

农业行业标准
《农作物物候期遥感监测技术规范》

编制说明

（征求意见稿）

标准编制组

2023年4月

目 录

一、 工作概况	1
1. 任务来源、承担单位和协作单位	1
2. 主要工作过程	1
3. 主要起草人及其所做工作	2
二、 编制原则和依据	2
1. 标准编制原则	2
2. 标准编制依据	3
三、 主要技术内容说明	5
1. 标准主要技术内容指标或要求确定的依据	5
2. 标准的符合性和一致性	16
3. 重大分歧意见的处理经过和依据	17
四、 标准应用实例	17
1. 数据预处理	17
2. 植被指数计算	17
3. 植被指数曲线滤波	18
4. 物候期监测模型构建	19
5. 物候期遥感监测结果	19
6. 监测结果精度验证	20
五、 其他需要说明的事项	20
1. 技术经济论证、预期经济效果和社会效益	20
2. 贯彻行业标准的措施建议	20
3. 其他	20

《农作物物候期遥感监测技术规范》

编制说明

一、 工作概况

1. 任务来源、承担单位和协作单位

(1) 任务来源

农业行业标准《农作物物候期遥感监测技术规范》是依据《关于下达2019年农业国家、行业标准制定和修订项目任务的通知》（农质标函[2019] 77号）的计划编制。本标准由农业农村部发展规划司提出并归口，中国农业科学院农业资源与农业区划研究所负责起草。

(2) 承担单位和协作单位

标准承担单位（起草单位）：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所。

2. 主要工作过程

(1) 立项启动阶段

本标准获得农业农村部立项批准后，承担单位积极开展启动准备工作。2019年6月，标准项目启动，成立编制小组，明确了目标任务，确定了编写技术方案与分工，制定了工作进度计划，初步拟定了标准框架内容。

(2) 起草编制阶段

2019年7月-12月，编制组收集分析了国内外相关标准规范以及科研文献，起草了标准草稿。2020年1月-2021年6月，根据农业农村部遥感应用中心开展的农作物物候期遥感监测业务运行工作，经反复论证、分析和验证，多次修改，形成了标准初稿。2021年7月-2022年11月，编制组对有关问题进行了多次较为充分的沟通和讨论，对标准的内容架构及适用范围等做了细致的研究，修改并形成标准征求意见稿。

(3) 征求意见及处理阶段

2023年2月，标准编制组采用邮件的形式面向遥感卫星研制单位、高等院校、

研究单位、国家及地方农业遥感应用单位的专家开展了意见征求。截至2023年3月底，共收到23家单位28位专家的总计215条反馈意见。编制组逐条认真讨论了专家意见，其中采纳205条，部分采纳0条，未采纳10条。

3. 主要起草人及其所做工作

表 1 标准主要起草人及承担工作

序号	姓名	工作单位	所做主要工作
1	王利民	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	本标准主编。负责组织标准编制大纲、主要内容及征集意见的讨论、修改，以及标准文本的统稿、定稿等工作。
2	杨鹏	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	负责标准主要内容的编写，参与修改，并负责起草标准编制说明。
3	刘佳	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	标准编写/技术流程可行性与精确度实验研究
4	姚保民	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	标准编写/技术流程可行性与精确度实验研究
5	高建孟	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	标准编写/技术流程可行性与精确度实验研究
6	季富华	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	标准编写/技术流程可行性与精确度实验研究
7	段四波	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	标准编写/技术流程可行性与精确度实验研究
8	滕飞	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	标准编写/数据源选择测试
9	杨福刚	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	标准编写/数据源选择测试
10	李丹丹	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	标准编写/数据源选择测试
11	李映祥	中国农业科学院农业资源与农业区划研究所	标准编写/数据源选择测试

二、 编制原则和依据

1. 标准编制原则

基于国内外作物物候期遥感监测的相关技术研究成果，遵照GB/T 1.1-2020给出的规则，参考GB/T 13989-2012《国家基本比例尺地形图分幅和编号》、GB/T 20257-2017《国家基本比例尺地图图式》、GB/T 30115-2013《卫星遥感影像植被

指数产品规范》、NY/T 3527-2019 《农作物种植面积遥感监测规范》等标准的相关内容，遵从科学性、针对性、适用性、可行性的原则，形成了《农作物物候期遥感监测技术标准》农业行业标准送审稿。

2. 标准编制依据

(1) 项目成果和已有标准

农业农村部“国家农情遥感监测业务运行系统”是从1998年开始运行的业务系统，农作物物候期遥感监测是业务运行系统成果的重要组成部分。本标准制定是在其中的农作物种植面积遥感监测和农作物物候期遥感监测业务运行成果基础上，结合“十二五”国家科技重大专项“高分辨率对地观测系统（民用部分）”中的应用系统项目“高分农业遥感监测与评估示范系统先期攻关”、“高分农业遥感监测与评估示范系统（一期）”、国家重点研发计划课题“作物生长与生产力卫星遥感监测预测”的科研成果，以及农业资源遥感监测相关的科研成果、文献资料、相关国家和行业标准等编制的。

现行的作物物候期遥感监测方面的标准仅有针对银杏和披碱草属牧草田间物候期观测的2项地方标准（表2），不足以对全国及农业行业资源、农情遥感监测业务形成规范性的参考。

表 2 现行的农作物物候期遥感监测标准

标准编号	标准名称	发布部门	实施日期	状态
DB42/T 1070-2015	银杏物候观测方法	湖北省质量技术监督局	2015/07/01	现行
DB63/T 1137-2012	披碱草属牧草田间物候期观察记载	青海省质量技术监督局	2012/07/01	现行

(2) 实际验证

将上述业务运行流程、研究课题和标准中，有关农作物物候期遥感监测技术流程、监测精度验证等的科研成果进行了分析、总结和实际验证。

结合农作物物候期遥感监测的业务情况，确定了农作物物候期遥感监测的技术流程，包括数据获取与处理、植被指数时间序列数据集构建与处理、物候期地面调查、物候期遥感监测模型构建与应用、监测结果精度验证、监测专题图制作和报告编写等内容。数据获取与处理部分包括遥感数据及其他数据获取、遥感数

据预处理、目标农作物空间分布遥感监测等内容，植被指数时间序列数据集构建与处理部分对植被指数计算、合成和滤波处理等内容进行了规定。物候期地面调查对调查时间、调查点布设要求、地面观测等内容进行了规定。物候期遥感监测模型构建与应用是对物候期遥感模型的构建和应用过程进行了规定。监测结果精度验证部分则主要包括基于地面调查数据对遥感监测结果进行精度验证的内容。专题监测图制作与报告编写部分对物候期监测专题图以及报告的编写的内容进行了规定。

目前国内外农作物物候期遥感监测方面的精度如表3所示。

表 3 国内农作物物候期遥感监测精度

作者	监测区域	监测作物	遥感影像	精度评价方法	精度
Sakamoto 等	University of Nebraska-Lincoln's Agricultural Research and Development Center	玉米、大豆	MODIS	WDRVI	基于6年遥感数据，玉米精度为2.9到7.0天；大豆为3.2到6.9天。基于2年数据，玉米精度为1.6到5.6天；大豆为2.5到5.3天。
杨琳等	江苏省	冬小麦	MODIS	NDVI	双Logistic函数方法提取的返青期、抽穗期、成熟期精度分别为5.5天、9.4天、7.5天；非对称性高斯函数方法提取的精度分别为6.1天、9.5天、7.8天。
李艳等	河南焦作广利灌区	夏玉米	MODIS	NDVI	平均误差2.76天，抽雄期绝对误差为1.06天。

(3) 服务经验和专家意见

根据标准起草人以及农作物物候期遥感监测专家多年的业务服务经验，编制了作物物候期遥感监测的流程，并根据专家意见进行了修改。

三、 主要技术内容说明

1. 标准主要技术内容指标或要求确定的依据

《农作物物候期遥感监测技术规范》共分12章正文、2项规范性附录和参考文献，包括第1章范围、第2章规范性引用文件、第3章术语和定义、第4章缩略语、第5章基本要求、第6章技术流程、第7章数据获取与预处理、第8章植被指数时间序列数据集构建与处理、第9章物候期地面调查、第10章物候期遥感监测模型构建与应用、第11章监测结果精度验证、第12章专题监测图制作和报告的编写以及最后的参考文献。标准主要技术内容指标或要求确定的依据说明如下：

(1) 范围

本文件规定了农作物物候期遥感监测的基本要求、技术流程、数据获取与处理、植被指数时间序列数据集构建与处理、物候期地面调查、物候期遥感监测模型构建与应用、监测结果精度验证、监测专题图制作和报告编写等内容。本文件适用于基于光学遥感卫星数据的大宗农作物物候期监测业务工作，其他农作物物候期监测业务工作可以参考本文件执行。

针对调查区域作物的特点，以及农作物物候期遥感监测的具体需求，选取合适的遥感影像数据。对于省级以下或地市级以下尺度，遥感影像的空间分辨率一般应优于30 m，具有多光谱谱段的卫星影像数据，如国内的GF-1、GF-6、HJ-1等卫星及国外的Landsat系列、Sentinel-2、Worldview系列等卫星。中高分辨率卫星可使得监测的精度得到有效提高，监测的尺度范围也可以进一步的降低细化，对于物候期监测向区域级甚至地块级发展具有重要的意义。对于大尺度的需求，可以选用低分辨的卫星数据，如MODIS数据。通过规范作物物候期遥感监测技术流程，可以为我国农业的可持续、现代化发展提供有效的支持。卫星遥感监测的成本低、效率高、客观性强，监测的频率相比传统方法也有巨大的优势，利用卫星遥感监测地块、区域乃至全国作物物候期是可行的，监测精度可以保障。标准起草组在试验研究、专家意见征求的基础上，确定了利用卫星数据及遥感技术

手段监测作物物候期的主要技术流程和指标,标准内容基于目前已较为成熟可靠的技术方法,既保证了对当前作物物候期遥感监测业务工作主要流程和指标的指导作用,也为今后各类作物物候期遥感监测方法的改进保留了充足的余地。

(2) 规范性引用文件

在充分获取当前国内已有的农业遥感相关标准的基础上,根据作物物候期遥感监测的自身特点及技术流程需要,参考了相关领域的标准,包括《GB/T 13989-2012 国家基本比例尺地形图分幅和编号》、《GB/T 20257-2017(所有部分) 国家基本比例尺地图图式》、《GB/T 30115-2013 卫星遥感影像植被指数产品规范》、《NY/T 3527-2019 农作物种植面积遥感监测规范》等。

其中《GB/T 13989-2012 国家基本比例尺地形图分幅和编号》主要是参考其基本比例尺的定义及分幅要求。农业遥感作物物候期监测的监测区域往往较大,通过参考国家基本比例尺的划分方式,对作物物候期监测进行分区监测,同时也方便与传统的地形图、正射影像图等资料进行比对分析等。

《GB/T 20257-2017(所有部分) 国家基本比例尺地图图式》主要用于指导相应比例尺的作物物候期监测成果的制图工作,对于科学合理地进行作物物候期遥感监测成果制图具有参考意义。

《GB/T 30115-2013 卫星遥感影像植被指数产品规范》主要用于植被指数计算部分进行NDVI等指数计算时的技术流程指导。NDVI等指数是植被特征的集中反映,可以为作物物候期监测指数提供重要的参考,而参照已有的植被指数的国家标准,可以对NDVI等作物物候期监测常用的植被指数计算提供参考。

《NY/T 3527-2019 农作物种植面积遥感监测规范》主要用于指导利用中高分辨率卫星数据进目标农作物识别和农作物空间分布的遥感监测。

(3) 术语和定义

术语和定义包含了作物物候期遥感监测常用到的专业术语,包括物物候期、生育时期、遥感、像元、空间分辨率、植被指数、归一化差值植被指数等共7个专业名词,各名词的定义,对于已存在其他相关国家标准中的定义,则直接进行引用参考,对于部分尚未在其他标准中定义的专业术语,则通过查阅相关专业论文、词典等资料,并结合专业知识进行定义,并咨询相关领域的专家最终确定。

(4) 缩略语

本标准给出了5个缩略语，包括2000国家大地坐标系（CSGS2000）、一年中的第几日（DOY）、归一化差值植被指数（NDVI）、均方根误差（RMSE）、通用横轴墨卡托投影（UTM）。缩略语包括了在标准中出现的，经常用到但是没有明确的专业术语，或者是本行业常用的缩略语，符合专业性、准确性、简洁性的要求。

(5) 基本要求

基本要求规定了作物物候期遥感监测中对于空间基准、分幅和编号、监测时间等的要求。这些要求是需要作物物候期遥感监测之前进行明确规定，同时，也是保障不同作物物候期遥感监测成果之间通用性的重要保证。

(a) 空间基准

空间基准包括了大地基准、高程基准和投影方式三大类内容。其中大地基准要求采用2000国家大地坐标系（CGCS2000），CGCS2000是测绘编制国家基本比例尺地图的基础，经国务院批准，我国自2008年7月1日起启用CGCS2000，到2018年全面完成CGCS2000转换工作，因此作物物候期遥感监测制图的大地基准应当与CGCS2000保持一致，确保成果的空间一致性和通用性。

高程基准要求采用1985国家高程基准，根据《国务院关于启用“1985国家高程基准”的批复》，同意启用新的国家高程基准面数据，即“1985国家高程基准”，并作为全国新的统一的高程控制系统，作物物候期遥感监测成果所使用的数字高程模型（DEM）数据等，应当符合国家对高程基准的规定，确保成果的可靠性，同时也与国家基础比例尺的地形图保持一致。

投影方式要求省级及以上尺度宜采用阿尔伯斯投影，省级以下尺度宜采用高斯-克吕格或UTM投影。阿尔波斯投影的特点是，在该投影下，所有地区的面积均与地球上相同地区的面积保持一致，这就保证了大尺度作物物候期情况面积统计时，图上测量面积与地面实际面积无差别，确保面积属性的准确性。如果使用高斯-克吕格或UTM投影，在离中央经线较远的地区可能存在较大的变形，造成图上面积的误差。对于省级及以下尺度的作物物候期监测，则应采用高斯-克吕格或UTM投影，这是由于高斯-克吕格和UTM投影无角度变形、图形保持相似，可以在确保图上面积变形较小的前提下，确保图上作物耕地地块等地物与实际的

形状保持一致。

(b) 分幅与编号

GB/T 13989-2012《国家基本比例尺地形图分幅和编号》规定了1:500、1:1 000、1:2 000、1:5 000、1:10 000、1:25 000、1:50 000、1:100 000、1:200 000、1:500 000、1:1 000 000共11个比例尺的分幅和编号标准，作物物候遥感监测成果的制图比例尺应当与国家基本比例尺地图保持一致，确保成果的通用性、准确性。

(c) 监测时间

监测时间应处于农作物出苗或移栽后至收获前，具体监测时间根据实际情况和需要确定。

(6) 技术流程

依据1998年以来农业农村部“国家农情遥感监测业务运行系统”农作物物候期遥感监测的多年试验与对比分析，参考相关的科研成果、文献资料等，确定了农作物物候期遥感监测的流程。

农作物物候期遥感监测流程包括数据获取与处理、植被指数时间序列数据集构建与处理、物候期地面调查、物候期遥感监测模型构建与应用、监测结果精度验证、专题监测图制作与报告编写等内容，技术流程可参照图1开展。数据获取与处理部分包括遥感数据及其他数据获取、遥感数据预处理、目标农作物空间分布遥感监测等内容，植被指数时间序列数据集构建与处理部分对植被指数计算、合成和滤波处理等内容进行了规定。物候期地面调查对调查时间、调查点布设要求、地面观测等内容进行了规定。物候期遥感监测模型构建与应用是对物候期遥感模型的构建和应用过程进行了规定。监测结果精度验证部分则主要包括基于地面调查数据对遥感监测结果进行精度验证的内容。专题监测图制作与报告编写部分对物候期监测专题图以及报告的编写的内容进行了规定。

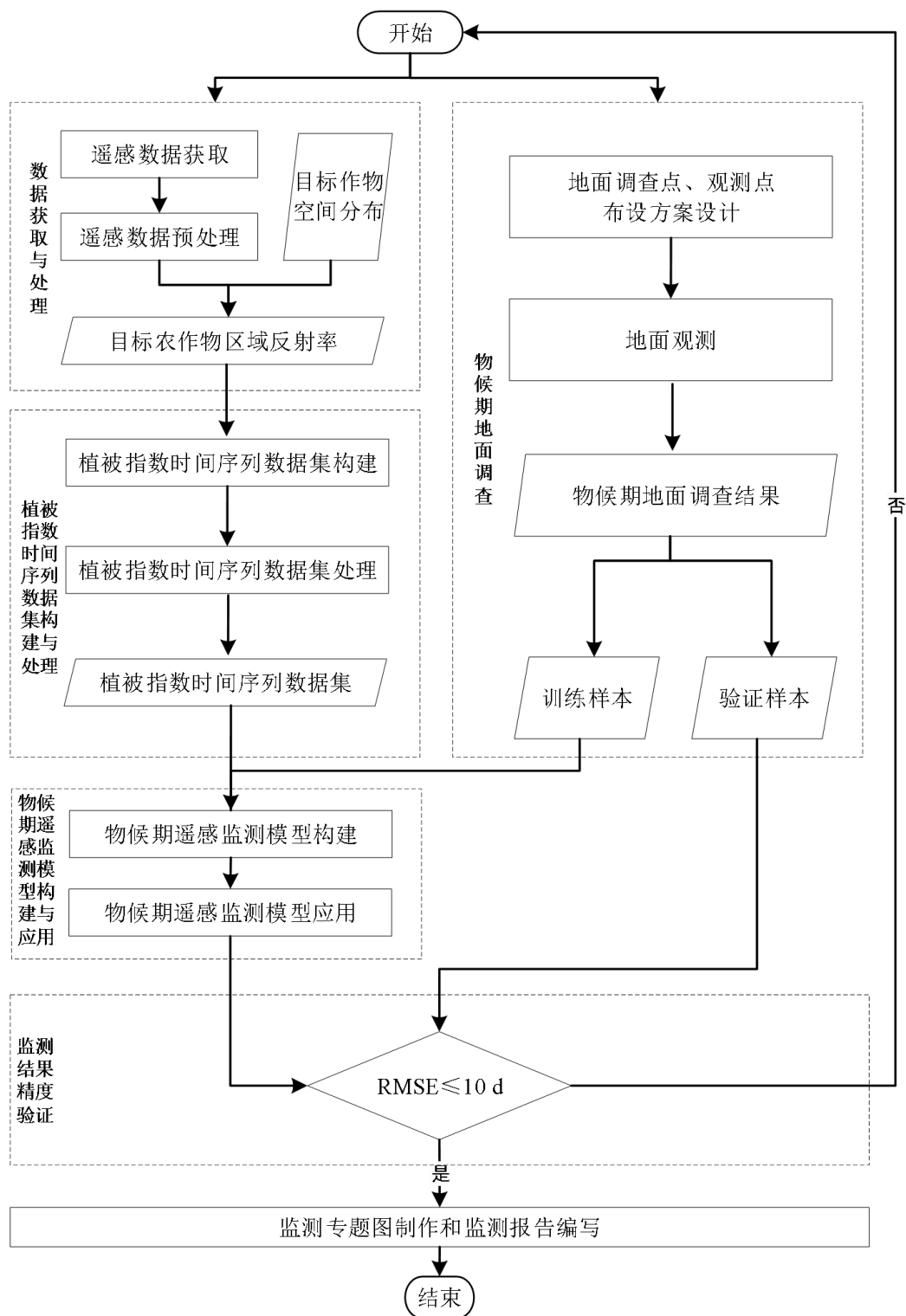


图 1 农作物物候期遥感监测技术流程

(7) 数据获取与处理

本标准对遥感数据、其他数据的获取与处理提出了要求。

(a) 遥感数据

考虑当前作物物候期遥感监测研究的国内外进展和技术成熟度，以及数据的

易获取性,要求所使用的遥感数据至少包含红和近红外等对作物监测有重要作用的波段。当前国内外常用的中高分辨率卫星传感器均具备红及近红外波段(表4),因此,本标准将其设置为作物物候期遥感监测的必要波段。

表 4 作物物候期遥感监测常用卫星数据源波段设置及分辨率

卫星/传感器	波段设置/ μm	分辨率/m
GF-1/WFV	蓝: 0.45~0.52 绿: 0.52~0.59 红: 0.63~0.69 近红外: 0.77~0.89	30
GF-2/PMS	蓝: 0.45~0.52 绿: 0.52~0.59 红: 0.63~0.69 近红外: 0.77~0.89	4
HJ-1 A/B	蓝: 0.43~0.52 绿: 0.52~0.60 红: 0.63~0.69 近红外: 0.76~0.89	30
ZY-3 02星	蓝: 0.45~0.52 绿: 0.52~0.59 红: 0.63~0.69 近红外: 0.77~0.89	5.8
Landsat-8 OLI	海岸: 0.433~0.453 蓝: 0.450~0.515 绿: 0.525~0.600 红: 0.630~0.680 近红外: 0.845~0.885 短波红外1: 1.560~1.651 短波红外2: 2.100~2.300	30
Sentinel-2 A/B	海岸: 0.443 蓝: 0.490 绿: 0.560 红: 0.665 红边1: 0.705 红边2: 0.740 红边3: 0.783 近红外: 0.842 红边4: 0.865 短波红外1: 1.610 短波红外2: 2.190	10~20

此外,标准规定了卫星影像数据空间分辨率应优于30m,这是由于当前部分

常用的中高分辨率卫星数据如Landsat-8、HJ-1等数据的分辨率均在30m或30m以上，使用这一分辨率的卫星影像数据，基本可以满足从省级以下尺度的作物物候期遥感监测工作。当对更大尺度有要求时，可选取MODIS遥感数据；影像数据应图面清晰，无数据丢失，无明显条纹、点状和块状噪声，定位准确，无严重畸变；云或浓雾覆盖像元的面积占影像总面积的百分比不超过20%。可通过邻近多时相影像合成晴空影像数据，多时相影像应处于农作物同一生育时期内。

遥感数据的时间分辨率应优于5 d。

遥感数据的前处理要求主要是几何校正和大气校正。几何校正主要是保证卫星影像的几何位置的准确性，而大气校正则主要是获取地表反射率影像，方便后续进行作物物候期的定量化监测。其中，几何校正的精度要求参考了正射影像图制作相关标准，如国家基本比例尺地图正射影像图（GB/T 33175-2016《国家基本比例尺地图 1:500 1:1 000 1:2 000正射影像地图》、GB/T 33182-2016《国家基本比例尺地图 1:5 000 1:10 000正射影像地图》、GB/T 33179-2016《国家基本比例尺地图 1:25 000 1:50 000 1:100 000正射影像地图》、GB/T 33178-2016《国家基本比例尺地图 1:250 000 1:500 000 1:1000 000正射影像地图》），不同比例尺正射影像图的平面位置中误差在平地 and 丘陵不大于0.6mm，在山地和高山地不大于0.8mm，且最大中误差为中误差的两倍。

根据比例尺的换算，若完全参照这一标准，则正射影像图的点位中误差将达到6~8个像元左右，这对于农业遥感监测需要精确相对位置关系而言显然是不够的。而常用的基于多时相遥感影像的作物监测，一般要求几何配准精度达到亚像元级别，因此，考虑到农业行业应用的实际需求，由于作物主要种植在平原区域，因此要求平地、丘陵地的大地坐标误差 ≤ 1 个像元，山地、高山地的大地坐标误差 ≤ 2 个像元。

遥感数据预处理之后，需要基于遥感数据对目标作物进行识别和空间分布的遥感监测。目标农作物分布遥感监测的方法主要包括农作物遥感分类识别、精度检验等步骤。分类可以选择监督分类、非监督分类、目视判读、面向对象等分类方法或组合进行分类，具体内容和要求应参照NY/T3527-2019（农作物种植面积遥感监测规范）执行。

基于目标农作物空间分布监测结果，对预处理后的影像通过剪裁或掩膜处理，

获取目标农作物区域的反射率数据。

(b) 其他数据

其他数据包括了监测区同一遥感数据源近3~5年NDVI时间序列数据、监测区域行政区划图、监测区域作物不同生育时期资料等。其中，监测区同一遥感数据源近3~5年NDVI时间序列数据用于对待监测区域目标农作物物候特征差异大小进行分析和评价，行政区划图主要用来筛选遥感影像数据、明确作物物候监测任务区域、用于物候期监测结果的统计等；监测区域作物不同生育时期资料则主要为了确定作物物候期遥感监测的业务工作开展时间，并用于验证物候期遥感监测结果。

(8) 植被指数时间序列数据集构建与处理

植被指数曲线获取主要包括植被指数时间序列数据集构建、植被指数时间序列数据集处理两部分内容

(a) 植被指数时间序列数据集构建

本标准建议使用归一化植被指数（NDVI）作为物候期遥感监测指数，公式如下所示：

$$NDVI = (R_{nir} - R_{red}) / (R_{nir} + R_{red})$$

式中：

R_{nir} ——近红外波段反射率；

R_{red} ——红波段反射率。

采用这一指数作为物候期遥感监测指数计算，是由于NDVI指数是当前应用最为广泛普遍的植被指数，基于NDVI的作物物候期遥感监测技术目前已相当成熟，覆盖了从高分辨率到中分辨率、低分辨率各个卫星分辨率尺度的作物物候期监测，具有较强的适用性。此外，NDVI指数的计算仅需要近红外波段和红光波段即可，目前绝大部分的中高分辨率卫星都包含这两个波段，且计算简便，原理清晰。

单期植被指数质量不佳时，可进行植被指数合成，应按GB/T 30115执行。植被指数合成所用的数据成像日期应处于农作物同一生育时期内。

将遥感影像获取日期转换为DOY，在像元尺度上构建NDVI时间序列数据集。为便于后续计算和应用，数据集应为多图层的空间数据格式，且每个图层的名称

应包含相应的DOY信息。

(b) 植被指数时间序列数据集处理

采用 Savitzky-Golay 滤波等算法对 NDVI 时间序列数据集进行重建，依据如下公式计算。

$$Y_j = \frac{\sum_{i=-m}^m C_i y_{j+i}}{N}$$

式中：

y——NDVI原始值；

Y——NDVI滤波后的结果；

C_i ——第*i*个NDVI值滤波时的系数；

j——沿原始数据纵坐标数据列的计算点下标；

m——任意正整数， $2m + 1$ 表示滤波窗口的宽度

N——卷积中值点的个数，等于滤波窗口的宽度。

注：Savitzky-Golay滤波是一种基于曲线局部特征的多项式拟合方法，由Savitzky和Golay于1964年提出。

(9) 物候期地面调查

(a) 调查时间

农作物物候地面调查时间应覆盖目标农作物的全部生育时期，根据目标农作物每个生育时期的长短确定调查时间间隔，通常为每周调查一次。对于生育时期持续时间较短的农作物，可每2天调查一次。

(b) 地面调查点、观测点布设方案设计

应根据近3~5年NDVI时间序列数据判断待监测区域内目标农作物物候特征差异，若待监测区内目标农作物物候特征差异大，则需要先对待监测区域进行分区，在每个分区内分别布设地面调查点和观测点。

调查点布设应具有区域代表性，农作物物候期受纬度和海拔等因素影响较大，因此调查点应能综合反映监测区域农作物物候的差异性。

调查点应离村庄或建筑物100m以上，调查点内目标农作物应多年、大面积、稳定种植，且目标农作物播种（移栽）日期相对固定，调查点内目标农作物分布区域的边长应不小于所用遥感影像空间分辨率的2倍；

调查点数量应具有统计意义，省级以下尺度不少于30个调查点。选点可采用前期目标农作物NDVI数据辅助分层抽样方式，将NDVI数值范围划分为10层，每

层选择不应少于3个调查点。省级及省级以上尺度可适当增加调查点数量；

观测点是在调查点范围内实际目视观测的位置，所用遥感影像空间分辨率优于100m时，调查点内可仅设置1个观测点。否则需根据影像空间分辨率在单个调查点内设置不少于3个观测点。

(c) 地面观测

观测点选定之后，应按照附录A的内容将观测点的地理坐标、海拔、农作物种类、农作物所处生育时期等信息做详细记载，并拍摄观测点农作物不同角度照片，作为档案保存。可参照附录B填写农作物所处生育时期；

对于每个观测点，观测的植株数量应不少于30株，当40%~60%的植株进入某一生育时期，则观测日期对应的DOY即为农作物进入该生育时期的物候期；

大于60%或小于40%的植株进入某一生育时期，应根据前一期和后一期的观测日期和观测结果，推算农作物进入该生育时期的物候期。

(d) 地面调查结果

当调查点内仅有一个观测点时，观测得到的物候期即为该调查点的物候期。当调查点内有多个观测点且观测点得到的物候期不一致时，则不同调查结果的DOY均值为该调查点的物候期。农作物物候期地面调查结果宜按照7:3的比例随机划分为训练样本和验证样本。

(10) 物候期遥感监测模型构建与应用

目标农作物长势较为正常时宜采用阈值法构建农作物物候期遥感监测模型，也可采用滑动平均法、微分法等其他算法构建模型。

(a) 模型构建

针对目标农作物的每一个像元，基于目标农作物播种后至当前一期NDVI时间序列数据，确定数据中的极大值和极小值，利用非对称数学函数（如非对称性高斯函数或双Logistic函数）对平滑滤波后的NDVI极大值、极小值之间的数据进行曲线拟合，得到DOY-NDVI对应曲线。

获取地面调查训练样本的农作物进入某生育时期的物候期DOY及地理坐标，然后以DOY为索引在NDVI时间序列数据集中选定相应DOY（或最临近DOY）的NDVI数据，并根据地理坐标获取调查点位置上的NDVI值。利用如下公式计算得到全部训练验证样本的NDVI均值，即为提取物候期DOY的NDVI阈值。

$$T = \frac{\sum_{i=1}^m t}{m}$$

式中：

T——全部训练样本地面调查点的NDVI均值；

t——某一训练样本地面调查点的NDVI值；

m——训练样本的个数。

(b) 模型应用

对于一个未知物候期的目标农作物像元，根据DOY-NDVI对应曲线，通过计算曲线上到达NDVI阈值时的DOY值，即可实现对该像元的物候期DOY反演。当DOY-NDVI对应曲线上NDVI阈值有多个DOY对应时，应根据农作物实际物候期和曲线的单调性确定正确的DOY值。

(11) 监测结果精度验证

利用农作物物候期地面调查结果对农作物物候期遥感监测结果进行精度验证，依据公式（4）计算均方根误差（RMSE），并对物候期监测结果的精度进行评价，以RMSE不超过10 d为合格。对于生育时期持续时间较短的农作物，RMSE应不超过农作物当前所处生育时期持续天数的一半。

精度评价不合格的，应在所用遥感数据质量、物候期地面调查点代表性等方面进行核查，并重新执行监测流程，直至精度评价合格为止。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - d'_i)^2}$$

式中：

n ——验证样本数量；

i ——第 i 个验证样本；

d_i ——农作物物候期遥感监测结果（DOY值），单位为d；

d'_i ——农作物物候期地面调查结果（DOY值），单位为d。

(12) 监测图专题制作和报告的编写

(a) 监测专题图制作

农作物物候期遥感监测专题图的符号配置、注记和地图整饰等地图要素按 GB/T 20257（所有部分）制作完成，制图要素应包括图名、图例、比例尺、指北针、物候期空间分布、行政区划地理信息等。

(b) 监测报告的编写

农作物物候期遥感监测报告主要内容宜包括：

- a) 农作物物候期遥感监测的测区概况、目标农作物类型、采用的卫星及其传感器、影像获取时间、监测时间范围、监测人员、审核人员等信息；
- b) 农作物物候期遥感监测流程；
- c) 地面调查点分布、农作物物候期地面调查表等信息；
- d) 训练样本和验证样本的数量和分布图；
- e) 精度验证结果及农作物物候期遥感监测结果专题图；
- f) 根据遥感监测结果获取的农作物物候期的时空变化规律；
- g) 根据遥感监测结果获取的不同级别行政区划内目标农作物物候遥感监测统计结果。

2. 标准的符合性和一致性

(1) 标准的符合性

本标准符合《中华人民共和国宪法》、《中华人民共和国农业法》以及相关的法律法规，没有出现与有关现行法律、法规和强制性国家标准发生冲突的条款。

(2) 标准的一致性

本标准编制过程中，充分考虑了与现行相关标准之间在技术指标方面的一致性或协调性。这些标准包括《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1-2020）、《国家基本比例尺地形图分幅和编号》（GB/T 13989-2012）、《国家基本比例尺地图图式》（GB/T 20257-2017）、《卫星遥感影像植被指数产品规范》（GB/T 30115-2013）、《农作物种植面积遥感监测规范》（NY/T 3527-2019）等。

3. 重大分歧意见的处理经过和依据

无。

四、 标准应用实例

1. 数据预处理

图2为江苏省行政区划图，用以进行夏水稻的物候期遥感监测。

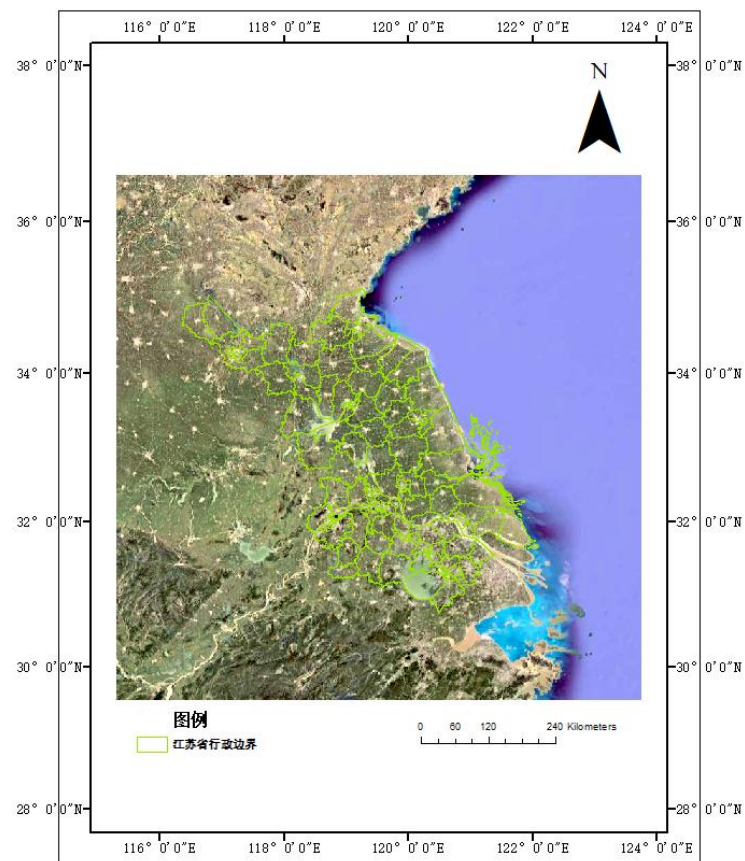


图 2 江苏省

2. 植被指数计算

江苏省2010年夏水稻NDVI分布图如图3所示。

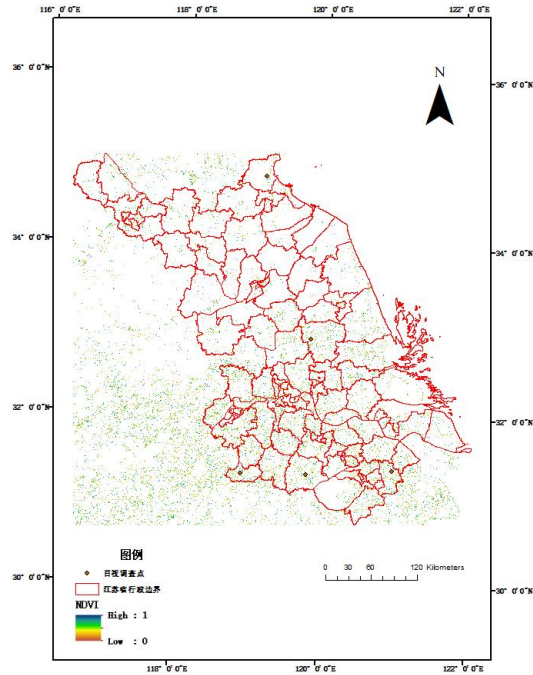


图 3 江苏省 2010 年夏水稻 NDVI 分布图

3. 植被指数曲线滤波

将每一次的迭代输出值作为下一次的迭代输入值，经过平滑后的江苏赣榆监测区2010年NDVI时序数据如图所示。

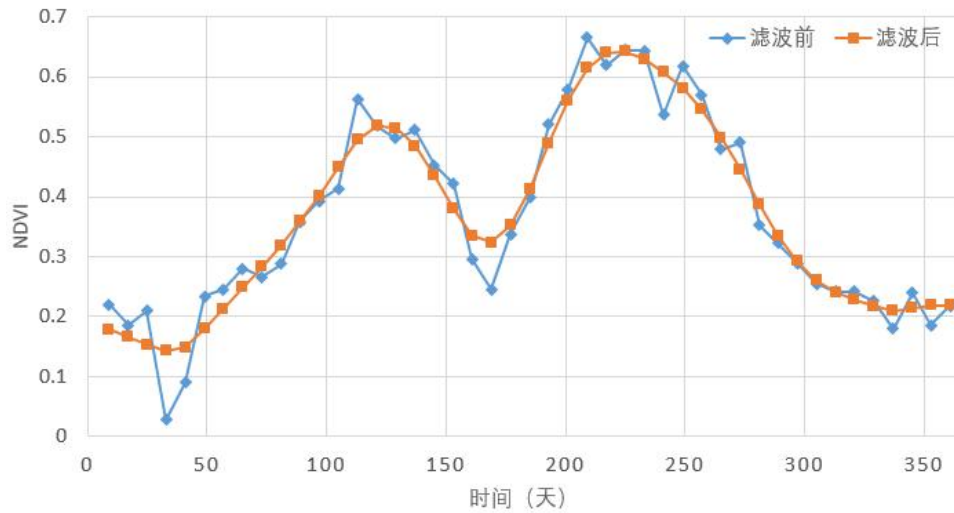


图 4 S-G 滤波后的 NDVI 时序数据

从图3可以看出，滤波前该区域NDVI时序曲线存在明显的锯齿状波动，经过 S-G滤波器2次迭代后，NDVI时序曲线收敛，基本上保持了原有曲线形态，并得到了较好的平滑效果，极地的离异值得到了一定的纠正。

4. 物候期监测模型构建

为了重建作物 NDVI 的变化动态，利用非对称性高斯函数和Logistic函数对经过S-G法平滑滤波后的 NDVI 时序数据进行曲线拟合。图5为江苏省赣榆观测站所在监测区域2010年NDVI时序数据的拟合曲线。

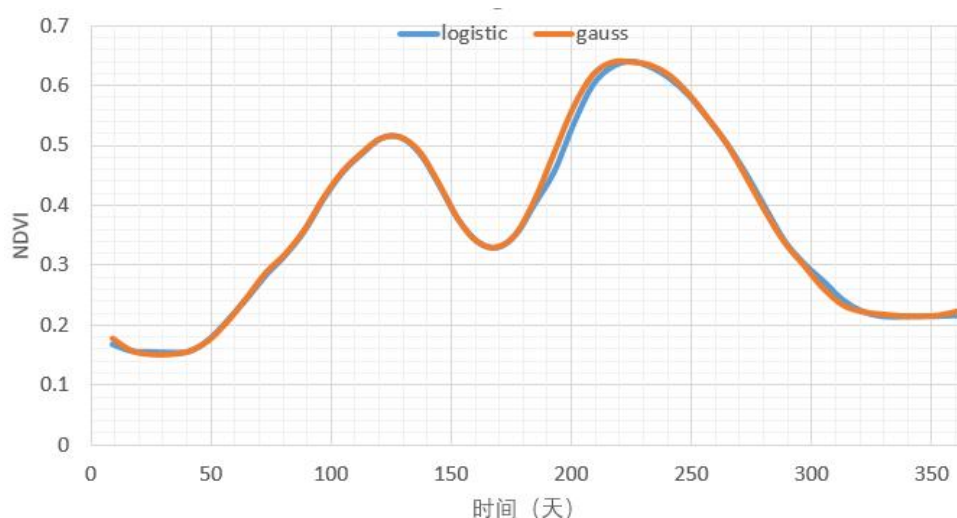


图 5 非对称高斯函数、Logistic 函数分别拟合的 NDVI 时序曲线

5. 物候期遥感监测结果

针对拟合后的 NDVI 时序数据，采用动态阈值法确定作物的关键物候期。在作物时序 NDVI 曲线上升阶段，将距离 NDVI 最小值为曲线增幅20% (NDVI 最小值与最大值差值的20%) 的位置作为作物营养生长的开始期；在作物时序 NDVI 曲线下阶段，将距离 NDVI 最大值为曲线降幅80%的位置作为生殖生长的开始期。图6为利用动态阈值法提取的江苏省赣榆观监测区域的夏水稻物候期遥感提取结果。

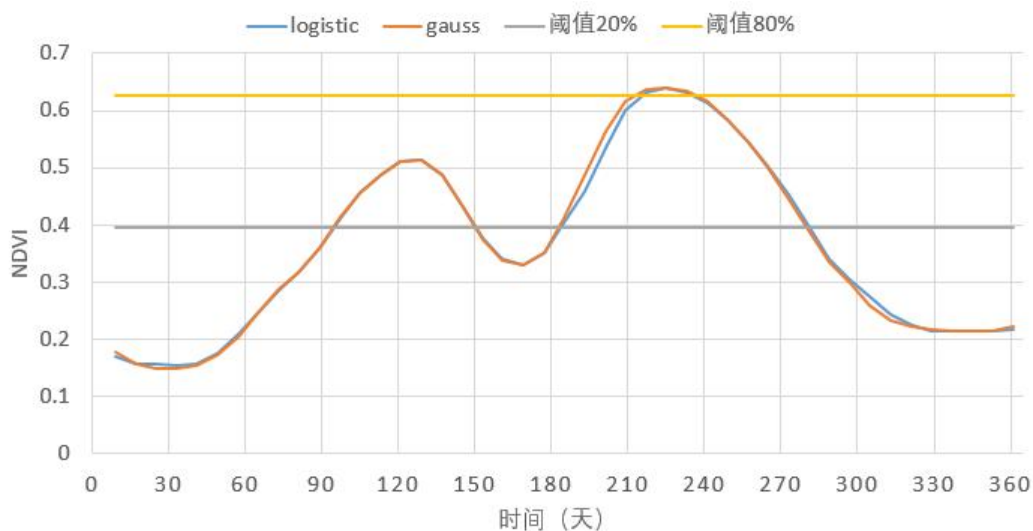


图 6 遥感提取的夏水稻关键物候期

6. 监测结果精度验证

选取江苏省赣榆观测站的物候地面观测数据，用于作物遥感物候遥感监测结果的精度评价。其中，该监测区域夏水稻返青期开始于第185天，抽穗期开始于第240天。采用Logistic函数拟合NDVI时序数据，并采用动态阈值法提取物候关键期，获取返青期开始于第183天，抽穗期开始于第236天。可以看出，在夏水稻返青期，遥感提取物候期与地面观测的物候期误差为2天；抽穗期的关键物候期误差为4天，满足精度要求。

五、 其他需要说明的事项

1. 技术经济论证、预期经济效果和社会效益

本标准规定了农作物物候期遥感监测的基本要求、技术流程、数据获取与处理、植被指数时间序列数据集构建与处理、物候期地面调查、物候期遥感监测模型构建与应用、监测结果精度验证、监测专题图制作和报告编写等内容，不仅有助于监测指标和方法的统一、监测结果的可比性、监测精度的提高，而且对于基于卫星数据的作物物候期遥感监测业务工作起到规范化、标准化的作用。本标准的颁布实施将产生良好的社会效益和经济效益，同时将提升作物物候期遥感监测服务保障能力，进而为种植业生产安全和粮食安全做出贡献。

2. 贯彻行业标准的措施建议

本标准颁布实施后，编制组将根据农业农村部的安排，积极做好标准的宣贯培训等工作。为发挥本标准的作用，建议今后有关国家标准、行业标准制修订时，认真做好与本标准之间的协调。

3. 其他

无。

参考文献

- [1] Jonsson P., Eklundh L. Seasonality extraction by function fitting to time-series of satellite sensor data [J]. IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, 2002, 40 (8): 1824-1832.
- [2] Ratkowsky D. Nonlinear regression modeling: a unified practical approach [J]. Technometrics, 1983, 26(2): 61-91.
- [3] Roberta P., Proietti R., Serena A., et al. Monitoring spring phenology in Mediterranean beech populations through in situ observation and Synthetic Aperture Radar methods [J]. Remote sensing of environment, 2020, 248, 111978.
- [4] Sakamoto T., Wardlow B. D., Gitelson A. A., et al. A two-step filtering approach for detecting maize and soybean phenology with time-series MODIS data [J]. Remote Sensing of Environment, 2010, 114: 2146-2159.
- [5] Savitzky A., Golay M. J. E. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures [J]. Analytical Chemistry, 1964, 36 (8): 1627-1639.
- [6] 边金虎, 李爱农, 宋孟强, 等. MODIS植被指数时间序列Savitzky-Golay滤波算法重构 [J]. 遥感学报, 2010, 14(4): 725-741.
- [7] 李存东. 农学概论 (第二版) [M].北京: 科学出版社, 2018. 43.
- [8] 李艳, 张成才, 罗蔚然, 郜文江. 基于改进最大值法合成NDVI的夏玉米物候期遥感监测 [J]. 农业工程学报, 2019, 35 (14): 159-165.
- [9] 王强. 航空高光谱遥感光谱域噪声滤波应用研究[D].华东师范大学,2006.
- [10] 杨琳, 高苹, 居为民. 基于MODSI NDVI数据的江苏省冬小麦物候期提取 [J]. 江苏农业科学, 2016, 44(1): 315-320.