

基于改进的颜色和形状特征融合的图像检索

胡明娣, 孔 波

(西安邮电大学 通信与信息工程学院, 西安 710121)

摘 要: 目前图像检索中关于图像颜色的研究大多是独立的研究, 并且颜色特征检索的准确率不高, 检索时间比较长. 针对上述问题, 提出一种新的颜色特征量化算法, 该算法首先划分颜色的主色调得到 8 维的颜色直方图, 然后和基于 HSV 空间的前三个低阶颜色矩得到 9 维颜色直方图进行颜色特征融合, 最终得到 17 维的颜色直方图, 用得到的 17 维颜色直方图方法检索图像. 实验证明该检索方法不仅提高了检索查准率和查全率, 而且进一步缩短了检索时间. 最后这种方法与基于修正的 Hu 不变矩的形状特征融合进一步提高了检索效率.

关键词: 颜色特征融合; 改进的颜色矩; Hu 不变矩; 特征融合

中图分类号: TP391

文献标志码: A

Image Retrieval Based on Improved Color and Shape Feature Fusion

HU Ming-di, KONG Bo

(School of Communications and Information Engineering, Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an 710121, China)

Abstract: At present, most of the researches on image color in image retrieval are independently researched, and the accuracy of color feature retrieval is not high, and the retrieval time is long. In order to solve the above problem, a new color feature quantization algorithm is proposed. Firstly, the main color was divided by using the algorithm and the 8 dimensional color histogram was obtained. Then, the 9 dimensional color histogram of the first three low order color moments based on HSV space were fused to obtain color histogram of 17 dimensions, and the resulting image was retrieved using the 17 dimensional color histogram method. Experiments show that the retrieval method not only improves the retrieval accuracy and recall rate, but also reduces the retrieval time further. Finally, this method is fused with the shape feature of the modified Hu invariant moment, and the retrieval efficiency is further improved.

Key words: color feature fusion; improved color moment; Hu invariant moments; feature fusion

收稿日期: 2017-10-15

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61502386); 陕西省教育厅科学研究计划资助项目(2013JK1074)

作者简介: 胡明娣(1970—), 女, 陕西安康人, 西安邮电大学通信与信息工程学院副教授, 博士, 主要从事多值逻辑与模糊信息处理和刑侦图像检索研究;

孔 波(1990—), 男, 河南邓州人, 西安邮电大学通信与信息工程学院硕士研究生, 主要从事刑侦图像检索研究.

随着智能拍照设备的出现,越来越多的图片信息充斥着我们的生活,如何快速有效地检索出目标图像是当今研究的热点^[1].颜色特征是基于内容的图像检索技术(CBIR)^[2]中所使用的最可靠的视觉特征,对于平移、旋转、尺度等的变化,表现出了很好的鲁棒性,成为现有检索系统中应用最广泛的特征.颜色特征^[3]的提取方法主要包括:颜色直方图、颜色矩、颜色集、颜色相关图等^[4].颜色直方图的基本思想是计算图像中每种颜色在该图像中出现的概率.基于颜色直方图的检索中更多的量化区间往往具有更强的图像区分能力,但需要付出更高的运算代价.针对上述颜色特征的研究有待进一步深入,首先提出了一种新的颜色特征量化方法划分得到8维的颜色直方图,然后和基于HSV空间的前三个低阶颜色矩得到9维颜色直方图进行颜色特征融合最终得到17维的颜色直方图.图像颜色特征描述缺乏空间的描述,仅仅依靠图像颜色特征往往不能很好地检索出理想的效果^[5].基于改进的Hu不变矩,考虑到对于曲线来说,尺度的变化造成了周长的变化,降低了图像检索效率,通过改进中心距的参数可以提高图像的检索效率.最后把颜色特征和HU不变矩特征融合检索图像进一步提高检索效率.

1 基于颜色特征的图像检索

颜色模型从本质上讲属于坐标系统和子空间的描述,常用的空间模型有RGB、HSV、CMY、Luv、Lab、YUV等颜色模型^[6],下面介绍本文用到的HSV模型.

HSV^[5](hue, saturation, value)是一种面向视觉感知的颜色模型,颜色距离与坐标点的欧几里德距离成正比关系.参数H表示色彩信息,常用H区分某一种颜色.该参数用角度度量,红、绿、蓝分别相隔120度,互补色分别相差180度.饱和度S常表示颜色的纯度,范围从0到1;V表示颜色的明亮程度,取值单位从0到1.颜色越鲜艳,V越大,反之V越小.S=0时,只有灰度.有一点要注意:它和光强度之间并没有直接的联系.HSV对应模型类似于倒立的圆锥模型,长轴对应亮度V,原点处为黑色,表示颜色的明亮程度由暗到亮.和V轴垂直的是饱和度S,范围(0~1)表示颜色的饱和程度.色调H表示从V到S的角度,对人的视觉产生决定性作用,范围(0~360°).模型图如图1所示.

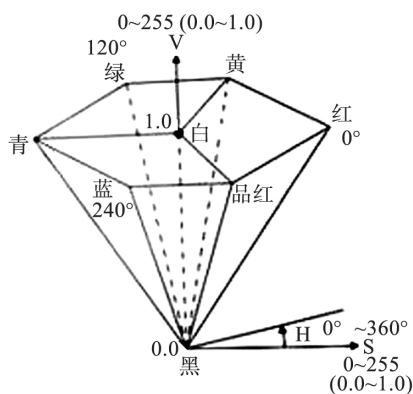


图1 HSV模型图

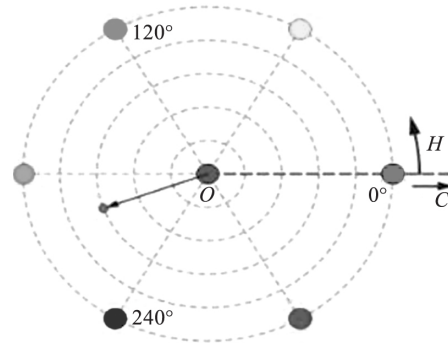


图2 HSV俯视平面图

从RGB到HSV颜色空间快速的转换公式见参考文献[7].

2 改进的特征提取算法

2.1 基于颜色划分的颜色直方图特征提取

根据文献[8]颜色量化方法,色调H对人的视觉产生决定性作用.如图1所示,根据人的视觉将色调H划分为黑色、白色、红色、黄色、绿色、青色、蓝色、品色,如图2所示,根据颜色值上下浮动30度,S(饱和度)和V(亮度)均根据H的变化划分在0.2~1.0的范围.当 $v \leq 0.2$ 或 $0.2 \leq v \leq 0.5 \cap s \leq 0.2$ 为黑色 $L=0$;当 $s \leq 0.2 \cap v \geq 0.5$ 时为白色 $L=1$,具体量化公式如式(1)所示:

$$L = \begin{cases} 0 & v \leq 0.2 \cup v > 0.2 \cap v < 0.5 \cap s \leq 0.2 & \text{黑} \\ 1 & s \leq 0.2 \cap v \geq 0.5 & \text{白} \\ 2 & h \geq 330 \cup h \leq 30 \cap v > 0.2 \cap s > 0.2 & \text{红} \\ 3 & h \geq 30 \cap h \leq 90 \cap v > 0.2 \cap s > 0.2 & \text{黄} \\ 4 & h \geq 90 \cap 150 \cap v > 0.2 \cap s > 0.2 & \text{绿} \\ 5 & h \geq 150 \cap h \leq 210 \cap v > 0.2 \cap s > 0.2 & \text{青} \\ 6 & h \geq 210 \cap h \leq 270 \cap v > 0.2 \cap s > 0.2 & \text{蓝} \\ 7 & h \geq 270 \cap h \leq 330 \cap v > 0.2 \cap s > 0.2 & \text{品} \end{cases} \quad (1)$$

由式(1)可知,根据颜色划分为 8 bin 的颜色直方图,用该算法处理图片对比效果如图 3 所示。

2.2 基于 HSV 空间的颜色矩

颜色矩^[9]是一种简单有效的颜色特征表示方法,图像的主要颜色信息分布于一阶、二阶、三阶矩阵中,已经证明可以用颜色矩的 3 个低阶矩有效的表示图像包含的颜色信息。颜色矩相对于颜色直方图而言,特征向量维数低,不需要颜色空间量化。颜色矩特征方法简单快捷,但是它是基于 RGB 空间,不符合人眼对色觉的认识,因此本文提出一种基于人眼直观认识的 HSV 空间,利用前面提到的 RGB 转 HSV 快速转换公式,把颜色空间转化到 HSV 空间,用 3 个颜色矩的低阶矩^[7]表示,一幅图像用颜色矩表示包含 9 个分量,其中,每个颜色矩包含 3 个分量。用颜色矩检索图像与颜色直方图相比可以减少计算量,节省时间。



图 3 新量化算法处理恐龙图片前后对比

2.3 基于颜色划分的颜色直方图和改进颜色矩的融合

一个好的颜色量化方案^[10],一方面可以降低计算的复杂度,另一方面也不会丢失过多的彩色信息。根据 2.1 中改进方案,根据色调 H 把颜色划分为 8 类,形成 8 bin 的直方图;将符合人眼视觉的基于 HSV 颜色矩 9 bin 直方图和 8 bin 直方图结合形成颜色融合的 17 bin 的直方图,不仅有效的降低了颜色直方图的权柄数,有效的节省存储空间,而且实验结果验证并未降低图像的检索效率。

2.3 基于颜色划分的颜色直方图和改进颜色矩的融合

本实验使用常用的欧几里德距离计算进行相似性度量^[11],并归一化处理,设 X, Y 分别为两幅待检测的图像, X_i, Y_i 表示归一化后的特征值,相似性度量用 $d(X, Y)$ 表示,

$$d(X, Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{17} (X_i - Y_i)^2} \quad (2)$$

本文实验所采用的图像库都是从 corel 1 000 张图库中任意抽取的 10 类具有代表性的图像,具体内容包含大象、公交车、风景、人物、恐龙、马、日落、花、建筑、雪山 10 个内容,每类有 100 幅,总共有 1 000 幅图片。试验以恐龙和鲜花为例检索传统的 HSV72 维颜色直方图检索和颜色融合检索对比效果图如图 4 ~ 图 7。

实验结果可以看出,以恐龙为检索对象,采用传统的 72 维颜色直方图检索方法和颜色融合的检索方法返回的 10 幅图像中均有 9 幅图像和原图像相关。

以鲜花为检索对象,采用传统的 72 维颜色直方图检索方法返回的 10 幅图像中均有 7 幅图像和原图像相关,颜色融合的检索方法返回的 10 幅图像中均有 8 幅图像和原图像相关。



图 4 传统的 HSV72 维颜色直方图检索

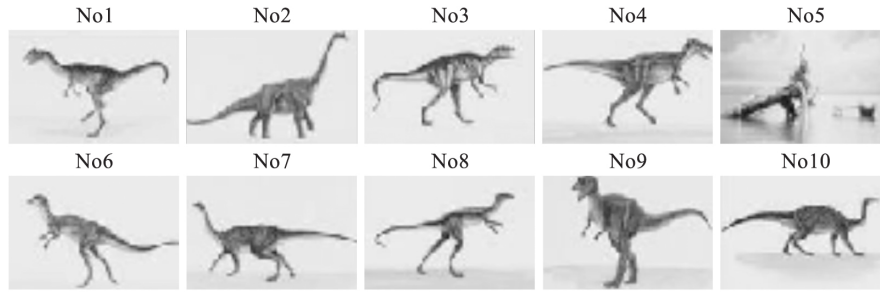


图5 颜色融合检索

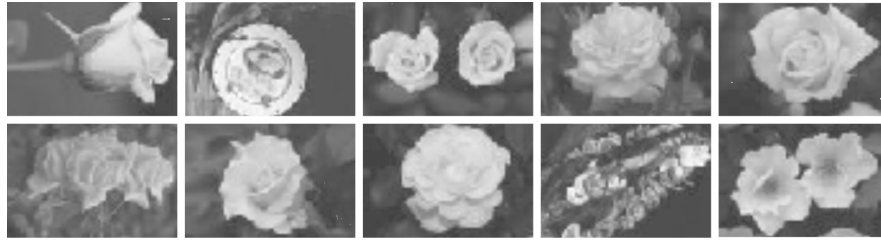


图6 传统的 HSV72 维颜色直方图检索效果图

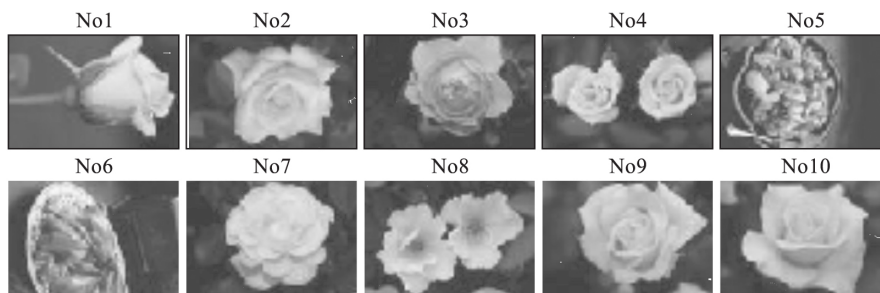


图7 颜色融合方法检索效果图

颜色融合相比传统的 72 维颜色直方图检索方法,不仅提高了图像检索的查准率和查全率,而且缩短了检索时间。

2.4 Hu 不变矩特征提取和改进

Hu 最早提出了矩的概念,并相应推导出矩的一些基本性质,并且证明了在连续状态下 Hu 不变矩具有的平移不变性、旋转不变性和比例不变性。^[12]

令 $f(x, y)$ 为某二维连续函数上的一点,它的 $(p+q)$ 阶原点矩定义为 $M_{pq} = \iint_D x^p y^q f(x, y) dx dy$ 对于数字离散图像,在点 (x, y) 处的 $(p+q)$ 阶矩定义为 $m_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q f(x, y)$ M_{pq} 和 m_{pq} 分别表示连续和离散函数 $f(x, y)$ 在单项式上的投影,只要 $f(x, y)$ 在 x, y 平面 D 区域的有限部分中有非零值,则上式定义的所有各阶矩都存在。 $(p+q)$ 阶中心距具有平移变换不变性。中心距定义为

$$u_{pq} = \iint_D (x - x_0)^p (y - y_0)^q f(x, y) dx dy \quad (3)$$

其中 $x_0 = M_{10}/M_{00}$; $y_0 = M_{01}/M_{00}$, $(p+q)$ 阶规范化中心距定义为

$$n_{pq} = \frac{u_{pq}}{M_{00}^r} \quad (4)$$

其中 $r = \frac{p+q+1}{2}$ 。利用中心距的二阶和三阶规范化中心距得到 7 个不变矩为

$$\begin{aligned}
h_1 &= n_{20} + n_{02}; \\
h_2 &= (n_{20} - n_{02})^2 + 4(n_{11})^2; \\
h_3 &= (n_{30} - 3n_{12})^2 + (3n_{21} - n_{03})^2; \\
h_4 &= (n_{30} + n_{12})^2 + (n_{21} + n_{03})^2; \\
h_5 &= (n_{30} - 3n_{12})(n_{30} + n_{12})((n_{30} + n_{12})^2 - 3(n_{21} + n_{03})^2) + \\
&\quad (3n_{21} - n_{03})(n_{21} + n_{03})(3(n_{30} + n_{12})^2 - (n_{21} + n_{03})^2); \\
h_6 &= (n_{20} - n_{02})((n_{30} + n_{12})^2 - (n_{21} + n_{03})^2) + 4n_{11}(n_{30} + n_{12})(n_{21} + n_{03}); \\
h_7 &= (3n_{21} - n_{03})(n_{30} + n_{12})((n_{30} + n_{12})^2 - 3(n_{21} + n_{03})^2) + \\
&\quad (3n_{12} - n_{30})(n_{21} + n_{03})(3(n_{30} + n_{12})^2 - (n_{21} + n_{03})^2).
\end{aligned} \tag{5}$$

因为实验图像是离散的数字图像,不连续,所以积分用求和形式,对于曲线来说,设尺度变化因子为 b ,尺度的变化造成了周长的变化,变化因子相应也是 b ,为了使归一化 Hu 矩具有尺度变换不变性,此时中心距为 $n_{pq}^\bullet = n_{pq}^\bullet \cdot b^{p+q+1}$,为保证 $n_{pq}^\bullet = n_{pq}$,即 $\frac{u_{pq}}{(m_{00}^\bullet \cdot b)^r} = \frac{u_{pq}}{(m_{00})^r}$ 得到 $r = p + q + 1$,此时修正的中心距变为 $n_{pq}^\bullet = \frac{u_{pq}}{(m_{00})^{p+q+1}}$,将修正后的中心距代入上式得到 7 个边界不变矩,相对于传统的不变矩计算,非边缘处的值为 0,这样可以减少时间和计算的复杂度。

3 颜色和形状特征融合的图像检索及结果分析

将改进的 17 bin 颜色直方图和基于 Hu 不变矩特征融合^[13],实现了优势互补,颜色加形状既可以包含图像的整体颜色性质,又同时包含目标局部颜色性质。颜色和纹理特征是不同的物理单位,取值范围也不同,因此需要将它们不同的特征归一化,得到归一化的颜色和形状特征后,本实验使用颜色和形状特征的加权距离进行相似性度量,加权距离 $D = w_1 d_1 + w_2 d_2$,其中 $w_1 + w_2 = 1$,本实验以恐龙和鲜花为例。

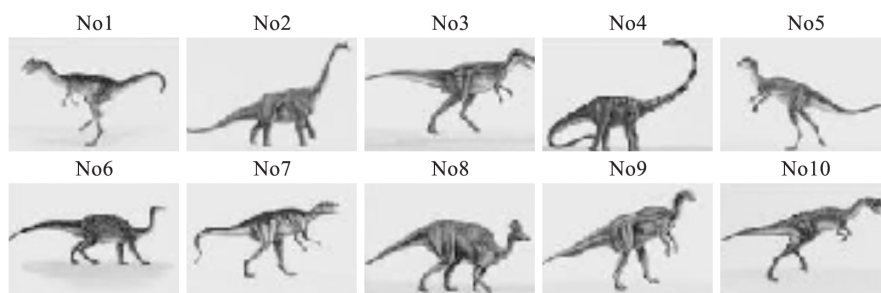


图 8 颜色和形状融合恐龙检索效果图

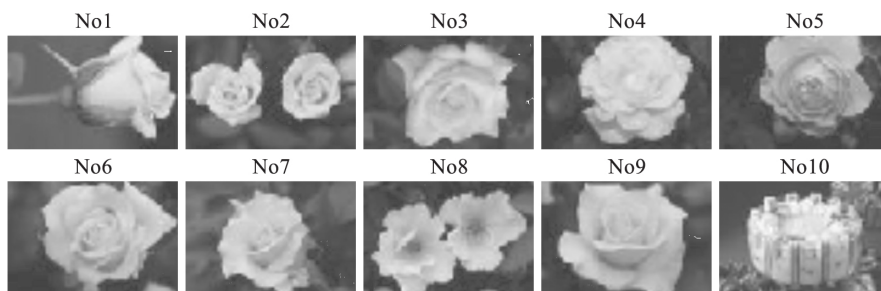


图 9 颜色和形状融合鲜花检索效果图

从图 8、图 9 检索实验结果可以看出,以恐龙和鲜花为检索对象,采用颜色和形状融合的检索方法分别返回的 10 幅图像中均有 9 幅图像和原图像相关,试验相比采用传统的 72 维颜色直方图检索方法和颜色融合的检索方法,采用特征融合进一步提高了检索的准确率。

实验检索效果评价采用常用的查准率和查全率作为评价标准,图库中共 10 类图像求每类检索 10 次

得出每一类图像中各算法的平均值,结果如图10和图11所示。

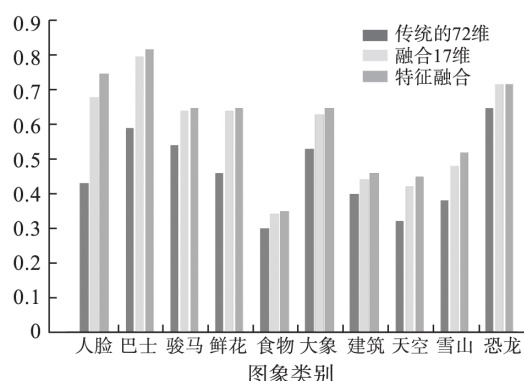


图10 查准率

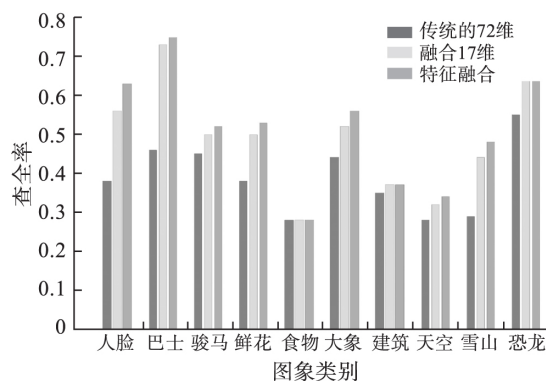


图11 查全率

通过查全率和查准率对比分析可知,新提出的融合17维算法以及本算法和形状特征融合的方法相比传统72维检索方法,查全率和查准率都有一定的提高,并且在相同的检索条件下,新提出的算法检索时间更短。

各检索算法针对10类图片库随机检索10次得平均值如表1所示(算法时间均建立在图像库的预处理之后的时间)。

表1 各算法评价分析

检索方法	查准率 /%	查全率 /%	检索时间 /s
72 维直方图检索	38.60	46.00	3.68
17 维颜色融合直方图检索	46.30	59.20	0.98
颜色和形状融合检索	52.20	61.80	1.02

4 结语

本文通过基于颜色色调划分 HSV 颜色空间得到8 bin的颜色直方图,达到降维的目的,同时又结合颜色矩的前3个低阶矩得到17 bin的颜色融合直方图,不仅提高了检索准确度,而且降低了计算复杂度。基于改进的Hu不变矩,考虑到对于曲线来说,尺度的变化造成了周长的变化,降低了图像检索效率,通过改进中心距的参数可以提高图像的检索效率。最后融合颜色和形状特征的图像检索可以进一步提高图像的检索效率。

[参 考 文 献]

- [1] LIU FANG, WANG TAO, ZHOU D W. Image retrieval based on color-space 2D histogram [J]. Computer Engineering And Application 2002, 38(12): 85-88.
- [2] 刘晓彬. 基于智能优化算法的图像检索技术研究[D]. 无锡: 江南大学, 2017.
- [3] 刘华咏, 李涛. 基于改进分块颜色特征和二次提取的关键帧提取算法[J]. 计算机科学, 2015, 42(12): 307-311.
- [4] DAHANE G M, VISHWAKARMA S. Content based image retrieval system [J]. IJEIT, 2012, 1(5): 92-96.
- [5] 曹建芳, 陈俊杰, 赵青杉. 一种改进的 HSV 颜色空间量化方法及其应用[J]. 南京师范大学学报(工程技术版), 2014(2): 68-73.
- [6] 江凤兵. 不同颜色空间肤色检测算法的研究[D]. 赣州: 江西理工大学, 2011.
- [7] 祝晓斌, 刘亚奇, 蔡强. 基于内容的图像检索技术研究[J]. 计算机仿真, 2015, 32(5): 1-4+85.
- [8] 张辰, 彭玉旭. 基于 HSV 非均匀量化的 CAMshift 目标跟踪算法[J]. 智能计算机与应用, 2017, 7(3): 21-25.
- [9] 韩丁, 武佩, 张强, 等. 基于颜色矩的典型草原牧草特征提取与图像识别[J]. 农业工程学报, 2016, 23(4): 168-175.
- [10] 刘雪亭. 融合局部特征和全局特征的图像检索技术研究[D]. 海口: 海南大学, 2016.
- [11] 王春静, 许圣梅. 基于内容的图像检索的相似度测量方法[J]. 数据采集与处理, 2017, 32(1): 104-110.
- [12] 徐泽奇. 基于旋转不变性图像识别算法研究[J]. 中国新通信, 2016, 17: 156-159.
- [13] 金铭, 汪友生, 边航. 一种多特征融合的图像检索新方法[J]. 电子测量技术, 2016, 8(2): 85-89.

[责任编辑 王新奇]