

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2019.S0.020

基于云服务架构的田间信息采集与分析系统设计

马旭颖¹ 张智勇² 高德华¹ 李民赞^{1,2} 孙红¹ 李松²

(1. 中国农业大学现代精细农业系统集成研究教育部重点实验室, 北京 100083;

2. 中国农业大学农业农村部农业信息获取技术重点实验室, 北京 100083)

摘要: 为了满足农田作物信息采集和分析服务的需求,将智能手机终端硬件、微信小程序软件与云服务平台相结合,设计了一款基于云服务架构的田间信息采集与分析系统。系统主要包括腾讯云服务器模块和手机微信小程序模块,其中,云服务器端使用 MySQL 搭建数据库,用于存储、处理和下载数据;使用 CSS 和 JavaScript 语言及小程序封装的组件开发微信小程序,用于交互实现数据的采集、上传与信息反馈。以田间小麦作物生物量指征参数调查为例,针对冠层覆盖度和植株行间距计算进行了系统应用测试。采集 100 幅出苗期的小麦冠层图像,由小程序端上传样本图像到后台处理。使用霍夫变换、图像掩膜和图像腐蚀获取定位图像后,利用 HSV 彩色空间突出样本像素点,计算冠层覆盖度;采用投影法和滤波法提取峰值,获取株行中心线,从而计算植株行间距。建立了图像识别像素株行间距与实测株间行间距的一元线性回归模型,建模精度 R^2 达到 0.911,可为田间作物信息检测和调查提供技术支持。

关键词: 作物信息; 云服务; 服务管理系统; 微信小程序; 图像处理

中图分类号: S126 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2019)S0-0122-06

Design of Crop Information Storage Analysis System Based on Cloud Service Architecture

MA Xuying¹ ZHANG Zhiyong² GAO Dehua¹ LI Minzan^{1,2} SUN Hong¹ LI Song²

(1. Key Laboratory of Modern Precision Agriculture System Integration Research, Ministry of Education, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. Key Laboratory of Agricultural Information Acquisition Technology, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to meet the demands of collecting and analyzing services of farmland crop information, a crop information collection and analysis tool was designed based on cloud service architecture with the combination of the smart phone terminal hardware, WeChat applet software and cloud service platform. The system mainly included Tencent-cloud server module and mobile phone WeChat applet module. The MySQL was used to build a database for data storing, processing and download on cloud server. The WeChat applet was developed by CSS, JavaScript and applet packaged components. It was used to realize the interaction between collecting and uploading data and information feedback. In order to apply and test the system, the survey of biomass indication parameters of wheat in the field was taken as an example. The researches were carried out for the calculation of canopy coverage and plant row-spacing. More than 100 sampling images of wheat were captured at seedling period, and they were uploaded from applet to background and processing. After the image preprocessing following the target area detection by using Hough transform, image mask segmentation and image enhancement with erosion processing, the canopy of wheat was segmented and the canopy coverage was calculated by using HSV color space to highlight the pixel of sampling plants. The algorithms were proposed to extract the peak line of plant by projection and filtering method. Then, it was used to calculate the plant line spacing in the row. The linear regression

收稿日期: 2019-04-22 修回日期: 2019-05-25

基金项目: 广西科技重大专项经费项目(桂科 AA18118037)、国家自然科学基金项目(31501219)、中国农业大学研究生实践教学基地建设基金项目(ZYXW037)和中国农业大学研究生课程建设项目(HJ2019029、YW2019018)

作者简介: 马旭颖(1995—),女,硕士生,主要从事精细农业系统集成研究,E-mail: mxy1203may@163.com

通信作者: 孙红(1980—),女,副教授,博士,主要从事农业检测技术和精细农业系统集成研究,E-mail: sunhong@cau.edu.cn

model was established to indicate the fitting accuracy between the line spacing of the image recognition pixels and the measured values. The result showed that the modeling accuracy R^2 reached 0.911. It could provide a technical support for crop information detection and investigation in the field.

Key words: crop information; cloud service; service management system; WeChat applet; image recognition

0 引言

运用物联网技术快速准确掌握田间作物种植密度、生物量等长势信息,实时监测农情变化,并指导实施精准管理是现代农业生产的重要基础^[1-2]。

作物生物量信息获取中,利用图像分析分割并提取作物绿度、覆盖度和体积可用于反演叶面积指数(Leaf area index, LAI)指征作物长势^[3-5]。基于冠层透射光分布探测原理,文献[6]提取作物冠层透光空隙分布,结果显示,与 AccuPAR 测量 LAI 值拟合 R^2 为 0.6。文献[7]使用 SunScan 冠层分析仪采集不同品种春玉米的灌浆期数据,与 LAI 实测值相关系数达到 0.943。基于冠层反射光成像分析,文献[8]分别拍摄侧视和仰视 R 、 G 、 B 通道图像,分割计算树冠体积,对“Bing”和“Sweetheart”两种樱桃树的体积计算值与 LAI 实测值的平均绝对误差分别为 10.4% 和 17.7%。文献[9]拍摄可见光和近红外冠层图像,提取了 LAI 参数,评估饲料作物黑麦草长势分布。上述研究表明,光学成像是田间作物测量的重要手段。

农田数据传输与分析管理中,智能手机应用广泛。文献[10]利用 Android 手机终端集成 ZigBee、GPRS 和 3G 技术,建立了农田灌溉信息采集和控制灌溉的管理平台。文献[11]使用 Android 系统手机获取大田玉米图像,开发手机端程序,区分玉米植株和杂草。进而,研究者将移动智能端和云服务器结合。文献[12]利用 Android 系统手机获取作物冠层图像,上传至云服务器进行对象识别和分类。文献[13]提出一种基于云服务器和 ZigBee 的茶园远程监控系统,通过计算机端或手机端查询环境数据。以上表明,智能手机在数据采集、传输和辅助管理等环节具有重要应用价值。

然而,由于存在 Android、IOS 等不同的手机操作系统,使得针对单一操作系统开发的田间作物信息采集与管理系统在升级与跨平台兼容性方面受限,影响其实际应用和推广^[14]。微信小程序开发应用后,因其用户量大、使用便捷、系统兼容性好等优点,逐步成为农业领域智能手机和云平台架构应用研究的热点^[15-17]。

本文针对农田作物信息采集和分析服务的需

求,将智能手机终端硬件、微信小程序软件与云平台相结合,设计一款基于云服务架构的作物信息采集与分析系统,实现应用微信小程序拍摄或选择田间作物图像上传至云服务器、后台处理提取作物生物量相关参数、并反馈至用户微信的整体功能。以田间小麦作物生物量指征参数调查为例,针对冠层覆盖度和植株行间距计算进行系统测试。

1 作物信息采集与分析系统设计

1.1 云服务架构与软件系统设计

作物调查信息采集与分析系统旨在为用户提供一个管理实验数据的可分析平台,主要以“云计算+端智能”为架构。腾讯云和微信小程序的结合可以快速解决服务器部署问题,优化服务器均衡和扩容,并提供基础服务部署。如图 1 所示,用户首先通过手机微信上的小程序拍摄或选择实验图像或文档,上传到云计算服务器;数据保存到云服务器,后台下载至本地进行批处理,形成数据分析结果返回到用户手机。

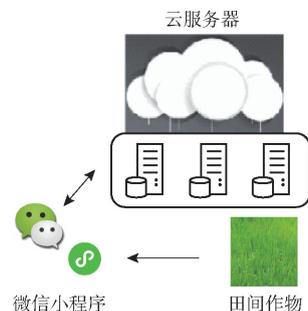


图 1 作物信息采集与分析系统架构图

Fig. 1 Frame image of crop information collection and analysis system

设计软件系统主要包括云服务器模块和手机微信小程序模块。系统各部分功能模块如图 2 所示。其中云服务器模块包括数据接收、数据分析和结果反馈模块,分别负责接收用户上传的数据、对数据分析识别和将分析结果反馈到手机小程序端。微信小程序模块分为数据显示、数据上传、信息接收和信息设置模块。

1.2 云服务器软件系统设计

系统依托腾讯云服务器部署,服务端支持 NodeJS 和 PHP(Hypertext preprocessor) 两种语言,可以仅使用微信开发者工具同时进行服务端和小程序

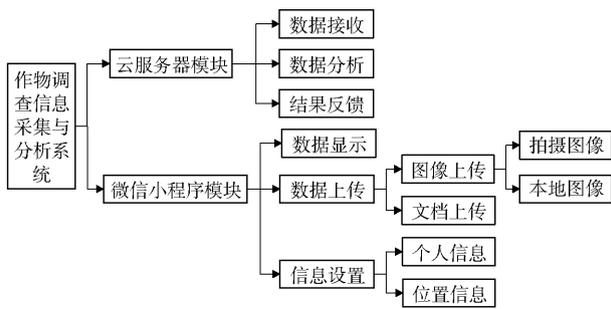


图2 作物调查信息采集与分析系统框架图

Fig. 2 Frame diagram of crop survey information collection and analysis system

的开发。

本研究中,将在实验田拍摄的 RGB 图像通过小程序上传至云服务器,服务器进行批量处理。算法采用微信开发者工具软件编程实现。微信小程序整体分为 WXML 文件、WXSS 文件、JSON 文件和 JS 文件 4 个功能模块进行开发。WXML 文件用来编写页面的标签和骨架;WXSS 文件用于编写小程序的样式;JSON 文件用来配置页面的样式与行为;JS 文件用来编写小程序的页面逻辑^[18]。最后利用 CSS (Cascading style sheets)、JavaScript 和各类小程序组件开发系统。

1.3 微信小程序实现

微信小程序分为数据显示、数据上传、个人相关信息设置 3 个模块,各部分功能实现如下:

(1) 系统登录与数据展示。图 3a 是小程序的初始验证页,可以获取用户头像、名称和位置等信息,在最后的设置页进行显示。图 3b 是小程序的数据列表页,在下方操作栏可以选择数据上传或用户设置。



图3 微信小程序界面

Fig. 3 Applet interface

(2) 数据上传展示。数据上传模块可以实现将图像上传到云服务器的功能。数据上传页可以选择图像或者文档两种格式,个人信息可以获取用户位置信息以便标记实验地位置。图像上传页如图 4 所示。其中图 4a 是数据上传界面,可以选择文档上传

或图像上传。



图4 微信小程序作物图像上传功能示意图

Fig. 4 Illustration of uploading crop image using applet

2 作物冠层覆盖度与行间距图像处理方法

为了快速分析田间作物覆盖度、行间距等表征作物生物量的参数,对田间采集的小麦冠层图像进行处理,研究小麦冠层覆盖度与行间距图像处理方法。

2.1 实验设计

实验于 2019 年 4 月 4 日在中国农业大学上庄实验站进行(39°54'N,116°24'E)。小麦品种为农大 183,物候期为出苗期。为了减少光照条件、环境等因素的干扰,在 08:00—10:00 进行拍摄。拍摄过程尽量采用同一角度和高度,为了避免拍摄高度不同的影响,设置了 50 cm × 50 cm 的白色标定框作为参照物;将水平仪放置在手机上保证镜头垂直向下。同时用卷尺测量实际株行距。

2.2 图像分析流程

图像的处理主要包括标定框位置提取、小麦冠层提取、行中心线提取等,图像处理总体流程如图 5 所示。

(1) 标定框位置提取。对二值图像^[19]采用霍夫变换^[20](Hough transform)直线提取法,提取标定框直线。

(2) 小麦冠层提取。采用彩色空间模型 HSV (色调 H , 饱和度 S , 明度 V)^[21]。由于小麦出苗期冠层叶片叶色均呈绿色,易与土壤背景和田间残留秸

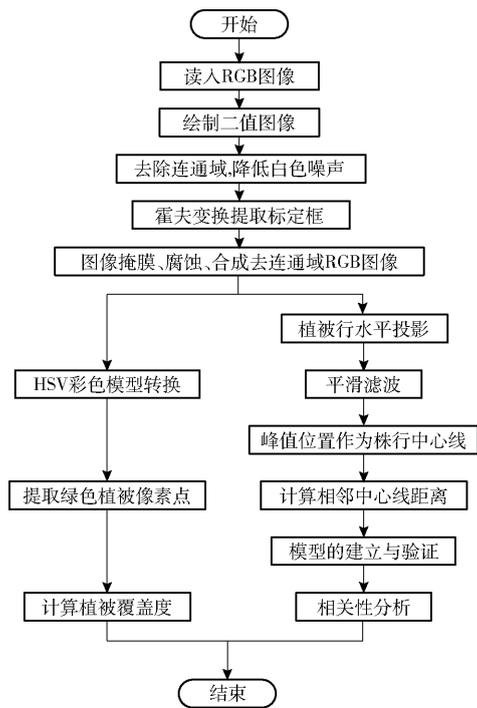


图5 图像处理过程流程图

Fig. 5 Flow chart of RGB image processing

秆等颜色区分。 R 、 G 、 B 各分量之间通常有很高的相关性,不利于彩色图像分割,而 HSV 彩色空间模型将亮度分量与图像中彩色信息分开,可以反映颜色本真信息,避免光照的影响。 H 分量中的绿色值用角度度量为 120° ,其阈值约为 0.333,将阈值扩大范围,取(0.166 6, 0.5),则小麦样本的植被覆盖度 C (Coverage) 计算公式为

$$C = \frac{P_{X_g}}{P_X} \quad (1)$$

式中 P_{X_g} ——图像绿色分量的像素点数

P_X ——图像总像素点数

(3) 提取小麦行中心线采用株行水平投影的方法。投影法主要应用于二值图像,水平投影可以得到每行的非零像素点的数量,绘制成曲线可直观看出对应坐标点非零像素点数量,判断像素值的坐标分布,从而计算植株行间距 l_s 。

2.3 图像处理过程与结果

2.3.1 图像预处理

采集田间冠层数据 RGB 原始图像如图 6a 所示,为了突出白色标定框的颜色特点,首先对 RGB 图像进行二值化处理,以 0.95 的阈值分别对 R 、 G 、 B 分量对二值化图像进行提取,叠加 3 个分量提取的值得到处理后的二值化图像,选择去除图像中像素值小于 50 的连通域来降低二值化图像中的白色噪声,如图 6b 所示。

由于线特征的投影不变性,霍夫变换可以将图像的特征点映射至参数空间从而获取图像特征点关

系。通过霍夫变换对白色标定框做直线提取,获取标定框位置后提取框内样本区域。

对去除连通域的二值化图像利用霍夫变换进行线拟合,并将拟合后的线设定为绿色,如图 6c 所示。在对去框后的 RGB 图像做掩膜,并对掩膜图像进行腐蚀,缩小掩膜图像的范围。分别将 R 、 G 、 B 分量与预先制作的掩膜图像相乘,获得分割后的彩色图像。其中感兴趣区内图像像素保持不变,而区外图像值为 0。将 R 、 G 、 B 分量合并成彩色图像,得到去除连通域的 RGB 图像,如图 6d 所示。

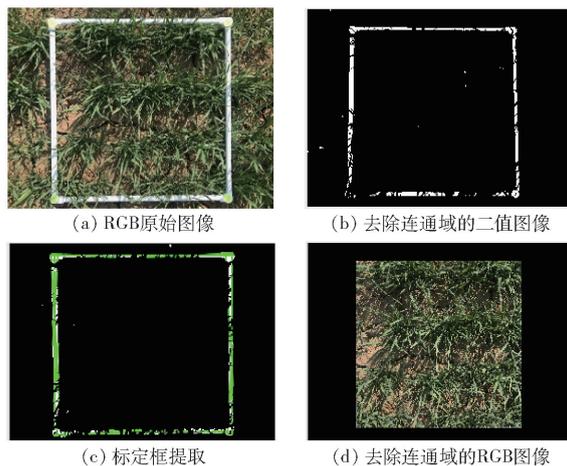


图6 图像预处理

Fig. 6 Image preprocessing

2.3.2 作物冠层覆盖度

以 H 分量阈值(0.166 6, 0.5),将区间内的像素设置成白色,其余区域为黑色,得到分割后的二值图像如图 7a 所示。为了方便计算小麦行间距,将 HSV 图像中提取的小麦叶片图像再转换为 RGB 图像,但黑色区域仍保持黑色不变,得到了去除背景的小麦叶片 RGB 图像,如图 7b 所示。

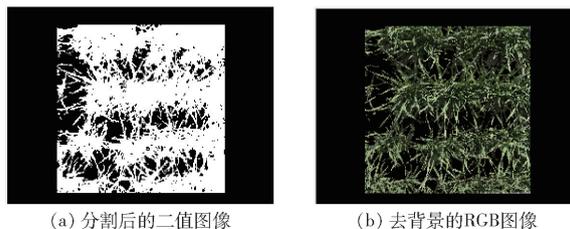


图7 图像背景分割

Fig. 7 Image background segmentation

2.3.3 作物植株行间距

经过图像分割后,最终得到除小麦冠层外背景均为黑色的 RGB 图像。由于小麦样本生长的不规律性,取每行小麦生长最旺盛的地方为行中心线。采用投影法,将样本进行水平投影,得到的 4 个波峰对应的坐标即为小麦样本每行对应的中心线位置,计算行距转换为计算相邻两条线的距离。图 8a 是去背景 RGB 图像水平投影后的图像,可以清楚判

断小麦样本的生长分布。对水平投影后的曲线进行拟合和最小二乘平滑滤波处理,突出曲线峰值和区域范围,见图8b。

在此基础上,取图8b去除背景的RGB图像中峰值对应的坐标做水平线,提取每行中心线,见图9。每次取相邻两条中心线计算,得到两两之间的行间距。将100个样本的结果按顺序存储到Excel表格。

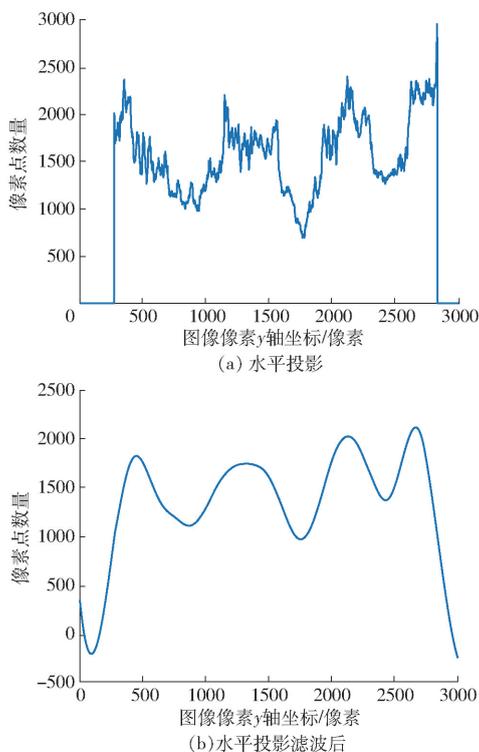


图8 行间距水平投影曲线

Fig. 8 Horizontal projection curves of line spacing

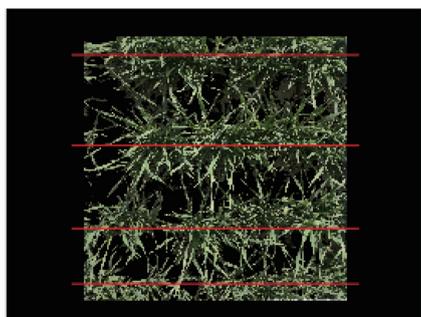


图9 行间距提取结果

Fig. 9 Extraction results of line spacing

根据计算结果,选择实际测量结果为自变量,图像处理得到的行间距作为因变量,进行一元线性回

归分析,最终建立基于RGB图像的大田小麦行间距的检测模型。并将样本行间距和冠层覆盖度结果返回到微信小程序。

3 结果与分析

3.1 行间距相关性分析

为比较行间距预测值与真实值,建立图像识别行间距(像素值)与实测行间距一元线性回归模型为 $y = 0.0167x + 2.9178$,通过模型将识别行间距像素值转换为以厘米为单位的预测值,并与实测值进行回归, R^2 达到0.911,回归结果如图10所示。

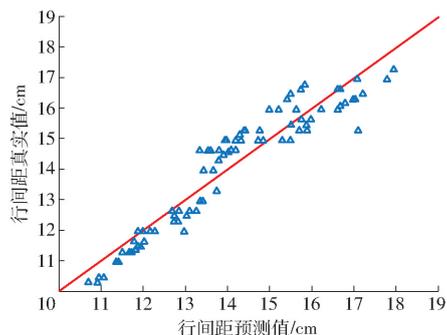


图10 回归结果

Fig. 10 Unitary linear regression model

3.2 处理结果显示

通过微信小程序上传图像后,云服务器将结果反馈回小程序。在小程序端的数据上传界面显示结果提示框,对图9示例图像提取的行间距分别为17.5804、16.3112、11.8857 cm,覆盖度为0.598。用户可以点击小程序任意位置确认结果,提示框消失,随后可继续进行的操作。

4 结论

(1)通过微信开发者工具,利用CSS、JavaScript和小程序封装的组件开发田间信息采集与分析系统,实现了集数据获取、数据分析和结果反馈为一体的数据采集与分析系统。

(2)使用MySQL搭建后台数据库,接收数据并分析,将处理结果反馈至小程序。

(3)采用投影法和滤波法提取峰值,获取株行中心线,从而计算小麦行间距,建立识别小麦行间距和实测行间距的一元线性回归模型,建模精度 R^2 为0.911。

参 考 文 献

- [1] 周春薇. 论现代农业的科技服务体系创新[J]. 黑龙江科技信息, 2017, 47(11): 265. ZHOU Chunwei. On the innovation of science and technology service system of modern agriculture[J]. Heilongjiang Science and Technology Information, 2017, 47(11): 265. (in Chinese)
- [2] JAT R D, JAT H S, NANWAL R K, et al. Conservation agriculture and precision nutrient management practices in maize-wheat system: effects on crop and water productivity and economic profitability[J]. Field Crops Research, 2018, 222: 111 - 120.

- [3] 孙红,文瑶,赵毅,等. 基于图像颜色特征的密植冬小麦覆盖指数反演[J]. 农业机械学报, 2015,46(增刊):240-245. SUN Hong, WEN Yao, ZHAO Yi, et al. Retrieving vegetation coverage index of winter wheat based on image colour characteristic[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015,46(Supp.):240-245. (in Chinese)
- [4] LIU J, PATTEY E, ADMIRAL S. Assessment of in situ crop LAI measurement using unidirectional view digital photography[J]. Agricultural & Forest Meteorology, 2013, 169(1):25-34.
- [5] MAJASALMI T, KORHONEN L, KORPELA I, et al. Application of 3D triangulations of airborne laser scanning data to estimate boreal forest leaf area index[J]. International Journal of Applied Earth Observation & Geoinformation, 2017, 59:53-62.
- [6] GUI Y P, LIAN Q Z, ZHOU S. Estimating rice LAI based on digital camera and image processing[J]. Key Engineering Materials, 2012, 500:586-591.
- [7] TAO Zhiqiang, CHEN Yuanquan, ZOU Juanxiu, et al. Spectral characteristics of spring maize varieties with different heat tolerance to high temperature[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2016, 36(2):520-526.
- [8] CARRASCO-BENAVIDES M, MORA M, MALDONADO G, et al. Assessment of an automated digital method to estimate leaf area index (LAI) in cherry trees[J]. New Zealand Journal of Experimental Agriculture, 2016, 44(4):15-30.
- [9] FAN X, KAWAMURA K, XUAN T D, et al. Low-cost visible and near-infrared camera on an unmanned aerial vehicle for assessing the herbage biomass and leaf area index in an Italian ryegrass field[J]. Grassland Science, 2017, 64(2):145-150.
- [10] 关林芳. 基于“互联网+”的农田灌溉预约系统设计[D]. 太原:太原理工大学,2017.
GUAN Linfang. Farmland irrigating reservation system based on “The Internet Plus” [D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2017. (in Chinese)
- [11] 刘剑. 基于 Android 平台的玉米田间杂草的识别系统设计[D]. 太原:山西农业大学,2016.
LIU Jian. The design of the corn weed identification system based on Android platform [D]. Taiyuan: Shanxi Agricultural University, 2016. (in Chinese)
- [12] 乐羿成. 基于 Android 的作物冠层抓拍传输及其图像自动管理系统开发[D]. 杭州:浙江理工大学,2017.
YUE Yicheng. Development of Android based capture & transmission of crop canopy and automatic system on its image management [D]. Hangzhou: Zhejiang Sci-Tech University, 2017. (in Chinese)
- [13] 何东,宁文慧. 基于云服务器和 ZigBee 无线传感网络的茶园远程监控系统的设计[J]. 安徽农业科学, 2018,46(10):189-190. HE Dong, NING Wenhui. Design of remote monitoring system for tea garden based on cloud server and ZigBee wireless sensor network[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2018,46(10):189-190. (in Chinese)
- [14] 韩国鑫,谭峰,马志欣,等. 基于 Android 的水稻生长田间管理辅助决策系统[J]. 江苏农业科学, 2019,47(2):221-225. HAN Guoxin, TAN Feng, MA Zhixin, et al. An assistant decision system for rice growing field management based on Android [J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2019,47(2):221-225. (in Chinese)
- [15] 张小斌,杨素,郑可锋,等. 基于微信小程序的水稻减药增效信息服务平台实践与应用[J]. 农业网络信息, 2018(2):77-80. ZHANG Xiaobin, YANG Su, ZHENG Kefeng, et al. Practice and application on information service platform for pesticide usage reduction and efficiency enhancement in rice based on WeChat mini program[J]. Agriculture Network Information, 2018(2):77-80. (in Chinese)
- [16] 彭奎,邓亚辉,赵星标,等. 基于微信小程序的田间作物管理系统开发与应用[J]. 农村科技, 2018, 400(10):56-60. PENG Kui, DENG Yahui, ZHAO Xingbiao, et al. Development and application of field crop management system based on WeChat[J]. Rural Science & Technology, 2018, 400(10):56-60. (in Chinese)
- [17] 武睿,乐丽红,朱安繁,等. 作物营养拍照诊断服务系统设计与开发[J]. 江西农业学报, 2018,30(8):55-59. WU Rui, LE Lihong, ZHU Anfan, et al. Design and development of crop nutrition photographing diagnosis service system[J]. Acta Agricultural Jiangxi, 2018,30(8):55-59. (in Chinese)
- [18] 雷磊. 微信小程序开发入门与实践[M]. 北京:清华大学出版社,2017.
- [19] 孙建成,曾培峰,禹素萍,等. 二值图像的区域标识与噪声去除[J]. 天津工业大学学报, 2006,25(1):45-47. SUN Jiancheng, ZENG Peifeng, YU Suping, et al. Component labeling and noise eliminating of binary image[J]. Journal of Tianjin Polytechnic University, 2006,25(1):45-47. (in Chinese)
- [20] MUKHOPADHYAY P, CHAUDHURI B B. A survey of Hough transform[J]. Pattern Recognition, 2015, 48(3):993-1010.
- [21] 王思乐,杨文柱,卢素魁. 大田作物长势监控图像中绿色植物的识别方法[J]. 江苏农业科学, 2015,43(11):487-492. WANG Sile, YANG Wenzhu, LU Sukui. Identification method of green plants in field crop growth monitoring image[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2015,43(11):487-492. (in Chinese)