

# 基于飞马无人机 D2000 的植被快速识别系统1

蔡宗磊 刘明松 刘忠强 梦华

《吉林省水利水电勘测设计研究院》

## 摘要:

由于无人机航测数据在分类识别应用方面的软件较少,为了快速、准确的提取无人机航测数据中的植被,本文结合绿色植被的光谱特征及植被提取算法,通过结构设计与系统分析,在 Matlab 2014a 环境中开发了一个针对于无人机航测数据预处理及植被识别系统。该系统可以对无人机航测数据利用开关中值滤波及基于维纳滤波的小波变换进行图像去噪及采用直方图均衡化的方法对图像进行增强等预处理操作,然后计算图像的过绿植被指数,进而选择基于遗传算法的最大类间方差快速识别无人机航测数据中的植被,并对该系统识别过绿植被指数的结果进行精度评价,对比分析该系统基于无人机航测数据在植被识别方面的优势。结果表明:该系统提取无人机航测数据中植被的精度为 98.69%,可见该系统可以准确的识别植被,同时结合无人机速度快、灵活性高的优点,可以快速提取无人机航测数据的植被,为生态环境及生态保护部门提供科学的依据。

## 关键词:

植被; 无人机; 图像去噪; 遗传算法的最大类间方差

## 1 引言

植被作为生态系统中的初级生产力,可以对气温进行调节及有效的降低 PM2.5 的浓度,具有净化空气,削弱噪声,美化环境等功能,植被在生态系统中扮演着重要的角色<sup>[2]</sup>。因而,对植被的监测,可以为各个部门对植被的规划、管理、建设及评价提供科学的依据,维护生态系统的稳定。

目前,利用传统的方法监测植被,不仅费时费力,浪费财力,而且很难有效的提取植被,特别是周期性的监测更为困难<sup>[3]</sup>。遥感技术可以获取大范围的数据,能够周期性观测,已经成为监测植被的常用方法<sup>[4]</sup>,但又会受到自身时间分辨率及天气的影响而无法获取所需的遥感数据<sup>[5]</sup>。有人航空遥感也会受到天气、环境及航行时间的限制<sup>[6]</sup>。

无人机是基于无线遥控器控制无人驾驶飞机在规划的航线上飞行<sup>[7]</sup>。无人机遥感平台是由将无人机与摄影测量系统结合起来,快速获取农业、林业、国土规划等方面的空间遥感信息<sup>[8]</sup>。无人机遥感可以获取云下数据,具有较高的灵活度,并且起降方便,获取数据周期短,可实现获取多尺度,高分辨率的航测数据,进而可以克服传统方法费时费力的缺点,弥补光学遥感的不足以及有人航空遥感的缺陷<sup>[6]</sup>。

宋清洁等人利用无人机对甘南州的植被进行提取,并利用照相法提取的实测植被进行验证,结果表明无人机提取植被结果与实测数据之间具有较高的相关性 ( $R^2=0.963$ ),无人机可以用于提取地面的植被<sup>[9]</sup>。周在明等人利用无人机对福建三沙湾地区的植被信息进行提取,结果表明,利用无人机提取植被的总体精度为 89%, Kappa 系数为 0.77,具有较高的精度<sup>[10]</sup>。丁雷龙等人利用无人机基于归一化绿——红差值指数、过绿指数、过绿减过红指数及绿叶指数等四种植被指数对微山县地区的植被进行提取,结果表明,利用无人机航测数据基于四种植被指数提取植被的精度在 90%以上,可以利用无人机航测数据准确的提取植被

---

**作者简介:** 蔡宗磊 (1990-), 男, 河北唐山人, 硕士, 工程师, 主要从事水利测量和植被遥感方面的研究, 电话: 18630788639, E-mail: caizonglei@qq.com;

[11]。因此，利用无人机航测数据可以准确的提取城市的植被信息，为维护城市生态系统的平衡提供科学的依据，进而可以实现城市生态系统的动态平衡。

本文基于飞马无人机 D2000 智能航测系统，通过获取吉林省新立城水库库区及其周边的航测数据，探讨分析利用开关中值滤波及基于维纳滤波的小波变换进行去噪及采用直方图均衡化的方法对图像进行增强等预处理操作的可行性，对比分析选择基于遗传算法的最大类间方差对过绿植被指数与颜色植被指数植被快速识别的精度。

## 2 系统总体设计

### 2.1 系统的开发语言

基于无人机航测数据预处理及植被识别系统是基于 Matlab 2014a 开发，面向无人机数据对植被进行识别。

### 2.2 系统结构

基于无人机航测数据预处理及植被识别系统结构主要包括规划无人机的飞行路线以获取航测数据、无人机图像去噪模块、植被识别模块及对系统精度的验证。

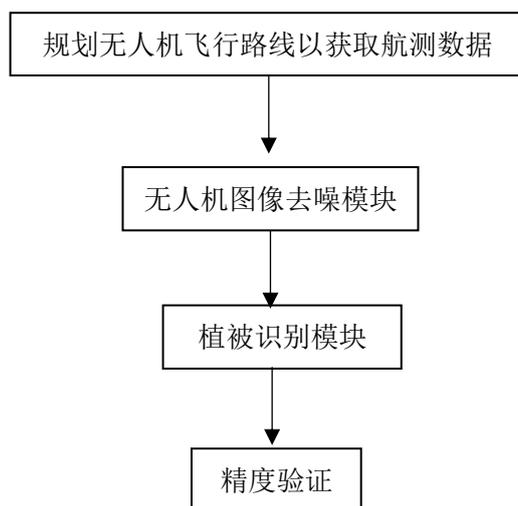


图 1

### 2.3 系统功能设计

该系统能够准确地对植被进行识别，主要功能包括：

**基本功能：**包括图像的打开、保存、平移和放大缩小；

可以打开 \*.jpg、\*.tif、\*.bmp、\*.data 等格式的图像，并将估算的结果保存成\*.jpg、\*.tif、\*.bmp、\*.data 等格式的图像。

**图像预处理功能：**图像消除噪声、计算植被指数；

由于受样地环境及无人机自身通信的影响，无人机在对样地进行航拍和图像传输过程中，会受到高斯噪声与椒盐噪声的干扰，这会影响植被识别的精度。因而在植被覆盖度提取之前，需对图像进行去噪处理，若单纯的采用一种去噪方法，并不能完全消除噪声的影响。

高斯噪声的概率密度函数服从高斯分布，即正态分布，功率谱密度分布均匀，但分布在每点像素上，由于图像中的每点都是污染点，因而无法使用中值滤波，因为正太分布的均值都是零，所以均值滤波可以削弱高斯噪声。

椒盐噪声是产生的黑白相间的亮暗点噪声，由于椒盐噪声幅值近似相等，但随机分布在不同的位置上，图像中有干净点，也有污染点，中值滤波是选择合适的点来替代污染点，具有较好的去除椒盐噪声的效果。

**计算植被指数功能：**计算过绿植被指数。

由于无人机及数码相机获取的图像只有红、绿、蓝三种波段，通过计算过绿植被指数对植被进行识别。

过绿植被指数（Excess green, Exg）计算公式：

$$\text{Exg} = 2 \times g - r - b$$

其中r、g、b分别为无人机航拍图像中的红波段、绿绿波段、蓝波段。

**植被覆盖度计算方法：**基于遗传算法的最大类间方差法。

最大类间方差法是将无人机航测数据中以某一灰度为阈值将图像分为植被与背景，进而计算两组的方差，当植被与背景的方差最大时，这个灰度值就是图像分割的最佳阈值 T。但是此种方法求解最佳阈值时，需要多次的计算，并且计算量很大。

遗传算法模拟达尔文遗传选择，通过遗传操作、交叉选择、变异等操作，寻求最佳阈值。

**计算结果后处理功能：**

主要是利用删除小斑块的原理消除土壤背景的影响。

**统计结果并保存功能：**

包括统计计算结果到列表和保存到 Excel 输出。

### 3 系统模块

主界面由三部分组成，分别是菜单栏、工具栏和内容显示区。菜单栏主要由文件、图像预处理、计算植被指数、植被识别方法、图像后处理和统计到 Excel 六个主菜单构成。主菜单下面又包含不同的子菜单，如图所示。在主界面内也可以完成图像的打开、保存、平移和放大缩小的功能。

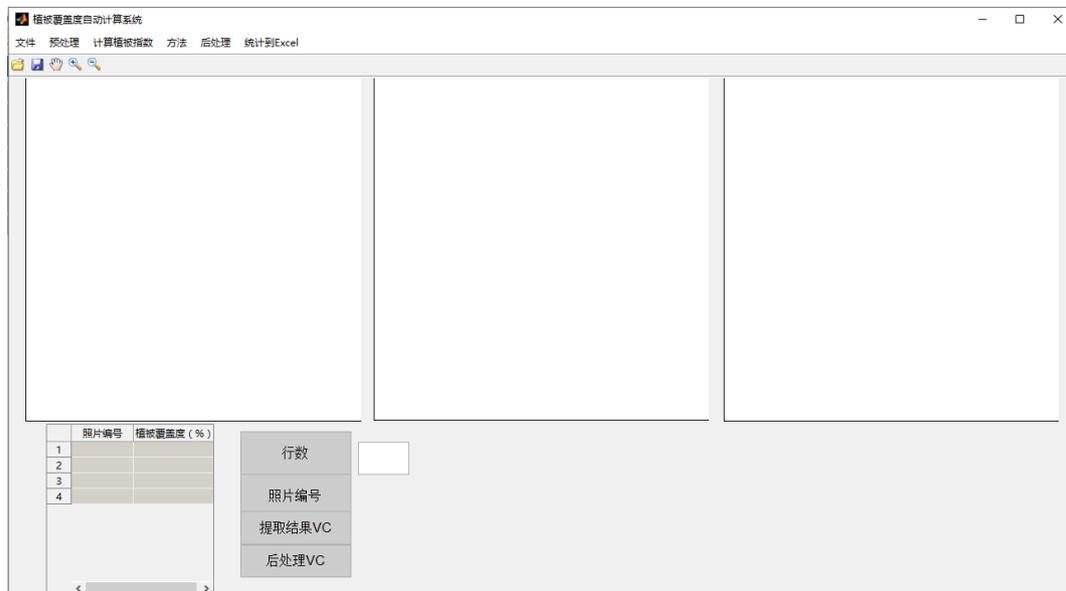


图 2 系统主界面



图3 系统菜单栏及工具栏

### 3.1 预处理模块

无人机图像在传输、存储等过程时，由于受到高斯噪声与椒盐噪声的影响，会影响植被识别的精度，因而需要对无人机获取的航测数据进行图像去噪。

高斯噪声的概率密度函数服从高斯分布，即正态分布，功率谱密度分布均匀，但分布在每点像素上，由于图像中的每点都是污染点，因而无法使用中值滤波，因为正态分布的均值都是零，所以均值滤波可以削弱高斯噪声。

椒盐噪声是产生的黑白相间的亮暗点噪声，由于椒盐噪声幅值近似相等，但随机分布在不同的位置上，图像中有干净点，也有污染点，中值滤波是选择合适的点来替代污染点，具有较好的去除椒盐噪声的效果。

为了直观的验证图像去噪的效果，对图像分别加入密度为 0.3 的高斯噪声与椒盐噪声，进而通过对比来体现图像去噪的效果。

对消除噪声影响的无人机航测数据计算过绿植被指数 (Exg)。

$$\text{当 } g > r \text{ 且 } g > b \text{ 时, } Exg = 2 \times g - r - b \quad (1)$$

否则  $Exg = 0$

### 3.2 植被识别模块

植被识别模块采用基于遗传算法的最大类间方差法。对计算过绿植被指数的图像，利用基于遗传算法的最大类间方差法对图像中的植被与背景进行分割，从而对图像中的植被进行识别。

最大类间方差法是将无人机航测数据中以某一灰度为阈值将图像分为植被与背景，进而计算两组的方差，当植被与背景的方差最大时，这个灰度值就是图像分割的最佳阈值 T。但是此种方法求解最佳阈值时，需要多次的计算，并且计算量很大。

遗传算法模拟达尔文遗传选择，通过遗传操作、交叉选择、变异等操作，寻求最佳阈值。

最大类间方差的求解是在植被与背景寻求方差最大，其步骤如下：

1. 在 0-255 之间产生 m 个随机数：Y11-Y1m
2. 计算各个个体的适用度值：f(Y11)-f(Y1m)。
3. 选择个体是将群体按照适应度排序，通过复制适用度较大的个体来替换适应度小的个体，从而保持个体的优良性，进而加快收敛。产生的新群体为：Y11'-Y1m'。
4. 对群体中的个体顺序进行随机排序，对 Y11'-Y1m' 中的个体进行两两分类，按交叉概率 0.7 进行交叉运算，产生两个行的个体，最终形成行的群体 Y11''-Y1m''。
5. 按照变异概率为 0.4，随机对 Y11''-Y1m'' 中的任意一个个体的任意一位编码取反，从而产生新一代的群体 Y21-Y2m。
6. 当相连两代平均适应度的差值小于 0.01 时，进化趋于稳定，或达到最大迭代次数时进化完成，否则返回步骤 2。
7. 将最后一代的群体中适应度最大的个体作为遗传算法所寻求的最优结果，即对应的十进制灰度值 t，则 t 就是遗传算法所得的阈值。

8.根据所设定的波动阈值  $A$ ，在 $[t-A, t+A]$ 范围内利用最大类间方差法进行一次局部搜索，即求得最佳阈值  $T$ 。

### 3.3 精度验证

结合无人机航测数据中植被的纹理特征，采用人机交互的方式，利用目视解译逐像元对系统快速识别的植被结果进行精度评价，评价指标选择建立误差矩阵计算总体精度。

## 4 实例分析

### 4.1 实例数据源

本次所使用的无人机为飞马智能航测/遥感系统 D2000，D2000 无人机系统是飞马全新研发的一款小型、长航时但同时能满足高精度测绘、遥感及视频应用的多旋翼无人机系统，可搭载航测模块、倾斜模块、可见光视频模块、热红外视频模块、热红外遥感模块等，具备多源化数据获取能力。搭配高精度差分 GNSS 板卡，同时标配网络 RTK、PPK 及其融合解算服务，提供 DOM，DEM，DSM，TDOM 等多种数据成果处理及浏览。

本测区采用飞马 D2000 多旋翼无人机，搭载 D-OP3000 倾斜相机，镜头焦距 25mm 定焦（下视），35mm 定焦（倾斜）。镜头进行倾斜影像获取，地面影像分辨率为 0.02m。



图 4 无人机相关参数

表 1

D-OP3000 倾斜模块	
镜头数量	5
相机型号	SONY a6000
传感器尺寸	23.5x15.6mm (aps-c)
有效像素	约 2430 万 x5 像素

本实施方式中，以吉林省长春市新立城水库库区及其周边为例，验证植被快速识别系统的实用性。新立城水库是以向长春市供水、防洪、灌溉等综合利用的大型水库，也是吉林省著名的风景游览胜地。同时为城市绿化美化、改善生态环境扮演者重要的角色。因而，可以利用飞马 D2000 无人机的优势，提出一种可以对植被快速识别的系统。



图5 部分区域像控点的布设



图6 部分航线规划

为满足地面分辨率优于  $0.05\text{m}$ ，飞机飞行的高度不大于  $319\text{m}$ 。航线应按测区走向直线方法布设，平行于测区边界线的首末航线必须确保倾斜镜头能够获取测区的有效影像。根据测区的实际情况以及三维模型的精度，在本次飞行中，像片的航向重叠度设计为  $80\%$ ，旁向重叠度设计为  $75\%$ 。

## 4.2 实例数据预处理结果



图7 无人机航测数据中去噪前(加入高斯噪声与椒盐噪声)

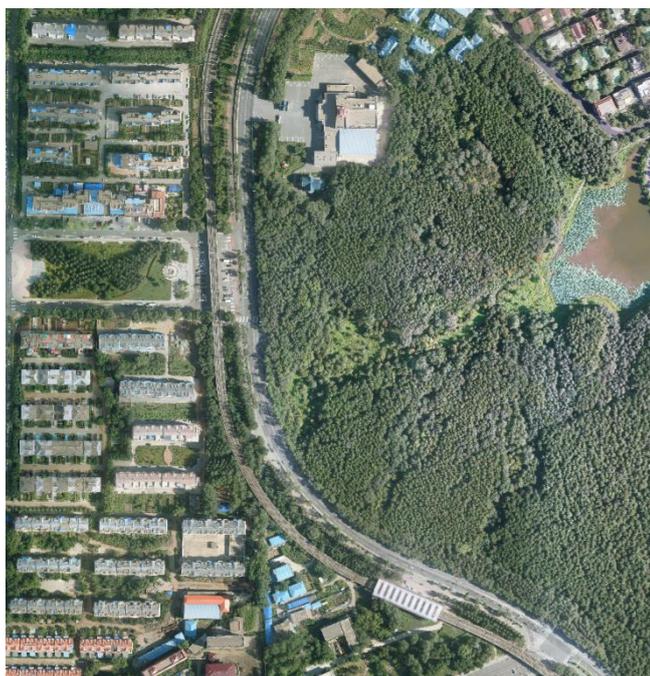


图8 无人机去噪后航测数据



图9 无人机航测数据过绿植被指数计算结果

### 4.3 实例数据植被识别结果及验证

结合无人机航测数据中植被的纹理特征，采用人机交互的方式，利用目视解译逐像元对系统快速识别的植被结果进行精度评价，评价指标选择建立误差矩阵计算总体精度。

表 2

植被指数	正确率/%		
	植被	非植被	总正确率
过绿植被指数	70.29%	29.71%	98.69%



图 10 无人机航测数据植被识别结果

## 5 讨论与结论

一种基于无人机航测数据预处理及植被快速识别系统,包括规划无人机飞行路线以获取航测数据、无人机航测数据图像去噪,计算无人机航测数据的过绿植被指数,并利用基于遗传算法的最大类间方差法对植被进行识别,结合无人机航测数据中植被的纹理特征,采用人机交互的方式,利用目视解译逐像元对系统快速识别的植被结果进行精度评价,评价指标选择建立误差矩阵计算总体精度。利用无人机航测数据可以快速、准确的提取植被信息,减少了人工实际中遇到的困难,为城市植被监测、园林规划等部门提供可靠数据,为维护城市生态系统的平衡提供科学的依据,进而可以实现城市生态系统的动态平衡。

### 参考文献:

- [1] 赵剑桥. 城市热岛的遥感监测方法及应用[J]. 南方农业, 2018, (9)
- [2] 李晶. 基于遥感的植被覆盖变化及其对城市热环境影响研究[D]. 福州大学, 2015.
- [3] 翟天林,金贵,邓祥征,等. 植被信息的 Landsat8 卫星影像提取方法[J]. 测绘科学, 2016, 41(10): 126-131.
- [4] 李杨. 气候变化下植被响应的遥感分析与研究[D]. 电子科技大学, 2015.
- [5] 孟祥超. 多源时空一谱光学遥感影像的变分融合方法[D]. 武汉大学, 2017.
- [6] 李冰, 刘镕源, 刘素红, 等. 基于低空无人机遥感的冬小麦覆盖度变化监测[J]. 农业工程学报, 2012, 28(13): 160-165.
- [7] 刘倩, 梁志海, 范慧芳. 浅谈无人机遥感的发展及其行业应用[J]. 测绘与空间地理信息, 2016, 39(6): 167-169.
- [8] 田振坤, 傅莺莺, 刘素红, 等. 基于无人机低空遥感的农作物快速分类方法[J]. 农业工程学报, 2013, 29(7): 109-116.
- [9] 宋清洁, 崔霞, 张瑶瑶, 等. 基于小型无人机与 MODIS 数据的草地植被覆盖度研究——以甘南州为例[J]. 草业科学, 2017, 34(1): 40-50.
- [10] 周在明, 杨燕明, 陈本清. 基于无人机影像的滩涂入侵种互花米草植被信息提取与覆盖度研究[J]. 遥感技术与应用, 2017, 32(4): 714-720.
- [11] 丁雷龙, 李强子, 杜鑫, 等. 基于无人机图像颜色指数的植被识别[J]. 国土资源遥感, 2016, 28(1): 78-86.