



JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS

主办: 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

中国图象图形学报

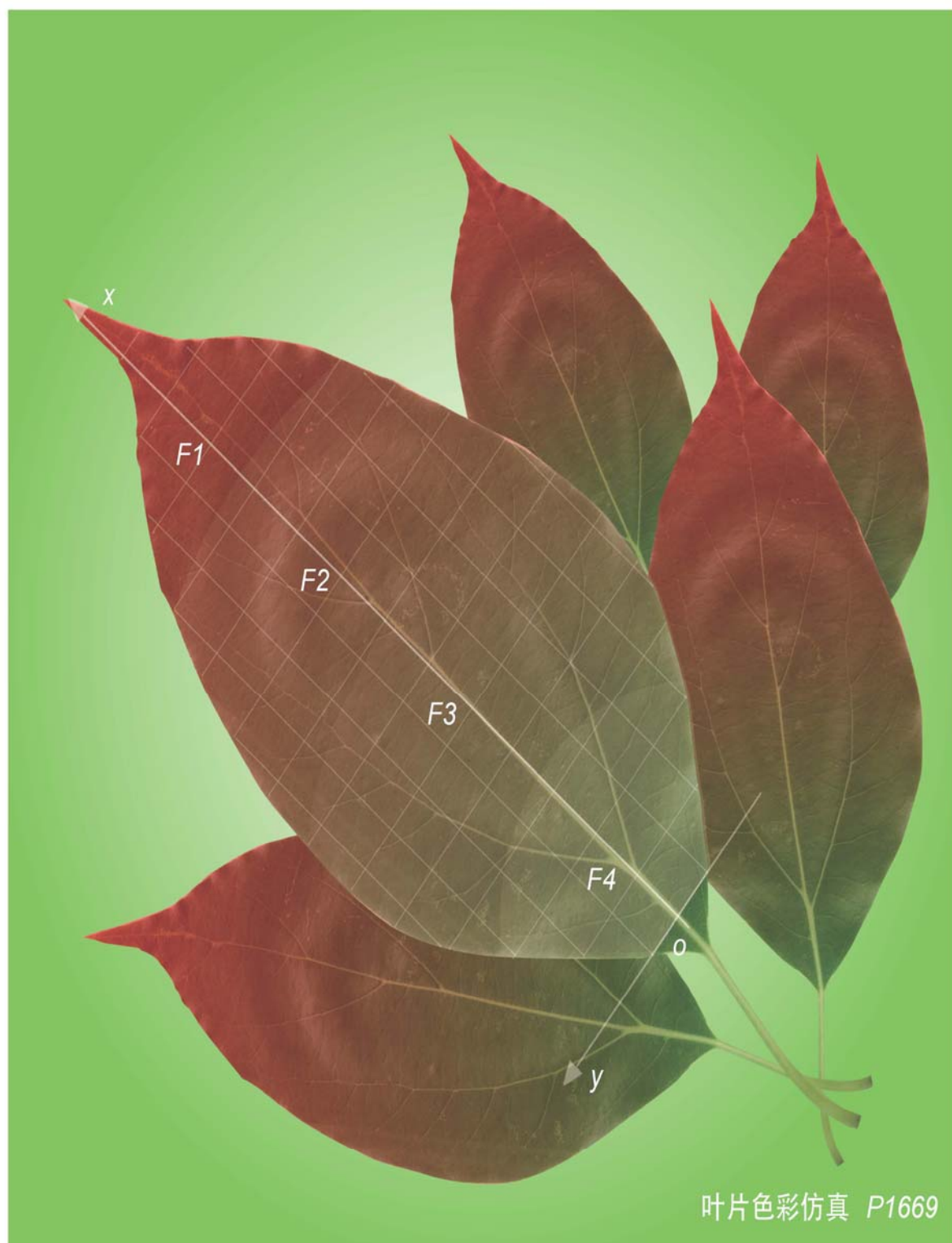
2014

11

VOL.19

ISSN1006-8961

CN11-3758/TB



叶片色彩仿真 P1669



第19卷第11期（总第223期）

2014年11月16日

中国精品科技期刊
中国国际影响力优秀学术期刊
中国科技核心期刊

版权声明

凡向《中国图象图形学报》投稿，均视为同意在本刊网站及CNKI等全文数据库出版，所刊载论文已获得著作权人的授权。本刊所有图片均为非商业目的使用，所有内容，未经许可，不得转载或以其他方式使用。

Copyright

All rights reserved by Journal of Image and Graphics, Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS. The content (including but not limited text, photo, etc) published in this journal is for non-commercial use.

主管单位 中国科学院

主办单位 中国科学院遥感与数字地球研究所
中国图象图形学学会
北京应用物理与计算数学研究所

主 编 李小文

编辑出版《中国图象图形学报》编辑出版委员会

邮政信箱 北京9718信箱

邮 编 100101

电子信箱 jig@irsa.ac.cn

电 话 010-64807995

网 址 www.cjig.cn

广告经营许可证 京朝工商广字第0361号

总 发 行 北京报刊发行局

订 购 全国各地邮局

海外发行 中国国际图书贸易集团有限公司
(邮政信箱：北京399信箱 邮编：100048)

印刷装订 北京科信印刷有限公司

Journal of Image and Graphics

Title inscription: Song Jian

Monthly, Started in 1996

Superintended by Chinese Academy of Sciences

Sponsored by Institute of Remote Sensing and Digital Earth, CAS
China Society of Image and Graphics

Institute of Applied Physics and Computational Mathematics

Editor-in-Chief LI Xiaowen

Editor, Publisher Editorial and Publishing Board of Journal of
Image and Graphics

P.O.Box 9718, Beijing, P.R.China

Zip code 100101

E-mail jig@irsa.ac.cn

Telephone 010-64807995

Website www.cjig.cn

Distributed by Beijing Bureau for Distribution of Newspapers and Journals

Domestic All Local Post Offices in China

Overseas China International Book Trading Corporation
(P.O.Box 399, Beijing 100048, P.R.China))

Printed by Beijing Kexin Printing Co., Ltd.

CN 11-3758/TB

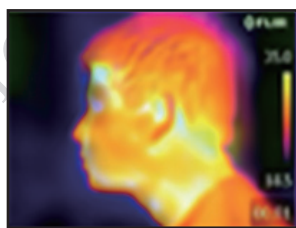
ISSN 1006-8961

CODEN ZTTXFZ

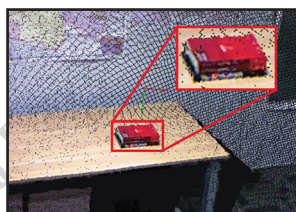
国外发行代号 M1406

国内邮发代号 82-831

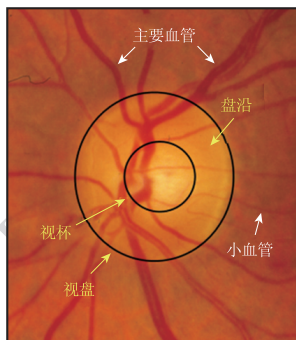
国内定价 50.00元



红外热像视频的细微变化放大(第1577页)



Kinect传感器的彩色和深度相机标定(第1584页)



多相主动轮廓模型的眼底图像杯盘分割(第1604页)

综述

多媒体技术研究: 2013——面向智能视频监控的视觉感知与处理

黄铁军, 郑锦, 李波, 傅慧源, 马华东, 薛向阳, 姜育刚, 于俊清 1539

图像处理和编码

基于高阶奇异值分解和均方差迭代的图像去噪

胡文锐, 谢源, 张文生 1563

小波域中双稀疏的单幅图像超分辨

杨波, 吴纪桃, 谢晓振 1570

红外热像视频的细微变化放大

付传卿, 谷小婧, 顾幸生 1577

图像理解和计算机视觉

Kinect传感器的彩色和深度相机标定

郭连朋, 陈向宁, 刘彬 1584

空间统一调制模型的轮廓检测

肖洁, 蔡超, 郭照立 1591

图像分析和识别

结合相似性拟合与空间约束的图像分割

张峥嵘, 詹天明, 韦志辉 1596

多相主动轮廓模型的眼底图像杯盘分割

郑嫻, 范慧杰, 唐延东, 王琰 1604

精确局部特征描述的表情识别

胡敏, 江河, 王晓华, 陈红波, 李堃, 任福继 1613

Gabor小波和改进LBP的零件表面粗糙度识别

胡海锋, 陈苏婷 1623

可扩展的花卉种类识别

苗金泉, 曹卫群 1630

医学图像处理

基于提升小波变换的医学图像融合

李俊峰, 姜晓丽, 戴文战 1639

遥感图像处理

基于压缩感知的SAR图像鲁棒编码传输

侯兴松, 田文文, 龚晨 1649

第11届全国智能CAD与数字娱乐学术会议专栏

大规模DVE场景对等传输机制研究新进展

王明飞, 贾金原, 张晨曦 1657

自然环境下的植物叶片智能色彩推理仿真

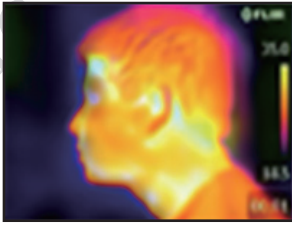
宋建文, 邱锦明 1669

3个控制顶点的类三次Bézier螺线

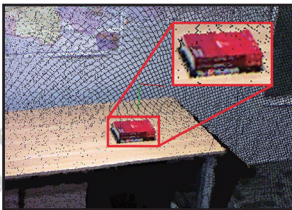
高晖, 寿华好, 缪永伟, 王丽萍 1677

CONTENTS

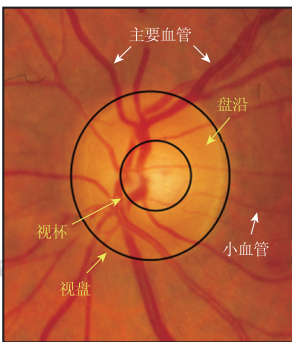
JOURNAL OF IMAGE AND GRAPHICS



Magnifying imperceptible variations in infrared thermal videos(P1577)



Calibration of Kinect sensor with depth and color camera (P1584)



Automatic segmentation of optic disc and cup using multiphase active contour model in fundus images(P1604)

Review

Visual perception and processing for intelligent video surveillance:a review

Huang Tiejun, Zheng Jin, Li Bo, Fu Huiyuan, Ma Huadong, Xue Xiangyang, Jiang Yugang, Yu Junqing

1539

Image Processing and Coding

Image denoising based on high order singular value decomposition and mean square error iteration

Hu Wenrui, Xie Yuan, Zhang Wensheng

1563

Single image super-resolution in wavelet domain with double sparse

Yang Bo, Wu Jitao, Xie Xiaozhen

1570

Magnifying imperceptible variations in infrared thermal videos

Fu Chuanqing, Gu Xiaojing, Gu Xingsheng

1577

Image Understanding and Computer Vision

Calibration of Kinect sensor with depth and color camera

Guo Lianpeng, Chen Xiangning, Liu Bin

1584

Contour detection based on spatially unified modulation model

Xiao Jie, Cai Chao, Guo Zhaoli

1591

Image Analysis and Recognition

Image segmentation by integrating similarity fitting and spatial constraint

Zhang Zhengrong, Zhan Tianming, Wei Zhihui

1596

Automatic segmentation of optic disc and cup using multiphase active contour model in fundus images

Zheng Shan, Fan Huijie, Tang Yandong, Wang Yan

1604

Precise local feature description for facial expression recognition

Hu Min, Jiang He, Wang Xiaohua, Chen Hongbo, Li Kun, Ren Fuji

1613

Recognition of work piece surface roughness based on Gabor wavelet and improved LBP

Hu Haifeng, Chen Suting

1623

The scalable flowers category recognition

Miao Jinqun, Cao Weiqun

1630

Medical Image Processing

Medical image fusion based on lifting wavelet transform

Li Junfeng, Jiang Xiaoli, Dai Wenzhan

1639

Remote Sensing Image Processing

Robust coding transmission for SAR image based on compressive sensing

Hou Xingsong, Tian Wenwen, Gong Chen

1649

Column of CIDE' 2014

Survey on transmission mechanism of large scale DVE scene based on P2P overlay network

Wang Mingfei, Jia Jinyuan, Zhang Chenxi

1657

Intelligent color reasoning simulation of plant leaf based on the natural environment

Song Jianwen, Qiu Jinming

1669

The quasi-cubic Bézier spirals with three control points

Gao Hui, Shou Huahao, Miao Yongwei, Wang Liping

1677

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2014)11-1630-09

论文引用格式: Miao J Q, Cao W Q. The scalable flowers category recognition[J]. Journal of Image and Graphics, 2014, 19(11): 1630-1638. [苗金泉, 曹卫群. 可扩展的花卉种类识别[J]. 中国图象图形学报, 2014, 19(11): 1630-1638.][DOI:10.11834/jig.20141111]

可扩展的花卉种类识别

苗金泉, 曹卫群

北京林业大学信息学院, 北京 100083

摘要: **目的** 基于模式识别的花卉种类识别方法在使用不同特征或分类器时识别准确率有较大差别。本文的研究目的在于实现花卉种类识别方法的快速构建及性能评估,减轻研究人员的编程工作量,提高效率。**方法** 根据使用模式识别技术进行花卉种类识别的一般步骤,应用插件技术将算法中的预处理、特征提取、分类器训练、分类器识别等步骤表示成不同种类的处理器,建立可扩展的系统平台,研究人员可以通过修改各步骤所使用的处理器来修改图像处理和识别算法,并在此基础上采用流式链接方法构建算法。**结果** 基于本文所提出的构建方法进行算法优化,并将其用于68种花卉的识别,准确率 Top1 为 91.26%, Top5 为 98.41%。**结论** 流式链接方法能够对识别方法进行快速装配,有利于快速评估不同特征和分类器在花卉种类识别中的性能,适于算法的研究和优化。本文所提出的基于工作流式链接方法以及插件技术的构建方法具有灵活易用的特点,所构建的算法具有良好的可扩展性。该方法还可以推广应用于其他基于数字图像的模式识别算法研究。

关键词: 插件;流式结构;可扩展;花卉种类识别

The scalable flowers category recognition

Miao Jinquan, Cao Weiqun

School of Information Science and Technology, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China

Abstract: Objective The methods based on pattern recognition achieve quite different accuracy when using different features or classifiers. The purpose of research is to construct the flower category recognition method rapidly, measure its performance, reduce the development workload of researchers and improve efficiency. **Method** According to the normal procedure of flower category recognition using pattern recognition technology, the steps of the algorithm are programmed as different kinds of processors to build up an expandable system using the plug-in technology, and the researchers can change the image processing and recognition algorithm by choosing the corresponding processors. Based on this, the algorithm is constructed by linking the processor in the way of data flow and represented as a network. We use the XML description file to describe the dependencies of a plugin and object pool to provide the communication foundation between processors which is the base of the scalable construction methods. The processors are encapsulated into processor plugins and managed by the main framework. The processors are divided into three kinds of processors to input data, process data, and buffer data. The core processor plugin controls the execution order of processors and make sure the data inputted to the processor valid. The constructed processor network of flowers category recognition algorithm normally contains input-processor, feature extractors, buffer processor and classifier processor. The input-processor can generate one input data and data index each time. Feature extractors will be run for several times to process the input data sequence. In the procedure of classifier training or

收稿日期:2014-04-24;修回日期:2014-06-26

基金项目:中央高校基本科研业务费专项基金项目(HJ2010-26)

第一作者简介:苗金泉(1989—),男,北京林业大学计算机应用技术专业硕士研究生,主要研究方向为数字图像处理。

E-mail:michaelbjfu@gmail.com

通信作者:曹卫群,E-mail: weiqun.cao@126.com

accuracy statistic, a feature vector buffer is needed. While the network that represents the algorithm is processing, the ports in processor can transport messages and data produced. Finally we compared and analyzed different features in color, shape and texture using K-Nearest Neighbor and support vector machine classifier respectively. We use HSV color space histogram to reduce the effect of light, Hu moment and edge curvature histogram to represent shape and polar gray-level co-occurrence matrix for texture. Then different accuracies are achieved by changed the parameter. We can use the constructed method to optimize the parameter of each flower feature extractor rapidly. After that, we combine the features which are extracted by flower extractor processors using the optimized parameter as a flower feature vector. At the same time, multithread technology is used to speed up the process of the algorithm constructed. **Result** We construct and optimize the algorithm using the method proposed in the paper. The recognition rate is 91.26% for first hypothesis and 98.41% for fifth hypothesis while using the optimized algorithm on a dataset of 68 flower species. We use the proposed method to construct a flower feature extraction algorithm on 853 training images and finish the whole procedure in 21 ~ 25 s. **Conclusion** The connection method of workflow can construct an algorithm fast and benefit the rapid assessment of the performance of different features and classifiers in flowers category recognition. It is applicable to the research and optimization of algorithms. The proposed method based on workflow and plugin technology is easy to use and flexible and the algorithm constructed has good scalability. Furthermore, the system can be applied to the other researches using the methods of pattern recognition based on digital image.

Key words: plug-in; flow structure; scalable; flowers category recognition

0 引言

在自然界中花卉种类繁多,一般来说,不同种类的花卉在花朵的颜色、形状、纹理等外观特征上存在差异。Nilsback 等人^[1]通过分析花朵的颜色、形状、纹理等特征在分类过程中的贡献度,提出了单词表的方法。将所有花朵的特征集合通过聚类得到指定个数的聚类中心作为单词表,并用单词表中的单词来表示给定图片,通过单词表将这些特征融合在一起,并选用支持向量机(SVM)分类器,实现了基于花朵数字图像的花卉种类识别。Nilsback 等人而后对算法进行了改进,对不同种类的特征赋予不同的权值,并采用多核组合的 SVM 分类器,解决了大数据集的分类问题。其中使用的特征包括 SIFT (scale-invariant feature transform)、HOG (histogram of oriented gradient) 等复杂特征,特征提取速度慢,样本特征向量维数过高,训练时间长。

Zhang 等人^[2]使用 Harr 特征和 SIFT 特征将花卉图像的空间信息与局部特征相结合。对从图像中提取的特征使用非负稀疏编码(sparse coding)方法进行编码,采用 Max Pooling 方法表示花卉图像,用 K 近邻方法进行分类。该方法构造编码表需要较长时间,并且占用内存很多。

Zou 等人^[3]提出使用曲线模型对花朵区域形状进行拟合,并可通过用户交互修改拟合结果以提高识别准确率。

Hsu 等人^[4]设计了有人工交互的花卉种类识别系统,可根据用户在花卉图像上交互指定的感兴趣区域提取花瓣与花蕊的颜色和形状等特征。

基于数字图像的花卉种类识别算法通常由 4 部分组成,即图像预处理、特征提取/选择、分类器设计和分类器决策,各部分之间耦合性较小,功能相对独立,因此适于基于插件技术进行研究。

插件技术在软件开发中具有高效的软件复用^[5]特性,每个插件为软件提供相对独立的功能,用户可以根据需求动态添加、卸载插件,更新软件功能。

基于插件技术对花卉种类识别方法进行研究,可将算法执行过程中的数据传递简化成插件之间的数据传递。研究人员也可通过快速组装插件构建算法,并通过更换插件实现对算法的调整,在此基础上实现对算法性能的比较分析,从而大大降低研究人员在算法研究中的编程工作量。

此外,研究人员为了能够快速有序的对数据进行管理、计算和分析,通常在研究过程中使用科学工作流(SWF)。目前,较成功的工作流系统有基于 JAVA 的云科学工作流系统 Kepler 和基于 Web 服务的 Taverma 系统^[6]等。

本文将插件技术与科学工作流^[7]相结合,提出可扩展的花卉种类识别算法的构建方法。将花卉种类识别步骤分解为多个处理器(processor),由处理器插件提供,并将这些处理器使用流式方法进行链接,从而实现算法的构建。基于本文方法所实现的

系统提供算法编辑及花卉种类识别效果演示两种视图以满足不同的交互需求。

1 插件式软件开发

在 20 世纪 70 年代面向对象的开发方法提出以来,软件开发的速度与质量都有了快速发展。但是随着人们对软件需求的增加,应用场景变得多种多样,开发规模也越来越大。最初的面向对象方法已无法满足人们对开发进度的需求,插件技术就是在这种背景下发展起来的,并成为一种高效的软件复用方案。

在插件系统中,插件^[8]与主应用程序(又称宿主程序)相互独立,多个插件与宿主程序共同组成一个完整的应用程序。插件式开发方式^[9]与传统软件开发相比具有以下优点:

1) 模块开发工作相对独立。由于宿主程序提供易扩展的接口和通信机制,开发人员只需关注自己要开发的功能模块,实现宿主程序提供的对应接口,即可完成系统功能的扩展。

2) 代码复用程度高,重用粒度大。由于插件系统中各插件之间能够相互通信,一个插件所提供的功能可以被任意其他插件使用。

3) 更强的可扩展性。可扩展性体现在新增功能和功能更新的简单性。在规模较大的软件中,新的功能可以由一个新的插件来提供。只要软件结构支持加载插件即可随时为软件添加新的功能。由于各功能模块之间依赖性低,当某一功能需要增强时,仅需要更新相应的插件即可。

1.1 插件式软件开发技术的应用现状

Eclipse^[10]是目前较为流行的基于插件的应用程序之一,含有丰富的功能插件且扩展方式统一,所提供的一系列插件可以支持各种不同的编译器以及编译器中相关的附属功能。Eclipse 以提供了插件加载、通信等基本功能的 Rich Client Platform (RCP) 为基础,利用各插件的扩展点(extensions)来扩展基本功能或者其他插件的功能,是一个通用的面向插件应用程序的平台。此外,Photoshop, Chrome 等也是使用插件技术开发的成功案例。

除此之外,插件技术还被应用到更多图形图像领域的系统中。如 Virtual Explorer^[11]是一个基于插件的虚拟现实框架,可用于科学数据可视化、几何建模等。文献[12]将插件系统与模式识别方法相结

合,对恶意 PDF 文件进行检测,其中特定的分类插件用于检测特定类型的恶意文件。Schneider 等人^[13]使用 Java Simple Plugin Framework (JSPF) 作为其插件系统的基础,用于人脸检测、表情分类,具有简单易扩展的特点。

在上述系统中,各插件分别实现独立的功能,可通过加载/卸载插件来扩展/缩减系统功能。本文提出的插件系统则根据模式识别算法的特点以流式结构来表示算法过程,将算法分解为若干步骤,并将各步骤的输入输出数据封装成统一的格式,便于前后步骤间的数据传递,而各算法步骤由对应的处理器插件实现。插件技术的复用特性与流式结构相结合,使得所构建的算法具有可扩展性。

1.2 插件系统结构

插件通常以动态链接库(DLL)或组件对象模型(COM)的形式存在,系统提供基础平台为各插件的运行提供基础服务。

插件系统结构设计需解决以下几个关键问题^[14-16]:

1) 载入顺序的控制。由于一个完整的系统需要多个插件功能,通常这些插件之间存在依赖关系。例如,插件 A 的初始化需要插件 B 提供的数据存储功能,此时插件 A 依赖于插件 B,因此系统在加载插件时需要控制载入顺序。

为解决这一问题,该系统为每个插件提供一个包含依赖关系列表的 XML 文件(描述文件)来存储其与其他插件之间的依赖信息,系统可通过分析所有插件的依赖关系列表得到正确的加载顺序。其中,描述文件解析功能由插件系统的 XML 解析器完成。

2) 插件之间的通信。当系统各插件成功加载后,彼此之间可能会发生数据传递,需要插件系统提供通信机制。

该系统基于对象池实现通信和监听机制。所谓对象池是一个数据集合,系统通过使用 Qt 的信号与槽机制实现对对象池中数据变化情况的监听。若数据发生变化,对象池就会通知所有进行监听的插件,以便于相关插件启动响应事件。

3) 插件的动态加载与卸载(生命周期)。插件的动态加载与卸载功能即系统对插件生命周期的控制是插件系统可扩展性的基础。系统在加载/卸载插件时需同时将其所依赖的各插件加载/卸载,并将该信息通过插件系统的监听机制通知其他插件更新

数据。

综上,本插件系统的结构分为主应用程序、插件管理器、基础部件、核心插件、非核心插件集合等 5 个模块,如图 1 所示。

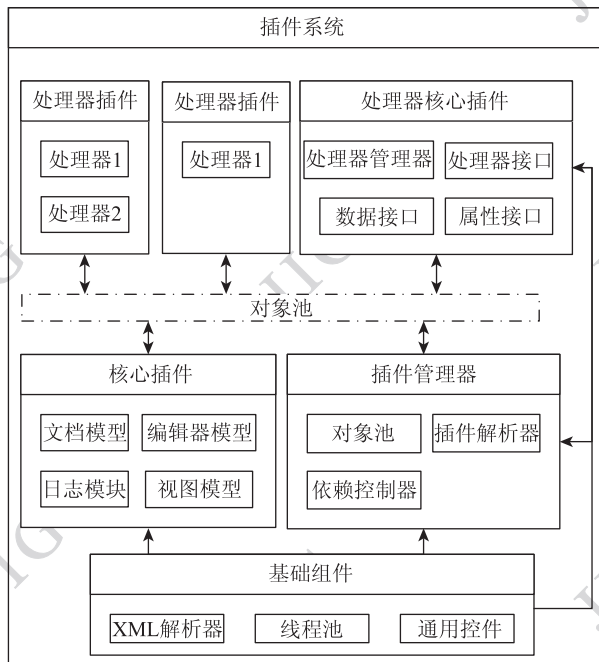


图 1 插件系统整体结构

Fig. 1 Overall structure of the plugin system

1.3 插件系统功能

本文提出的插件系统首先由主应用程序启动,由主应用程序调用插件管理器搜索插件文件目录下的所有文件,并分析各插件的相互依赖关系得到正确的加载顺序,然后按照顺序依次加载插件。

首先加载的是核心插件,而核心插件是其他非核心插件的基础,所有非核心插件都依赖于核心插件。基础组件提供了系统的基本功能,包括按钮等界面控件、XML 解析器、非核心插件通用接口等。在加载核心插件之后,依次调用各个非核心插件的初始化接口,即对非核心插件进行初始化,使其可响应系统的调用。在系统运行中,各个模块的主要功能如下:

1) 主应用程序。主要提供应用程序的启动入口,负责在程序启动后检查插件完整性,并调用插件管理器加载插件。主应用程序是轻量级的,使其功能具有可组装性。

2) 基础组件。基础组件是可以被任何插件使用的公共库,提供通用控件、线程模型、XML 解析器等基础功能。

其中,通用控件包含按钮、编辑框等。论文所实现的花卉种类识别系统还包含处理器 UI、属性控件等通用控件。

线程模型由 Qt 已有的线程池^[17]和基本线程共同组成。系统中有的处理器运行时间短且被多次执行,使用线程池执行处理器内的算法能够减少创建和销毁线程所需要的时间,且不会对线程池中的线程长时间占用,因此宜于使用线程池。而对于运行时间较长的处理器,则宜采用基本线程。

XML 解析器如 1.2 节所述用于解析描述文件,获得插件间的依赖关系。

3) 插件管理器。主要提供插件加载/卸载控制、插件通信机制。由前所述,每个插件对应一个 XML 描述文件,该文件包含插件的名称、版本、依赖列表等信息。插件管理器通过调用 XML 解析器读取并解析用户所指定插件的 XML 描述文件,得到插件间的依赖关系,从而确定插件加载/卸载顺序,实现对插件加载/卸载的控制,其工作流程如图 2 所示。

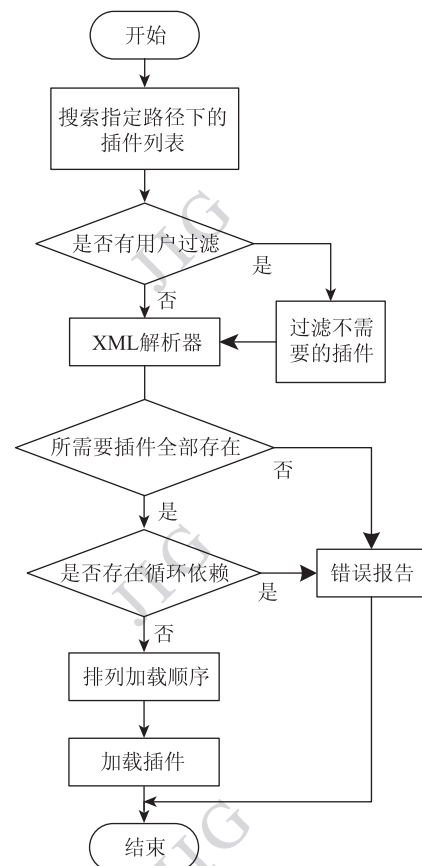


图 2 插件管理器工作流程

Fig. 2 Workflow of the plugin manager

插件管理器通过创建对象池建立插件之间的通信机制,用于插件间的数据传递。

4) 核心插件。提供具有打开/编辑/关闭文件等基本编辑功能的 UI 框架,主要包括:

(1) 日志系统。记录系统运行过程中产生的状态信息。本系统的日志系统输出运行结果、运行时间等信息。

(2) 文档模型。管理文档结构,提供 IDocument 接口。该接口包含 3 个重要功能函数 load(), save() 和 close(), 分别用于载入、保存和关闭文档。在本系统中,文档用于存储算法结构与配置参数。

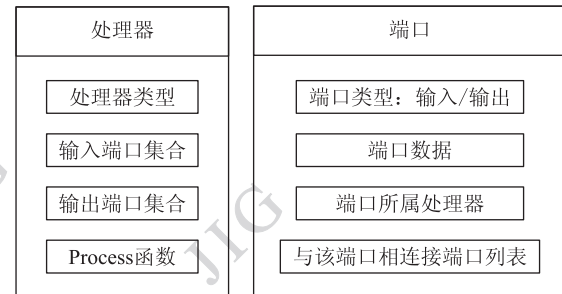
(3) 视图模型。视图模型为系统提供不同交互方式之间的快速切换。由于研究人员关注算法实现流程,而终端用户更关注算法的运行结果,因此对交互方式的需求不同。系统提供算法编辑、效果预演两种视图,用户可根据不同应用背景启用不同的视图,获得适合的交互方式。

5) 非核心插件集合。非核心插件提供满足特定应用需求的功能。如在花卉种类识别系统中,共有两种重要的非核心插件,一种是处理器核心插件,用于控制花卉种类识别的流程以及处理器的处理时间与顺序;另一种是处理器插件,即开发人员封装的算法插件,每个插件包含一个或多个处理器,对应一个或多个算法步骤。

1.4 处理器

由图 1 可知,处理器(processor)是系统的重要元素,它是指数据处理过程中的算法模块,对应一个算法步骤。该系统将花卉种类识别算法各步骤如颜色空间转换操作、特征提取等分别封装成处理器。

处理器由执行程序 and 端口集合两部分组成,执行程序对应每个处理器的 Process 函数;端口集合包括输入端口集合以及输出端口集合,用于不同类型数据的存储和输入/输出,端口集合中一个端口应用于一种数据类型,其结构如图 3 所示。



(a) 处理器结构

(b) 端口结构

图 3 处理器与端口结构

Fig. 3 Structures of processor and port

该系统将端口数据类型分为基础类型(包括整型、浮点型等)、Matrix 类型、Histogram 类型、Image 类型和自定义类型 5 种。当两个处理器存在一致或者能够强制转换的数据类型的端口时,二者可以链接并进行数据传递。

2 花卉种类识别

论文将花卉种类识别算法分解为多个处理器(如图 4 所示,其中每个蓝色矩形对应一个处理器),并使用工作流的方法将各处理器进行链接,从而构建算法。基于所构建算法的需求,处理器分为输入数据处理器、数据处理处理器和缓冲区处理器 3 类。

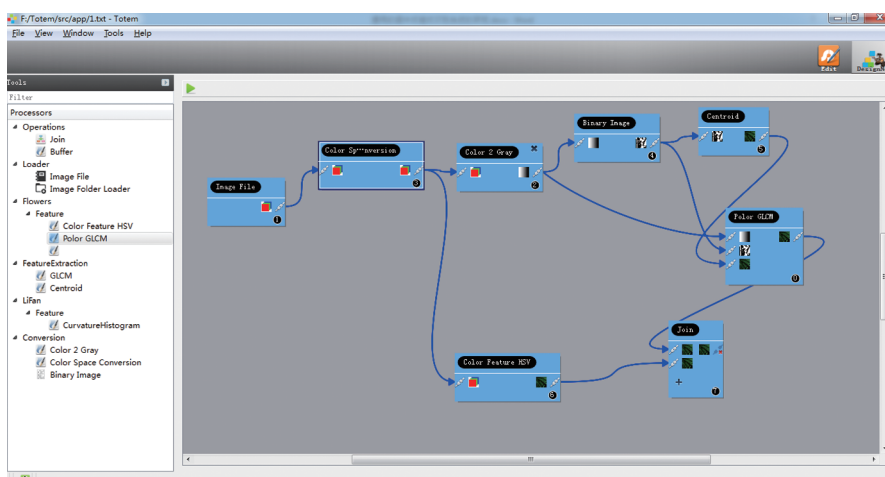


图 4 基于插件的花卉种类识别系统的算法编辑视图

Fig. 4 Algorithm edit view of flowers category recognition system based on plugins

2.1 输入数据处理器

输入数据处理器有文件/文件夹载入器、标签处理器等。其中,文件/文件夹载入器用于读取磁盘上指定文件夹下的一个或多个文件,并以序列的形式依次输入到其他处理器中。

标签处理器用于根据训练样本集中各样本的种类信息(已知)生成种类标签矩阵 B 与样本特征矩阵 A 一起作为分类器的输入数据。种类标签矩阵 B 中各行一一对应于训练样本集中的各样本。

2.2 数据处理处理器

数据处理处理器有预处理处理器、特征提取处理器、组合类型处理器、分类器处理器、统计类型处理器等。

预处理处理器用于对所输入的花卉数字图像进行预处理,如颜色空间转换、高斯滤波等。

特征提取处理器针对花卉种类识别算法中某一类模式特征(颜色、形状、纹理等)进行处理,将所提取的特征数据进行归一化生成 $1 \times n$ 的双精度矩阵(其中, n 为该花卉特征的维数)并输出。对于涉及多类模式特征的算法,需要多个特征提取处理器。

组合类型处理器用于生成包含多类特征的特征数据。该处理器将模式识别算法所涉及的所有类型的特征提取处理器(设为 m 个类型)分别输出的矩阵组合成 $1 \times \sum_{i=1}^m n_i$ 矩阵 M (n_i 为第 i 类特征的维数),作为给定样本对象的特征矩阵

$$M = [F_1 \ F_2 \ \cdots \ F_i \ \cdots \ F_m]$$

式中, F_i ($i=1,2,3,\dots,m$) 为第 i 类模式特征向量。

分类器处理器基于给定样本的组合特征数据将其划分到已知的类别,即对输入的花朵图像进行分类,输出种类标签。

统计类型处理器用于进行数据的统计计算,可用于统计算法的执行时间或分类器的准确率,以评估算法的优劣。

2.3 缓冲区处理器

缓冲区处理器将所有样本(设为 l 个)的特征矩阵 M_i ($i=1,2,3,\dots,l$) 组合成 $l \times \sum_{i=1}^m n_i$ 特征集合矩阵 A ,输出到分类器处理器,其表达式为

$$A = [M_1^T \ M_2^T \ \cdots \ M_i^T \ \cdots \ M_l^T]^T$$

式中, M_i ($i=1,2,3,\dots,l$) 为第 i 个样本的特征矩阵。

这里,各样本的特征矩阵以序列形式被输入缓冲区。当缓冲区已满或者数据输入结束时,处理器

将缓冲区内的数据组合并输出。

2.4 基于工作流的处理器链接

本文基于工作流的方法,将花卉种类识别的流程抽象成一张有向无环图 G ,算法的每一个步骤由处理器 P_i ($i=1,2,3,\dots,t$; t 为处理器个数)完成,对应有向图 G 中的一个节点 N_i ($i=1,2,3,\dots,t$)。其中,连接两个相邻节点的边的方向表示所对应两个算法步骤执行的先后顺序及数据传递的方向,用于工作流数据的传递。为了便于描述,本文将相邻节点中数据提供节点对应的处理器作为父处理器,数据接收节点对应的处理器作为子处理器。

有向图的建立在系统所提供的算法编辑视图(图4)完成。在该视图下,研究人员根据算法流程将处理器逐一添加至有向图。

花卉种类识别算法分为训练和测试两个阶段(如图5所示),分别使用两个处理器有向图表示。

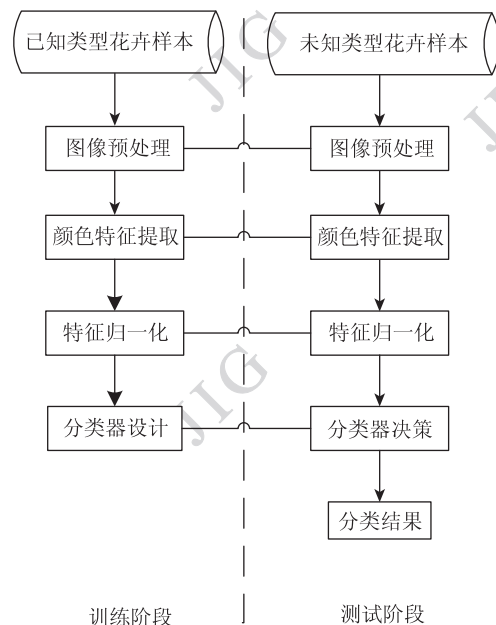


图5 花卉种类识别步骤

Fig. 5 Steps of flowers category recognition

训练阶段有向图中处理器的添加步骤如下:

- 1) 添加文件夹载入处理器,用于读入原始的训练样本数据;
- 2) 添加预处理处理器并将其作为子处理器链接到文件夹载入处理器(以下“添加链接”特指添加并作为子处理器链接到上一步添加的处理器),用于原始样本数据的预处理;
- 3) 用户根据模式特征的类型添加链接一个或多个特征提取处理器用于花卉图像特征提取;

4) 添加组合类型处理器,并作为子处理器链接至各特征提取处理器,将这些父处理器对一个样本进行处理生成的不同类型的特征矩阵组合成该样本对象的特征矩阵;

5) 添加链接缓冲区处理器,接收所有训练样本对象的特征矩阵,组合成 Matrix 类型特征集合矩阵;

6) 添加标签处理器并链接到文件夹载入处理器,用于生成训练样本集的种类标签矩阵;

7) 添加分类器处理器,并作为子处理器链接至缓冲区处理器和标签处理器,分类器处理器基于二者输入的数据进行训练。

测试阶段构建有向图的过程与训练阶段基本一致,不同之处在于:1) 文件夹载入处理器用于读入原始测试样本数据而非训练样本数据;2) 在分类器处理器后添加链接了统计处理器,用于对测试结果的统计。

测试阶段使用训练阶段获得的分类器文件,对测试样本进行分类,并将分类及统计结果输出到日志文件。

这里需要指出的是,由于各处理器使用不同的线程并发执行,若一个处理器 P 同时具有多个父处理器和子处理器,当其一父处理器执行完成后,并不能直接执行 P ,而需要等待其他父处理器完成数据处理,以保证处理器 P 所获得输入数据的有效性,同时还须等待 P 的所有子处理器完成上一次工作,以免覆盖 P 端口中的有用数据。因此,需要对处理器之间数据传递的有效性进行验证。

系统在输入数据处理器中对读入的所有数据进行编号,该编号随数据在流程的执行中一并传送给后续所有的处理器,表明处理器当前所处理的数据来源。当一个处理器获得新的输入数据时,检查其所有输入数据的编号是否一致,若不一致,则需等待尚存旧数据的更新;若一致,则表明其所有父处理器已实现数据同步,需进而检查子处理器是否已全部执行完毕。当确认子处理器处理完毕后,执行该处理器并输出数据,从而保证了处理器的正确执行。

2.5 面向花卉种类识别的特征提取处理器

文献[1]提到,每种花卉区分于其他花卉的特征各异,可能是其花朵的颜色,也可能是花朵的纹理、形状等,该系统已实现颜色直方图、Hu 距、边缘曲率直方图、SIFT、GLCM(灰度共生矩阵法)纹理、HOG 等多种与花朵颜色、纹理和形状等外观特征相关的特征提取处理器以便于算法研究人员进行选择使用。

2.5.1 颜色特征

颜色是花朵的主要特征之一,为了减轻光照条件对识别结果的影响,采用对光照不敏感的 HSV 颜色空间的 H 分量和 S 分量,建立其颜色直方图作为颜色特征,由颜色直方图特征提取处理器实现。

2.5.2 形状特征

在拍摄花朵图像时,由于拍摄角度、时间等问题,图像会出现旋转、形变等现象,但是部分特征呈现出不变性。Hu 在 1962 年提出了不变性特征几何距^[18](也称为 Hu 距),该特征具有平移、旋转和尺度不变性。

此外,花朵图像边缘也是人们分辨花卉种类的重要特征之一,本文用花朵边缘曲率值来描述花朵形状特征。首先通过边缘检测得到花朵图像轮廓 C , $\forall P \in C$, 计算花朵轮廓线在该点的曲率,并建立轮廓线 C 上所有点的曲率直方图作为一个形状特征(如图 6 所示)。为了提高算法效率,曲率值采用近似计算:给定轮廓线 C 上的任意一 P 点,以该点为中心、 r 为半径画圆(用户给定值), P 的曲率值为

$$c_i \approx \frac{I_i}{S_i}$$

式中, I_i 为该圆内位于轮廓线内侧的像素点个数, S_i 为圆内像素点的个数。

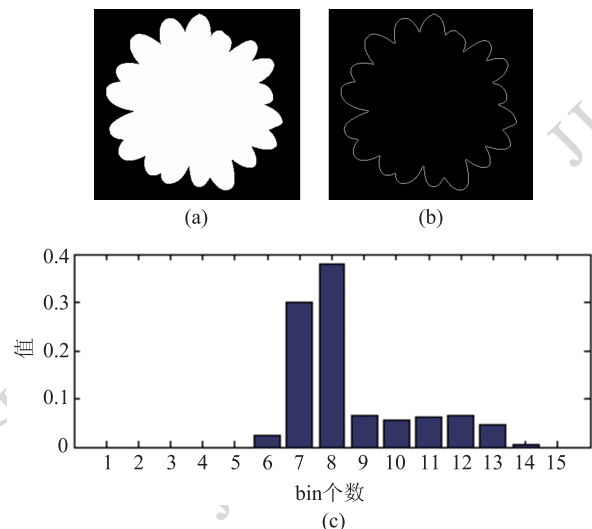


图 6 图像边缘曲率直方图(bin 的个数为 15)

Fig. 6 Histogram of boundary curvature

本系统中,以上两种形状特征的提取分别由 Hu 距和边缘曲率直方图特征提取处理器实现。

2.5.3 纹理特征

纹理特征可以采用很多描述方法,Haralik 等人提出使用空间灰度共生矩阵法^[19](GLCM)描述纹

理,并为了降低纹理特征的维度,选择使用灰度共生矩阵中的相关度、熵、能量特征进行分析。文献[20]针对一般花朵放射状生长的特点,对传统的GLCM进行了改进,提出了极坐标下的GLCM。

该系统选择极坐标下GLCM的相关度、熵、能量特征作为纹理特征,由GLCM纹理特征提取处理器实现。

3 实验结果

除了针对不同特征的特征提取处理器外,本文还实现了SVM和K近邻等多种分类器处理器,研究人员可以基于本文所实现的系统通过快速组合这些处理器构建不同的算法,并根据算法运行结果分析和比较这些特征在花卉种类识别中的优劣,形成最优的组合特征,并筛选出最适合的分类器。

本文针对68种花卉1103幅图像进行了实验,每种花卉的样本数量为13~27幅,其中10~17幅作为训练样本,其他为测试样本。花卉的样本数据为经过抠图处理的自顶向下拍摄的花朵图像。在实验中,分别选用RBF核的SVM分类器^[21]和 $K=10$ 的K近邻分类器对颜色特征、形状特征以及纹理特征进行了比较,分别按照Top1和Top5统计识别准确率(若所分出的相似程度排名前1/前5的类别包含正确的结果,则认为分类正确)。颜色特征的比较。设 B_H 和 B_S 分别为颜色直方图特征提取处理器设定的 H 和 S 两个颜色分量方向上bin的个数,基于本文所提出的系统,比较二者在4种不同取值情况下算法的识别准确率,实验结果见表1,当 $B_H=40$, $B_S=45$ 时,SVM分类器和K近邻分类器的分类效果较好。

表1 在4种bin数量下的分类效果
Table 1 Performance of classifiers
with four kinds of values of bins

bin 数量	SVM-4-fold 交叉验证	SVM Top1	SVM Top5	K 近邻 Top1	K 近邻 Top5
$B_H=15$ $B_S=10$	65.10	71.42	93.44	66.26	91.25
$B_H=20$ $B_S=25$	71.68	80.15	95.41	69.84	92.84
$B_H=30$ $B_S=35$	74.73	81.34	96.22	67.85	92.25
$B_H=40$ $B_S=45$	75.68	85.71	97.62	69.44	92.46

1)形状特征的比较。对Hu距特征和边缘曲率直方图两种形状特征进行比较的实验结果见表2,其中边缘曲率直方图在使用SVM分类器和K近邻分类器时都具有较好的分类效果。

表2 不同形状特征分类结果
Table 2 Result using different shape features

方法	SVM-4-fold 交叉验证	SVM Top1	SVM Top5	K 近邻 Top1	K 近邻 Top5
Hu 距	16.22	6.74	23.81	18.65	45.24
边缘梯度	40.07	38.49	66.27	49.60	79.76

2)纹理特征的比较。使用GLCM特征的SVM分类器得到Top1的准确率为19.84%,Top5的准确率为42.86%。使用GLCM特征的K近邻分类器得到Top1的准确率为31.35%,Top5的准确率为61.90%。

选取颜色、形状、纹理特征中经实验验证较优的特征作为组合特征,在不使用特征选择的情况下,使用SVM分类器得到的分类结果为Top1的准确率为91.26%,Top5的准确率为98.41%;使用K近邻的分类器得到的分类结果为Top1的准确率为74.6%,Top5的准确率为94.05%。

目前已有花卉种类识别研究的实验结果如下:Nilsson等人对102种花卉进行分类,得到了72.8%的准确率;Hsu等人分别对24种和102种花卉分类得到了89.1%和77.8%的准确率;Zhang等人对17种花卉进行分类,得到了90.15%的准确率;Zou等人对102种花卉种类进行识别,在识别过程中,经过用户交互矫正后,得到93%的准确率。

此外,分别采用传统多线程算法执行方法与本文的多线程方法提取853张训练样本的颜色、纹理和形状3种模式特征,对算法执行时间(调试模式下)进行了比较:使用传统的多线程方法执行时间为42~46s,本文方法的执行时间为21~25s。

由实验结果可知,本文方法在识别准确率、自动化程度、算法效率以及可识别种类等方面,与其他方法相比具有优势。

4 结 论

本文所提出的可扩展的花卉种类识别算法构建方法,将算法研究与系统开发分离,对于模式特征或

分类器的添加/更新,可简单地通过编程添加/更新插件来实现,算法的构建使用简化的科学工作流的方法,具有简单、易用、易扩展的优点。基于本系统对 68 种花卉进行实验,得到了较高的识别准确率。实验结果表明,基于插件和工作流的可扩展的花卉种类识别算法构建方法,能够根据应用快速构建、优化、更新算法,所构建的算法执行效率高,并具有较高的识别准确率。该方法不仅有利于花卉种类识别算法的研究,还适用于其他各部分之间耦合性较小。功能相对独立的算法研究。

在今后的工作中,可以进一步优化工作流,加大算法并行程度;还可通过丰富插件资源,将系统应用于其他基于数字图像的模式识别算法研究。

参考文献 (References)

- [1] Nilsback M E, Zisserman A. A visual vocabulary for flower classification [C] // Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Chicago, USA: IEEE Computer Society, 2006: 1447-1454.
- [2] Zhang C, Liu J, Liang C, et al. Image classification using harr-like transformation of local features with coding residuals [J]. Signal Processing, 2013, 93: 2111-2118.
- [3] Zou J, George N. Evaluation of model based interactive flower recognition [C] // Pattern Recognition. Cambridge, UK: IEEE, 2004: 311-314.
- [4] Hsu T H, Lee C H, Chen L H. An interactive flower image recognition system [J]. Multimedia Tools and Applications, 2011, 53(1): 53-73.
- [5] Lv M Q, Xue J Y, Hu Q M. Reusable component model based on software architecture [J]. Application Research of Computers, 2008, 25(1): 120-122. [吕明琪, 薛锦云, 胡启敏. 基于软件体系结构的可复用构件模型 [J]. 计算机应用研究, 2008, 25(1): 120-122.]
- [6] Ludäscher B, Altintas I, Berkley C, et al. Scientific workflow management and the Kepler system [J]. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 2006, 18(10): 1039-1065.
- [7] Oinn T, Addis M, Ferris J, et al. Taverna: a tool for the composition and enactment of bioinformatics workflows [J]. Bioinformatics, 2004, 20(17): 3045-3054.
- [8] Gao H P, Lv J. Research and realization of plug-in development technique [J]. Computer Engineering and Design, 2009, 30(16): 3805-3807. [高慧萍, 吕俊. 插件式开发技术研究与实现 [J]. 计算机工程与应用, 2009, 30(16): 3805-3807.]
- [9] Ye B. Research and implementation of plugin-based visual service creation and deployment tool [D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2010. [叶波. 基于插件体系结构的服务可视化生成部署工具的研究与实现 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2010.]
- [10] Luo N. Implementation of OPS plugin based on Eclipse platform [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2012. [雒娜. 基于 ECLIPSE 平台的 OPS 插件开发 [D]. 上海: 上海交通大学, 2012.]
- [11] Kuester F, Hamann B, Joy K I. VirtualExplorer: a plugin-based virtual reality framework [C] // Photonics West 2001-Electronic Imaging. Orlando, Florida: International Society for Optics and Photonics, 2001: 436-442.
- [12] Maiorca D, Giacinto G, Corona I. A pattern recognition system for malicious pdf files detection [M] // Machine Learning and Data Mining in Pattern Recognition. Berlin Heidelberg: Springer, 2012: 510-524.
- [13] Schneider K, Siebers M, Schmid U. A framework for pain classification by automatic facial expression analysis [J]. Cognitive Systems, 2013: 1-19.
- [14] Wegener J, Schwarick M, Heiner M. A plugin system for Charlie [C] // Proceedings of International Workshop CS&P 2011. Putusk, Poland: Bialystok University of Technology, 2011: 531-554.
- [15] Halchenko Y O, Hanke M. Open is not enough. Let's take the next step: an integrated, community-driven computing platform for neuroscience [J]. Frontiers in Neuroinformatics, 2012, 6: 22-23. [doi: 10.3389/fninf.2012.00022]
- [16] Niemueller T, Ferrein A, Beck D, et al. Design principles of the component-based robot software framework fawkes [M] // Simulation, modeling, and programming for autonomous robots. Berlin: Springer, 2010: 300-311.
- [17] Yang K J, Liu Q J, Xu T R. On Multi-threaded concurrent control technology for thread pool [J]. Computer Applications and Software, 2010, 27(1): 168-170. [杨开杰, 刘秋菊, 徐汀荣. 线程池的多线程并发控制技术 [J]. 计算机应用与软件, 2010, 27(1): 168-170.]
- [18] Huang Z, Leng J. Analysis of Hu's moment invariants on image scaling and rotation [C] // Proceedings of the 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology. Chengdu, China: IEEE, 2010: 476-480. [DOI: 10.1109/ICCET.2010.5485542]
- [19] Haralick R M, Shanmugam K, Dinstein I H. Textural Features for Image Classification [J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1973, 3(6): 610-621.
- [20] Pei Y. Study on the flower identification technology with digital images [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2011. [裴勇. 基于数字图像的花卉种类识别技术研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2011.]
- [21] Huang Y Q, Zhao K, Jiang X Y. RBF-SVM feature selection arithmetic based on kernel space mean inter-class distance [J]. Application Research of Computers, 2012, 29(12): 4556-4559.