

引用格式:

# 多源遥感数据小麦识别及长势监测比较研究

尹捷<sup>1,2</sup>, 周雷雷<sup>1,2</sup>, 李利伟<sup>2</sup>, 张雅琼<sup>3</sup>, 黄文江<sup>2</sup>, 张赫林<sup>4</sup>, 王岩<sup>2,5</sup>, 郑诗军<sup>2,5</sup>, 范海生<sup>6</sup>, 纪婵<sup>6</sup>, 陈俊杰<sup>1</sup>, 彭代亮<sup>2</sup>

(1.河南理工大学测绘与国土信息工程学院, 河南 焦作 454003;

2.中国科学院空天信息创新研究院数字地球科学重点实验室, 北京 100094;

3.生态环境部卫星环境应用中心, 北京 100094;

4.北京市陆表遥感数据产品工程技术研究中心, 北京师范大学地理科学学部, 北京 100875;

5.中国科学院大学, 北京 100049;

6.珠海欧比特宇航科技股份有限公司, 广东 珠海 519000)

**摘要:** 小麦是我国主要的农作物之一, 对于我国的经济发展有着重要意义。随着遥感技术的不断发展, 其已成为提取小麦及长势研究的重要手段。本文利用高光谱珠海一号 OHS-2A 卫星、多光谱 Sentinel-2A 卫星、MODIS 等多源遥感数据, 以雄安为研究区, 采用支持向量机的方法进行小麦提取, 结合野外实测数据利用混淆矩阵进行精度评价分析; 分别对比小麦的两个重要生育期返青期和抽穗期, 将小麦长势分为三个等级(按长势较好、长势持平、长势较差)进行长势监测比较。研究表明: 环境条件相同下, OHS-2A 的总体精度为 82.08%, Kappa 系数为 0.76; Sentinel-2A 的总体精度为 85.57%, Kappa 系数为 0.81, 相比之下 Sentinel-2A 对于小麦的识别效果最佳。在进行长势监测中, 对比小麦各长势情况及长势变化相对幅度, Sentinel-2A 卫星比 MODIS 对于雄安小麦的长势监测及研究分析更有效。本研究从多源遥感数据分析雄安小麦识别及长势监测情况, 有利于小麦种植管理, 这对于推动绿色雄安有着重大意义。

**关键词:** 珠海一号; 长势监测; 小麦识别; 雄安;

**中图分类号:** S-1      **文献标识码:** A

## 1 引言

小麦是世界上最主要的粮食作物之一, 全球约有一半以上的人食用, 中国大部分地区种植小麦, 并且我国主要以冬小麦为主, 小麦在国民经济和粮食安全问题占有很重要的意义<sup>[1]</sup>。无论对国家决策者还是农民来说, 小麦的识别都是种植面积管理、长势监测等的基础, 对于精准农业的发展、农作物产量估测和作物病虫害监测等有着重要意义<sup>[2]</sup>。

传统对于农作物识别及长势信息的掌握分析采用人工实地统计考察, 消耗大量的人力物力<sup>[3]</sup>。随

着遥感技术不断发展和精准农业技术需求的增加, 遥感技术能够识别作物、及时了解作物生长状况和定量分析农作物不同时期的长势, 通过遥感影像解译法进行农作物类型识别及长势研究逐步成为一种主流方法<sup>[4]</sup>。作物长势监测是建立在植物光谱系统化理论上, 植物对不同波长光谱的反射、吸收和散射有不同的特征反映, 植被指数是利用不同的光谱信息进行组合, 以增强植被识别信号<sup>[5]</sup>。由于每一种植被都有其独特的生长周期, 并且表现在周期内的光谱反射率和植被指数上, 构成时间序列特征曲线, 有利于植被种类识别<sup>[6]</sup>。季节性变化是植

收稿日期:

基金项目: 国家重点研发计划政府间国际科技创新合作重点项目: 粮食作物重大病虫害遥感监测预警与防控技术(2017YFE0122400); 珠海一号"卫星大数据云服务平台与应用示范(遥感大数据服务团队)(ZH0111-0405-170027-P-WC)

作者简介: 尹捷(1996—), 男, 山西大同人, 在读硕士研究生, 主要从事作物长势监测方向的研究。E-mail: 644185719@qq.com

通讯作者: 彭代亮(1980—), 男, 安徽安庆人, 博士、副研究员, 主要从事植被生态遥感与全球变化方向研究。E-mail: pengdl@radi.ac.cn

被主要特征之一，也是植被生长、发育、成熟的规律，冬小麦的生育期中返青期和抽穗期最为重要；返青期对于小麦的晚弱苗生长、防止旺苗徒长及决定成穗率高低有着重要的意义；而在小麦的抽穗期中对于其郁蔽抵抗力弱及病虫害多发具有指导意义<sup>[7-8]</sup>。因此，及时监测小麦返青期与抽穗期的苗情长势是制定和采取科学治理方式的必要前提。

当前国内外主要采用 Landsat、SPOT、MODIS 等数据进行农作物的识别与监测，例如 Kontoes 等使用 SPOT 影像，利用遥感与 GIS 技术结合的方法对遥感纹理及地理信息两方面进行作物分类，精度比使用传统分类器提高了近 13%<sup>[9]</sup>，余铭等利用 AVIRIS 传感器收集到美国加利福尼亚影像数据，采用基于条件随机场的分类方式，对该地区的农作物进行精细分类，精度达到 94% 以上<sup>[4]</sup>，许文波等利用 MODIS 数据采用线性光谱混合模型得到河南省冬小麦种植面积，总体精度为 94.75%<sup>[10]</sup>。而且早在 20 世纪 80 年代就有人使用多时相的 Landsat 数据提取时序植被指数曲线对作物生长状况进行分析<sup>[11]</sup>。孙俪等人采用 MODIS 数据，通过同期比对法对 2019 年美国冬小麦进行长势监测分析<sup>[12]</sup>，武建军等以新疆北部为研究区，通过对比相邻年份归一化植被指数(NDVI)，实现大面积农作物长势监测<sup>[13]</sup>。但多数研究都是利用单一数据进行作物识别及监测，对其进行结果研究分析，未进行多源数据之间的相互比较。因此探讨有效识别及作物长势监测遥感数据，有助于提高作物管理的工作效率及促进农业发展。

本文以河北省雄安新区为研究区，对研究区内的小麦进行识别及长势研究，基于高光谱数据 OHS-2A、多光谱数据 Sentinel-2A 的小麦识别，并结合野外实测数据对识别结果进行精度评价分析。对比 MODIS 和 Sentinel-2A 小麦 2019 年与 2018 年返青期与抽穗期的归一化植被指数 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) 差值划分小麦各长势等级占小麦总面积的百分比，定量分析小麦的长势，为小麦的估产与管理提供理论和实验依据。通过多源遥感数据的比较分析探讨得到更有效的数据源，来识别及掌握作物的长势信息，探究国产高光谱卫星 OHS-2A 在农业的应用研究，为以后国产

卫星区域农作物的识别与作物长势研究的广泛应用提供参考价值，这对于雄安新区的农业及管理有着重大的意义。

## 2 研究区与数据

### 2.1 研究区概况

研究区是位于河北省的境内雄安新区，地处冀中平原中部，地势平坦，地理位置优势显著。位于中纬度地带，属暖温带季风型大陆性气候，四季分明，年平均气温 11.7°C，年平均降雨量 551.5mm，6 至 9 月份占 80%。由于气候及土壤等原因此区域主要农作物是小麦、玉米、甘薯。

### 2.1 数据源及处理

高光谱数据源使用的是“珠海一号”OHS-2A 影像，OHS-2A 高光谱卫星的空间分辨率 10m、幅宽 150km，光谱分辨率 2.5nm。OHS-2A 高光谱卫星共有 32 个波段。波段范围 400nm-1000nm，标定方式支持在轨定标<sup>[14]</sup>。OHS-2A 是当前国内高光谱卫星数据中空间分辨率最高。由于其数据只做了相对辐射定标和几何校正，所以需对该数据进行绝对辐射定标并采用 FLAASH 进行大气校正。另外，其影像存在几何畸变，需对 OHS-2A 高光谱数据进行正射校正消除由于地形、相机几何特性以及与传感器相关的误差所带来的几何畸变。

多光谱数据源使用的是 Sentinel-2A 和 MODIS 植被指数产品 MOD13Q1。其中 Sentinel-2A 是作为欧洲空间局(European Space Agency, ESA)“哥白尼”计划系列中的一颗重要的光学遥感卫星，属于全新的高空间分辨率多光谱成像卫星<sup>[15]</sup>，具有 13 个光谱波段，不同波段的分辨率也略有不同，拥有 10m，20m 和 60m 3 个不同尺度的空间分辨率，其中 4 个波段(band2、band3、band4、band8)的空间分辨率为 10m，6 个波段(band5、band6、band7、band8a、band11、band12)的分辨率为 20m，其余 3 个波段(band1、band9、band10)的分辨率为 60m。重访周期为 10d，幅宽为 290km，具有较高的空间分辨率和时间分辨率，克服了以往时序数据难以获取或空间分辨率低的问题<sup>[16]</sup>。本文采用 4 个 10m 空间分辨率的可见光近红外波段 (Band2/3/4/8)，这 4 个光谱波段的光谱和辐射信息见表 1。由于目前提供下载的数据为 L1C 级别的产品数据，均已经过辐射校正、

几何校正、辐射定标<sup>[15]</sup>。所以只需采用欧空局提供的 SNAP 内置大气校正模块 Sen2cor 工具进行大气校正。在 SNAP 处理下,选择含云量少,地物特征明显在返青期与抽穗期的影像。

表 1 Sentinel-2A 影像所用波段信息简介

Table.1 Introduction of band information used in Sentinel-2A image

光谱波段号	中心波长/nm	波宽/nm	空间分辨率/m
Band2	490	65	10
Band3	560	35	10
Band4	665	30	10
Band8	842	115	10

MODIS(Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer)中分辨率成像光谱仪 EOS 系列卫星 Terra 和 Aqua 上的一个重要的传感器,本研究所使用的其植被指数产品 MOD13Q1,空间分辨率为 250m,重放周期为 16 天<sup>[17]</sup>。研究区需 3 景 MODIS 遥感影像,包括 h26v05、h27v05 和 h28v05。对返青期与抽穗期的影像在 MRT (MODIS Reprojection Tool)中进行格式转换及投影,提取所需 NDVI 波段,数据真值转化。

验证样本数据采用野外实地调查数据,采集时间与进行小麦识别的卫星遥感数据时相接近。野外实测数据中分别调查了小麦、林地及裸地,其中小麦的样本选取有 71 个,林地的样本选取有 88 个,裸地的样本选取有 5 个。

表 2 多源遥感数据比较

Table.2 Comparison of multi-remote sensing data

数据源	空间分辨率 /m	幅宽/km	波段数	重访周期/d
OHS-2A	10	150	32	5
	10		4	
Sentinel-2A	20	290	6	10
	60		3	
MOD13Q1	250	2330	12	16

### 2.3 样本的选取

本研究分别利用 band11、band7、band2 打开 OHS-2A 高光谱真彩影像,band4、band3、band2 打开 Sentinel-2A 多光谱真彩影像,在 Google earth

进一步选取小麦、林地、裸地识别的分类样本,将野外实测的数据作为后续精度评价分析的验证样本。在以上的基础下我们获得本研究的训练样本 320 个、验证样本 164 个,其分布如图 1 所示。

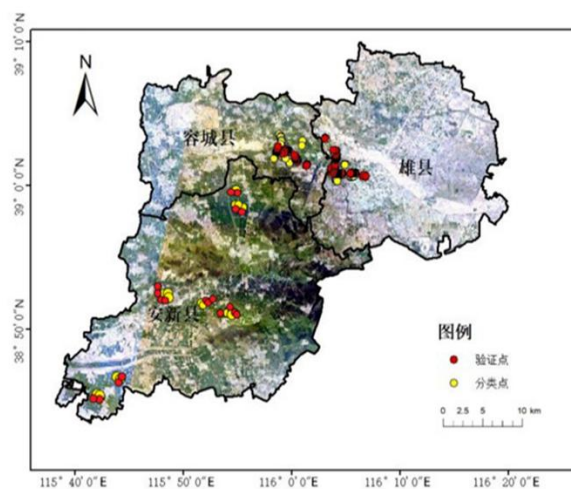


图 1 研究区分类点与验证点分布图

Fig.1 Study area classification point and verification point distribution

## 3 小麦识别与长势遥感监测方法

### 3.1 小麦识别方法

由于高光谱影像产生严重的冗余数据并加重“Hughes”现象进而影响分类精度<sup>[18]</sup>。高光谱影像的噪声数据比较严重,如果训练样本选择较少、样本质量较差的情况下,会降低高光谱在地物分类结果的精度<sup>[19]</sup>。因此,在进行小麦识别之前必须采取高光谱图像降维去噪,使分类结果的精度和质量有所提高。目前,高光谱数据降维的方法较多,而且采用基于特征提取的降维方法应用范围较广,其主要方法有最小噪声分离法、主成分分析法、独立主成分分析法等<sup>[20]</sup>。本文采取了最小噪声分离变换(MNF)的方法来判定 OHS-2A 高光谱影像数据内在的维数,分离出数据中的噪声,将强噪声从高光谱影像数据中除掉,以此来获取有效的高光谱影像波段,降低随后进行小麦识别的过程中数据计算的需求,再用支持向量机(SVM)进行小麦识别。

MNF 变换结果的前 4 个波段特征值较大,集中了图像所包含的大量有用信息。因此,采取高光谱影像的前 4 个有效波段数据进行小麦识别。常见的识别方法有二进制编码、支持向量机、最大似然法等。支持向量机是一种基于统计学习理论的机器学习

习算法。它采用结构风险最小化的标准,可以解决小样本,非线性和高尺寸的问题<sup>[21-23]</sup>。因此,本文选择 SVM 作为识别方法,核函数选择 RBF 函数, Gamma in Kernel Function 参数设置为 0.167。在分类结果中往往会产生一些面积很小的图斑,须对图斑进行去除或重新归类,常用方法有聚类处理、过滤处理、主次分析,其中主要分析是利用变换核中占像元数最多的像元种类来替代中心像元的种类<sup>[24]</sup>。所以,在本次进行小麦识别结果处理中用主要分析作为小斑块处理,以此来增加小麦识别结果的准确性。最终得到 OHS-2A 和 Sentinel-2A 的小麦识别结果。

### 3.2 长势遥感监测方法

由于本研究区小麦的种植期一般在 9 月底 10 月初,第二年 2 月下旬至 3 月下旬为返青期,5 月中旬至六月初为抽穗期,6 月中旬至 6 月底为成熟收获期<sup>[25-26]</sup>。在 10 月为小麦的出苗期,播种区域主要表现为土壤特性,由于叶绿素含量较低,整体 NDVI 值比较低;从 12 月下旬到来年 2 月下旬,由于温度低和霜雪影响,冬小麦逐渐停止生长,随着气温的逐渐下降,NDVI 值逐渐降低;在 2 月下旬以后,冬小麦开始返青,继续生长;到 5 月中旬,冬小麦处于抽穗期,此时冬小麦的 NDVI 值也达到了最大值;随着小麦的成熟,NDVI 值逐渐下降。

农作物的长势监测主要分为过程监测和实时监测,过程监测从作物生长发育的全过程来描述作物的生长,实时监测通过与之前某个时间点上的植被指数进行差值,并对差值图像进行分级,来确定作物的相对长势及长势空间差异<sup>[27-28]</sup>。由于 MODIS、Sentinel-2A 的数据重访周期时间不是每天连续,所以所选择的数据代表为当前旬。Sentinel-2A 选择 2018、2019 年的 3 月 24 日为返青期,5 月 23 日为抽穗期。MODIS 选择 2018、2019 年的 3 月 22 日为返青期,5 月 25 日为抽穗期。通过对 2019 年与 2018 年同一时期的数据做差来得到小麦的长势<sup>[27-28]</sup>,结果为大于 0.05 的记为长势较好,差值在 -0.05-0.05 间记为长势持平,差值小于 -0.05 的记为长势较差。然后分别计算长势较好、长势持平、长势较差的面积占比。长势变化程度以相对幅度(Change Rate, CR)为指标,计算公式如下:

$$CR = \frac{NDVI_{2019} - NDVI_{2018}}{NDVI_{2018}} \times 100\% \quad (1)$$

其中  $NDVI_{2019}$  为 2019 年返青期、抽穗期 NDVI,  $NDVI_{2018}$  为同期 2018 年返青期、抽穗期 NDVI。在作物的生长期采用前后两年同期的 NDVI 做差方法监测作物长势,雄安范围内的小麦生长环境相同,利用这种方法能够较好的反映研究区内小麦生长过程,而且小麦在返青期由于气候的影响,NDVI 较低;在抽穗期小麦会达到一个最高的植被覆盖,这两个特征很好的表现了小麦的生长季节性特性。以此来比较分析不同空间分辨率对于小麦的长势影响。

## 4 结果分析与讨论

### 4.1 小麦识别结果分析

小麦的识别结果采用混淆矩阵的方法进行精度评价,其结果如表 3 所示,小麦识别结果如图 2。精度评价分别从总体精度、Kappa 系数、用户精度(UA)、制图精度(PA)四个方面进行分析。其中用户精度指正确分到某类地块数量与被分为该类总数的比例。制图精度指正确分到某类的数量与该类真实参考总数的比例。

表 3 识别结果精度验证(%)

Table 3 Accuracy verification of identification results (%)

卫星	PA(%)	UA(%)	总体精度(%)	Kappa 系数
OHS-2A	94.40	92.86	82.08	0.76
Sentinel-2A	98.39	90.11	85.57	0.81

针对小麦的识别及精度评价结果,在总体识别精度,多光谱数据 Sentinel-2A 和高光谱数据 OHS-2A 都相对较高,总体精度分别达到了 85.57% 和 82.08%, Kappa 系数分别在 0.81 和 0.76。用户精度分别在 90.11% 和 92.86%, 制图精度分别为 98.39% 和 94.40%。但两者相比之下,多光谱数据 Sentinel-2A 比高光谱数据 OHS-2A 的总体精度、制图精度和 Kappa 系数高,说明多光谱数据 Sentinel-2A 对小麦的精细识别效果更好。在安新县小麦识别结果,高光谱数据 OHS-2A 比多光谱数据

Sentinel-2A 对于小麦的识别误差较大, 高光谱数据 OHS-2A 将白洋淀中部分水体识别为小麦, 这不利于后期种植面积管理, 相比之下, Sentinel-2A 对于雄安各县小麦识别较好, 有助于更准确估测小麦种植面积, 便于小麦估产管理。在用户精度中高光谱数据 OHS-2A 比多光谱数据 Sentinel-2A 高, 说明识别过程中高光谱数据 OHS-2A 对于正确识别验证样本中小麦的准确效果更好。

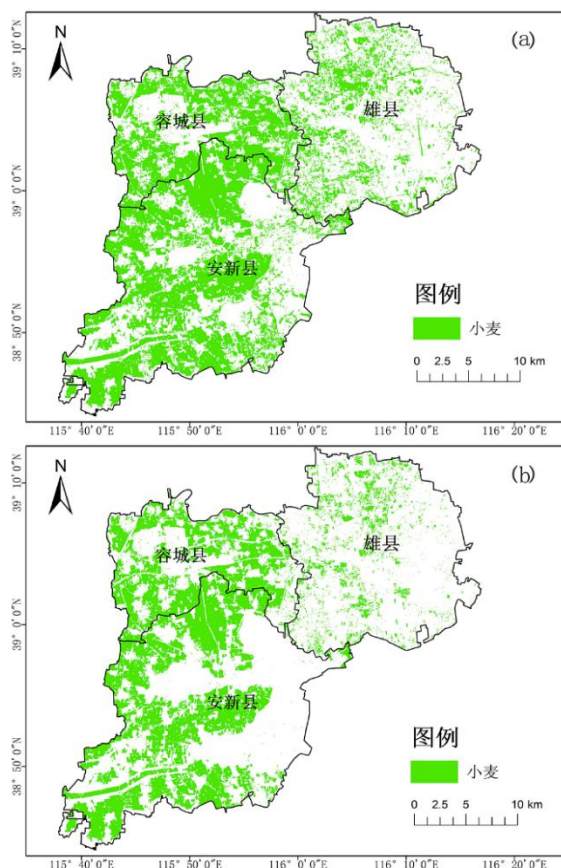


图 2 基于 OHS-2A(a) 与 Sentinel-2A(b) 雄安小麦识别结果  
Fig. 2 Based on the recognition results of OHS-2A(a) and Sentinel-2A(b) in Xiong'an

小麦在研究区范围内的识别结果中多光谱数据 Sentinel-2A 比高光谱数据 OHS-2A 更精确 (图 2), 虽然 OHS-2A 在总体精度相对较低, 但对于小麦的识别误差较低, 说明国产高光谱影像 OHS-2A 在小麦识别上也具有非常好的能力, 这对于利用高光谱影像数据 OHS-2A 开展作物信息提取以及其他相关研究具有参考价值, 且其拥有丰富的波段信息, 能够监测出不同农作物之间的差别并识别作物类别, 有助于提升我国高光谱卫星在作物精细分类、作物

病虫害监测的应用, 未来通过智慧农业可实现农作物精准理赔, 协助农户规避种植风险, 降低成本, 助力科学农业发展。

#### 4.2 长势监测结果与分析

国产高光谱卫星 OHS-2A 没有 2018 年数据, 不能做小麦长势监测, 所以利用 Sentinel-2A (10m)、MODIS (250m) 不同空间分辨率的遥感数据对比分析

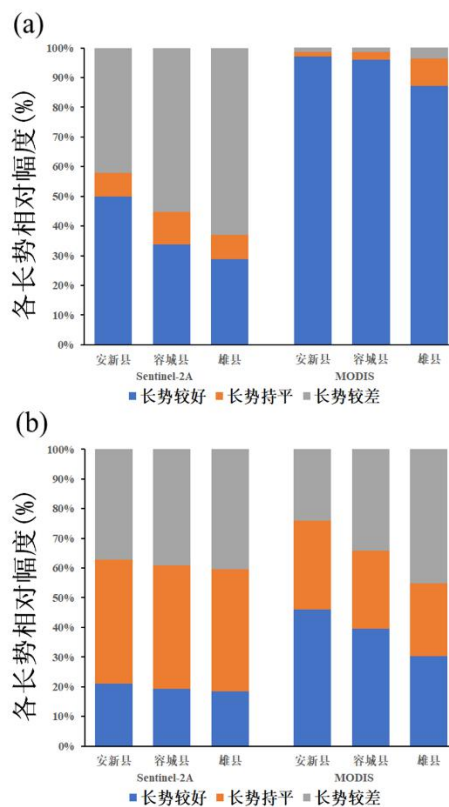


图 3 Sentinel-2A 与 MODIS 返青期(a)、抽穗期(b) 雄安各县长势变化相对幅度

Fig.3 Sentinel-2A and MODIS in the green return period(a) and heading period(b) relative range of growth change rate in Xiong'an County

析雄安新区整体及雄安各县在返青期、抽穗期这两个重要生育期的小麦长势, 通过对比长势较好、长势持平、长势较差的面积所占小麦总面积的百分比差异, 在基于相近的环境条下, 进行长势监测分析。对于不同空间分辨率的遥感数据 Sentinel-2A 与 MODIS 的返青期雄安小麦的总体长势情况不同, 返青期内两者长势监测结果差别较大, Sentinel-2A 的小麦长势监测结果区分明显, MODIS 各长势

表 4 雄安各县在返青期、抽穗期长势等级所占小麦面积百分比 (%)

Table.4 Percentage of wheat area in the growth grade of the green return period and heading period in Xiong'an County(%)

时期	长势等级	Sentinel-2A			MOD13Q1		
		安新县	容城县	雄县	安新县	容城县	雄县
返青期	长势较好	37.86	20.20	18.63	91.02	86.70	41.42
	长势持平	29.97	37.77	31.60	8.43	12.86	58.24
	长势较差	32.17	42.03	49.77	0.55	0.44	0.34
抽穗期	长势较好	16.30	14.35	15.82	34.60	28.39	18.76
	长势持平	51.41	51.58	50.08	47.12	44.80	48.75
	长势较差	32.29	34.07	34.10	18.28	26.81	32.49

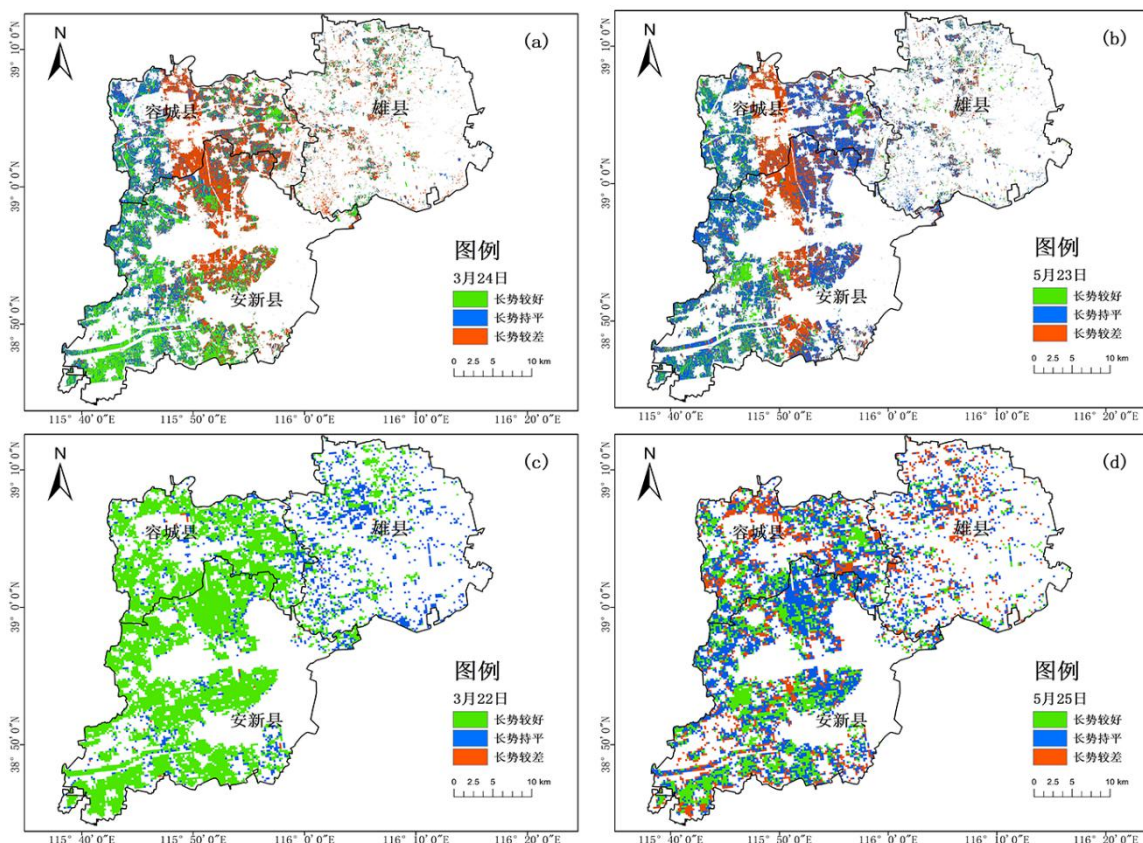


图 4 Sentinel-2A 返青期(a)、抽穗期(c)与 MODIS 返青期(b)、抽穗期(d)小麦长势监测

Fig.4 Monitoring of wheat growth in Sentinel-2A green return period(a), heading period(c), MODIS green return period(b) and heading period(d)

监测结果区分差异较小,MODIS 的雄安小麦与 2018 年相比整体长势较好,且较好的小麦长势面积多于 Sentinel-2A;抽穗期内 Sentinel-2A 与 MODIS 的小麦的长势一致且长势监测结果差别较小, Sentinel-2A 与 MODIS 的各长势监测结果区分明显,雄安整体小麦长势表现为与 2018 年持平(图 4)。

由于 Sentinel-2A 的分辨率较高,雄安整体小麦长势分布情况更精准,整个雄安地区返青期小麦长势较好、长势持平、长势较差占比分别为 30.50%、

32.46%、37.04%,对应的长势变化相对增加、不变、减少幅度分别是 42.81%、8.95%、48.23%,说明从长势面积和长势变化相对幅度两方面来看,在同一环境条件下,雄安整体的小麦长势 2019 年比 2018 年较差,从表四可知,安新县整体长势与 2018 年相比较好,长势变化相对幅度增加,容城县、雄县与 2018 年相比整体长势较差,长势较差的面积雄县要比容城县多。在抽穗期中,雄安整体小麦长势较好、长势持平、长势较差占比分别为 15.67%、51.31%、

33.02%，对应的长势变化相对增加、不变、减少幅度分别是 20.17%、41.67%、38.16%，从长势面积和长势变化相对幅度分析，雄安 2019 年整体的小麦长势在抽穗期内是与 2018 年持平，其中雄安各县的小麦长势与 2018 年相比都持平，容城县、雄县小麦长

势较差的面积要比安新县多，安新县长势较好的变化相对幅度比容城县、雄县高，说明安新县小麦长势较好的面积比其他两县多。这对与后期小麦的生长与估产有一个很好的管理。

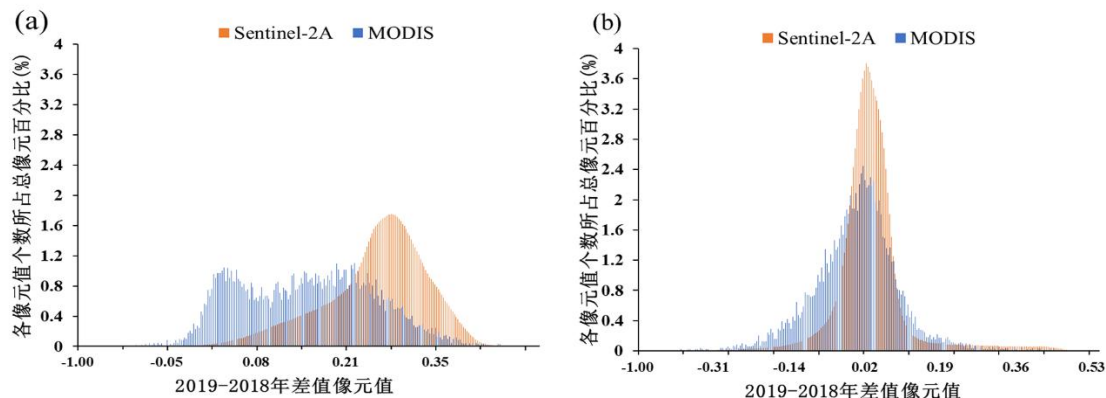


图 5 Sentinel-2A、MODIS 返青期(a)、抽穗期(b)小麦长势直方图

Fig.5 The wheat growth histogram of Sentinel-2A, MODIS in green return period(a), heading period(b)

相比于 Sentinel-2A，MODIS 的分辨率较低，对于小区域尺度的监测效果比较差。在小麦的返青期，雄安整体小麦长势较好、长势持平、长势较差占比分别为 81.14%、18.38%、0.48%，对应的长势变化相对增加、不变、减少幅度分别是 95.03%、3.19%、1.78%，从长势面积和长势变化相对幅度分析，雄安 2019 年整体的小麦长势比 2018 年较好，而且长势比 2018 年较好的长势变化幅度比较大。从表四可知，安新县与容城县的小麦长势比 2018 年较好，雄县的小麦长势与 2018 年持平。在抽穗期内，雄安整体小麦的长势较好、长势持平、长势较差占比分别为 30.12%、46.77%、23.11%，对应的长势变化相对增加、不变、减少幅度分别是 41.47%、28.11%、30.42%，说明雄安整体的小麦长势是与 2018 年持平，其中，雄安各县小麦整体长势持平，安新县比 2018 年较好的小麦长势面积要比容城县与雄县多，雄县小麦长势持平及长势较差的面积要比安新县与容城县多。

对比分析不同空间分辨率 Sentinel-2A 与 MODIS 小麦返青期、抽穗期长势中各像元值占总像元的百分比直方图(图 5)，结果表明：在返青期中，Sentinel-2A 与 MODIS 的 2019 年与 2018 年 NDVI 差值在 -0.06-0.038 重叠，表明两者这个范围内差别较小，对于小麦的长势监测比较一致，但整体两者

相比之下在返青期的长势监测结果差别较大；在抽穗期中，Sentinel-2A 与 MODIS 的 2019 年与 2018 年 NDVI 差值重叠度较高，两者差异较小。在小麦长势监测中，Sentinel-2A 的小麦长势监测面积结果为 47.69 千公顷，MODIS 的小麦长势监测面积结果为 62.25 千公顷，与雄安对小麦的实际面积统计得到的结果约为 38 千公顷相比，Sentinel-2A 的小麦面积要比 MODIS 更接近实际雄安小麦面积，Sentinel-2A 的小麦统计面积误差更小<sup>[29]</sup>。因为 MODIS 的分辨率较低，对于小麦的监测能力相比 Sentinel-2A 较差，不能精准监测，同时由于混合像元的存在，其对于小麦长势监测的可靠性也不如 Sentinel-2A，对于小区域尺度的作物长势分析研究效果较差。因此，经过上述比较分析，Sentinel-2A 对于小麦生长周期内两个重要时期的长势监测较好，在雄安返青期内，小麦的整体长势较差，应注意加强对于小麦的施水施肥及田间管理；在抽穗期，雄安小麦的整体长势持平，应注意小麦保证生理用水，防治病虫害<sup>[30]</sup>。

## 5 结语

由于当前遥感数据的宏观性，本研究主要着重于多源遥感数据对于农作物小麦的识别与长势研究。研究表明在对于小麦的识别效果，珠海一号 OHS-2A 卫星远不如多光谱卫星 Sentinel-2A。由于

珠海一号 OHS-2A 卫星是高光谱数据, 要考虑降维处理, 虽然提高了光谱分辨率, 但在做小麦识别的过程中降低了工作效率, 并且识别总体精度较低, 与 Sentinel-2A 识别结果相比较, Sentinel-2A 对于小麦的识别更高, 对于作物的估产与管理更有意义。

在探究不同空间分辨率卫星影像, Sentinel-2A 和 MODIS 数据的返青期与抽穗期长势监测的分析中, 研究表明: 在作物长势监测中, 卫星影像分辨率越高, 则其越能反映实际的作物长势。通过对小麦在返青期与抽穗期这两个重要时期的研究, MODIS 长势监测效果较差, 难以满足作物长势情况复杂地区及小区域长势监测的需求。而 Sentinel-2A 精度较高, 对于实现作物长势遥感监测精细化的需求更重要, 与 MODIS 相比, Sentinel-2A 的长势监测结果纹理更细致, 并能降低混合像元引起的误差。本次研究小麦长势监测是通过与相近环境条件下的相邻两年同期小麦长势做差得到, 这在一定程度上降低其他条件的干扰。但没有对其他作物以及其他影响因素进行单独分析, 这对研究结果可能会带来一定的不确定性。同时做长势监测研究时采用了差值方法, 未对多种长势监测方法进行比较, 后续工作将作进一步深入研究。

通过以上小麦识别与长势监测分析结果可知, Sentinel-2A 对于进行农作物的识别与监测更有效, 有助于小区域农作物的精细识别及分类, 提高作物生长周期范围内苗情、生长状况的监测效果, 以此可及时获取作物的产量信息, 这有助于雄安新区的农作物管理与研究及生态雄安的规划。

#### 参考文献(References):

[1] Gu Yushuang. Study on winter wheat classification and monitoring based on time series remote sensing data[D]. Fu xin: Liaoning Technical University, 2017. [谷玉双. 基于时间序列遥感数据的冬小麦分类和监测研究[D]. 阜新: 辽宁工程技术大学, 2017.]

[2] Wang Siheng. Application status and prospect of hyperspectral remote sensing technology in agriculture[J]. China Agriculture Information, 2013(13): 203-204. [王思恒. 高光谱遥感技术在农业中的应用现状及展望[J]. 中国农业信息, 2013(13): 203-204.]

[3] Shi Ninzhuo. Research on Wheat Area Extraction based on MODIS-NDVI Time series—a case study in the Haihe basin[D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2015. [石宁卓. 基于 MODIS-NDVI 时间序列小麦面积提取方法研究—以海河流域为例[D]. 西安: 西安科技大学, 2015.]

[4] Yu Min, Wei Lifei, Yin Feng, *et al.* Hyperspectral remote sensing image crop fine classification based on conditional random field[J]. China Agricultural Informatics, 2018, 30(03): 74-82. [余铭, 魏立飞, 尹峰, 等. 基于条件随机场的高光谱遥感影像农作物精细分类[J]. 中国农业信息, 2018, 30(03): 74-82.]

[5] Sun Huasheng, Xu Aigong, Lin Hui, *et al.* Optimization of frequency domain denoising algorithms for time-series vegetation index[J]. Remote Sensing Information, 2013, 28(01): 24-28. [孙华生, 徐爱功, 林卉, 等. 时间序列植被指数频域滤波去噪算法的优化研究[J]. 遥感信息, 2013, 28(01): 24-28.]

[6] Ding Xiao. Study on distribution of crop's structure in Heilongjiang[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2014. [丁潇. 黑龙江省农作物种植结构布局研究[D]. 东北农业大学, 2014.]

[7] Li Weiguo, Wang Jihua, Zhao Chunjiang, *et al.* Preliminary study on remote sensing monitoring winter wheat growth at heading stage[J]. Jiangsu of Agriculture Science, 2007(05): 499-500. [李卫国, 王纪华, 赵春江, 等. 冬小麦抽穗期长势遥感监测的初步研究[J]. 江苏农业学报, 2007(05): 499-500.]

[8] Zhang Yanhong, Li Yanhua. Spring management technology of winter wheat in Xiong'an new area[J]. Modern Rural Science and Technology, 2019(06): 23. [张艳红, 李艳花. 雄安新区冬小麦春季管理技术[J]. 现代农村科技, 2019(06): 23.]

[9] Kontoes C, Wilkinson G G, Burrell A, *et al.* An experimental system for the integration of GIS data in knowledge based image analysis for remote sensing of agriculture[J]. International Journal of Geographical Information Systems, 1993, 7(3): 247-262.

[10] Xu Wenbo, Zhang Guopin, Fan Jinlong, *et al.* Remote sensing monitoring of winter wheat areas using MODIS



- data[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2007(12): 144-149+325. [许文波, 张国平, 范锦龙, 等. 利用 MODIS 遥感数据监测冬小麦种植面积[J]. 农业工程学报, 2007(12): 144-149+325.]
- [11] Crist E P, Malila W A. A temporal-spectral analysis of technique of vegetation applications of Landsat[C]. //Proceeding of the 14th Symposium on Remote Sensing of Environment, Costa Rica, 1980.
- [12] Sun Li, Wang Weidan, Chen Yuanyuan, *et al.* Analysis of Winter Wheat Growth of United States with remote sensing data in 2019[J]. Anhui Agricultural Science, 2020, 48(1): 241-244. [孙丽, 王蔚丹, 陈媛媛, 等. 2019 年美国冬小麦长势遥感监测分析[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(01): 241-244.]
- [13] Wu Jianjun, Yang Qinye. Crop monitoring and yield estimation using synthetic methods in arid land[J]. Geographical Research, 2002(05): 593-598. [武建军, 杨勤业. 干旱区农作物长势综合监测[J]. 地理研究, 2002(05): 593-598.]
- [14] Luo Ge, Wei Zheng. China aerospace remote sensing and spacial information industry development[J]. Spacecraft Recovery and Remote Sensing, 2018, 39(04): 10-17. [罗格, 卫征. 航天遥感与中国空间信息产业发展[J]. 航天返回与遥感, 2018, 39(04): 10-17.]
- [15] Chen Xu, Hao Zhenghuan. Sentinel-2A data products' characteristics and the potential applications[J]. Science & Technology Vision, 2018(16): 48-50. [陈旭, 郝震寰. 哨兵卫星 Sentinel-2A 数据特性及应用潜力分析[J]. 科技视界, 2018(16): 48-50.]
- [16] Bi Kaiyi, Niu Zheng, Huang Ni, *et al.* Identifying vegetation with decision tree model based on object-oriented method using multi-temporal Sentinel-2A images[J]. Geography and Geo-Information Science, 2017, 33(05): 16-20+27+127. [毕恺艺, 牛铮, 黄妮, 等. 基于 Sentinel-2A 时序数据和面向对象决策树方法的植被识别[J]. 地理与地理信息科学, 2017, 33(05): 16-20+27+127.]
- [17] Hua Jinxi. Monitoring of saline-alkali soil in Songnen plain based on MODIS time series data. Harbin: Harbin Normal University, 2017. [花锦溪. 基于 MODIS 时间序列的松嫩平原盐碱地动态变化研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨师范大学, 2017.]
- [18] Shi Feifei, Gao Xiaohong, Yang Linyu, *et al.* Research on typical crop classification based on HJ-1A hyperspectral data in the Huangshui River Basin[J]. Remote Sensing Trchnology and Application, 2017, 32(02): 206-217. [史飞飞, 高小红, 杨灵玉, 等. 基于 HJ-1A 高光谱遥感数据的湟水流域典型农作物分类研究[J]. 遥感技术与应用, 2017, 32(02): 206-217.]
- [19] Ge Shanyun. Feature extraction method based on the combination of MNF PCA and ICA for hyperspectral data[J]. Urban Geotechnical Investigation and Surveying, 2013(02): 103-106. [葛山运. 基于 MNF、PCA 与 ICA 结合的高光谱数据特征提取方法[J]. 城市勘测, 2013(02): 103-106.]
- [20] Du Peng, Zhao Huijie. Noise robust ICA feature extraction algorithm for hyperspectral image[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2005(10): 56-60. [杜鹏, 赵慧洁. 基于抗噪声 ICA 的高光谱数据特征提取方法[J]. 北京航空航天大学学报, 2005(10): 56-60.]
- [21] Yan Jining, Zhou Kefa, Wang Jinlin, *et al.* Extraction of hyper-spectral remote sensing alteration information based on SAM and SVM[J]. Computer Engineering and Applications, 2013, 49(19): 141-146. [阎继宁, 周可法, 王金林, 等. 基于 SAM 与 SVM 的高光谱遥感蚀变信息提取[J]. 计算机工程与应用, 2013, 49(19): 141-146.]
- [22] Fu Wenjie, Hong Jinyi, Zhu Guchang. The extraction of mineralized and altered rock information from remote sensing image based on SVM[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2006(02): 16-19+82. [傅文杰, 洪金益, 朱谷昌. 基于 SVM 遥感矿化蚀变信息提取研究[J]. 国土资源遥感, 2006(02): 16-19+82.]
- [23] Yang Guopeng, Yu Xuchu, Liu Wei, *et al.* Research of hyperspectral image classification based on support vector machine[J]. Computer Engineering and Design, 2008(08): 2029-2031+2034. [杨国鹏, 余旭初, 刘伟, 等. 基于支持向量机的高光谱影像分类研究[J]. 计算机工程与设计, 2008(08): 2029-2031+2034.]
- [24] Wei Li. Research on land use change of Chan Ba ecological district based on RS GIS technologies[D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technolog, 2013. [魏力. 基于 3S 的沪灞生态区土地利用动态监测研究[D]. 西安: 西安科技

- 大学, 2013.]
- [25] Du Xiaoyan. Main management measures of winter wheat returning to green[J]. *Modern Rural Science and Technology*, 2019(11): 15. [杜晓晔. 冬小麦返青期主要管理措施[J]. 现代农村科技, 2019(11): 15.]
- [26] Liu Qiang, Li Yuchua, Feng Lihui, *et al.* Classification of spring strength of main winter wheat varieties in central and Southern Hebei Province[J]. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 2015, 19(02): 12-14+32. [刘强, 李月华, 冯立辉, 等. 冀中南主栽冬小麦品种春性强弱的分类研究[J]. 河北农业科学, 2015, 19(02): 12-14+32.]
- [27] Wu Suxia, Mao Renzhao, Li Hongjun, *et al.* Review of crop condition monitoring using remote sensing in China[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2005(03): 319-322+345. [吴素霞, 毛任钊, 李红军, 等. 中国农作物长势遥感监测研究综述[J]. 中国农学通报, 2005(03): 319-322+345.]
- [28] Wu Bingfang, Zhang Feng, Liu Chenglin, *et al.* An integrated method for crop condition monitoring[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2004(06): 498-514. [吴炳方, 张峰, 刘成林, 等. 农作物长势综合遥感监测方法[J]. 遥感学报, 2004(06): 498-514.]
- [29] Shi Pinting. The three counties of xiong'an are busy preparing for sowing in spring. [EB/OL].[http://www.xiongan.gov.cn/2020-02/25/c\\_1210489079.htm](http://www.xiongan.gov.cn/2020-02/25/c_1210489079.htm), Lvia the Internet Accessed 2020-02-25. [石萍婷, 战“疫”不误农时, 雄安三县春耕备播忙. [EB/OL].[http://www.xiongan.gov.cn/2020-02/25/c\\_1210489079.htm](http://www.xiongan.gov.cn/2020-02/25/c_1210489079.htm), 2020-02-25.]
- [30] Wang Linyan. High yield planting management technology of Winter Wheat[J]. *Hebei Agriculture*, 2017(12): 6-7. [王玲艳. 冬小麦高产种植管理技术[J]. 河北农业, 2017(12): 6-7.]

## A Comparative Study on Wheat Identification and Growth Monitoring Based on Multi-source Remote Sensing Data

Yin Jie<sup>1,2</sup>, Zhou Leilei<sup>1,2</sup>, Li Liwei<sup>2</sup>, Zhang Yaqiong<sup>3</sup>, Huang Wenjiang<sup>2</sup>, Zhang Helin<sup>4</sup>,

Wang Yan<sup>2,5</sup>, Zheng Shijun<sup>2,5</sup>, Fan Haisheng<sup>6</sup>, Ji Chan<sup>6</sup>, Chen Junjie<sup>1</sup>, Peng Dailiang<sup>2</sup>

(1. School of Surveying and Land Information Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo, Henan 454003, China;

2. Key Laboratory of Digital Earth Science, Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China;

3. Center for Satellite Application on Ecology and Environment, Ministry of Ecology and Environment, Beijing 100094, China;

4. Beijing Engineering Research Center for Global Land Remote Sensing Products, Institute of Remote Sensing Science and Engineering, Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

5. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

6. Zhuhai Orbita Aerospace Science&Technology Co. LTD, Zhuhai, Guangdong 519000, China)

**Abstract:** Wheat is one of the main crops in China, which is of great significance to the economic development of China. With the continuous development of remote sensing technology, remote sensing technology has become an important means to extract wheat and growth monitoring. The identification of wheat is the premise of its planting area management, and the growth research is an important indicator of its growth evaluation and yield control. In this paper, the multi-source remote sensing data such as the hyperspectral zhuhai No.1 OHS-2A satellite, the multi-spectral Sentinel-2A satellite and MODIS were used to extract wheat by using Support Vector Machine(SVM) in Xiong'an as the research area. The accuracy of wheat was evaluated and analyzed by using the confusion matrix based on the field measurement data. Comparing the two important growth stages of wheat: the

return green period and the heading period, wheat growth was divided into three grades (good growth, similar growth, worse growth) for growth monitoring and comparing. The results showed that under the same environmental conditions, the Overall accuracy of OHS-2A was 82.08%, and the Kappa coefficient was 0.76; The Overall accuracy of Sentinel-2A was 85.57% ,and the Kappa coefficient was 0.81, By contrast, Sentinel-2A is the best at identification wheat. In the process of growth monitoring, the Sentinel-2A satellite is more effective than MODIS in monitoring and analyzing the growth of Xiong'an wheat by comparing the growth conditions and the relative amplitude of the change of wheat growth. This study analyzed the status of wheat identification and growth monitoring in Xiong'an from remote sensing data of different resolutions, which is conducive to wheat planting management and the formulation of agricultural policies, which is of great significance for promoting the economic development of green xiongan and the city.

**Key words:** OHS-2A; Growth Monitoring; Wheat Identification; Xiong'an;