

DOI: 10.19788/j.issn.2096-6369.200107

# 河南省秋季作物空间分布“一张图”遥感制作

王来刚 郭 燕 王利军 贺 佳 张 彦 杨秀忠 张红利 郑国清\*

(河南省农业科学院农业经济与信息研究所, 郑州 450002)

**摘 要:**【目的】作物空间分布“一张图”是我国农情遥感监测业务的重要工作, 监测结果可为农业生产定量化、科学化管理提供基础数据。【方法】本研究在多年农作物种植面积遥感监测的基础上, 根据河南省地形地貌特征和作物种植特点, 优选不同区域的遥感数据和分类方法, 采用 Sentinel-2、Landsat 8-OLI、GF-6 WFV 等中高分辨率遥感数据, 制作了2019年河南省玉米、花生、水稻和大豆等秋季主要作物空间分布“一张图”, 并基于地面调查数据进行了监测精度分析。【结果】河南省秋季作物主要包括玉米、花生、水稻和大豆, 玉米种植面积最大, 花生次之, 秋季作物种植结构比较复杂, 主要包括玉米单作、玉米-花生-大豆混作、水稻单作等种植模式。“一张图”总体精度和 Kappa 系数分别为 86.13% 和 0.83, 基本符合省级尺度作物种植面积监测业务工作要求。【结论】本研究从遥感数据源优选方案、作物分类方法、地面调查和精度评价等方面进行了深入的探讨, 将小尺度作物种植结构遥感监测从技术研究层面拓展到大尺度业务应用层面, 为我国大尺度作物空间分布“一张图”业务化遥感制作提供技术支撑。

**关键词:** 一张图; 遥感; 作物空间分布; 河南省; 农业大数据; 大数据; 智慧农业

中图分类号: S-1

文献标识码: A

文章编号: 2096-6369 (2020) 01-0053-07

引用格式: 王来刚, 郭燕, 王利军, 等. 河南省秋季作物空间分布“一张图”遥感制作[J]. 农业大数据学报, 2020, 02(01): 53-59.

Wang Laigang, Guo Yan, Wang Lijun, et al. Developing a Combined Map of the Spatial Distribution of Autumn Crops in Henan Province Using Multi-source Remote Sensing[J]. Journal of Agricultural Big Data, 2020, 02(01): 53-59.

## Developing a Combined Map of the Spatial Distribution of Autumn Crops in Henan Province Using Multi-source Remote Sensing

Wang Laigang Guo Yan Wang Lijun He Jia Yang Xiuzhong Zhang Hongli Zheng Guoqing\*

(Institute of Agricultural Economic and Information, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** [Objective] Mapping the spatial distribution of all crops, using remote sensing, is important for monitoring agricultural production in China. The classification results provide basic data for quantitative and scientific management. [Method] The spectral characteristics of different autumn crops are known from years of experience using remote sensing to monitor crop planting areas. A combined map of crop spatial distribution in Henan Province in 2019 was made using multi-source remote sensing and different classification methods, based on topographic and geo-

收稿日期: 2019-11-25

基金项目: 河南省重大科技专项(171100110600), 河南省农业科学院自主创新项目(2019ZC46)

第一作者简介: 王来刚, 男, 博士, 研究方向: 农业遥感应用; E-mail: wlaigang@sina.com

通讯作者: 郑国清, 男, 博士, 研究方向: 农业信息技术; E-mail: 2217859644@qq.com

morphic characteristics and crop planting structures. The classification crops include corn, peanuts, rice and soybeans, and the multi-source images include Sentinel-2, Landsat 8-OLI, GF6 WFV with different spatial resolutions. The accuracy of the classification results was verified using ground samples and survey data. [Result] The planting structure of autumn crops is complicated, including single crops of corn and rice, as well as mixed crops of corn, peanuts and soybeans. In the study area, corn was planted over the largest area, followed by peanuts. The overall accuracy and Kappa coefficient of the combined map were 86.13% and 0.83, respectively, which met the basic requirements for monitoring crops at provincial scale. [Conclusion] The paper addresses the optimization of remote sensing data sources, classification methods, ground surveys and precision verification approaches. In this study, the technical ability to monitor crops using remote sensing of planting structures was tested in a large-scale business application. It offers technical support for using remote sensing to produce a combined map at large scale.

**Keywords:** one map; remote sensing; crops spatial distribution; Henan Province; agricultural big data; big data; smart agriculture

## 1 引言

农作物空间分布“一张图”是农作物类型空间分布图的形象提法,实质上是对特定行政单元或自然单元内一种、几种或者所有农作物类型空间分布状况的描述<sup>[1]</sup>。农作物空间分布“一张图”不仅可以统计出区域各类作物种植面积,而且可以确定各类作物具体的空间位置及分布,对国家粮食贸易、生产管理决策具有重要支撑作用。

为了在国际粮食贸易占领先机,世界农业大国先后开展了大宗农作物种植面积遥感监测。美国农业部于2012年发布了全美国121种作物30m空间分辨率的作物分布图。我国农业农村部遥感应用中心负责我国农作物种植面积遥感监测业务运行,于2015年发布了中国小麦空间分布“一张图”,该图基于16m空间分辨率GF-1 WFV数据制作,是中国第一张真正意义上的农作物空间分布“一张图”<sup>[2]</sup>。在当前的农作物种植面积遥感监测工作中,高空间分辨率遥感数据源主要有2 m空间分辨率的Worldview系列<sup>[3]</sup>、4 m空间分辨率的GF-2 PMS<sup>[4]</sup>、5 m空间分辨率的RapidEye<sup>[5-6]</sup>等,中分辨率遥感数据源主要有16m的GF-1 WVF和GF-6 WFV<sup>[7]</sup>、10 m的Sentinel-2<sup>[8-9]</sup>、15m的Landsat 8-OLI<sup>[10-11]</sup>等数据。随着国产高分系列推广应用,低空间分辨率遥感数据MODIS<sup>[12]</sup>等,在作物面积遥感监测中逐渐被淘汰。高空间分辨率遥感数据由于幅宽小、重访周期长、费用高等特点,适合于小尺度高精度作物识别,而在大尺度作物种植面积监测中,中分辨遥感影像GF、Sentinel-2及Landsat 8-OLI等遥感影像更具有优势。

本文在多年农作物种植面积遥感监测的基础上,根据河南省地形地貌特征和农作物种植特点,优选不同区域的遥感数据和分类方法,形成了河南省秋季主要农作物空间分布“一张图”遥感制作方法,为农业生产和管理提供基础数据。

## 2 原理与方法

### 2.1 技术路线

大尺度作物空间分布“一张图”遥感制图工作是一项系统工程,不仅要考虑不同数据源识别不同生育期不同作物的可行性,而且要考虑不同分类方法在不同地貌特征不同种植结构特点的作物分类精度。图1给出了作物空间分布“一张图”监测技术方案。具体方法流程为:1)综合考虑遥感数据空间分辨率、波段特征、重访周期及成本,结合河南省不同区域的地貌特征及农作物种植结构特点,选择最优的遥感数据;2)遥感影像预处理后,按照县区进行裁切,作为解译单元;3)选择监督分类方法中的最大似然和支持向量机2种分类方法,同时针对耕地较少的丘陵和山地,采用目视勾画方法;4)考虑到秋季作物类型复杂,花生、大豆、红薯等作物影像特征比较为类似,为提高解译精度,所有的监测结果都结合先验知识进行人工目视修正;5)基于误差矩阵进行精度评价;6)最后将标准作物类型代码,附加到矢量地块地物属性表中,并将各个县解译结果进行拼接,形成作物空间分布“一张图”。

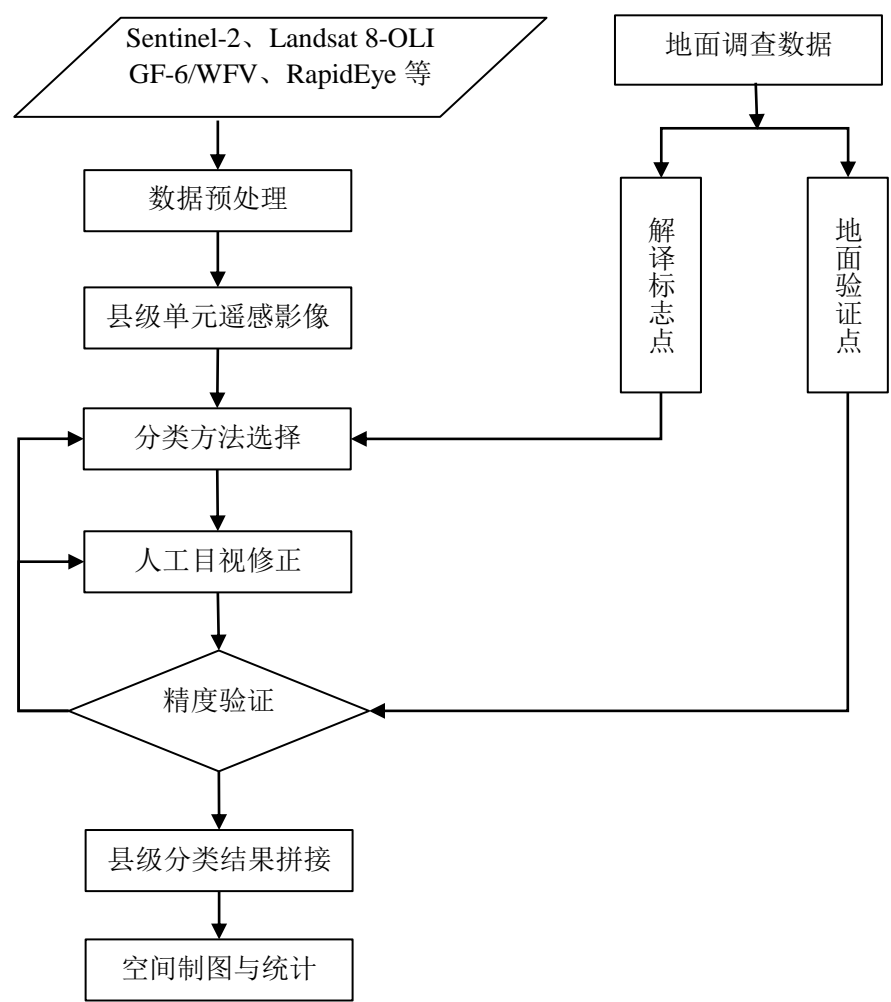


图1 作物空间分布“一张图”遥感制图技术路线

Fig.1 The technical route of one map for crops spatial distribution by remote sensing

2.2 作物分类方法

从近年的监测实践经验来看,作物面积监测精度与遥感影像的空间、波段特征的关系更为密切,而与分类方法的关联度相对较小。最大似然和支持向量机作为传统监督分类方法,在作物种植结构提取、土地利用分类等方面已经得到广泛应用<sup>[13-15]</sup>,本研究综合选择了最大似然和支持向量机两种分类方法。对于丘陵山地耕地较少的地区,遥感分类监测精度差、效率低,采用人工目视勾画方法。最终,将遥感分类结果转换矢量数据,在 ARCGIS 地理信息软件环境中,基于作物影像的颜色、形状、纹理、位置等特征信息,结合解译人员的专业知识和经验进行人工目视修正。

3 数据获取与分析

3.1 研究区概况

河南大部分地区地处暖温带,南部跨亚热带,属北亚热带向暖温带过渡的大陆性季风气候。东部为黄淮海冲积平原,西部为丘陵山地,西南部主要是南阳盆地。平原盆地、山地丘陵分别占总面积的 55.7%、44.3%。种植制度以一年两熟为主,秋季作物主要有玉米、花生、水稻、大豆等。

3.2 遥感数据获取方案

研究区空间尺度大、秋季作物生育期短,单一来

源遥感数据无法满足“一张图”制作需求。综合考虑遥感数据空间分辨率、波段特征、重访周期及成本等,按照下述优先级使用相应的多光谱数据:第一优先 Sentinel-2 数据,空间分辨率 10 m;第二优先 Landsat 8-OLI 数据,空间分辨率 15 m;第三优先 GF-6 WFV 数据,空间分辨率 16 m。对于种植结构较为复杂地区,首选 RapidEye 数据;山地丘陵区域地块较小,首选 GF-2 遥感数据。根据河南秋季作物生长特点,7月下旬至9月上旬,玉米、花生、水稻、大豆等作物光谱差异较为明显,因此,选择该时间段内的遥感影像作为数据源,共获取 62 景 Sentinel-2 数据、9 景 Landsat 8-OLI 数据、3 景 GF-6 WFV 数据、2 景 RapidEye 数据、25 景 GF-2 数据。

### 3.3 遥感数据预处理

数据预处理主要包括图像几何精校正、数据融合、镶嵌和裁剪等步骤,数据预处理在 ERDAS Imagine 软件环境下进行,最后数据格式统一为 IMG 格式,其中遥感影像源为 Landsat-8 和 Sentinel-2A 的图像,无需几何校正,直接转换投影坐标即可。GF-6、RapidEye 等影像数据相比于 Landsat-8 和 Sentinel-2A,首先需要进行几何校正,其他步骤相同。综合考虑解译效率和解译精度,以 1:25 万基础地理信息数据库县级行政区划为解译单元,在遥感图像处理系统中进行研究区镶嵌图像裁切。

### 3.4 地面调查

地面调查时间为 2019 年 7 月 1 日至 8 月 15 日,每个县采集不少于 15 个调查点,记录地面调查点坐标,并拍摄对应地表作物照片。全省共调查样本点 2390 个,其中玉米 542 个、花生 520 个、水稻 321 个、大豆 445 个,其他作物(红薯、芝麻、药材、烟叶、蔬菜等) 562 个。调查的样本点中 1390 个用来作为图像分类的解译标志点,剩下的 1000 个调查点作为验证点。

## 4 结果与讨论

### 4.1 制图结果

根据上述制图方法,得到 2019 年河南省秋季作

物种植分布“一张图”(图 2)。可以看出,在河南省秋季作物中,玉米、花生、水稻、大豆等作物种植空间分布较为广泛。玉米种植面积最大,除信阳南部无玉米种植外,全省大部分地区都有种植,其中周口、南阳、商丘等市种植面积较大,信阳、济源种植面积较小;从种植比例来看,豫北大部分地区以玉米种植为主,种植比例较大。花生种植的区域主要集中在驻马店、南阳、周口、开封等地区,以及沿黄和黄河故道,其他地区也有零星种植。水稻种植的区域主要集中在信阳、驻马店南部以及黄河两岸。大豆种植区域主要集中在周口、商丘、许昌、南阳等地区,其他地区也有零星种植。芝麻等其他作物种植面积较小且零散。

从区域作物种植结构特征来看,豫北主要种植的作物是玉米,存在玉米单作和玉米-花生混作、玉米-水稻混作和玉米-大豆混作这四类种植模式;豫东种植结构大致分为三类:玉米-花生-蔬菜混作、玉米-大豆混作及少量大豆单作;豫中地区包括玉米单作、玉米-花生-大豆混作两种种植模式;豫东南地区种植结构相对复杂,主要包括玉米-花生混作、玉米-花生-大豆混作、玉米-水稻混作、玉米-芝麻混作等种植模式;南阳盆地包括与豫东南种植结构特征比较类似;信阳地区以种植水稻为主,包括水稻单作、水稻-玉米混作和水稻-花生混作三类种植模式;豫西丘陵山地耕地面积相对较少,主要由玉米单作和玉米-零星花生-零星大豆混作组成。

### 4.2 精度分析与评价

研究基于地面样本数据,使用混淆矩阵精度评价方法计算分类结果的用户精度、制图精度、总体精度和 Kappa 系数。采用 1000 个地面样本点进行作物分类精度验证,结果见表 1。河南省作物空间分布“一张图”总体精度 86.13%,Kappa 系数为 0.83,基本符合省级尺度作物种植面积监测业务工作要求。从误差矩阵可知,由于玉米与花生、大豆、其他类型作物相比,作物群体特征差异较大,容易区分,用户精度和制图精度达 94.58% 和 96.00%。水稻影像受水体背景影响较大且连片种植,也比较容易区分。由于花生和大豆的物候期、生理特征相似,而且花生、大豆大多零星种植,二者之间存在一定的相互漏分和错分,用户精度和制图精度均在 85% 左右,监测精度明显偏低。芝麻、红薯、药材等其他作物种植面积较小且多零星种植,在实际图像分类处理中更容易错分或漏分。



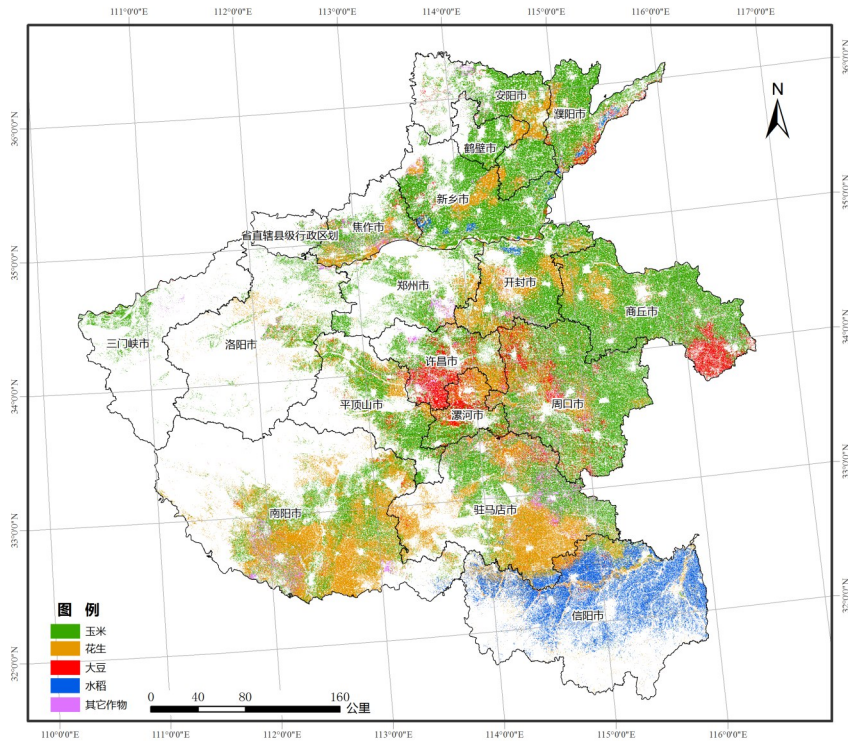


图2 河南省秋季作物空间分布“一张图”

Fig.2 The result of one map for autumn crops spatial distribution in Henan province

注：图2为科学试验结果，仅供参考。

表 1 河南省秋季作物遥感监测精度评价  
Table.1 Precision verification of classification result of autumn crops area in study area

作物种类		验证样本					合计	用户精度/%
		玉米	花生	水稻	大豆	其他作物		
提取结果	玉米	192	2	4	2	3	203	94.58
	花生	0	171	0	17	15	203	84.24
	水稻	1	2	189	0	4	196	96.43
	大豆	0	12	0	167	15	194	86.08
	其他作物	7	13	7	14	163	204	79.90
合计		200	200	200	200	200		
制图精度/%		96.00	85.5	96.5	83.5	81.5		

总体精度为 86.13%,Kappa 系数为 0.83。

4.3 结论与讨论

本文是在多年农作物种植面积遥感监测的基础上,根据河南省地形地貌特征和农作物种植特点,优选不同区域的遥感数据和分类方法,采用 Sentinel-2、Landsat 8-OLI、GF-6 WFV 等中高分辨率遥感数据,

制作了2019年河南省玉米、花生、水稻和大豆等秋季主要作物空间分布“一张图”,得出结论如下。

(1)河南省秋季作物主要包括玉米、花生、水稻、大豆和芝麻等作物,玉米种植面积最大,全省大部分地区都有分布;花生种植面积其次,主要集中在驻马店、南阳及黄河故道;水稻种植的区域主要集中在信阳、驻马店南部以及黄河两岸;大豆种植区域主要集中在周口、商丘、许昌、南阳等地区。河南省秋季作物种植结构比较复杂,主要包括玉米单作、玉米-花生-大豆混作、水稻单作等种植模式。

(2)河南省秋季作物空间分布“一张图”总体精度 86.13%,Kapaa 系数为 0.83,基本符合省级尺度作物种植面积监测业务工作要求。玉米监测精度较高,水稻其次,花生、大豆等作物监测精度相对偏低。

本文以河南省为例探讨了制作省级尺度作物空间分布图的方法体系,其总体技术思路可供其他省份作物种植分布“一张图”制作参考,但在具体过程中需要根据研究区地貌特征、作物种植结构、作物生育期特点等因素,确定最优遥感数据源获取方案和图像分

类方法。虽然本研究总体监测精度尚可,但具体到玉米-花生-大豆-蔬菜等混作、种植结构较复杂的地区和丘陵山地地块破碎地区,监测精度明显偏低,在田块单元低于遥感影像的空间分辨率时,10m×10m的作物很难被提取出来,这需要在以后的研究中,一方面尽可能提高遥感数据源的空间分辨率,另一方面将地块数据融入进来,即将作物的种植信息控制在地块单元内,有效解决基于像元分类的“椒盐”现象,提高作物提取精度<sup>[16-17]</sup>。另外,本研究为方便操作和提高监测精度,以县级行政区划为解译单元进行图像分类,但对于大尺度遥感监测业务来说工作效率偏低,因此,需要进一步研究面向大区域尺度的多源遥感数据作物自动识别技术。作物种植空间分布是智慧农业实施的基础数据,在此数据基础上,可进行作物长势遥感监测和灾害监测,若进一步开展与土壤养分和农业物联网等数据融合,构建农业大数据,能够为种植业生产布局、作物栽培管理和防灾减灾提供决策信息。

## 参考文献

- [1] 刘佳,王利民,季富华,等.农作物种植面积“一张图”遥感监测业务设计及应用[J].中国农业信息,2018,30(04): 77-89.  
Liu J, Wang L M, Ji F H, et al. Design and Application of “One Map” Crop Area Remote Sensing Monitoring Operation [J]. China Agricultural Informatics, 2018, 30(04): 77-89.
- [2] 唐华俊,周清波,刘佳,等.中国农作物空间分布高分遥感制图——小麦篇[M].北京:科学出版社,2016.  
Tang J H, Zhou Q B, Liu J, et al. Mapping of Crop Spatial Distribution by Remote Sensing in China - Winter Wheat [M]. Beijing: Science Press, 2016.
- [3] 张鹏,胡守庚.地块尺度的复杂种植区作物遥感精细分类[J].农业工程学报,2019,35(20): 125-134.  
Zhang P, Hu S G. Fine Crop Classification by Remote Sensing in Complex Planting Areas Based on Field Parcel [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2019, 35(20): 125-134.
- [4] 宋德娟.基于卷积神经网络提取冬小麦空间分布信息的方法研究[D].山东农业大学,2019.  
Song D J. Method Research on Extracting Spatial Distribution Information of Winter Wheat using Convolutional Neural Network [D]. Shandong Agricultural University, 2019.
- [5] 刘佳,王利民,滕飞,等.RapidEye卫星红边波段对农作物面积提取精度的影响[J].农业工程学报,2016,32(13): 140-148.  
Liu J, Wang L M, Teng F, et al. Impact of Red-edge Waveband of RapidEye Satellite on Estimation Accuracy of Crop Planting Area [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2016, 32(13): 140-148.
- [6] Heidi van Deventer, Moses Azong Cho, Onesimo Mutanga. Multi-season RapidEye Imagery Improves the Classification of Wetland and Dryland Communities in a Subtropical Coastal Region [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2019, 157: 171-187.
- [7] 张海东,田婷,张青,等.基于GF-1影像的耕地地块破碎区水稻遥感提取[J].遥感技术与应用,2019,34(4): 785-792.  
Zhang H D, Tian T, Zhang Q, et al. Study on Extraction of Paddy Rice Planting Area in Low Fragmented Regions based on GF-1 WFV Images [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2019, 34(4): 785-792.
- [8] 吴静,吕玉娜,李纯斌,等.基于多时相Sentinel-2A的县域农作物分类[J].农业机械学报,2019,50(09): 194-200.  
Wu J, Lv Y N, Li C B, et al. Fine Classification of County Crops Based on Multi-temporal Images of Sentinel2A [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2019, 50(09): 194-200.
- [9] Zhang T X, Su J Y, Liu C J, et al. Potential Bands of Sentinel-2A Satellite for Classification Problems in Precision Agriculture [J]. International Journal of Automation and Computing, 2019, 16(1): 16-26.
- [10] 刘佳,王利民,姚保民,等.基于多时相OLI数据的宁夏大尺度水稻面积遥感估算[J].农业工程学报,2017,33(15): 200-209.  
Liu J, Wang L M, Yao B M, et al. Ningxia Rice Area Remote Sensing Estimation on Large Scale Based on Multi-temporal OLI Data [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2017, 33(15): 200-209.
- [11] 刘吉凯,钟仕全,梁文海.基于多时相Landsat8 OLI影像的作物种植结构提取[J].遥感技术与应用,2015,30(4): 775-783.  
Liu J K, Zhong S Q, Liang W H. Extraction on Crops Planting Structure Based on Multitemporal Landsat8 OLI Images [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2015, 30(4): 775-783.
- [12] Hao P, Zhan Y, Wang L, et al. Feature Selection of Time Series MODIS Data for Early Crop Classification using Random Forest: A Case Study in Kansas, USA [J]. Remote Sensing, 2015, 7(5): 5347-5369.
- [13] 王利军,郭燕,贺佳,等.基于决策树和SVM的Sentinel-2A影像作物提取方法[J].农业机械学报,2018,49(9):

- 146-153.
- Wang L J, Guo Y, He J, et al. Classification Method by Fusion of Decision Tree and SVM Based on Sentinel-2A Image [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2018, 49(9): 146-153.
- [14] 樊利恒, 吕俊伟, 于振涛, 等. 基于改进最大似然方法的多光谱遥感图像分类方法 [J]. 电光与控制, 2014, 21(10): 52-56.
- Fan L H, Lv J T, Yu Z T, et al. A multi-Spectral Remote Sensing Image Classification Technique Based on Improved ML Algorithm [J]. Electronics Optics and Control, 2014, 21(10): 52-56.
- [15] 陈洋波, 张涛, 窦鹏, 等. 基于SVM的东莞市土地利用/覆被自动分类误差来源与后处理 [J]. 遥感技术与应用, 2017, 32(5): 893-903.
- Chen Y B, Zhang T, Dou P, et al. Error Sources and Post Processing Method for Land Use/cover Change Estimation of Dongguan City based on Landsat Remote Sensing Imagery with SVM [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2017, 32(5): 893-903.
- [16] Löw, F, Michel U, Dech S, et al. Impact of Feature Selection on the Accuracy and Spatial Uncertainty of Per-field Crop Classification using Support Vector Machines [J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2013, 85(6): 102-119.
- [17] 顾晓鹤, 潘耀忠, 何馨, 等. 以地块分类为核心的冬小麦种植面积遥感估算 [J]. 遥感学报, 2010, 14(4): 789-80.
- Gu X H, Pan Y Z, He X, et al. Measurement of Sown Area of Winter Wheat Based on Per-field Classification and Remote Sensing Imagery [J]. Journal of Remote Sensing, 2010, 14(4): 789-80.