 王翠平,王豪伟,李春明,等.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.
- [9] 刘佳,辛鑫,刘斌,等.基于DMSP/OLS夜间灯光影像的2000—2013年鄂尔多斯市城市扩张遥感制图与驱动因子分析[J].国土资源遥感,2018(1):166-172.
- [10] 许鹏,杜萍,申茜,等.基于GF-1 WFV影像的浑河悬浮物浓度和浊度遥感反演研究[J].沈阳师范大学学报(自然科学版),2017,35(2):180-184.
- [11] 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.
- [12] 陈可欣,张丰,杜震洪,等.基于遥感影像的嘉兴市城市扩张与驱动力分析[J].浙江大学学报(理学版),2016,43(6):709-715.
- [13] 张晓娟,周启刚,国洪磊.基于GIS和DEA的城镇建设用地扩展经济效益评价——以重庆市南岸区为例[J].资源开发与市场,2017,33(1):14-19.
- [14] 殷江滨,祝明明,范虹.2000—2010年西安市人口演变的空间差异与多中心模拟[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2016,44(3):102-109.
- [15] 朱希希,张宗祥,朱宇芳,等.兴化市生态环境遥感动态监测与分析[J].环境监测管理与技术,2016,28(1):67-70.

(责任编辑 李亚青)