

# 临川地区城市扩张的遥感动态监测研究

何竹青, 周靖鸿, 李明, 谢译诣

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司, 湖南 长沙

收稿日期: 2025年3月2日; 录用日期: 2025年3月25日; 发布日期: 2025年4月2日

## 摘要

以抚州市临川区为主要研究对象, 应用神经网络的监督分类方法从三个不同时期的Landsat遥感影像中进行影像分类, 提取出不同土地利用类型信息, 并对临川区在城市扩张过程中的土地利用变化情况进行分析发现, 在2006~2017年, 城市建筑区同比增加了17.6%; 其扩张的趋势主要受自然地理环境、经济发展和人口增长等因素的影响。

## 关键词

遥感, 临川地区, 神经网络法, 影像监督分类, 城市扩张

# Research on Remote Sensing Dynamic Monitoring of Urban Expansion in Linchuan Area

Zhuqing He, Jinghong Zhou, Ming Li, Yiyi Xie

Powerchina Zhongnan Engineering Corporation Limited, Changsha Hunan

Received: Mar. 2<sup>nd</sup>, 2025; accepted: Mar. 25<sup>th</sup>, 2025; published: Apr. 2<sup>nd</sup>, 2025

## Abstract

Using the Landsat remote sensing images from three different time periods as the main research object, the study applies the supervised classification method of neural networks to classify the images and extract information on different land use types, with the focus on Lucheng District, Fuzhou City. The study then analyzes the land use changes in Lucheng District during the process of urban expansion and finds that the area of built-up land increased by 17.6% from 2006 to 2017. The trend of urban expansion is mainly influenced by natural geographic environment, economic development, and population growth.

## Keywords

Remote Sensing, Linchuan Area, Neural Network Method, Image Supervised Classification, Urban

## Expansion

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

城市扩展是当前城市化进程中一个重要的研究领域，随着经济快速发展和人口增长，城市的空间形态和土地利用方式发生了显著变化。近年来，学者们对城市扩展的研究逐渐深入，主要集中在城市土地利用效率、土地利用变化的驱动机制以及遥感技术在城市扩展监测中的应用等方面。

研究表明，城市土地利用效率的提高与经济发展、人口增长密切相关。张军涛等(2014)通过 DEA-Tobit 方法分析了中国城市土地利用效率的动态测度及其影响因素，指出经济增长对土地利用效率的提升具有显著作用。此外，胡晓明等(2013)总结了城市空间扩展的演变机制和发展趋势，强调了遥感与 GIS 技术在城市空间扩展研究中的重要性[1] [2]。

在遥感影像应用方面，研究者们逐渐认识到遥感技术在城市扩张监测和规划中的重要性。通过对多时相遥感影像的比对分析，可以有效监测城市扩张的动态变化，为城市规划提供科学依据。此外，土地利用变化的驱动机制研究也在不断发展，国外学者通过建立定量模型探讨了经济发展、人口增长等因素对土地利用变化的影响[3] [4]。

综上所述，城市扩展的研究不仅关注其现象本身，更加注重其背后的驱动因素和监测方法，这为城市可持续发展提供了重要的理论支持和实践指导。本次实验以抚州市临川区为主要研究区域，利用 2006 年、2013 年和 2017 年三个时相的遥感影像进行监督分类，分析其土地利用类型在这一时期的变化情况，以满足对城市扩张情况的监测与分析。

## 2. 数据源与方法

### 2.1. 研究区域

临川区，是抚州市委、市政府所在地，全市政治、经济、文化、教育、科技中心。它位于江西东部，抚河中游；东与金溪、东乡，西倚崇仁、丰城；南濒南城、宜黄；北与进贤接壤。全区东南西三面环山，地势南高北低，由北向南渐次向鄱阳湖平原地区倾斜。境内地形以丘陵山地为主，岗地、谷地广布，河谷平原开阔，土地连片集中，抚河水系网及全境。海拔大于 500 米。相对高度 200 米以上的山在面积为 3673.43 平方公里，占全区土地面积 19.52%。海拔 100~500 米，相对高度 50~300 米左右的丘陵面积为 11807.43 平方公里，占全区土地面积 62.75%。海拔小于 100 米，相对高度 30~80 米的岗地面积为 1735.58 平方公里，占全区土地面积 9.22%。相对高度 5~30 米，平坦开阔，地形很小起伏的平原面积为 1600.48 平方公里，占全区土地面积 8.51% [5]。

### 2.2. 研究数据来源

本次实验研究使用的数据为抚州市临川地区 2017 年 12 月 24 日及 2013 年 10 月 1 日的两景 Landsat-8 卫星数据和 2006 年 11 月 3 日及 12 月 21 日的 Landsat-5 卫星数据(由地理空间数据云网站 <http://www.gscloud.cn/> 获取)，含云量均小于或等于 2%，其具体情况如表 1 所示[6]。

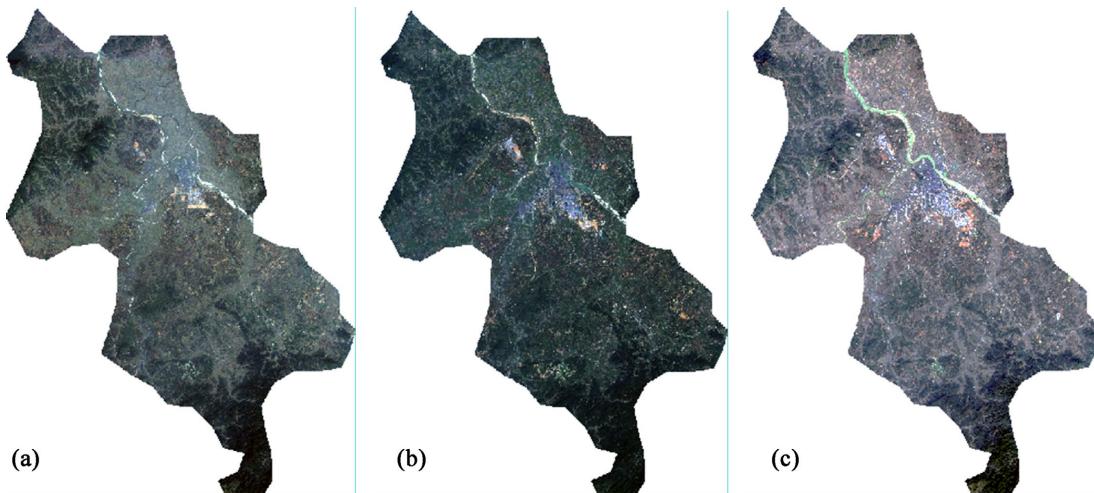
由于实验研究主要目的在于研究城市用地的扩张变化情况，只需要对遥感影像进行分类处理，而辐

射定标、大气校正等操作本次实验可以省略。但由于在 Landsat-5 卫星影像中，临川区区域横跨两景影像，需要对这两景影像进行拼接和裁剪处理；而 Landsat-8 的两景影像则只需要利用临川区的行政区划矢量图进行裁剪即可。预处理后的影像如图 1 所示。

**Table 1.** Description of remote sensing image data

**表 1.** 遥感影像数据说明

| 日期         | 卫星        | 分辨率/m | 云含量   |
|------------|-----------|-------|-------|
| 2006-11-03 | Landsat-5 | 30    | 2%    |
| 2006-12-21 | Landsat-5 | 30    | 0.01% |
| 2013-10-01 | Landsat-8 | 30    | 0.03% |
| 2017-12-24 | Landsat-8 | 30    | 0.02% |



**Figure 1.** Preprocessed image. (a) Image of Linchuan District in 2006; (b) Image of Linchuan District in 2013; (c) Image of Linchuan District in 2017

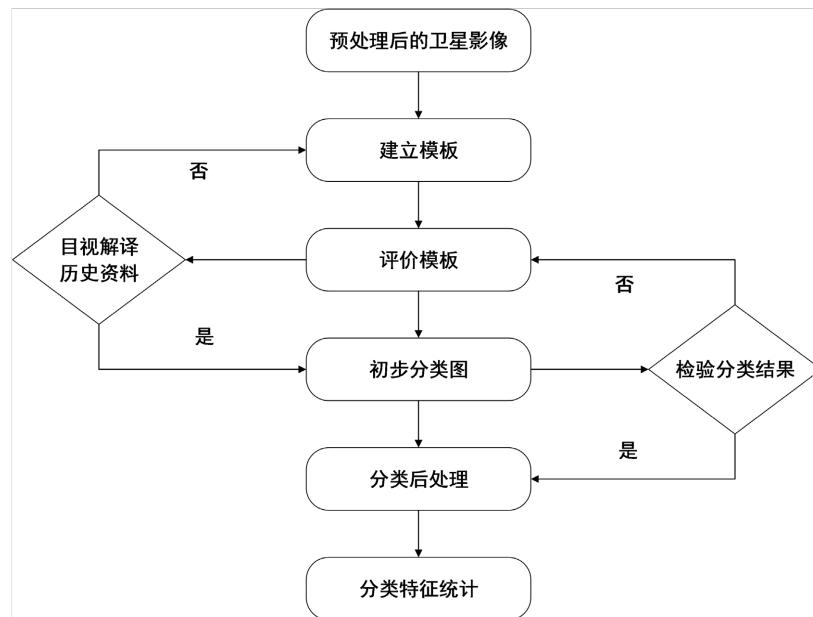
**图 1.** 预处理后影像。(a) 2006 年临川区影像；(b) 2013 年临川区影像；(c) 2017 年临川区影像

### 2.3. 研究方法

本次实验研究的大致步骤如下：首先，对数据进行预处理，得到不同时期研究区域的卫星影像数据；然后，对预处理后的影像进行遥感影像分类，得到分类后的结果；最后对分类后结果进行分析总结[7]。

从以上步骤可以看出，遥感影像分类是本次实验研究的关键所在。遥感影像分类就是利用计算机通过对遥感影像中各类地物的光谱信息和空间信息进行分析，选择特征，将影像中每个像元按照某种规则或算法划分为不同的类别，然后获得遥感影像中与实际地物的对应信息，从而实现遥感影像的分类。目前，遥感影像分类可分为监督分类和非监督分类两大类，本次研究使用的是监督分类[8]。

监督分类又称训练分类法，其原理为分析者根据经验知识在影像上对每一种类别选择一定数量的不同地物可以相互区分的训练样本，计算机根据训练样本计算各种地物的统计信息和其他特征信息，然后将每一个像元和各训练样本进行比较分析，按照一定的规则把这个像元划分到与其最为相似的那一类样本中去。监督分类的关键是训练样本和训练场地的选择，其选择的质量关系到分类能否取得良好的效果[9]。常用的监督分类方法有最小距离分类法、最大似然分类法、神经网络分类法和支持向量机分类法。在经过短暂的尝试后，本次实验选择用神经网络分类法对遥感影像进行分类处理，监督分类大致流程如图 2 所示。

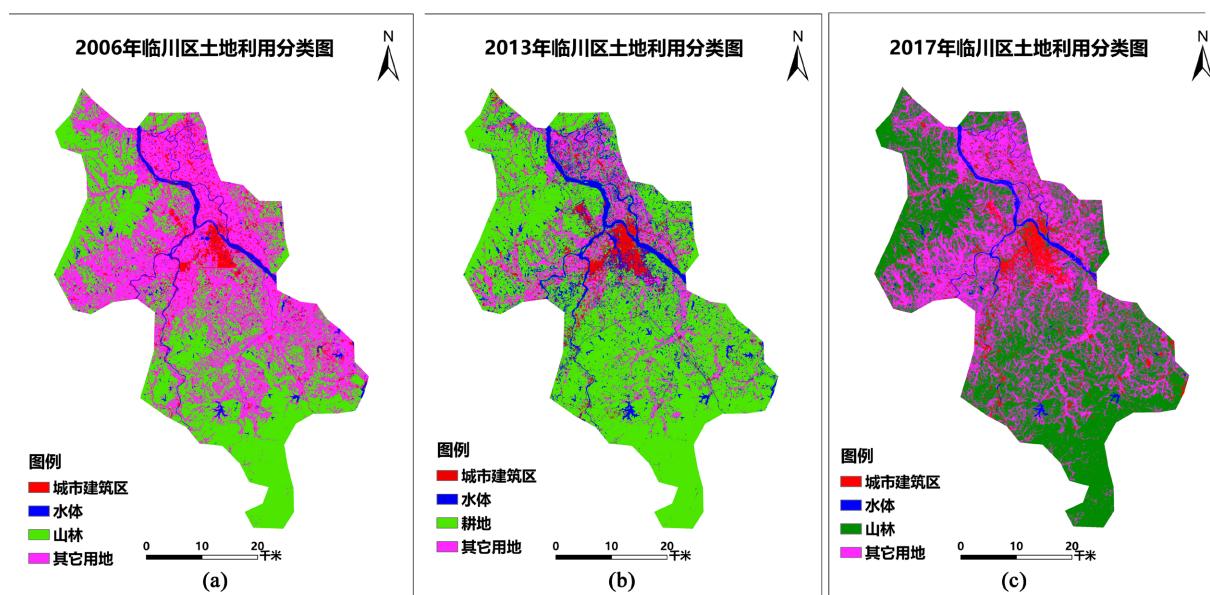


**Figure 2.** Supervisory sorting process  
**图 2.** 监督分类流程

### 3. 实验结果

#### 3.1. 实验结论

本次实验研究主要采用 ENVI 软件平台进行监督分类，通过人工判读将地物大致分为城市建筑区、水体、山林和其它用地四类。在选择训练样本时，由于影像空间分辨率较低，部分地物无法直接通过目视判读确定，于是参考了 Google Earth 中的影像进行判读[10]。最终监督分类结果如图 3 所示。



**Figure 3.** Results of supervision classification in Linchuan District from 2006 to 2017. (a) Classification results in 2006; (b) Classification results in 2013; (c) Classification results in 2017

**图 3.** 2006~2017 年临川区监督分类结果。(a) 2006 年分类结果; (b) 2013 年分类结果; (c) 2017 年分类结果

首先,对各阶段的分类结果进行统计分析[11],由表2~4可得出以下结论:在2006年至2013年期间,水体和山林面积增加得最多,其它用地急剧减少;而2013年至2017年间,山林和其它用地变化区域最大。在2006年至2017年这11年的时间里,城市建筑区面积增加到了约22 km<sup>2</sup>,增长率为17.6%。

**Table 2.** Land area statistics of Linchuan District in 2006**表2.** 2006年临川区地物面积统计表

| 地物类型  | 面积(m <sup>2</sup> ) | 百分比(%) |
|-------|---------------------|--------|
| 城市建筑区 | 125,976,600         | 6.08   |
| 水体    | 84,060,000          | 4.06   |
| 山林    | 873,194,400         | 42.15  |
| 其它用地  | 988,182,000         | 47.71  |

**Table 3.** Land area statistics of Linchuan District in 2013**表3.** 2013年临川区地物面积统计表

| 地物类型  | 面积(m <sup>2</sup> ) | 百分比(%)   |
|-------|---------------------|----------|
| 城市建筑区 | 115,920,000         | 7.321176 |
| 水体    | 256,449,600         | 7.321176 |
| 山林    | 1,378,445,400       | 50.38508 |
| 其它用地  | 320,598,000         | 39.04717 |

**Table 4.** Land area statistics of Linchuan District in 2017**表4.** 2017年临川区地物面积统计表

| 地物类型  | 面积(m <sup>2</sup> ) | 百分比(%)   |
|-------|---------------------|----------|
| 城市建筑区 | 151,651,800         | 7.321176 |
| 水体    | 67,249,800          | 7.321176 |
| 山林    | 1,043,683,200       | 50.38508 |
| 其它用地  | 808,828,200         | 39.04717 |

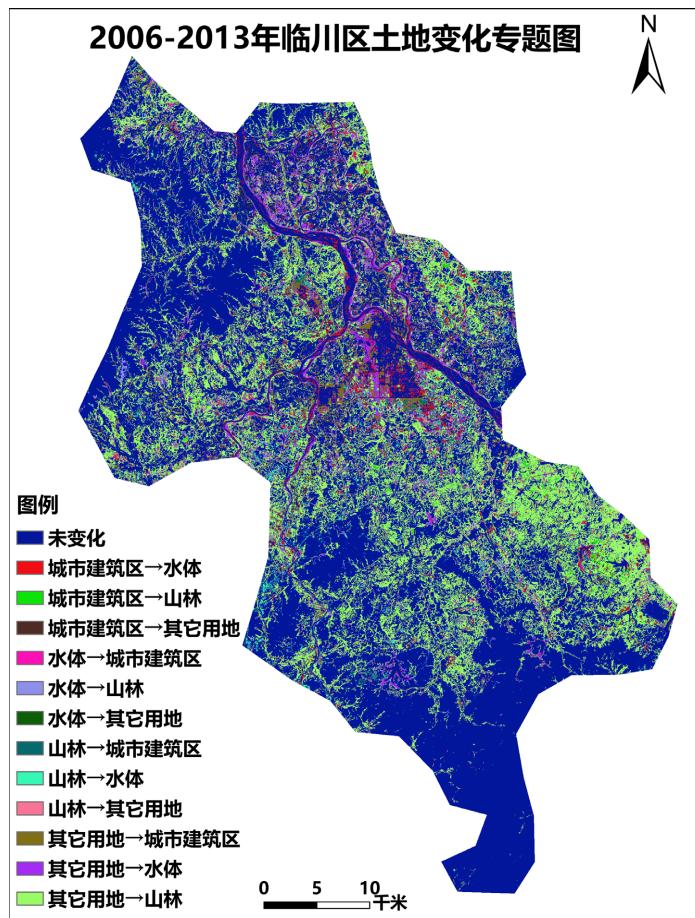
通过以上分析,我们可以了解到临川区在2006~2017年间各地区的大致变化情况。要了解其在各阶段的具体变化情况,则需要利用ENVI软件和ArcGIS软件对结果变化进行分析比较。首先利用ENVI软件对这三个时间的变化进行分析[12],得出的变化结果如表5、图4所示。

**Table 5.** Land use change table of Linchuan District from 2006 to 2013**表5.** 2006~2013年临川区土地利用变化表

| 原地物   | 现地物   | 面积(m <sup>2</sup> ) | 百分比(%) |
|-------|-------|---------------------|--------|
| 城市建筑区 | 水体    | 25,908,300          | 3.64   |
|       | 山林    | 7,005,600           | 0.99   |
|       | 其它用地  | 1,029,600           | 0.14   |
| 水体    | 城市建筑区 | 602,100             | 0.08   |
|       | 山林    | 2,405,700           | 0.34   |

续表

|       |       |             |       |
|-------|-------|-------------|-------|
|       | 其它用地  | 448,200     | 0.06  |
| 山林    | 城市建筑区 | 4,564,800   | 0.64  |
|       | 水体    | 12,127,500  | 1.71  |
|       | 其它用地  | 3,120,300   | 0.44  |
| 其它用地  | 城市建筑区 | 31,146,300  | 4.38  |
|       | 水体    | 83,722,500  | 11.78 |
|       | 山林    | 538,775,100 | 75.8  |
| 变化总面积 |       | 710,856,000 | 100   |



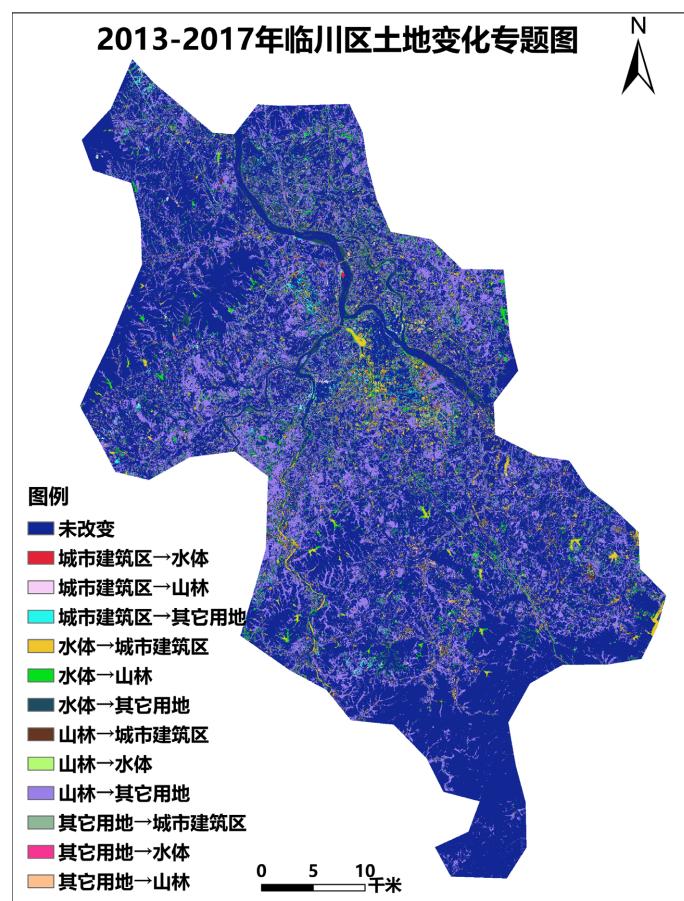
**Figure 4.** Thematic map of land classification in Linchuan District from 2006 to 2013  
**图 4.** 2006~2013 年临川区土地分类专题图

由表 5、图 4 可以看出，在 2006~2013 年期间，临川区发生变化的区域约为  $710 \text{ km}^2$ ，占总面积的 35%。其中其它用地类型的土地变化最大，约占总变化面积的九成左右；水体类型的土地变化最小[13]。

由表 6、图 5 可以看出，在 2013~2017 年期间，临川区发生变化的区域约为  $500 \text{ km}^2$ ，占总面积的 24%。其中由山林转变为其它用地的变化面积最大，约占了总变化面积的 70%。城市建筑区增加了约  $35 \text{ km}^2$ ，占总变化面积的 7% [14]。

**Table 6.** Table of land use change in Linchuan District during 2013~2017  
**表 6.** 2013~2017 年临川区土地利用变化表

| 原地物   | 现地物   | 面积(m <sup>2</sup> ) | 百分比(%) |
|-------|-------|---------------------|--------|
| 城市建筑区 | 水体    | 307,800.00          | 0.06   |
|       | 山林    | 3,039,300.00        | 0.61   |
|       | 其它用地  | 5,481,900.00        | 1.10   |
| 水体    | 城市建筑区 | 35,595,000.00       | 7.10   |
|       | 山林    | 17,251,200.00       | 3.44   |
|       | 其它用地  | 73,589,400.00       | 14.69  |
| 山林    | 城市建筑区 | 5,832,900.00        | 1.16   |
|       | 水体    | 762,300.00          | 0.15   |
|       | 其它用地  | 349,487,100.00      | 69.75  |
| 其它用地  | 城市建筑区 | 2,451,600.00        | 0.49   |
|       | 水体    | 252,900.00          | 0.05   |
|       | 山林    | 6,975,000.00        | 1.40   |
| 变化总面积 |       | 501,026,400.00      | 100    |



**Figure 5.** Thematic map of land classification in Linchuan District from 2006 to 2013  
**图 5.** 2006~2013 年临川区土地分类专题图

### 3.2. 实验分析

(1) 地理驱动因子：城市建设用地扩展的基础条件是自然环境条件，城市空间扩展的潜力、方向和速度等直接受到自然环境条件的优劣差异限制，比如：地形、地貌的限制，城市的土地开发利用也受到制约。因此，地形、地貌条件影响了城市总体空间形态变化，决定了城市用地扩展的宏观格局，在某种程度上具有一定的主导作用[15]。

临川区南部基本为山地，用地条件较好，自然环境优美，地势较高，有利于城市排水，且与老城有较好的交通联系，发展潜力巨大。西侧是上顿渡，因此其向西发展是必然趋势，另外随着人工湖和新行政中心的建设，必将带动其西侧的发展[16]。抚河以北自然环境好，与老城中心距离较近，基础设施较齐备，尤其是北部过江交通的建设为北部的发展带来动力。因此，发展潜力巨大。抚河以东地势低洼且为基本农田，而且跨越河流，城市建设成本较大，不宜进行开发建设。

(2) 经济驱动因子：经济的增长对城市的扩展有重大的影响，人的各个经济活动最后都要在土地上落实，随着经济的发展和产业结构的调整，城市的面貌必然要受到影响。临川在这十一年间经济总量从原来全省的后列进入中游水平，增速位列全省前茅，经济的繁荣促使生产、生活对建筑用地的需求量越来越大，城市的面积大幅度增加，因此，经济的发展是城市扩展的主要驱动力[17]。在城市土地利用变化过程中，最明显的特点是建设用地的快速增长和耕地的急剧减少。经济的发展，为了减少建设成本，以征用耕地为主，征用农村居民点，导致城乡结合部土地利用结构流向为耕地转变为建设用地。

(3) 人口驱动因子：人口增长是推动城市扩展的重要原因之一，尤其是城市人口的增长。随着我国工业化进程的加速，大量的农业人口转为非农业人口，2008年临川区响应市政府的“主攻工业，决战园区”取得丰硕的成果，12个工业园区新增2.15平方公里，入园企业突破一千家[18]。抚州工业的发展必然导致城市人口的增加，城市人口的增长必然导致城市的居住面积增加、公共设施的增多、交通道路的增加。因此，城市人口对城市扩展的影响最为直接，城市的土地是城市居民生产、生活的场所。因此，对空间的需求是城市扩张的最初动力[19]。

## 4. 结论与讨论

本次研究以抚州市临川区为研究区域，利用2006年、2013年和2017年三个时期的Landsat影像数据，通过监督分类方法对城市扩展情况进行了监测与分析。研究得出以下主要结论：

(1) 城市建筑区面积显著增长：从2006年到2017年，临川区城市建筑区面积从 $125.98\text{ km}^2$ 增长到 $151.65\text{ km}^2$ ，增长了约 $25.67\text{ km}^2$ ，增长率为20.4%。这表明临川区在这11年间经历了快速的城市化进程，城市规模不断扩大，城市用地需求持续增加。

(2) 土地利用类型变化显著：在研究期间，山林面积有所增加，而水体和其它用地面积减少。具体来看，水体面积从 $84.06\text{ km}^2$ 减少到 $67.25\text{ km}^2$ ，山林面积从 $873.19\text{ km}^2$ 增加到 $1043.68\text{ km}^2$ ，而其它用地面积从 $988.18\text{ km}^2$ 减少到 $808.83\text{ km}^2$ 。这反映出临川区在城市扩展过程中，对山林等生态用地的保护和开发力度有所增强，同时也伴随着水体和农用地等其它用地的减少。

(3) 城市扩展方向具有明显特征：通过分析土地利用变化的空间分布，发现临川区城市扩展主要向南部和西部方向发展。南部地区地势较高，自然环境优美，且与老城交通联系便利，具有较大的发展潜力；西部地区随着人工湖和新行政中心的建设，也逐渐成为城市扩展的重点区域。而北部地区由于自然环境较好，基础设施较为完善，也展现出一定的发展潜力；东部地区则因地势低洼且为基本农田，城市建设成本较大，扩展相对较少。

(4) 城市扩展受多种因素驱动：城市扩展的地理驱动因子包括地形、地貌等自然环境条件，这些条件影响了城市总体空间形态变化和用地扩展的宏观格局。经济驱动因子方面，临川区经济的快速增长促使

生产、生活对建筑用地的需求不断增加，成为城市扩展的主要驱动力。人口驱动因子方面，城市人口的增长导致居住面积、公共设施和交通道路需求增加，对城市扩展产生了直接推动作用。

综上所述，本次研究通过遥感影像监测和分析，揭示了临川区城市扩展的动态变化特征及其驱动因素，为该区域城市规划和土地资源管理提供了科学依据。未来研究可以进一步探讨城市扩展对生态环境的影响，以及如何在城市化进程中实现土地资源的可持续利用。

## 参考文献

- [1] 张军涛, 孙振华, 张明斗. 中国城市土地利用效率的动态测度及影响因素——基于 DEA-Tobit 两步法的分析[J]. 数学的实践与认识, 2014, 44(11): 54-63.
- [2] 胡晓明, 李月臣, 黄孝艳, 等. 城市空间扩展研究及进展[J]. 现代城市研究, 2013, 28(6): 60-65, 82.
- [3] 王磊, 赵国庆, 郝敬锋. 基于 RS 的城市扩张监测与分析[J]. 地理空间信息, 2015, 13(2): 147-149.
- [4] 谭少华, 倪绍祥. 20 世纪以来土地利用研究综述[J]. 地域研究与开发, 2006(5): 84-89.
- [5] 徐磊, 林剑, 李艳华, 燕梅. 基于 BP 人工神经网络的遥感影像分类[J]. 地理空间信息, 2012, 10(4): 83-85, 88, 181.
- [6] 梁茂昆. 基于面向对象及 Landsat 影像的广州市城市空间格局演变研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 东华理工大学, 2017.
- [7] 闫琰, 董秀兰, 李燕. 基于 ENVI 的遥感图像监督分类方法比较研究[J]. 北京测绘, 2011, 25(3): 14-16.
- [8] 李爱民. 基于遥感影像的城市建成区扩张与用地规模研究[D]: [博士学位论文]. 郑州: 解放军信息工程大学, 2009.
- [9] 束恒春. 苏州城市建成区扩张与预测研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京农业大学, 2014.
- [10] 孙善磊, 周锁铨, 魏国栓, 吉宗伟, 陈红梅. 环杭州湾地区城市扩张的遥感动态监测[J]. 自然资源学报, 2008, 23(2): 327-335.
- [11] 吉宗伟. 基于 TM 影像的绍兴市土地利用监测和热岛效应研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京信息工程大学, 2007.
- [12] 姜凤霞. 基于 BP 神经网络的城市扩张动态模拟和预测[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 山东科技大学, 2008.
- [13] 黎显平, 冯仲科, 游先祥, 瞿帅. 县域城市扩张遥感动态监测及驱动力分析[J]. 浙江农林大学学报, 2016, 33(5): 798-806.
- [14] 闫晓天. 基于支持向量机及 MODIS 数据的南昌市城市空间格局演变研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 东华理工大学, 2016.
- [15] 邢著荣, 赵青, 高强, 贾小凤, 史娟, 王光业, 贾腾飞. 基于遥感影像的城市扩张监测方法述评[J]. 科技创新导报, 2015, 12(30): 42-43.
- [16] 陈龙胤. 基于 DMSP/OLS 夜间灯光影像的中国东部沿海地区城市扩张监测与分析[D]: [硕士学位论文]. 长春: 东北师范大学, 2014.
- [17] Liu, F., Zhang, Z., Shi, L., Zhao, X., Xu, J., Yi, L., et al. (2016) Urban Expansion in China and Its Spatial-Temporal Differences over the Past Four Decades. *Journal of Geographical Sciences*, **26**, 1477-1496.  
<https://doi.org/10.1007/s11442-016-1339-3>
- [18] Ye, Y., Su, Y., Zhang, H., Liu, K. and Wu, Q. (2015) Construction of an Ecological Resistance Surface Model and Its Application in Urban Expansion Simulations. *Journal of Geographical Sciences*, **25**, 211-224.  
<https://doi.org/10.1007/s11442-015-1163-1>
- [19] Li, G., Sun, S. and Fang, C. (2018) The Varying Driving Forces of Urban Expansion in China: Insights from a Spatial-Temporal Analysis. *Landscape and Urban Planning*, **174**, 63-77. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.03.004>