引文格式：陆双,杨柳. 利用珞珈一号提取城市建成区的方法对比分析[J]. 地理空间信息, 2024, 22(3): 34-37. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.03.008

利用珞珈一号提取城市建成区的方法对比分析

陆　双[1]，杨　柳[1*]
（1. 中国矿业大学（北京）　地球科学与测绘工程学院，北京 100083）

摘　要：采取单独使用珞珈一号（Luojia1-01）夜间灯光数据、构建植被调整NTL城市指数（VANUI）、Luojia1-01和兴趣点（Luojia1-01&POI）指数3种方法提取了2018年成都市的建成区，并利用总体精度和Kappa系数对比了3种方法的提取精度。结果表明，Luojia1-01的高分辨率在建成区提取方面有广阔的应用，但单独使用会产生信息误提的问题；VANUI提取的建成区在内部和边界细节信息方面表现更优，但存在孔隙较多、图斑破碎的问题；Luojia1-01&POI指数提取的建成区范围效果最好、精度最高。研究结果为Luojia1-01与其他类型数据的结合提供了参考，进一步证实了POI数据结合夜间灯光数据提取建成区的高精度与可靠性。

关键词：夜间灯光；城市建成区提取；Luojia1-01；VANUI；POI
中图分类号：P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）03-0034-04

Comparative Analysis of Urban Built-up Area Extraction Methods Based on Luojia1-01

LU Shuang[1], YANG Liu[1]
(1. School of Earth Sciences and Surveying Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: Taking Chengdu City for example, we used nighttime light data, VANUI index and Luojia1-01&POI index three methods to extract the built-up area in 2018, and used the overall accuracy and Kappa coefficient to compare the accuracy of three methods. The results show that using alone luojia1-01 nighttime light data extraction will cause the problem of incorrect information extraction. The built-up area extracted by VANUI has better performance in interior and boundary details, but there are many pores and broken map spots. Luojia1-01&POI index has the best display effect and the highest accuracy when extracting the built-up area. This results further confirm the high precision and reliability of POI data combined with nighttime light data to extract built-up areas.

Key words: nighttime light, urban built-up area extraction, Luojia1-01, VANUI, POI

城市建成区面积是判别城镇化水平的重要根据，也是区域经济发展和城市扩张的重要理论依据。如何快速精确地获取城市建成区是城镇规划的热点问题。利用遥感技术可以快速、精确、高效地获取城市建设用地信息。目前较成熟的城市建成区获取方法为基于Landsat8遥感影像，构建归一化建筑指数（NDBI）和遥感建筑用地指数（IBI），可较好地提取城镇建筑物用地，但在区分城镇建筑物用地外的裸土区域时仍有不足[1-4]。

近年来，夜间灯光数据被广泛应用于建成区提取，主要为1 km分辨率的DMSP/OLS和500 m分辨率的NPP/VIIRS数据[5-7]，但这两种数据分辨率过低，不适合小尺度区域研究。珞珈一号（Luojia1-01）夜间灯光数据的分辨率为130 m，能处理小尺度区域研究问题，对夜间灯光强度的识别精度远高于传统夜间灯光数据[8-9]。夜间灯光数据虽然能直接反映城市建成区的夜间灯光亮度，但受城市边缘亮度影响较大，单独提取城镇建筑物用地的准确度不高，因此许多研究采用融合多源遥感数据的方法来获取更精细尺度的城市建成区[10]。

兴趣点（POI）泛指互联网电子地图中的点数据，基本包含名称、地址、坐标、类别4个属性，分为住宅、购物、文化、娱乐、交通、公园和公共设施等类别，与人类社会生活密切相关[11]。在空间上POI数据可反映城市的肌理结构，其密度动态变化可反映城市规模和聚集程度以及区域经济发展差异。细类别POI数据会对不同城市边界确定产生不同程度的误差，可采用全类别的POI数据提取城市建成区，获得更精确的建成区边界范围[12-13]。

为进一步提升夜间灯光数据提取城市建成区的精

收稿日期：2022-06-23。
项目来源：国家重点基础研究发展计划资助项目（2014CB238906-01）；中央高校基本科研基金资助项目（2021YJSDC10）。
第一作者简介：陆双（1999—），硕士研究生，研究方向为地图学与地理信息系统，E-mail：18317253375@163.com。
通信作者：杨柳（1978—），教授，研究方向为土地利用与人类活动，E-mail：yang_l@126.com。

度，本文以成都市为例，采用Luojia1-01、植被调整NTL城市指数（VANUI）和Luojia1-01&POI指数3种方法，基于二分迭代法确定最佳阈值并提取建成区，并通过总体精度和Kappa系数对比了3种方法提取建成区的精度，以期为夜间灯光数据在城市建成区提取的应用提供参考。

1　研究区概况与数据来源

1.1　研究区概况

成都市别名锦城，是四川省省会，市域范围地貌类型包括平原、丘陵和山地；位于川西北高原向四川盆地过渡的交接地带，具有春早、夏热、秋凉、冬暖的气候特点，年平均气温为16 ℃，年降雨量约为1 000 mm[14]；作为我国的西南门户，经济发达、城市化水平高。2016年简阳市由成都代管，截至2018年9月，成都市下辖11个区、5个县级市和4个县。

1.2　数据来源

夜间灯光遥感数据来源于武汉大学发射的Luojia1-01卫星（59.175.109.173:8888/app/login.html），空间分辨率为130 m，轨道重访周期为15 d，理论上每15 d即可获得一期全球夜间灯光数据。Landsat8卫星遥感影像数据，空间分辨率为30 m，全色波段分辨率为15 m。2018年成都市Landsat8 OLS数据来源于地理空间数据云（gscloud.cn）。2018年成都市土地利用分类数据来源于中国科学院地理科学与资源研究所（resdc.cn）。POI数据通过高德地图提供的API接口获取，获取时间为2018年。

1.3　数据处理

利用ArcGIS软件，将Luojia1-01夜间灯光数据重投影至兰勃特等角圆锥投影坐标系下，利用双线性卷积法采样至100 m空间分辨率，根据辐射亮度计算公式进行辐射校正。由于该数据存在一定误差，因此还需进行去噪。本文基于ArcGIS平台的空间分析模块，利用滤波器减少噪声；进而利用ENVI5.3平台对Landsat8 OLS影像进行辐射校正、大气校正、重采样、镶嵌融合等操作，便于后续指数计算。根据“珞珈一号”官网提供的辐射定标公式调整参数，得到符合本文的辐射校正公式（式（1））。基于ArcGIS10.2平台，对POI数据进行清洗，筛选整理后的有效数据共162 954条。

$$L=\frac{DN^{3/2}}{10^{6}} \tag{1}$$

式中，L为校正后辐射亮度值；DN为原始影像灰度值。

2　研究方法

2.1　研究思路与流程

本文的研究思路与流程见图1。

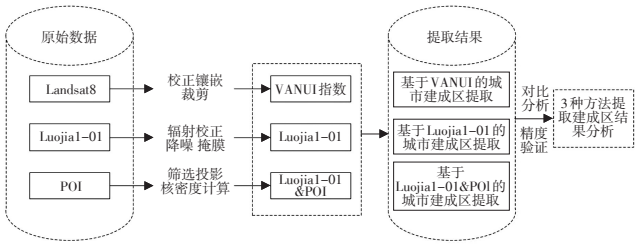


图1　研究思路与流程图

2.2　VANUI的建成区提取

Zhang Q L[15]、王敏[16]等利用植被与城市表面呈负相关关系，计算了世界各地城市区域的VANUI，并以VANUI反映城市规模、地理和经济基础的广泛变化。单独使用Luojia1-01夜间灯光数据提取建成区易误提村镇、道路、渔船等非城市建成区地物。本文引入VANUI，利用NDVI校正Luojia1-01夜间灯光数据，增大城市间影像像元的亮度值差异[17]，计算公式为：

$$\mathrm{VANUI}=(1-\mathrm{NDVI})\mathrm{NTL} \tag{2}$$

2.3　Luojia1-01&POI的建成区提取

2.3.1　核密度估计

核密度估计法主要是以某一要素（本文指POI数据点）为中心，在搜索半径内对要素密度进行分析的方法，可体现分析目标在空间上的集聚情况。数据点的权重与要素中心的距离相关，距中心点越近，权重越大[18]，计算公式为：

$$f(x)=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}K_h(x-x_i)=\frac{1}{nh}\sum_{i=1}^{n}K\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \tag{3}$$

式中，$f(x)$为空间中任意一点的核密度；h为搜索半径；$x-x_i$为点x_i与中心点x之间距离；n为距离空间中任意一点x（距离≤h）的要求点数；K为空间权重函数。

由图2可知，当搜索半径为1 500 m时，核密度分析效果最好。

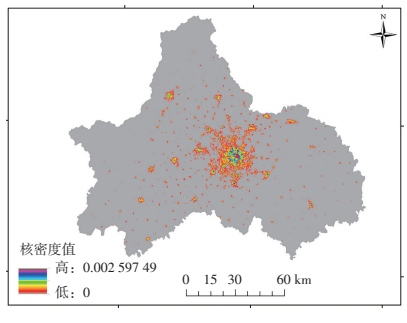


图2　核密度计算结果

2.3.2 Luojia1-01&POI指数计算

POI数据与人类社会活动息息相关，POI密度的空间分布差异可反映区域发展差异。本文利用全类别的POI数据结合Luojia1-01夜间灯光数据，基于阈值法提取建成区，可有效去除非城市建成区的地物干扰，并在一定程度上改善夜间灯光溢出问题，填补仅使用Luojia1-01数据提取建成区造成的孔隙，缓和斑块破碎情况，获得更加精确的城市建成区[19-20]，计算公式为：

$$\mathrm{Lj\&POI}=\sqrt{P_i\times \mathrm{NTL}_i} \tag{4}$$

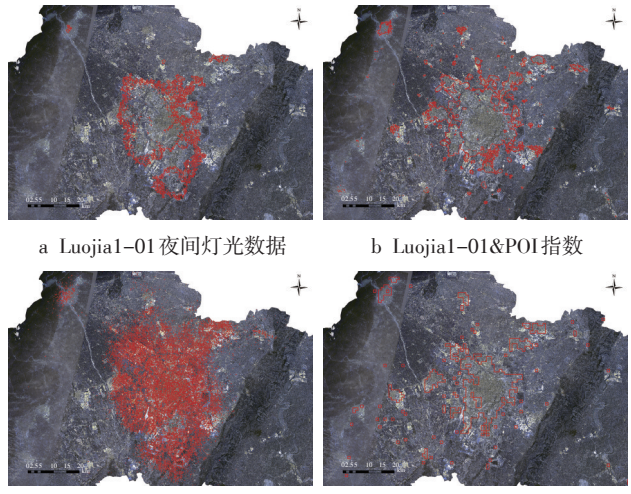
式中，P_i为i点的POI核密度值；NTL_i为i点的夜间灯光亮度值。

3 研究结果与分析

3.1 建成区提取结果分析

本文分别基于Luojia1-01夜间灯光数据、VANUI和Luojia1-01&POI指数，利用阈值法提取成都市建成区，再根据土地利用数据的建成区地物类型统计得到参考建成区，最后将3种方法的结果与参考建成区进行对比，结果见图3，可以看出：①3种方法提取的结果范围大致重合，成都市建成区分布在中心位置的老城区和发展快速的新兴地区；②除市中心外，Luojia1-01数据和Luojia1-01&POI指数的结果仍有较多重叠部分，如都江堰市的城区中心、崇州市的崇州站以及双流区的成都双流国际机场，但双流区的天府公园和新官山区域植被较多，Luojia1-01数据将其误提为城市建成区；③VANUI的提取结果图斑破碎度高，信息更详细，但会误提非建成区，如成华区东边的建设村，因此VANUI的提取结果比另外两种方法大；④VANUI和Luojia1-01&POI指数都提取了龙泉驿区的东风渠和成都大学区域，而Luojia1-01数据没有识别到。

利用Luojia1-01夜间灯光数据提取的城市建成区边缘存在孔隙，主城区附近区域存在零碎图斑。Luojia1-01夜间灯光数据分辨率高，道路等非建成区信息由于路灯原因被误提，主城区外的小区域建成区未被提取，导致建成区提取出现误差。Luojia1-01&POI指数考虑了人类社会活动，对农村这些细微信息也会进行处理，有效消除了非城市建成区的道路等其他地物干扰，填补了仅使用Luojia1-01提取建成区的不足；且提取的建成区边界信息更完整，与参考建成区更符合。VANUI的提取结果边界轮廓完整、信息更详细，VANUI由NDVI和夜间灯光数据计算得到，对农田植被等区域更敏感，存在把部分裸地、农田等区域划分为建成区的现象，建成区内部存在破碎图斑，整体效果不够完整。



a Luojia1-01夜间灯光数据　b Luojia1-01&POI指数

c VANUI　d 参考建成区

图3 城市建成区提取结果

3.2 结果验证与分析

3.2.1 建成区面积对比

建成区面积和相对误差对比结果见表1，可以看出，相对误差最大的是Luojia1-01夜间灯光数据的提取结果，Luojia1-01&POI指数提取的城市建成区面积最符合实际，相对误差最小。

表1 3种方法提取建成区面积及其相对误差

类型	提取面积/km²	相对误差/%
基于Luojia1-01提取城市建成区	976.74	-15.90
基于VANUI提取城市建成区	872.07	-3.48
基于Luojia1-01&POI指数提取城市建成区	821.111	2.56
基于土地利用数据提取城市建成区	842.718	-

3.2.2 混淆矩阵精度验证

基于上述结果，选取316个符合规范的建成区样本和非建成区样本，以2018年成都市土地利用数据为标准，分别采用总体精度和Kappa系数进行建成区提取结果精度评价。总体精度为被正确分类的类别像元数与总类别个数的比值；Kappa系数为分类与完全随机的分类产生错误减少的比例，能全面评估提取结果的准确性[21]。研究结果表明，Luojia1-01数据、VANUI、Luojia1-01&POI指数3种提取建成区方法的总体精度分别为96.52%、97.15%、97.47%，Kappa系数分别为73.68%、77.55%、81.24%。3种方法的总体精度均在95%以上，Kappa系数均在70%以上；单独使用Luojia1-01夜间灯光数据提取建成区的精度最低，Luojia1-01&POI指数提取建成区的精度最高、效果最好。

POI数据密度估算能准确反映城市建成区的边界信息，利用POI数据结合Luojia1-01夜间灯光数据可改善灯光外溢问题，修补夜间灯光数据提取建成区造

成的孔隙，提高建成区提取精度；且POI数据处理方便，计算步骤简单。郑洪晗[11]等对比了夜间灯光数据、POI以及二者结合提取建成区的效果，结果表明夜间灯光数据结合POI数据能较好地区分水面和建成区，提高建成区提取精度，证明POI数据在提取城市建成区方面具有更广的应用。本文未将POI结果与其他数据进行对比，但着重对比了Luojia1-01与其他数据结合的提取结果，均验证了夜间灯光结合POI数据在提取建成区方面的高精度。厉飞[19]等利用Luojia1-01和NPP/VIIRS分别与POI相结合构建NTL&POI指数，证明POI与夜间灯光数据结合可改善灯光外溢，提高建成区提取精度。本文基于Luojia1-01&POI指数的提取结果与之一致；不同点在于本文利用Luojia1-01与不同类型数据结合提取建成区，对比验证了POI结合夜间灯光提取建成区的优势，验证方法更科学。

本文的不足之处以及后续研究方向为：①根据Landsat8数据仅构造了VANUI，遥感影像的指数应用较单一，后续可根据遥感数据构建多种指数进行对比分析，探究遥感数据在建成区提取方面的应用；②构建的VANUI和Luojia1-01&POI指数方法无法剔除灯光区内的少量低密度植被覆盖区和裸地，后续可采用其他指数方法消除裸地区域，提高建成区提取精度；③Luojia1-01夜间灯光数据时限短，无法进行长时序研究，若进行长时间序列分析需结合NPP/VIIRS数据。

4　结　语

本文以成都市为例，采取单独使用Luojia1-01数据、构建VANUI、Luojia1-01&POI指数3种方法提取城市建成区；并以成都市2018年土地利用数据和遥感影像数据为参照，利用总体精度和Kappa系数对3种方法提取的建成区精度进行评价。结果表明，Luojia1-01&POI指数改善了灯光外溢和Luojia1-01造成的孔隙问题，建成区提取精度最高，与实际情况最符合，证实了POI数据结合Luojia1-01夜间灯光数据提取建成区方法的可靠性。

参考文献

[1] 肖亚来,刘小生,范哲南,等. 全色影像与珞珈一号在建设用地提取中的应用[J]. 遥感信息,2021,36(1):137-143

[2] 李强,吴庆双,周华,等. 基于Landsat8数据和“珞珈一号”夜光数据的合肥建成区提取[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版),2021,44(4):354-361

[3] Xu H. A New Index for Delineating Built-up Land Features in Satellite Imagery[J]. International Journal of Remote Sensing,2008,29(14):4 269-4 276

[4] 彭媛媛,吴庆双. 广州市建成区空间扩张与驱动因子研究[J]. 地理空间信息,2020,18(5):76-82

[5] 王成港. 基于DMSP/NPP和Landsat遥感数据的长三角城市群1992-2018年空间格局变化分析[D]. 青岛:山东科技大学,2019

[6] 黄璐,杨英宝,朱琴. 基于DMSP/OLS数据的南京市建成区扩展研究[J]. 地理空间信息,2018,16(1):94-97

[7] 李胭胭,董晓峰,李宇. 基于DMSP/OLS数据的蒙古高原城市群空间特征比较[J]. 地理空间信息,2021,19(4):84-88

[8] 钟亮,刘小生. 珞珈一号新型夜间灯光数据应用潜力分析[J]. 测绘通报,2019(7):132-137

[9] 王美玲,张和生. 基于珞珈一号夜间灯光数据的人口空间化研究[J]. 地理空间信息,2021,19(9):53-56

[10] 刘智丽，张启斌，岳德鹏，等. 基于Sentinel-2A与NPP-VIIRS夜间灯光数据的城市建成区提取[J]. 国土资源遥感,2019,31(4):227-234

[11] 郑洪晗,桂志鹏,粟法,等. 夜间灯光数据和兴趣点数据结合的建成区提取方法[J]. 地理与地理信息科学,2019,35(2):25-32

[12] 许泽宁,高晓路. 基于电子地图兴趣点的城市建成区边界识别方法[J]. 地理学报,2016,71(6):928-939

[13] 方斌,张宪哲,杨柳. 基于POI数据的城市边界变化提取研究:以山西运城市城区为例[J]. 现代测绘,2017,40(5):20-22

[14] 李欣雨. 基于夜光遥感的成都市空间形态演变分析[D]. 绵阳:西南科技大学,2020

[15] Zhang Q L, Schaaf C, Seto K C. The Vegetation Adjusted NTL Urban Index: A New Approach to Reduce Saturation and Increase Variation in Nighttime Luminosity[J]. Remote Sensing of Environment,2013,129:32-41

[16] 王敏,李景保,梁莉莉,等. 基于夜间灯光数据的长沙市城市建成区提取结果对比分析[J]. 湖南师范大学自然科学学报,2021,44(4):45-52

[17] 聂亚文. 基于多源数据的福建省城市建成区时空演变研究[D]. 福州:福建师范大学,2019

[18] 武新宇,孙立双,谢志伟,等. 遥感影像与POI数据相结合的城市建成区提取适用性研究:以沈阳市为例[J]. 测绘通报,2019(11):134-136

[19] 厉飞,闫庆武,邹雅婧,等. 利用夜间灯光POI的城市建成区提取精度研究:以珞珈一号01星和NPP/VIIRS夜间灯光影像为例[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2021,46(6):825-835

[20] 于丙辰,刘玉轩,陈刚. 基于夜光遥感与POI数据空间耦合关系的南海港口城市空间结构研究[J]. 地球信息科学学报,2018,20(6):854-861

[21] 刘权毅,詹庆明,李建松,等. 珞珈一号夜间灯光影像在建设用地提取中的应用:以武汉市为例[J]. 武汉大学学报(信息科学版),2021,46(1):30-39