

银川市近30年城市扩展时空演变

张佳瑜, 白林波, 杨美玲

(宁夏大学 资源环境学院, 银川 750021)

摘要:应用1991年、1999年、2006年、2011年和2017年五期Landsat TM/ETM/OLI影像数据,在遥感和地理信息系统软件支持下,人机交互提取5个时期银川市建成区边界,通过城市空间扩展强度、重心坐标、紧凑度指数和分形维数等指标,对银川市城市空间扩展的时空演变特征进行了定量分析。结果表明:(1)时序上,除1991—1999年慢速扩展外,其余3个时段都为快速扩展期,扩展强度为20.32%,扩展速率 $7.88 \text{ km}^2/\text{a}$,至2017年银川市建成区面积净增了 204.96 km^2 ,为1991年的6.29倍。(2)空间格局上,银川市建成区由“东、西分离”扩展成“整体发展”,城市重心总体往东南偏移,扩展的主要方位在东南、正东,分别增加了 45.44 km^2 、 41.49 km^2 ,而正南、正北扩展较少,仅增加 6.26 km^2 、 8.05 km^2 。(3)城市形态上,紧凑度逐渐增加,由0.17上升到0.32,分形维数逐渐减小,由1.71下降至1.25,说明在研究期间,扩展以内部和边缘填充为主,随着城市的扩展银川市空间形态日趋简单、稳定。

关键词:城市空间扩展; 遥感影像; 地理信息系统; 银川市; 时空演变

中图分类号:F293.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2019)05-0359-07

Spatial and Temporal Evolution of Yinchuan Urban Expansion in the Last 30 Years

ZHANG Jiayu, BAI Linbo, YANG Meiling

(College of Resources and Environment Science, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: Base on Landsat TM/ETM/OLI images of five periods (1991, 1999, 2006, 2011 and 2017), and supported by RS and GIS software, human-computer interaction was used to extract the boundaries of Yinchuan built-up area in five periods. The spatial and temporal evolution feature of urban expansion in Yinchuan was analyzed based on the index of spatial expansion intensity, barycentric coordinate, compactness index and fractal dimension. The results showed that: (1) on time sequence, the city extended rapidly in the other three periods except for slow expansion from 1991 to 1999; the expansion strength was 20.32%, and the expansion rate was $7.88 \text{ km}^2/\text{a}$; in 2017, the area of Yinchuan construction area increased by 204.96 km^2 , which was 6.29 times of that in 1991; (2) on spatial pattern, the construction area expanded from east west separation to integrated development, and the center of the city generally shifted to the southeast; the main direction of expansion was towards the southeast and east with expansion distances of 45.44 km^2 and 41.49 km^2 , respectively, while the expansion was less in the south and in the north with only expansion distance of 6.26 km^2 and 8.05 km^2 , respectively; (3) on urban form, the compactness increased gradually from 0.17 to 0.32, and the fractal dimension decreased gradually from 1.71 to 1.25, indicating that the main expansion was the inner and edge filling in the whole study period, and the spatial form of the urban expansion had been simple and stable.

Keywords: urban spatial expansion; RS image; GIS; Yinchuan City; spatial and temporal evolution

当前,中国经济正处于快速增长阶段,城市化水平不断提高,城市扩展不断加剧^[1],城市空间向外围扩展或者内部调整重组,城市土地利用结构发生显著的变化,人地矛盾将更加突出。城市扩展是城市化研

究的重要部分,城市时空扩展的阶段过程中蕴含着大量的信息,这些信息不仅可以用于探索城市发展的特征与规律,更能发现城市化中存在的问题^[2]。加强城市扩展研究,可以为城市总体规划设计提供理论基

收稿日期:2018-10-29

修回日期:2018-12-27

资助项目:宁夏高等学校自然科学项目“宁夏沿黄城市带发展与黄河水资源联动机制研究”(NGY2017059);宁夏自然科学基金项目“基于多源数据的宁夏典型沿黄城市城区扩展分异及其动力机制研究”(2019AAC03051)

第一作者:张佳瑜(1978—)男,广东梅州人,讲师,硕士,主要从事地理信息系统应用和城市防灾减灾规划研究。E-mail:zhangjy@nxu.edu.cn

通信作者:白林波(1973—)女,山西长治人,教授,硕士,主要从事遥感与地理信息系统应用研究。E-mail:bailinbo@163.com

础,有效地引导和调控城市的扩展速度和方向。

遥感数据源具有空间尺度大、获取周期短、信息量丰富等优点,近年来逐渐成为城市扩展研究的主要手段^[3]。空间扩展具有明显的地域特征,必须切实加强对城市空间扩展的理论和实证研究,严格根据城市演变的时空规律来制定相关政策并指导开发活动^[4]。国内学者对我国城市开展了城市扩展时空特征方面的研究,积累了丰富的经验,邓羽、王帅和王涛等利用多源遥感数据和城市扩展理论分别研究了北京、上海、西安等城市的扩展,并对其驱动力进行分析^[5-7],研究表明,城市空间扩展的研究内容逐渐向综合性、交叉性方向发展,涉及了城市用地扩展的空间过程、驱动力、格局及模式;徐进勇、王厚军和李晓燕等分别研究了珠江三角洲主要城市、沈阳、成都、哈长城市群和德令哈等城市的扩展特征^[8-12],以GIS和RS为主要研究方法,时间跨度向中长期过渡,研究区域以东部大城市为主,开始向中西部城市过渡。总体来说,城市扩展的研究内容已经不断地向更深的机理分析和调控措施发展,同时也要看到,研究对城市化速度显著上升的具区域性代表的中等城市关注较少。

银川作为中国西北干旱区域中心城市,具有干旱区平原地区城市的特点,近年来城市扩展的速度很快。有学者从城市统计资料、景观生态等角度分析了银川市城市结构及其演化情况,但是在城市空间扩展演变及城市形态变化方面缺乏深入研究^[13-14],而且在“一带一路”战略下,银川市发展面临新的机遇与挑战,城市规划布局出现新的状况。本文采用银川市多个时相的Landsat TM/ETM/OLI影像数据,结合GIS技术,对银川市城市空间扩展的时空演变特征进行分析,揭示城市发展规律,以期为建设与发展规划的制定提供一定的参考。

1 研究区概况

银川市位于黄河上游宁夏平原的中部,北纬 $37^{\circ}29'$ — $38^{\circ}53'$ 、东经 $105^{\circ}49'$ — $106^{\circ}53'$,东临黄河,西屏贺兰山。银川市是宁夏的军事、政治、经济、文化、科研、交通和金融中心,国家历史文化名城,西北地区重要的中心城市,是国家西部大开发战略中陇海兰新经济带的重点发展城市,“一带一路”建设的重要节点城市,国家向西开放的窗口。本次研究区域为兴庆区、金凤区、西夏区3个市辖区。

2017年,银川市常住人口达222.54万人,GDP达1 617.28亿元。由于历史发展原因,银川市自东向西形成由兴庆区、金凤区和西夏区3个部分形成多中心并联式布局的模式。为加快城市化进程,1996年,银川市决定在金凤区进行经济开发区建设,拉开

了城市快速扩展的序幕;2002年,提出建设银川为“现代化中心区域性城市”,以适应国家“西部大开发”的战略目标,大银川建设战略开始实施;2005年提出“推进以银川为龙头的沿黄城市带建设”的发展战略,进一步加快了银川市的城市化进程。2016年,十三五总体规划将中心城区发展方案调整为“南进、北拓、东优、西控”。目前形成了以兴庆区为商业区、金凤区为行政区、西夏区为教育区的功能布局。随着“一带一路战略”的推进,银川市将迎来新一轮的快速发展期。

2 研究方法 with 数据获取

2.1 数据资料

本次研究采用了Landsat TM/ETM/OLI影像,获取具体时间分别是:1991年8月30日,1999年8月12日,2006年9月16日,2011年6月18日,2017年9月6日,影像空间分辨率为30 m,其中1991年、2011年为TM影像,1999年、2006年为ETM影像,2017年为OLI影像(影像均从地理空间数据云下载)。

2.2 数据处理

建成区指实际开发和建设起来的、集中连片的、具备基本市政公共设施的地区^[15],在城市扩展过程中可能会出现一些离散的独立闭合区域。本文数据处理中,影像坐标系采用UTM,在软件ENVI 5.3平台下进行影像的几何校正、增强处理和研究区裁剪,影像采用标准假彩色合成,在标准假彩色图像上,城市影像特征为灰蓝色,植被为红色,因此建成区边界较易提取。在ArcGIS 10.2平台下,根据影像特征,人机交互提取研究区各时期的建成区边界,并进行面积统计,得到研究区各时期的建成区边界(图1)和面积。结合实地验证,确保图像边界判读的准确率在90%以上^[16]。

2.3 研究方法

为了定量分析研究区城市空间扩展的速率、位置和方向等特征,在ArcGIS 10.2平台下,对研究区采用等角度法划分区域,应用城市空间扩展速率、城市空间扩展强度、城市空间重心指数、城市空间紧凑度和城市空间分形维数等定量指标,利用GIS的空间分析技术对城市空间发展趋势、空间格局演变和空间形态特征进行分析。

(1) 等角度法。等角度法分析是指取研究区的重心和某方向为边界,将研究区划分成若干角度相等的区域,与各时相进行叠加,通过计算不同方位的扩展指数描述城市空间变化^[17]。在本研究中,以研究初期的城市重心为起点,东偏北 22.5° 方向为基线,隔 45° 作射线,将城区划分为8个区域,据此分析不同时段各个方位扩展强度和方向,研究空间格局演变特征。

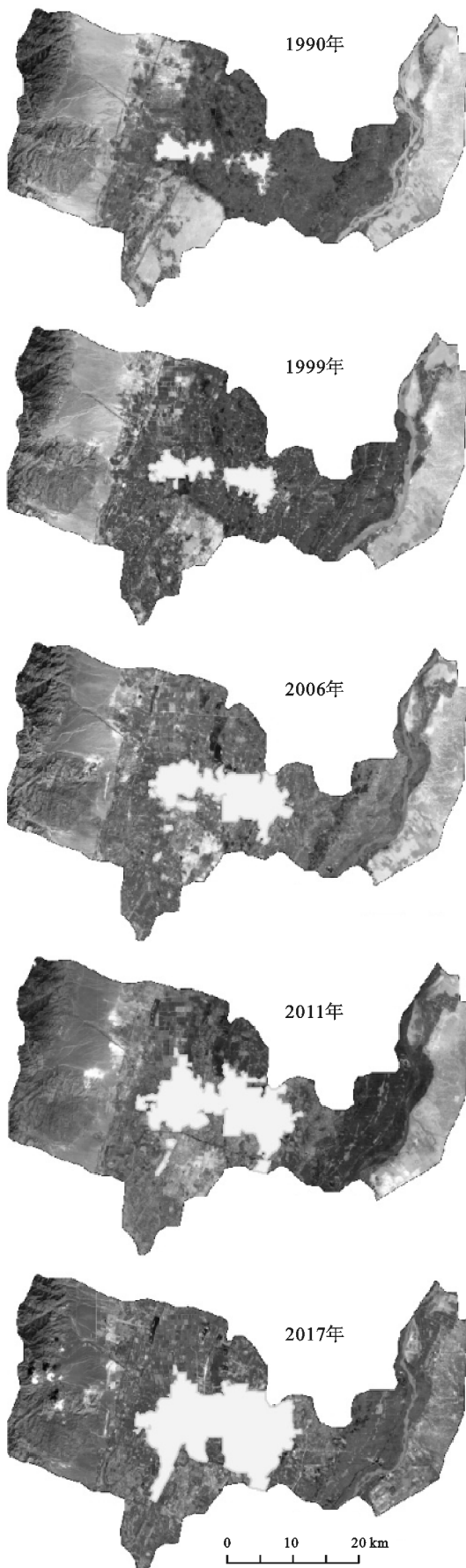


图 1 研究区不同时相建成区

(2) 城市空间扩展速率。此指标研究城市空间研究期内的面积变化,计算公式为:

$$V_{ab} = \frac{S_b - S_a}{\Delta T} \quad (1)$$

式中: V_{ab} 表示城市空间扩展速率; S_a 表示研究初期面积; S_b 表示研究末期面积; ΔT 表示间隔时间。

(3) 城市空间扩展强度指数。此指标是对空间扩展速率的标准化处理,计算公式为:

$$E_{ab} = \frac{S_b - S_a}{\Delta T} \times \frac{1}{\Delta T} \times 100\% \quad (2)$$

式中: E_{ab} 表示 ab 时段间的扩展强度指数,其余符号同前。

(4) 城市空间重心指数。城市空间重心是描述城市空间分布的一个重要指标,通过城市重心迁移变化可研究城市空间格局的变化^[18],计算公式为:

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^n S_{ti} \times X_i}{\sum_{i=1}^n S_{ti}} \quad (3)$$

$$Y_t = \frac{\sum_{i=1}^n S_{ti} \times Y_i}{\sum_{i=1}^n S_{ti}} \quad (4)$$

式中: X_t, Y_t 分别表示研究年份 t 时的城市空间重心的横、纵坐标(m); n 为城市中的建成区地块的数量; i 表示建成区地块的编号; S_{ti} 表示第 i 块建成区的面积。

(5) 城市空间紧凑度指数。紧凑度指数是衡量城市空间形态变化的重要指标^[19],公式为:

$$Q = \sqrt{2\pi S} / C \quad (5)$$

式中: Q 为紧凑度指数; S 为城市建成区总面积; C 为城市建成区各斑块的周长总和。

(6) 城市空间分形维数。分形维数是描述分形结构的特征指标^[20],公式为:

$$F = 2 \ln \frac{C}{4} / \ln S \quad (6)$$

式中: F 是分形维数,其余符号同前。

3 结果与分析

3.1 城市空间扩展时序变化特征分析

城市用地规模的数量变化,可以通过建成区面积在时间维上的变化进行分析。应用 ArcGIS 10.2 平台将 5 个时相的建成区边界叠加(图 2),并统计出 5 个时相银川市建成区面积,根据公式(1),(2),计算得到不同时期研究区城市空间扩展数据(表 1)。可以看出,银川市城市面积从 1991 年的 38.78 km^2 增加到 2017 年的 243.74 km^2 ,增长了 6.29 倍,扩展速度为 $7.88 \text{ km}^2/\text{a}$,由于研究初期城市面积基数较低,扩展强度指数高达 20.32%。研究期内,银川市城市扩展速度一直在加快。

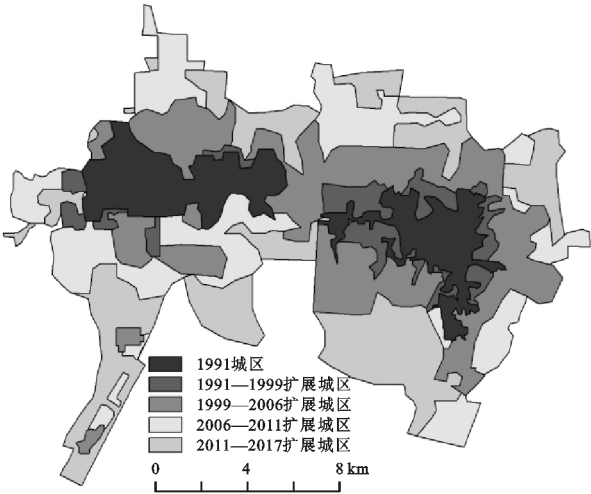


图 2 研究区不同时期的城市扩展过程

表 1 研究区不同时期的城市空间扩展情况

参数	1991 年	1999 年	2006 年	2011 年	2017 年	1991—2017 年
城市面积/km ²	38.78	55.52	121.87	175.60	243.74	
扩展面积/km ²	16.74	66.35	53.73	68.14		204.96
扩展速率/(km ² ·a ⁻¹)	2.09	9.48	10.75	11.36		7.88
扩展强度指数/%	5.39	17.07	8.82	6.47		20.32

不同时段面积扩展是相异的。第一时段:1996 年,银川市进行了城市总体规划的修编,确定进行高新技术开发区的建设项目,该项目实施是第一时段城市面积扩展主要原因,城市面积增长来源单一,扩展速率较慢。第二时段:2000 年,国家提出了西部大开发的重大战略决策,银川市作为西北地区重要的中心城市,是国家西部大开发战略中陇海兰新经济带的重点发展城市,明显地改善了交通、能源、通讯等方面的基础设施,并且城市结构和功能布局也开始逐渐完善;2002 年,银川市提出了“跳出银川看银川,立足全国看银川,面向世界看银川”的发展理念,开始以“建设一个大银川”的视角整合城市空间布局,进行了大规模地老城区改造,周边用地扩展迅速,整个研究期内,这一时段城市扩展强度最大,变化最为明显。第三时段,延续了前一时段的扩展趋势,城市空间扩展主要来自“城中村”大改造的继续以及高新技术开发区的建设。第四时段,扩展速率达到研究期最高的 11.36 km²/a,这一时期扩展原因主要是研究区的旧城改造和新区开发以及对外交通建设等,如 BRT1 号线的建造完成、怀远西路地下综合廊道工程、满城南街、满城北街地下综合廊道工程、银西高铁工程、银川滨河黄河大桥工程等,进入了银川最大规模的城市扩张期。随着“一带一路”建设的推进,可以预测,银川城市空间快速扩展期仍将继续。

3.2 城市空间格局演变扩展分析

应用 ArcGIS 10.2 的要素转点模型求出不同时期各

1991—1999 年为研究期第一时段,城市面积扩展了 16.74 km²,年均扩展速率处于整个研究时段的最低水平,为慢速增长期;在 1999—2006 年的研究期第二时段,银川市进入了城市空间快速扩展期,城市面积扩展 66.35 km²,年均扩展速率为 9.48 km²/a,扩展强度指数达 17.07%,这一指标在研究期间达到了顶峰,为 1991—1999 年的 3.17 倍;2006—2011 年为研究期第三时段,银川市保持着快速扩展,扩展面积 53.73 km²,年均扩展速率为 10.75 km²/a,扩展强度指数为 8.82,与 1999—2006 年相比,年均扩展速率继续增加,扩展强度指数开始回落;研究期最后一个时段是 2011—2017 年,城市空间扩展了 68.14 km²,年均扩展速率进一步增加,达到 11.36 km²/a,为研究期的最大值。

地块的几何中心,同时,为了更直观简明地分析银川市城市扩展在不同方位的情况,采用等角法对区域进行划分。以 1991 年银川城市重心为基点,选取 8 个方位把地图进行象限划分为 8 个部分,按传统习惯命名为正东、正西、正南、正北和东北、西北、西南、东南共 8 个方位(图 3)。应用公式(3)、(4)计算各时期城市空间重心变化相关数据(表 2),并统计不同方位区域内建成区扩展面积、扩展速率和扩展强度(表 3—5),分析城市整体变化过程和各方向上城市空间扩展特征。

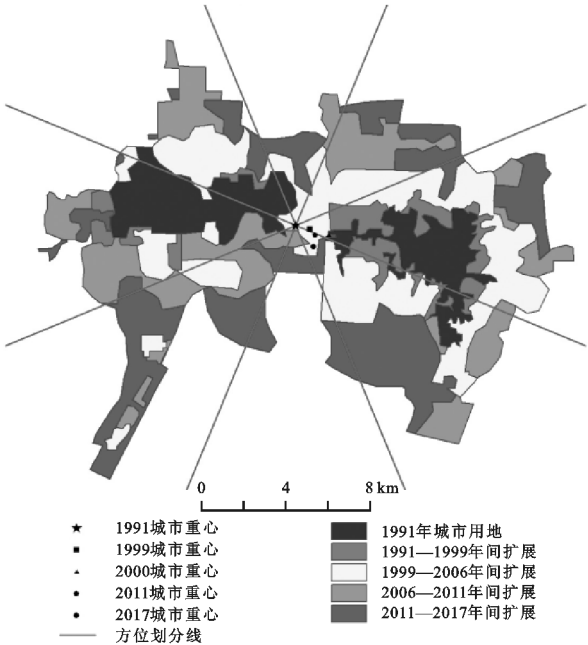


图 3 研究区 8 个方位的城市扩展过程

表 2 研究区各时期城市重心变化

时间	重心坐标 X/m	重心坐标 Y/m	重心转移距离/m	重心转移角度
1991 年	604182.3071	4259386.906		
1999 年	604884.2494	4259206.638	724.72	345.60°
2006 年	605766.8184	4258930.02	924.90	342.60°
2011 年	605093.3914	4258932.391	651.05	180.01°
2017 年	605047.7796	4258379.243	554.84	262.96°

3.2.1 全时段内城市空间格局演变扩展分析

1991—2017 年,城市格局发生了重大变化。1991 年,银川市建成区呈东西城区分离发展的状况,西面(西夏区和金凤区西部)略偏北而东面(兴庆区)略靠南,

表 3 研究区不同时期 8 个方位建成区面积和扩展面积

	km²							
时段	东	东北	北	西北	西	西南	南	东南
1991 年	13.14	0.00	0.98	5.15	15.98	0.04	0.00	3.49
1999 年	23.46	0.15	0.98	5.89	19.39	0.04	0.00	5.61
2006 年	42.08	6.94	3.68	15.5	25.16	4.6	0.77	23.14
2011 年	46.96	15.44	5.26	22.69	39.26	13.32	1.15	31.52
2017 年	54.63	23.33	9.03	26.76	42.56	32.24	6.26	48.93
1991—1999 年	10.32	0.15	0.00	0.74	3.41	0.00	0.00	2.12
1999—2006 年	18.62	6.79	2.70	9.61	5.77	4.56	0.77	17.53
2006—2011 年	4.88	8.50	1.58	7.19	14.10	8.72	0.38	8.38
2011—2017 年	7.67	7.89	3.77	4.07	3.30	18.92	5.11	17.41
1991—2017 年	41.49	23.33	8.05	21.61	26.58	32.2	6.26	45.44

表 4 研究区不同时期 8 个方位建成区扩展速率

	km²/a							
时段	东	东北	北	西北	西	西南	南	东南
1991—1999 年	1.29	0.02	0.00	0.09	0.43	0.00	0.00	0.27
1999—2006 年	2.66	0.97	0.39	1.37	0.82	0.65	0.11	2.50
2006—2011 年	0.98	1.70	0.32	1.44	2.82	1.74	0.08	1.68
2011—2017 年	1.28	1.32	0.63	0.68	0.55	3.15	0.85	2.90
1991—2017 年	1.60	0.90	0.31	0.83	1.02	1.24	0.24	1.75

表 5 研究区不同时期 8 个方位建成区扩展强度

	%							
时段	东	东北	北	西北	西	西南	南	东南
1991—1999 年	9.82	—	0.00	1.80	2.67	0.00	—	7.59
1999—2006 年	11.34	646.67	39.36	23.31	4.25	1628.57	—	44.64
2006—2011 年	2.32	24.50	8.59	9.28	11.21	37.91	9.87	7.24
2011—2017 年	2.72	8.52	11.95	2.99	1.40	23.67	74.06	9.21
1991—2017 年	12.14	—	31.59	16.14	6.40	3096.15	—	50.08

通过城市扩展面积的大小可以分析出城市方位扩展特征。东南、正东是银川市城市空间的主要扩展方向,分别扩展了 48.93 km²,41.49 km²;而正南、正北方位扩展最小,仅为 6.26 km²,8.05 km²。东南、正东、西南、正西方向的扩展速率较大,都超过了 1 km²/a,正南、正北两方向分别是 0.24 km²/a 和 0.31 km²/a,扩展速率较低(表 4)。

从扩展强度来看,因为研究初期建成区面积太小或没有,东北、西南和正南方位讨论扩展强度没有意义;东

两部分通过交通主干道连接,按八方位来看,正西为 15.98 km²,占 41.2%,正东 13.14 km²,占到了 33.9%,西南仅有 0.04 km²,而东北、正南两方位的建成区面积极少,可以忽略;到了研究期末(2017 年),整个银川建成区已经连成一片,形成了整体发展的态势,8 个方位中,城市建成区面积以正东最高,为 54.63 km²,占总面积的 22.4%,其次为东南方位,达到了 48.93 km²,占总面积的 20.1%,正西为 42.56 km²,占总面积 17.3%,排在第三;而正南以 6.26 km²,正北以 9.03 km²成为建成区面积最少的两个方位,仅占总面积的 2.6%和 3.3%(表 3)。

南方向扩展最快,扩展强度达到 50.08%,正北扩展也较快,扩展强度达到 31.59%,但由于初始面积太小,实际扩展面积并不多,正西扩展最慢,仅为 6.40%(表 5)。

城市空间扩展也体现在城市重心变化上(表 2)。银川城市重心在向东南移动后、向西移动、最后在南移的同时缓慢西移,说明银川建成区在整体上是在向东、南扩展,而其他方位相对发展较慢;从三区的范围来看,兴庆区的南北扩展较快,建成区边界已经接近行政边界,而金凤区的南北方向,西夏区的西面、南面

和北面都有足够的空间可供扩展。

3.2.2 不同时段城市空间格局演变扩展分析 由于各个方位不同时段的扩展面积不同,其扩展强度也不尽相同。1991—1999 年,银川市整体处于缓慢发展期,正北、西南基本没有扩展,扩展强度为 0;而正南、东北初期面积为 0,没有扩展强度;正东区域(即兴庆区西侧)的高新技术开发区扩展了 10.32 km²,扩展强度达到了 9.82%;东南区域扩展了 2.12 km²,但由于初始面积不大,扩展强度达到了 7.59%。位于两城区之间的非城市区域开始被城市用地填充,这使得城市重心向东(345.60°)方向移动了 724.72 m。

1999—2006 年,银川市开始了快速扩展期,各方向都有所扩展,尤其正东、东南扩展最多,分别为 18.62 km²,17.53 km²,扩展强度为 11.34%和 44.64%,正北、西北的扩展强度也达到了 39.36%和 23.31%,正南最少,仅 0.77 km²,而因初期东北、西南、正南建成区面积太小,扩展强度指数极大或不存在,讨论扩展强度没有意义。城市重心继续向东南(342.60°)方向移动 924.9 m,建成区有一个明显的变化就是东西两城区在空间上连接到了一起,这个时期,银川市同时快速进行两城区间的空间填充和向外扩展。

2006—2011 年,建成区面积继续全面扩展,扩展最多的是正西,为 14.10 km²,扩展强度为 11.21%,是该区域的最高值;各方向扩展强度都较高,东北、西南因 2006 年建成区面积较小,其扩展强度达 24.5%和 37.91%,正南方向继续缓慢扩展,面积增加了 0.38 km²。城市重心向西(180.01°)移动 651.05 m。

2011—2017 年,建成区继续快速扩展,扩展的方向开始转向西南和东南,增加面积达 1 8.92 km²,17.41 km²,扩展强度为 23.67%和 9.21%。西南方位增长较大,是因为西夏区南边属于乡镇居民集中区域,比较容易扩展为建成区;位于银川市市东部的兴庆区,北、南扩展都已经到达了行政边界,银川市市区慢慢突破了传统的直辖三区范围,向北朝贺兰、向南朝永宁两县延伸。重心向南(262.96°)移动了 554.84 m,表明这一期间向南扩展为主要方向。从空间格局演变来看,符合银川市“十二五”城市总体规划“南进、北拓、西优、东控”的城市布局。

3.3 城市空间扩展形态演变特征分析

应用式(6)计算得到研究区各时期紧凑度指数和分形维数(表 6)。可以看出,在整个研究时段内,建成区紧凑度指数较低,整体上保持上升趋势,由 0.17 逐渐增长到 0.32;分形维数初期较高,整体上有较大的下降趋势,从早期的 1.71 下降到 1.25。值得注意的是,2006—2011 年,紧凑度并没有随扩展增加,反

而下降了 0.03,由 0.24 下降到 0.21;同样地,分形维数上升了 0.03,由 1.39 上升到 1.42。

表 6 研究区各时期城市形态指数

年份	面积/km ²	周长/km	紧凑度指数	分形维数
1991	38.78	91.53	0.17	1.71
1999	55.52	88.82	0.21	1.54
2006	121.87	113.49	0.24	1.39
2011	175.60	157.56	0.21	1.42
2017	243.74	122.7	0.32	1.25

1991 年较低的紧凑度指数和较高的分形维数,说明在研究初期,银川市建成区相对松散,银川市建成区处于东西城区分离状态,两城区通过交通主干道连接,建成区形状整体上呈哑铃状。1991—1999 年、1999—2006 年,紧凑度指数保持上升,分形维数持续减少,说明在这两个时段,银川城市面积的扩展以内部边缘填充为主,建成区也由东西分离扩展到连成了一个整体,建成区形状开始呈条带状;随着城市的扩展,城市基础设施和已规划土地的利用效率提高,城市内部的交通距离减少。2006—2011 年,紧凑度指数和分形维数出现了拐点,这是因为银川市在这一时段出现跳跃式扩展的特征,比较明显的是在银川市西南(即西夏区的兴径镇)建成区发生了较大的扩展,与主城区分离,形成飞地,导致建成区周长增长超过了面积的增长。2011—2017 年,建成区进一步扩展,西南方的建成区也从分离状态扩展到与主建成区连接成一体,向团块式发展,城市空间形态更加合理,紧凑度指数保持提高,分形维数继续下降。

4 结论

(1) 从时序上,受益于“西部大开发”等政策的影响,研究期间银川市建成区面积在数量上呈逐年上升趋势,面积从 1991 年的 38.78 km²增加到 2017 年的 243.74 km²,城市的建成区总面积扩展了 6.29 倍,扩展速度为 7.88 km²/a,扩展强度为 20.32%。

(2) 空间格局上,整体上向东南和正东方向扩展,从研究初期的城区东部、西部之间的区域内部填充及东、西扩展转变为研究期末的向东南、西南扩展;位于城市东部的兴庆区南、北方向的扩展极大,研究期末其建成区边界已经接近兴庆区的边沿部分。城市重心经历了东移、西移、南移的过程,总体上向东南方向移动,说明空间上城市向东南方向扩展为主。

(3) 城市形态上,从研究初期的“东、西分离”的哑铃状,经历了发展中期的条带状后,到研究末期时向团块式发展,其形态接近东西向略长、南北向较短的椭圆形,紧凑度指数逐渐增大而分形维数逐渐减

小,期间存在跳跃式扩展。说明研究期间,城市扩展以内部填充和边缘填充为主,城市空间形态日益简单且趋于稳定发展,形状变得规则。

参考文献:

[1] 陆张维,徐丽华,吴次芳,等.基于凸壳原理的杭州城市扩展形态演化分析[J].地理科学,2015,35(12):1533-1541.

[2] 李飞雪,李满春,刘永学,等.建国以来南京城市扩展研究[J].自然资源学报,2007,22(4):524-535.

[3] 姚玉龙,刘普幸,陈丽丽,等.近 30 年来合肥市城市扩展遥感分析[J].经济地理,2013,33(9):65-72.

[4] 刘盛和,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,2000,55(4):407-416.

[5] 邓羽,司月芳.北京市城区扩展的空间格局与影响因素[J].地理研究,2015,34(12):2247-2256.

[6] 王帅,徐涵秋,唐菲.基于 IBI 和 CA 模型的城市建成区提取及其应用:以上海市为例[J].遥感技术与应用,2017,32(6):1161-1170.

[7] 王涛,李贝贝,何亮,等.西安城市扩展时空特征与驱动因素分析[J].测绘科学,2017,42(4):75-79,118.

[8] 徐进勇,张增祥,赵晓丽,等.近 40 年珠江三角洲主要城市时空扩展特征及驱动力分析[J].北京大学学报:自然科学版,2015,51(6):1119-1131.

[9] 任启龙,王利,韩增林,等.基于城市年轮模型的城市扩展研究:以沈阳市为例[J].地理研究,2017,36(7):1364-1376.

[10] 樊淑云,彭文甫,毛欢,等.成都市城市扩展时空变化研究[J].测绘科学,2015,40(2):102-108,127.

[11] 李晓燕,李慧颖,满卫东,等.哈长城市群城镇用地扩展进程及其驱动因素研究[J].地理科学,2018,38(8):1273-1282.

[12] 宋金蕊,盖艾鸿,任秀金.基于 GIS 和 RS 的德令哈市城市扩展研究[J].水土保持研究,2015,22(5):176-180.

[13] 白林波,白明生,贾科利.银川市景观格局动态变化研究[J].水土保持研究,2011,18(2):265-267.

[14] 孙鹏,韩沐汶,白林波,等.基于 Landsat TM/ETM 的银川市热岛效应时空变化研究[J].水土保持研究,2014,21(1):290-293.

[15] 国家质量技术监督局.城市规划基本术语标准[S].中国建筑工业出版社,GB/T50280-98,1999.

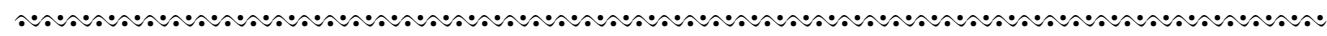
[16] 张增祥,汪潇,温庆可,等.土地资源遥感应用研究进展[J].遥感学报,2016,20(5):1243-1258.

[17] 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.

[18] 王思远,张增祥,周全斌,等.基于遥感与 GIS 技术的土地利用时空特征研究[J].遥感学报,2002,6(3):223-228.

[19] Zhang Y, Yang D, Zhang X, et al. Regional structure and spatial morphology characteristics of oasis urban agglomeration in arid area: A case of urban agglomeration in northern slope of Tianshan Mountains, Northwest China[J]. Chinese Geographical Science, 2009,19(4):341-348.

[20] 穆晓东,刘慧平,薛晓娟.基于遥感监测的北京 1984—2007 年城市扩展研究[J].北京师范大学学报:自然科学版,2012,48(1):81-85.



(上接第 358 页)

[9] 张浩,冯淑怡,曲福田.耕地保护、建设用地集约利用与城镇化耦合协调性研究[J].自然资源学报,2017,32(6):1002-1015.

[10] 慕智玉,任平.四川省耕地集约度与城镇化水平时空变化及耦合关系分析[J].四川师范大学学报:自然科学版,2016,39(1):128-135.

[11] 周杨武,柳杰.我国耕地集约利用水平地区差异研究:基于投影寻踪模型的面板数据分析[J].中国农业资源与区划,2015,36(1):22-30.

[12] 李兆亮,杨子生,邹金浪.我国耕地利用集约度空间差异及影响因素研究[J].农业现代化研究,2014,35(1):88-92.

[13] 窦妍,南灵.基于 PSR 框架的耕地集约利用评价及驱动力研究:以关中地区为例[J].农业现代化研究,2011,32(5):615-618.

[14] 吴郁玲,冯忠奎,周勇,等.耕地集约利用影响因素的协整分析[J].中国人口·资源与环境,2011,21(11):67-72.

[15] 吕晓,牛善栋,李振波,等.中国耕地集约利用研究现状

及趋势分析[J].农业工程学报,2015,31(18):212-224.

[16] 姚冠荣,刘桂英,谢花林.中国耕地利用投入要素集约度的时空差异及其影响因素分析[J].自然资源学报,2014,29(11):1836-1848.

[17] 陈伟,吴群.考虑耕地质量差异影响的江苏省耕地集约利用评价[J].农业工程学报,2013,29(15):244-253.

[18] 张荣天,焦华富.中国省际耕地利用效率时空格局分异与机制分析[J].农业工程学报,2015,31(2):277-287.

[19] 石淑芹,曹玉青,吴文斌,等.耕地集约化评价指标体系与评价方法研究进展[J].中国农业科学,2017,50(7):1210-1222.

[20] 封志明,刘宝勤,杨艳昭.中国耕地资源数量变化的趋势分析与数据重建:1949—2003[J].自然资源学报,2005,20(1):35-43.

[21] 陈印军,易小燕,方琳娜,等.中国耕地资源与粮食增产潜力分析[J].中国农业科学,2016,49(6):1117-1131.

[22] 王国刚,刘彦随,陈秧分.中国省域耕地集约利用态势与驱动力分析[J].地理学报,2014,69(7):907-915.