

基于无人机遥感技术的玉米种植信息提取方法研究

韩文霆^{1,2} 李 广¹ 苑梦婵¹ 张立元¹ 师志强¹

(1. 西北农林科技大学机械与电子工程学院, 陕西杨凌 712100;

2. 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西杨凌 712100)

摘要: 使用无人机遥感试验获取的可见光图像研究拔节期玉米种植信息提取方法。首先确定感兴趣区地物种类, 包括: 玉米、小麦、向日葵、树苗和裸地; 然后分别统计计算 5 类地物的 27 项纹理特征, 比较各类地物特征的种内变异系数和与玉米的相对差异系数, 选出适宜提取玉米种植信息的特征。经过分析发现, 仅用一个特征参数难以准确提取玉米种植信息, 需要各特征组合分层分类提取玉米信息。最后确定绿色均值、蓝色协同性和纹理低通植被指数 TLVI 为玉米种植信息提取特征。经过对初步提取结果的分析, 发现分类后的小麦地和树苗地中仍残留有与玉米区特征相同的斑块, 玉米地中有与非玉米区特征相同的斑块, 结合两种斑块各自形状面积分布的独特性, 分别实现残留斑块去除和玉米地错分斑块保留, 完成玉米种植信息提取。选取与感兴趣区影像同时期不同区域的两幅影像进行方法验证, 结果表明: 该方法对玉米种植信息提取有较好效果, 面积提取误差在 20% 以内, 对用无人机可见光遥感影像进行玉米种植信息提取具有一定的适用性。

关键词: 遥感; 无人机; 可见光图像; 纹理低通植被指数; 种植信息提取; 玉米

中图分类号: S2; TP75 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2017)01-0139-09

Extraction Method of Maize Planting Information Based on UAV Remote Sensing Techonology

HAN Wenting^{1,2} LI Guang¹ YUAN Mengchan¹ ZHANG Liyuan¹ SHI Zhiqiang¹

(1. College of Mechanical and Electronic Engineering, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China

2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: A method of information extraction for maize at jointing stage was described by using the high-resolution visible images, which were obtained by the unmanned aerial vehicle (UAV) remote sensing system. The 27 texture features of five ground objects were calculated separately, including maize, wheat, sunflower, sapling and bare land in the region of interest obtained by using co-occurrence measures and convolutions low pass. Comparing the variation coefficient of five ground objects and the relative difference with maize, the mean of green, homogeneity of blue and texture low pass vegetation index (TLVI) were chosen as the feature to obtain planting information of maize. In order to distinguish the maize land and sapling land, the TLVI was built by using scatter diagram in which the X-axis was the low-pass red band and the Y-axis was the low-pass blue band of maize land and sapling land. In the preliminary result, it was found that there were patches which had the same feature with maize land in wheat land and sapling land and patches of other kinds in the maize land. By analyzing the uniqueness of shape and area of two kinds of patches, the other patches were removed and the patches of maize land were retained. In order to verify the applicability and the reliability of the method, two different images which were in the same period with the region of interest were chosen to process by using the same method. The results indicated that the method could extract planting information of maize through using the high-resolution visible images obtained by the UAV remote sensing system and the area extraction error was less than 20% .

Key words: remote sensing; unmanned aerial vehicle; visible image; texture low pass vegetation index; planting information extraction; maize

引言

我国玉米种植面积达 0.2 亿 hm^2 , 已成为粮食、饲料、工业原料和出口商品等多用途作物, 玉米产量不仅关系到中国粮食安全, 还影响玉米产业的经济效益^[1-3]。准确获取玉米种植面积及其空间分布, 对实现玉米田间精准化管理, 优化玉米种植空间格局, 获取玉米最大产出比有着重要意义^[4-5]。目前, 获取作物种植信息的方法主要有人工法和遥感法^[6]。人工法靠人工统计玉米种植信息, 费时费力, 效率低下。遥感法是根据遥感影像中玉米与其它非玉米地块在各个特征变量的差异, 获取玉米种植信息的方法^[7]。常用的遥感分类法是利用卫星遥感技术进行种植分类, 该方法存在成本高、作业周期长等缺点。

无人机遥感技术具有数据获取平台易建、成本低、体积和质量小、操作简便、灵活性高、作业周期短等特点, 可实现对田间每一操作单元地物种植信息快速精准获取, 在精准农业信息获取方面大有用处^[8-13]。如 SUZUKI 等^[14]成功研制了可搭载可见光和近红外相机的无人机系统, 能够自动获取大面积的多光谱图和提取图中植被指数; TORRES-SANCHEZ 等^[15]利用高分辨率无人机遥感图像采用面向对象法, 实现了非草本作物的田间杂草识别; GARCIA-RUIZ 等^[16]使用无人机遥感影像对植被黄龙病进行监测; MITCH 等^[17]使用无人机低空拍摄可见光影像, 基于植被的光谱和纹理信息对影像中的植被进行分类。

考虑到无人机搭载传感器的适用性和成本等原因, 对仅含可见光波段无人机遥感影像的使用更广泛^[18-24]。因此本文针对仅含可见光波段的无人机影像, 开展玉米种植信息提取方法研究, 以期获取一种能够快速有效提取玉米种植信息的方法, 扩大无人机遥感的应用范围, 促进无人机遥感的定量应用。

1 数据来源

1.1 研究区域概况

内蒙古自治区巴彦淖尔市磴口县补隆淖尔镇坝楞村 (107. 04°E、40. 41°N) 地处河套灌区内, 属温带大陆性季风气候。冬季寒冷漫长, 春季短暂, 夏季炎热少雨, 日照充足, 热量丰富、昼夜温差大。作物种植制度为一年一熟, 种植的农作物主要是春小麦、春玉米、向日葵。一般 4 月 10 日左右完成春小麦播种, 同年 8 月 10 日左右收获完毕; 4 月 27 日左右完成春玉米播种, 同年 9 月 7 日左右收获; 6 月 10 日左右完成向日葵播种, 同年 10 月 10 日左右收获。

1.2 数据获取

本研究数据于 2015 年 6 月 27 日在内蒙古自治区磴口县补隆淖尔镇坝楞村二社由固定翼无人机遥感试验获得。采用北京天宇创通科技有限公司生产的 T-EZ (特易飞) 固定翼无人机系统, 采用弹射方式起飞, 伞降方式降落, 该机翼展达 1.8 m, 机身长达 0.8 m, 起飞质量 4 kg; 搭载 Sony A5100 非测绘数码相机, 设置相机快门速度 1/1 250 s, 感光度为 200 (根据天气状况设置), 全景对焦, 与无人机飞控相连。6 月 27 日, 天气晴好, 地面风速小于 4 级, 适于航拍。试验设计飞行航高 390 m, 航线 12 条, 总航线 48 km, 航向重叠度 70%, 旁向重叠度 65%; 航拍获取区域及附近地区 520 幅图片。

1.3 数据处理

航空影像通过 Agisoft PhotoScan 软件进行影像快速拼接, 整个工作流程由软件自动完成。首先 Agisoft PhotoScan 利用 POS 数据通过寻找同名点的方法完成数据定向及点云提取, 然后通过地面控制点 GCP 数据进行点云数据的几何校正及地理信息配准, 最终经过立体建模、赋予纹理, 获取符合《数字航空摄影测量空中三角测量规范》中对 1: 10 000 平地平面精度要求的图像^[25-26]。拼接结果真彩色图像见图 1a。通过目视分析原始图像和地面调查的数据, 确定无人机遥感试验获取到了拔节期玉米、灌浆期小麦、幼苗期向日葵、树苗和裸地的图像。

感兴趣区域真彩色图像见图 1b。图像空间分辨率为 0.1 m, 以 JPG 格式存储; 图像存储了地物红、绿、蓝 3 种色彩的灰度信息, 每种色彩含 8 位字节信息, 数值范围 0 ~ 255。

2 玉米种植信息提取方法

2.1 感兴趣区域图像中地物特征分析

通过对感兴趣区域图像的纹理特征分析, 评选出能够提取出玉米种植信息的特征参数, 为最终提取玉米种植信息提供依据。

2.1.1 单特征统计分析与选取

本研究使用的 JPG 图像在光谱特征方面只能提供红、绿、蓝 3 个波段的灰度信息, 不能提供其他光谱信息, 如近红外波段、热红外波段和短波红外波段等灰度信息; 但通过不同纹理滤波处理可得到图像各方面的纹理特征。不同纹理滤波处理对图像各纹理特征有增强的作用, 对玉米种植信息提取有帮助。因此本研究分别对图像进行二阶概率统计滤波和卷积低通滤波^[27], 得到红、绿、蓝 3 个波段各自的均值、方差、协同性、对比度、相异性、信息熵、二阶矩、相关性、低通灰度等共 27 项纹理特征。数据处

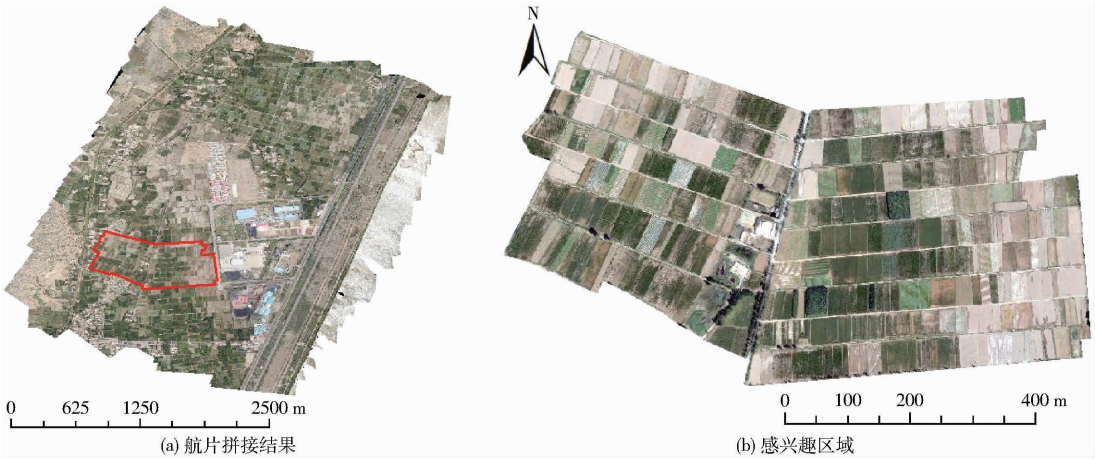


图 1 感兴趣区域选择

Fig. 1 Region selection of interest

理软件使用 ENVI5. 1,二阶概率滤波的窗口设置为 7×7 ,空间相关性矩阵 X 和 Y 的变换量分别为 1 和 1;卷积低通滤波窗口设置为 7×7 。

通过对图 1b 所示感兴趣区域影像的观察,可知感兴趣区域包括相对较多的玉米地块、小麦地块、裸地地块以及相对较少的向日葵地块和树苗地块。为了使感兴趣区域地物的纹理信息统计更具代表性,选取不同地物的样区时,应该尽可能使各地物样区均匀分布于整个感兴趣区域。使用 ENVI5. 1 软件中的统计功能,在感兴趣区中选择玉米样区 40 个,裸地样区 60 个,小麦样区 24 个,向日葵样区 12 个,树苗样区 7 个作为样本,统计 27 项纹理特征参数的均值、方差;根据均值和方差计算得到变异系数;根据玉米和非玉米地物的各项特征参数的均值计算得到与玉米的差异。其中变异系数和与玉米差异的计算,参照文献[28]中倒伏玉米和正常玉米纹理特征的变异系数和相对差异的计算方法,计算结果见表 1。

表 1 统计了地物各项特征的变异系数以及与玉米的差异系数,其中,变异系数反映地物种内各项特征值的离散程度,离散程度越小说明该特征就越有可能成为该地物区别于其他地物的独有特征;与玉米的相对差异系数反映非玉米地物与玉米之间该特征的差异性,差异系数越大越容易区分玉米与非玉米地物。通过分析发现,各项特征的变异系数和与玉米的差异系数有很大不同:在玉米区,特征变异系数最小为 17. 26%,最大为 168%;裸地区,特征变异系数最小为 12. 74%,最大为 251. 58%;向日葵区,特征变异系数最小为 9. 2%,最大为 195. 83%;小麦区,特征变异系数最小为 5. 26%,最大为 133. 33%;树苗区,特征变异系数最小为 16. 46%,最大为 178. 26%。玉米和裸地各项特征的相对差异系数最小值为 25%,最大为 137. 85%;玉米和向日葵各项

特征的相对差异系数最小值为 3. 85%,最大为 111. 74%;玉米和小麦各项特征的相对差异系数最小值为 5. 8%,最大为 209. 52%;玉米与树苗各项特征的相对差异系数最小值为 4%,最大为 30. 12%。获取的 27 项特征参数,部分特征弱化了图像中玉米与其他地物之间的差异,因此,并不是所有的新特征都能增强玉米与其他地物之间的差异。

不同地物在某一特征的数值范围内可能存在重叠区,能提取玉米种植信息的特征在玉米和非玉米地物之间不存在重叠区或存在很小重叠区。根据表 1 中各地物的变异系数和与玉米差异系数的计算过程得知,这两个参数能够反映各地物在不同特征数值范围内重叠区的大小,能够提取玉米种植信息的特征需要具有较小的变异系数和较大的与玉米相对差异系数。因此,本研究对玉米种植信息提取特征选取原则为:具有较小的变异系数和较大的与玉米相对差异系数。具体过程:首先根据玉米和裸地的 27 项特征变异系数值排序,分别选取两地物变异系数小的 10 项特征并进行对比,确定两地物变异系数都小的特征,接着再根据裸地与玉米的相对差异系数进行排序,选取相对差异大的特征,最后得到 6 项可以区分玉米和裸地的特征。接下来以同样的方式选取可以区分玉米与向日葵、玉米与小麦、玉米与树苗的特征,最后得到 2 项可区分玉米和向日葵的特征,3 项可区分玉米和小麦的特征,没有得到可以区分玉米与树苗的特征。

对单个特征的变异系数和与玉米相对差异系数排序评选,得到 6 项可以区分玉米和裸地的特征:红色均值、绿色均值、蓝色均值、低通红色灰度、低通绿色灰度、低通蓝色灰度;2 项区分玉米和向日葵的特征:绿色均值和低通绿色灰度;3 项区分玉米和小麦的特征:红色协同性、绿色协同性、蓝色协同性;绿色均值和低通绿色灰度都能区分图中的玉米和裸地、

表 1 几种地物变异系数和与玉米差异系数

Tab.1 Variation coefficient of ground objects and their relative difference coefficient with maize									%
指标	玉米	裸地		向日葵		小麦		树苗	
	变异	变异	与玉米差	变异	与玉米差	变异	与玉米差异	变异	与玉米差
	系数	系数	异系数	系数	异系数	系数	系数	系数	异系数
红色均值	28.57	12.91	137.85	16.32	35.79	11.53	12.52	21.07	30.12
红色方差	144.53	247.19	30.47	123.26	67.97	115.38	89.84	92.14	9.37
红色协同性	30.36	30.00	25.00	40.00	19.64	13.79	55.36	30.77	7.14
红色对比度	131.98	239.57	24.29	109.13	104.05	110.71	88.66	85.66	18.22
红色相异性	57.66	105.19	30.63	54.55	48.65	92.31	76.58	47.24	14.41
红色信息熵	21.89	52.94	29.59	17.58	7.69	79.37	62.72	19.44	6.51
红色二阶矩	50.00	67.50	81.82	44.44	18.18	42.19	190.91	52.63	13.64
红色相关性	161.54	127.78	38.46	184.00	3.85	100.00	88.46	178.26	11.54
绿色均值	17.26	13.28	89.92	9.20	41.78	5.26	5.97	17.58	13.09
绿色方差	144.03	251.58	29.10	122.32	67.16	125.00	91.04	92.62	11.19
绿色协同性	30.36	31.43	25.00	40.91	21.43	13.64	57.14	31.37	8.93
绿色对比度	131.27	244.00	22.78	108.68	104.63	119.23	89.96	86.13	19.69
绿色相异性	57.89	106.33	30.70	54.44	48.25	100.00	78.95	46.56	14.91
绿色信息熵	21.76	52.07	28.82	16.94	7.65	84.75	65.26	18.68	7.06
绿色二阶矩	50.00	67.50	81.82	44.44	18.18	42.42	200.00	52.63	13.64
绿色相关性	168.00	131.43	40.00	191.67	4.00	98.04	104.00	170.83	4.00
蓝色均值	23.43	18.28	124.22	15.26	37.27	6.26	9.23	17.03	10.38
蓝色方差	146.21	253.85	28.28	121.03	73.79	133.33	91.72	91.88	10.34
蓝色协同性	30.91	31.88	25.45	40.48	23.64	13.79	58.18	32.00	9.09
蓝色对比度	132.74	245.41	22.42	107.56	111.74	122.22	90.39	85.89	18.51
蓝色相异性	57.98	106.02	30.25	53.89	51.26	100.00	78.99	46.32	14.29
蓝色信息熵	20.81	52.03	28.90	16.13	7.51	83.61	64.74	18.48	6.36
蓝色二阶矩	47.62	69.23	85.71	38.89	14.29	43.08	209.52	55.56	14.29
蓝色相关性	168.00	131.43	40.00	195.83	4.00	104.08	96.00	178.26	8.00
低通红色灰度	27.79	12.74	132.99	15.97	34.87	10.99	12.08	20.12	29.21
低通绿色灰度	17.86	13.32	87.59	9.37	40.66	5.30	5.80	17.10	12.84
低通蓝色灰度	22.58	18.11	119.89	14.71	35.80	6.20	8.80	16.46	10.08

玉米和向日葵,分析两特征在玉米、裸地、向日葵的变异系数和相对差异系数,绿色均值在三地物的变异系数(17.26%,13.28%,9.2%)略小于低通绿色灰度的(17.86%,13.32%,9.37%);与玉米相对差异系数方面,绿色均值的(89.92%,41.78%)略大于低通绿色灰度的(87.59%,40.66%);因此绿色均值可以作为区分玉米和裸地、向日葵的特征。红色协同性、绿色协同性、蓝色协同性都可以区分玉米与小麦,对比玉米和小麦在三特征的变异系数,蓝色协同性(30.91%,13.79%)、绿色协同性(30.36%,13.64%)、红色协同性(30.36%,13.79%)的差异不大;与玉米相对差异系数方面,蓝色协同性的58.18%大于绿色协同性的57.14%和红色协同性的55.36%,因此可选蓝色协同性作为区分玉米和小麦的特征。

2.1.2 模型特征的构建

通过变异系数和与玉米相对差异系数排序评选,得到了可以区分玉米和裸地、玉米和向日葵、

玉米和小麦的特征,但没得到可区分玉米和树苗的特征。经过分析发现区分玉米和裸地、玉米和向日葵、玉米和小麦的特征都是单个的,而非几个特征组合的模型。对植被指数的研究得知,多个图像特征组合有增强图像的作用,对分类及作物种植信息提取有帮助。基于图像多特征组合的这一特点,本研究拟采用多个特征组合的方式,构建一个可以区分玉米和树苗的特征。组合图像特征进行地物分类,不但要考虑特征与地物间的关系,还要考虑到组合特征之间的关系,为了更清楚反映多特征组合实现分类的这两层关系,需要构建以特征值为坐标,以作物类别为表示量的散点图。以低通滤波红色灰度值为横坐标,以低通滤波蓝色灰度值为纵坐标,构建树苗和玉米的散点图,见图2。

通过对图2的分析,发现玉米和树苗的散点在以低通滤波红色灰度值为横坐标、低通滤波蓝色灰度值为纵坐标的二维坐标系里的分布存在明显的分

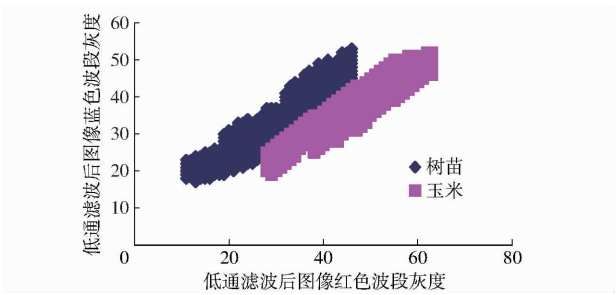
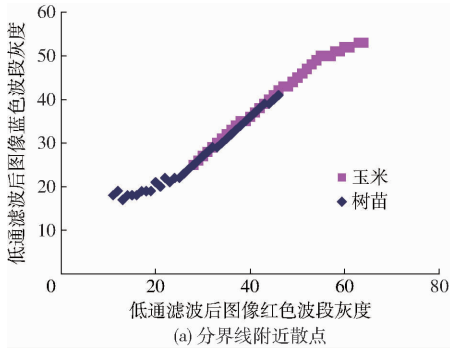


图 2 玉米、树苗散点图

Fig. 2 Scatter diagram of maize and sapling

界线。树苗的散点基本位于分界线的左上侧,玉米的散点基本位于分界线的右下侧,因此,可以确定散点图中的分界线就是可以区分玉米与树苗的特征。接下来,找出分界线附近分布的树苗和玉米散点,根



(a) 分界线附近散点

据散点分布坐标值进行一次线性拟合,可得到分界线的函数表达式即为区分玉米与小麦的特征。分界线性拟合见图 3。通过对边界附近散点进行线性拟合得到边界函数

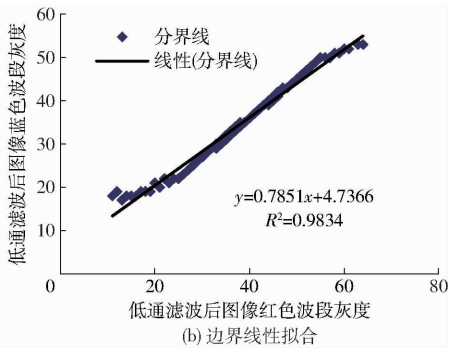
$$y = 0.7851x + 4.7366 \tag{1}$$

式中 x ——低通滤波后图像红色波段灰度
 y ——低通滤波后图像蓝色波段灰度

因此,根据边界函数表达式参考植物植被指数的构建方式可以构建区分玉米和树苗的纹理低通植被指数

$$TLVI = B_2 - 0.7851B_1 - 4.7366 \tag{2}$$

式中 B_1 ——低通滤波后图像红色波段灰度
 B_2 ——低通滤波后图像蓝色波段灰度



(b) 边界线性拟合

图 3 玉米、树苗区分特征的构建

Fig. 3 Features to distinguish maize and sapling

2.1.3 特征选择结果

综合 2.1.1 节和 2.1.2 节的研究结果,可以确定感兴趣区域玉米种植信息提取特征:绿色均值区分区域内玉米和裸地、向日葵的特征;蓝色协同性区分区域内玉米和小麦的特征;纹理低通植被指数 TLVI 区分感兴趣区域内玉米和树苗的特征。感兴趣区域共 5 类地物,3 项特征分离出 4 类非玉米地物,可实现感兴趣区域玉米种植信息提取。

2.2 玉米种植信息提取

根据玉米种植信息提取特征选择的结果,本研究采用特征组合分层分类法实现玉米种植信息提取。具体操作流程见图 4。

由图 4 可知特征组合分层分类法的具体操作为:根据得到的 3 个特征,把玉米种植信息提取过程分为 3 层,第 1 层根据绿色均值阈值分离出感兴趣区域裸地和向日葵的信息,第 2 层根据蓝色协同性阈值分离出感兴趣区域小麦的信息,第 3 层根据 TLVI 阈值分离出感兴趣区域树苗信息;最后将每层操作结果以掩膜的形式进行叠加得到玉米种植信息提取初步结果。由于玉米和其他非玉米地物在各自特征范围内有小部分重合,用阈值分离非玉米地物时,有小部分非玉米地物信息被保留下来在图中形

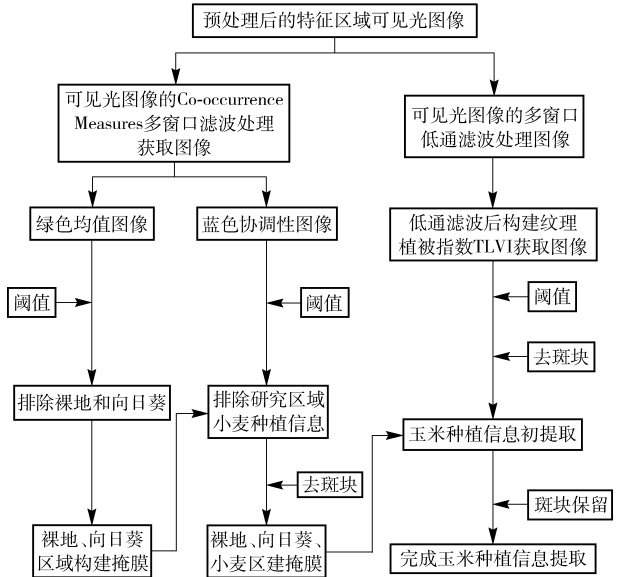


图 4 玉米种植信息提取流程图

Fig. 4 Flow chart of maize planting information extraction

成小斑块,需要对其进行排除;同样由于玉米和其他非玉米地物在各自特征范围内有小部分重合,用阈值分离非玉米地物时,会把玉米地中小部分玉米信息分离出去,而造成提取的玉米地块中有非玉米特征的小斑块,需要提取这部分斑块并保留成玉米的特征,完成玉米种植信息最终提取。

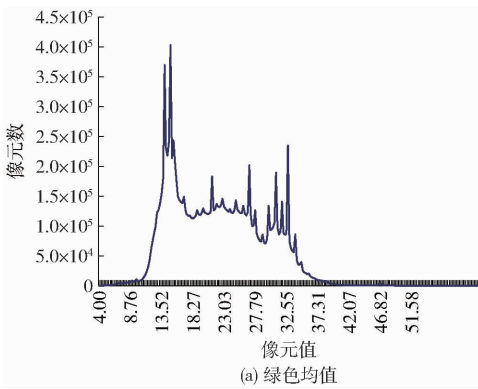
2.2.1 特征阈值确定

特征的阈值是通过地物特征统计差异表和特征的像元直方图进行确定。玉米和几类非玉米地物的特征值统计差异见表 2,几类特征值的像元直方图见图 5。

表 2 玉米与非玉米地物特征像元分布差异

Tab.2 Difference of mean of green and pixel value between maize, bare land and sunflower

各类地物	绿色均值		蓝色协同性	
	均值	标准差	均值	标准差
玉米	14.07	1.42	0.59	0.11
向日葵	21.44	1.22		
裸地	29.41	3.52		
小麦			0.88	0.09
树苗				



根据表 2 可确定各特征阈值大致范围:绿色均值阈值大致为 16 ~ 20;蓝色协同性阈值大致为 0.7 ~ 0.8。确定特征阈值的大致范围后,可根据特征的像元直方图在大致范围内的波谷点像元值进一步确定阈值。

根据表 2 和图 5 确定各特征阈值:绿色均值阈值为 18,即绿色均值大于 18 的像素点为裸地或者向日葵,应当分离,保留绿色均值小于 18 的像素点;蓝色协同性阈值为 0.72,即蓝色协同性值大于 0.72 的像素点为小麦,应当分离,保留蓝色协同性小于 0.72 的像素点。TLVI 是根据玉米和树苗的散点分界线得到的,因此可以确定 TLVI 的阈值为零,即 TLVI 值大于零的像素点为树苗,应当分离,保留 TLVI 值小于零的像素点。

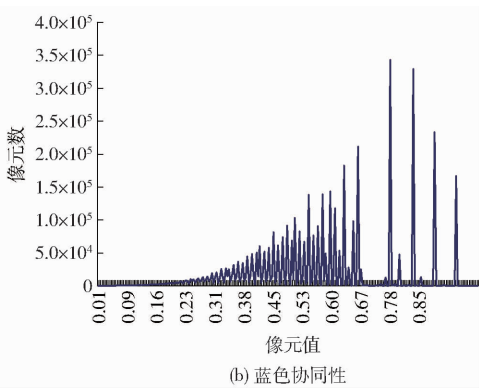


图 5 各特征统计直方图
Fig.5 Histograms of each feature

2.2.2 残留斑块去除及错分斑块保留

初步提取的玉米地错分小斑块、非玉米地残留小斑块如图 6 所示。由图 6a 和图 6b 可知初步提取的玉米地块面积大,形状复杂,残留斑块面积小,形状简单,可根据两者的这一差异对残留斑块进行分离。具体方法:首先,在 ENVI5.1 中将玉米地块和残留小斑块,以像元值范围为条件生成一个感兴趣特征区域;然后,将感兴趣特征区域转换成面状矢量数据并求出每个面状矢量数据的面积;最后,分析残留小斑块和提取玉米地块的面积大小,可以得出,提取的玉米地块面积较大,残留小斑块面积普遍较小,可以通过面积大小对小斑块进行排除,而完成残留小斑块的去除。再由图 6a 得知玉米地中错分斑块面积小且相互独立封闭于玉米地块内部,可根据错分斑块这一特征与操作后非玉米地块实现分离。具体方法:首先,在 ENVI5.1 中将非玉米地块和错分斑块,以像元值范围为条件生成一个感兴趣特征区域;然后,将感兴趣特征区域转换成面状矢量数据并求出每个面状矢量数据的面积;最后,分析提取的错分小斑块和非玉米地块的面积大小,可以得出,提取的非玉米地块面积较大,错分小斑块面积普遍较小,

因此可以通过面积大小对错分小斑块进行保留,并与初步提取玉米地块叠加得到玉米种植面积提取的最终结果。

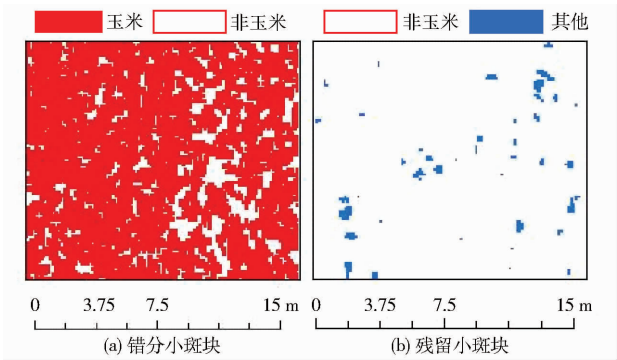


图 6 玉米种植信息提取局部结果
Fig.6 Partial extraction results of maize planting information extraction

3 玉米种植信息提取结果与验证

3.1 玉米种植信息提取结果与分析

分别使用目视解译和基于特征组合分层分类法提取玉米种植信息;以目视解译提取的玉米种植信息作为实测值检验特征组合分层分类法的精度。目

视解译玉米种植信息提取法,根据地面调查数据和 JPG 图像中玉米的特征勾画出图中所有玉米的分布与面积。感兴趣区域内玉米的长势存在梯度性,有的地块已完全被玉米覆盖,有的地块基本看不到玉米特征,有的地块一半被玉米覆盖一半看不出玉米

的特征。针对感兴趣区域玉米生长的现状,需要结合调查数据和图像所呈现的玉米客观状态对感兴趣区域进行目视解译。玉米种植信息的目视解译、特征组合分层分类初步提取结果和最终提取结果见图 7。

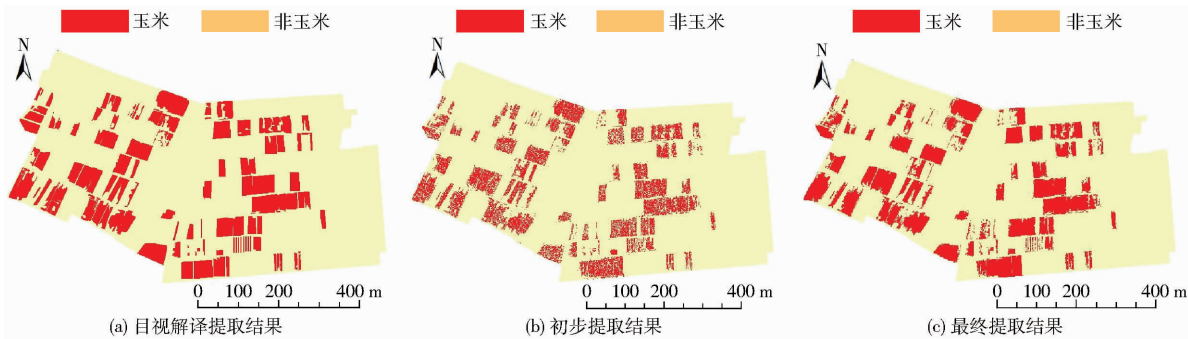


图 7 感兴趣区域提取结果
Fig. 7 Extraction results of interest region

对比图 7a、图 7b 和图 7c 发现提取出的玉米在感兴趣区域分布位置基本相同,说明基于特征组合分层分类提取玉米的方法能够较准确定位感兴趣区域玉米种植地块的分布。分别统计目视解译、特征组合分层分类初步提取结果和最终提取结果的玉米种植面积,并以目视解译结果为实测值对初步提取和最终提取结果进行精度评价。

目视解译获取感兴趣区域玉米的种植面积为 76 855 m²,没有小斑块保留初步提取玉米地块面积为 60 895 m²,特征参数组合最终提取玉米地块面积为 70 859 m²。以目视解译数据作为标准对特征参数组合玉米种植信息提取方法进行评价,得到玉米

最终提取误差为 8%,玉米初步提取误差为 21%。由此可见,玉米地小斑块保留方法能够显著降低玉米地面积提取误差。

3.2 方法验证

上述研究结果表明,针对 JPG 可见光图像的玉米种植信息提取,采用特征组合分层分类法能达到一定的精度。为了验证该方法的适用性与可靠性,本文随机选择感兴趣区域外的两个区影像作为验证数据,用与感兴趣区域同样的方法进行玉米种植信息提取及精度评价。两验证区域的目视解译结果以及基于特征组合分层分类提取最终结果如图 8、9 所示。

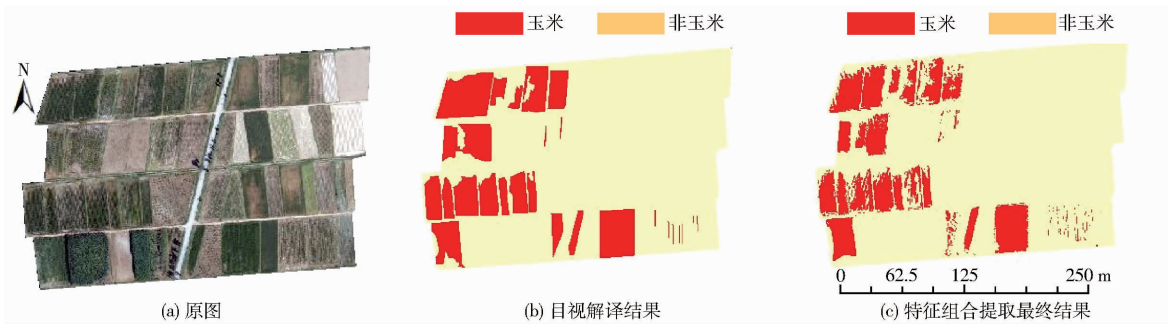


图 8 验证区域 1
Fig. 8 Verification region 1

对比研究两验证区的目视解译结果和基于特征组合分层分类提取结果,可以发现基于特征组合分层分类法提取玉米分布位置和目视解译提取玉米分布位置基本相同,说明基于特征参数组合玉米种植信息提取方法能够较精确定位玉米地分布。分别统计两验证区目视解译、特征组合分层分类最终提取结果的玉米种植面积。并以目视解译结果为实测值对最终提取结果进行精度评价。

验证区域 1 和验证区域 2 玉米地块目视解译面

积分别为 12 978. 93 m² 和 5 768. 47 m²,基于特征组合分层分类法提取面积分别为 10 868. 04 m² 和 4 961. 95 m²,提取误差分别为 16. 26% 和 13. 98%。两验证区玉米地块面积的提取误差总体在 20% 以内,面积提取误差较小。因此基于以上试验及验证结果,认为特征组合分层分类结合残留小斑块去除和错分小斑块保留方法基本适用于无人机可见光遥感图像玉米种植信息提取,操作较简单,提取误差较小。

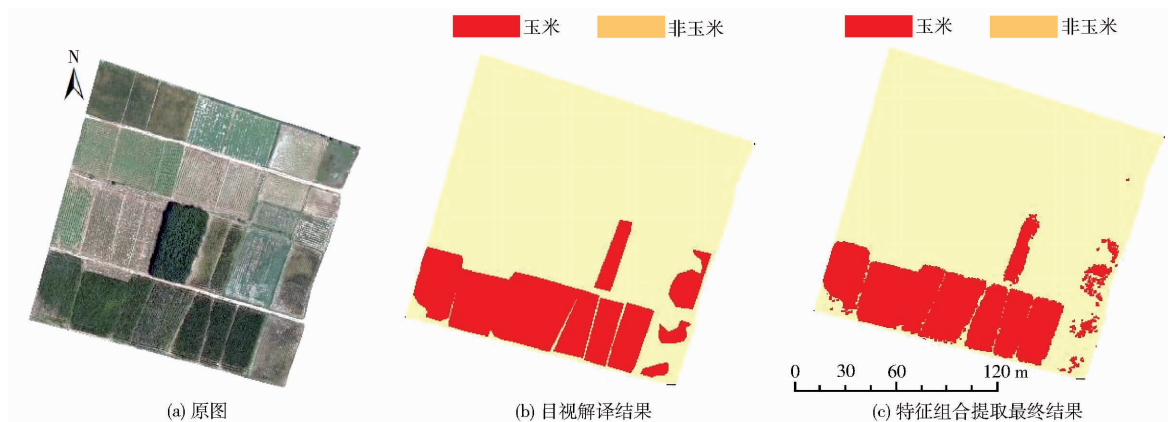


图 9 验证区域 2

Fig. 9 Verification region 2

4 结论

(1)通过比较各地物在不同特征下的变异系数和与玉米相对差异系数确定了玉米种植信息提取的两个单特征:绿色均值和蓝色协同性;利用地物在不同波段组合坐标系下的散点分布特征构建了玉米种植信息提取模型特征 TLVI;以两个单特征和一个模型特征相组合分层分类方式实现玉米种植信息的初步提取。

(2)图像特征组合分层分类提取玉米种植信息的方法,综合利用了不同地物在不同特征下与玉米的差异性,通过设定阈值对图中的非玉米地物进行逐一分离,能够较准确的定位玉米地块大致分布。

(3)根据初步提取结果中非玉米地残留斑块与提取的玉米地块在面积大小方面的差异,对残留斑块进行去除,实现玉米种植信息提取的后续处理;根据玉米地中被错误分离斑块独立封闭且面积小的特征,实现错分玉米斑块与非玉米地块间的分离,保留错分斑块并与初步提取的玉米地块叠加完成玉米种植信息最终提取。该方法简单有效,降低了玉米种植面积提取误差。

(4)图像特征组合分层分类结合残留小斑块去除和错分小斑块保留的方法,除了能较精确定位玉米地块的分布,还可以较准确提取出玉米种植地块的面积,面积提取误差总体可以控制在 20% 以内。表明该方法在仅有可见光波段的无人机影像中,对玉米种植信息提取具有参考价值。

参 考 文 献

- 郭伟,赵春江,顾晓鹤,等. 乡镇尺度的玉米种植面积遥感监测[J]. 农业工程学报, 2011, 27(9): 69-74.
GUO Wei, ZHAO Chunjiang, GU Xiaohe, et al. Remote sensing monitoring of maize planting area at town level[J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(9): 69-74. (in Chinese)
- 郭庆海. 中国玉米主产区的演变与发展[J]. 玉米科学, 2010, 18(1): 139-145.
GUO Qinghai. The development and evolution of the major maize producing areas in China[J]. Journal of Maize Sciences, 2010, 18(1): 139-145. (in Chinese)
- 黄青,唐华俊,周清波,等. 东北地区主要作物种植结构遥感提取及长势监测[J]. 农业工程学报, 2010, 26(9): 218-223.
HUANG Qing, TANG Huajun, ZHOU Qingbo, et al. Remote-sensing based monitoring of planting structure and growth condition of major crops in Northeast China[J]. Transactions of the CSAE, 2010, 26(9): 218-223. (in Chinese)
- ZHANG J, FENG L, YAO F. Improved maize cultivated area estimation over a large scale combining MODIS-EVI time series data and crop phenological information[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 2014, 94: 102-113.
- LV T, LIU C. Study on extraction of crop information using time-series MODIS data in the Chao Phraya Basin of Thailand[J]. Advances in Space Research, 2010, 45(6): 775-784.
- 张荣群,王盛安,高万林,等. 农作物种植格局对遥感分类精度的影响[J/OL]. 农业机械学报, 2016, 47(10): 318-324. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20161040&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2016.10.040.
ZHANG Rongqun, WANG Sheng'an, GAO Wanlin, et al. Effects of crop planting structure on remote sensing classification accuracy[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2016, 47(10): 318-324. (in Chinese)
- LIU M W, OZDOGAN M, ZHU X J. Crop type classification by simultaneous use of satellite images of different resolutions[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2014, 52(6): 3637-3649.
- 赵春江. 农业遥感研究与应用进展[J/OL]. 农业机械学报, 2014, 45(12): 277-293. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20141241&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.12.041.
ZHAO Chunjiang. Advances of research and application in remote sensing for agriculture[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(12): 277-293. (in Chinese)
- 李瑾,冯献,郭美荣. 我国农业信息化发展的形势与对策[J]. 华南农业大学学报:社会科学版, 2015, 14(4): 9-19.

- LI Jin, FENG Xian, GUO Meirong. Analysis and countermeasures for the development of agricultural informatization in China[J]. Journal of South China Agricultural University: Social Science Edition, 2015, 14(4): 9–19. (in Chinese)
- 10 王博. 我国农业信息技术发展存在的问题及发展方向[J]. 农业科技与装备, 2015(11): 67–68.
WANG Bo. Problems existing in the development of agricultural information technology and its trend in China[J]. Agricultural Science & Technology and Equipment, 2015(11): 67–68. (in Chinese)
- 11 史舟, 梁宗正, 杨媛媛, 等. 农业遥感研究现状与展望[J/OL]. 农业机械学报, 2015, 46(2): 247–260. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20150237&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2015.02.037.
SHI Zhou, LIANG Zongzheng, YANG Yuanyuan, et al. Status and prospect of agricultural remote sensing[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(2): 247–260. (in Chinese)
- 12 汪沛, 罗锡文, 周志艳, 等. 基于小型无人机的遥感信息获取关键技术综述[J]. 农业工程学报, 2014, 30(18): 1–12.
WANG Pei, LUO Xiwen, ZHOU Zhiyan, et al. Key technology for remote sensing information acquisition based on micro UAV[J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(18): 1–12. (in Chinese)
- 13 薛新宇, 兰玉彬. 美国农业航空技术现状和发展趋势分析[J/OL]. 农业机械学报, 2013, 44(5): 194–201. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20130534&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2013.05.034.
XUE Xinyu, LAN Yubin. Agricultural aviation applications in USA[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(5): 194–201. (in Chinese)
- 14 SUZUKI T, AMANO Y, TAKIGUCHI J, et al. Development of low-cost and flexible vegetation monitoring system using small unmanned aerial vehicle[C]//Proceedings of 2009 ICCAS-SICE, 2009:4808–4812.
- 15 TORRES-SANCHEZ J, PENA J M, DE CASTRO A I, et al. Multi-temporal mapping of the vegetation fraction in early-season wheat fields using images from UAV[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2014, 103: 104–113.
- 16 GARCIA-RUIZ F, SANKARAN S, MAJA J M, et al. Comparison of two aerial imaging platforms for identification of Huanglongbing-infected citrus trees[J]. Computers & Electronics in Agriculture, 2013, 91: 106–115.
- 17 MITCH B, ALISTAIR R, FABIO R, et al. Airborne vision-based mapping and classification of large farmland environments[J]. Journal of Field Robotics, 2010, 27(5): 632–655.
- 18 李德仁, 李明. 无人机遥感系统的研究进展与应用前景[J]. 武汉大学学报:信息科学版, 2014, 39(5): 505–513.
LI Deren, LI Ming. Research advance and application prospect of unmanned aerial vehicle remote sensing system[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2014, 39(5): 505–513. (in Chinese)
- 19 汪小钦, 王苗苗, 王绍强, 等. 基于可见光波段无人机遥感的植被信息提取[J]. 农业工程学报, 2015, 31(5): 152–157.
WANG Xiaolin, WANG Miaomiao, WANG Shaoqiang, et al. Extraction of vegetation information from visible unmanned aerial vehicle images[J]. Transactions of the CSAE, 2015, 31(5): 152–157. (in Chinese)
- 20 鲁恒, 付萧, 贺一楠, 等. 基于迁移学习的无人机影像耕地信息提取方法[J/OL]. 农业机械学报, 2015, 46(12): 274–279, 284. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20151237&flag=1. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2015.12.037.
LU Heng, FU Xiao, HE Yi'nan, et al. Cultivated land information extraction from high resolution UAV images based on transfer learning[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(12): 274–279, 284. (in Chinese)
- 21 杨伟锋, 洪津, 乔延利, 等. 无人机载偏振 CCD 相机光机系统设计[J]. 光学技术, 2008, 34(3): 469–472.
YANG Weifeng, HONG Jin, QIAO Yanli, et al. Optical-mechanical system design of unmanned aerial vehicle polarization CCD camera[J]. Optical Technique, 2008, 34(3): 469–472. (in Chinese)
- 22 袁利平, 陈宗基. 一种新型多无人机系统体系结构的设计[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(22): 6137–6141.
YUAN Liping, CHEN Zongji. Design of new architecture for multi-UAV systems[J]. Journal of System Simulation, 2008, 20(22): 6137–6141. (in Chinese)
- 23 李冰, 刘镭源, 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.
LI Bing, LIU Rongyuan, LIU Suhong, et al. Monitoring vegetation coverage variation of winter wheat by low-altitude UAV remote sensing system[J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(13): 160–165. (in Chinese)
- 24 王利民, 刘佳, 杨玲波, 等. 基于无人机影像的农情遥感监测应用[J]. 农业工程学报, 2013, 29(18): 136–145.
WANG Limin, LIU Jia, YANG Lingbo, et al. Applications of unmanned aerial vehicle images on agricultural remote sensing monitoring[J]. Transactions of the CSAE, 2013, 29(18): 136–145. (in Chinese)
- 25 刘峰, 刘素红, 向阳. 园地植被覆盖度的无人机遥感监测研究[J/OL]. 农业机械学报, 2014, 45(11): 250–257. http://www.j-csam.org/jcsam/ch/reader/view_abstract.aspx?file_no=20141139&flag=1. DOI:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.11.039.
LIU Feng, LIU Suhong, XIANG Yang. Study on monitoring fractional vegetation cover of garden plots by unmanned aerial vehicles[J/OL]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(11): 250–257. (in Chinese)
- 26 张小宏, 赵生良, 陈丰田. Agisoft photoscan 在无人机航空摄影影像数据处理中的应用[J]. 价值工程, 2013(20): 230–231.
ZHANG Xiaohong, ZHAO Shengliang, CHEN Fengtian. The application of Agisoft photoscan in UAV aerial photographic image data processing[J]. Value Engineering, 2013(20): 230–231. (in Chinese)
- 27 HARALICK R M, SHANMUGAM K, DINSTEN I. Textural features for image classification[J]. IEEE Transactions on Systems Man & Cybernetics, 1973, SMC–3(6): 610–621.
- 28 李宗南, 陈仲新, 王利民, 等. 基于小型无人机遥感的玉米倒伏面积提取[J]. 农业工程学报, 2014, 30(19): 207–213.
LI Zongnan, CHEN Zhongxin, WANG Limin, et al. Area extraction of maize lodging based on remote sensing by small unmanned aerial vehicle[J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(19): 207–213. (in Chinese)