引文格式：谭攀攀,邓冬冬,罗德洪,等. 基于遥感数据的遵义市建设用地扩张特征及驱动力分析[J]. 地理空间信息, 2026, 24(2):49-54. doi:10.3969/j.issn. 1672-4623.2026.02.010

基于遥感数据的遵义市建设用地扩张特征及驱动力分析

谭攀攀，邓冬冬*，罗德洪，母晓晓
（贵州省第一测绘院，贵州 贵阳 550025）

摘　要：当前，科学技术的创新与进步带动了社会经济产业的不断完善与进步，城乡差距缩小，城市化进程加快了步伐，特别是在中国西部城市，如遵义城市人口激增和城市用地显著扩张成为显著特点。然而，由于遵义地形多山且起伏剧烈，适宜开发的土地资源相对有限，导致城市发展面临土地供需矛盾，为了应对这一挑战，研究城市用地扩展的模式及其驱动因素就显得至关重要。本次研究选择以贵州北部城市遵义作为实验对象，通过遥感技术搭配地理信息系统（GIS）将Landsat 8遥感影像数据进行分析与处理。运用遥感技术、地理信息系统、支持向量机等方法对城市规划进行深入探讨，对遵义市城市扩张的面积、速度和动态度进行量化分析。结果得出，遵义市2013—2022年间城市建设用地持续扩大，面积增长65%，初期扩张迅速，后逐渐放缓。城市空间格局虽复杂但保持稳定，城市紧凑度低且变化不大，显示出城市向外扩张的特征。城市增长主要受经济增长、产业升级和居民收入提高驱动。

关键词：城市建设用地；城市扩张；支持向量机；驱动力分析；遵义市
中图分类号：P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）02-0049-06

Analysis of the Expansion Characteristics and Driving Forces of Construction Land in Zunyi City Based on Remote Sensing

TAN Panpan, DENG Dongdong, LUO Dehong, MU Xiaoxiao
(The First Survey and Mapping Institute of Guizhou Province, Guiyang 550025, China)

Abstract: In recent years, scientific and technological innovations and advances have led to the continuous improvement and progress of socio-economic industries, narrowing the gap between urban and rural areas and accelerating the pace of urbanization, especially in western Chinese cities such as Zunyi, where a surge in the urban population and a significant expansion of urban land have become distinctive features. However, due to Zunyi's mountainous and highly undulating topography, land resources suitable for development are relatively limited, leading to a conflict between land supply and demand for urban development. In order to cope with this challenge, it is crucial to study the pattern of urban land expansion and its driving factors. In this paper, we selected Zunyi City, a city in the northern part of Guizhou Province, as the experimental subject, and used remote sensing technology and geographical information system (GIS) to analyze and process Landsat8 remote sensing image data. Then, we used support vector machine to explore urban planning in depth, and quantitatively analyzed the area, speed, and motivation of urban expansion in Zunyi City. The results conclude that the urban construction land in Zunyi City continues to expand between 2013 and 2022, with an area growth of 65%, rapid expansion at the initial stage, and a gradual slowdown afterwards. The urban spatial pattern is complex but stable, and the compactness is low and does not change much, showing the outward expansion characteristics of city. Urban growth is mainly driven by economic growth, industrial upgrading and rising incomes.

Key words: urban construction land, urban sprawl, support vector machine, driving force analysis, Zunyi City

随着城镇化的迅速推进，国内城市扩张理论的研究也日新月异，为城市空间形态的探索提供了坚实基础[1-6]。本文以贵州省遵义市为例，借助遥感技术和GIS技术，利用2013年、2015年、2018年、2020年、2022年的Landsat遥感影像数据，采用监督分类等多种研究方法，对遵义市城市建设用地的扩张特性进行了细致探讨。在研究过程中，运用主成分分析法筛选出一系列关键驱动力影响因子，旨在揭示遵义市城市建设用地扩张的内在动力机制。此项研究不仅深化了对遵义市城市扩张规律及驱动因素的理解，还为城市规划和可持续发展提供了宝贵的科学支撑。

1　研究区概况

遵义市处于云贵高原向湖南丘陵和四川盆地过渡的斜坡地带，地形起伏大，地貌类型复杂。海拔高度一般在800~1 300 m，在全国地势第二级阶梯上。遵

项目来源：贵州省科技计划资助项目（黔科合支撑〔2023〕一般176）。
第一作者简介：谭攀攀（1994—），本科，工程师，从事测绘地理信息系统、国土空间规划工作，E-mail：13098504417@163.com。
通信作者：邓冬冬（1985—），硕士，高级工程师，从事自然资源权益工作，E-mail：13765147988@163.com。

义市平坝及河谷盆地面积占6.57%，丘陵占28.35%，山地占65.08%。大娄山山脉自西南向东北横亘其间，是市内南北水系的分水岭。地貌类型根据成因可分成三大类：熔蚀地貌区、熔蚀构造地貌区和侵蚀地貌区。其中以溶蚀构造地貌（岩溶地貌）分布最广[7]，约占遵义市土地面积的75%，如图1所示。

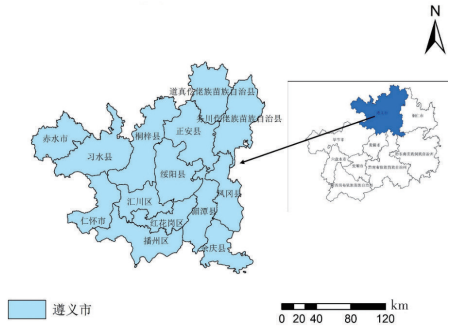


图1 遵义市区位示意图

审图号：GS（2024）0568

2 数据处理

2.1 处理流程

本次研究的数据处理流程如图2所示。

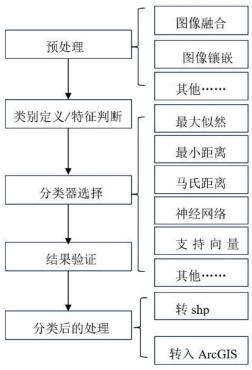


图2 处理流程图

2.2 数据来源

基于Landsat8卫星影像遥感数据有着高可靠性、高频率更新、广泛的应用范围和免费获取等特性，在全球的环境监测和资源管理中扮演着重要的角色[8]。本次实验选择以Landsat8卫星影像遥感数据作为实验的主要数据，该数据来源于美国地质勘探局（The United States Geological Survey），共计5期影像，分别是2013年、2015年、2018年、2020年和2022年遥感影像。本论文所需的行政区划数据来源于国家基础地理信息数据库，主要包括省级行政区划数据、县级区划数据和乡级区划数据。社会经济数据则来自2013—2022年的统计年鉴。

2.3 基于ENVI的数据预处理

1）图像融合。ENVI软件的最新版本引入了GS（gram-schmidt）融合方法，这样能够将8波段、30 m分辨率的多光谱数据与15 m分辨率的全色数据进行融合，生成15 m分辨率的多光谱数据[9]。在本研究中，根据特定的需求，选择了GS融合法来进行遥感影像的融合处理。图像融合后分辨率得到显著提升。

2）图像镶嵌。在ENVI中，图像镶嵌（image mosaic）是指将多个不同区域的图像拼接成一幅大图像的过程，以便于对这些区域进行统一的分析和处理。这些图像可能来自不同的传感器、不同的时间或不同的角度，但都覆盖了地球表面上的相邻区域。ENVI提供了强大的图像镶嵌工具，可以帮助用户自动或手动完成这些任务，生成一幅无缝的大图像，便于进行进一步的环境监测、资源管理、地图制作等方面的应用。

3）辐射定标。辐射定标即通过将 *DN* 值按照一定的数学法则转换为对应的辐射亮度值、反射率值和温度等物理量。因为 *DN* 值本身是没有任何意义的，它仅仅是作为一种数据的存储形式来记录其中所蕴含的各种信息量，因此对影像进行定量分析之前必须先将其转换为能够体现相干信息的物理量。

4）图像裁剪。本研究根据实际需要选择的是按照行政区划（shp）进行裁剪。图像裁剪基于ENVI中Subset Data from ROIs功能模块实现[10]。

2.4 基于ENVI进行建设用地提取

目前，遥感影像的分类主要依赖于监督分类和非监督分类这2种方法[11]。本文选择监督分类中的支持向量机方法，针对遵义市及其各区县的地物信息进行分类[12]，影像分类结果如图3所示。

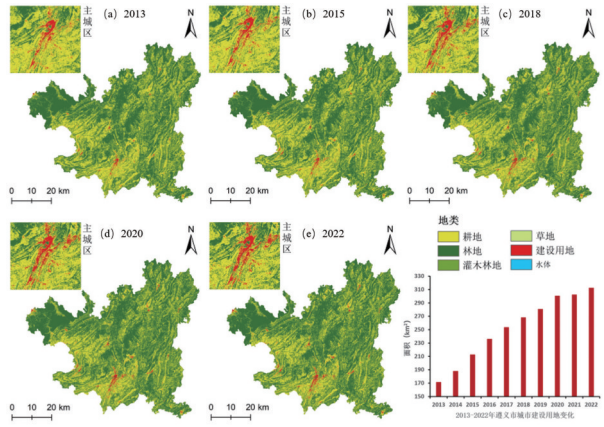


图3 遵义市监督分类影像图

审图号：GS(2024)0568

2.5 数据验证

为评估分类结果的精度，通常需要与真值进行比较。真值通常来源于野外调查或高精度遥感影像的目视解译。本文采用第二种方法，即利用相应年份的哨

兵-2影像作为真值参考。利用提取的城市建设用地信息，在10 m分辨率的哨兵-2卫星影像上随机选取了多个感兴趣区域，目的是为了搜集用于验证各类地物的样本数据[16]。为了验证分类精度，在遵义市内对2013年、2015年2018年、2020年以及2022年的哨兵-2影像进行精度验证。对于每一年的影像，本文随机选择了210个样本图斑，其中建设用地样本60个，其他五类地物各30个，计算各年份的混淆矩阵。此步骤通过ENVI软件中的Confusion Matrix Using Ground Truth ROIS功能模块实现，相关结果表明：2013年、2015年、2018年、2020年以及2022年的总体精度分别为93.89%、94.67%、95.12%、96.37%、94.61%，能显示出较高的分类准确性。同时，各年份的Kappa系数分别为0.91、0.94、0.94、0.92、0.91，也表明分类结果与真值之间的一致性很强。尽管分类精度和Kappa系数较高，但需要注意的是，由于本文选取的训练样本数量相对较少，可能不足以完全代表所有地类信息，这在一定程度上影响了分类精度和Kappa系数的评估结果。但是本文主要研究的是城市建设用地，而建设用地的精度都保持在95%以上，说明该分类结果精度能满足本文的研究要求。

3　城市扩张分析方法

出于对遵义市城市建设用地动态变化特征的研究，本文综合运用了定量和定性的分析方法，从城市建设用地的时空面积变化和空间分布格局变化两个角度，对遵义市的城市扩张进行了详细的分析[17]。

在分析城市用地的数量变化方面，针对整个遵义市的城市建设用地扩张进行了深入研究。利用统计几何工具，计算了遵义市的城市建设用地面积，并基于这一数据，进一步选取了城市扩张面积、扩张速度和扩张动态度等关键变化指数。这些指数不仅提供了遵义市在2013—2022年间城镇化扩张的量化数据，还揭示了这一过程中不同阶段的特点和趋势。

为了更深入地分析建设用地的空间形态，本文还选取了分形维数和紧凑度两项指标。分形维数能够反映建设用地的复杂性和不规则性，而紧凑度则用于衡量建设用地的集聚程度和空间利用效率。通过对这两项指标的计算和分析，能够对遵义市建设用地的空间形态进行更加系统而全面的评价。

1）扩张面积是两个连续研究年份之间的城市建设用地面积的增加量。通过计算这一扩张面积，可以更直观地展示出建设用地随时间扩张的面积变化趋势[18]。

$$S=S_{t2}-S_{t1} \tag{1}$$

式中，S为建设用地的扩张面积；S_{t2}、S_{t1}为$t2$及$t1$时间相对应的城市建设用地面积，其中$t2$为后一段时间，$t1$为前一段时间。

2）扩张速度是描述城市建设用地面积随时间的变化速率，从而反映出在一段时间序列中城市建设用地面积的数量变化规律[19]。

$$V=(S_{t2}-S_{t1})/t \tag{2}$$

式中，V为建设用地的扩张速度；S_{t2}、S_{t1}分别为$t2$及$t1$时间相对应的城市建设用地面积，其中$t2$为后一段时间，$t1$为前一段时间；T为2个时间点之间的时间段。

3）扩张动态度是反映在城市空间扩张过程中建设用地面积的增长率。这个指标能够揭示城市发展的活跃程度和扩张速度，便于理解城市空间增长的动态特征[20]。

$$K=\frac{S_{t2}-S_{t1}}{T}\times\frac{1}{S_{t1}}\times 100\% \tag{3}$$

式中，K为扩张动态度；S_{t2}、S_{t1}分别为$t2$及$t1$时间的城市建设用地面积，其中$t2$为后一段时间，$t1$为前一段时间，T为两个时间点之间的时间段。

4）分形维数是量化图形或几何结构在空间中的填充程度和边界的复杂程度。

$$D=2\ln(\frac{Pt}{\mathrm{K}})/\ln At \tag{4}$$

式中，D为城市的分形维数；Pt为t时期城市建设用地的周长长度；At为t时期城市建设用地面积；K为常数，通常取值为4[21]。

5）紧凑度是揭示城市建设用地扩张的轮廓特征，而且还能定量描述城市空间形态的紧凑和饱满程度，在计算城市形状紧凑度时，存在多种方法，而本文采用的是Batty提出的紧凑度公式[22]。

$$C=2\sqrt{\pi A}/P \tag{5}$$

式中，C为城市紧凑度；P为建设用地的轮廓周长；A为城市建设用地面积。

4　时空面积变化特征

4.1　城市扩张总体特征

本研究通过应用ArcGIS软件，对遵义市在2013年、2015年、2018年、2020年和2022年的城市建设用地面积进行了统计分析。图4展示了利用Landsat遥感影像数据所提取的遵义市2013—2022年间所有年份建设

用地的相关面积数据情况。

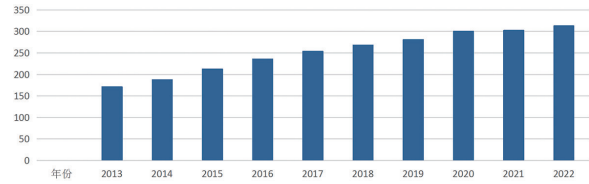


图4 遵义市城市建设用地面积变化图

结果表明，2013—2022年遵义市建设用地一直处于扩张趋势且每年扩张相对稳定，其中2013年到2020年期间，城市建设用地面积一直属于较快的增长阶段，而从2020开始到接下来的3 a，建设用地面积基本处在较为平稳的趋势，明显增长速率较上一时期慢。

4.1.1 扩张面积

基于前期统计的城市建设面积数据，对遵义市的扩张面积进行了计算，以3 a为一组，具体数据见表1。

表1 遵义市各时间段建设用地扩张面积表/km^2

用地类型	时段		
	2013—2016年	2016—2019年	2019—2022年
城市建设用地面积	64.56	44.89	31.81

分析遵义市整体情况可知，城市建设用地面积持续增加，但不同时期的增长幅度存在显著差异。根据表1的数据，2013—2016年期间，遵义市城市建设用地的增长面积颇为显著，增加了64.56 km^2。然而，在2019—2022年这段时间内，城市扩张的面积相对较少，仅为31.81 km^2。

4.1.2 扩张速度

通过将计算出的城市建设用地扩张面积代入扩张速度的计算公式，可以得到遵义市在2013—2022年各个时间段内的城市建设用地扩张速度，这些数据整理在表2中。

表2 遵义市各时间段建设用地扩张速度表/$km^2 \cdot a^{-1}$

扩张量	时段		
	2013—2016年	2016—2019年	2019—2022年
城市建设用地扩张速度	21.52	14.96	10.60

由表2看出，遵义市在2013—2022年近10 a的时间里，从整体来说，它的扩张速度是呈下降趋势。2013—2016年的扩张速度是较好的，达到21.52 $km^2 \cdot a^{-1}$，但在2016—2022年则一直在15 $km^2 \cdot a^{-1}$以下。

4.1.3 扩张动态度

将计算出的城市建设用地扩张面积应用于城市扩张动态度的计算公式，得出遵义市在2013—2022年期间城市建设用地扩张的动态度，这些数据列于表3中[23]。

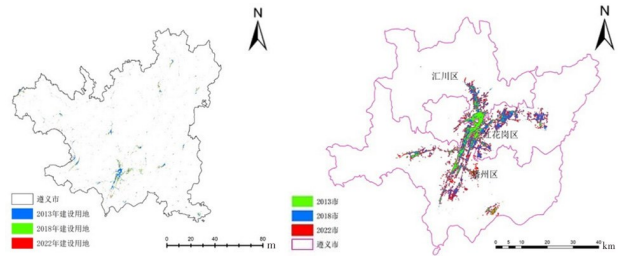
表3 遵义市各时间段建设用地扩张动态度表

扩张动态	时段		
	2013—2016年	2016—2019年	2019—2022年
城市建设用地扩张速度	0.125 5	0.063 4	0.037 7

根据表3的分析，2013—2022年期间，遵义市建设用地扩张的动态度数值都低于15%，这表明该区域建设用地面积的增长率总体上并不显著，2013—2016年建设用地面积扩张动态度数值，达到了12.55%。但是在2016—2022年数值则比较低，均在10%以下，2019—2022年仅仅只有3.77%。

4.1.4 扩张趋势

采用预先处理好的Landsat影像，提取了城市建设用地的数据，并通过ArcGIS软件对这些数据进行了三期不同时期的叠加对比分析。便于观察，下图展示的是一个遵义市整体扩张趋势示意图和一个更明显的市辖区扩张趋势示意图（如图5）。



a 遵义市整体扩张趋势示意图 b 市辖区扩张趋势示意图

图5 遵义市建设用地扩张趋势示意图

审图号：GS(2024)0568

由图5可以看出，遵义市2013—2022年间建设用地呈现出发散性发展，以遵义市市辖区为例，为中心区域向四周发散。通过最终数据，可以清楚地看出遵义市的城市建筑用地呈现出向外发展的趋势，但中心城区并没有出现明显的扩张现象。扩张区域主要体现在城区边缘以辐射状向外扩散，联通了中心区域与郊区之间的道路，扩展了城郊之间的关联性。

4.2 分形维数与紧凑度

基于前期已经提取的遵义市建设用地数据以及引用的公式，本次研究需要计算出遵义市建设用地的图斑周长。通过ArcGIS中计算几何功能进行图斑周长数据的提取，使用这些数据，计算不同时期的遵义市建设用地的分形维数。图斑周长与分形维数的详细结果分别展示在表4和表5中。

表4 遵义市各年段建设用地周长/km

图斑变化	时间		
	2013年	2018年	2022年
周长	676.63	952.53	1 241.22

表5　遵义市各年段形态特征表

维度	时段		
	2013年	2018年	2022年
分形维度	1.99	1.96	1.99
紧凑度	0.069	0.061	0.051

分形维数是用来量化城市边界空间形态复杂性的一个指标，其数值范围在1~2之间。数值越高，表示城市边界的空间形态越复杂。具体分析：

1）当$1<D<1.5$时，城市用地的轮廓趋向于简单。

2）当$D=1.5$时，城市土地的轮廓处于不稳定状态，呈现出随机分布。

3）当$1.5<D<2$时，城市土地的轮廓相对复杂。

如果在一段研究时间内，分形维数D保持不变，那么在这个时间段内，城市的扩张显示出更高的稳定性和平衡性。根据表8的数据，遵义市在2013—2022年间的城市建设用地分形维数波动较小，维持在1.95左右。在所考察的时间段内，遵义市城市建设用地的扩张显示出了一定程度的复杂性，尽管如此，城市建设用地边界的整体空间形态变化并不剧烈。这一观察结果进一步指出，遵义市的城市扩张主要是通过在边缘地区增加新用地与对现有城区内部空间的填充两种方式共同作用的结果。这种综合性的增长策略促进了城市的稳定和均匀发展。

紧凑度是一个介于0~1之间的数值，用于描述城市结构的紧密程度。紧凑度数值越高，表示城市内部结构越紧密，城市形状也越趋向于圆形或方形[24]；相反，紧凑度数值越低，城市内部结构越松散，城市形状可能更倾向于细长或不规则。根据表8所示的数据，遵义市建设用地的紧凑度普遍较低，均低于0.1，这表明该市的城市形态呈现出显著的狭长特征[20]。由表8可知2013—2022年间呈下降趋势，城市紧凑程度变化不明显，表明2013—2022年城市建设用地内部填充变化较小，城市主要是边缘扩张。

5　城市扩张驱动力研究方法

主成分分析（PCA）是一种统计工具，用于通过线性变换将原始数据集转换为一组新的变量，这些新变量称为主成分。主成分分析在数据处理中具有降维、去除多重共线性、解释数据中方差的主要成分、适应性强和易于实现等优点。基于本论文的研究目的，选择主成分分析法进行研究。

由上述ArcGIS处理结果可知：遵义市在2013—2022年近10 a时间处于先快速后慢速的扩张状态，为了客观地说明哪些影响因子对各阶段建设用地面积扩张起主导影响，在参考已有结果及可获取统计数据的前提下选取的影响因子有生产总值增量（*X*1，单位：亿元）、第一产业增量（*X*2，单位：亿元）、第二产业增量（*X*3，单位：亿元）、第三产业增量（*X*4，单位：亿元）、城镇户籍人口增量（*X*5，单位：万人）、城镇人均可支配收入增量（*X*6，单位：元）、非农业人口增量（*X*7，单位：人）共计7个影响因子。遵义市各年份建设用地面积及驱动因子关系见表6。

表6　2013—2022年各因子增量表

年份	*X*1	*X*2	*X*3	*X*4	*X*5	*X*6	*X*7	*X*8
2013—2014	289.69	59.59	116.55	113.55	0.75	2 224	−0.53	16.425 0
2014—2015	293.98	81.8	110.06	102.12	162.54	2 269	−0.59	24.726 6
2015—2016	235.6	21.21	92.25	122.14	7.9	2 100	−0.65	23.411 7
2016—2017	344.65	31.86	178.05	134.74	16.59	2 520	−0.73	17.611 2
2017—2018	420.81	9.02	133.11	109.51	18.2	2 695	−0.8	14.581 8
2018—2019	313.92	20.51	218.96	243.62	17.86	3 040	−0.89	12.697 2
2019—2020	245.7	57.75	22.48	156.5	22.07	1 838	−0.99	19.788 3
2020—2021	409.28	33.72	308.37	107.76	−3.61	3 359	−1.1	1.593 0
2021—2022	262.96	21.7	178	31.66	1.53	2 100	0.785	10.426 5

对上述因子进行Pearson相关性分析，探究驱动因子与城市扩张之间的相关性，结果见表7。

表7　城市建设用地与驱动因子Pearson相关性分析

	*X*1	*X*2	*X*3	*X*4	*X*5	*X*6	*X*7
相关性	0.706*	0.433	0.833**	0.097	0.556	0.715*	−0.04
显著性	0.035	0.244	0.005	0.804	0.12	0.031	0.919

注：**在0.01级别（双尾），相关性显著；*在0.05级别（双尾），相关性显著。

结果表明，*X*1（生产总值增量）、*X*3（第二产业增量）、*X*6（城镇人均可支配收入增量）3个因子与城市建设用地增量之间存在显著的相关性，其余因子表现均不显著。

5.1　主成分分析

基于以上相关性因子分析进行主成分分析，结果为KMO为0.702，Bartlett中近似卡方为16.118，自由度为3，显著性为0.001。

由表8可知KMO系数为0.702，Bartlett球形检验显著性为0.001，因子间相关性较强，结构效度高，适合做主成分分析。

5.2　因子特征值与贡献率

通过主成分分析得到因子特征值与贡献率，结果见表8。

结果表明主成分1对驱动因子总方差解释为84.818%，前2个主成分对驱动因子总方差解释为97.472%，说明经分析后的驱动因子能较好的解释驱

表8 主成分得分和累计贡献率

主成分	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
1	2.545	84.818	84.818
2	0.380	12.653	97.472
3	0.076	2.528	100

动影响因子，且与因变量（城市建设用地增量）有着显著的相关性。

5.3 城市扩张驱动力研究总结

本研究基于驱动因子与城市建设用地增量之间的关系，进行Pearson相关性探究表明生产总值增量、第二产业增量、城镇人均可支配收入增量与城市建设用地编号之间存在显著相关。

基于相关性因子分析，得出KMO系数为0.702，Bartlett球形检验显著性为0.001，因子间相关性较强，结构效度高，适合做主成分分析。

利用主成分分析提取最优解释因子，其中第一主成分的总方差解释高达84.818%，前2个主成分对因子总方差解释高达97.472%，表明生产总值增量、第二产业增量、城镇人均可支配收入增量3个驱动因子能显著反映城市建设用地扩张。

6 结 语

本研究基于时空数量变化、空间格局变化以及城市扩张驱动力等多维度分析，对遵义市2013年至2022年间的城市建设用地动态变化进行了深入研究，得出以下主要结论：①建设用地面积持续增长；②扩张速度先快后慢；③空间格局变化复杂但整体稳定；④紧凑度水平低且变化不明显。⑤城市扩张驱动力明确。综上所述，遵义市在2013—2022年期间的城市建设用地呈现出持续增长、扩张速度先快后慢、空间格局复杂但整体稳定、紧凑度水平低且变化不明显以及受多重因素驱动的特点。这些结论对于遵义市未来的城市规划、资源分配以及可持续发展策略具有重要的指导意义。

参考文献

[1] 李天华,马玲,杨武年,等.应用遥感和GIS技术提取城市建成区及驱动力分析:以南京市为例[J].测绘科学,2007,32(4):124-125

[2] Fichera C R G, Modica M P. GIS and Remote Sensing to Study Urban-rural Transformation Duringa Fifty-yearperiod[J]. Computational Science and Its Applications, 2011, 6 782:237-252

[3] Braimoh AK, Onishi T.Spatial Determinants of Urban Land Use Change in Lagos, Nigeria[J]. Land Use Policy, 2007, 24(2):502-515

[4] 陈可欣. 基于高分辨率遥感影像的建成区扩张与驱动力研究[D]. 杭州:浙江大学,2016

[5] 贺振,赵文亮,贺俊平. 郑州市城市扩张遥感动态监测及驱动力分析[J]. 地理研究,2011,30(12):2273-2280

[6] 苏小凤,张彦,武政,等.福建省厦漳泉都市区建设用地扩张及其驱动力[J].地理空间信息,2023,21(8):53-57

[7] 肖杨,张瑞中,李承家,等. 遵义市土地利用冲突时空演化分析[J]. 上海国土资源,2024,45(1):66-71

[8] 陈超. 九寨沟县震后潜在泥石流危险性评价研究[D]. 成都:成都理工大学,2019

[9] 童莹萍. 基于Gram-Schmidt与全变分的多源遥感图像融合算法研究[D]. 西安:西安电子科技大学,2022

[10] 苏宇,党晓宏,袁立敏. 基于ENVI和ArcGIS的呼伦湖面积动态变化及影响因素研究[J].内蒙古林业科技,2023,49(3):30-35

[11] 王家福. 基于Landsat8影像的土地利用覆盖监督分类方法对比研究[J]. 云南冶金,2023,52(4):1-6

[12] 武英洁,冯勇,徐晓琳,等. 典型遥感影像分类方法适用性分析[J]. 现代电子技术,2024,47(6):137-141

[13] 王邵慧. 山地城市绿地生态系统服务价值评估及典型应用案例设计[D]. 贵阳:贵州师范大学,2023

[14] 王龙. 基于ENVI的杞县大蒜种植面积提取方法分析研究[D]. 郑州:河南大学,2019

[15] 包璐. 宜昌市夷陵区景观格局演变及其热环境效应研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2022

[16] 赵理君,唐娉. 典型遥感数据分类方法的适用性分析:以遥感图像场景分类为例[J]. 遥感学报,2016,20(2):157-171

[17] 皮贵宁. 贵州省植被LAI时空演变特征及其驱动力分析[D]. 贵阳:贵州师范大学,2023

[18] 张雪松,王云冬. 中部快速城市化地区城市扩张与生态景观时空异质性分析:以武汉市为例[J]. 长江流域资源与环境,2023,32(8):1583-1593

[19] 赵政权,罗虹. 基于夜光数据的昆明市城市扩张格局演变分析[J]. 测绘与空间地理信息,2024,47(1):81-84

[20] 尚新华. 基于Landsat与DMSP影像的城市动态扩张分析研究[D]. 淄博:山东理工大学,2020

[21] 李玲玲,安裕伦,邓焯文. 贵阳市1973—2010年建成区遥感动态监测与驱动力[J]. 山地学报,2014,32(1):30-37

[22] 王占强,詹庆明,汤硕华,等. 地理国情监测在城市建设用地规划评估中的应用研究[J].测绘地理信息,2019,44(4):23-26

[23] 褚帅,李保杰,刘珍珍. 新中国成立以来徐州城市空间扩展与驱动机制研究[J]. 江苏师范大学学报(自然科学版),2023,41(1):11-16

[24] 李桐松,邹涵,程雯. 武汉城市用地扩张和空间形态演变研究(1949—2013)[J]. 中外建筑,2024(7):53-58