

基于特征的二值商标分层检索方法

褚菁菁, 张吉楠

(河南大学 计算机与信息工程学院, 河南 开封 475004)

摘 要:针对以往商标图像搜索方法单一,并且缺少用户反馈的缺点,文中提出一种基于形状特征和纹理特征的二值商标图像分层搜索方法。该方法首先利用 Hu 不变矩提取图像的形状特征;然后利用欧氏距离来测量图像的相似度,进行第一次筛选得到一个数目不定的候选集;接着利用灰度直方图的方法提取候选集中的图像的纹理信息,进行第二次筛选;最后通过用户的反馈进行不断的优化。从而使检索出来的图像更加迅速和准确,更加符合人的视觉感受。

关键词:商标图像; 分层检索; 用户反馈

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2011)01-0062-04

A Hierarchical Binary Trademark Retrieval Method Based on Feature

CHU Jing-jing, ZHANG Ji-nan

(Computer and Information Engineering College of Henan University, Kaifeng 475004, China)

Abstract: The previous binary trademark image retrieval method is not perfect for lack of comprehensive approach and user feedback. This paper presents a hierarchical binary trademark image retrieval method based on shape and texture features. Firstly, this method uses Hu invariant moments shape feature to extract the images and then uses Euclidean distance to measure the image similarity, and filter a number of uncertainties in the candidate set; then extracts gray level histogram of the image the candidate focused on texture information, and get a second filter; Finally, it is optimized by continuous user feedback. This binary trademark images retrieval method is more quickly, accurately, and more in line with human perception.

Key words: trademark; image retrieval; user feedback

0 引言

商标标志承载着企业的无形资产,是企业综合信息传递的媒介^[1]。作为企业战略最主要部分,商标在企业形象传递过程中应用最广泛、出现频率最高,同时它也是最关键元素。经国家核准注册的商标为“注册商标”,受到法律保护。商标注册人享有商标专用权。商标是商品的重要标识之一。新的商标注册不能是复制、摹仿或者翻译他人未在中国注册的驰名商标。新的商标在注册前必须在商标数据库中进行搜索,以保证商标不被重复注册。目前,商标分类和注册是先归纳出几十种基本形状以及变化形状,然后,根据商标的基本形状进行分类。所有这些工作,都是靠手工来完成,具有一定的主观性。随着注册商标的数目的不断增多,开发出有效、准确的商标图像搜索系统十分重要^[2,3]。

目前,国内外学者已经在商标图像的检索方法中进行了比较深入的研究。但是,这些方法大多存在两个问题:一是主要考虑的是图像的形状特征,对图像的纹理关注不够;二是在搜索方法中,主要是对图像的特征提取的算法进行改进或者是几种特征的结合,缺少了反馈的优化。

文中提出一种基于形状和纹理特征的分层商标图像搜索的方法。该方法首先提取图像的形状特征来得得到一个数目不定的候选集;然后再提取候选集中的图像中的纹理信息进行进一步的筛选;最后通过相关反馈进行不断优化。

1 方法实现

按照商标的组成结构分类,可以将商标分为三类:字符商标、图形商标、组合商标(即由字符与商标组合而成的商标)。图像特征一般有颜色特征、纹理特征以及形状特征等。下面将逐步介绍文中提出的基于特征的二值商标分层检索方法。

1.1 预处理

在对商标图像进行特征提取之前要先对图像进行

收稿日期:2010-04-30;修改日期:2010-07-08

基金项目:国家自然科学基金(60873039)

作者简介:褚菁菁(1985-),女,河南安阳人,硕士研究生,研究方向为图像处理与模式识别。

预处理的步骤。商标图像的预处理包括:对彩色商标图像的灰度化转变,消除图像输入过程中产生的边缘噪声和点噪声,以及对图像大小的归一化和基于质心的位置归一化。

彩色模型的用途是用某种标准来指定颜色,其中大部分成硬件导向及应用导向。用图像处理的模型有RGB、CHYK、YIQ和HSI。通过摄像头采集得到的原始图像的像素点通常采用RGB表示。但R、G和B三个分量之间有很高的相关性,直接利用这些分量常常不能得到所需要的识别效果。另外,商标图像的颜色特征不能作为商标图像区别的依据,所以,需要将彩色商标图像转化为二值商标图像。

在一张彩色图像中,红、绿、蓝3个分量对这张图片的亮度的影响是不同的。在保持同等亮度情况下,可以根据人们对于红、绿、蓝3种颜色的认知感觉,将彩色图像转换为黑白图像。首先对彩色的商标像进行RGB与YCbCr之间的转化。YCbCr彩色模型普遍应用于计算机系统中,JPEG,MPEG都采用这种模式。

RGB与YCbCr的对应关系如式(1)所示:

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 65.4811 & 128.553 & 24.966 \\ -37.797 & -74.203 & 112.00 \\ 112.000 & -93.786 & -18.214 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

当R、G、B的取值范围为0-255时,则Y、Cb、Cr的取值范围也为0-255。经过上述处理,彩色图像转换为只保留了阈值范围内像素点的灰度图。

在图像的输入过程中会产生边缘噪声,在二值化过程中也会产生一些点噪声。因此,下面需要去除这些噪声。

预处理的第二步是消除图像输入过程中产生的边缘噪声和点噪声。

在空间域中,常用抑制噪声的方法有邻域平均滤波和中值滤波两种方法。邻域平均滤波法是通过模板中心点及其相邻像素点的运算来去除突变的噪声点,这种方法的不足之处在于消除噪声的同时使图像的边缘变得模糊。中值滤波是一种非线性滤波技术。它是基于图像中噪声往往以孤立点的形式出现的特性而形成的。孤立点对应的像素数很少,而图像则是由像素数较多、面积较大的小块构成^[4]。应用中值滤波法可以在保护图像边缘的同时,去除噪声。边缘噪声可以通过求连通域后,根据位置和形状去除。点噪声就采用中值滤波来消除^[5]。

最后,需要对图像大小进行归一化。

在图像商标的采集过程中图像的尺寸大小是不同的,即使是尺寸大小相同的图像,由于分辨率的不同得到的图像占用的空间值大小也是不同的。另外,由于

图像的旋转或者平移,图像的位置也不同。所以在采用基于质心的位置归一化后再将商标图像大小归一化成像素,这样可以减少图像大小变化的影响。

1.2 形状特征提取

形状特征是物体重要特征之一。它是能够描绘物体的本质特征。由于涉及到图像中感兴趣目标的分割,期望自动获取物体形状以及描述图像的形态特征难度较大。基于形状的检索一般仅限于非常容易识别的物体。一般采用面积、离心率、圆形度、形状矩等全局特征或局部特征来表示物体的形状特征。

目前用于图像检索的形状描述方法主要有两类,分别是基于边缘的形态特征提取方法和基于区域的形状特征提取方法。基于边缘的形态特征提取方法利用图像的边缘信息。其在边缘检测的基础上,用面积、周长、偏心率、角点等特征描述物体的形状,适用于图像边缘较为清晰、容易获取的图像;基于区域的形状特征提取方法则利用区域内的灰度分布信息进行提取。它的主要思路是利用图像分割技术提取出图像中感兴趣的物体,然后根据区域内像素的颜色分布的相关信息提取图像特征。基于区域的形状特征提取方法较适合于区域能够准确分割出来且区域内颜色分布较为均匀的图像。

形状不变矩是一种典型的基于区域的物体形状表示的方法。形状不变矩找到一些不变量,这些量只与物体形状有关,而与它们的位置、方位、尺度无关。这些不变量就是矩不变量。矩不变量是目标图像的一种区域描述,是目标的特征匹配的常用方法。它作为一组关于形状的统计值,用矩特征来表示。形状不变矩表征了图像区域的几何特征。形态不变矩具有旋转、平移、尺度等特性的不变特征。1962年,Hu由代数不变量的理论推出一系列的局部变量用于形状的识别^[6]。由于这种不变矩对平移、旋转和放缩变化的目标具有不变性,因此可以对经区域分割得到不同目标图像区域计算其不变矩,并且它可以作为特征量来对具有旋转和尺度变化的目标图像进行识别。因此,这种方法成为图像特征匹配的常用方法。在图像处理中,不变矩可以作为一个重要的特征来表示物体,并可以跟据此特征来对图像进行检索等操作。

二维数字图像 $f(x,y)$ 的 ij 阶中心矩定义如式(2)所示:

$$M_{ij} = \sum_{x=0}^{n-1} \sum_{y=0}^{n-1} (x - \bar{x})^i (y - \bar{y})^j f(x,y) \quad (2)$$

其中: \bar{x} 、 \bar{y} 是二值图像中质心的坐标。

中心矩具有平移不变性,二阶矩又叫惯性矩,表示图像的大小和方向。

Hu不变矩利用二阶和三阶中心矩构造了七个不

变矩,具体的表达式如式(3)~(9)所示:

$$M_1 = \eta_{20} + \eta_{02} \quad (3)$$

$$M_2 = (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \quad (4)$$

$$M_3 = (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \quad (5)$$

$$M_4 = (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \quad (6)$$

$$M_5 = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] \quad (7)$$

$$M_6 = (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{21} + \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12}) \quad (8)$$

$$M_7 = (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \quad (9)$$

在利用 Hu 不变矩提取图像的形状特征之后,需要选择一个合适的相似性度量方法来测量图像的相似度,进行第一次筛选得到一个数目不定的候选集。

欧氏距离是一个应用非常普遍的距离度量。它的计算简单,并且与参考系统的旋转不变量相关。

两幅图像之间的相似性是通过图像特征的距离来度量的。文中选取 Hu 不变矩作为商标图像的形状特征向量,设其为 $Q(m)$ ($m = 0, 1, 2, \dots, 6$)。采用欧式距离作为相似性度量方法。特征距离越小,则相似度越大^[7]。该方法使得到的特征距离尽可能的符合图像之间的相似程度。

$D(A, B)$ 表示样本向量 A 与 B 之间的欧氏距离。则其定义如公式(10)所示:

$$D(A, B) = |A - B| = \sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i - B_i)^2} \quad (10)$$

A_i 和 B_i 分别表示样本和被检索图像的第 i 个特征值。

计算样本图像和被检索图像之间的欧氏距离 $D(A, B)$,并将被检索的所有图像按 $D(A, B)$ 值由小到大排序。当 $D(A, B)$ 小于预先设定的阈值时,则认为图像具有相似性。

1.3 纹理特征提取

纹理是图像中另外一个重要而又难以描述的特性。很多图像在局部区域内可能呈现出不规则性,而在整体上却体现出某种规律性。习惯上把图像中这种局部不规则而整体有规律的特性称之为纹理。

图像的纹理特征不依赖于图像的颜色或亮度,它能够反映图像的同质现象。一般来说,纹理同图像频谱中的高频分量密切相关,光滑图像一般不认为是一个纹理图像。纹理反映了图像的某种局部性质,是对局部区域中像素之间关系的一种度量,其本质是刻画领域像素灰度的分布规律。通过将区域特征量化,并以不同的特征值表示,可以描述一个区域的纹理特征。

目前来说,常用的提取纹理特征方法包括以下几种:灰度直方图的矩、区域灰度共生矩阵、自回归纹理特征、Gabor 小波函数等。不同的方法有不同的应用场景和条件。

灰度共生矩阵是描述图像纹理的一种统计方法。灰度共生矩阵充分利用了像素相对位置的空间性信息。但是,运用灰度共生矩阵的一个缺点就是,这些统计特征没有和人类在视觉上对纹理特征的鉴别之间建立对应关系^[8]。

自回归纹理特征是 Markov 随机场(Markov random field, MRF)的一种应用实例。其中,通过计算相邻像素强度值的线性叠加,以及其与噪声项之和,并以此来反映图像的各种纹理特征。同样,这种方法也存在一些问题,在有些条件下线性叠加与噪声项可能会失真。

已经证明,Gabor 小波函数在二维测不准情况下,对信号空间域和频率域的描述取得了最佳的效果。但是,Gabor 小波函数的纹理特征不具有旋转不变性^[9]。

利用灰度直方图的矩可以描述图像的纹理特征,这种特征是统计法中最简单的一种。它反映了图像的亮度在各个灰度级上的出现的概率。灰度直方图的矩与图像纹理的空间绝对位置是没有关系的,正是这个显而易见的优点,灰度直方图的矩方法被广泛的使用,比较稳定。因此文中采用灰度直方图的方法来提取商标图像的纹理特征。

直方图曲线的水平轴对应灰度级数,纵轴代表像素数,也可代表此灰度值像素数所占整幅画面上总像素数的比率,因此又被称为灰度概率分布图。文中应用的就是灰度概率分布图。

利于灰度直方图的矩来描述纹理特征的最简单的方法是,把直方图的包络看成一条曲线,则用 1 个 1-D 函数 $f(a)$ 来表示,此处 a 是任意变量,可以取遍曲线上所有的点。用矩定量描述这条曲线。其中, r 表示 $f(a)$ 的均值,即

$$r = \sum_{i=1}^n a_i f(a_i) \quad (11)$$

并且, $f(a)$ 对均值 n 阶矩为:

$$\mu_n(a) = \sum_{i=1}^n (a_i - r)^n f(a_i) \quad (12)$$

这里 μ_n 与 $f(a)$ 的形状有直接关系。

灰度直方图的矩所反映的像素点会随着灰度值变化而发生变化,因此可以通过灰度直方图的矩中的参数了解许多图像的相关信息。例如, μ_2 被称为方差,是一种灰度对比度的度量方式,描述了曲线相对于均值的分布状况,同时,它能够表达直方图的相对平滑程度,并进一步的表达了图像中灰度分散程度; μ_3 被定

义为偏度。偏度描述了曲线相对于均值的对称性,它表达了直方图的偏斜度,即是直方图是否分布对称,它能够表达图像中纹理灰度的起伏分布; μ_4 被定义为峰度。峰度描述了直方图的相对平坦性,直方图分布聚集于均值附近还是接近两端的情况,它表达了图像中纹理灰度的反差^[10]。

1.4 分层检索

分层检索的方法可以减少候选图像的数量,从而加速第二阶段匹配的速度。但是如果第一阶段使用的特征在检索旋转图像和线性图像时没有取得较好的效果,分层检索的方法会是最终的结果产生影响。因此会使后一阶段的匹配受到影响。

假定数据中有 N 幅图像。图像检索的处理过程如下介绍。首先,计算出数据库图像 α_i 和目标图像 x 的距离;然后,将数据库中的所有图像按距离由小到大进行排列,如式(13)所示。

$$d_{\alpha_1}(x) \leq d_{\alpha_2}(x) \leq \dots \leq d_{\alpha_N}(x) \quad (13)$$

接着,根据要求输出结果。如果需要输出 k 幅最相似的图像,则系统将排在最前面的 k 个图像作为 k 个候选的相似图像($\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_k$),并将结果输出。

文中采用分层搜索的方法,具体方法如下:

(1) 计算欲注册图像形状特征向量与数据库中 N 个图像形状特征向量的欧氏距离 $D1_i (i = 1, 2, \dots, m)$;

(2) 寻找一个阈值 T , 首先将距离与阈值 T 进行比较, 低于阈值 ($d_{\alpha_i}(x) < T$) 的保留, 去掉高于阈值 ($d_{\alpha_i}(x) > T$) 的样本, 可变候选集选择算法的关键是如何针对每一个查询图像快速地寻找到一个阈值;

(3) 计算欲注册图像纹理特征向量与数据库中 N 个图像纹理特征向量的欧氏距离 $D2_i (i = 1, 2, \dots, m)$;

(4) 重复步骤(2)。

1.5 用户反馈

为了进一步提高系统的性能,使得系统检索的商标图像能够更好地反映人的意图,文中采用相关反馈的方法来提高查询效果。任意选取其中的某幅图像作为输入查询图像,由用户选择出与查询图像相关的图像。并根据用户的选择,进行反馈,修改检索的结果集^[11],直到取得满意的结果或者终止检索。

相关反馈使用 Rocchio 的公式如公式(14)所示:

$$G' = G + \alpha \frac{\sum G^+}{n^+} - \beta \frac{\sum G^-}{n^-} \quad (14)$$

其中,公式(14)中, G 代表原始查询, G^+ 代表正相关样本, n^+ 代表正相关商标图像数。 G^- 代表负相关图像特征, n^- 是负相关商标图像数。 G' 是更新后的查询。

之后每次迭代查询不再使用数据库中所有图像进行查询,仅在相关反馈的粗查询结果集中查询,这样处理可以大大提高反馈的速度,进而提升系统的性能。

2 试验结果

文中模拟实验是基于二值商标图像库。通过对包含 500 余幅各种类型商标的二值商标图像库进行了实验。图 1 和图 2 给出了两组实验结果,分别为应用文中所提出的方法检索出的相似图像。并从中选择出最为相似的 10 幅。每组实验结果的左上角是实现选好的目标图像,按照从左到右,自上而下与目标图像的相似度逐步减少。检测结果大部分与目标图像相类似。实验结果符合人眼的视觉感受。在与目标图像总体结构以及轮廓形状相符合的图像中,某些图像虽然与目标区域的大小,线条的粗细,或朝向等方面与目标图像存在差异,但是,只要与目标图像的总体结构或者轮廓形状相符合的图像都能够被正确的检索出来。这说明文中提出的方法是有效的,能够比较全面地表达图像的形状及其空间分布。针对于二值图像的实验结果是较为理想的。尽管如此,由于描述图像的形状特征是一个相当复杂的问题,至今仍然没有找到使之能与人的感觉相一致的,描述形状的确切数学定义。无论采取哪种方法,检索结果仍然不可能达到完美。因此,考虑如何才能取得更快的检索速度,以及检索出更为符合人的视觉感受的结果,是下阶段需完善、探索的。

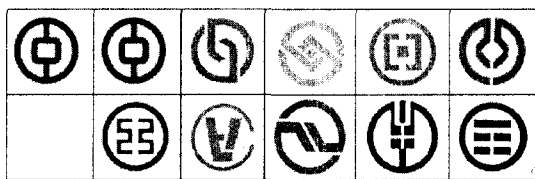


图1 实验结果1

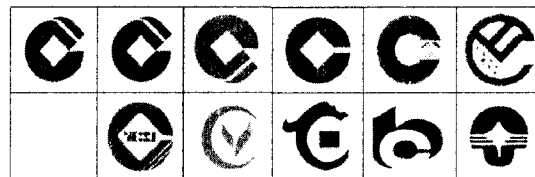


图2 实验结果2

3 结束语

文中提出一种基于形状和纹理特征的分层商标图像搜索的方法,首先提取图像的形状特征来得到一个数目不定的候选集,然后再提取候选集中的图像中的纹理信息进行进一步的筛选。最后再通过相关反馈进行不断优化。该检索方法具有旋转、缩放不变性,提高了系统检索精度和通用性,适用于结构复杂的彩色商标图像和灰度商标图像的检索。

总体而言,目前国内外商标图像检索系统还处于研究阶段。商标图像不同于一般的形状,在同类同组图像中不会有大量的图像相似或者相同。商标的相似

(下转第69页)

验,将 Android 移植到 ARM2440 平台上去,符合谷歌公司开发 Android 的初衷,可以为以后移植 Android 到其他新的平台上作为参考实例。

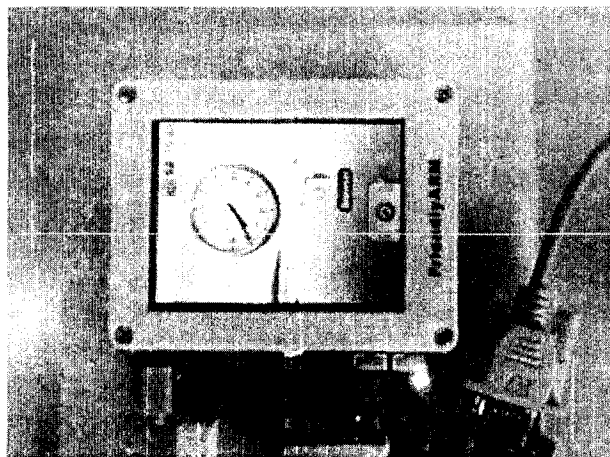


图4 mini2440 中 Android OS 启动后界面

参考文献:

- [1] 石晶翔,陈蜀宇,黄晗辉. 基于 Linux 系统调用的内核级 Rootkit 技术研究[J]. 计算机技术与发展,2010,20(4):175-178.
- [2] 姚昱旻,刘卫国. Android 的架构与应用开发研究[J]. 计算机系统应用,2008(11):118-121.
- [3] 余志龙,陈小凤,陈小凤,等. Google android SDK 开发范例大全[M]. 北京:人民邮电出版社,2009.
- [4] Jacoby G, Davis N. Battery-based intrusion detection[C]// in Global Telecommunications Conference, 2004. GLOBE-COM '04. [s.l.]:IEEE,2004:2250-2255.
- [5] Enck W, Ongtang M, McDaniel P. Understanding Android Security[J]. IEEE Security & Privacy,2009,7(1):50-57.
- [6] Leavitt N. Mobile Phones: The Next Frontier for Hackers? [J]. Computer,2005,38(4):20-23.
- [7] 广州友善之臂公司. mini2440 用户手册[M]. 广州:广州友善之臂公司,2009:10-15.
- [8] 刘森. 嵌入式系统接口设计与 Linux 驱动程序设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2006:350-359.
- [9] 于明,范书瑞,曾祥烨. ARM9 嵌入式系统设计与开发教程[M]. 北京:电子工业出版社,2006:144-145.
- [10] 赵利娜,贾豫东,欧攀. 嵌入式 Linux 系统中的多层次驱动程序[J]. 计算机工程,2009,35(9):144-146.
- [11] 冯忠岭,童英华. 嵌入式 Linux 的设备驱动程序设计及交叉编译[J]. 青海大学学报(自然科学版),2009(6):63-66.
- [12] 刘胜辉,马嵩. 基于 Linux 内核的实时调度机制研究及应用[J]. 计算机工程与应用,2008,44(6):121-123.
- [13] 靳岩,姚尚郎. Google android 开发入门与实战[M]. 北京:人民邮电出版社,2009:334-340.
- [14] 韩艳芬,吴援明,王斯瑶,等. 一种二次 Bootloader 升级和回退的设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2009,19(10):89-92.

(上接第 65 页)

性检索方法自然与一般的形状匹配方法也是不同的。因而,商标图像的相似性检索过程也并不是一个完全准确的匹配过程。一般而言,商标图像的检索方法首先通过排除不相似的商标,然后在相似图像中选出与预查询的目标图像具有较高相似度的图像^[12]。这些常用的商标图像检索方法在某些方面仍有些不足^[13]。它体现在旋转不变性对于几何变形图像的检索能力、尺度、检索精度以及图像与人的视觉感受一致等方面。因此,需要研究出新型、有效的综合性方法。此外,对于图像的相似性,不同的用户存在着不同的理解。为不同的用户提供不同的特征组合方法,并提供友好的人机交互界面,使得系统能够根据用户需求做出调整输出,以及更好地满足用户需求,这些都是值得研究的问题。

参考文献:

- [1] 夏叔华. 商标法要论[M]. 北京:中国政法大学出版社,1989.
- [2] 陈世鸿,王轩. 商标数据库存储模式及其检索算法研究[J]. 武汉大学学报,2003,49(1):63-66.
- [3] 卢章平,朱科铃. 基于形状特征和用户反馈的商标图像检索技术[J]. 农业机械学报,2007,38(5):150-152.
- [4] 戴新亮,孙卫真,关永. 印鉴识别中图像预处理问题的研究[J]. 微计算机信息,2007,23(27):305-306.
- [5] 姜正良,黄磊,刘昌平. 基于内容的大数据量商标检索系统[J]. 小型微型计算机系统,2005,26(8):1397-1400.
- [6] Mehtre B M, Kankanhalli M S, Wing Foon Lee. Shape Measures for Content Based Image Retrieval a Comparison[J]. Information Processing & Management,1999,33(3):319-337.
- [7] 黄清元,谭汉松. 基于矩特征和面积特征的二值图像检索方法[J]. 企业技术开发(学术版),2007,26(6):24-26.
- [8] Robert M, Shanmugam H K. Texture features for image classification[J]. IEEE Trans. on Sys, Man, and Cyb,1973,SMC-3(6):610-621.
- [9] 杨秀娟. 基于纹理特征的图像检索研究[D]. 西安:西安科技大学计算机系,2009.
- [10] Rocchio J J. Relevance feedback in information retrieval[M]. [s.l.]:Prentice Hall,1971:313-323.
- [11] 徐庆,杨维维,陈生潭. 基于颜色特征图像检索与相关反馈综合研究[J]. 计算机技术与发展,2007,17(12):251-254.
- [12] 闫乐林,元莱滨,蔡平胜. 一种基于内容的图像检索系统的设计与实现[J]. 计算机技术与发展,2009,19(12):205-208.
- [13] 孙强强. 基于内容的二值商标图像检索研究[D]. 扬州:扬州大学,2008.