T/CSF XXX-XXXX

**ICS** \*\*\*

**B** \*\*

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **CSF** | |

团体标准

区域人工林蓄积量遥感监测技术规程

**Technical code of practice for stand volume monitoring of regional forest plantation using remote sensing techniques**

2021-XX-XX实施

2021-XX-XX发布

中国林学会 发布

目 次

[前 言 Ⅱ](#_Toc78893819)

[1 范围 1](#_Toc78893821)

[2 规范性引用文件 1](#_Toc78893822)

[3 术语和定义 1](#_Toc78893823)

[4 数据准备 2](#_Toc78893824)

[5 技术流程 3](#_Toc78893825)

[6 卫星遥感影像预处理 3](#_Toc78893826)

[7 特征提取 3](#_Toc78893827)

[8 模型构建 4](#_Toc78893828)

[9 蓄积量计算 4](#_Toc78893829)

[10 精度评价 4](#_Toc78893830)

[11 制图与统计 5](#_Toc78893831)

[附录A 6](#_Toc78893832)

[附录B 8](#_Toc78893833)

[附录C 9](#_Toc78893834)

[附录D 10](#_Toc78893835)

[附录E 11](#_Toc78893836)

# 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。

本文件的附录A、B、C、D、E为资料性附录。

本文件由中国航天科工信息技术研究院、中国科学院空天信息创新研究院提出。

本文件由中国林学会归口。

本文件起草单位：中国航天科工信息技术研究院、中国科学院空天信息创新研究院、国家林业和草原局调查规划设计院、南京大学、内蒙古农业大学、浙江省林业信息宣传服务中心、宜昌市森林资源监测站、航天信德智图(北京)科技有限公司。

本文件主要起草人：李莹、徐敏、曹春香、党永峰、田庆久、斯钦毕力格、王冰、李洋、王海月、李春梅、孙辉涛、柳新红、茹军、张科、丁峰、戴维序。

# 区域人工林蓄积量遥感监测技术规程

1 范围

本文件从数据准备、影像预处理、特征提取、模型构建、蓄积量计算、精度评价、制图与统计等方面规定了区域人工林蓄积量遥感监测的技术流程。

本文件适用于利用10~30米空间分辨率卫星遥感影像进行区域人工林蓄积量监测，采用其他类型遥感数据源时，可参照本标准的相关内容执行。

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 13989-2012 国家基本比例尺地形图分幅和编号

GB/T 14950-2009 摄影测量与遥感术语

GB/T 15968-2008 遥感影像平面图制作规范

GB/T 26423-2010 森林资源术语

GB/T 26424-2010 森林资源规划设计调查技术规程

LY/T 1662.3-2008 数字林业标准与规范第3部分：卫星遥感影像数据标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

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]

3.2

人工林 forest plantation

由人工直播（条播或穴播）、植苗、分殖或扦插造林形成的森林。

[来源：GB/T 26423-2010，6.18]

3.3

蓄积量 volume

蓄积量是一定面积森林中现存各种活立木的材积总量。

3.4

随机森林 random forest

通过集成学习的思想将多个决策树集成的一种算法。

3.5

大气校正 atmospheric correction

消除或减弱在卫星遥感影像获取过程中存在的因大气吸收或散射作用引起的辐射畸变。

3.6

几何校正 geometric correction

为消除影像的几何畸变而进行投影变换和不同波段影像套合等校正工作。

[来源：GB/T14950-2009，5.190]

3.7

地形辐射校正 topographical calibration

将像元的辐射亮度变换到某一参考平面（通常取水平面），消除由于地形起伏而引起的影像辐射亮度值的变化。

4 数据准备

4.1 卫星遥感影像选择

4.1.1 空间分辨率

推荐使用10~30 米空间分辨率的多光谱遥感影像。

4.1.2 影像时相

由于蓄积量估算与植被生长情况紧密相关，建议影像成像时间与地面调查时间保持一致，选择植被生长茂盛的季节，建议时相在3–10月。在缺少数据源的情况下，年度时间差不超过1年。

4.1.3 遥感影像质量

1）数据条带、斑点噪声、行丢失等不能覆盖主要工作区。

2）集中云层的覆盖面积少于5%，分散云层的覆盖总面积少于10%。

3）影像层次丰富、色彩清晰、色调均匀、反差适中。

4.2 DEM

使用空间分辨率为30 米的DEM数据。

4.3 样地调查数据

布设样地，获取样地属性因子，包括地理坐标、优势树种、胸径、树高等，对样地的调查流程严格按照森林资源规划设计调查技术规程GB/T 26424-2010执行。建议样地数不少于100 个。

利用胸径和树高因子，基于二元材积表，求得单木材积后累计获得样地蓄积量结果，构建监测样本集。

5 技术流程

基于卫星遥感影像、DEM数据，结合地面调查数据，通过特征变量提取和筛选后，构建区域人工林蓄积量监测模型，获得区域尺度人工林蓄积量监测结果。



图1区域人工林蓄积量遥感估测流程

6 卫星遥感影像预处理

对影像进行辐射定标、大气校正、几何校正、地形辐射校正、裁剪、拼接等预处理。影像的具体处理流程参照LY/T 1662.3-2008及GB/T 15968-2008 第3章、第5章执行。

影像分幅和编号应按GB/T 13989-2012的要求执行。

7 特征提取

7.1 光谱特征提取

通过光谱特征提取的植被指数，详见附录A。

7.2 纹理特征提取

分别采用3×3，5×5，7×7，9×9等四种不同窗口提取纹理特征，获取纹理特征统计量，包括对比度、角二阶矩均值、熵、相关性、逆差距、方差。详见附录B。

7.3 地形特征提取

对DEM数据进行处理，获取坡度、坡向、海拔信息。详见附录C。

8 模型构建

8.1特征选择

推荐采用随机森林算法进行特征优选。根据样地调查数据和特征变量（光谱、纹理和地形），基于随机森林算法的平均精确度减少（Mean decrease accuracy，MDA），度量每个特征对模型精确率的影响，进行最优特征的选择，推荐选择排序为前10位的特征变量，进入模型参与训练。

8.2 样本集划分

建议将样本按照4:1的比例，划分为训练样本和测试样本，分别用于模型训练和模型评价。

8.3模型训练和验证

根据8.1特征选择结果，采用随机森林算法进行模型训练，具体算法说明详见附录D。通过决定系数（*R*2）和均方根误差（*RMSE*）来评价模型拟合效果。计算公式如下：

………………………………………………….(1)

………………………………………………….(2)

式中：

与——分别表示第个样本的蓄积量估测值与实测值；

——实测蓄积量值的均值；

——验证样本的数量；

9 蓄积量计算

采用已经训练好的模型，逐像元计算蓄积量值。

10 精度评价

将蓄积量遥感估测值与样地调查数据对比分析，采用百分比评价精度（）进行精度评价计算公式如下：

…………………………………………….(3)

式中：

与——分别表示第个样本的蓄积量估测值与实测值；

*——*代表验证样本的数量。

11 制图与统计

11.1 分布图制作

制作蓄积量空间分布图，加载特定的用地图符号表示的行政界线以及文字标注，叠加公里格网、坐标、比例尺等整饰信息，图廓整饰内容按GB 15968-2008执行。

11.2 统计

采用相关软件对人工林图斑进行蓄积量统计，蓄积量以立方米（m3）为单位，精确到0.01。

附录A

（资料性）

A.1 比值植被指数计算公式

比值植被指数的计算公式如下：

式中：

——比值植被指数

——近红外波段地表反射率值

——红光波段的地表反射率值

A.2 差值植被指数计算公式

差值植被指数的计算公式如下：

式中：

——差值植被指数

——近红外波段地表反射率值

——红光波段的地表反射率值

A.3 归一化植被指数计算公式

归一化植被指数的计算公式如下：

式中：

——归一化植被指数

——近红外波段地表反射率值

——红光波段的地表反射率值

A.4 垂直植被指数计算公式

垂直植被指数的计算公式如下：

式中：

——垂直植被指数

——近红外波段地表反射率值

——红光波段的地表反射率值

A.5 可见光大气阻抗植被指数计算公式

可见光大气阻抗植被指数的计算公式如下：

式中：

——可见光大气阻抗植被指数

——绿光波段地表反射率值

——红光波段地表反射率值

——蓝光波段地表反射率值

附录B

（资料性）

表 B.1 灰度共生矩阵纹理特征计算公式

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 名称 | 缩写 | 公式 |
| 对比度 | *Con* |  |
| 角二阶矩 | *ASM* |  |
| 熵 | *Ent* |  |
| 相关性 | *Corr* |  |
| 其中： |
|  |
|  |
|  |
| 逆差矩 | *IDM* |  |
| 方差 | *Var* |  |
| 其中：为的均值 |
| 注1：表示各灰度级间的二阶联合条件概率密度，描述以灰度级为始点，灰度级出现的概率。为图像的灰度级。 | | |

# 附录C

（资料性）

C.1 坡度信息计算公式

坡度信息计算公式如下：

*slope*

式中：

——方向（东西）上的高程变化率

——方向（南北）上的高程变化率

C.2 坡向信息计算公式

坡向信息计算公式如下：

*aspect*

式中：

——方向（东西）上的高程变化率

——方向（南北）上的高程变化率

附录D

（资料性）

D.1 随机森林算法说明

RF（Random Forest）算法是对Bagging算法进行了改进。

首先，RF使用了CART决策树作为弱学习器。其次，在使用决策树的基础上，RF对决策树的建立做了改进，对于普通的决策树，我们会在节点上所有的n个样本特征中选择一个最优的特征来做决策树的左右子树划分，但是RF通过的随机选择节点上的一部分样本特征，这个数字小于n，假设为nsub，然后在这些随机选择的nsub（小于n）个样本特征中，选择一个最优的特征来做决策树的左右子树划分。这样进一步增强了模型的泛化能力。

除了上面两点，RF和普通的bagging算法相同，RF的算法总结如下。

输入为样本集，弱分类器迭代次数K。

输出为最终的强分类器f(x)

（1）对于t=1，2，3，...，K；

对训练集进行第t 次采样，共采集m 次，得到包含m 个样本的采样集Dt。

用采样集Dt训练第t 个决策树模型Gt(x)，在训练决策树模型的节点的时候，在节点上所有的样本特征中选择一部分样本特征，在这些随机选择的部分样本特征中选择一个最优的特征来做决策树的左右子树划分。

（2）对于回归算法，K个弱学习器得到的回归结果进行算术平均得到的值为最终的模型输出。

附录E

（资料性）

表E.1 常用卫星遥感数据空间分辨率和光谱特征表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 遥感数据 | 波段 | 光谱范围/μm | 空间分辨率/m |
| TM | 蓝波段（b1） | 0.45~0.52 | 30 |
| 绿波段（b2） | 0.52~0.60 | 30 |
| 红波段（b3） | 0.62~0.69 | 30 |
| 近红外（b4） | 0.76~0.96 | 30 |
| 短波红外（b5） | 1.55~1.75 | 30 |
| 热红外（b6） | 1.04~1.25 | 30 |
| 短波红外（b7） | 2.08~3.35 | 30 |
| SPOT5 | 蓝绿波段（b3） | 0.49~0.61 | 10 |
| 红波段（b2） | 0.61~0.68 | 10 |
| 近红外波段（b1） | 0.78~0.89 | 10 |
| 短红外波段（b4） | 1.58~1.75 | 20 |
| ALOS | 蓝波段（b1） | 0.42~0.50 | 10 |
| 绿波段（b2） | 0.52~0.60 | 10 |
| 红波段（b3） | 0.61~0.69 | 10 |
| 近红外波段（b4） | 0.76~0.89 | 10 |
| CBERS-CCD | 蓝波段（b1） | 0.45~0.52 | 20 |
| 绿波段（b2） | 0.52~0.59 | 20 |
| 近红外（b3） | 0.63~0.69 | 20 |
| 近红外（b4） | 0.77~0.89 | 20 |
| 红绿波段（b5） | 0.51~0.73 | 20 |
| ASTER-VNIR | 绿波段（b1） | 0.52~0.60 | 15 |
| 红波段（b2） | 0.63~0.69 | 15 |
| 近红外波段（b3） | 0.76~0.86 | 15 |
| 立体后视波段（b5） | 0.76~0.86 | 15 |
| 短波红外（b4） | 1.60~1.70 | 30 |