

# 一种基于颜色特征的图像分类、检索与约简方法

陈素玲, 刘文奇

(昆明理工大学 理学院, 云南 昆明 650093)

**摘要:** 避开图像相似度大小的定义, 通过决策表理论解决图像的分类与检索问题. 颜色的特征提取主要依据颜色的面积排序, 同时考虑了颜色的空间分布关系. 然后基于关系理论, 得到一种图像的约简方法.

**关键词:** 图像检索; 图像分类; 颜色空间

**中图分类号:** TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-855X(2005)06-0117-04

## An Image Classification and Searching and Reduction Method Based on Color Features

CHEN Su-ling, LIU Wen-qi

(Faculty of Science, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

**Abstract** To avoid the similarity definition of images, classification and searching problems of images are solved through decision-making table theory. Colors are arranged by area in order. At the same time the space distribution of colors is considered. Then based on relation theory, a method of image reduction is obtained.

**Key words** image searching, image classification, color space

### 0 引言

颜色是识别物体的重要特征之一, 兼之与图像大小、方向无关, 且对图像背景不敏感, 因此被广泛应用于 CBIR. 在文献中, 很多种利用图像的颜色特征检索图像的方法已被提出. 本文避开图像检索中的一个难以解决的关键问题, 即图像的相似度量问题, 给出了一种基于关系的分类方法.

在多媒体技术日益发展的今天, 人们常常会到互联网上下载信息、图像. 目前困扰我们的难题往往不是能否找到合适结果, 而是找到结果太多. 我们希望得到一组具有代表性的图像, 然后进行下一步检索. 这就用到图像的约简技术.

### 1 颜色属性的提取和量化

利用颜色特征进行图像检索之一的关键是颜色特征的提取. 图像的颜色特征可以是各种颜色的比例分布以及颜色的空间分布等.

CRT 显示屏使用的是 RGB 模型, 利用红、蓝、绿三种基本颜色, 配制大部分人眼所能见到的颜色. 另外一种基于感知的颜色模型是 HSV 模型. 它把彩色信号表示为三种属性: 色调 (Hue)、饱和度 (Saturation) 和亮度 (Value). HSV 模型的色调 H 表示透过物体的光波长, 通俗来说是由颜色类别来辨别的, 它在颜色轮上用角度来度量, 通常取值范围为  $0 \sim 360^\circ$ . 亮度 S 是指颜色的明暗程度, 通常用百分比度量. 色度或饱和度 S 是则用来表征颜色的深浅程度, 通常也用百分比表示.

给定图像的 RGB 颜色值, 可以转换到 HSV 空间. 以下是转换公式:

收稿日期: 2004-11-30

第一作者简介: 陈素玲 (1980~), 女, 硕士, 副教授. 主要研究方向: 数字图像处理、图像检索.

E-mail: chensuling@126.com

$$\text{令 } v' = \max(r, g, b) \quad \text{则 } v = \frac{v'}{255} \quad s = \frac{v' - \min(r, g, b)}{v'}$$

$$h' = \begin{cases} (5 + b'), & \text{if } r = \max(r, g, b) \text{ and } g = \min(r, g, b) \\ (1 - g'), & \text{if } r = \max(r, g, b) \text{ and } g \neq \min(r, g, b) \\ (1 + r'), & \text{if } r = \max(r, g, b) \text{ and } b = \min(r, g, b) \\ (3 - b'), & \text{if } g = \max(r, g, b) \text{ and } g = \min(r, g, b) \\ (3 + b'), & \text{if } g = \max(r, g, b) \text{ and } r = \min(r, g, b) \\ (5 - r'), & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$h = 60 \times h'$$

其中,  $r', g', b'$  定义为:  $r' = \frac{v' - r}{v' - \min(r, g, b)}$ ,  $g' = \frac{v' - g}{v' - \min(r, g, b)}$ ,  $b' = \frac{v' - b}{v' - \min(r, g, b)}$  这里,  $r, g, b \in [0, 255]$ ,  $h \in [0, 360^\circ]$ ,  $s \in [0, 1]$ ,  $v \in [0, 1]$ .

根据 HSV 空间的特性, 在降低直方图维数并保留足够多颜色信息的前提下, 可以通过减少颜色的维数来达到节省存储空间的目的. 我们对 HSV 空间进行非均匀量化, 得到 52 种颜色<sup>[10]</sup>. 具体量化方法准则如下:

1) 对于  $v \leq 30\%$  的颜色认为是黑色. Code = 0

2) 对于  $s \leq 10\%$  且  $v > 30\%$  的颜色按亮度  $v$  划分为三种灰度: 深灰 (20%, 50%], 浅灰 (50%, 80%], 白色 (80%, 100%]. Code = 1, 2, 3

3) 其它颜色认为是彩色, 共划分为 48 种颜色. Code =  $4 + 6_H + 2_S + V$ .

对于色度  $H [0, 360^\circ]$  划分为赤、橙、黄、绿、青、蓝、紫等八种色彩. 门限分别为: 30, 60, 100, 165, 200, 270, 330. 令  $H$  取值为 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7; 对亮度  $V$  划分为暗色 (30%, 50%] 和明色 (50%, 100%].  $V = 1, 2$

对于饱和度  $S$  划分为淡色 (10%, 35%], 中色 (35%, 75%] 和浓色 (75%, 100%].  $S = 0, 1, 2$

这样, 按照上面的方法, 我们将颜色空间划分为  $4 + 8_H \times 2_S \times 3_V = 52$  种颜色. 每种颜色用对应区域中颜色的平均值表示. 这 52 种代表颜色的量化有效地压缩了图像的颜色特征并较好地符合人眼对颜色的感知特性. 我们就以此表示图像的颜色特征.

#### 算法 1

1) 将原图像由 RGB 空间转化到 HSV 空间 (略);

2) 定义和原图像  $X$  大小相同的三维矩阵  $Y (m \times n \times 3)$  和另外四个二维矩阵  $\text{code} (m \times n)$ ,  $H (m \times n)$ ,  $S (m \times n)$ ,  $V (m \times n)$ .

3)  $i = 1, j = 1$  验证  $H, S, V$  在  $(i, j)$  点的取值分别所在区间, 令  $Y(i, j)$  的 HSV 取值为该区间的  $H, S, V$  的平均值; 令  $h(i, j), s(i, j), v(i, j)$  取值分别为我们给定的相应区间代码 ( $h = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7; s = 0, 1; v = 1, 2, 3$ ),  $i = i + 1, j = j + 1$  while  $i = m, j = n$ , 结束循环.

4)  $i = 1, j = 1$  if  $v \leq 20\%$ , Code = 0 if  $s \leq 10\%$  且  $v > 20\%$ , 按  $v$  划分为三个区间 (20%, 50%], (50%, 80%], (80%, 100%]. code 分别为 1, 2, 3 else Code =  $6H + 2S + V$ ; 令  $Y(i, j)$  的 HSV 取值为各区间  $H, S, V$  的平均值,  $i = i + 1, j = j + 1$  while  $i = m$  或  $j = n$ , 结束循环.

5) 返回矩阵  $Y, \text{code}$

我们实现该方法, 用代表颜色对图像进行了离散化 (见图 1, 2).

显然, 图像按照这 52 种颜色所构成的直方图维数相对降低, 而且较符合人眼对颜色的感知.



图1 利用代表颜色

Fig.1 Image with representative colors



图2 原图

Fig.2 Original image

## 2 图像分类、检索与约简

### 2.1 建立图像上的关系

我们选择图像的颜色面积排序来对图像进行分类. 设图库中所有图论域  $X$ . 每一幅图像为研究对象, 图像的各属性值为相应知识. 首先我们对每一幅图像的颜色根据面积进行排序. 显然, 面积较大的颜色更能表征图像, 即更为重要. 根据面积的大小决定颜色的重要性, 则得到图像  $x$  的一系列属性: 颜色  $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$  (其中  $1 \leq n \leq 32$ ). 建立图像  $x$  与  $y$  的一族关系:

$$\text{关系: } R_i^1: xR_i^1y \Leftrightarrow b_i(x) = b_i(y) \quad 1 \leq i \leq 52$$

如果图像  $x$  的颜色与  $y$  的颜色种类不一致 (这是常常发生的), 极端的情况例如  $x$  只有一种颜色, 我们认为  $y \notin b_n(x), n \geq 2$

我们在前面已经将颜色离散化为 52 种. 显然这是一族等价关系. 这些等价关系可以对图库进行较粗糙地分类. 然而只有这些关系是不够的. 要考虑图像颜色的空间分布, 我们当然可以考虑颜色的位置期望, 但是那将涉及到相似关系, 因为基于相似关系的粗糙集理论还相对不够成熟, 在此我们采取把图像分区的办法.

把图像怎样分区, 可以根据不同图库的不同需要而定. 我们选择把图像均分成 9 份的做法. 对于每一部分图像我们仍然考虑颜色的面积, 考虑面积较大的前两种颜色, 如表 1.

表 1 中,  $C_{ij}$  表示图像第  $i$  块图像面积大小排序  $j$  的颜色代码. 如此, 我们便得到了一组等价关系.

表 1 颜色属性提取示意表

Tab 1 Color atribution abstracted table

C11, C12, ...	C21, C22, ...	C31, C32, ...
C41, C42, ...	C51, C52, ...	C61, C62, ...
C71, C72, ...	C81, C82, ...	C91, C92, ...

### 2.2 图像分类

在对图像进行分类的过程中, 我们没有必要考虑所有颜色, 往往只考虑一部分面积较大的颜色即可以得到较好的分类效果. 我们考虑图片整体特征的前 2 种颜色, 分别表示为:  $R_1, R_2$  然后考虑局部图像的前 1 种颜色, 表示为:  $C_{i1}, (1 \leq i \leq 9)$  记图片特征属性组为:

$$R(X) = (R_1, R_2, C_{11}, C_{21}, C_{31}, C_{41}, C_{51}, C_{61}, C_{71}, C_{81}, C_{91})$$

我们利用决策表  $S = \langle U, R, V, f \rangle$  对训练集图像进行分类. 所有目标图论域  $U$ , 每一幅图像为研究对象. 首先我们对每一幅图像的颜色根据面积进行排序. 任意图像  $x$  属于  $U, R = C \cup D$  是属性集. 其中条件属性我们取  $R(x)$ , 决策属性  $D$  是根据人的知识对图像进行的分类. 这样, 我们就得到一个决策表. 只根据条件属性, 我们可以把图像分为 52 类.

算法 2 假设  $X$  是图像  $x$  的编码矩阵 (编码矩阵可由算法 1 得到).

- 1) 定义  $3^* 3^* 52$  的矩阵  $Z(h, k, s)$ ; 下标  $h, k$  标志颜色所在区,  $s$  标志颜色代码;
- 2)  $(m, n) = \text{sizeof}(X)$ ; 对于颜色  $s$  块  $(h, k)$ :
- 3)  $i = \text{取整数}((h - 1) * m / 3) + 1$ ; 若  $i > \text{取整}(h * m / 3)$ , 结束循环;
- 4)  $j = \text{取整数}[(k - 1) * n / 3] + 1$ ; 若  $j > \text{取整数}[k * n / 3]$ , 结束循环;
- 5)  $\text{if } x(i, j) = s \text{ } z(h, k, s) = z(h, k, s) + 1$  计算  $h, k$  块处颜色  $s$  的面积  $z(h, k, s)$ ;  $i = i + 1, j = j + 1$ ;
- 6) 关于  $(h, k)$  对  $z(h, k, s)$  排序;  $hk1, hk2, \dots$  得到  $h, k$  块处的颜色排序 (关于面积);
- 7) 对于  $s$  求  $\sum_{h, k} z(h, k, s)$  得到颜色  $s$  的总面积, 排序;
- 8) 将总面积的前三种颜色、各  $(h, k)$  面积的前两种颜色代码赋值给  $y$  (若颜色不足, 赋值 0); 返回  $y$ ; 程序结束.



图3 待分类图  
Fig.3 Figure to be classified



图4 待分类图  
Fig.4 Figure to be classified

实现算法 2 图 2 的属性值为: (44 1, 44 1, 44 44, 1, 44 1, 8 44).

图 3, 4 的属性也分别计算得到.

$$R(3) = (4 \ 1, 1, 10, 10 \ 1, 10 \ 4 \ 46 \ 4 \ 4)$$

$$R(4) = (4 \ 1, 1, 1, 10 \ 1, 10 \ 4 \ 46 \ 4 \ 4)$$

如此,每一幅图像可以用一个 11 维数组表示.而这些元素的取值均为从 1 到 52 的自然数.由此,我们把对图像的分类转化为对一维数组的分类.这样我们便很容易实现图像的分类了.

### 2.3 图像检索

我们根据粗糙集理论及在训练集中的知识,对另外的图像库进行检索.作为一个基于内容的图像检索系统,一般来说必须具有交互的查询界面,供用户提交查询特征和反馈查询结果.一般来说,查询的交互模式有以下几种:

1) 按例查询.用户提交一个已经显示的图像,查询与所提交的图像相似的图像.

2) 直接查询.为用户提供一个直接定义所要的内容特征(颜色、形状、纹理、略图等)的区域和工具.在这里用户利用工具直接定义所需要特征,并提交给检索系统从图像数据库进行相似性匹配.反馈结果.

3) 细化查询.对反馈结果进一步搜索,缩小查询范围.

对于按例查询,我们只需要把图库中与用户提交图像所在类中的图像反馈给用户即可;对于直接查询也可以根据用户定义的条件,利用已有的属性搜索满足条件的等价类反馈给用户.

要支持细化查询,我们考虑增减图形的属性描述.例如首先我们可以仅考虑图像的全图首要颜色和局部的首要颜色.这样图形的属性为 10 个.逐步增加图形的属性即可以逐步缩小查询范围.可以先增加属性 C52 再增加 C22, C42, C62, C82 最后增加属性 C12, C32, C72, C92

### 2.4 图像约简

一般来说,我们希望在图库或因特网上搜索到尽量简洁的结果.我们要达到这个目的,可以对搜索到的图像集合  $Y$  先行约简.

仍然利用我们在 4.2 中的图像分类方法对  $Y$  先分类.考虑  $Y$  中每一幅图像所在的等价类,随机地把他们所在类用代表元素表达.即用一幅图片来代表一类图片集合.这样,将大大减少用户需要亲自辨识的图像.若用户确定对某一幅图像感兴趣,则选定后反馈给用户该幅图像所代表的等价类,等待用户的进一步搜索.

## 3 结束语

在目前图像检索的研究中,各位学者提出的图像分类、检索方法林林总总.我们提供这个方法也是一个行之有效的理论.但是还有不足.比如代表颜色的利用,多少丢失了图像的一些信息.我们利用代表颜色的目的—是为了降低颜色的维数,另一方面也是因为相似关系下的分类理论尚不够成熟.

目前,基于内容的图像检索已经成为了人们的研究热点,我们期待有更好的检索方法.

### 参考文献:

- [1] Pawlak Z. Rough Sets[J]. Int. J Inf comp Sci 1982 11: 341~ 356
- [2] Henk J A M, Hei Jim ans Morphological Image operators[M]. New York: Academic press, Inc., 1994
- [3] 崔屹. 数学形态学方法及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002 29~ 36
- [4] 李国辉. 一种基于颜色的特征的图像检索方法[J]. 中国图像图形学报 A, 1999, 4(3): 248~ 251
- [5] 李勍, 章毓晋. 基于特征元素和关联规则的图像分类方法[J]. 电子学报, 2002, 30(9): 1262~ 1265.
- [6] 刘文奇, 吴从焮. 相似关系粗集理论与相似关系系统[J]. 模糊系统与数学, 2002, 16(3): 50~ 58
- [7] 刘芳, 王涛, 等. 基于颜色——空间二维直方图的图像检索[J]. 计算机工程与应用, 2002 (12): 85~ 88