

文章编号: 1008 - 2786 - (2019)1 - 144 - 07

DOI: 10. 16089/j. cnki. 1008 - 2786. 000408

# 基于大疆无人机遥感的农村居民点建筑密度与容积率的测算

杨存建<sup>1</sup>, 李何超<sup>2\*</sup>, 许光洪<sup>3</sup>, 向 筱<sup>2</sup>, 杨德菲<sup>4</sup>

(1. 四川师范大学 西南土地资源评价与监测教育部重点实验室 遥感与 GIS 应用研究中心, 成都 610068;

2. 四川省土地统征整理事务中心, 成都 610000; 3. 重庆邮电大学, 重庆 400065; 4. 南京林业大学 风景园林学院, 南京 210037)

**摘 要:** 居民点建筑密度与容积率的测定, 是农村建设用地节约利用和人居环境质量评价的重要基础。由于资金、技术和人力等限制, 致使该项工作目前基本处于空白状态。本文探索出了一套基于大疆无人机遥感的农村居民点建筑密度和容积率的测算方法。主要包括: 无人机影像获取、影像镜头校正、正射影像生成、影像拼接、房屋地基范围判读提取与建库、房屋楼层数判读提取与建库、居民点建筑密度与容积率计算及其精度评价。利用该方法, 测算得出了成都市新都区清流镇的一个典型新村居民点的建筑密度和容积率, 分别为 0.456, 0.986, 其精度满足要求。该研究表明: 该方法具有成本低、效率高、易学易用特点, 利用该方法可以实现平原和山区平坦区农村居民点建筑密度和容积率的准确测算; 通过新村建设, 该农村居民点的建筑密度和容积率得到了提高, 农村建设用地得到了节约, 农村人居环境得到了改善。该方法不仅在平原区域, 而且在山区小块平坦区都具有广阔的应用前景和推广价值; 该研究成果对促进农村建设用地优化节约利用与人居环境改善具有重要的现实意义。

**关键词:** 无人机遥感; 影像处理; 农村居民点; 建筑密度; 容积率

**中图分类号:** P237

**文献标志码:** A

农村居民点建筑密度和容积率是建设用地节约利用与人居环境质量评价的重要指标<sup>[1,2]</sup>。社会主义新农村建设和城乡建设用地增减挂钩促进了乡村发展<sup>[3,4,5]</sup>。部分农民通过拆旧建新, 节约出了农村建设用地, 并将原有宅基地整理成了耕地。原居民点多是一层或二层房屋, 而新居民点则多是二层或三层房屋。原居民点建筑密度和容积率普遍偏低, 而新居民点则普遍得到了提高。拆旧建新, 提高新建农村居民点建筑密度和容积率是节约农村建设用地的重要途径。合理的农村居民点建筑密度和容积

率既有利于改善农村人居环境, 又有利于节约农村建设用地, 农村居民点建筑密度和容积率的测定是把控其合理性的重要基础。乡村振兴战略为乡村发展带来了新的机遇, 农村居民点的合理布局及其人居环境改善等工作亟须加强。农村居民点建筑密度和容积率的测定具有重要意义。因农村居民点量大分散, 使得其建筑密度和容积率的测定有一定难度, 山区居民点更为分散, 难度更大。因此, 该工作目前基本处于空白状态。

城市建筑密度和容积率长期以来都是城市内各

**收稿日期** (Received date): 2018 - 06 - 11; **改回日期** (Accepted date): 2018 - 12 - 03

**基金项目** (Foundation item): 国家科技支撑项目 (2014BAL01B04); 四川省教育厅重点项目 (11ZA098)。[National Science and Technology Support Project (2014BAL01B04); Key Project of Sichuan Provincial Department of Education (11ZA098)]

**作者简介** (Biography): 杨存建 (1967 - ), 男, 成都新都人, 博士, 研究员, 主要研究方向: 遥感与 GIS 应用研究。[YANG Cunjian (1967 - ), male, born in Xindu District of Chengdu, Sichuan Province, Ph. D., professor, research on application of remote sensing and GIS] E-mail: yangcj2008@126.com

\* **通讯作者** (Corresponding author): 李何超 (1957 - ), 男, 山东商河县人, 研究员, 主要研究方向: 土地利用与整理。[LI Hechao (1957 - ), male, born in Shanghe County of Shandong Province, professor, research on land use and management] E-mail: sclihe@163.com

小区的重要指标。有学者探讨了利用 QuickBird 卫星影像来提取城市的建筑密度和容积率<sup>[6]</sup>, 评定建筑物高度估算的平均精度为 88%。这类方法采用以下步骤: 利用遥感影像获取建筑物地基面积; 利用建筑物的阴影估算出建筑物的高度; 利用建筑物的高度和平均楼层高度估算出层数; 最后估算出建筑密度和容积率。还有学者利用 QuickBird 卫星高分辨率遥感影像, 通过目视判读出北京市不同建筑密度区, 认为其建筑密度区类型判定和边界划分综合精度在 90% 以上<sup>[7]</sup>。然而, 上述方法, 未对建筑密度和容积率的测定精度进行评定, 此外还缺少对农村居民点的探讨。总之, 利用高分辨率卫星遥感影像测算建筑密度和容积率仍然处于初步研究阶段。高分卫星遥感与无人机遥感相比, 存在优缺点。其优点是影像覆盖面积大。其缺点有以下几个方面: 成像不够灵活, 容易受云雾影响, 在多云雾地区难以获得无云影像; 其影像空间分辨率比无人机遥感低, 难以从中判读出房屋的楼层数; 当只需居民点影像时, 卫星遥感影像中非居民点的影像信息被浪费, 而无人机遥感可以只对居民点进行遥感成像, 从而提高针对性, 减少浪费。

近年来, 无人机遥感技术发展迅速, 在土地利用规划<sup>[8]</sup>、土地整治<sup>[9,10]</sup>、农村土地承包权登记<sup>[11]</sup>、矿山地质灾害精细探测<sup>[12]</sup>、土地整理施工监控<sup>[13]</sup>、山洪灾害调查评价<sup>[14]</sup>等方面已取得了应用成果。然而, 在这些应用中, 所使用的无人机多为航测型无人机, 存在适用性的问题: 价格高, 一般在几十万元以上; 操作复杂, 培训操作人员投入大; 对起飞环境要求较高, 需要申请飞行空域; 装配高精度的 GPS, 需要专门的航空摄影测量软件 (例如: PixelGrid 软件和 MAP-AT 软件) 才能制作正射影像图<sup>[15]</sup>; 其影像分辨率可达 5 ~ 40 cm, 成图比例尺一般在 1:500 ~ 1:5000 之间<sup>[16]</sup>。大疆 (DJI) PHANTOM2 VISION+ 无人机价格便宜, 在 8000 元以下; 其操作简单, 易学易用, 培训操作人员投入少; 对起飞条件要求不高; 在非禁空区, 低空飞行无须申请空域, 具有很好的灵活性。但是, 该无人机航拍所用相机为鱼眼相机, 其获取的影像为鱼眼影像, 不能直接应用, 需要寻求处理办法<sup>[17,18,19]</sup>; 无高精度的 GPS, 其影像无精确的内外方位元素, 需要探索由其生成正射影像的有效方法。大疆 PHANTOM2 VISION+ 无人机在农村居民点和土地利用调查方面, 其应用研

究至今未见报道。因此, 利用大疆无人机来测算农村居民点的建筑密度和容积率, 不仅具有广阔的应用需求, 而且颇具技术难度。为此, 本研究开展了基于大疆无人机遥感的农村居民点建筑密度与容积率的测算研究, 探索出了一套成本低、效率高的测算方法, 利用该方法可以实现平原和平坝区农村居民点建筑密度和容积率的准确测算。这对全面建成小康社会和乡村振兴具有重要的意义。

## 1 试验区与数据

该研究的试验区为一个典型新农村居民点, 位于成都市新都区清流镇。2009 年, 该镇实施了城乡建设用地增减挂钩项目。部分农户拆除了原有房屋, 并将其宅基地整理成了耕地。这些农户被集中安置在该镇新农村居民点上。农户原有房屋多为一层或二层, 而在新居民点上的房屋则多为三层。为了有效管控该居民点的土地节约利用和人居环境, 其建筑密度和容积率需要测量。因此, 该新农村居民点被选为试验区。试验所用无人机为大疆 PHANTOM2 VISION+ 无人机。所用基准影像为具有地理坐标的正射高分遥感影像, 其影像分辨率约为 0.6 m, 如图 1 所示。



图1 农村居民点的高分遥感影像

Fig. 1 A remote sensing image of a rural settlement with high resolution



## 2 试验步骤和方法

### 2.1 无人机遥感影像获取

将无人机升空至 150 m 的高度,开始航拍。对无人机实施水平方向的前进操作,当飞到指定位置时,悬停无人机,进行垂直摄影航拍和倾斜航拍。按规划航拍线路,通过前、后、左、右地水平移动无人机,进行多次航拍。该无人机的飞行半径为 500 m;其在空时间为 25 min。一次飞行,拍摄影像近 40 张,覆盖了整个居民点区域。其相机为鱼眼相机,像素为 1400 万。影像为鱼眼影像,大小为  $4384 \times 3288$  像素。

### 2.2 无人机影像的镜头校正处理

该无人机获得的鱼眼影像分辨率由中心到边缘呈现降低的趋势。该影像变形大,不能直接使用。通过试验,探索出了有效的处理方法。该方法为:利用 Adobe Photoshop CS6 软件,将影像调入到图像处理系统中,在主菜单中选区滤镜下拉菜单,在下拉菜单中选取镜头校正,在镜头校正菜单中,选取相机制造商为 DJI,相机型号为 PHANTOM VISION FC200,镜头型号为 PHANTOM VISION FC200,然后选取确定,从而实现无人机影像的镜头校正处理<sup>[20]</sup>。据此,对所有无人机影像进行镜头校正处理。经处理后的影像,其变形得到了校正处理,结果如图 2 和图 3 所示。经目视检验分析,经镜头校正处理后的影像质量较好,影像中心与边缘的分辨率达到一致。

### 2.3 大疆无人机影像的几何校正处理

利用该区域具有投影和坐标系的正射高分辨率遥感影像作为参照影像。利用遥感图像处理软件,



图 2 鱼眼影像

Fig. 2 Fisheye image



图 3 鱼眼镜头校正后的影像

Fig. 3 Image corrected using fisheye lens correction model

在该参照影像和大疆无人机遥感影像上选取道路、河流的交叉点或拐点、田块和房屋的角点等作为控制点<sup>[21,22]</sup>,确保每张大疆无人机影像上,至少有 9 个以上的控制点、且分布相对均匀。在遥感图像处理软件系统中,选取多项式几何校正模块,利用这些控制点,并选用最近邻法,并设置校正后的分辨率为 10 cm,对大疆无人机影像进行几何校正。据此,对所有大疆无人机影像进行处理,从而得到校正后的影像。通过检查测定,校正后的影像几何精度均在 2 个像元以内。

### 2.4 大疆无人机影像的拼接

利用相关遥感图像处理软件系统实现大疆无人机影像的拼接。首先,为研究区域生成一个新的影像文件;然后,将要拼接的校正影像调入,选取用于镶嵌的区域,将其拼接到该区域影像文件中;其次,依次选取相邻的校正影像,并选取其镶嵌区域,将其拼接到该区域影像文件中;最后,形成覆盖试验区居民点的无人机遥感拼接影像。在拼接时,尽量选用影像变形小的中央区域部分,并选取明显处进行拼接,以便获得较好的拼接效果。影像拼接的结果影像如图 4 所示。在 ARCGIS 环境下,放大影像,对所有接边处进行接边错位目视检查,并对错位最大处进行测定,经测定,最大接边错位误差不超过 30 cm。

### 2.5 房屋数据库的构建

在 ARCGIS 环境下,在拼接的正射影像上,对房屋地基范围进行目视判读和数字化,建立房屋地基 GIS 数据库。在倾斜无人机影像上,判读出每栋房屋的楼层数,并在房屋地基 GIS 数据库的基础上,构建出房屋楼层 GIS 数据库。在地面上,进行抽样调查,所抽房屋的楼层数判读均为正确。因此,从倾斜



图4 镶嵌的无人机遥感影像

Fig. 4 The mosaic image obtained by UAV remote sensing

无人机影像上判读房屋楼层数的准确率为100%。利用ARCGIS软件对每栋房屋的地基面积进行计算,结合其楼层数,计算出房屋建筑面积,在此基础上,建立房屋GIS数据库。房屋建筑物分布如图5所示。



图5 建筑物分布(红色为建筑物)

Fig. 5 Building distribution (Buildings in red)

## 2.6 居民点建筑密度和容积率的测算

该居民点的范围是由居民点与农田的边界、居民点与道路的边界等共同围成。在ARCGIS环境

下,在拼接的正射影像上,对居民点范围进行目视判读和数字化,并建立居民点范围数据库,利用ARCGIS测算其面积,该居民点范围的总面积( $JMA$ )为 $84\,380\text{ m}^2$ 。利用ARCGIS软件,统计出该居民点的房屋地基总面积( $FW$ ),为 $38\,494\text{ m}^2$ ;计算出该居民点的建筑总面积( $JM$ ),为 $83\,170\text{ m}^2$ 。该居民点的建筑密度( $JMD$ )和容积率( $RJL$ )的计算公式如下:

$$JMD = FW/JMA \quad (1)$$

$$RJL = JM/JMA \quad (2)$$

利用以上公式,测算出该居民点的建筑密度为0.456,容积率为0.986。

## 2.7 精度分析

在ARCGIS环境下,在基准影像上,房屋、道路、地块和居民点范围清楚,对该居民点的范围进行目视判读和数字化,并建立基于基准影像的居民点范围GIS数据库,利用ARCGIS软件测算其面积为 $84\,380\text{ m}^2$ 。经地面检查,该居民点范围判读准确。因此,以基准影像上所得到的居民点范围面积为真值,对基于无人机影像测算得到的居民点范围面积进行精度计算,得到无人机测算面积的精度为99.95%。由于建筑密度是相对数据,其精度主要由房屋地基总面积和居民点范围面积的精度所决定,房屋地基面积由影像分辨率所决定。容积率的精度由房屋地基面积、房屋楼层数和居民点范围面积的精度所决定。由于该无人机影像分辨率高,达到10 cm,这比卫星遥感影像的最高分辨率(31 cm)要高,这从理论上保证了无人机遥感的精度比高分卫星遥感的高,倾斜无人机影像更有利于楼层判读,房屋地基范围和楼层数由目视判读得到,其精度较高。因此,所测得的该居民点建筑密度和容积率的精度较高,能够完全满足需求。

## 3 结果与讨论

(1)该研究探索出了一套基于大疆PHANTOM2 VISION+无人机测定农村居民点建筑密度和容积率的先进技术方法。

该方法包括:获取垂直摄影影像,用于产生正射影像;获取倾斜摄影,用于判读楼层数;影像镜头校正,去除影像形变;影像几何校正,获取正射影像;影像拼接;房屋地基和楼层数判读建库;居民点范围判



读和建库、居民点建筑密度和容积率测算。利用该方法,对成都市新都区清流镇的一个典型新农村居民点进行了应用示范。在应用示范中,无人机起飞前准备半个小时,飞行航拍 25 min,飞后整理 5 min。1 人负责飞行,1 人负责航拍,2 人负责数据处理。获得了该居民点的无人机影像 40 多幅;处理得到了覆盖整个居民点的无人机正射影像,其影像质量好。判读建立了该居民点房屋 GIS 数据库和该居民点范围 GIS 数据库。计算得到了该居民点的房屋地基总面积、建筑总面积、建筑密度和容积率,分别为 38 494 m<sup>2</sup>、83 170 m<sup>2</sup>、0.456 和 0.986,其精度较高,能满足要求。与原有农村居民点相比,其建筑密度和容积率有所提高。这也表明,通过拆旧建新,农村居民点的建设用地得到了节约利用,人居环境得到了改善。

(2) 该技术具有较高的应用价值和推广前景。

大疆 PHANTOM2 VISION + 无人机价格在 8000 元人民币以内,很多单位和研究者都买得起。该无人机操作简单易学、易用,操作人员培训成本低,几天即可学会。该无人机对起飞条件要求不高,只需无障碍物的 9 m<sup>2</sup> 空地就可起落。其飞行高度在 200 m 以下,对云雾和空管的限制要求较低,具有飞行灵活的优点。数据处理不需要高档的计算机和专门的昂贵的航空摄影软件,只需要 Adobe Photoshop CS6 和一般的图像处理软件,就可以处理得到覆盖居民点的正射影像。利用一般的 GIS 软件就可以建立数据库,计算出居民点的建筑密度和容积率。土地资源调查、地理国情监测和农村土地确权已积累了大量的具有地理坐标的高分遥感影像和专题图,这为控制点的获取提供了条件,从而减少从地面获取控制点的成本。所有这些,使得该技术方法容易被推广应用。

(3) 该方法是高分卫星遥感和航空遥感的重要补充。

与高分卫星遥感相比,利用该方法难以快速获取大范围的无人机遥感影像。但是,对于分散的居民点而言,当只需获取覆盖居民点的无人机遥感影像时,该方法也具有独特的优点。与大型无人机相比,该无人机无高精度的 GPS,难以利用该无人机影像生成 DEM。因此,该方法适用于地面上的居民点建筑密度和容积率的测算,而对非地面上的居民点则不适用。进一步的研究在于探索出更加智能的正射

校正方法和房屋地基自动提取的方法,从而进一步提高自动化程度和效率。

总之,该研究为平原、高原、以及山区和丘陵的平地区的农村居民点建筑密度和容积率测算的探索出了一套极其适用的技术方法。该技术方法具有易学、易用、效率高、成本低、风险小的优点。该研究成果在平原、高原和平坝地区具有较大的应用前景和推广价值。该研究成果为农村居民点建筑密度和容积率的获取、监测、优化和调控提供了先进的科技支撑,这对农村居民点的优化利用以及人居环境改善具有重要意义。

**致谢:**感谢 Dr. Shixiong Hu from East Stroudsburg University of Pennsylvania, USA 对英文的润色!

## 参考文献 (References)

- [1] 游细斌,代启梅,郭昌晟. 基于熵权 TOPSIS 模型的南方丘陵区乡村人居环境评价——以赣州为例[J]. 山地学报, 2017, **35** (6): 899 - 907. [YOU Xibin, DAI Qimei, GUO Changsheng. Evaluation of rural human settlement in hill area in southern China based on entropy TOPSIS model—a case study of Ganzhou[J]. Mountain Research, 2017, **35** (6): 899 - 907]
- [2] 王毅,陆玉麒,车冰清,等. 浙江省生态环境宜居性测评[J]. 山地学报, 2017, **35** (3): 380 - 387. [WANG Yi, LU Yuqi, CHE Bingqing, et al. Eco-environment evaluation for human settlements in Zhejiang province[J]. Mountain Research, 2017, **35** (3): 380 - 387]
- [3] 岳瑞,李立华,黄茹莉. 乡村旅游对山区积极老龄化的影响——以都江堰市为例[J]. 山地学报, 2018, **36** (5): 774 - 783. [YUE Rui, LI Lihua, HUANG Jiali. The impact of rural tourism on the active aging in mountain areas —a case study of Dujiangyan city, China[J]. Mountain Research, 2018, **36** (5): 774 - 783]
- [4] 寇相玮,李伟芳,姜文达,等. 宁波四明山区农村聚落空间格局及影响因素[J]. 山地学报, 2018, **36** (5): 784 - 791. [KOU Xiangwei, LI Weifang, JIANG Wenda. Spatial pattern and influence factors of rural settlements; a case of Siming mountain area in Ningbo city[J]. Mountain Research, 2018, **36** (5): 784 - 791]
- [5] 闵婕,杨庆媛. 三峡库区乡村聚落空间演变及驱动机制——以重庆万州区为例[J]. 山地学报, 2016, **34** (1): 100 - 109 [MIN Jie, YANG Qingyuan. Spatial evolution and driving mechanism of the rural settlement in the three gorges reservoir area: A case in Wanzhou county[J]. Mountain Research, 2016, **34** (1): 100 - 109]
- [6] 李锦业,张磊,吴炳方,等. 基于高分辨率遥感影像的城市建筑密度和容积率提取方法研究[J]. 遥感技术与应用, 2007, **22** (3): 309 - 313. [LI Jinye, ZHANG Lei, WU Bingfang, et al. Study on extracting building density and floor area ratio based on high resolution image[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2007, **22** (3): 309 - 313]

- [7] 葛亚宁,徐新良,李静,等.北京城市建筑密度分布对热岛效应的影响研究[J].地球信息科学学报,2016,18(12):1698-1706. [GE Yaning, XU Xinliang, LI Jing, et al. Study on the influence of urban building density on the heat island effect in Beijing [J]. Journal of Geo-information science, 2016, 18(12): 1698-1706]
- [8] 张孝成,赵紫阳,周志跃,等. CORS 和无人机遥感技术结合在村级土地利用规划中的应用——以重庆市江津区燕坝村为例[J].中国土地科学,2012,26(1):82-85. [ZHANG Xiaocheng, ZHAO Ziyang, ZHOU Zhiyue, et al. The application of the combination between CORS and UAV remote sensing technology to land use planning at village level: taking the Yanba village in the Jiangjin District of Chongqing as example[J]. China Land Science, 2012, 26(1): 82-85]
- [9] 任向红. 基于低空无人机航空影像的土地整治项目正射影像图制作[J]. 测绘技术装备, 2014, 16(1): 48-51. [REN Xianghong. Obtaining orthophoto for land arrangement project based on low altitude unmanned aircraft[J]. Geomatics Technology and Equipment. 2014, 16(1): 48-51]
- [10] 罗先权,王琰,袁小燕.农村土地整治测绘技术方法的探索与实践[J].地理空间信息,2013,11(5):37-39. [LUO Xianquan, WANG Yan, YUAN Xiaoyan. Exploration and practice of surveying and mapping technology method in rural land consolidation project[J]. Geospatial Information, 2013, 11(5): 37-39]
- [11] 王杰,梁景辉,郑金祥.浅谈无人机在农村土地承包登记中的应用[J].测绘与空间地理信息,2014,37(8):183-184. [WANG Jie, LIANG Jinghui, ZHENG Jinxiang. Discussion on the application of UAV in the registration of rural land contract [J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2014, 37(8): 183-184]
- [12] 赵星涛,胡奎,卢晓攀,等.无人机低空航摄的矿山地质灾害精细探测方法[J].测绘科学,2014,39(6):49-52. [ZHAO Xingtao, HU Kui, LU Xiaopan, et al. Precise detection method for mine geological disasters using low-altitude photogrammetry based on unmanned aerial vehicle [J]. Science of Surveying and Mapping, 2014, 39(6): 49-52]
- [13] 季顺海,刘耀.无人机低空遥感技术在土地整理施工监控中的应用探索[J].现代测,2014,37(3):48-50. [JI Shunhai, LIU Yao. The application of UAV remote sensing technology in land consolidation construction monitoring [J]. Modern Surveying and Mapping, 2014, 37(3): 48-50]
- [14] 刘昌军,郭良,岳冲.无人机航测技术在山洪灾害调查评价中的应用[J].中国防汛抗旱,2014,24(3):3-7. [LIU Changjun, GUO Liang, YUE Chong. Application of the UAV aerial technique in evaluation of flash flood disasters[J]. China Flood & Drought Management, 2014, 24(3): 3-7]
- [15] 王雅萍,陈宜金,谢东海,等.面向无人机水域影像的自动拼接方法[J].长江科学院院报,2014,31(5):92-95. [WANG Yaping, CHEN Yijin, XIE Donghai, et al. Automatic mosaic method for UAV water-area images [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2014, 31(5): 92-96]
- [16] 刘洋,祁琼.无人机航摄技术在国土资源领域的应用[J].地理空间信息,2014,12(1):29-30. [LIU Yang, QI qiong. Application of unmanned aerial vehicle technology in the field of land and resources [J]. Geospatial Information, 2014, 12(1): 29-30]
- [17] 詹总谦,王鑫,彭敏.鱼镜头全景影像可测量关键算法研究[J].测绘通报,2015,(1):70-74. [ZHAN Zongqian, WANG Xin, PENG Min. The key measurable algorithm research based on panoramic image of fish-eye Lens [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2015, (1): 70-74]
- [18] 宋阳,周亚丽,张奇志.鱼镜头径向畸变的校正方法[J].仪器仪表学报,2017,38(4):1014-1023. [SONG Yang, ZHOU Yali, ZHANG Qizhi. Correction method for radial distortion of fisheye lens [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2017, 38(4): 1014-1023]
- [19] 郑亮,陶乾.鱼镜头自标定和畸变校正的实现[J].计算机工程,2016,42(9):252-256. [ZHENG Liang, TAO Qian. Implementation of self-calibration and distortion correction for fish eye lens [J]. Computer Engineering, 2016, 42(9): 252-256]
- [20] 杨存建,李何超,李晓,等.基于多旋翼大疆无人机的土地利用正射遥感影像的快速获取方法研究[J].安徽农业科学,2017,45(33):60-62,64. [YANG Cunjian, LI Hechao, LI Xiao, et al. Study on rapidly obtaining landuse remote sensing image using dajiang unmanned aircraft [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2017, 45(33): 60-62, 64]
- [21] 徐德兰,张东东,张翠英,等.3个时期骆马湖大型水生植物的分布及变化[J].湿地科学,2013,11(3):320-325. [XU Delan, ZHANG Dongdong, ZHANG Cuiying, et al. Distribution and change of macrophytes in Luoma lake for 3 periods [J]. Wetland Science, 2013, 11(3): 320-325]
- [22] 许志华,刘纯波,王平,等.四川芦山 Ms7.0 级地震空基联合观测与灾情增强识别[J].科技导报,2013,31(12):37-41. [XU Zhihua, LIU Chunbo, WANG Ping, et al. Airborne union observation and disaster enhanced identification of Ms 7.0 Lushan earthquake [J]. Science & Technology Review, 2013, 31(12): 37-41]

# A Measure to the Building Density and Floor Area Ratio of Rural Settlements Based on Da Jiang Unmanned Aerial Vehicle Remote Sensing

YANG Cunjian<sup>1</sup>, LI Hechao<sup>2\*</sup>, XU Guanghong<sup>3</sup>, XIANG Xiao<sup>2</sup>, YANG Defei<sup>4</sup>

(1. *Research Center of Remote Sensing and GIS Application, Key Laboratory of Land Resources Evaluation and Monitoring in Southwest, Ministry of Education, Sichuan Normal University, Chengdu 610068, China*; 2. *Sichuan Land Consolidation and Rehabilitation Center, Chengdu 610000, China*; 3. *Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China*; 4. *College of Landscape Architecture, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China*)

**Abstract:** Surveying the building density and floor area ratio of rural settlements is an important task in evaluating economical utilization of rural construction land and quality of rural human settlements. However, due to the limits of funding, technology and manpower for research, the study in this field is relatively week. A new method to survey the building density and floor area ratio of rural settlements with Da Jiang (DJ) Unmanned Aerial Vehicle (UAV) was explored in this paper. The proposed method mainly includes the following procedures: (1) obtain the rural settlement images with DJ UAV; (2) process the images using camera lens model; (3) produce ortho-images; (4) mosaick ortho-images; (5) extract the building foundation area and the number of floors of buildings by visually interpreting UAV images and creating their database; (6) calculate the building density and floor area ratio, and assess the data accuracy. This method was applied to survey the building density and floor area ratio of a typical new rural settlement in Qingliu Town of Xindu district, Chengdu city, China, which are 0.456 and 0.986, respectively, and its accuracy met the needs. The study results include: (1) the methodology proposed here is of low cost, high efficiency, and easy to be learned and used; (2) the building density and floor area ratio of the rural settlements in plain and flat area could be accurately measured by the method; (3) by application of this method, the building density and floor area ratio of the rural settlement in Qingliu Town had been enhanced, and the rural land used for construction had been saved, and the living condition of rural human settlements had been improved. In conclusion, our proposed method has the potential of wide application and can be easily popularized in the plain and the small flat area of mountains. This study is valuable in optimal and economical utilization of rural lands for construction and in improving the human living condition.

**Key words:** unmanned aerial vehicle remote sensing; image processing; rural settlement; building density; floor area ratio