

中华人民共和国农业行业标准

NY/T 4151—2022

农业遥感监测无人机影像  
预处理技术规范

Specification for UAV image preprocessing in agricultural remote  
sensing monitoring

2022-07-11 发布

2022-10-01 实施

中华人民共和国农业农村部 发布

## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 缩略语 .....	3
5 基本要求 .....	3
6 处理流程 .....	3
7 数据获取与筛选 .....	4
8 辐射定标 .....	5
9 几何校正 .....	5
10 产品生产 .....	6
11 质量检查 .....	6
12 报告编写 .....	7
参考文献 .....	8

## 前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由农业农村部发展规划司提出并归口。

本文件起草单位：中国农业科学院农业资源与农业区划研究所。

本文件主要起草人：刘佳、滕飞、杨玲波、王利民、姚保民、高建孟、季富华、李映祥。

# 农业遥感监测无人机影像预处理技术规范

## 1 范围

本文件规定了农业行业遥感监测无人机影像预处理的基本要求、处理流程、数据获取与筛选、辐射定标、几何校正、产品生产、质量检查、报告编写等内容。

本文件适用于基于无人机多光谱影像进行小范围大比例尺农业遥感监测的影像预处理工作。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 13989 国家基本比例尺地形图分幅和编号
- GB/T 18316 数字测绘成果质量检查与验收
- CH/T 3003 低空数字航空摄影测量内业规范
- CH/T 3004 低空数字航空摄影测量外业规范
- CH/T 3005 低空数字航空摄影规范
- CH/T 9008.2 基础地理信息数字成果
- CH/T 9008.3 基础地理信息数字成果
- CH/T 9022 基础地理信息数字成果

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**无人机影像** **unmanned air vehicle image**

通过低空无人机飞行平台搭载的传感器获取的数字图像。

### 3.2

**多光谱影像** **multispectral image**

多光谱相机通过摄影或扫描的方式，在同一时间内获取相同目标若干谱段信息的数字图像。

### 3.3

**空中三角测量** **aerotriangulation; aerial triangulation**

利用航空航天影像与所摄目标之间的空间几何关系，根据少量像片控制点，计算出像片外方位元素和其他待求点的平面位置、高程的测量方法。

[来源：GB/T 14950—2009, 5.72, 有修改]

### 3.4

**遥感** **remote sensing**

不接触物体本身，用传感器收集目标物的电磁波信息，经处理、分析后识别目标物，揭示其几何、物理特征和相互关系及其变化规律的现代科学技术。

[来源：GB/T 14950—2009, 3.1, 有修改]

### 3.5

**像元** **pixel**

数字影像的基本单元。

[来源:GB/T 14950—2009,4.67,有修改]

3.6

**空间分辨率 spatial resolution**

遥感影像上一个像元能代表地面单元的大小。

3.7

**影像预处理 image preprocessing**

对主要运算前的原始数据所进行的某些加工。

[来源:GB/T 14950—2009,5.169]

3.8

**几何校正 geometric correction**

为消除影像的几何畸变而进行投影变换或不同波段影像间的配准等校正过程。

[来源:GB/T 14950—2009,5.190,有修改]

3.9

**像片控制点 photo control point**

为摄影测量加密或测图需要,直接在实地测定的控制点。

[来源:GB/T 14950—2009,4.127]

3.10

**检查点 checking point**

用来检查地形、模型正确性的点。

[来源:GB/T 14950—2009,5.88]

3.11

**辐射定标 radiometric calibration**

根据遥感器定标方程和定标系数,将其记录的量化数字灰度值转换成对应视场表观辐亮度的过程。

[来源:GB/T 30115—2013,3.7]

3.12

**数字正射影像图 digital orthophoto map**

参考地形图要求对正射影像数据按图幅范围进行裁切,配以图廓整饰形成的影像图。

注:它具有像片影像特征和地图的几何精度,是国家基础地理信息数字成果的主要组成部分之一。

[来源:CH/T 9008.3—2010,3,有修改]

3.13

**三维点云 3D point cloud**

在同一三维空间坐标系下表达目标空间分布和目标表面特性的海量点集合。

3.14

**不规则三角网 triangular irregular network**

一种用不规则的三角形集合来描述复杂曲面的数据结构。其中,每个三角形的3个顶点都在曲面上,互不重叠,又全覆盖整个曲面。

[来源:GB/T 14950—2009,6.28]

3.15

**数字高程模型 digital elevation model**

在一定范围内通过规则格网点描述地面高程信息的数据集,用于反映区域地貌形态的空间分布。

[来源:CH/T 9008.2—2010,3]

3.16

**数字表面模型 digital surface model**

以一系列离散点或规则点的三维坐标表达物体表面起伏形态的数据集。

[来源:GB/T 14950—2009,6.31,有修改]

## 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

CGCS 2000:2000 国家大地坐标系(China Geodetic Coordinate System 2000)

DEM:数字高程模型(Digital Elevation Model)

DN:灰度值(Digital Number)

DOM:数字正射影像(Digital Orthophoto Map)

DSM:数字表面模型(Digital Surface Model)

GNSS:全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System)

IMU:惯性测量装置(Inertial Measurement Unit)

POS:定位定向系统(Positioning and Orientation System)

TIN:不规则三角网(Triangular Irregular Network)

UAV:无人机(Unmanned Air Vehicle)

## 5 基本要求

### 5.1 空间基准

#### 5.1.1 大地基准

采用 2000 国家大地坐标系(CGCS 2000)。

#### 5.1.2 高程基准

采用 1985 国家高程基准。

#### 5.1.3 地图投影方式

采用高斯-克吕格投影。

### 5.2 分幅和编号

农业遥感监测无人机影像预处理成果的分幅和编号按 GB/T 13989 的规定执行。

### 5.3 预处理产品

农业遥感监测无人机影像预处理的产品主要包括数字高程模型(DEM)、数字正射影像(DOM)和数字表面模型(DSM),相关产品生产按照 CH/T 9008.2、CH/T 9008.3、CH/T 9022 的规定执行。

## 6 处理流程

农业遥感监测无人机影像预处理的流程主要包括数据获取与筛选、辐射定标、几何校正、产品生产、质量检查、报告编写 6 个步骤,见图 1。

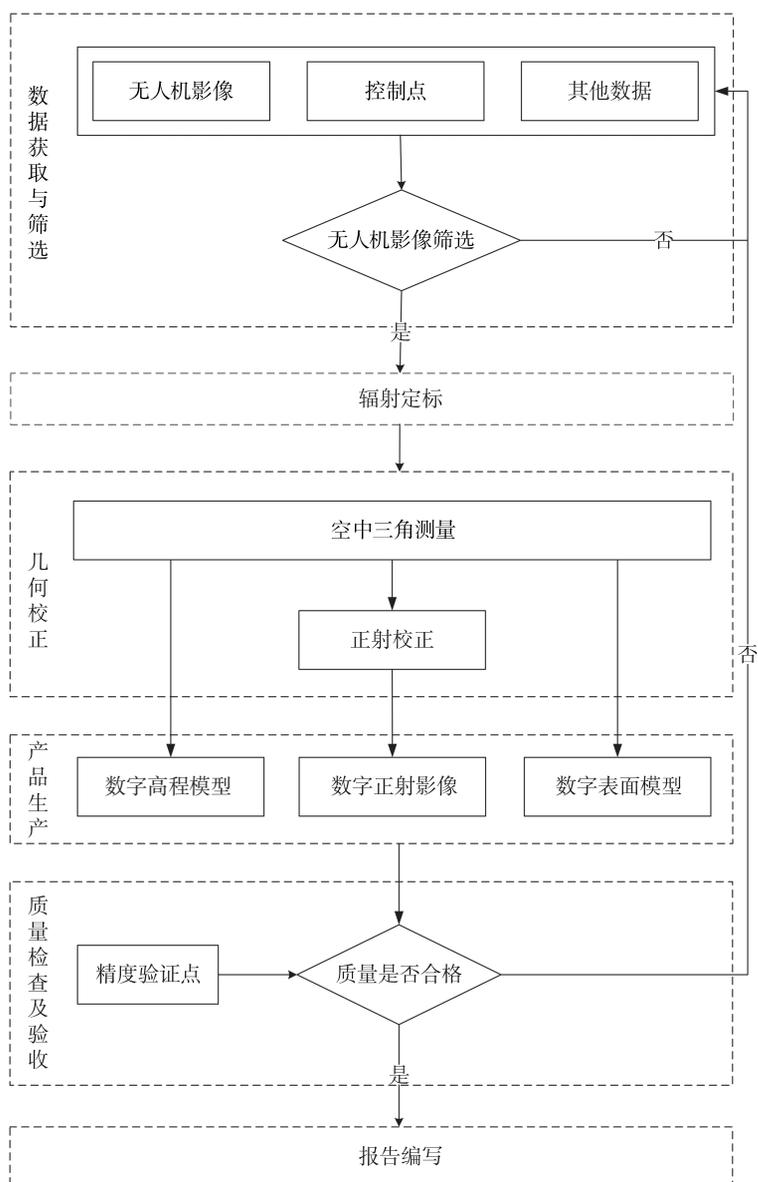


图 1 农业遥感监测无人机影像预处理技术流程

## 7 数据获取与筛选

### 7.1 无人机影像

#### 7.1.1 一般要求

农业遥感监测通常采用无人机多光谱影像，无人机影像的获取的方式可按照 CH/T 3003、CH/T 3004 和 CH/T 3005 执行。

#### 7.1.2 影像空间分辨率

影像空间分辨率一般介于 0.05 m~0.20 m。

#### 7.1.3 像片旋角

相邻像片的主点连线与像幅沿航线方向两框标连线间的夹角称像片旋角，像片旋角一般需低于 15°。

#### 7.1.4 像片倾角

像片倾角是指无人机摄影机轴与铅直方向的夹角，像片倾角一般需低于 5°。

#### 7.1.5 像片重叠度

像片航向重叠度应不小于 53%，宜在 60%~80%；旁向重叠度应大于 15%，宜在 30%~60%。

注:航向重叠(longitudinal overlap;end overlap;forward overlap)是指相邻两张相片之间沿航线飞行方向对所摄地面有一定的重叠,通常以百分比表示。[来源:GB/T 14950—2009,4.53,有修改]

旁向重叠(lateral overlap;side overlap;side lap)是指对于区域摄影要求两相邻航带相片之间有一定的影像重叠,通常以百分比表示。[来源:GB/T 14950—2009,4.54,有修改]

### 7.1.6 像片质量

像片及立体像对应完整覆盖所有监测区域,无漏洞。像片应清晰,细节完整,层次鲜明,色调柔和;无明显云、雾、霾、阴影,以及拖影或变形。像片间应无明显明暗差异,空间分辨率、辐射分辨率、色调等尽可能一致。

### 7.1.7 像片内方位元素

初始像片内方位元素由相机参数中的焦距(摄影中心至像主点的距离)和像主点在像框坐标系下的平面坐标获取。

注:像片内方位元素(elements of interior orientation;interior orientation elements)又称“像片内定向元素”,是确定摄影光束在像方几何关系的基本参数,即像主点的像平面坐标值 $(x_0, y_0)$ 和摄影机主距值 $(f_k)$ 。[来源:GB/T 14950—2009,5.12]

### 7.1.8 像片外方位元素

初始像片外方位元素应由无人机 POS 系统提供,主要由 GNSS 设备提供位置信息,IMU 提供角度信息。

注:像片外方位元素(elements of exterior orientation;exterior orientation elements)又称“像片外定向元素”,确定摄影光束在物方几何关系的基本参数,包括 3 个位置参数和 3 个姿态参数。[来源:GB/T 14950—2009,5.13]

## 7.2 控制点

控制点包括像片控制点、检查点和精度验证点,数量和布局可按照 CH/T 3004—2021 执行。控制点应尽量选择在地形起伏较小、坚硬的地面;在目标影像上应成像清晰,大小合适,易于辨识。布设地点应无明显干扰 GNSS 信号强度和定位精度的因素,不应布设在高大建筑物及地物附近,避免遮挡。

注:精度验证点是指用来检查无人机影像预处理成果正确性的点。

## 7.3 其他数据

其他数据包括但不限于:农业遥感监测的范围矢量文件、用于影像辐射定标的白板数据,以及无人机拍摄计划、时间、人员等信息。

## 7.4 无人机影像筛选

剔除不符合 7.1 中要求的无人机影像。对于冗余影像,应保留倾角或旋角较小的影像。对影像覆盖存在漏洞的区域,需通过数据补测等方法进行填补。

## 8 辐射定标

根据农业遥感监测的需要,进行无人机多光谱影像辐射定标处理。需要辐射定标的无人机影像,应提供各波段中心波长、波长范围等参数;为保证光照条件尽可能一致,每次航拍时间不宜过长。

可使用定标白板对无人机影像进行辐射定标,辐射定标与无人机拍摄过程同步进行。辐射定标按公式(1)计算。

$$\rho_{\lambda}^i = DN_{\lambda}^i \times \frac{\rho_{\lambda}^w}{DN_{\lambda}^w} \dots\dots\dots (1)$$

式中,

$\rho_{\lambda}^i$  ——第  $i$  个像元在波长  $\lambda$  处的标准反射率;

$DN_{\lambda}^i$  ——第  $i$  个像元在波长  $\lambda$  处的影像灰度值;

$\rho_{\lambda}^w$  ——在反射率为  $w$  的白板在波长  $\lambda$  处的标准反射率;

$DN_{\lambda}^w$  ——在反射率为  $w$  的白板在波长  $\lambda$  处的像元灰度值,取所有白板像元的均值。

## 9 几何校正

### 9.1 一般要求

几何校正是基于无人机影像提取连接点,导入像片控制点进行空中三角测量,由图像坐标转换为测区真实坐标,在此基础上进行正射校正的过程。在以下几何校正要求基础上,其他具体作业流程可参照 GB/T 23236 执行。

注:连接点(tie point)又称“模型连接点”,是用于相邻模型链接的同名像点。[来源:GB/T 14950—2009,5.86]

## 9.2 空中三角测量

空中三角测量可通过区域网平差等方式获取每一张影像的准确参数及加密点坐标,也可进行点云加密,获取无人机影像三维点云,提高数字正射影像和数字高程模型的空间分辨率及精度。

经过空中三角测量后,参照 GB/T 23236 的规定,检查点的精度要求如表 1 所示。在多镜头或多相机获取多光谱无人机影像条件下,几何校正后各波段影像的相对位置中误差应小于 1 个像元。

可根据农业遥感监测对影像几何精度的实际要求,适当放宽平面精度和高程精度要求。在仅需正射影像要求下,可适当放宽高程精度要求。

表 1 空中三角测量检查点精度

序号	影像空间分辨率/m	成图比例尺	平面位置中误差/m				高程中误差/m			
			平地	丘陵地	山地	高山地	平地	丘陵地	山地	高山地
1	优于 0.05	1 : 500	0.18	0.18	0.25	0.25	0.15	0.28	0.35	0.50
2	优于 0.10	1 : 1 000	0.35	0.35	0.50	0.50	0.28	0.35	0.50	1.00
3	优于 0.20	1 : 2 000	0.70	0.70	1.00	1.00	0.28	0.35	0.80	1.20

注:区域网平差(block adjustment)是利用多条航线构成的区域网模型进行整体平差的空中三角测量平差方法。[来源:GB/T 14950—2009,5.83]

## 9.3 正射校正

正射校正是在空中三角测量获取的加密点坐标基础上,利用数字高程模型数据,采用正射纠正方法对影像进行倾斜改正和投影差改正,将影像重采样成正射影像。

## 10 产品生产

### 10.1 数字高程模型生产

由特征数据(山头、洼地、鞍部等)、高程点数据和等高线数据构建不规则三角网(TIN)数据,开展数字高程模型产品的生产。

### 10.2 数字正射影像生产

多个正射影像的镶嵌拼接,应保证影像接边正确、无明显的拼接痕迹;在保证地物真实性前提下,可采用人工、直方图匹配等方法匀光匀色,消除不同影像间存在的亮度、对比度、色调等差异。对需要辐射定标的影像,在拼接过程中不应进行匀光匀色,避免改变原始影像的 DN 值。

### 10.3 数字表面模型生产

数字表面模型是通过三维点云数据构建不规则三角网(TIN),由不规则三角网生成数字表面模型,结合无人机影像的色彩、纹理等信息,生成基于真实影像纹理的高分辨率、高保真性的三维数字表面模型。

## 11 质量检查

### 11.1 质量检查内容

按照 GB/T 18316 的规定对数字高程模型(DEM)、数字正射影像(DOM)和数字表面模型(DSM)等无人机影像预处理产品进行质量检查,检查内容包括空间参考系、位置精度、属性精度、完整性、时间精度、影像/栅格质量等。

### 11.2 质量检查方法

根据精度验证点的野外实测坐标与成果的量测坐标计算各类中误差,进行产品位置精度的检查,其他检查内容的检查方法按照 GB/T 18316 执行。

### 11.3 质量精度要求

不同影像空间分辨率的无人机正射影像对应的成图比例尺、数字正射影像的平面位置中误差精度规定如表 2 所示,且最大允许误差不应超过中误差的 2 倍。不同空间分辨率数字高程模型的高程精度规定如表 3 所示,且最大允许误差不应超过中误差的 2 倍。不同空间分辨率的数字表面模型的成果的点云密度及格网尺寸、高程精度规定如表 4、表 5 所示,且最大允许误差不应超过中误差的 2 倍。

表 2 数字正射影像平面位置中误差精度指标

序号	影像空间分辨率,m	成图比例尺	平面位置中误差/m	
			平地、丘陵地	山地、高山地
1	优于 0.05	1:500	0.60	0.80
2	优于 0.10	1:1 000	0.60	0.80
3	优于 0.20	1:2 000	0.60	0.80

表 3 数字高程模型的精度指标

序号	影像空间分辨率,m	成图比例尺	高程中误差,m			
			平地	丘陵地	山地	高山地
1	优于 0.05	1:500	0.37	0.75	1.05	1.50
2	优于 0.10	1:1 000	0.37	1.05	1.50	3.00
3	优于 0.20	1:2 000	0.75	1.05	2.25	3.00

表 4 数字表面模型成果的点云密度及格网尺寸

序号	影像空间分辨率,m	成图比例尺	点云类		格网类
			点云密度,个/m <sup>2</sup>	平均点间距,m	格网尺寸,m
1	优于 0.05	1:500	≥16	≤0.25	0.50×0.50
2	优于 0.10	1:1 000	≥4	≤0.50	1.00×1.00
3	优于 0.20	1:2 000	≥1	≤1.00	2.00×2.00

表 5 数字表面模型的精度指标

序号	影像空间分辨率,m	成图比例尺	高程中误差,m			
			平地	丘陵地	山地	高山地
1	优于 0.05	1:500	0.25	0.50	0.70	1.00
2	优于 0.10	1:1 000	0.25	0.70	1.00	2.00
3	优于 0.20	1:2 000	0.50	0.70	1.50	2.00

可根据实际监测需要适当放宽正射影像、数字高程模型和数字表面模型的精度要求,幅度应控制在原标准的 2 倍以内。对不符合质量及精度要求的预处理结果,需分析问题原因,重新进行数据采集或者预处理,直至满足应用需求。

## 12 报告编写

应编写农业遥感监测无人机影像预处理报告,主要内容应包括:

- 无人机影像预处理的测区概况、数据采集设备、处理时间、处理人员、检查人员等信息;
- 无人机影像预处理流程;
- 像片数量、控制点数量及分布图;
- 无人机影像预处理精度;
- 数字正射影像和其他成果专题图。

参 考 文 献

- [1] GB/T 14950 摄影测量与遥感术语
  - [2] GB/T 18316 数字测绘成果质量检查与验收
  - [3] GB/T 23236 数字航空摄影测量 空中三角测量规范
  - [4] GB/T 30115 卫星遥感影像植被指数产品规范
  - [5] 王增涛,2014. 三维点云数据处理平台设计[D]. 大连理工大学
-