ICS 65.060.99
CCS B 05

DB3205

苏 州 市 地 方 标 准

DB3205/T 1149—2024

常绿果树养分诊断无人机多光谱遥感监测技术应用规范

Application specification for multispectral remote sensing monitoring of nutrient diagnosis for evergreen fruit trees using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)

2024-10-18 发布　　2024-10-25 实施

苏州市市场监督管理局　发布

目　　次

前言 III
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　技术要求 2
4.1　空间基准 2
4.2　时间基准 2
4.3　监测时间 2
4.4　投影方式 3
4.5　无人机低空飞行安全要求 3
4.6　遥感数据分析处理的准确性要求 3
4.7　低空遥感成像系统的安全性和可靠性要求 3
4.8　监测常绿果树叶片生长发育动态 3
5　作业要求 3
5.1　无人机基本要求 3
5.2　遥感传感器基本要求 3
5.3　人员基本要求 3
5.4　场地基本要求 4
5.5　环境条件 4
6　监测流程 4
7　作业准备 5
7.1　作业方案准备 5
7.2　无人机准备 6
8　现场作业 6
9　遥感数据获取与处理 6
9.1　无人机遥感影像数据 6
9.2　样本数据 7
9.3　其他数据 7
9.4　空间分布数据 7
10　健康度诊断 7
10.1　健康度分级诊断参数的选择 7
10.2　健康度分级诊断模型的构建 7
10.3　相关性评价 7
10.4　健康度分级反演 8
11　精度检验 8
12　健康指数分级 8
13　面积统计 8

14 监测成果 8
14.1 专题图制作 8
14.2 报告编写 8
15 作业后维护与保养 9

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由苏州市农业农村局提出、归口并组织实施。

本文件起草单位：苏州农业职业技术学院、苏州市农业科学院、苏州极目机器人科技有限公司。

本文件主要起草人：郭志海、秦维彩、秦昌友、王晓拓、孙华、周风景、费晨、黄萌、田斌。

常绿果树养分诊断无人机多光谱遥感监测技术应用规范

1 范围

本文件规定了常绿果树养分诊断无人机多光谱遥感监测技术应用规范的术语与定义、作业要求、监测流程、作业前准备、现场作业、作业后维护等方面的具体要求。

本文件适用于应用无人机多光谱遥感技术开展常绿果树养分诊断的监测工作。

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 14950—2009 摄影测量与遥感术语

GB/T 20084—2006 植物保护机械词汇

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

GB/T 36301—2018 航天高光谱成像数据预处理产品分级

GB/T 39612—2020 低空数字航摄与数据处理规范

CH/T 3003—2021 低空数字航空摄影测量内业规范

CH/T 3004—2021 低空数字航空摄影测量外业规范

CH/T 3005—2021 低空数字航空摄影规范

MH/T 0017—1998 农业航空技术术语

NY/T 3213—2018 植保无人飞机质量评价技术规范

NY/T 3527—2019 农作物种植面积遥感监测规范

NY/T 3847—2021 常绿果树生产技术规程

3 术语和定义

GB/T 14950—2009、GB/T 20084—2006、GB/T 30115—2013、GB/T 36301—2018、CH/T 3003—2021、CH/T 3004—2021、MH/T 0017—1998、NY/T 3213—2018界定的以下术语和定义适用于本文件。

3.1

遥感 remote sensing

从远距离，不实际接触物体，通过对物体发出的电磁波的测量获得信息，进而综合运用物理原理、数学方法和地学规律进行分析研究的一门新兴探测科学技术。

3.2

遥感指数 remote sensing index

由遥感多光谱不同波段反射率组合变换后形成的一种参数。

3.3

多光谱影像 spectral image

将物体发射或辐射的电磁波信息分成若干波谱段进行接收或记录的图像。

3.4

景 scene

根据传感器特征，将遥感影像数据按照规定的行数和列数进行裁切后的图像计数单位。

3.5

操控员 pilot

由运营人指派对无人机操控系统的运行负有必不可少职责并在飞行期间适时操控无人机的人员。

3.6

位置固定标识点 fixed position marking point

在常绿果树任务作业分布区域内设置的基于地理坐标的可标记监测单元的位置固定标识点。用于长期、定点监测和数据整合。

3.7

固定拍摄点 fixed shooting point

分布于监测单元内的n个固定的无人机拍摄点，即一条航线所含的n个均匀分布的航点。

3.8

气象因子 meteorological factor

与环境温度、湿度、光照、风速、风向、雨、露等气象有关的因素。

3.9

飞行速度 flight speed

监测无人机作业时的飞行速度，单位为米/秒（m/s）。

3.10

作业高度 working height

监测无人机作业时传感器与作物顶部冠层的相对距离，单位为米（m）。

3.11

无人机传感器 unmanned aerial vehicle sensor

通过搭载于无人机设备实现数据信息获取的装置。

4 技术要求

4.1 空间基准

4.1.1 平面基准

平面坐标系统采用2000国家大地坐标系（CGCS2000）。当采用地方平面坐标系统时，应与2000国家大地坐标系建立准确转换关系。坐标单位为m，保留3位小数。

4.1.2 高程基准

高程基准采用1985国家高程基准。坐标单位为m，保留3位小数。

4.2 时间基准

用公元纪年、北京时间。

4.3 监测时间

在实际作业时根据绿植数据采集要求或光照晴阴情况选择，宜选择晴朗无云或少云微风的天气，宜在一天中的10：00～14：00之间进行监测。

4.4 投影方式

高斯——克吕格投影。

4.5 无人机低空飞行安全要求

无人机在航拍作业中应符合低空、低速、定高和稳定性的要求，在低空定高定轨迹、平稳飞行方面表现出色。

4.6 遥感数据分析处理的准确性要求

系统应能克服遥感数据存在的几何畸变和辐射量失真现象，及时校正失真数据，包括影像的几何校正、有效信息的提取和影像融合等。

4.7 低空遥感成像系统的安全性和可靠性要求

低空遥感成像系统应能够与无人机磁场相互抗干扰，保证遥感成像系统安全、可靠，保证遥感图像及时存贮和传输。

4.8 监测常绿果树叶片生长发育动态

设备应能利用低空遥感技术对大面积常绿果树长势评估及重点区域监测诊断。

5 作业要求

5.1 无人机基本要求

5.1.1 无人机应具备自主飞行、高精度定位、数据存储、飞行数据与作业过程可视化等必备功能。
5.1.2 无人机动力为可充电锂电池，电池容量≥1500 mAh。
5.1.3 无人机最大飞行时间≥30 min。
5.1.4 无人机最大飞行高度≤120 m。
5.1.5 有效载荷≥5 kg。

5.2 遥感传感器基本要求

5.2.1 控制云台具备三轴自动稳定功能，控制精度满足[—0.05°，0.05°]。
5.2.2 单个相机拍摄照片分辨率≥2000万像素（定焦）或200万像素（≥10倍变焦），拍摄视频分辨率≥1080 P，存储空间≥32 G，工作温度0～65 ℃，工作湿度0～95% RH，防水等级IP65。
5.2.3 相机应具备手动触发和自动触发功能，触发功能包括固定拍摄点、等时间间隔、等距离间隔曝光等。
5.2.4 无人机传感器支架应采用质量轻、结构坚固的碳纤维材料制造，且必须配置减震装置，重量和稳定性应满足多旋翼无人机飞行姿态稳定性要求。
5.2.5 遥感传感器与无人机传感器支架采用机械结构固定，固定后传感器应不发生明显晃动。
5.2.6 无人机传感器支架长度由多旋翼无人机平台的下洗流场的范围大小决定。

5.3 人员基本要求

5.3.1 作业前须配齐操控员与辅助作业人员，才可进行相关作业。
5.3.2 操控员应经过相关专业机构的培训，持有相关部门颁发的相应证照。
5.3.3 操控员应熟悉当地作业环境，了解当地作业要求。
5.3.4 操控员不应在过度疲劳或身体不适的情况下操控无人机。
5.3.5 饮用任何含酒精的液体和服用国家管制的精神或者麻醉药品者不应操控无人机。
5.3.6 操控员应配备防护设备。
5.3.7 辅助作业人员在作业前应完成包括作业区勘察等工作。
5.3.8 辅助作业人员应在作业后及时做好监测记录。

5.4 场地基本要求

5.4.1 作业前要进行实地勘察，掌握作业区地形、道路、障碍物等情况，充分考虑人员安全、机具安全、环境安全和公共安全。
5.4.2 作业前设置隔离带，摆放禁止入内警示标志，与作业无关人员不得进入作业现场。
5.4.3 国家规定的禁飞区域及机场净空区、人口稠密区和重点地区上空不得使用无人机飞行作业。
5.4.4 运用的无人机应使用电子围栏。

5.5 环境条件

5.5.1 风

风力3级以下，注意风向风速。

5.5.2 温度

最适宜温度18 ℃～26 ℃。大气温度超过32 ℃或低于5 ℃停止作业。

5.5.3 湿度

适宜湿度30%～90% RH。

5.5.4 能见度

能见度应大于500 m。

5.5.5 天气

不应在雨雪、雾霾、雷电等恶劣天气下作业。

6 监测流程

基于无人机多光谱影响的常绿果树养分监测诊断作业流程主要包括：遥感数据获取与处理、常绿果树叶片缺素诊断、精度检验、健康指数分级、面积统计、监测成果六个步骤，如图1所示（以枇杷树为例）。

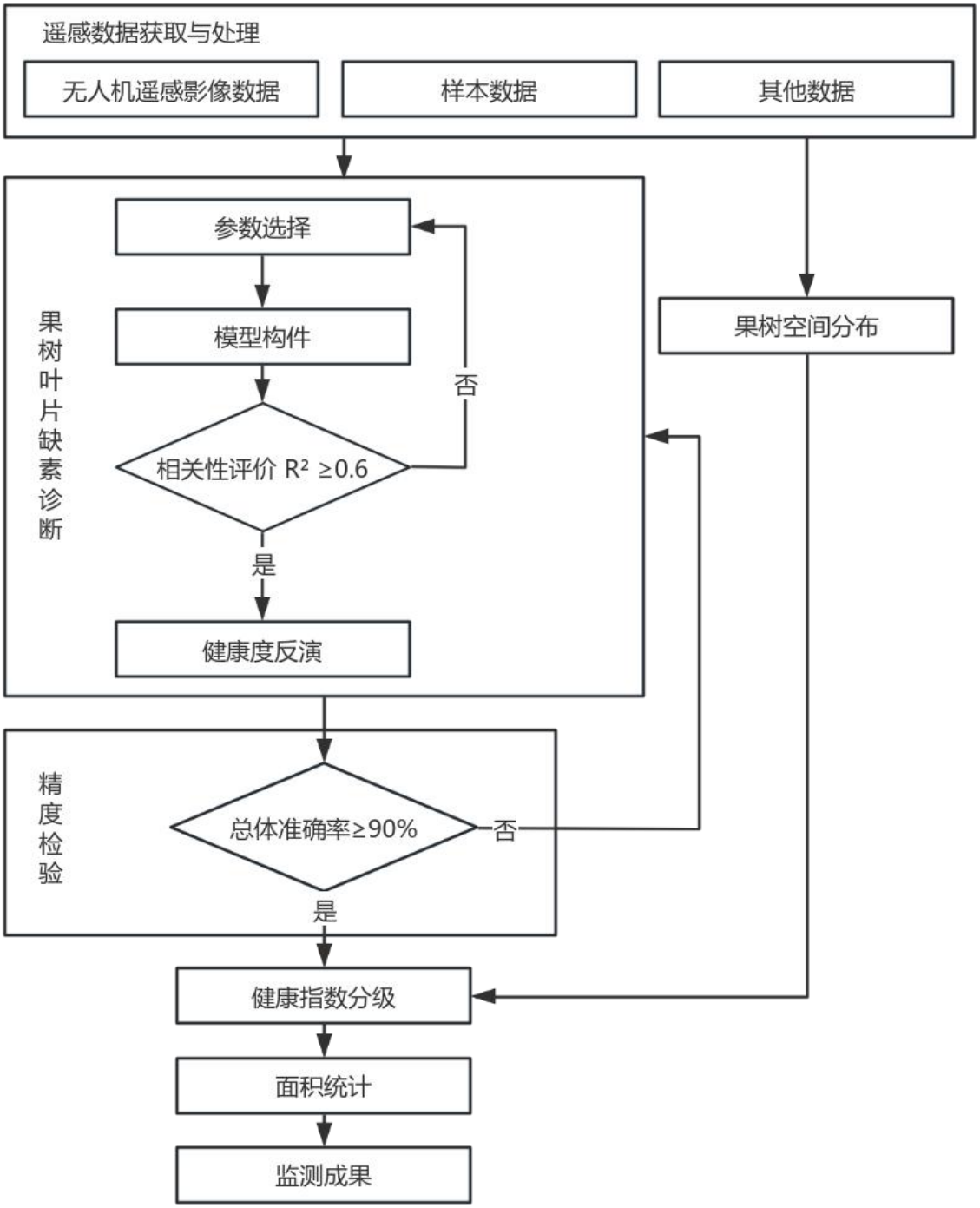

图 1　常绿果树无人机遥感监测作业流程图

7　作业准备

7.1　作业方案准备

7.1.1　作业前制订作业计划。必要时应向国家有关管理部门进行申报、申请或登记。

7.1.2　作业前制定应急预案，其中包括紧急事故的应急处理程序，无人机故障、失控及坠落的应对措施，紧急备降地点选择等内容。

7.1.3　作业前根据被服务对象提供的地块地理信息精确划定作业区域。
7.1.4　作业前确定能否作业（环境、人员、设备、空域等）。
7.1.5　根据作业任务，确定无人机作业高度、速度等参数。

7.2　无人机准备

7.2.1　根据使用技术要求，对无人机进行安全检查，确保其设备齐全完整。
7.2.2　确保无人机各部件稳固，可正常操作。
7.2.3　验证无人机自动曝光效果，在完成了系统各部位连接和调试后，需要进行高多光谱相机调焦预览和自动曝光，确定适应于当前环境下的自动曝光时间。
7.2.4　无人机黑白板背景数据采集，采集黑白板背景数据以对高多光谱遥感影像数据进行校准。

8　现场作业

8.1　无人机作业时飞行速度宜在 5～10 m/s，匀速飞行，作业高度宜在果树冠层上方 20～80 m，定焦相机根据图像分辨率要求，高度变化，原则上最高不超过植物冠层 100 m。参照监测无人机使用说明书的规定选择合适的作业速度和高度。
8.2　作业区域在公路、铁路周边时，应沿平行于公路、铁路方向飞行作业，铁路和高速公路两侧 300 m 范围内禁止飞行作业，省级以上公路两侧 50 m 范围内禁止飞行，高铁 500 m 以上。
8.3　同一块区域或田块有两架或两架以上监测无人机作业时，应保持大于等于 15 m 以上的安全作业距离。
8.4　作业过程中，操控员和辅助人员应与监测无人机保持 15 m 以上的安全距离。
8.5　作业时配备操作台，辅助作业人员要及时通过操作台了解作业状况。
8.6　作业时操控员不得双手脱离遥控器或操控设备。
8.7　作业时所有人员不得吸烟、饮水和进食。
8.8　作业时无人机出现异响、操控失准、失灵、飞行数据异常等情况，应立即终止作业，返航迫降，进行自查或维护。

9　遥感数据获取与处理

9.1　无人机遥感影像数据

9.1.1　影像的选择

9.1.1.1　应选择至少具有绿光波段（520 nm～570 nm）、红光波段（620 nm～760 nm）、近红外波段（760 nm～1100 nm）范围的无人机多光谱影像数据。
9.1.1.2　影像应图面清晰，定位准确，无明显条纹、点状和块状噪声，无数据丢失，无严重畸变。无人机影像的获取方式可按照 CH/T 3003、CH/T 3004 和 CH/T 3005 的规定执行。

9.1.2　影像预处理

影像预处理根据GB/T 39612—2020提取空间分布数据，具体包括：

a）　数据导出：将数据通过监视器从相机导出；
b）　镜头校准：目的是消除飞行过程中的影像失真；
c）　反射率校准：目的是将 DN 值（数字灰度值）转换成反射率；
d）　大气校正：目的是消除大气、水汽等因素的影响；

e） 几何校正：目的是防止图像几何畸变，误差应小于 1 个像元；
f） 辐射校正：目的是尽可能消除因传感器自身条件、薄雾等大气条件、太阳位置和角度条件及某些不可避免的噪声引起的传感器的测量值与目标的光谱反射率或光谱辐亮度等物理量之间的差异；
g） 影像拼接：对每一景校正后的影像进行拼接，拼接成覆盖整个研究区的遥感影像。

9.2 样本数据

9.2.1 在影像范围内选择若干抽样区域作为样本数据。样本的类别应包含影像内常绿果树叶片缺素症状分级数据。
9.2.2 样本数据包括训练样本数据和验证样本数据。
9.2.3 在监测区域内选择若干具有代表性的位置固定标识点进行样本选取。
9.2.4 样本应均匀分布，数量应满足统计学的基本要求。
9.2.5 样本数据的采集时间与多光谱影像的采集时间宜一致。
9.2.6 样本数据采用目视判读勾绘地物类别的方式获取。

9.3 其他数据

作业中还应获取的其他数据有：
a） 常绿果树生育期数据；
b） 常绿果树品种数据；
c） 常绿果树病虫害数据：根据 NY/T 3847—2021 中规定分类；
d） 气象数据。

9.4 空间分布数据

根据NY/T 3527—2019提取空间分布数据。

10 健康度诊断

10.1 健康度分级诊断参数的选择

健康度分级诊断参数应包括光谱反射率特征，也可以包括由光谱反射率衍生计算的植被指数特征，如归一化植被指数（NDVI）、增强型植被指数（EVI）等。

10.2 健康度分级诊断模型的构建

基于训练样本数据与健康度分级诊断参数，选择一元回归分析、多元回归分析等方法构建健康度分级诊断模型。推荐的回归分析方法如下：
a） 一元回归分析推荐使用植被指数特征；
b） 多元回归分析推荐使用光谱反射率特征。

10.3 相关性评价

利用相关指数R^2对模型的拟合效果进行评价。按照式（1）计算，相关指数不低于0.6。

$$R^2=\frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{y}_i-\bar{y})^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2} \quad (1)$$

式中：

R^2——相关指数；
n——建模样本数；
y_i——第i个建模样本值；
$\bar{y}$——建模样本平均值；
$\hat{y}_i$——第i个建模样本值对应的模型理论值。

10.4 健康度分级反演

利用健康度分级诊断模型，对监测区内的常绿果树受不同养分缺乏症状分级进行定量反演，得到监测区内果树健康度分级空间分布数据。

11 精度检验

基于验证样本采用混淆矩阵中的总体精度,作，常绿果树叶片缺素分级识别精度验证指标。按照式（2）计算总体精度，总体精度不低于90%。

$$P_c = \frac{\sum_{i=1}^{k} p_{ii}}{p} \times 100 \cdots\cdots (2)$$

式中：
P_c——总体精度，%；
k——常绿果树叶片缺素分级的级别数量；
p——样本的总数；
p_{ii}——诊断为i程度而实际调查也为i的样本数目。

12 健康指数分级

利用常绿果树空间分布数据和健康度分级空间分布数据，利用 GIS 研究影响果树叶片缺素的多种发生因素间的空间关系，结合遥感指数数据，评价叶片缺素症状发生的危险等级及空间分布。

13 面积统计

根据 NY/T 3527—2019 中第 10 部分进行面积统计。

14 监测成果

14.1 专题图制作

基于无人机多光谱的常绿果树养分诊断专题图包括图名、图例、比例尺、制图单位、制图时间等，内容包括常绿果树叶片缺素健康指数等级、行政区划等信息。其中，基本地图要素制作方式按GB/T 20257的规定执行。

14.2 报告编写

基于无人机多光谱的常绿果树养分诊断报告内容包括采用的无人机多光谱相机、影像获取时间、样本信息、模型选择、精度评价、面积统计等信息。

15 作业后维护与保养

作业完成后应做好遥控器、充电器、电池等相关附件的整理和归类，对使用和未使用的电池应分开放置并注明。