

文章编号: 1674-2869(2021)02-0217-06

# 基于MATLAB/GUI的无人机遥感图像分类系统设计

白俊龙, 王章琼\*, 张明, 李元松

武汉工程大学土木工程与建筑学院, 湖北 武汉 430074

**摘要:** 为了提高无人机遥感图像分类技术在复杂地形中的勘察效率, 设计了一种基于MATLAB/GUI的无人机遥感图像分类系统, 实现了图像分类的可视化操作。采用K-Means聚类与Otsu阈值分割相结合的方法对无人机遥感图像进行分割与分类处理, 并对初分割结果进行边缘检测、噪声滤波和形态学优化等图像处理, 精确提取各类地物边界, 提高图像分类精度; 对分类处理后的结果进行矢量化输出, 提高了本系统与其他软件的交互性; 根据航拍高度、镜头焦距和传感器尺寸等信息, 可计算每一类地物的实际面积, 实现区域面积大小的快速统计, 促进了无人机遥感技术在公路地质选线中的应用。

**关键词:** 无人机遥感; 图像分类; K-means聚类; Otsu阈值法; 系统设计

中图分类号: TP751.1

文献标识码: A

DOI: 10.19843/j.cnki.CN42-1779/TQ.202012005

## Design of UAV Remote Sensing Image Classification System Based on MATLAB / GUI

BAI Junlong, WANG Zhangqiong\*, ZHANG Ming, LI Yuansong

School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China

**Abstract:** To improve the survey efficiency of UAV remote sensing image classification technology in complex terrain, a MATLAB/GUI-based UAV remote sensing image classification system was designed to realize the visual operation of image classification. Based on the K-Means clustering and Otsu threshold methods, UAV remote sensing images were segmented and classified. After that, to extract boundaries of various ground features and improve the accuracy of image classification, image processing algorithms such as edge detection, noise filtering and morphological optimization were conducted on the initial segmentation results. Finally, the classification results were vectorized and output, which improves the interactivity between the designed system and other software. According to information such as aerial height, lens focal length and sensor size, the actual area of various types of surface objects can be calculated, and statistics of area size can be achieved efficiently, which promotes the application of UAV remote sensing technology in highway geological route selection.

**Keywords:** UAV remote sensing; image classification; K-means clustering; Otsu threshold method; system design

随着无人机和传感器技术的不断成熟, 无人机遥感系统逐渐成为空间数据获取的一种重要手段<sup>[1-2]</sup>。与卫星遥感和普通航空遥感技术相比, 无人机遥感具有时效性强、机动灵活、获取成本较低

等优势<sup>[3]</sup>。此外, 无人机还具备云下超低空飞行能力, 弥补了传统遥感技术因云层遮挡而无法获取高质量数字影像的不足, 是传统遥感手段的有力补充<sup>[4]</sup>, 在灾害调查与解译、监测与评估、地质

收稿日期: 2020-12-05

基金项目: 武汉工程大学研究生教育创新基金(CX2020121)

作者简介: 白俊龙, 硕士研究生。E-mail: 2502567737@qq.com

\*通讯作者: 王章琼, 博士, 副教授。E-mail: wzqcug@163.com

引文格式: 白俊龙, 王章琼, 张明, 等. 基于MATLAB/GUI的无人机遥感图像分类系统设计[J]. 武汉工程大学学报, 2021, 43(2): 217-222.

勘察等方面发挥着极大的作用<sup>[5-6]</sup>。

现阶段,无人机遥感数据的获取能力已远超其有效处理能力<sup>[7]</sup>,遥感图像数据中所蕴含的大量有价值信息亟待充分挖掘与利用<sup>[8]</sup>。传统的目视解译往往需要专业的知识与丰富的经验,且因数据量巨大,导致解译效率低下;而前沿的计算机解译处理方式如机器学习,通常需要提供大量的训练样本,否则难以保证后续的分类精度,导致信息提取难以完成<sup>[9-10]</sup>;此外,各相关领域能够满足模型训练条件的训练样本数据,如滑坡样本数据十分稀少等问题,也进一步增加了该方法的应用难度。

K-means 算法是一种无监督学习分类算法<sup>[11]</sup>,能对原始图像进行聚类,再采用 Otsu 阈值法对聚类结果进行快速分割,结合形态学优化等图像处理,可实现无人机遥感图像地物的精确提取与分类处理。鉴于此,本文根据实际工程需要,利用 MATLAB 强大的数值计算<sup>[12]</sup>、图像处理功能<sup>[13]</sup>,借助其自带的图形用户界面开发环境,设计了一个集图像分割与分类等功能于一体的无人机遥感图像分类系统,用于地物信息的快速识别与提取。

## 1 系统框架

图形用户界面可以内嵌 MATLAB 支持和用户自定义的所有图像处理函数,避免直接面对枯燥的代码,通过具象化的图形,如窗口、按钮、菜单等简便地操纵计算机<sup>[14]</sup>。MATLAB GUI 包含多个控件,如 Axes(坐标轴)、Push Button(按钮)、Pop-up Menu(弹出式菜单)等,用鼠标拖动控件并双击即可对其属性进行设置,与命令行界面相比,操作简单,执行效率高,因此,被广泛应用<sup>[15-16]</sup>。

基于 MATLAB 的图形用户界面开发环境(GUIDE)设计无人机遥感图像分类系统,该系统包含函数功能演示模块和图像系统处理模块,其中函数功能演示模块主要用于展示具体函数对图像的处理效果,帮助用户选择合适的图像处理函数,以期在处理不同图像时均能达到较好的效果,在此对该模块不进行过多的描述。

图像系统处理模块是整个系统的核心部分。该模块用于对无人机遥感图像进行系统化处理,最终实现图像地物分类与信息提取。该部分主要包含图像导入、图像处理和图像分类(图1)。

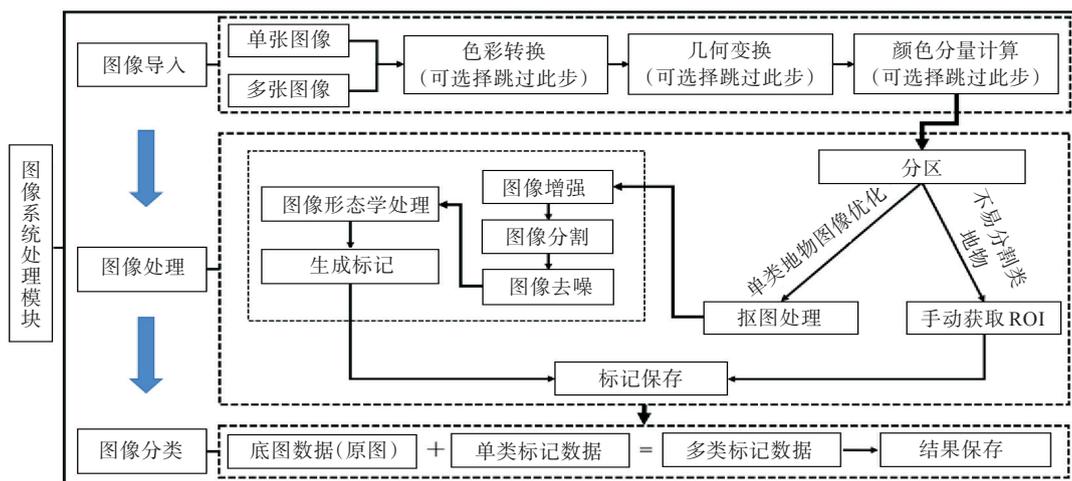


图1 图像系统处理模块结构框架

Fig. 1 Structure framework of image processing module

### 1.1 图像导入部分

使用 imread 函数实现单张图像的导入,通过 imshow 函数实现数字图像在系统中的实时显示;若导入的为图像文件夹,则先使用 detectSURFFeatures 函数检测和提取每张图像上的 Surf 特征点,根据特征点匹配实现图像拼接,采用 MSAC 算法对拼接之后的图像进行几何变换,生成最终的全景图像用于后续处理。

若点击“色彩转换”按钮可将 RGB 图像转换到

HSV、Lab 和 YCbCr 色彩空间,通过改变特征颜色的深度和亮度实现图像数据的增强,有利于后续图像分割处理。

### 1.2 图像处理部分

图像分区处理使用了 K-means 算法,根据颜色特征对图像进行聚类分割,综合程序运行时间和图像聚类效果,在此将图像聚类数设置为 5。因此,分区处理可将图像分为 5 个不同区域,单个区域内可能只包含一到两种地物也可能包含多种地

物。对于地物较少的区域,例如对绝大部分为“耕地”包含少部分“土路”的区域,可选择“抠图”操作,直接手工圈除“土路”部分,使该区仅保留“耕地”,然后对该区域图像进行图像增强、分割、去噪和形态学处理等一系列操作,优化图像成像效果,并最终生成和保存“耕地”区域的标记,从而完成“耕地”区域的提取,下文会有具体的操作演示;若一个区域内包含地物较多,则表明这几类地物仅依靠颜色特征不易区分,此时可选择手动获取ROI(region of interest)感兴趣区域,并生成相应区域的标记,即先用ginput函数手动选取目标区域,然后使用roipoly函数实现感兴趣区域的提取,最后用label2rgb函数完成区域的标记。

### 1.3 图像分类部分

经上述步骤完成各类地物的分割与提取后,通过对保存的标记数据进行叠加,实现各类地物的合并,并在原图上通过颜色区分展示具体的分类效果。此外,对每类地物进行标注后,能够更加清楚每类颜色具体代表哪类地物。各类标记数据叠加部分的程序如下:

```
[filename, pathname, q] = uigetfile({'*. *'; '*.
mat'}, 'select file', 'MultiSelect', 'on');
matFile = cell(length(filename),1);
for k = 1: length(filename)
input = load(fullfile(pathname,filename{k}));
BJ = cell2mat(struct2cell(input));
matFile{k} = BJ*k*30;
L1 = sum(cat(3,matFile{:}),3);
End
Lrgb = label2rgb(L1, jet, 'w', 'shuffle');
end
```

## 2 模块化设置

无人机遥感图像分类系统采用自上而下的层次化设计思路,界面包含主界面和子界面。用户通过主界面调用相应的操作子界面,实现无人机遥感图像分类处理。

函数功能演示模块属于辅助操作模块,主要用于展示和对比各类图像处理函数的具体效果,界面左侧用于显示各个函数的具体处理效果,右侧为控制面板,可以选择具体要查看和对比的函数。

图像系统处理模块属于系统核心部分,主要用于对遥感图像进行分类。界面包含图像处理效果显示区和操作面板2部分,分别位于界面的上侧

区域和下侧区域,下文即对该模块的实现进行详细描述。

### 2.1 图像系统处理模块

图像系统处理模块通过集成图像拼接、图像分区、分割、去噪、形态学优化等算法,对无人机遥感图像进行系统化处理、可视化操作,实现图像的分割与分类。由图1可知,无人机遥感图像的处理步骤主要包含图像导入、图像处理和图像分类。

2.1.1 图像导入部分 首先,即对图像导入的选择与操作,该部分可以选择导入已经拼接好的单张遥感图像,节省操作时间,也可以直接选择遥感图像文件夹,进行拼接处理;图像导入成功后可以根据成像效果和处理经验,选择对图像进行色彩转换、几何变换或颜色分量计算等操作。

选择色彩转换操作可将图像由RGB空间变换到HSV空间,生成 $H$ 、 $S$ 、 $V$ 这3个分量,色调 $H$ 代表颜色属性,决定光谱主波长;饱和度 $S$ 表示光谱主波长在强度中的比例,即颜色的鲜艳度;强度 $V$ 表示光谱的亮度大小。图像经HSV变换后,能够提高结果图像的纹理特征,增强其空间细节表现能力<sup>[17]</sup>,有助于遥感图像理解和图像分析,如冲沟<sup>[18]</sup>、沙地<sup>[19]</sup>等地物的识别与提取。此外还可将图像由RGB空间转换到YCbCr空间或Lab空间,用于特殊地物的提取如建筑物阴影<sup>[20]</sup>、棉花植被覆盖度<sup>[21]</sup>的提取等。

几何变化可将导入图像进行平移、旋转和镜像处理,有助于用户多角度查看地物,便于目视解译。颜色分量的计算主要用于不同植被类型的识别,相对于卫星与航空遥感图像可以使用基于近红外波段与红波段的植被指数(如归一化植被指数,NDVI)来指示绿色植物,而由传统数码相机拍摄得到的无人机遥感图像往往由于缺少近红外波段的数据,在植被提取方面只能另辟蹊径,即借助可见光的红光波段与绿光波段构建颜色指数来提取植被信息<sup>[22-23]</sup>。本系统可计算的颜色指数主要包括过绿指数(excess green index, ExG)、归一化绿-红差值指数(normalized green-red difference index, NGRDI)和绿-蓝差值指数(green-blue difference index, GBDI)。

由此可知,色彩转换、几何变换和颜色分量计算这3种操作,主要针对特殊地物的识别与提取,在对于绝大部分地物类型进行识别处理时,用户可选择跳过这些步骤直接对原始输入图像进行分区处理,提高处理效率。

### 2.1.2 图像处理部分

#### 1) K-means 聚类

K-means算法是一种基于划分聚类的无监督学习算法,常以欧式距离作为衡量数据对象间相似度的指标,对象间距离越小,相似度越大,核心思想为<sup>[24]</sup>:

步骤1:从给定的数据集中随机选取  $k$  个初始聚类中心;

步骤2:计算其余数据对象与聚类中心的欧氏距离,根据欧式距离,将数据对象分配到与其相距最近的聚类中心所在的簇中;

步骤3:计算每个簇中数据对象的平均值作为新的聚类中心;

步骤4:进行下一次迭代,直到聚类中心不再变化或达到最大的迭代次数停止。

在图像分区部分,K-means算法可对图像进行初分割。在使用K-Means算法时,其聚簇个数  $k$  需要提前确定。因此,综合程序运行时间和图像聚类效果,本文将图像聚类数  $k$  值设置为5,将图像粗略分为5个不同区域,其中单个区域内可能包含不同数量地物类别。根据图像处理效果即可以任选其中1个区域也可选择5个区域之间的任意组合。如图2所示,区域4和区域5组合区域大部分为“植被”,包含小部分“水体”,表明该部分“水体”与“植被”仅依靠颜色特征已无法分割。由于“水体”区域相对较小,为提高处理效率可使用 `ginput` 函数,在“水体”周围选择多个点,用 `imfill` 函数将此区域填充成块,最终实现将“水体”部分去除,得到完整的“植被”区域。其中使用K-means聚类实现图像初分割的核心代码如下:

```

global input;
Lab = applycform(input, makecform
('srgb2lab'));
I = reshape(double(Lab(:, :, 2:3)), size(ab, 1) * size
(ab, 2), 2);
nColors = 5;
[cluster_idx, cluster_center] = kmeans(I, nColors,
'distance', 'sqEuclidean', 'Replicates', 2);
pixel_label = reshape(cluster_idx, nrows, ncols);

```

#### 2) Otsu 阈值分割

阈值分割是一种基于区域的图像分割技术,因其实现简单、运算快捷、性能较稳定而被广泛应用。

Otsu 阈值法是实际应用中最为广泛的阈值分割法之一<sup>[25]</sup>。

基本原理:假设一副图像由前景色和背景色组成,首先根据计算方法(最大类间方差法)得到一个阈值  $T$ ,若点  $(x, y)$  的灰度值  $f(x, y) > T$ ,则将其归为对象点;反之,归为背景点。由此可将图像的前景色和背景色尽可能分开,实现图像的二值分割。

经过初分割得到的“植被”区域图像,此时只包含目标对象——“植被”和背景,使用MATLAB自带的Otsu函数能有效地将目标对象与背景进行分割。

#### 3) 结果优化与标记

进行Otsu阈值分割之后得到的二值图像往往包含背景噪声[图3(a)]。中值滤波是一种非线性操作,使用 `medfilt2` 函数对二值图像进行中值滤波,可以滤除图中的椒盐噪声,同时保留边缘;使用 `imfill` 函数对图中的密集独立的孔洞区域进行填充使其连成一整块区域,实现二值图像的优化处理[图3(b)]。再使用 `bwlabel` 函数对分割后的二值图像进行处理,生成“植被”区域的标签数据,实现该区的信息提取 [图3(c)]。

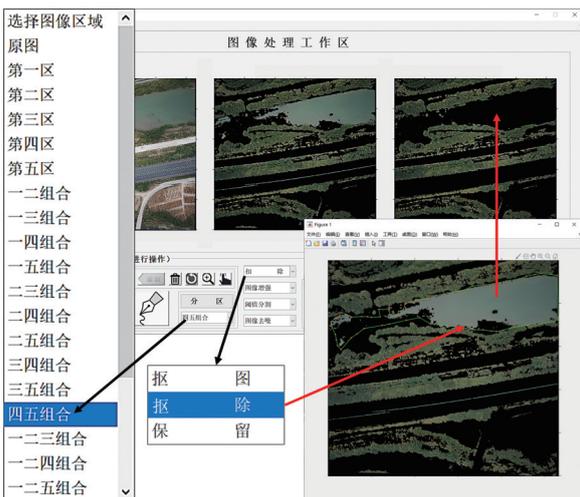


图2 图像处理流程与效果

Fig. 2 Image processing flow and effect

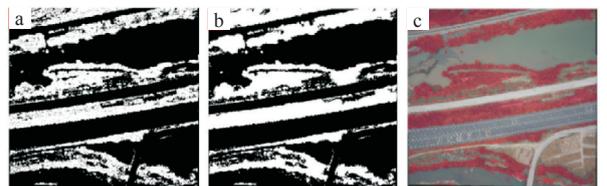


图3 图像优化与标记:(a)Otsu阈值分割, (b)二值图像优化,(c)标记叠加

Fig. 3 Image optimization and marking: (a)Otsu threshold segmentation, (b)binary image optimization, (c)marker overlay

4)图形矢量化

使用bwboundaries函数寻找二值图像的轮廓边界线及对应的坐标,并用shapewrite函数将对应的坐标信息和“Line”元素写入形文件,对结果进行矢量化输出,便于导入其它软件进行处理,实现软件之间的数据交互。

图4是将提取得到的“植被”标签矢量文件导入ArcGIS处理得到的效果图,在此可以任意更改图层的颜色信息,添加“字段”为图层赋予更多的属性等。

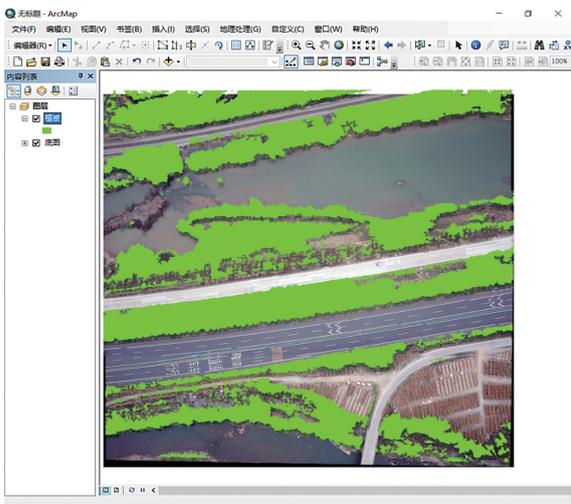


图4 ArcGIS软件处理效果

Fig. 4 Processing effect of ArcGIS software

2.1.3 图像分类部分 重复2.1.2步骤,对初分割得到的其它区域进行处理,完成图中其它地物的提取,得到对应地物的标签数据。选择“多标记叠加”按钮会出现一个新的操作子界面(图5),可对此前处理得到的各类地物标记数据进行合并与类别标注。

$$b = \frac{C_l}{T_l} = \frac{C_w}{T_w} \quad (1)$$

$$d = \frac{1}{m} = \frac{f}{H} \quad (2)$$

$$l_i = bm \quad (3)$$

$$S = nl_i^2 \quad (4)$$

式(1)~式(4)中, $C_l$ 、 $C_w$ 分别表示传感器的长和宽; $T_l$ 、 $T_w$ 分别表示图像的长和宽; $H$ 表示无人机的航拍高度; $b$ 表示传感器尺寸与图像尺寸的比值; $d$ 表示图像的比例尺; $f$ 表示相机焦距; $m$ 表示比例换算系数; $l_i$ 为单个像素在地面上的实际投影长度; $n$ 表示所求区域的像素点个数; $S$ 表示所求区域的实际换算面积。

如图5(a)所示,图中主要包含“水体”、“植被”、“道路”、“土体”和“其他”5部分,通过对5类

地物进行叠加,得到一个彩色标记矩阵,其中相同颜色区域代表同一种地物。此外,选择其中一个地物类型,如“水体”,输入无人机的航拍高度 $H=300\text{ m}$ 、相机焦距 $f=35\text{ mm}$ 、传感器尺寸 $C_l \times C_w=35.9\text{ mm} \times 24\text{ mm}$ 和图像尺寸 $T_l \times T_w=6\,000 \times 4\,000$ ,根据式(4)<sup>[26]</sup>换算出该区域的实际面积[图5(b)],由此实现各区域面积的快速调查。表1为根据以上输入参数,计算出图中水体、植被、道路和土体的实际面积。

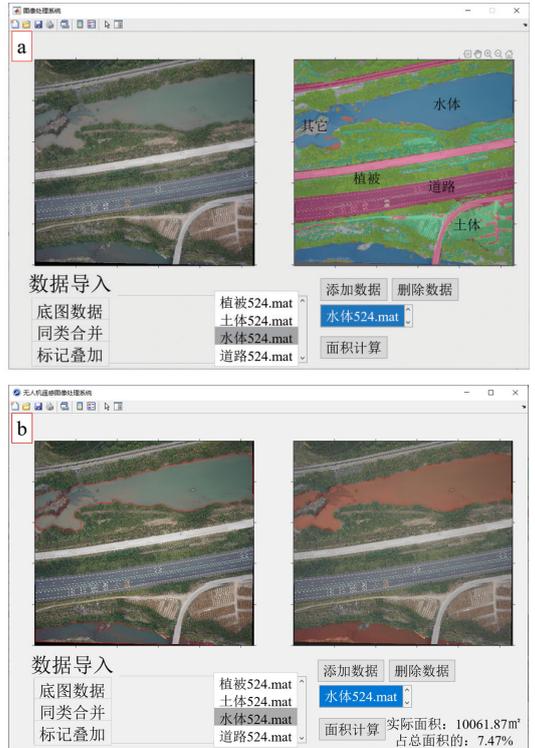


图5 系统子界面:(a)地物标记叠加,(b)面积计算

Fig. 5 System sub-interface:(a) feature marker overlay, (b) area calculation

表1 各区域实际面积

Tab. 1 Actual area of each region		m <sup>2</sup>	
地物类型	面积	地物类型	面积
水体	10 062	道路	10 025
植被	16 461	土体	8 386

3 结论

1)基于MATLAB/GUI开发的无人机遥感图像分类系统,包含函数功能演示模块和图像系统处理模块两部分。函数功能演示模块为辅助模块;图像系统处理模块为核心模块,可对图像进行拼接、分区、分割、去噪、形态学优化等操作,最终实现无人机遥感图像分类。

2)K-means聚类与Otsu阈值分割相结合的方

法,实现了图像的快速分类与信息提取;分类处理后的结果可以矢量化输出,大大提高了本系统与其他软件的交互性。

3)根据无人机的航拍高度、镜头焦距和传感器尺寸等信息,可计算每一类地物的实际面积,实现区域面积大小的快速统计。

#### 参考文献

- [1] 胡文艺,王绪本.岷江流域无人机遥感影像拼接及灾害信息提取[J].物探化探计算技术,2012,34(3):340-343,241.
- [2] 田冀,孙虎,王彬,等.无人机航空摄影技术在公路建设引起的滑坡监测的应用[J].科研信息化技术与应用,2017,8(3):44-50.
- [3] COLOMINA I, MOLINA P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: a review[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2014, 92(6): 79-97.
- [4] 赵星涛,胡奎,卢晓攀,等.无人机低空航拍的矿山地质灾害精细探测方法[J].测绘科学,2014,39(6):49-52,64.
- [5] NIETHAMMER U, JAMES M R, ROTHMUND S, et al. UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: evaluation and results [J]. Engineering Geology, 2012, 128(5): 2-11.
- [6] 黄海峰,易武,张国栋,等.引入小型无人机遥感的滑坡应急治理勘查设计方法[J].防灾减灾工程学报,2017,37(1):99-104.
- [7] 付萧,郭加伟,刘秀菊,等.无人机高分辨率遥感影像地震滑坡信息提取方法[J].地震研究,2018,41(2):186-191.
- [8] 张康,黑保琴,李盛阳,等.基于CNN模型的遥感图像复杂场景分类[J].国土资源遥感,2018,30(4):49-55.
- [9] FIORUCCI F, CARDINAL M, CARLA R, et al. Seasonal landslide mapping and estimation of landslide mobilization rates using aerial and satellite images[J]. Geomorphology, 2011, 129(1): 59-70.
- [10] CHENG G, GUO L, ZHAO T Y, et al. Automatic landslide detection from remote - sensing imagery using a scene classification method based on BoVW and pLSA [J]. International Journal of Remote Sensing, 2013, 34(1): 45-59.
- [11] 王慧贤,靳惠佳,王娇龙,等. k均值聚类引导的遥感影像多尺度分割优化方法[J].测绘学报,2015,59(5):526-532.
- [12] 陈骏,范刚,周家文.复杂滑坡三维离散建模方法及其在茂县滑坡中的应用[J].工程地质学报,2020,28(4):793-802.
- [13] 张飞鸽,李凯,翟少康,等. MATLAB在数字图像处理中的应用[J].计算机技术与发展,2019,29(11):216-220.
- [14] 韩大龙,王维新,马本学,等.基于 MATLAB GUI的棉株顶尖特征提取系统设计[J].江苏农业科学,2014,42(3):346-348.
- [15] 王兆文,李浩,黄都,等.基于 Matlab/GUI的汽油机缸内直接喷雾图像处理办法[J].农业机械学报,2013,44(9):19-23.
- [16] 秦浩,李同春,唐繁,等.基于 MATLAB GUI的水电工程安全监测数据处理界面设计[J].水利水电技术,2016,47(4):70-74.
- [17] 万剑华,臧金霞,刘善伟,等.一种全极化高分 SAR与中分光影像融合方法[J].热带海洋学报,2017,36(2):79-85.
- [18] 何福红,王涛,范擎宇,等.地形和遥感图像融合技术在冲沟参数提取中的应用——以栖霞市庵里水库东缘流域为例[J].地理研究,2015,34(11):2124-2132.
- [19] 朝鲁门,宁小莉,包玉海,等.基于 GF-2的沙地区域影像融合方法与评价——以内蒙古自治区正蓝旗北部典型沙地为例[J].水土保持通报,2019,39(4):138-143.
- [20] 喻红艳,李利军.彩色航空影像中的建筑物阴影提取[J].科学技术与工程,2007(7):1389-1393.
- [21] 牛亚晓,张立元,韩文霆.基于 Lab 颜色空间的棉花覆盖度提取方法研究[J].农业机械学报,2018,49(10):240-249.
- [22] MOTOHKA T, NASAHARA K N, OGUMA H, et al. Applicability of green-red vegetation index for remote sensing of vegetation phenology [J]. Remote Sensing, 2010, 2(10):2369-2387.
- [23] 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.
- [24] 杨俊闯,赵超. K-Means 聚类算法研究综述[J].计算机工程与应用,2019,55(23):7-14,63.
- [25] 谢颢,王辉,张雪锋.图像阈值分割技术中的部分和算法综述[J].西安邮电学院学报,2011,16(3):1-5,13.
- [26] 王琦理.基于图像处理的公路滑坡规模自动提取方法研究[D].西安:长安大学,2018.

本文编辑:陈小平