

面向照片-图形图像的二分类方法^①

郑灵凤, 胡 胜, 朱 蓉, 林青青

(嘉兴学院 数理与信息工程学院, 嘉兴 314001)

摘 要: 随着科技的发展, 图像应用技术日趋重要, 许多图像应用技术对照片图像和图形图像的要求和效果是不同的. 针对照片图像和图形图像分类的问题, 本文提出了一种新的基于二分法的图像分类方法, 这种方法混合了颜色、边缘和纹理三种图像特征, 通过对图像特征值的 K-means 聚类分析, 实现了照片图像和图形图像的分类. 经实验验证, 该方法在照片图像和图形图像的分类上取得较好的结果.

关键词: 图像分类; 特征提取; K-means 聚类; 二分法

Binary Classification Method for Picture Images and Graphic Images

ZHENG Ling-Feng, HU Sheng, ZHU Rong, LIN Qing-Qing

(College of Mathematics Physics and Information Engineering, Jiaxing University, Jiaxing 314001, China)

Abstract: With the development of technology, image application technology becomes increasingly important, and many image application technologies have a different requirement and effect for picture images and graphic images. In order to solve the problem of image classification for picture images and graphic images, this paper proposes a new image classification method based on binary classification, which mixes with three kinds of image features such as color, edge and texture. Through the analysis of image feature values that are used K-means clustering method, we achieve the classification for picture images and graphic images. The experimental results show that the method has a good classification effect for picture images and graphic images.

Key words: image classification; feature extraction; K-means clustering; binary classification

近几十年来, 随着科学技术的发展, 图像的形式以及形成不断地发生变化. 从实体图像到数字图像, 从黑白图像到彩色图像, 图像的形成产品和设备也日益多元化. 不同的图像形成过程, 形成的图像存在着差异. 按图像的来源对图像进行分类可以把图像分成两类, 一类是“照片图像”, 另一类是“图形图像”. 照片图像是人们通过数码成像设备从现实世界中的场景摄取而来, 而图形图像一般由人们将自己的构想通过计算机合成而来. 不同来源的图像其应用领域和应用的处理过程是不同的. 例如, 在网络中搜索风景为主题的照片图像时, 网上爬虫在网络中获取的大量图像中除了照片图像外还包含了许多广告、按钮等图形图像, 这些图形图像是我们不需要的, 在应用前必须剔除掉. 图像的复制、压缩、存储等应用中, 针对照片图像和

图形图像采用不同的算法其效果是不同的, 例如, 在图像复制应用中, Inverse-Power-Inverse^[1]方法应用在照片图像上能取得很好的效果, 但应用在图形图像上效果却并不理想. 事实上, 图像处理应用之前, 能获知图像的类别信息能得出更好的结果. 然而, 在图像应用处理之前并不能直接从扫描图像中获得图像类别的信息. 因此, 对图像进行照片图像和图形图像的分类是很有必要的. 而照片图像和图形图像的分类问题, 是一个典型的二分类问题, 采用二分法的处理思维能得到很好的结果.

图像分类, 是根据图像信息中反映的不同特征把不同类别的图像区分开来的方法. 基于二分法的图像分类, 就是不断排除我们不需要的图像, 来最终找到目标图像的一种方法. 基于二分法的图像分类研究目

① 基金项目: 浙江省自然科学基金(LY15F020039); 嘉兴学院国家级大学生创新创业训练计划(201610354007)

收稿时间: 2016-10-09; 收到修改稿时间: 2016-11-21 [doi:10.15888/j.cnki.csa.005827]

前备受国内外学者的关注,例如, Li 等人^[2]利用图像像素点聚集区域的平均 X2 统计量作为图像特征值提出了有关纹理图像和非纹理图像的分类方法;潘卫国等人^[3]通过提取图像颜色直方图和边缘直方图特征,利用支持向量机(SVM)分类器进行中国画图像和书法图像的分类;陆庆庆^[4]通过 PCA 和 LDA 的方法对人脸图像进行男性和女性图像的分类。除此之外,图像的多分类问题往往可以转化为二分类问题来解决,这意味着,多分类问题的解决同样可以建立在二分类上。例如, Vailaya 等人^[5]基于二分类把一个多分类问题拆分为多个二分类问题来解决,利用颜色直方图、多分辨率的自回归模型参数和 DCT 系数构成特征向量,实现了室内-室外,城市-风景,日落-山脉图像的分类。由上可知,基于二分类对照片图像和图形图像进行分类有一定的实用价值和现实意义,基于二分类的图像分类,是解决照片图像-图形图像等二分类问题以及多分类问题的关键。

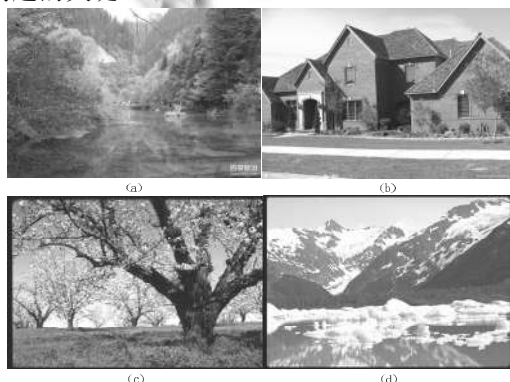


图 1 照片图像



图 2 图形图像

1 图像特征提取

图像特征具有一定的复杂性和多样性,但不同类型的图像的某些特征上一定会存在显著差异,这有助

于我们将其区分开来。在图 1 和图 2 中,照片图像和图形图像直观的差别有:照片图像内容复杂,颜色丰富但变化柔和;图形图像内容简单,颜色单一并且变化显著。针对这些直观的差别,本文主要选取了颜色、边缘和纹理这三种特征作为研究基础,以实现基于二分类法将图像分类为照片图像和图形图像的目的。以下,本文将分别针对这三种特征的提取方法进行简要介绍。

1.1 颜色特征提取

在彩色图像的分类问题上,颜色特征是应用最为广泛的视觉特征,因为颜色特征往往和图像的物体和场景相关。除此之外,颜色特征在图像的大小、方向、角度的相关性比较小,体现出较高的鲁棒性。传统的颜色特征提取方法有颜色直方图、色度矩、颜色集、颜色相关图、颜色聚合向量等。在本文中,我们采用 CIELab 彩色空间(简称 Lab 空间)来进行颜色特征统计,Lab 空间在色彩科学、创新艺术和打印机、摄像机、扫描仪等彩色设备的设计中有着广泛的应用。Lab 彩色空间清楚地分离了彩色信息(用 a 值和 b 值表示)和灰度信息(用 L 值表示),采用欧式距离很好地对应了彩色之间的感觉差别。因为这个性质,Lab 空间被认为是感知一致的。在 Lab 彩色空间中有三个分量, L 分量用于表示像素的亮度,取值范围是 $[0,100]$,表示从纯黑到纯白; a 表示从红色到绿色的范围,取值范围是 $[-128,127]$; b 表示从黄色到蓝色的范围,取值范围是 $[-128,127]$ 。

照片图像的颜色往往受到光照的影响而显得较为柔和,颜色变化缓慢,多呈现渐变效果,图形图像内容简单,颜色单一突出,多呈现骤变效果。 L 分量的颜色直方图能明显地突出两者特点。本文通过计算 L 分量直方图的颜色离散性特征值来进行照片图像和图形图像的分类。 L 分量直方图的颜色离散性特征值的计算公式如下:

$$R = \frac{(\sum_{i=1}^{B-1} |I(i+1) - I(i-1)|)}{300 \times 200} \quad (1)$$

其中,颜色的离散性特征值用 R 表示, B 是颜色频率直方图 I 中柄的数目(在本文中为 256 维) $I(i)$ 是一副图像的颜色频率直方图 I 的一个柄^[6]。

从图 3 和图 4 可以看出,照片图像的 L 分量直方图变化平滑,没有众多尖锐的峰值,因而它的颜色离散性特征值 R 很小;而图形图像的 L 分量直方图包含

了众多尖锐的峰值,它的颜色离散性特征值 R 相对较大.因此,颜色离散性特征值 R 是区分照片图像和图形图像的一个有效的特征值.

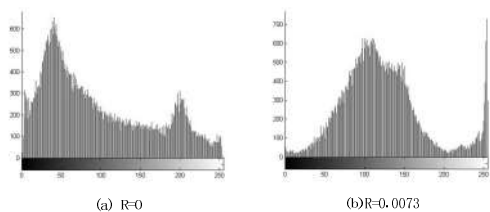


图3 照片-L分量直方图

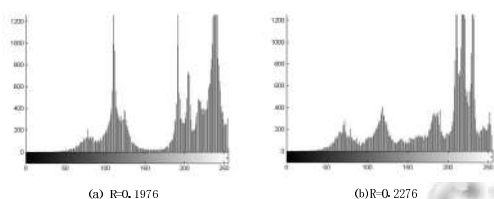


图4 图形-L分量直方图

1.2 边缘特征提取

边缘是指图像局部亮度变化最明显的部分,主要存在于目标和目标、目标和场景、不同区域之间,是特征提取的重要基础.边缘检测经典的算子有:Roberts 算子、Sobel 算子、Prewitt 算子、Laplacian 算子、LOG 滤波器(Marr-Hildreth 算子)、Kirsch 算子、Canny 算子等. Canny 算子是高斯函数的一阶导数,是对信噪比与定位之乘积的最优化逼近算子. Canny 算子是一个比较成熟而且具有优良性能的边缘检测算子,其主要思想包括两部分,一部分是先选择一定的 Gauss 滤波器对图像进行平滑滤波;另一个部分是采用“非最大抑制”技术提取边缘^[7]. Canny 算子能不影响边缘检测的情况下较好地抑制图像噪声,具有低误码率、高定位精度以及抑制虚假边缘等优点,所以本文优先选择使用 Canny 算子来进行图像的边缘检测.

本文在使用 Canny 算子进行边缘检测前,先使用了一个 5×5 的平均滤波器平滑图像;在获得的边缘图像上,使用一个 bwlabel 函数来返回边缘图像 8 连通区域的个数作为边缘特征值 E .

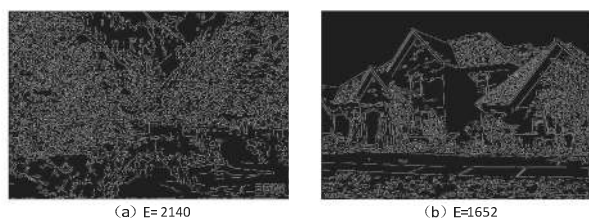


图5 照片-边缘图像

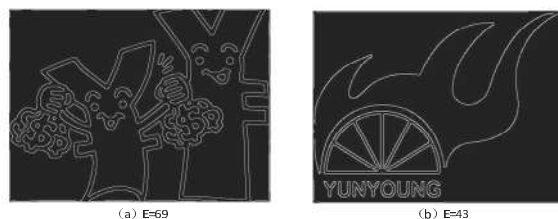


图6 图形-边缘图像

在图 5 和图 6 中可以看出,照片图像的边缘图像包含许多细碎的边缘,连通度比较低,因此它的 8 连通区域的个数会比较多,连成一片的区域比较小,边缘特征值 E 比较大;图形图像的边缘流畅连续,连通度比较高,因此它的 8 连通区域的个数会比较少,连成一片的区域比较大,边缘特征值 E 比较小.因此,计算图像边缘图像的连通度得出的边缘特征值 E 对于照片图像和图形图像的分类是有效的.

1.3 纹理特征提取

纹理是一种反映图像中同质现象的视觉特征,它体现了物体表面的具有缓慢变化或者周期性变化的表面结构组织排列属性.灰度共生矩阵(Gray Level Co-occurrence Matrix, GLCM)^[8]是当前非常常用的一种纹理特征提取方式,它是像素距离和角度的矩阵函数,通过计算图像中一定距离和一定方向的两点灰度之间的相关性,来反映图像在方向、间隔、变化幅度及快慢上的综合信息.传统的灰度共生矩阵的几个纹理特征值:角二阶矩(Angular Second Moment, ASM)、熵(Entropy, ENT)、反差分矩阵(Inverse Differential Moment, IDM)、惯性矩^[9]等在区分照片图像和图形图像上效果并不明显.我们使用一个改进的空间灰度相关(SGLD)方法^[10]对每一幅图像建立了一组二维直方图,计算二维直方图的偏度 S (Skewness)和峰度 K (Kurtosis).这两个值在一定程度上反映了照片图像和图形图像的区别.

偏度 S 的计算公式为:

$$S = \frac{\mu_3}{\sigma_3} \quad (2)$$

峰度 K 的计算公式为:

$$K = \frac{\mu_4}{\sigma_4} - 3 \quad (3)$$

其中, μ_3 、 μ_4 分别代表三阶中心距和四阶中心距,

$$\mu_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^k, k \text{ 取 } 3 \text{ 或 } 4 \quad (4)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

代表标准离差,

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

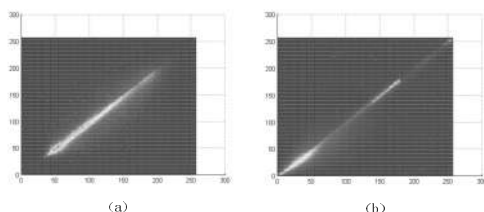


图 7 照片-二维直方图 xoy 截面截图

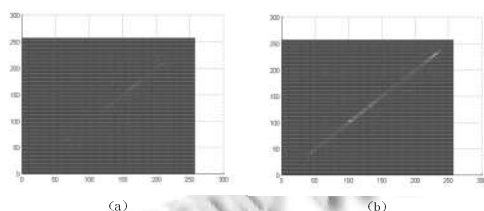


图 8 图形-二维直方图 xoy 截面截图

从图 7 和图 8 可以看出, 照片图像的二维直方图的水平切面(xoy 截面)对角线呈现光亮且对角线两侧也包含较多的亮点; 图形图像的二维直方图的水平切面呈现一条细细的对角线, 光亮较为暗淡, 两侧几乎没有多余的亮点. 因此, 利用纹理特征来进行照片图像和图形图像分类也是有效的.

由上可知, 利用混合颜色、边缘和纹理特征的方法来区分照片图像和图形图像是有效的.

2 基于二分法的图像分类

基于二分法的图像分类, 即把图像分为两类, 一类是根据需求划分出来的, 另一类是不属于需求的. 照片图像和图形图像的分类符合这一情况. 提取完图像的多个特征后, 开始利用这些特征值对图像进行分类. 本文通过对图像特征值采用改进的 K-means 算法进行分类分析, 实现照片图像和图形图像的分类. K-means 算法原理简单, 计算速度快, 具有广泛的实际应用. 下面给出传统 K-means 算法的具体步骤:

(1) 给定大小为 n 的数据集, 令 $I=1$, 选取 k 个初始聚类中心 $Z_j(I), j=1, 2, 3, \dots, k$;

(2) 计算每个数据对象与聚类中心的距离 $D(x_i, Z_j(I)), i=1, 2, 3, \dots, k$, 如果满足:

$$D(x_i, Z_j(I)) = \min \{D(x_i, Z_j(I)), i=1, 2, 3, \dots, n\} \quad (7)$$

则 $x_i \in C_k$;

(3) 计算 k 个新的聚类中心:

$$Z_j(I+1) = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} x_i^{(j)}, j=1, 2, \dots, k \quad (8)$$

即取聚类中所有元素各自维度的算术平均数;

(4) 判断: 若 $Z_j(I+1) \neq Z_j(I), j=1, 2, 3, \dots, k$, 则 $I=I+1$, 返回(2); 否则算法结束.

在传统的 K-means 算法中, 随机选择 k 个点作为初始聚类中心可能会使得聚类的结果和图像的实际分类相差很大, 所以本文使用一种改进的 K-means 算法, 该方法借鉴了 Arthur 等人^[11]文献中关于选取初始聚类中心的思想: 初始的聚类中心的相互距离要尽可能的远.

为了确保分类结果的有效性, 我们采用先求极值再求质心的方法来选择初始聚类中心. 对于图像训练集 T (图像类别已知) 中的图像, 我们的具体处理如下:

(1) 对每一幅属于 T 中的图像 T_i 进行尺寸归一化、平滑等预处理. 计算每一幅图像 T_i 的颜色离散性特征值 R 、边缘特征值 E 和纹理特征值 S 和 K .

(2) 分别对照片图像和图形图像共有的图像特征值进行分析, 计算它们关于 4 个特征值的极值 P_{max} 、 P_{min} 、 G_{max} 、 G_{min} . 计算极值的差, 若 $|P_{max} - G_{min}| \leq |G_{max} - P_{min}|$, 则取值 G_{max} 和 P_{min} , 否则取值 P_{max} 和 G_{min} .

(3) 得到照片图像的极值点 $P(P_1, P_2, P_3, P_4)$ 和图形图像的极值点 $G(G_1, G_2, G_3, G_4)$. 根据得到的两个点和已知图像的类别, 以求取质心的方式不断修正照片图像和图形图像的聚类中心.

(4) 分别得到照片图像的聚类中心 $O_1(P_1, P_2, P_3, P_4)$ 和图形图像的聚类中心 $O_2(G_1, G_2, G_3, G_4)$. 利用得到的两个聚类中心运行标准的 K-means 算法. 整个算法的流程图如图 9 所示.

一般的, K-means 算法关于聚类中心的计算, 往往选取聚为一簇数据点的质心. 在本文中, 已知聚类结果为两类, 对于初始聚类中心的选取, 取相应特征值范围内的极值点就能简单有效区分照片图像和图形图像, 但对于一些在二者之间的数据点容易造成误判. 因此, 在聚类过程中, 通过记录标记图像的特征值来不断修正聚类中心, 能够实现簇内的距离最小, 簇间的距离最大的目的, 提高了聚类结果的准确性.

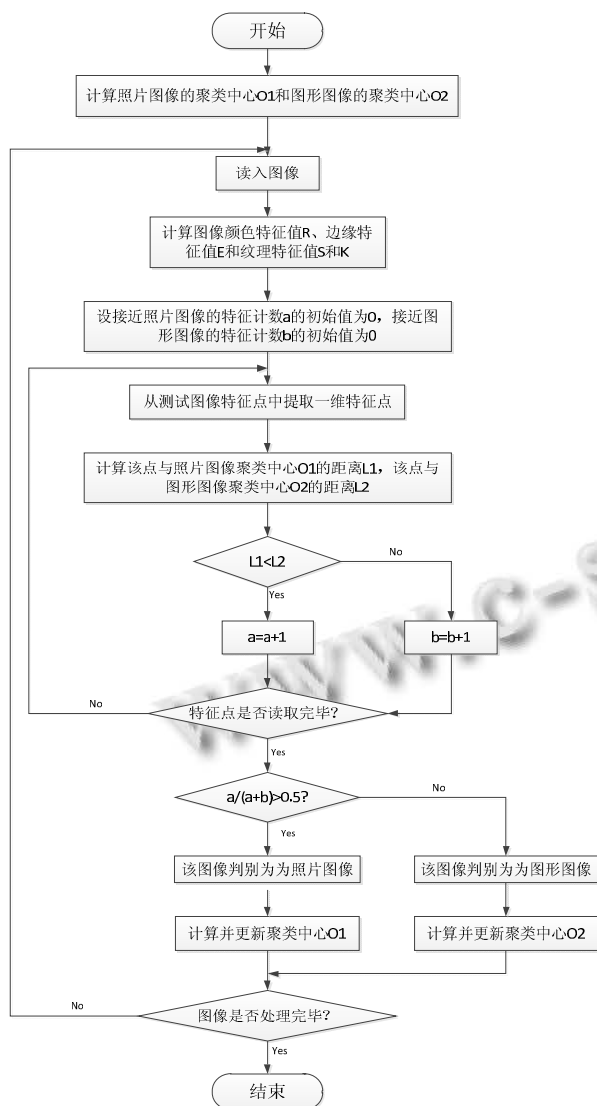


图9 基于二分法图像分类系统流程图

对比传统的 K-means 算法, 改进的 K-means 算法有其优势: 聚类中心不是随机选取的, 而是通过自适应的方法计算得出的, 在一定程度上保证了聚类结果的稳定性和有效性, 提高了照片图像和图形图像的分类效果。

此外, 在聚类过程中的相似性距离度量方法上采用欧式距离的度量方法。因为欧式距离是一种快速而简单的方法, 被广泛地应用在图像分类的距离度量上。欧式距离的计算公式如下:

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2} \quad (9)$$

其中, i, j 分别表示两个不同的数据点, k 表示数据的维数。

基于二分法对照片图像和图形图像的分类的整个

系统流程图如图9所示。其中, 设接近照片图像的特征点数为 a , 接近图形图像的特征点数为 b , 其初始值都为 0。某一特征点与照片图像聚类中心距离为 L_1 , 与图形图像聚类中心距离为 L_2 , 通过计算 L_1 与 L_2 之间的距离差值来获得该特征点接近图像类别, 最后通过计算 a 所占比例获得图像 T_i 的识别结果。若 $a/(a+b) > 0.5$, 则该图像类别为照片图像, 否则, 该图像为图形图像。

通过图像训练集训练出的初始聚类中心分别为: 照片图像的初始聚类中心 $O_1(0.02, 141.16, 44.09, 6754.95)$, 图形图像的初始聚类中心 $O_2(0.41, 73, 170, 37787)$ 。欧式距离的距离度量方式有其局限性, 欧氏距离衡量的是空间各点的绝对距离, 对于度量单位不统一的数据, 其计算会带来较大的偏差。因此在应用于传统的 K-means 算法之前, 我们对度量单位进行了统一。式(9)中的参数做进一步定义:

$$x_{ik} = \frac{x_{ik}}{x_{ik} - x_{jk}} \quad (10)$$

$$x_{jk} = \frac{x_{jk}}{x_{ik} - x_{jk}} \quad (11)$$

3 实验结果及分析

实验中使用的照片图像和图形图像是从百度图片中收集而来。图像测试集中共收集了 614 幅图像, 其中照片图像有 309 幅, 图形图像 305 幅。在图像分类之前, 首先对图像尺寸进行归一化处理, 统一设置为 300×200 的格式, 并根据需求进行灰度处理和平滑处理。

实验结果中, 图像测试集被划分为两类, 我们以正确率作为此次实验的评价指标。实验结果的相关数据如表1所示。

表1 实验结果相关数据

结果 特征值	被标识为照片图像		被标识为图形图像	
	正确标识数	正确率	正确标识数	正确率
R	302	97.7%	237	77.7%
E	259	83.8%	263	86.2%
S	268	86.7%	254	83.3%
K	275	89%	227	74.4%
混合特征	291	94.2%	286	93.7%

从实验结果相关数据可以看出, 本文提出的方法使得照片图像和图形图像的分类获得了较高的正确率。

实验结果中被错误识别为照片图像的图形图像主要是因为这些图形图像本身含有较多的自然环境因素,内容构成复杂;而被错误识别为图形图像的照片图像则因为照片图像中内容单一,画面简洁。如图 10 所示,(a)图实际上为图形图像,但在实验中被错误识别为照片图像;(b)图作为照片图像但被错误识别为图形图像。



图 10 错误识别图像示例

4 结语

本文中,我们提出一种基于二分法的图像分类方法来实现照片图像和图形图像的分类。在实验中提取了图像的颜色特征、边缘特征和纹理特征,通过采用改进的 K-means 算法对图像特征值进行聚类分析而达到分类的目的。实验中存在的不足有:一、提取的图像特征比较单一,没有充分利用图像的特征信息;二、K-means 算法中的距离度量方法比较简单,欧氏距离方便实验的计算但不一定能反映图像的真实情况。因此,在进一步的研究中我们希望能更充分认识和利用图像的其他特征信息,采用更符合需求情况的距离度量方法,得出一种更有效的分类方法。本文只是对照片图像和图形图像的分类,在今后将进一步扩充对其他图像的分类,例如室内室外图像、建筑和非建筑图像等以及将二分法运用到多分类问题的解决中。

参考文献

- 1 Braun KM, Balasubramanian R, Eschbach R. Development and Evaluation of Six Gamut-Mapping Algorithms for Pictorial Images. The Seventh Color Imaging Conference: Color Science, Systems, and Applications Putting It All Together, CIC 1999, November 16-19, 1999. Scottsdale, Arizona, USA. Society for Imaging Science and Technology. 1999.144-148.
- 2 Li J, Wang JZ, Wiederhold G. Classification of textured and non-textured images using region segmentation. Proc. 2000 International Conference on Image Processing. New York. IEEE Signal Processing Society. 2000. 754-757.
- 3 潘卫国,鲍泓,何宁.一种传统中国书画图像的二分类方法. 计算机科学,2012,39(3):256-259.
- 4 陆庆庆.基于人脸图像的性别分类[博士学位论文].南京:南京理工大学,2014.
- 5 Vailaya A, Figueiredo MAT, Jain AK, Zhang HJ. Image classification for content-based indexing. IEEE Trans. on Image Processing, 2001, 10(1): 117-130.
- 6 Prabhakar S, Cheng H, Handley JC, Fan Z, Lin YW. Picture-graphics color image classification. Proc. 2000 International Conference on Image Processing. New York. IEEE Signal Processing Society. 2002. 785-788.
- 7 麦晓冬.基于支持向量机的室内室外图像分类方法.广东轻工职业技术学院学报,2010,9(3):1-5.
- 8 苑丽红,付丽,杨勇,苗静.灰度共生矩阵提取纹理特征的实验结果分析.计算机应用,2009,29(4):1018-1021.
- 9 郭欣,赵淑清.概率模型下的 K-means 算法在 SAR 图像分类中的应用.遥感技术与应用,2005,20(2):295-298.
- 10 Weszka JS, Dyer CR, Rosenfeld A. A comparative study of texture measures for terrain classification. IEEE Trans. on Systems Man & Cybernetics, 1976, 6(4): 269-285..
- 11 Arthur D, Vassilvitskii S. K-means++: The advantages of careful seeding. Eighteenth Acm-Siam Symposium on Discrete Algorithms SODA 2007. New Orleans, Louisiana, USA. Society for Industrial and Applied Mathematics Philadelphia. 2007.1027-1035.