



珞珈一号夜间灯光影像在建设用地图像提取中的应用:以武汉市为例

刘权毅^{1,2} 詹庆明^{1,2} 李建松³ 杨晨^{1,2} 刘稳^{1,2}

1 武汉大学城市设计学院,湖北 武汉,430079

2 武汉大学数字城市研究中心,湖北 武汉,430079

3 武汉大学遥感信息工程学院,湖北 武汉,430079

摘要:城市建设用地能够反映城市建设发展在地域空间上的分布形态,是规划主管部门监测城市建设和扩张的关键指标。2018-06-02发射的珞珈一号卫星可提供130 m分辨率的夜间灯光数据,在城市建设用地的提取方面具有较大潜力。首先整合珞珈一号夜间灯光影像与Landsat 8多光谱影像以及网络地图兴趣点数据;然后分别采用人类居住合成指数和阈值法对武汉市进行建设用地提取;最后与可见光红外成像辐射计(visible infrared imager radiometer suite, VIIRS)夜间灯光影像采用相应方法得到的结果进行对比。结果发现,珞珈一号影像与Landsat 8影像整合后采用人类居住合成指数的方法提取的建设用地最准确,其Kappa系数为0.769;VIIRS与Landsat 8影像整合后采用相同方法得到的建设用地,其Kappa系数为0.702;夜间灯光影像与兴趣点数据结合进行建设用地提取的精度有所下降,兴趣点数据分别与珞珈一号、VIIRS夜间灯光影像结合得到的建设用地,其Kappa系数分别为0.618、0.574;珞珈一号、VIIRS夜间灯光影像采用简单阈值法进行建设用地提取,其Kappa系数分别为0.503、0.482。该实验结果表明,珞珈一号夜间灯光影像数据具有更高的空间分辨率和更加丰富的空间细节,是进行城市建设用地提取的理想数据源。

关键词:珞珈一号夜间灯光数据;城市建成区;兴趣点;人类居住合成指数;可见光红外成像辐射计

中图分类号:P237

文献标志码:A

在过去的半个多世纪中,世界上大多数国家都经历了前所未有的城镇化进程^[1-3],城镇化的不断推进促使建成区在空间上聚集发展,进而导致城市建设用地在空间上无限蔓延扩散。中国的城镇化率自改革开放以来基本保持了每年1%左右的增长^[1,3-4]。高速的城镇化进程不仅活跃了城市的社会经济活动,而且也导致了一系列的社会经济和生态问题^[5-9],城市的开发建设超越规划范围的现象屡见不鲜^[10-11]。因此,准确高效地把握城市建设用地的实际情况,对于控制上述问题并提出相应的空间管制措施以及确定未来城市增长边界至关重要。

夜间灯光遥感影像作为一种客观、实时地对地面建筑物和道路等地物发出的灯光强度进行记录的遥感数据源,在城市建成区提取以及社会经济活动识别、监测中得到了广泛的应用^[7,12-13]。夜

间灯光数据广泛应用于全球和区域尺度上的城市建设用地提取,且能够从城市社会经济活动层面提供一种独特的分析视角,但常用的夜间灯光数据空间分辨率较低且存在显著的灯光溢出效应^[14-15]。因而采用夜间灯光数据进行建成区提取和动态监测的研究,大多在国家尺度和区域尺度上进行,且建设用地提取不够精细^[1-2,11-12,16]。例如,常用的夜间灯光数据源有国防气象卫星计划的实用行扫描系统(defense meteorological satellite program/operational line scan system, DMSP/OLS),以及可见光红外成像辐射计(visible infrared imager radiometer suite, VIIRS)搭载的昼/夜波段(day/night band, DNB),二者分辨率分别约为2 700 m和750 m^[1,4,17],已成为宏观尺度城市建成区提取的主要数据源,但由于这两个数据源都在不同程度上存在灯光溢出效应、城区灯光过饱和等问

收稿日期:2019-12-19

项目资助:国家自然科学基金(51878515)。

第一作者:刘权毅,硕士,主要从事地理信息系统与遥感技术在城市规划与管理中的应用。2017282090233@whu.edu.cn

通讯作者:詹庆明,博士,教授。qmzhan@whu.edu.cn

题,因此仅依靠 DMSP/OLS 或者 VIIRS 夜光数据识别城市建设用地,在精度控制上仍会存在一定的缺陷。

现有的采用夜间灯光遥感进行城市建设用地提取的方法可分为3类^[4,18]:(1)阈值法;(2)分类法;(3)引入较高分辨率数据的空间比较法。阈值法在全局或局部选取一个阈值对夜间灯光影像进行分割,继而提取具有较高灯光强度的区域为城市建设用地。但在不同社会背景和发展水平的城市采用相同阈值会存在一定问题,因此采用单一阈值进行城市建设用地提取的方法逐渐被改进为多阈值方法。文献[17]采用官方统计数据作为参照,当以某个 DNB 值作为阈值的提取结果与参照数据差异最小时,将该 DNB 值作为最佳的分割阈值。文献[19]针对 DMSP/OLS 数据提出利用人口分布数据,对不同收入水平的地区和某些特殊地区采用不同的分割阈值(40%、80%和90%)。此外,形态学特征也被引入用于提高阈值法的提取精度,文献[20]采用城市区域光斑周长大幅增长的临界点作为最优分割阈值。文献[21]采用聚类的方法进行城市区域识别,该方法采用 Logistic 回归模型对潜在城市聚类成簇,并依据簇的大小和灯光亮度等级估计最佳阈值。分类法通过采用不同的分类方法将图像根据不同的夜间灯光亮度等级划分为不同类别来进行城市建成区的识别提取。文献[3-4]将夜间灯光数据与较高分辨率的归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)和地表温度(land surface temperature, LST)数据整合后,采用支持向量机(support vector machine, SVM)方法进行城市建设用地的提取。分类法的准确性受先验知识的可靠性及训练样本选择的影响较大,且分类法相对而言耗时耗力^[14,18]。文献[22]将 DMSP/OLS 夜间灯光数据与中分辨率成像光谱仪(moderate resolution imaging spectroradiometer, MODIS) NDVI 数据整合,提出了人类居住合成指数(human settlement index, HSI)。文献[23]通过引入归一化水体指数(normalized difference water index, NDWI)和增强型植被指数(enhanced vegetation index, EVI),进而提出归一化城市区域合成指数(normalized urban area composite index, NUACI)来提高夜间灯光数据提取城市建成区的精度。文献[24]将 VIIRS 夜间灯光数据与兴趣点(point of interest, POI)结合,采用阈值法和数学形态法对深圳、广州、惠州

3个城市的建成区进行了提取。

珞珈一号搭载了高分辨率的夜间灯光传感器,可以获取地面分辨率高达130 m的夜间灯光数据^[4,14]。此外,珞珈一号还具有15 bits 高辐射度量能力以及250 km的宽像幅。珞珈一号提供的更高分辨率、更高数据精度的夜间灯光数据源不仅可以大幅提升对于夜间城镇灯光的感知能力,而且可以在局部尺度上开展夜间灯光的研究^[4,14]。

本文在城市尺度上整合珞珈一号夜间灯光数据及 Landsat 8 多光谱影像、网路地图兴趣点数据,采用简单阈值法(simple thresholds segmentation, STS)、HSI 等方法对武汉市建设用地进行提取,并将 VIIRS 夜间灯光数据作为对照,参考谷歌地球高分辨率卫星影像,对不同数据组合和不同方法提取的建设用地进行精度评价,进而评估珞珈一号在建设用地图提取应用上相对于 VIIRS 等传统夜间灯光数据的优势。

1 研究区与数据

1.1 研究区

本文以武汉市为研究区(见图1)。半个世纪以来,武汉市建成区面积快速扩张,从1970年的144.2 km²以平均每年13.58 km²的扩展强度增长到2015年的755.09 km²^[25]。如图1所示,具体实验区域为边长为75 km的正方形区域。

1.2 实验数据

1) 珞珈一号夜间灯光数据

与 DMSP/OLS 和 VIIRS 两种广泛使用的夜间灯光数据来源相比,珞珈一号可以提供具有更丰富空间细节的夜间灯光影像。DMSP/OLS、VIIRS 与珞珈一号的具体参数对比见表1。本文采用高分湖北中心(<http://datasearch.hubeos.org.cn;3000/#>)分发的2018-06-13武汉及周边地区的珞珈一号夜间灯光影像。为了方便计算 HSI,对珞珈一号夜间灯光影像进行双三次卷积方式计算,然后插值到与 Landsat 8 数据一致的30 m 空间分辨率^[4]。

2) VIIRS 夜间灯光数据

本文采用 VIIRS 的月平均数据作为参照数据,该数据已经排除了杂光、雷电和云覆盖的影响,可以反映地表月度典型夜间灯光强度的空间分布模式^[4,17,26]。但2018年6月的 VIIRS 月平均数据暂不可用,本文采用2018年5月的月平均数据作为参照^[4,26]。由于 VIIRS 数据没有排除陆地

表面反射月光的干扰,因此VIIRS影像的像元亮度值(digital number, DN)首先减去0.5以排除观测噪声,然后剔除DN值小于0的像元。本文采用双三次采样方法对VIIRS数据进行重采样到3 m空间分辨率,与珞珈一号数据及Landsat数据保持一致。此外,为了突出城镇区域和郊野地区的影像DN值差异,珞珈一号数据和VIIRS的DN值都预先进行了对数变换^[18]。

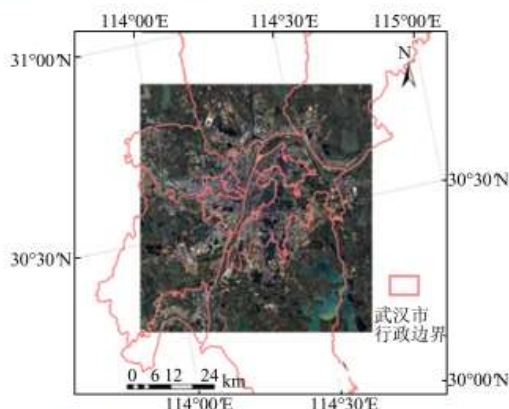


图1 研究区地理位置与Landsat 8多光谱影像

Fig. 1 Geolocation of the Study Area and Corresponding Landsat 8 Multispectral Image

表1 不同夜间灯光数据比较

Tab.1 Comparison of Multiple Nighttime Light Data

参数	DMSP/OLS	VIIRS	珞珈一号
发射国家	美国	美国	中国
重访周期	12 h	12 h	3~5 d
数据位数/bits	6	14	15
空间分辨率/m	2 700	740	130
在轨时间	1992—2013年	2011年至今	2018年至今
幅宽/km	3 000	3 000	250

3) Landsat 8多光谱数据

本文采用2018-04-08的Landsat 8多光谱影像进行实验,由于人造地表景观在短时间内不会发生急剧变化,因此Landsat 8影像与珞珈一号影像成像时间之间的差异在本文可忽略。在经过辐射校正、大气校正后,基于Landsat 8影像进行了NDVI、修正归一化水体指数(modified normalized difference water index, MNDWI)^[27]的计算。

4) 网络地图POI数据

在百度地图采集武汉市POI数据,并对其进行数据筛选、清洗,最后的结果包含居住小区、交通设施、餐饮娱乐、景点游憩等13类,共超过38万条的地名地址数据。

5) 谷歌地球高分辨率遥感影像

为了比较不同数据、不同方法进行建设用地的提取精度,本文下载了同时期1 m分辨率的谷歌地球影像来反映武汉市地表真实建设用地,并随机选取了1 000个点作为检验样本进行精度评价(见图2)。

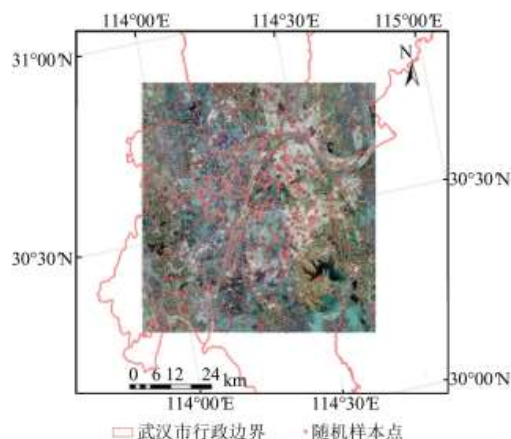


图2 谷歌地球1 m分辨率影像和随机样本点

Fig.2 Google Earth 1 m Resolution Satellite Image and Random Sample Points

2 研究方法

本文分别将珞珈一号、VIIRS的夜间灯光数据、Landsat 8影像得到的NDVI数据与网络地图POI数据整合,对武汉市建设用地进行提取(30 m分辨率),并对比谷歌地球1 m分辨率的高分辨率遥感影像,进行精度评价。本文的技术路线图如图3所示。

2.1 归一化植被指数与修正归一化水体指数计算

相比于NDWI, MNDWI能够更好地抑制城市建筑噪声以及水体悬浮物的干扰,因此更适用于在城镇建设用地上提取水体信息^[27]。MNDWI的计算如下:

$$\text{MNDWI} = \frac{G - \text{SWIR}}{G + \text{SWIR}} \quad (1)$$

式中, G 为Landsat 8多光谱影像的绿波段,为3波段; SWIR 为短波红外(short wave infrared, SWIR)波段,为6波段。本文选取MNDWI值大于0的像元作为水体掩膜,用来排除水体作为高反射地表对于夜间灯光数据的影响^[4, 18]。NDVI的计算如下:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - R}{\text{NIR} + R} \quad (2)$$

式中, NIR (near infrared, NIR) 为Landsat 8多光谱影像的近红外波段,为5波段; R 为红波段,为4波段。

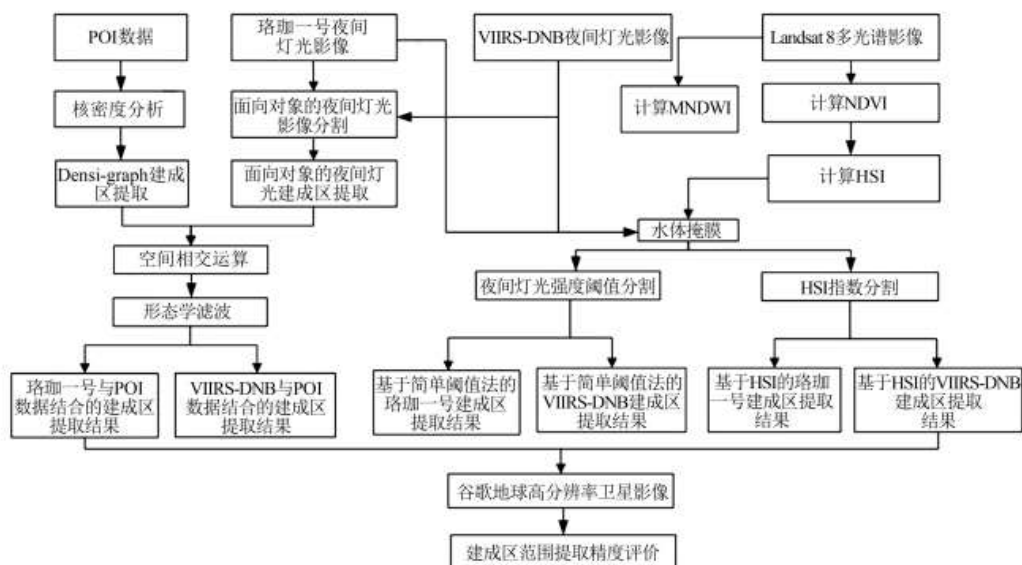


图3 本文技术路线图

Fig.3 Technical Flowchart of Our Proposed Method

2.2 人类居住合成指数的计算

文献[22]提出来的 HIS 是结合粗分辨率的 DMSP/OLS 夜间灯光数据中包含的社会经济要素与细分辨率的 MODIS NDVI 数据中包含的自然要素数据进行人类居住区提取,因此被广泛用于城市建设用地提取^[4,18]。通过计算 HSI 指数,将分辨率较粗的夜间灯光数据与高分辨率的 NDVI 数据有机整合,在较高分辨率下进行城市建设用地的提取,但采用 HSI 指数进行建设用地提取需要预先排除水体的干扰。HSI 的计算需要先对夜间灯光数据进行归一化,即:

$$NTL'(i,j) = \frac{NTL(i,j) - NTL_{min}}{NTL_{max} - NTL_{min}} \quad (3)$$

式中,NTL(night time light, NTL)是未经过归一化的夜间灯光数据;NTL'是归一化后的夜间灯光数据;NTL_{max}和NTL_{min}分别是原始夜间灯光数据的最大值和最小值;(i,j)是某个像素的坐标。则 HSI 的计算如下:

$$HSI = \frac{(1 - NDVI) + NTL'}{(1 - NTL') + NDVI + NTL' \times NDVI} \quad (4)$$

2.3 结合夜间灯光和兴趣点的建成区提取

文献[24]通过将 VIIRS 数据与网络地图 POI 结合提出了一种面向对象的城乡建设用地提取方法。由于珞珈一号具有更高的空间分辨率和更丰富的空间细节信息,因此珞珈一号更适宜采用面向对象的方法与 POI 结合进行建设用地的

提取。本文采用文献[24]提出的方法,首先在 eCognition 9.0 软件中分别对珞珈一号、VIIRS 数据进行面向对象分割,得到 618、362 个对象,具体的分割参数如空间尺度、几何形状和斑块紧凑度等,采用文献[24,28]推荐的最优参数;然后计算建成区指数 X:

$$X = Area^{0.2} \times NTL_{mean} \quad (5)$$

式中,Area 是斑块对象的面积;NTL_{mean} 是斑块对象的平均亮度;X 综合考虑了对象面积和平均夜间灯光亮度。

采用面向对象方法提取的城市建设用地较为粗糙,且存在一定的灯光溢出问题,因而需要引入 POI 数据进行补充修正。本文采用文献[24,29]提出的 Densi-graph 分析方法进行基于 POI 数据的建设用地提取。利用 Densi-graph 方法提取建设用地分为以下两步:

1) 对城市 POI 数据进行核密度分析,并绘制核密度等值线。定义 S_d 表示核密度值为 d 的等值线围合的面积, $S_d^{\frac{1}{2}}$ 是 S_d 的理论半径,对理论半径 $S_d^{\frac{1}{2}}$ 的增量 $\Delta S_d^{\frac{1}{2}}$ 求导数,则有:

$$\lim_{d \rightarrow 0} \frac{d(\Delta S_d^{\frac{1}{2}})}{dd} = 0 \quad (6)$$

2) 在城市尺度上,城市建成区与郊野地区的交界处应当存在一个临界值 r ,使得:

$$\lim_{d \rightarrow 0} \frac{d(\Delta S_d^{\frac{1}{2}})}{dd} > r \quad (7)$$

表明城市边界内部POI的核密度值不再呈现显著增长趋势。

对采用夜间灯光数据和POI数据提取的建成区结果,首先进行空间相交计算,以改善灯光数据提取结果边界粗糙和POI数据提取结果破碎的缺点;然后采用形态学计算对结果进行进一步处理:(1)对提取的边界进行形态学运算,去除毛躁边界和内部碎点;(2)对相邻的要素进行合并,并删除面积微小的斑块,得到最终的提取结果。

3 结果与讨论

3.1 基于STS方法的建设用地提取结果

本文首先基于STS方法对珞珈一号和VIIRS数据进行了建设用地提取。STS方法高效

且易于操作,在不依赖其他数据辅助的情况下,能够为其他方法提供武汉市建设用地的基础认知^[4,18]。首先设定初始动态阈值,采用二分法在0~20范围内不断变换阈值,STS方法的提取结果如图4所示。由图4可以看出,随着阈值的提高,单独采用夜间灯光数据,运用STS方法提取的城市建成区面积逐渐减小。通过与谷歌地球高分辨率影像目视对比,当珞珈一号数据阈值为6时,采用STS方法提取的建设用地最接近真实情况;当VIIRS数据阈值为14时,可以提取出相对更准确的城市建设用地。此外,对珞珈一号和VIIRS得到的结果进行横向对比可以发现,VIIRS提取的建成区在空间上更加聚合,在建成区内部丧失了较多的空间细节,而珞珈一号可以更多地提取出城市建成区的空间细节,比如道路、桥梁和零散建成区。

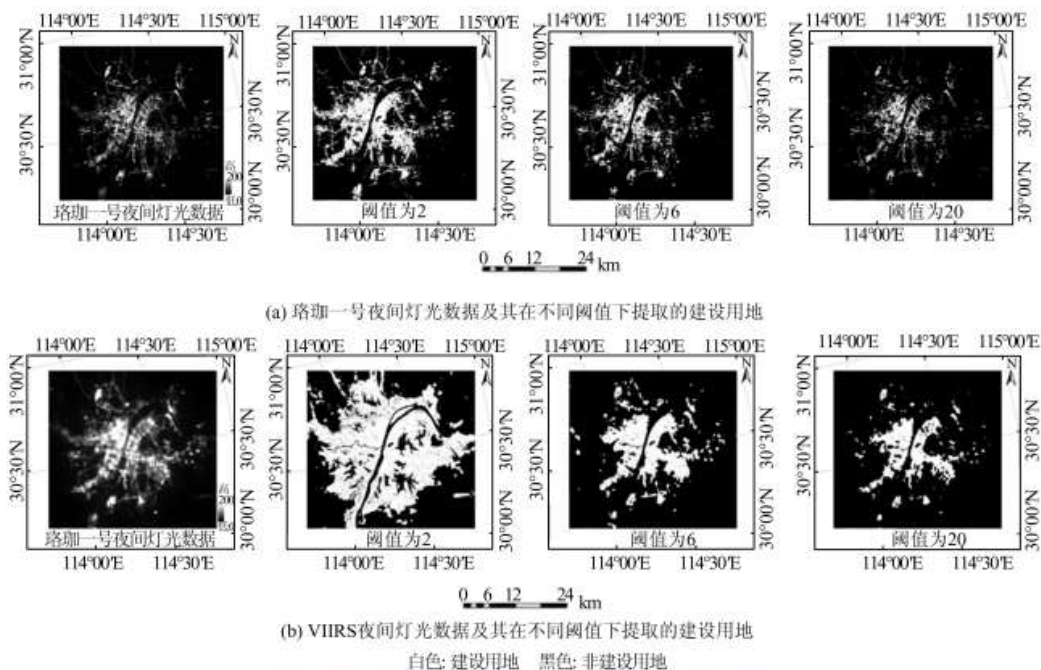


图4 基于STS对珞珈一号和VIIRS夜间灯光数据提取的建设用地

Fig.4 Extracted Urban Extents Using Nighttime Light Data of Luoja-1A and VIIRS Based on STS

3.2 基于HSI的建设用地提取结果

本文在30 m分辨率上分别对珞珈一号、VIIRS数据得到的HSI指数进行了计算,并对其进行了阈值分割。如图5所示,由珞珈一号和VIIRS数据计算出的HSI指数差别不大,但珞珈一号数据计算出的HSI指数仅在主城区部分比VIIRS数据得到的HSI指数更高。由于HSI指数同时结合了夜间灯光数据和NDVI数据,因此HSI指数相比单一的夜间灯光数据,能够在30 m

分辨率上更精细、准确地提取建设用地,并保留了丰富的空间细节。本文使用两种灯光数据计算出的HSI指数,其最优分割阈值都是0.2。此外,由于整合了NDVI数据,一部分建成区周边的裸露地表会被HSI指数提取出来,比如长江上的白沙洲部分裸露地表在4组结果中均被错分为建成区。总体来讲,珞珈一号和VIIRS数据计算出的HSI指数提取出的建成区均较为准确且差别不大,但由于VIIRS存在灯光溢出效应,因此HSI指

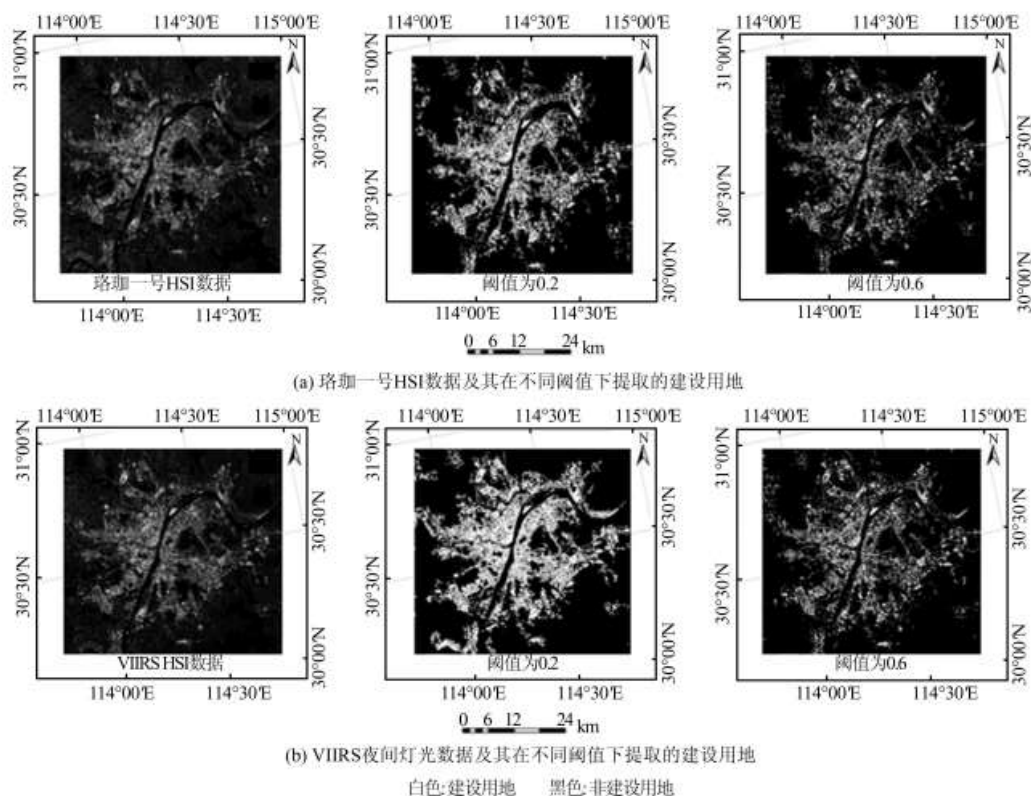


图5 珞珈一号、VIIRS的HSI数据及其在不同阈值下提取的建设用地

Fig.5 HSI and Urban Extents Under Different Thresholds from LuoJia-1A and VIIRS Data

数的提取结果在主城区内部丧失了一定的空间细节。

3.3 结合夜间灯光数据和兴趣点数据的建设用地提取

带宽的选择对于核密度分析的结果影响极大,核密度分析带宽的确定需要同时兼顾空间点

数据的实际分布情况及研究目标的特点^[24,29]。较小的带宽可用于考察空间数据在局部尺度的密度变化,而较大的带宽可以更好地反映空间数据在全局尺度上的空间分布。本文在300 m、1 000 m及3 000 m带宽下探究了武汉市POI数据的空间分布情况(见图6)。

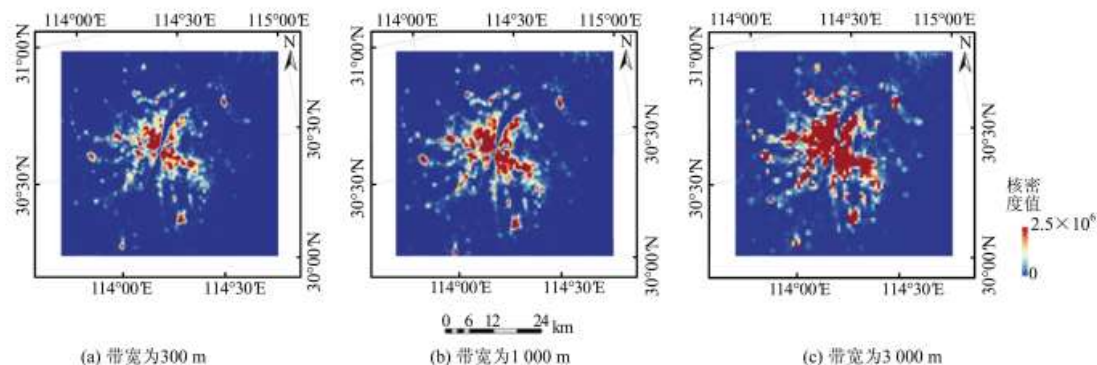


图6 武汉市兴趣点数据在不同带宽下的核密度估计图

Fig.6 Kernel Density Estimation of POIs in Wuhan at Different Bandwidths

本文采用250 000作为武汉市POI核密度临界值。由图6可知,当带宽为3 000 m时,核密度分析图空间细节较差,且高核密度值区域面积过

大;当带宽为1 000 m时,核密度图基本反映了武汉市建成区的真实情况,但是边缘依然存在被过度平滑的现象;当带宽为300 m时,边界较为清晰

且反映出了建成区内部的空间细节。因此本文使用 300 m 的带宽在十分之一带宽(30 m)的栅格单元内进行核密度计算,以平衡建设用地细节和内部完整度。结合夜间灯光数据采用面向对象方法提取的建设用地一起进行空间相交运算,并经过形态学滤波后得到最终的建设用地提取结果(见图 7)。

由图 7 可知,在主城区范围内,结合 POI 数据后,夜间灯光数据提取建成区的结果较 STS 方法差异不大。在主城区周边,相比 STS 方法的结

果,结合 POI 数据后提取出的建成区面积更小,更接近现实状况。这是由于武汉市河湖密集,单独使用夜间灯光数据提取建成区的精度受到较大影响,而考虑了 POI 在空间中的分布密度则可以较好地修正夜间灯光数据的溢出情况,从而提高建成区的提取精度^[24]。然而,该方法在青山工业区(尤其是武钢及周边地区)出现了一定的漏分情况,这一现象可能是由于大型工业用地虽然夜间灯光亮度较高,但是 POI 点分布并不密集,因而在进行空间相交操作时出现一定的误差。

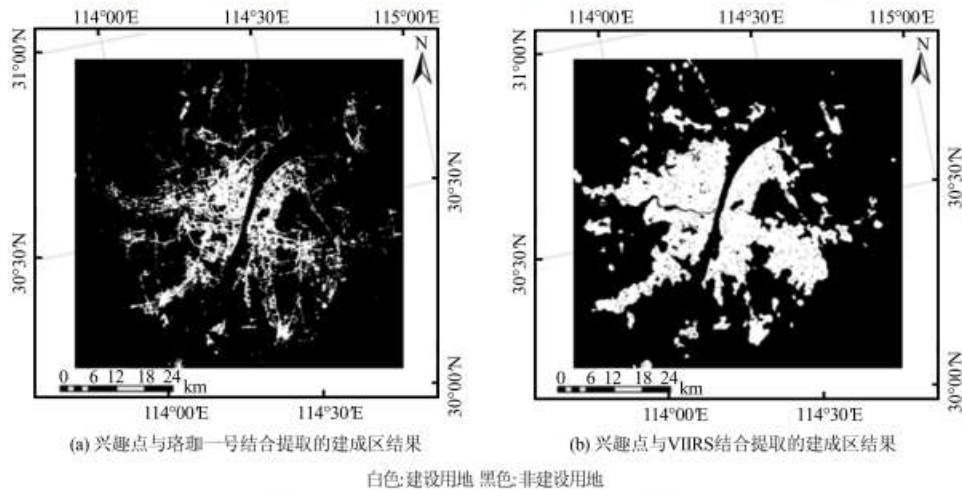


图 7 兴趣点数据与珞珈一号和 VIIRS 结合提取的建成区结果

Fig. 7 Extracted Urban Extents Integrating POIs with Luoja-1A and VIIRS Data

3.4 精度评价

为了进一步定量评价上述 3 种方法的建成区提取的准确率,本文随机选取了 1 000 个样本(见图 2),参考 1 m 分辨率的谷歌地球高分辨率影像,采用用户精度、生产者精度、总体精度以及 Kappa 系数来进行精度评价^[4]。用户精度表示被

正确提取为建成区的样本所占比例;生产者精度表示所有真实地表为建成区的样本被正确提取的概率;总体精度代表被正确识别的样本所占全部样本的比例;Kappa 系数代表样本所处真实地表状况与提取结果的一致性,能够全面地评估提取结果的准确率。各精度评价指标如表 2 所示。

表 2 提取结果的精度评价

Tab.2 Accuracy Assessment of Urban Extents Extraction

夜间灯光数据	提取方法	用户精度/%	生产者精度/%	总体精度/%	Kappa 系数
珞珈一号	基于 STS	70.50	67.30	71.40	0.503
	基于 HSI	86.90	87.20	86.10	0.769
	结合夜间灯光数据和兴趣点数据	77.10	76.30	78.50	0.618
VIIRS-DNB	基于 STS	62.70	68.20	69.60	0.482
	基于 HSI	84.50	86.60	83.70	0.702
	结合夜间灯光数据和兴趣点数据	72.80	76.90	73.50	0.574

由表 2 可知,珞珈一号数据和 VIIRS 数据结合 NDVI 数据计算 HSI 指数时,能够获得较高的提取精度。尤其是珞珈一号数据,其提取总体精度高达 86.10%,与 VIIRS 数据相比,其精度提高

了 2.40%,Kappa 系数提升了 0.067。结合 POI 数据可以在一定程度上提高建成区的提取精度,珞珈一号、VIIRS 数据结合 POI 数据的提取精度比 STS 方法的 Kappa 系数分别提高了 0.115、0.092。

VIIRS数据的生产者精度基本上高于珞珈一号数据(除采用HSI指数进行提取时)。

综上所述,珞珈一号应用于本文的3种建设用地提取方法时,其精度都要优于VIIRS,不仅能够较好地保证建成区提取的准确率,而且可以细致地反映建成区的空间细节(比如城市内部的道路桥梁、城市周边的零散建成区),而VIIRS作为一种750 m分辨率的传感器数据,在城市尺度进行建设用地的提取较为差强人意。可见,珞珈一号进一步拓宽了在城市尺度进行建成区提取、社会经济要素监测等相关话题的研究视野,弥补了DMSP/OLS与VIIRS数据仅局限于国家尺度或区域尺度的不足。但是作为一种成熟的夜间灯光数据来源,VIIRS可以提供从2011年迄今多种组合类型的数据。目前珞珈一号的使用者只能获得2018年6月至今的影像^[4,14,26],且受天气、云覆盖等的影响,珞珈一号多时相数据的可用性相比VIIRS较差。此外,VIIRS的重访周期显著小于珞珈一号,这使得在特定应用场景下(如应急监测等)VIIRS相比珞珈一号或许能发挥更大的效用。不过通过将珞珈一号数据与相近分辨率的数据进行整合(如国际空间站夜间灯光数据),能够使这一问题在一定程度上得到缓解^[4]。

4 结 语

本文以武汉市为例,通过将POI数据分别与珞珈一号和Landsat 8多光谱影像整合,采用简单阈值法、人类居住合成指数以及结合POI数据3种方法在城市尺度上进行建筑用地提取,并运用总体精度、Kappa系数等多种指标,以1 m分辨率的谷歌地球高分辨率影像为参照,对本文所述3种方法的建设用地提取精度进行了评价。结果表明,在城市尺度上进行建设用地提取时,珞珈一号数据的表现整体优于VIIRS数据,并且在与较高分辨率的其他空间数据(Landsat 8影像计算得到的NDVI数据和网络地图POI数据)进行有机整合时能够进一步提高其表现。尤其是采用HSI指数进行建设用地提取时,总体精度和Kappa系数高达86.10%和0.769。将POI数据与夜间灯光数据结合能够更准确地识别在主城区外的建成区,可以在一定程度上提高建设用地的提取精度,但是该方法易受POI数据空间分布特征的影响。3种方法中,简单阈值法最为高效简便,但是建设用地提取精度还有很大提升空间,珞珈

一号和VIIRS在本研究中采用最佳分割阈值的总体精度分别为71.40%和69.60%。

参 考 文 献

- [1] He Chunyang, Shi Peijun, Li Jinggang, et al. A Study on the Reconstruction of the Spatial Process of Urbanization in 1990s in Mainland China Based on DMSP/OLS Night Light Data and Statistical Data [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(7): 856-861(何春阳,史培军,李景刚,等.基于DMSP/OLS夜间灯光数据和统计数据的中国大陆20世纪90年代城市化空间过程重建研究[J].科学通报,2006,51(7):856-861)
- [2] Kuang Wenhui, Liu Jiyuan, Zhang Zengxiang, et al. Remote Sensing Monitoring and Spatio-Temporal Analysis of Impervious Surface of Artificial Construction in China in the Early 21st Century [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2013, 58(Z1): 465-478(匡文慧,刘纪远,张增祥,等.21世纪初中国人工建设不透水地表遥感监测与时空分析[J].科学通报,2013,58(Z1):465-478)
- [3] Xu M, He C, Liu Z, et al. How Did Urban Land Expand in China Between 1992 and 2015: A Multi-scale Landscape Analysis [J]. *PloS One*, 2016, 11: e0154839
- [4] Li X, Zhao L, Li D, et al. Mapping Urban Extent Using LuoJia 1-01 Nighttime Light Imagery [J]. *Sensors*, 2018, 18(11): 3665
- [5] Liu H, Zhan Q, Yang C, et al. The Multi-timescale Temporal Patterns and Dynamics of Land Surface Temperature Using Ensemble Empirical Mode Decomposition [J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 652: 243-255
- [6] Li Deren, Li Xi. Application of Noctilucent Remote Sensing Technology in Evaluating Economic and Social Development—Also on Its Guarantee for the Construction Quality of “One Belt and One Road” [J]. *Macro Quality Research*, 2015, 3(4): 1-8(李德仁,李熙.夜光遥感技术在评估经济社会发展中的应用——兼论其对“一带一路”建设质量的保障[J].宏观质量研究,2015,3(4):1-8)
- [7] Li Deren, Li Xi. On Data Mining of Luminous Remote Sensing [J]. *Acta Geodaetica et Cartographica Sinica*, 2015, 44(6): 591-601(李德仁,李熙.论夜光遥感数据挖掘[J].测绘学报,2015,44(6): 591-601)
- [8] Wang Jun, Yan Zhongwei, Li Zhen, et al. Effects of Urbanization on Extreme Temperature in Beijing in Recent 30 Years [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2013, 58(33): 3464-3470(王君,严中伟,李珍,等.

- 近30年城市化对北京极端温度的影响[J]. 科学通报, 2013, 58(33):3464-3470)
- [9] Zhou D, Zhao S, Liu S, et al. Surface Urban Heat Island in China's 32 Major Cities: Spatial Patterns and Drivers [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2014, 152: 51-61
- [10] Xu Zening, Gao Xiaolu. A Boundary Identification Method for Urban Built-up Areas Based on the Interest Points of Electronic Maps [J]. *Acta Geographica*, 2016, 71(6):928-939(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)
- [11] Wu Jiansheng, Liu Hao, Peng Jian, et al. Hierarchical Structure and Spatial Pattern of Urban System in China: An Empirical Study Based on DMSP/OLS Night Light Data [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(6):759-770(吴健生, 刘浩, 彭建, 等. 中国城市体系等级结构及其空间格局——基于DMSP/OLS夜间灯光数据的实证[J]. 地理学报, 2014, 69(6):759-770)
- [12] Li Deren, Yu Hanruo, Li Xi. Analysis of Temporal and Spatial Pattern of Urban Development in Countries Along "One Belt and One Road" Based on Luminous Remote Sensing Images [J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2017, 42(6):711-720(李德仁, 余涵若, 李熙. 基于夜光遥感影像的“一带一路”沿线国家城市发展时空格局分析[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2017, 42(6):711-720)
- [13] Li Zhi, Yang Xiaomei, Meng Fan, et al. Research on Multi-Source Remote Sensing Collaborative Extraction Method for Urban Built-up Areas [J]. *Journal of Earth Information Science*, 2017, 19(11): 1522-1529(李治, 杨晓梅, 孟樊, 等. 城市建成区多源遥感协同提取方法研究[J]. 地球信息科学学报, 2017, 19(11):1522-1529)
- [14] Li Xi, Li Xiya, Li Deren, et al. A Preliminary Investigation of Luoja-I Night-Time Light Imagery [J]. *Remote Sensing Letters*, 2019, 10: 526-535
- [15] Cheng Xi, Wu Wei, Xia Liegang, et al. Study on the Automatic Extraction Method of Impermeable Water Surface by Integrating Night Light Data and Landsat TM Image [J]. *Journal of Earth Information Science*, 2017, 19(10): 1364-1374(程熙, 吴炜, 夏列钢, 等. 集成夜间灯光数据与Landsat TM影像的不透水面自动提取方法研究[J]. 地球信息科学学报, 2017, 19(10):1364-1374)
- [16] Lin Zhongli, Xu Hanqiu, Huang Shaolin. Dynamic Monitoring of Urban Expansion in East China Coastal Area Based on DMSP/OLS Night Light Image [J]. *Journal of Earth Information Science*, 2019, 21(7): 1074-1085(林中立, 徐涵秋, 黄绍霖. 基于DMSP/OLS夜间灯光影像的中国东部沿海地区城市扩展动态监测[J]. 地球信息科学学报, 2019, 21(7): 1074-1085)
- [17] Shi K, Huang C, Yu B, et al. Evaluation of NPP-VIIRS Night-Time Light Composite Data for Extracting Built-up Urban Areas [J]. *Remote Sensing Letters*, 2014, 5(4):358-366
- [18] Shu Song, Yu Bailang, Wu Jianping, et al. Evaluation and Application of Extraction Method Based on Night Light Data in Urban Built-up Areas [J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2011, 26(2): 169-176(舒松, 余柏菡, 吴健平, 等. 基于夜间灯光数据的城市建成区提取方法评价与应用[J]. 遥感技术与应用, 2011, 26(2):169-176)
- [19] Sutton P, Roberts D, Elvidge C, et al. Census from Heaven: An Estimate of the Global Human Population Using Night-Time Satellite Imagery [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2001, 22: 3061-3076
- [20] Imhoff L M, Lawrence W T, Stutzer D C, et al. A Technique for Using Composite DMSP/OLS "City Lights" Satellite Data to Map Urban Area [J]. *Remote Sensing of Environment*, 1997, 61: 361-370
- [21] Zhou Y, Smith S J, Elvidge C D, et al. A Cluster-Based Method to Map Urban Area from DMSP/OLS Nightlights [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2014, 147:173-185
- [22] Lu D, Tian H, Zhou G, et al. Regional Mapping of Human Settlements in Southeastern China with Multi-sensor Remotely Sensed Data [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2008, 112:3668-3679
- [23] Liu X, Hu G, Ai B, et al. A Normalized Urban Areas Composite Index Based on Combination of DMSP/OLS and MODIS for Mapping Impervious Surface Area [J]. *Remote Sensing*, 2015, 7(12): 17168-17189
- [24] Zheng Honghan, Gui Zhipeng, Li Fa, et al. Extraction Method of Built-up Area by Combining Night Light Data and Interest Point Data [J]. *Geography and Geographic Information Science*, 2019, 35(2): 31-38(郑洪晗, 桂志鹏, 栗法, 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):31-38)
- [25] Zhan Qingming, Yue Yafei, Xiao Yinghui. Expansion and Development of Wuhan Built-up Area and Verification of Planning Implementation [J]. *Urban Planning*, 2018, 42(3): 63-71(詹庆明, 岳亚飞, 肖映辉. 武汉市建成区扩展演变与规划实施验证[J]. 城市规划, 2018, 42(3): 63-71)

- [26] Dou Y, Liu Z, He C, et al. Urban Land Extraction Using VIIRS Nighttime Light Data: An Evaluation of Three Popular Methods [J]. *Remote Sensing*, 2017, 9(2):175-182
- [27] Xu Hanqiu. Extraction of Water Body Information by Improved Normalized Differential Water Body Index (MNDWI) [J]. *Journal of Remote Sensing*, 2005, 9(5):589-595(徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J]. 遥感学报, 2005, 9(5):589-595)
- [28] Cai J, Huang B, Song Y. Using Multi-source Geospatial Big Data to Identify the Structure of Polycentric Cities [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2017, 202: 210-221

Extracting Built-up Areas Using LuoJia-1A Nighttime Light Imageries in Wuhan, China

LIU Quanyi^{1,2} ZHAN Qingming^{1,2} LI Jiansong³ YANG Chen^{1,2} LIU Wen^{1,2}

1 School of Urban Design, Wuhan University, Wuhan 430079, China

2 Research Centre for Digital City, Wuhan University, Wuhan 430079, China

3 School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079, China

Abstract: The extent of urban built-up areas is important to understand the current status and development of cities, also is one of the preconditions to implement the control of urban boundaries and manage the layout of urban functional space. In the past, the accuracy of urban built-up areas extraction using nighttime light imageries is often limited by data resolution and spatial scales. The LuoJia-1A satellite, launched on 2018-06-02, provides a new source of nighttime light data at 130-meter resolution, which has great potential in extent extraction of urban built-up areas. In this paper, integrating LuoJia-1A nighttime light data with Landsat 8 multispectral imageries and point of interest (POI), the extent of built-up areas in Wuhan, China has been extracted using human settlement index (HSI) and thresholds, respectively. The results of LuoJia-1A data have been compared with results obtained from visible infrared imager radiometer suite (VIIRS) data using corresponding methods. The results show that the extracted urban extent extracted by HSI using LuoJia-1A data possesses the highest accuracy, with a Kappa coefficient of 0.769. Correspondingly, the Kappa coefficient of built-up areas extent obtained by HSI method using VIIRS data is 0.702. The accuracies of urban extent extracted by integrating LuoJia-1A and VIIRS images with POIs are relatively lower, which have respectively present Kappa coefficients of 0.618 and 0.574. The Kappa coefficients of extraction accuracies using simple thresholds segmentation(STS) method from raw LuoJia-1A and VIIRS images are 0.503 and 0.482. The results reveal that LuoJia-1A nighttime light data benefit urban extent extraction for its finer resolution and more abundant spatial details, compared with its predecessors such as DMSP/OLS and VIIRS.

Key words: LuoJia-1A nighttime light data; urban built-up areas extent; point of interest; human settlement index; visible infrared imager radiometer suite

First author: LIU Quanyi, master, specializes in the application of geographic information system and remote sensing technology in urban planning and management. E-mail: 2017282090233@whu.edu.cn

Corresponding author: ZHAN Qingming, PhD, professor. E-mail: qmzhan@whu.edu.cn

Foundation support: The National Natural Science Foundation of China(51878515).

引文格式: LIU Quanyi, ZHAN Qingming, LI Jiansong, et al. Extracting Built-up Areas Using LuoJia-1A Nighttime Light Imageries in Wuhan, China[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2021, 46(1):30-39. DOI:10.13203/j.whugis.20190376(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. DOI: 10.13203/j.whugis.20190376)