

基于多特征融合的花卉图像检索

柯 逍^{1,2} 陈小芬³ 李绍滋^{1,2}

(厦门大学智能科学与技术系 厦门 361005)¹ (福建省仿脑智能系统重点实验室 厦门 361005)²
(厦门大学计算机科学系 厦门 361005)³

摘 要 以植物花卉图像为研究对象,对植物花卉图像在区域分割、特征提取、基于内容的雷同图像过滤以及基于 SVM 的植物花卉图像检索等方面进行了系统、深入和较为全面的研究。首先为保证检索效果,提出了基于 Canny 边缘的雷同图片过滤算法对花卉图像库中的雷同图片进行过滤。然后提出基于 2RGB 混合颜色模型的自适应阈值分割算法来对花卉图像进行分割。对特征提取采用多特征融合的方法,其中针对形状特征提出了基于 HSV 颜色模型的加权不变矩,并提出了结合形状特征与纹理特征的边缘 LBP 算子。通过在花卉图像库进行的实验表明,提出的若干方法都是有效的。

关键词 花卉检索,基于内容的图像检索,区域分割,特征提取,雷同图片过滤

中图法分类号 TP391 **文献标识码** A

Flower Image Retrieval Based on Multi-features Fusion

KE Xiao^{1,2} CHEN Xiao-fen³ LI Shao-zi^{1,2}

(Cognitive Science Department, Xiamen University, Xiamen 361005, China)¹
(Fujian Key Laboratory of the Brain-like Intelligent Systems, Xiamen 361005, China)²
(Computer Science Department, Xiamen University, Xiamen 361005, China)³

Abstract This paper had systematic and overall researches on flower images, including regional segmentation, feature extraction, content-based duplicate images filtering and SVM-based image retrieval, etc. Firstly, in order to ensure retrieval results, we proposed duplicate images filtering algorithm based on Canny edge to detect duplicate images. Then we proposed adaptive threshold segmentation algorithm based on 2RGB mixed color model to segment flower images. Using multi-feature fusion strategy for feature extraction, we proposed weighted invariant moment shape based on HSV color model, as well as edge LBP feature which both combined texture feature and shape feature. Finally, we executed experiments on flower image library, comparative results show that above algorithms are effective.

Keywords Flowers retrieval, Content-based image retrieval, Regional segmentation, Feature extraction, Duplicate image filtering

1 引言

目前图像检索研究的核心问题主要集中在以下几个方面^[1,2]: 1) 图像的特征提取与表示方式; 2) 图像的相似性比较; 3) 特征的依赖性和应用局限性; 4) 多种检索方法结合; 5) 机器学习和相关反馈的应用。随着植物图像的获取越来越方便, 相比于文字标注, 图像本身具有更加形象直观的优点, 通过图像内容来识别和分类植物具有更大的意义^[3]。

基于内容的植物花卉图像检索, 其主要难点在于: 1) 花卉背景复杂; 2) 自然光照亮度与强弱的变化; 3) 阴影影响; 4) 花卉自身多样性(如花的形态不同、拍摄角度不同、花卉形状大小及清晰程度不同等); 5) 遮挡处理问题; 6) 实时性、鲁棒性。因此本文采用基于内容的图像检索相关技术, 对植物花卉图

像检索进行研究。

本文的主要贡献包括: 首先为保证检索效果, 提出了基于 Canny 边缘的雷同图片过滤方法对花卉图像库中的雷同图片进行过滤。接着本文提出了基于 2RGB 混合颜色模型的自适应阈值分割算法对花卉图像进行分割。特征提取采用多特征融合的方法, 其中针对形状特征提出了基于 HSV 颜色模型的加权不变矩, 以及提出了结合形状特征与纹理特征的边缘 LBP 算子。在花卉图像库进行了实验, 取得了很好的效果。

2 图像库的预处理

由于部分实验图像库是从互联网上获取的, 而现有的网络图像搜索引擎都是基于文本的, 因此导致输入相同关键词搜索时会出现内容雷同的图片。为了保证检索效果, 必须对

到稿日期: 2009-12-09 返修日期: 2010-02-25 本文受国家自然科学基金(60873179, 60803078), 高等学校博士学科点专项科研基金(20090121110032), 深圳市科技计划基础研究项目(JC200903180630A)资助。

柯 逍(1983—), 男, 博士生, 主要研究方向为图像检索、图像自动标注与图像理解等, E-mail: kevinkeixiao@sina.com; 陈小芬(1983—), 女, 硕士生, 主要研究方向为图像检索等; 李绍滋(1963—), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为图像处理与计算机视觉等。

图像库进行预处理,即过滤图像库中的雷同图片:根据用户输入的示例图片,从图像库中检索与示例图片相雷同的图片。本文采用两类方法,一类是基于颜色直方图,另一类是基于形状边缘。

基于颜色直方图过滤雷同图片采用两种方法:(1)基于灰度直方图的方法,该方法较简单,计算量小,可以粗略地得到颜色的分布特征,相似性度量采用欧氏距离;(2)基于 HSV 空间直方图的方法,采用符合人类视觉特征的 HSV 空间颜色模型,并在此颜色模型中通过量化方法获得直方图统计特征。其中,HSV 分别量化为 8 份、3 份、3 份,共 72bin。

直方图统计特征并不能表达出图片的空间分布信息,而雷同图片过滤中图片的全局空间信息尤其重要。因此,考虑到 Canny 算子^[4]可以很好地描述图像的细边缘,我们提出了基于 Canny 边缘的雷同图片过滤算法,算法流程如下:

输入:示例图片 I 和检索库中的图片集 C;

输出:与示例图片雷同的检索库中所有图片 C_Result;

- 1)将示例图片 I 转换成灰度图像 G,并初始化阈值 T;
- 2)利用双线性插值方法将灰度图像 G 缩放到 16×16 的分辨率;
- 3)针对缩放后的 G 采用 Canny 算子提取出图像边缘,并把整幅图像的 256 个像素值作为边缘特征 edgeFeature_G[256];
- 4)对于图片集 C 中的每一幅图片 C_i:
 - 4.1 采用步骤 1—步骤 3 获得 256 维边缘特征向量 edgeFeature_C_i[256];
 - 4.2 利用一阶距离计算两向量 edgeFeature_G 与 edgeFeature_C_i 的距离 Distance_G_C_i;
 - 4.3 if(Distance_G_C_i<T),将图片 C_i 加入到图片结果集 C_Result;
- 5)输出图片结果集 C_Result。

采用 3 种方法过滤雷同图片的实验结果如图 1 所示。其中方法 1 为采用基于灰度直方图的方法,方法 2 为采用基于 HSV 颜色空间直方图的方法,方法 3 为我们提出的基于 Canny 边缘的方法。

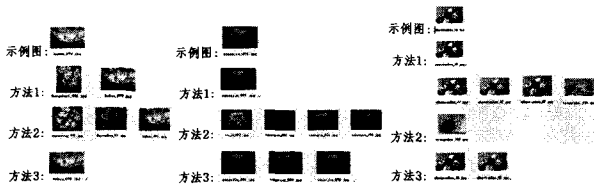


图 1 雷同图片过滤效果对比

由图 1 可发现,基于灰度直方图的方法,由于失去了图像真实颜色信息,实验结果很不理想。基于 HSV 颜色空间直方图方法的实验结果较基于灰度直方图方法有所提高,但是仍然会检索出颜色直方图分布相似而内容完全不相关的图像。我们提出的基于 Canny 边缘的雷同图片过滤方法,由于加入了图像的细边缘作为全局空间特征,可以获得很好的过滤效果。

3 花卉图像分割

自然花卉图像背景比较复杂,即使是同一类花卉图像所处的背景环境也不尽相同。因此,为了在植物花卉图像检索中取得良好效果,首先应该将花卉区域从图像中分割出来,然后使用基于区域的图像检索技术实现在对象层的检索。在此我们将讨论 3 种图像分割算法。

3.1 基于 HSV 颜色模型的金字塔分割算法

首先利用 HSV 颜色空间 3 个分量的无关性,对 HSV 3 个分量的灰度图用金字塔连接算法^[5,6]分别进行分割。然后对分割后的各分量图采用加权方式进行组合,得到灰度图像。最后利用迭代法在灰度图上获得最佳阈值并进行分割,得到最后的二值图像。

3.2 基于显著图的感兴趣区域提取算法

3.1 节介绍的金字塔分割算法,虽然在一定程度上提高了分割效果,但是效果仍不理想,不能很好地把感兴趣的花卉区域分割出来。因此,我们又尝试采用基于感兴趣区域的图像表示方法,以避免图像精确分割所带来的困难。结合 Itti 的视觉注意模型^[7],首先得到图像中每一点受关注程度的定量描述,生成显著图,然后利用迭代法获得的阈值进行分割,提取出感兴趣区域。通过计算显著区域的中点与两个平均距离得到一个矩形区域,并对这些显著点进行均衡操作,使结果更加合理。

3.3 基于 2RGB 混合颜色模型的自适应阈值分割算法

由于前述分割算法效果并不理想(后面的实验可以发现),通过分析花卉图像中的花卉区域与背景区域的颜色特性,决定采用颜色模型进行分割。

3.3.1 2RGB 混合颜色模型

首先考虑常用的彩色图像分割方法,即 HSV 颜色空间下的 H 分量分割。通过后面的实验结果可以发现,H 分量对于特定的花卉图像的分割具有很好的效果,但对于不同颜色的花卉图像会出现截然相反的结果,因此 H 分量图像不具有通用性。

通过观察大量花卉图像的颜色分布,发现多数花卉的颜色偏向于红色分量,即偏向于 R 分量。在研究过程中通过对自然光线下的翠菊、大岩桐等花卉图像的大量对比实验发现,虽然 RGB 模型各分量对于不同的花卉颜色聚类距离较远,但它们的分量组合 2R-G-B 的聚类较为集中,从而可以很好地分离不同的花卉与背景。另外,2R-G-B 组合分量还有一个很大的优点,就是受光线和阴影的影响很小。因此我们提出了 2RGB 混合颜色模型, r, g, b 分别为 RGB 空间 3 个分量的值:

$$f(i, j) = \begin{cases} 0, & \text{if } R < B \text{ 或者 } R < G \\ 2 \times r - g - b, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

考虑到有些花卉的颜色是偏白或者偏蓝,如果上式偏红的面积小于 T 值(T 值通过经验获取),那么采用偏白的模型;同时如果偏白的面积小于 T 值,那么采用偏蓝的模型。偏白与偏蓝的公式分别如下:

$$f(i, j) = \begin{cases} r, & \text{if } R > 200 \& (R - B < 20 \mid R - G < 20) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$f(i, j) = \begin{cases} 2.5 \times b - g - r, & \text{if } B > 150 \& B > G \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

通过以上步骤,获得经过 2RGB 颜色模型处理后的灰度图像。

3.3.2 改进的基于 Fisher 评价函数的自适应取阈法

基于 Fisher 评价函数的自适应取阈^[8]可得到区分目标与背景的阈值。利用 Fisher 评价函数获得的自适应阈值,在花卉图像分割中取得了不错的效果。但是,有些图像的 2RGB 组合灰度图像的花卉与背景区域并不太明显,因此为了突出前景,减弱背景对于分割的干扰,采用对前景与背景加权的方法,获得了更好的分割效果。我们提出的改进评价函

数如下:

$$J(t) = \frac{|\mu_1 P_1 - \mu_2 P_2|^2}{\lambda_1 P_1 \sigma_1^2 + \lambda_2 P_2 \sigma_2^2} \quad (4)$$

式中, λ_1 表示背景的加权值, λ_2 表示前景的加权值。实验表明, 当 λ_1 取 1, λ_2 取 2 时, 分割效果最好。

3.3.3 形态学滤波与二值图像的连通性分析

采用开启和闭合运算对二值化后的图像进行滤波。先采用闭合运算, 目的是提高花卉区域的连通性并去除花卉图像上的噪声。再用开启运算, 去除花卉区域以外的噪声。

经过腐蚀膨胀后, 有些二值图像仍然保留了小面积的非花卉区域或小噪声点, 不利于检索中图像的匹配。因此, 本文提出采用二值连通区域算法来获得最大连通区域, 以过滤掉一些小的不重要的区域。算法流程如下:

输入: 二值图像 BinaryImg;

输出: 只保留一个区域的二值图像 FinalBinaryImg;

Step1 初始化标记矩阵 SignMat、连通区域个数 Num、数据集 C;

Step2 用 8-连通标记输入的二值图像 BinaryImg, 得到标记矩阵 SignMat 和连通个数 Num;

Step3 根据连通个数 Num 和标记矩阵 SignMat, 对于每一个连通分支:

a) 将该连通区域的每个像素点的位置放在数据结构 ConnectComp c_i 里;

b) 计算此连通分支的像素个数即面积;

c) 将获得的 c_i 放进数据集 C 中;

Step4 从数据集 C 中得到面积最大的连通分支, 且只保留面积最大的连通分支, 并返回只有一个连通区域的二值图像 FinalBinaryImg。

其中, 数据结构 ConnectComp 包含坐标位置与面积等属性。

3.4 实验结果

实验 1 基于 HSV 颜色模型的金字塔分割算法。实验最后选定 HSV 3 个分量加权值为分别为 0.3, 0.3, 0.4。分割结果如图 2 所示, 其中(a)为自然条件下的原始花卉图像, (b)为色调 H 分量, (c)为饱和度 S 分量, (d)为光照 V 分量, (e)为通过加权组合得到的灰度图, (f)为用迭代法所得的自适应阈值进行分割后获得的二值图像。从图 2 可以看出, 金字塔连接算法具有较好的自适应性, 但是对某一类花卉的分割效果却很差。此外由于外在自然条件以及各类花卉本身的特性, 没有一种加权值可以适用于各类花卉图像。

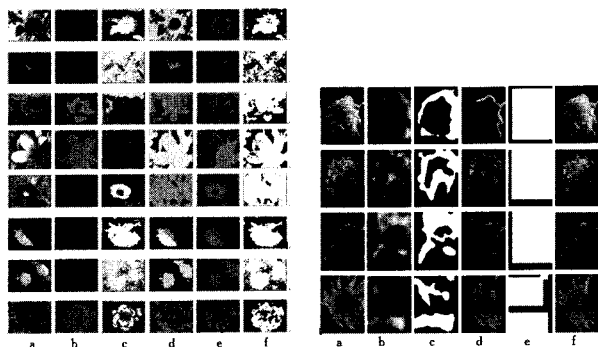


图 2 基于 HSV 的金字塔分割

图 3 基于显著图的感兴趣区域分割

实验 2 基于显著图的感兴趣区域提取方法的分割效果如图 3 所示, 其中(a)为原始花卉图像, (b)为显著图, (c)为分割后的显著图, (d)为分割后的原图, (e)为矩形显著区域, (f)

为最后的分割结果。从图 3 的实验结果可以看出, 分割结果并不理想。对于一部分花卉图像, 花卉区域的显著值很低, 而图像背景的某些区域的显著值却异常的高, 这些都直接导致后面阈值分割效果不佳。通过分析, 发现存在以下原因: (1) 花卉背景区域的多样性以及自然光照的影响, 导致背景区域的变化比花卉区域的更加显著。 (2) 显著图中有时只把花卉区域的一部分当成了感兴趣区域, 如花蕊。由于花蕊与周围花瓣在颜色上往往有明显变化, 因此其显著值比花瓣的高。 (3) 采用迭代法获得自适应阈值, 但如果前景和背景并不明显, 迭代法获得的阈值并不能很好地将花卉区域分割出来。

实验 3 我们提出的基于 2RGB 混合颜色模型的自适应阈值分割效果如图 4 所示, 其中(a)为自然条件下的原始花卉图像, (b)为 2RGB 组合分量图像, (c)为经过 2RGB 分量阈值分割后的结果, (d)为形态学滤波结果, (e)为经过连通区域处理后的结果, (f)为分割后的原花卉区域图像。采用本文提出的 2RGB 颜色模型与改进的 Fisher 评价函数获得的自适应阈值能取得良好的分割效果, 能准确地把大部分花卉图像中的花卉区域分割出来, 而且各类花卉的分割结果稳定。

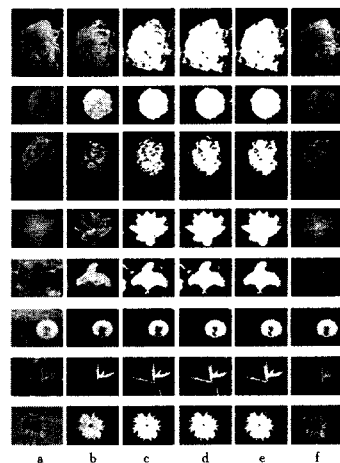


图 4 基于 2RGB 自适应阈值分割

4 基于 SVM 的多特征融合花卉图像检索及实验

本文在检索中利用 SVM^[9] 分类器。本节主要讨论图像的多特征融合与构造多分类 SVM 分类器的问题。

4.1 图像底层特征

本文采用的颜色特征为 HSV 非均匀量化直方图特征和 RGB 3 阶颜色矩^[10]。纹理特征采用灰度共生矩阵特征^[11]和基于 Gabor 小波^[12]的纹理特征。考虑到有些花卉之间存在较大的相似性, 本文用分块的思想与 Gabor 小波相结合, 提出基于分块的 Gabor 小波纹理特征应用于检索。本文尝试了 $2 \times 2, 3 \times 3, 4 \times 4$ 三种分块方法。实验结果表明, 3×3 分块结果最理想。

形状特征提取方面我们提出了基于 HSV 颜色模型的加权不变矩, 算法流程如下:

1) 对每幅输入图像进行颜色空间转换, 从 RGB 空间转换成 HSV 空间;

2) 计算各个分量的 Hu 不变矩;

3) 计算彩色加权 Hu 不变矩, 具体为 $\phi_i = w_h \phi_{hi} + w_s \phi_{si} + w_v \phi_{vi}$, $i = 1, 2, \dots, 7$

其中, ϕ_{hi} 为色调不变矩, ϕ_{si} 为饱和度不变矩, ϕ_{vi} 为亮度不变

矩, w_h, w_s, w_l 分别为色调、饱和度、亮度的权值。

此外,我们还考虑了局部二值模式(Local Binary Patterns, LBP)特征。基本的 LBP 算子^[13,14]是一种灰度范围内的纹理度量,具有灰度范围的平移不变性,但不具备旋转不变性。而 Uniform Pattern 的 LBP 算子可以消除图像旋转产生的影响,具有旋转不变性,因此实验中采用 Uniform Pattern 的 LBP 算子来描述纹理特征。实验表明,LBP 算子确实能在一定程度上提高植物花卉图像的检索效果。但是,人类在区分不同种类花卉图像时,边缘形状是一个重要的视觉引导因子。因此,本文提出了基于边缘的 LBP 算子,用于提取花卉图像特征。算法流程如下:

- 1)对每幅输入图 I,从 RGB 空间转换到灰度空间,得到灰度图像 G;
- 2)采用边缘算子(Sobel 边缘算子、Prewitt 边缘算子或 Canny 边缘算子)对灰度图像 G 进行边缘提取,得到 E;
- 3)对得到的边缘 E 进行二值化处理,得到二值图像 B,具体过程如下:
 - 3.1)对于 E 中的每一个像素点 E(x,y),如果 E(x,y)>0,则 B(x,y)=1,否则为 0;
- 4)采用统一模式的 LBP_{8,1}^{unif}对二值图像 B 进行处理后得到图像 LBP_IMAGE;
- 5)对图像 LBP_IMAGE 进行直方图统计并归一化,得到 59 维直方图特征 LBPHist。

通过实验发现,相比于 Sobel 算子和 Prewitt 算子,Canny 算子更能体现花卉的细致边缘,在花卉检索中效果更加理想。

4.2 实验建立

为了让图像库中不出现雷同图片,利用本文提出的基于 Canny 边缘的雷同图片过滤方法过滤雷同图片,这样能真实地反映更客观的检索效果。我们构建的植物花卉图像数据库包括 2761 幅图像,共 15 个类别,分别为翠菊、大岩桐、杜鹃、风信子、荷花、鸡冠花、喇叭花、玫瑰、蒲公英、三色堇、石蒜、水仙花、天堂鸟、向日葵、郁金香。其中,用于训练的有 1590 幅,其余的当作检索库与测试库图像,共 1171 幅。

采用综合查准率、综合查全率以及综合率来评估系统的综合检索效果,针对测试库中的图片类别进行统计。在返回的 L 张图片中, a_{ik} 为第 i 类下第 k 张图片从检索库中正确检索出的相关图像数, m_i 为测试库中类别为 i 的图片数, t_i 为返回检索库中对应类的图片总数(即返回的图片数按 t_i 计算),所有类的综合查准率 P、综合查全率 R 以及综合率 F 见式(5)。

$$P = \frac{\sum_{i=1}^{15} (\sum_{k=0}^{m_i} a_{ik})}{\sum_{i=1}^{15} (L \times m_i)}, R = \frac{\sum_{i=1}^{15} (\sum_{k=0}^{m_i} a_{ik})}{\sum_{i=1}^{15} (m_i \times t_i)}, F = \frac{2 \times P \times R}{P + R} \quad (5)$$

4.3 实验结果

实验 1 验证分割算法的有效性。分割算法采用我们提出的基于 2RGB 混合颜色模型自适应阈值分割算法。在采用相同的图像特征以及返回图片数是 20 张的前提下进行实验。

表 1 分割算法检索性能(%)

花卉类别	不用分割算法			采用我们的分割算法		
	查准率	查全率	综合率	查准率	查全率	综合率
所有类	76.79	67.72	71.97	86.34	81.45	83.82

从表 1 可以看出,本文提出的分割算法较没有使用分割算法,所有类别的综合查准率提高了 9.55%,综合查全率提

高了 13.73%,系统的综合率提高了 11.85%。可见,用本文提出的分割算法大大提高了检索效果。

实验 2 采用我们提出的基于 2RGB 混合颜色模型的自适应阈值分割算法,对分割后的图像采用不同组合特征进行检索:

(1)分析不变矩和 Gabor 特征,其中 H 表示 HSV 颜色直方图特征,G 表示基于 Gabor 小波的纹理特征,4G 表示 4 分块的 Gabor 特征,9G 表示 9 分块的 Gabor 特征,hu 表示颜色不变矩特征,w_hu 表示加权不变矩,即对 HSV 3 个分量进行加权而得的颜色不变矩特征。具体对比实验如图 5 所示。

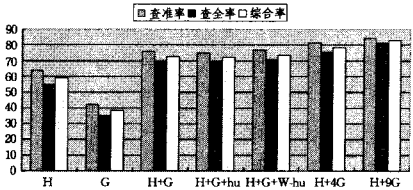


图 5 多特征对比

从图 5 可以看出,1)将 HSV 与 Gabor 特征组合,可以获得不错的结果。当加入标准的不变矩,实验效果并没有提高。而使用本文提出的加权颜色不变矩,综合检索效果提高了 1.4%。2)相比于整幅图像的 Gabor 特征,我们提出的分块 Gabor 特征大大提高了检索效果。其中,4 分块与 9 分块的 Gabor 特征分别比未分块 Gabor 特征提高了 6%,10%。分块 Gabor 特征虽然提高了检索效果,但其计算复杂度随着分块数目的增加而增加。

(2)在上个实验的基础上,继续加入颜色矩和灰度共生矩阵,检索结果又得到了提高。在获得 HSV 直方图、颜色矩、Gabor 纹理、加权 hu 不变矩、灰度共生矩阵等组合特征(图中简称为特征 F)的基础上,通过分析花卉的纹理与形状,引入了 LBP 特征。图 6 为引入基本 LBP 特征、Uniformed LBP 特征以及我们提出的基于边缘 LBP 特征的对比。

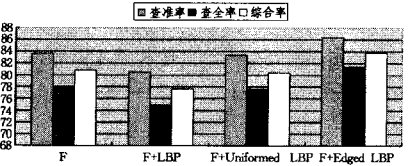


图 6 LBP 特征对比

从图 6 可以看到,引入原始的 LBP 特征并没有提高检索效果,反而下降了;Uniformed LBP 特征相比于原始的 LBP 特征,综合检索效果提高了 2.7%;而用我们提出的基于边缘的 LBP 特征,相比于原始 LBP 特征,综合检索效果提高了 6.2%,相比于 Uniformed LBP 特征,综合检索效果提高了 3.5%。可见,本文提出的基于边缘的 LBP 特征很有效。

实验 3 最后我们采用 HSV 非均匀量化直方图、颜色矩、灰度共生矩阵、Gabor 小波、加权 hu 不变矩以及边缘 LBP 特征组合成多维综合特征进行检索,得到的检索结果如表 2 所列。

表 2 综合特征的检索结果

编号	花卉类别	测试库图像数/检索库图像数	基于 2RGB 混合颜色模型的自适应阈值分割算法		
			查准率(%)	查全率(%)	综合率(%)
1	翠菊	64/64	86.88	80.40	81.94

2	大岩桐	56/56	80.27	70.73	73.24
3	杜鹃	105/105	85.29	74.06	75.86
4	凤信子	65/65	88	80.97	82.62
5	荷花	60/60	71.25	63.42	65.38
6	鸡冠花	59/59	71.19	65.67	67.07
7	喇叭花	87/87	80.92	70.39	72.36
8	玫瑰	68/68	74.26	60.34	63.50
9	蒲公英	30/30	98.67	97.33	97.87
10	三色堇	49/49	88.98	83.30	84.95
11	石蒜	144/144	93.82	90.52	90.92
12	水仙花	85/85	98.29	97.70	97.82
13	天堂鸟	95/95	94.05	90.70	91.29
14	向日葵	124/124	89.07	85.0	85.57
15	郁金香	80/80	83	75.22	76.78
16	Total	—	86.34	81.45	83.82

从表 2 可以看到,我们提出的基于 SVM 多特征融合的花卉图像检索效果很理想。图像库中共有 15 类花卉图像,在返回 20 张图像的前提下,查准率达到 80% 以上的有 12 类,只有荷花、鸡冠花、玫瑰的查准率仅达到 70% 多;而查全率高达 80% 以上的共有 9 类;综合图像库中 15 类花卉,综合查准率高达 86.34%,综合查全率也达到 81.45%,而综合率达到了 83.82%。分析查准率没有达到 80% 的花卉种类,可能的原因如下:一是这些花卉的分割效果还不理想;二是这些花卉与其它类别的花卉比较相似;三是目前的特征不能完全描述这些花卉。

结束语 本文以植物花卉图像为研究对象,对植物花卉图像在区域分割、特征提取、基于内容的重复图像过滤以及基于 SVM 的植物花卉图像检索等问题进行了系统、深入和较为全面的研究。通过大量实验,验证了我们提出的重复图片过滤算法、基于 2RGB 混合颜色模型的自适应阈值分割算法的有效性。接着针对分割后的花卉图像提出了分块 Gabor、基于 HSV 颜色模型的加权不变矩、边缘 LBP 算子等特征提取算法。通过在花卉图像库中进行实验,验证了我们提出的若干算法的有效性。下一步的研究工作包括如何提取更适合花卉的特征以及如何结合相关反馈技术对分类结果进行改善等。

参 考 文 献

- [1] 李向阳,庄越挺,潘云鹏. 内容的图像检索技术与系统[J]. 计算

机研究与发展,2001,38(3):345-354

- [2] 斯白露. 基于感兴趣区域的图像检索方法[D]. 北京:中国科学院,2002
- [3] 吴清锋. 基于内容的中草药植物故乡检索关键技术研究[D]. 厦门:厦门大学,2007
- [4] Canny J. A Computational Approach to Edge Detection [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1986, 8(11): 679-698
- [5] 林开颜,吴军辉,徐立鸿. 彩色图像分割方法综述[J]. 中国图象图形学报,2005,10(1):1-10
- [6] 杜娟,李文锋. 基于金字塔连接算法的彩色图像分割[J]. 武汉理工大学学报,2006,28(1):112-115
- [7] Laurent I, Christof K, Ernst N. A Model of Saliency-based Visual Attention for Rapid Scene Analysis[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1998, 20(11): 1254-1259
- [8] Chen Guo. The Fisher criterion function method of image thresholding [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument(仪器仪表学报),2003,24(6):564-567
- [9] 王国胜. 支持向量机的理论与算法研究[D]. 北京:北京邮电大学,2007
- [10] Stricker M A, Markus O. Similarity of Color Images[C]// SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases. 1995, 2185:337-349
- [11] Chang E, Goh K, Wu Gang. CBSA: Content-based soft annotation for multimodal image retrieval using bayes point machines [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2003, 13(1): 26-38
- [12] Grigorescu S E, Petkov N, Kruizinga P. Comparison of Texture Features Based on Gabor Filters[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2002, 11(10): 1160-1167
- [13] Ojala T, Pietikainen M, Maenpaa T. Multiresolution Gray-scale and Rotation Invariant Texture Classification with Local Binary Patterns [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2002, 24(7): 971-987
- [14] Maenpaa T, Ojala T, Pietikainen M, et al. Robust texture classification by subsets of local binary patterns [C]// Proc. 15th International Conference on Pattern Recognition. 2000: 947-950

(上接第 251 页)

结束语 本文在 Zernike 矩的形状特征检索的基础上,提出了一种新的降维方法,将 LPP 中保持局部的拉普拉斯图中引入全局算法 PCA,使得保留样本局部结构的同时保证样本的相对完整性,而且有效地保持了 Zernike 矩本身具有的旋转不变性,提高了图像检索的精度。同时大大降低了时间和计算量,在实际应用中会有效提高工作效率。实验结果表明,本文方法不但有效,而且具有很好的检索性能,其检索结果能较好地接近人的视觉感知效果。

参 考 文 献

- [1] Ye Bin, Peng Jiaxiong. Improvement and Invariance Analysis of Zernike Moments Using as a Region-based Shape Descriptor [J]. Journal of Pattern Recognition and Image Analysis, 2002, 12(4): 419-428
- [2] Belkasim S, Shridhar M, Ahmadi M. Pattern Recognition with Moment Invariants: A Comparative Study and New Results[J]. Pattern Recognition, 1991, 24(12): 1117-1138
- [3] Chong Chee-way, Raveendran P, Mukundan R. A comparative a-

nalys of algorithms for fast computation of Zernike moments [J]. Pattern Recognition, 2003, 36: 731-742

- [4] Chrjs H, Ding Q, He X F. Principal component analysis and effective K-means clustering[C]// Preceedings of the Fourth SI-AM International Conference on Data Mining. 2004
- [5] Tenenbaum J, de Silva V, Langford J. A global geometric framework for nonlinear dimensionality reduction[J]. Science, 2000, 290(12): 2319-2323
- [6] 陈高曙,曾庆宁. 基于 LLE 算法的人脸识别方法[J]. 计算机应用研究, 2007
- [7] Belkin M, Niyogi P. Laplacian Eigenmaps for Dimensionality Reduction and Data Representation[J]. Neural Computation, 2003, 15(6): 1373-1396
- [8] He X, Niyogi P. Locality Preserving Projections [C]// Proc. Conf. Advances in Neural Information Processing Systems. 2003
- [9] 刘慧,袁文燕. 矩阵论及其应用 [M]. 北京:化学工业出版社, 2003
- [10] Lu Ke, He Xiaofei. Image retrieval based on incremental sparse learning[J]. Pattern Recognition, 2005, 38(11): 2047-2054