

基于 OLI 影像的县域冬小麦种植面积提取

田海峰^{1,2},王 力^{1*},牛 铮¹

(1. 中国科学院 遥感与数字地球研究所 遥感科学国家重点实验室,北京 100101;
2. 中国科学院大学,北京 100049)

摘要:以河南省虞城县为研究区域,筛选冬小麦分蘖期至拔节期内的3期(分蘖期、越冬期、拔节期)高质量OLI遥感影像,进行辐射定标及FLAASH大气校正,以便将影像DN值转算为地表反射率,并利用全色波段进行影像融合处理以提高空间分辨率。以归一化差异水体指数(NDWI)、归一化差异建筑指数(NDBI)、归一化差异植被指数(NDVI)为基础,结合外业调查数据构建决策树模型,3期影像中NDWI大于0的像元为水体,NDBI大于0的像元为居民地,NDVI分别大于0.59、0.52、0.65的像元为冬小麦纯净像元,NDVI分别小于0.49、0.44、0.56的像元为其他地物,剩余部分为冬小麦混合像元,通过实地调研确定将混合像元面积折算为冬小麦实际种植面积的权重为0.46,最后计算虞城县冬小麦的实际种植面积。结果表明,冬小麦分蘖期至拔节期是遥感监测冬小麦种植面积的最佳时期,3期影像提取的2014年虞城县冬小麦种植面积分别为76 238.79 hm²、77 406.65 hm²、77 397.82 hm²,与往年统计数据 and 样地实测数据相比,精度达到了99%。

关键词: OLI 影像; 归一化差异植被指数; 冬小麦; 面积提取; 决策树

中图分类号: TP79;S127 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2015)06-0156-05

Study on Planting Area Extraction of Winter Wheat
Based on OLI Images at County Level

TIAN Haifeng^{1,2},WANG Li^{1*},NIU Zheng¹

(1. The State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: It is always an important piece of work to fully mine the remote sensing images information and improve the identification environment in agricultural crops remote sensing monitoring. The OLI images of landsat-8 satellite provided a new data source for agricultural crops remote sensing. Taking Yucheng County of Henan province as the study zone, the article analyzed the best period of remote sensing monitoring of winter wheat planting area, selected three high-quality OLI images during the best period, and did the work of radiation calibration and FLAASH atmospheric correction, so as to convert the DN value of images into the surface reflectance and use the panchromatic band for image fusion to improve the spatial resolution. Based on NDVI, NDWI, NDBI, the field survey data were used to build the decision tree model. The classification constraints were as follows: the pixel represented for the water body if its NDWI value is greater than zero, and the pixel represented for the residential land if its NDBI value is greater than zero, and the pixel represented for the pure pixel winter wheat if its NDVI value is greater than 0.59, 0.52, 0.65 respectively in the three OLI image, the pixel represented for other objects if its NDVI value is less than 0.49, 0.44, 0.56 respectively in the three OLI image, other pixel represented for the mixed pixel

收稿日期:2014-12-08
基金项目:国家“973”计划项目(2013CB733405);国家“863”计划项目(2014AA06A511);国家自然科学基金项目(41371358)
作者简介:田海峰(1988-),男,河南虞城人,在读博士研究生,研究方向:全球变化遥感。E-mail:haifengd@163.com
* 通讯作者:王 力(1981-),男,河北邢台人,副研究员,博士,主要从事全球变化遥感研究。E-mail:wangli@radi.ac.cn

winter wheat. The mixed pixel area of winter wheat was converted into the actual planting area of winter wheat according to the weight. The weight was determined 0.46 based on the field survey data, and then the actual planting area of winter wheat in Yucheng was computed. The results showed that the period of winter wheat from tillering to jointing was the best time for remote sensing monitoring winter wheat planting area. The winter wheat acreage in Yucheng County extracted from three images were 76 238.79 ha, 77 406.65 ha and 77 397.82 ha respectively in 2014, the accuracy reaching to 99 percent compared with the statistics data of previous years. The measured data for extraction of winter wheat acreage provided an important technical support at the county level.

Key words: OLI images; NDVI; winter wheat; area extraction; decision tree

遥感技术的迅猛发展为快速获取冬小麦种植面积提供了有效手段,如何提高获取冬小麦种植面积的精度是目前研究的热点问题之一^[1-5]。有关冬小麦种植面积提取的已有研究一部分是基于 MODIS 较高时间分辨率建立冬小麦 NDVI 的时间序列,依据 NDVI 在冬小麦生育期内的变化规律提取冬小麦种植面积^[6-9]。如乔红波等^[8]利用 MODIS - NDVI 数据提取河南省 2005 年冬小麦种植面积,与统计数据相比误差为 9.66%,这种方法一般需要从小麦播种至成熟收割多期影像,时间跨度大,获取提取结果的时效性差,另外 MODIS 数据的最高空间分辨率为 250 m × 250 m,加之冬小麦种植地块破碎度高,利用 MODIS 数据难以精确提取华北县域冬小麦种植面积。也有部分学者将 MODIS 数据与 TM 数据相结合提取冬小麦种植面积^[10-11],但也无法忽视因 MODIS 混合像元而引起的识别结果误差^[12]。另一部分主要是基于具有较高空间分辨率的 ETM、TM、SPORT 或其他卫星遥感影像,利用波谱特征或植被指数采用面向对象分类、监督或非监督分类、决策树分类等分类方法提取冬小麦种植面积^[13-18]。如张建国等^[16]基于 ETM 影像采用面向对象方法提取了山东省桓台县冬小麦种植面积,与统计数据相比误差为 3.44%。这种方法存在的问题是 Landsat - 7 卫星于 2003 年发生故障只能提供有缺损的 ETM 数据,Landsat - 5 卫星于 2012 年退役而无法继续提供 TM 数据服务,SPORT 或其他卫星遥感影像获取成本高,因此,在县域尺度冬小麦种植面积精确提取应用研究中需要寻找新的低成本数据源。

Landsat - 8 卫星遥感数据已于 2013 年 5 月开始向全球免费提供数据下载服务,其空间分辨率最高达 15 m × 15 m,全球覆盖周期为 16 d,将成为未来农业遥感的重要数据源^[19-21]。但目前应用 Landsat - 8 卫星遥感数据提取冬小麦种植面积的研究较少,有关县域冬小麦种植面积提取的研究也较为薄弱,故在前人研究的基础上探讨基于 Landsat - 8 卫

星 OLI 影像提取县域冬小麦种植面积的可靠性,为县域冬小麦种植面积的遥感监测提供重要技术支撑。

1 材料和方法

1.1 区域概况

以河南省虞城县为研究区。该县位于河南省东部平原,地理坐标为 34°0'13"N ~ 34°37'19"N, 115°40'34"E ~ 116°11'54"E,全县总面积为 1 558 km²,总人口 95 万人,2013 年生产总值为 182.9 亿元。气候类型为温带大陆性气候,年平均降水量为 605 mm,年平均气温为 13.9 °C^[22]。农作物熟制为一年两熟,主要种植冬小麦、玉米等,是河南省乃至全国重要的产粮大县。

1.2 数据筛选

冬小麦分蘖至拔节期(11 月至翌年 3 月),华北大地区的其他植物处于落叶(枯萎)期,冬小麦景观与其背景地物景观差异显著,利于减少同物异谱、异物同谱干扰现象,便于冬小麦种植面积的精确提取。本研究分别选取 2013 年 11 月 29 日、2013 年 12 月 31 日、2014 年 3 月 21 日 3 期 Landsat - 8 卫星 OLI 遥感数据,即代表华北地区冬小麦分蘖期、越冬期、拔节期的遥感数据,对比 3 期遥感数据的提取结果,分析华北地区冬小麦分蘖至拔节期是否为冬小麦种植面积遥感监测的最佳时期。本研究选用的 3 期 Landsat - 8 卫星 OLI 遥感数据产品级别均为 L1T 级,图幅编号分别为 LC8122036201333LGN00、LC81220362013365LGN00、LC81220362014080LGN00,云层覆盖率分别为 0.82%、7.03%、0.19%。

1.3 数据预处理

Landsat - 8 卫星的 L1T 级产品是经过辐射校正、几何精校正处理后的数据产品^[23],所以本研究数据预处理中不再进行这些校正工作。在 ENVI 软件中进行辐射定标及 FLAASH 大气校正以便将影像 DN 值转算为地表反射率,然后利用 Landsat - 8

卫星空间分辨率为 15 m × 15 m 的全色波段(第 8 波段,波长 0.50 ~ 0.68 μm),采用立方卷积重采样法和超分辨率贝叶斯法(Pan Sharpening)进行影像融合重采样^[24-26],得到空间分辨率为 15 m × 15 m 的地表反射率产品。最后依据从国家基础地理信息系统网站下载的 1:400 万虞城县行政边界对影像进行裁剪。

1.4 归一化指数

归一化差异植被指数(NDVI)被有效地用于土地利用覆盖监测、作物识别和作物产量预报等,是基于绿色植被在近红外波段的反射率大于红色波段的反射率而建立的^[27],即在 Landsat-8 卫星影像中依据第 5 波段(波长 0.85 ~ 0.88 μm)的反射率大于第 4 波段(波长 0.64 ~ 0.67 μm)的反射率而建立的,如公式 $NDVI = (band5 - band4) / (band5 + band4)$ 。NDVI 取值范围为 -1 ~ 1,各类地物中冬小麦的 NDVI 值最大,通过设定合理的阈值,可以有效地将冬小麦与其他大部分地物进行分离。

归一化差异建筑指数(NDBI)是基于建筑用地在短波红外波段的反射率大于近红外波段的反射率而建立的^[28],即在 Landsat-8 卫星影像中依据第 6 波段(波长 1.57 ~ 1.65 μm)的亮度值大于第 5 波段的亮度值而建立的,如公式 $NDBI = (band6 - band5) / (band6 + band5)$ 。NDBI 取值范围为 -1 ~ 1,居民地和部分道路、裸荒地、落叶林地(含果园)的 NDBI 值大于 0,其他地物的 NDBI 值小于 0。

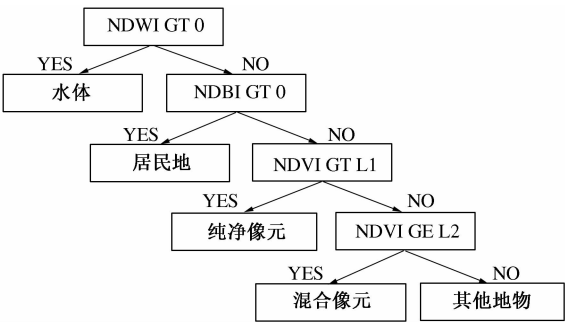
归一化差异水体指数(NDWI)是基于水体在绿色波段的反射率大于近红外波段的反射率而建立的^[29],即在 Landsat-8 卫星影像中依据第 3 波段(波长 0.53 ~ 0.59 μm)的反射率大于第 5 波段的反射率而建立的,如公式 $NDWI = (band3 - band5) / (band3 + band5)$ 。NDWI 取值范围为 -1 ~ 1,水体的 NDWI 值大于 0,其他地物的 NDWI 值小于 0。

2 结果与分析

2.1 构建决策树模型

决策树分类法具有分类结构直观、运算效率高、分类结果精确等优点^[30-31]。设定约束条件 NDWI 大于 0 分离主要水体,设定 NDBI 大于 0 分离主要居民地。由于除冬小麦外的其他地物的 NDVI 值也大于 0,所以要通过合理设置 NDVI 阈值分离前 2 个约束条件不能分离的其他地物。华北地区冬小麦种植地块破碎度高,田间道路及沟渠分布密度大,影像中存在大量的冬小麦混合像元,为了较为精确地提取冬小麦实际种植面积,需要分别提取冬小麦的纯

净像元和混合像元,决策树模型见图 1。结合外业调查数据分析,2013 年 11 月 29 日影像中 NDVI 值位于闭区间[0.49 ~ 0.59]的像元为冬小麦的混合像元,NDVI 值大于 0.59 的像元是冬小麦的纯净像元,由于此时部分果园中存在较多树叶,其 NDVI 值介于 0.49 ~ 0.59,通过设置第 6 波段反射率小于 2 300 可以有效地将果园分离出来,NDVI 值小于 0.49 的像元表征其他地物;2013 年 12 月 31 日影像中 NDVI 值位于闭区间[0.44 ~ 0.52]的像元为冬小麦的混合像元,NDVI 值大于 0.52 的像元是冬小麦的纯净像元,NDVI 值小于 0.44 的像元表征其他地物;2014 年 3 月 21 日影像中 NDVI 值位于闭区间[0.56 ~ 0.65]的像元为冬小麦的混合像元,NDVI 值大于 0.65 的像元是冬小麦的纯净像元,NDVI 值小于 0.56 的像元表征其他地物。



L1、L2 分别代表各期冬小麦混合像元 NDVI 的上限、下限

图 1 冬小麦提取决策树模型

2.2 混合像元权重的折算

为了便于准确测量,选择冬小麦与道路(道路宽度指道路两侧麦田之间的宽度,含道旁沟渠)的混合像元作为实测样地,即实测道路宽度 l ,然后量取影像中相应位置的道路宽度 d ,利用公式 $W = 1 - (l/d)$ 计算冬小麦混合像元面积折算为冬小麦实际种植面积的权重。

根据我国公路工程技术标准及实地调查,农村道路的宽度主要有 4 类:3 m 以下,5 m 左右,8 ~ 9 m,13 ~ 14 m。这些道路与冬小麦的混合像元具有代表性,据此确定将冬小麦混合像元面积折算为实际种植面积的权重(表 1),其中 3 m 以下道路在影像中不易识别,按冬小麦纯净像元进行提取。

表 1 混合像元权重计算结果

道路实际宽度/m	道路像元宽度/m	权重
5	15	0.67
8	15	0.47
9	15	0.40
13	15	0.13
13	30	0.57
14	30	0.53
均值	/	0.46

2.3 冬小麦种植面积提取结果

执行决策树得到冬小麦分类结果,分别统计冬小麦纯净像元和混合像元的面积,然后基于混合像元的折算权重计算冬小麦种植面积,结果见表 2。2013 年 11 月 29 日冬小麦处于分蘖期,加之冬小麦长势差的原因,部分麦田中小麦地表覆盖度较低,其 NDVI 值也较低,易被当作混合像元提取,因此这一期影像的提取结果中混合像元面积较大。2013 年 12 月 31 日冬小麦处于越冬期,2014 年 3 月 21 日冬小麦处于拔节期,2 期影像的提取结果基本一致,此时相冬小麦的地表覆盖度多在 95% 以上,NDVI 值较高,故纯净像元面积较第 1 期纯净像元面积大。

表 2 冬小麦种植面积提取结果

影像日期/ (年-月-日)	纯净像元 面积/hm ²	混合像元面积/ hm ²	权重	冬小麦种植 面积/hm ²
2013-11-29	65 463.75	23 424.01	0.46	76 238.79
2013-12-31	67 557.08	21 412.10	0.46	77 406.65
2014-03-21	67 677.37	21 131.42	0.46	77 397.82

2.4 冬小麦种植面积提取结果精度验证

为了进一步验证其提取精度,选择 1 块规则矩形样地进行实测,实测面积为 99 487.08 m²,3 期影像提取面积分别为 96 259.50 m²、98 811.00 m²、100 633.50 m²,精度分别为 96.76%、99.32%、98.85%。选择 1 块荒地的宽度进行实测,实测宽度为 134.9 m,3 期影像提取宽度均为 136.2 m,精度达到 99.04%。查阅商丘市 2013 年统计年鉴^[32]得知,虞城县 2012 年冬小麦种植面积为 76 820 hm²,与该数据相比,2013 年 11 月 29 日、2013 年 12 月 31 日、2014 年 3 月 21 日 3 期影像提取冬小麦种植面积的误差分别为 -0.76%、0.76%、0.75%,其精度均达到 99%。

为验证该方法的普适性,对同一影像中采用相同决策树模型提取夏邑县冬小麦种植面积,与 2012 年官方统计数据相比,2013 年 11 月 29 日、2013 年 12 月 31 日、2014 年 3 月 21 日 3 期影像提取冬小麦种植面积的误差分别为 2.05%、3.76%、-2.44%,其精度均在 96% 以上。该精度相对较低的原因可能与统计数据滞后,2014 年夏邑县冬小麦种植面积有所变化有关。

通过 2 次实测试验,认为提取虞城县冬小麦种植面积总体精度在 99% 以上是可信的,而且空间分布精度也十分精确,因一些地区漏取、一些地区多取,正负误差抵消造成总体精度高的现象几乎不存在,提取结果可直接供有关部门作为当年冬小麦实际种植面积进行相关决策。

3 结论与讨论

在 TM 影像退役、ETM 存在数据缺损、MODIS 空间分辨率低、其他中高分辨率影像不易获取的背景下,OLI 影像以其获取成本低、影像质量高等优势为未来农业遥感监测提供了新的重要数据源,且 OLI 影像的空间分辨率和时间分辨率能够满足县域冬小麦种植面积的提取需要。

代表冬小麦分蘖期、越冬期、拔节期的 3 期影像的提取精度均在 99% 以上,印证了 11 月至翌年 3 月是遥感提取华北地区冬小麦种植面积的最佳时期,对每个县域来说,最佳时期内每个县域至少有 9 期 OLI 遥感影像覆盖,其中只要有一期高质量的 OLI 影像即可较为精确地提取该县冬小麦种植面积,有效弥补了 Landsat-8 卫星因重访周期长,获取高质量 OLI 影像的稳定性差的缺陷。

该方法操作便捷、成本低廉、提取精度高、时效性强,可为华北地区县域冬小麦种植面积遥感监测提供重要技术支撑。

参考文献:

[1] 权文婷,王钊. 冬小麦种植面积遥感提取方法研究[J]. 国土资源遥感,2013,25(4):8-15.

[2] 张群,胡春胜,陈素英,等. 多时相遥感影像监测冬小麦种植面积的变化研究——以河北省三河市与大厂回族自治县为例[J]. 中国生态农业学报,2006,14(3):180-183.

[3] Carfagna E, Gallego F J. Using remotesensing for agricultural statistics[J]. International Statistical Review, 2005, 73(3):389-404.

[4] Boken V K, Shaykewich C F. Improving an operational wheat yield model using phenological phase-based Normalized Difference Vegetation Index [J]. International Journal of Remote Sensing, 2002, 23(29):4155-4168.

[5] Labus M P, Nielsen G A, Lawrence R L, et al. Wheat yieldestimates using multi-temporal NDVI satellite imagery[J]. International Journal of Remote Sensing, 2002, 23(29):4169-4180.

[6] 范磊,程永政,刘婷,等. 基于 MODIS 数据的河南省冬小麦长势监测研究[J]. 河南农业科学,2008,37(8):142-148.

[7] 张霞,帅通,杨杭,等. 基于 MODISEVI 图像时间序列的冬小麦面积提取[J]. 农业工程学报,2010,26(增刊 1):220-224.

[8] 乔红波,张慧,程登发. 不同时序 EOS/MODIS-NDVI 监测河南省冬小麦面积[J]. 安徽农业科学,2008,36(27):11940-11941.

- [9] 张佳华,胡小夏,刘学锋,等. 基于 MODIS 数据提取华北典型区冬小麦种植面积[J]. 中国科学院大学学报, 2013,30(5):637-643.
- [10] 顾晓鹤,潘耀忠,朱秀芳,等. MODIS 与 TM 冬小麦种植面积遥感测量一致性研究——小区域实验研究[J]. 遥感学报,2007,11(3):350-358.
- [11] 冯美臣,杨武德,张东彦,等. 基于 TM 和 MODIS 数据的水旱地冬小麦面积提取和长势监测[J]. 农业工程学报,2009,25(3):103-109.
- [12] 李乐,张锦水,朱文泉,等. 地块支持下 MODIS-NDVI 时间序列冬小麦种植面积测量研究[J]. 光谱学与光谱分析,2011,31(5):1379-1383.
- [13] 崔方宁,宋晓宇,孙宝生,等. 基于多时相 TM 影像的冬小麦面积变化监测[J]. 遥感信息,2012,27(5):89-95.
- [14] 王启田,林祥国,王志军,等. 利用面向对象分类方法提取冬小麦种植面积的研究[J]. 测绘科学,2008,33(2):143-146.
- [15] 武永利,赵永强,靳宁. 单时相 MERSI 数据在冬小麦种植面积监测中的应用[J]. 中国农学通报,2011,27(14):127-131.
- [16] 张建国,李宪文,吴延磊. 面向对象的冬小麦种植面积遥感估算研究[J]. 农业工程学报,2008,24(5):156-160.
- [17] 赵丽花,李卫国,杜培军. 基于多时相 HJ 卫星的冬小麦面积提取[J]. 遥感信息,2011(2):41-50.
- [18] 齐腊,赵春江,李存军,等. 基于多时相中巴资源卫星影像的冬小麦分类精度[J]. 应用生态学报,2008,19(10):2201-2208.
- [19] 张玉君. Landsat-8 简介[J]. 国土资源遥感,2013,23(1):176-177.
- [20] 李旭文,牛志春,姜晟,等. Landsat-8 卫星 OLI 遥感影像在生态环境监测中的应用研究[J]. 环境监控与预警,2013,5(6):1-5.
- [21] 徐涵秋,唐菲. 新一代 Landsat 系列卫星:Landsat-8 遥感影像新增特征及其生态环境意义[J]. 生态学报,2013,33(11):3249-3257.
- [22] 田海峰,秦耀辰,李国栋,等. 基于小波和 M-K 的豫东农区近 60 年气温变化的多时间尺度分析[J]. 中国农学通报,2013,29(35):329-338.
- [23] 初庆伟,张洪群,吴业伟,等. Landsat-8 卫星数据应用探讨[J]. 遥感信息,2013,28(4):110-114.
- [24] 邓文斌. ENVI 遥感影像处理方法[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [25] 刘克,赵文吉. 遥感影像融合方法评价——以 SPOT5 自身融合为例[J]. 首都师范大学学报:自然科学版,2008,29(6):83-104.
- [26] 褚进海,彭鹏,李郑,等. 矿山遥感监测中 QuickBird 数据融合方法研究[J]. 国土资源遥感,2009(3):107-113.
- [27] 竞霞,刘良云,张超,等. 利用多时相 NDVI 监测京郊冬小麦种植信息[J]. 遥感技术与应用,2005,20(2):238-242.
- [28] 查勇,倪绍祥,杨山. 一种利用 TM 图像自动提取城镇用地信息的有效方法[J]. 遥感学报,2003,7(1):37-40.
- [29] 于欢,张树清,李晓峰,等. 基于 TM 影像的典型内陆淡水湿地水体提取研究[J]. 遥感技术与应用,2008,23(3):310-315.
- [30] 王圆圆,李京. 基于决策树的高光谱数据特征选择及其对分类结果的影响分析[J]. 遥感学报,2007,11(1):69-76.
- [31] 申文明,王文杰,罗海江,等. 基于决策树分类技术的遥感影像分类方法研究[J]. 遥感技术与应用,2011,22(3):333-338.
- [32] 商丘市统计局. 商丘市统计年鉴[J]. 北京:中国统计出版社,2013.