

基于 iOS 系统的观赏植物识别

王 礼^{1,2}, 洪祖兵³, 方陆明^{1,2}, 陈 珣^{1,2}, 吴 超^{1,2}

(1. 浙江农林大学 信息工程学院, 浙江 杭州 311300; 2. 浙江农林大学 浙江省林业智能监测与信息技术研究重点实验室, 浙江 杭州 311300; 3. 浙江省仙居县林业局, 浙江 仙居 317300)

摘要: 为了解决公众识别校园内观赏植物的问题, 基于 iOS 操作系统设计了一款利用叶片识别观赏植物的应用程序(APP)。建立了本地 SQLite 数据库, 存储叶片的特征数据及与校园文化相关的植物属性信息。系统运行流程: 通过 iPhone 拍照获取植物的叶片图像, 转化为灰度图后, 运用 OTSU 法分割出叶片区域, 再提取叶片的颜色、形状、纹理等 10 种特征, 运用支持向量机(SVM)分类器识别叶片并在 iPhone 上展示相应的图片和文字信息。结果显示: 所选 8 种实验观赏植物叶片的平均识别率为 92%, 平均用时 2.6 s。该系统简单便捷, 为校园观赏植物基于叶片的手动自动识别提供了实现方法, 有助于发挥观赏植物在大学校园的科学价值和独特人文价值。图 5 表 4 参 11

关键词: 植物学; 信息处理; iOS; 叶片; 特征提取; 图像识别

中图分类号: S718.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2018)05-0900-08

iOS-based recognition of ornamental plants

WANG Li^{1,2}, HONG Zubing³, FANG Luming^{1,2}, CHEN Xun^{1,2}, WU Chao^{1,2}

(1. School of Information Engineering, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, Zhejiang, China; 2. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Forestry Intelligent Monitoring and Information Technology, Zhejiang A&F University, Hangzhou 311300, Zhejiang, China; 3. Forestry Enterprise of Xianju County, Xianju 317300, Zhejiang, China)

Abstract: In order to help the public to recognize ornamental plants on the campus, an APP (application) used for recognition of ornamental plants by utilizing the laminas was designed based on the iOS operating system. The local SQLite database was established to store the feature data of the laminas and the attribute information of the plants related to campus culture. The images of the laminas of the plants were acquired by taking photos with iPhone, which were then converted to grey-scale maps. The OTSU method was utilized to segment regions for the laminas, and 10 features of the laminas such as color, shape and texture were extracted. The laminas were then recognized with the support vector machines (SVM) classifier, and corresponding image and text information were displayed on iPhone. According to research findings, the average recognition rate of laminas of the 8 selected ornamental plants was 92 per cent, with average recognition time of 2.6 s. The system is simple and convenient, providing a method for realizing automatic mobile recognition of campus ornamental plants based on laminas. In addition, it gives full play to scientific values and unique humanistic values of ornamental plants on the campus. [Ch, 5 fig. 4 tab. 11 ref.]

Key words: botany; information processing; iOS; leaf; feature extraction; image recognition

观赏植物是专门培植来供观赏的植物, 一般都有美丽的花或者形态比较奇异^[1]。在校园或公园等地会经常看到, 但普通的非专业人士一般不易识别。当前智能手机得到普及, 同时, 人们对辨识观赏植物有着浓厚的兴趣。通过手机拍摄, 并将识别相关信息在手机端展现, 将提高人们对观赏植物的欣赏能

收稿日期: 2017-11-07; 修回日期: 2018-01-17

基金项目: 浙江省科技厅重点研发计划资助项目(2018C02013)

作者简介: 王礼, 从事林业信息技术研究。E-mail: wangli_top@163.com。通信作者: 方陆明, 教授, 博士, 从事林业信息化、资源与环境信息系统、数据挖掘与建模等研究。E-mail: fluming@126.com

力。国内外学者通过叶片识别植物已做了不少研究，并取得了一定的研究成果。2012 年，由华盛顿大学、哥伦比亚大学、马里兰大学和美国自然历史博物馆(即史密斯研究院)共同开发的手机应用“Leafsnap”可以通过树木叶片图像识别相应的树种，即从复杂背景中分割出叶片图像，然后提取叶脉轮廓线及其曲率，最后从存有美国东北部 184 个树种的数据库中查询匹配^[2]。陈芳等^[3]开发了嵌入式植物自动识别系统，通过提取叶片的形状特征实现了对校园内 9 种植物叶片的识别；张玉琢等^[4]设计了植物远程快速识别的方法，通过网络上传叶片图像，采用与叶片库中叶片进行图像对比的方式识别植物种类。当前最具有代表性的植物识别商业系统应用程序(application, APP)有形色、花伴侣、微软识花等。此类系统依托了庞大的植物数据库，采用了人工智能识别技术。但其植物识别过程较粗放、不精细，背后过于庞大的数据库反而容易误导，导致识别结果不够准确。并且以上植物识别系统都无法将植物与本地文化相结合。本研究基于 iOS 系统，采取精细化识别方法，对传统的图像识别流程进行了优化。省去图像去噪处理，筛选了颜色、形状、纹理特征中具有代表性的 10 种特征，从而将识别时间控制在合理范围内，提高了识别率，加入了观赏植物的科学和人文属性，充分发扬了本地校园内观赏植物的人文价值。

1 系统设计

1.1 研发流程及系统示意

植物识别系统由数据库、图像预处理、特征提取、识别显示等组成。其中，图像预处理、特征提取、图像分类是关键环节。研发流程如图 1 所示。SQLite 数据库用于存储叶片特征数据、植物属性信息；在数据采集阶段，采集观赏植物叶片样本以及结合了校园文化的植物属性信息；然后用 MATLAB 软件处理采集到的叶片样本，提取颜色、形状、纹理等特征，与植物属性信息一同存入数据库；最后采用 OpenCV 技术编写 iOS 程序，实现系统功能。

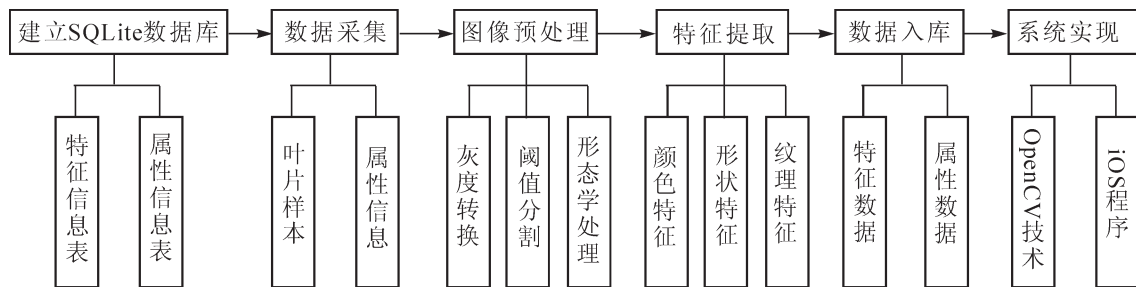


图 1 系统研发流程图

Figure 1 Flow diagram of system research and development

如图 2 所示：面对识别植物，打开 iPhone 手机中的观赏植物识别 APP，正面拍摄植物叶片，相关程序模块对获取的叶片图像进行分割，提取叶片的颜色特征、形状特征、纹理特征，并运用支持向量机(SVM)分类器识别叶片，并从 SQLite 数据库中筛选出最具可能的植物并展示结果。

1.2 数据库设计

数据库是系统的核心内容，需搭建 SQLite 数据库。系统的数据库由 2 个部分组成：特征(feature)表存储叶片的 3 种特征，用于匹配和识别(表 1)；人文及科学价值信息(information)表用于储存校园文化、人文典故及科学价值等方面的信息，从而将物种识别、科学普及、校园文化及人文典故有机结合，真正

表 1 存储叶片的特征表

Table 1 Features

字段	类型	含义	字段	类型	含义
ID	integer	叶片编号	Shape4	double	形状参数
H_Value	double	色相均值	Texture1	double	能量
S_Value	double	饱和度均值	Texture2	double	对比度
Shape1	double	纵横轴比	Texture3	double	熵
Shape2	double	矩形度	Texture4	double	局部平稳性
Shape3	double	圆形度			

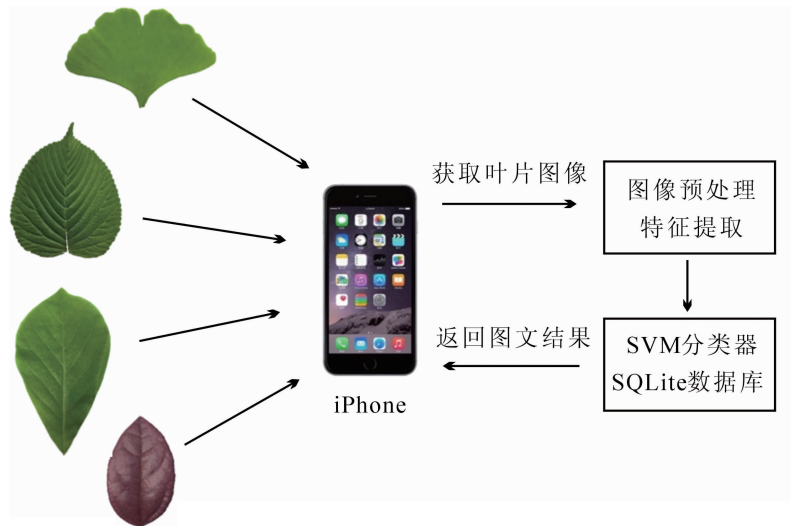


图2 系统示意及识别流程图

Figure 2 System schematic and recognition procedure diagrams

起到了既识别物种又展示文化的效果(表2)。

表2 人文及科学价值信息表

Table 2 Information

字段	类型	含义	字段	类型	含义
ID	integer	叶片编号	Description	text	植物概述
Picture	blob	代表性图片	GuanShang	text	观赏价值
Name	varchar	学名	YaoYong	text	药用价值
LatinName	varchar	拉丁名	DianGu	text	相关典故
EnglishName	varchar	英文名	YuYi	text	寓意
CampusCulture	text	校园文化			

2 数据采集

数据库框架和表格设计完成后,需选取观赏植物并采集叶片,提取数据存入数据库。植物的选取需要兼顾普及率和观赏性。本研究选取了浙江农林大学校园内8种常见的观赏植物,分别为山茶 *Camellia japonica*, 玉兰 *Magnolia denudata*, 银杏 *Ginkgo biloba*, 大叶黄杨 *Euonymus japonicas*, 紫叶小檗 *Berberis thunbergii* var. *atropurpurea*, 日本晚樱 *Cerasus serrulata* var. *lannesiana*, 绣球荚蒾 *Viburnum macrocephalum*, 红叶石楠 *Photinia fraseri*(图3)。植物叶片的外观在不同时期存在一定差异,对每种植物在不同时期采集共200张叶片。其中100张作为SVM分类器训练样本,其余100张作为系统测试样本。

采集后带回实验室拍照获取图像。采用的拍照设备为1200万像素的iPhone SE。使用MATLAB_R2014b图像处理软件分割叶片图像,提取相关特征值,存入特征表中;查阅该植物的人文及科学价值信息,存入信息表,完成SQLite数据库建设。

3 图像预处理

图像预处理的目的是获得图像中的叶片部分,它会直接影响后续的特征提取与识别。主要由灰度转换、自动阈值分割和形态学处理3个环节构成。由于目前的iPhone手机拍照分辨率普遍较高,成像清晰,因此本研究未做图像去噪处理。

本研究的原始图片都基于RGB颜色模型,转换为灰度图后,运用OTSU法将其分割,得到二值图像;通过形态学操作,消除杂物、空洞填充、腐蚀、膨胀等,得到形状精确的二值图,进而得到分割后的叶片灰度图。



图 3 选取的 8 种观赏植物叶片

Figure 3 Leaves of the 8 selected ornamental plants

3.1 灰度转换

叶片图像的分割首先要借助灰度图。本研究运用标准的灰度转换算法，采用转换算式(1)，将 RGB 图像转换为灰度图。

$$G_{\text{gray}}=0.3R+0.59G+0.11B。 \quad (1)$$

式(1)中： G_{gray} 为灰度值； R 为红色分量； G 为绿色分量； B 为蓝色分量。

3.2 自动阈值分割

将 RGB 原图转换为灰度图后，可自动分割。自动阈值分割采取 OTSU 法^[5]，又名大津法，是一种使类间方差最大的自动确定阈值的方法，对于呈现双峰特点的灰度直方图尤其有效，是一种常用的阈值选取方法。叶片实验表明，该方法简洁、高效、精确，对叶片图像的分割效果良好。

3.3 形态学处理

分割后生成的叶片图像二值图，内部可能会存在孔洞，外部出现杂点，需进行二值图像孔洞填充、去杂点、膨胀、腐蚀等形态学处理。此过程可有效去除二值图的噪声，而且不会明显改变叶片原先的轮廓。

灰度膨胀公式：

$$(f\oplus B)(x,y)=\max\{f(x-i,y-j)+B(i,j)|x-i,y-j\in D_f,(i,j)\in D_B\}; \quad (2)$$

灰度腐蚀公式：

$$(f\ominus B)(x,y)=\min\{f(x+i,y+j)-B(i,j)|x+i,y+j\in D_f,(i,j)\in D_B\}。 \quad (3)$$

式(2)和式(3)中： $f\oplus B$ 为灰度膨胀函数； $f\ominus B$ 为灰度腐蚀函数； f 和 $f(x,y)$ 代表输入图像； B 和 $B(i,j)$ 代表结构元素； x 和 y 分别代表输入图像的横、纵坐标； i 和 j 分别代表结构元素的横、纵坐标； D_f 和 D_B 分别是输入图像和结构元素的定义域。图 4 展示了银杏叶片图像分割的各个步骤。

4 特征提取

分割出图像中的叶片后，需要提取叶片的特征参数。本研究选用植物叶片的颜色、形状和纹理 3 种主要特征。同种植物的不同叶片往往具有不同的特征值，因此计算结果取其平均值。

4.1 颜色特征

植物叶片的颜色很直观，具有旋转、平移不变性，但不同种类叶片的色相 H 和饱和度 S 会有较大差异。本研究采用 HSI 颜色模型中 H 和 S 分量表示叶片的颜色特征，即分割后的 H 分量图像的色相均

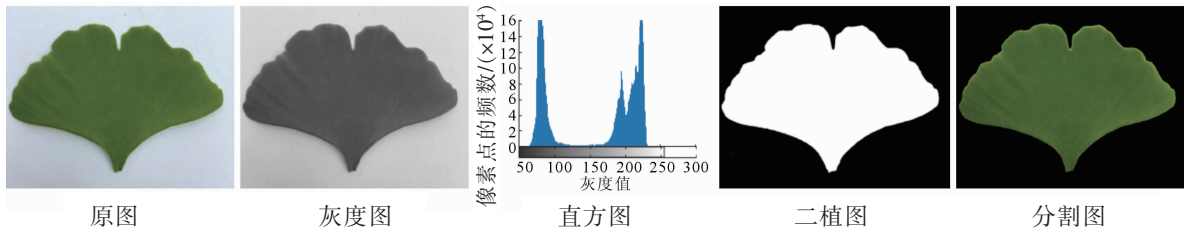


图4 叶片图像分割各步骤示例

Figure 4 Examples on procedures for leaf image segmentation

值和 S 分量图像的饱和度均值。 H 和 S 的转换如式(4):

$$\begin{cases} H = \begin{cases} \theta, & B \leq G \\ 360 - \theta, & B > G \end{cases} \\ S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)] \end{cases} \quad (4)$$

式(4)中: $\theta = \arccos \left\{ \frac{[(R-G)+(R-B)]/2}{[(R-G)^2+(R-G)(G-B)]^{1/2}} \right\}$; R, G, B 分别表示红、绿、蓝分量。

4.2 形状特征

植物识别的依据是叶片的形状特征^[6]。形状是叶片最本质的特征, 具有移动、缩放不变的特性, 不同植物的叶片几乎有着完全不同的形状。同类叶片大小不一, 但相对形状一致。本研究采用了叶片的纵横轴比、矩形度、圆形度、形状参数等4种相对形状特征, 算式如下:

$$\text{纵横轴比} = \text{长度(最小包围盒)} / \text{宽度(最小包围盒)}; \quad (5)$$

$$\text{矩形度} = \text{叶片面积} / \text{最小包围盒面积}; \quad (6)$$

$$\text{圆形度} = (4\pi \times \text{叶片面积}) / \text{凸包周长}^2; \quad (7)$$

$$\text{形状参数} = (4\pi \times \text{叶片面积}) / \text{叶片周长}^2. \quad (8)$$

4.3 纹理特征

不同叶片表面的纹理在粗细、走向上都有很大差别。相比其他方法, 灰度共生矩阵(gray level co-occurrence matrix, GLCM)特征能够更好地突出图像的纹理信息, 被大量应用于将灰度值转化为纹理信息^[7]。考虑到计算量与有效性, 选取了灰度共生矩阵中的能量、对比度、熵和局部平稳性等4种纹理特征: ①能量 f_1 , 反映了图像灰度分布均匀程度和纹理粗细度, 采用式(9)计算:

$$f_1 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p(i, j)^2. \quad (9)$$

②对比度 f_2 , 反映了图像的清晰度和纹理的沟纹的深浅, 采用式(10)计算:

$$f_2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N (i-j)^2 p(i, j). \quad (10)$$

③熵 f_3 , 度量了图像纹理的非均匀度, 采用式(11)计算:

$$f_3 = - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N p(i, j) \log_2 [p(i, j)]. \quad (11)$$

④局部平稳性 f_4 , 度量了图像纹理的平坦度, 采用式(12)计算:

$$f_4 = - \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{p(i, j)}{1+(i-j)^2}. \quad (12)$$

式(9)~(12)中: i 和 j 为像素点横、纵坐标值; N 由叶片图像的范围确定; $p(i, j)$ 为像素点的灰度值。

4.4 特征入库

运用公式提取出叶片的特征值, 并与植物属性数据一同存入数据库。表3为每种叶片的各特征归一化后的数值, 它们为200个叶片的平均值。

5 分类方法

支持向量机(support vector machines, SVM)是一种最常用的分类器。与人工神经网络分类方法相比,

表 3 每种植物叶片各特征的平均值

Table 3 List of mean values of features of each plant leaf

植物名称	<i>H</i>	<i>S</i>	纵横轴比	矩形度	圆形度	形状参数	能量	对比度	熵	局部平稳性
山茶	0.27	0.43	0.48	0.68	0.47	0.45	0.77	0.38	0.44	0.90
玉兰	0.26	0.66	0.52	0.65	0.45	0.42	0.82	0.39	0.41	0.92
银杏	0.24	0.70	1.23	0.71	0.39	0.21	0.58	0.21	0.17	0.89
大叶黄杨	0.23	0.72	0.45	0.69	0.42	0.40	0.83	0.45	0.33	0.93
紫叶小檗	0.97	0.38	0.53	0.81	0.51	0.54	0.80	0.43	0.50	0.92
日本晚樱	0.24	0.63	0.46	0.68	0.46	0.39	0.85	0.52	0.29	0.95
绣球荚蒾	0.26	0.62	0.81	0.75	0.65	0.55	0.92	0.56	0.25	0.98
红叶石楠	0.04	0.69	0.35	0.67	0.43	0.41	0.65	0.22	0.16	0.88

SVM 分类方法在解决小样本、非线性及高维模式识别中优势突出^[8]。

将每种叶片的 3 类特征作为 SVM 的训练特征，进而得到 SVM 分类器。得到叶片的颜色、形状和纹理特征的向量后，将这些特征作为分类方法的输入向量，用于植物叶片的识别。

SVM 的关键在于核函数，低维空间向量集通常难以划分，解决的方法是将它们映射到高维空间；但这个办法带来的困难就是计算复杂度的增加，而核函数正好巧妙地解决了这个问题。由于径向基核函数是非线性函数，在 SVM 分类器训练过程中，能有效减少计算复杂性。多数研究^[9-11]都采取了 SVM 分类器并采用径向基核函数。因此本研究选择径向基函数作为分类器核函数，定义为：

$$K(x_i, x) = \exp\left(-\frac{|x-x_i|^2}{2\delta^2}\right) \quad (13)$$

式(13)中： K 为径向基函数名； x 为权向量； x_i 为样本集中第 i 个样本； δ 核函数扩展常数；该参数决定 SVM 分类器的预测能力。

6 系统实现

系统开发基于 macOS 操作系统，SQLite 数据库，Xcode 8.0 开发环境，采用 Swift 3.0 语言和 OpenCV 技术。

图 5 为系统运行的界面。设计了 3 个 Tab 按钮，分别为“浏览”“识别”“详情”。用户可在 3 个按钮之间自由切换。“浏览”界面为观赏植物列表，点击选择某种观赏植物叶片，程序会自动跳转到“详情”界面，可查看该植物的校园文化、典故等信息，并展现文字和四季图片。识别时，点击中间的“识别”按钮，然后将取景框对准叶片，点击“拍照”按钮(或点击“相册”按钮直接从相册中获取图片)，等待 2 s 左右，识别结果以图文形式在“详情”界面上显示。

图 5E 和 5F 为银杏叶片的识别结果，展示了浙江农林大学校园内银杏大道一年四季的景色，体现了深厚的文化内涵。

7 结果对比与结论

7.1 与其他识别软件的对比

每种植物选取 100 张叶片图像做训练，100 张作为测试数据，经过实际试验，得出了 3 个系统对于各观赏植物的平均识别率和所用时间(表 4)。由表 4 可知：本系统尽管平均用时比形色和花伴侣更长，但识别率最高，更能适应校园师生对校园内观赏植物识别和文化获取的需求。前 2 个商业应用程序无法给出与本地校园有关的观赏植物文化信息。

7.2 结论

本研究选取植物叶片的颜色、形状、纹理特征，采用 SVM 分类器，利用 iOS 和 OpenCV 技术开发了观赏植物识别系统，基本满足了公众对植物识别的要求，为校内观赏植物的精细化识别及人文信息展现提供了可能。但研究所选植物数量少，还需扩充植物数量，完善数据库。同时，采用 B/S 架构，建立观赏植物中心数据库，将数据集中于后台服务器，提高处理效率，扩大应用范围。



图 5 系统界面及功能展示

Figure 5 System interface and function exhibition

表 4 各观赏植物识别应用程序的识别率和所用时间

Table 4 Recognition rate and time of various ornamental plants recognition APP

植物名称	识别率/%			用时/s		
	形色	花伴侣	本研究	形色	花伴侣	本研究
山茶	88	91	91	1.8	2.0	2.1
玉兰	81	85	87	1.9	1.8	3.0
银杏	94	78	97	2.2	2.4	2.6
大叶黄杨	88	90	93	1.6	2.7	3.2
紫叶小檗	93	85	96	2.4	1.9	2.1
日本晚樱	83	80	89	2.1	2.2	2.7
绣球茛苳	78	88	87	1.5	2.5	2.3
红叶石楠	91	75	96	1.7	2.1	2.8
平均	87	84	92	1.9	2.2	2.6

8 参考文献

- [1] 刘奕清. 观赏植物[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [2] KUMAR N, BELHUMEUR P N, BISWAS A, *et al.* Leafsnap: a computer vision system for automatic plant species identification [C]// FITZGIBBON A, LAZEBNIK S, PERONA P, *et al.* *European Conference on Computer Vision*. Heidelberg Berlin: Springer, 2012: 502 – 516.
- [3] 陈芳, 张广群, 崔坤鹏, 等. 嵌入式植物自动识别系统的设计与实现[J]. 浙江农林大学学报, 2013, **30**(3): 379 – 384.
CHEN Fang, ZHANG Guangqun, CUI Kunpeng, *et al.* Design and implementation of an embedded automatic plant recognition system [J]. *J Zhejiang A&F Univ*, 2013, **30**(3): 379 – 384.
- [4] 张玉琢, 李柏依. 植物远程快速识别的方法[J]. 计算机应用, 2016, **36**(增刊 2): 206 – 209.
ZHANG Yuzhuo, LI Boyi. Remote rapid recognition method for plants [J]. *J Comput Appl*, 2016, **36**(suppl 2): 206 – 209.
- [5] OTSU N. A threshold selection method from Gray-Level Histograms [J]. *IEEE Trans Syst Man Cybern*, 1979, **9**(1): 62 – 66.
- [6] 胡秋萍. 基于叶片形状特征的植物识别技术研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2014.
HU Qiuping. *The Study of Plant Identification Technology based on Leaves' Shape Features* [D]. Xi'an: Xidian University, 2014.
- [7] 柴阿丽. 基于计算机视觉和光谱分析技术的蔬菜叶部病害诊断研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2011.
CHAI Ali. *Study on Diagnosis of Vegetable Foliage Diseases based on Computer Vision and Spectral Analysis* [D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2011.
- [8] 王梅嘉, 何东健, 任嘉琛. 基于 Android 平台的苹果叶病害远程识别系统[J]. 计算机工程与设计, 2015, **36**(9): 2585 – 2590.
WANG Meijia, HE Dongjian, REN Jiachen. Remote recognition of apple leaf disease based on Android platform [J]. *Comput Eng Des*, 2015, **36**(9): 2585 – 2590.
- [9] 丁世飞, 齐丙娟, 谭红艳, 等. 支持向量机理论与算法研究综述[J]. 电子科技大学学报, 2011, **40**(1): 2 – 10.
DING Shifei, QI Bingjuan, TAN Hongyan, *et al.* An overview on theory and algorithm of support vector machines [J]. *J Univ Electron Sci Technol China*, 2011, **40**(1): 2 – 10.
- [10] 王丽君, 淮永建, 彭月橙. 基于叶片图像多特征融合的观叶植物种类识别[J]. 北京林业大学学报, 2015, **37**(1): 55 – 61.
WANG Lijun, HUAI Yongjian, PENG Yuecheng. Method of identification of foliage from plants based on extraction of multiple features of leaf images [J]. *J Beijing For Univ*, 2015, **37**(1): 55 – 61.
- [11] 李洋, 李岳阳, 罗海驰, 等. 基于形状特征的植物叶片在线识别方法[J]. 计算机工程与应用, 2017, **53**(2): 162 – 165.
LI Yang, LI Yueyang, LUO Haichi, *et al.* Online plant leaf recognition based on shape features [J]. *Comput Eng Appl*, 2017, **53**(2): 162 – 165.