

局部累积直方图在彩色图像检索中的应用

强振平 刘 辉

(昆明理工大学 信息工程与自动化学院 昆明 650051)

摘 要 局部累积直方图通过对颜色空间进行相似色区间划分,在每个区间内应用累积直方图法对图像的颜色特征进行提取,使得根据颜色对图像的检索更加合理有效。本文通过在HSI空间对色调和饱和度进行合理划分,并对图像间色调、饱和度和亮度进行匹配、加权求和,给出了根据局部累积直方图计算图片间相似值的一种具体算法。实验证明,该算法实现简单,检索速度、查全率、准确率均高于一般累积直方图法。

关键词 图像检索 局部累积直方图 HSI空间

中图分类号 TP301.6

Application of Local Accumulation Histogram in Color Image Retrieval

Qiang Zhenping Liu Hui

(College of Information Engineering and Automation, Kunming University of Science & Technology, Kunming 650051)

Abstract Local accumulation histogram divides color space into similar regions and uses accumulation histogram method in every region to acquire the color characteristic of the picture, thus making image retrieval which is based on color characteristic more rational and effective. Through experiment, we provide a concrete color image retrieval algorithm, which divides the hue and saturation in HSI color space, uses matching algorithm to two pictures and calculates similar amount. This algorithm's realization is simple, and the speed of retrieval, recall and precision are higher than general accumulation histogram.

Key words Image retrieval, Local accumulation histogram, HSI color space

Class number TP301.6

1 引言

随着数字图像数量的飞速膨胀,要想有效管理和利用这些庞大的图像资源,就必须有高效率的图像检索技术,因此图像检索引起大家广泛的关注并获得快速的发展。传统的图像检索技术是基于文本的,就是对图像进行文本注释、存储、检索。即对图像的检索变成了基于标签的检索,而由于图像内容非常丰富且很难用文字标签完全表达,并在这一注释过程有许多主观因素,这都可能使检索失败。因此,许多研究者提出了基于内容的图像检索技术。也就是直接根据图像内容进行图像信息的查询,即抽取图像的特征(如:颜色、纹理、形状、空间关系等),与所要检索图像的特征进行比较,根据一定的相似性匹配准则来判断其相似性。而本文的局部累积直方图法就是基于内容的图像检索技术的一种。

2 局部累积直方图法的提出

颜色是图像的一种重要视觉性质,在图像的检

索中经常用到。而对图像颜色的表达方法也有许多种:如直方图法、累积直方图法、颜色局部法、中心矩法,以及我们这里所要讲到的局部累积直方图法等。

直方图表示数字图像中每一灰度级与其出现频数间的统计关系,但当图像中的颜色并不能取遍所有可取值时,直方图中会出现一些零值,这些零值会对计算直方图的相交匹配带来很大影响,从而使算出的匹配值并不能正确地反映两图像间的颜色差别。我们虽然可以通过加大图像特征取值的间隔,减少特征取值数量来克服,但是以色调特征为例,这样可能会使不相近的颜色量化到同一特征值处,对检索的准确率产生影响。为解决这一问题,可利用累积直方图。累积直方图能大大减少原统计直方图中出现的零值数量,使两种颜色在特征轴上的距离将保持与它们之间的相似程度成正比(证明见^[1]),而这种正比对我们的人眼来说未必成立。比如:在HSI(色调、饱和度、密度)空间里, $H = 0^\circ$ 基本对应红色, $H = 60^\circ$ 基本对应黄色, $H = 120^\circ$ 基本对应绿色。这样在H轴上黄色和红色,黄色

和绿色间距离相等。但对人的感觉来说,并无所谓黄色和红色,黄色和绿色哪两种更相似。而且我们更不能因为黄色更接近红色就说黄色比绿色更相似与红色。对于色彩比较复杂的自然景物图像,一般的累积直方图法在检索中就会将不同色度的信号混淆起来。但是,我们知道人眼对色彩的分辨能力有限,人眼对色度在一定范围内变化并不敏感甚至无法察觉。因此,人的这种视觉特性表明色度在其分布轴上的局部区间内仍能满足累积直方图体现的相关性。所以可以把色度沿分布轴分成若干个局部区间,然后在各个区间分别应用累积直方图法,这样的做法就是局部累积直方图法。

3 相似色区间的划分

使用局部累积直方图对图像进行检索。

首先,我们应选取颜色空间,我们知道一般的图像都是使用 RGB 模型存储的,这是因为使用 RGB 模型非常适合在输出显示场合使用,而对于图像检索,我们一般选取面向视觉感知的颜色模型。实际应用

中常用的颜色空间有 Munsell 模型、HSI 模型、HSB 模型等,HSI 颜色空间直接对应于人眼色彩视觉特征的 3 要素。在色调 H(Hue)、饱和度 S(Saturation)和亮度 I(Intensity)3 个分量中,色调尤其影响着人类的视觉判断。HSI 空间各轴在视觉上彼此无关,空间距离符合人眼视觉特征,并且从 RGB 到 HSI 的转换是一个简单且快速的非线性变换。而且,HSI 空间的量化结果可以产生符合视觉特征的维数较小的颜色空间,有助于颜色特征查询的应用。所以,我们使用 HSV 颜色空间作为研究的色彩空间,在色调、饱和度和亮度的 3 个分量中提取目标区域,综合 3 个目标区域进行图像检索。

其次,对色度进行相似区间的合理划分,我们人眼对色彩的视觉效果是色度、饱和度和亮度综合作用的结果,相似区间的划分也必然受这三者的共同影响。在 HIS 空间,如果固定 S 值,则可以得到颜色的 $f(H, S, I)_{s=c}$ 相似二维分布的表达式,即当 $H \in [k\pi/3, (k+1)\pi/3], k=0, 1, 2, 3, 4, 5$ 时有:(详细推导过程见^[2])

$$I = \max(R, G, B) \frac{2}{3} \sqrt{3} \left\{ \frac{\sqrt{3}C}{\tan \left[(-1)^k \left(H - \frac{2}{3} \text{int} \left(\frac{k+1}{2} \right) \pi \right) \right] + \sqrt{3}} \right\}$$

可见, $f(H, S, I)_{s=c}$ 是以 $2\pi/3$ 为周期。通过具体的函数分布图像可以看出颜色的相似分布并非均匀分布,红绿蓝的相似区域明显大于黄青紫的相似区域。通过对函数图像的直线近似,使得相似色区间的分界线近乎与 H 轴垂直,基本上消除 I 对相似色划分的影响。因此在我们的实验过程中,区域的划分见图(a)。这样划分相似区域,可以保证在各区域内使用累积直方图的条件,但是区间分界处附近忽视了颜色的连续性,会造成与量化间隔过大而产生同样的问题。因此在实验中,先采用图(a)的方法计算出每个局部区间的累加直方图,在改变区间为图(b),并计算出这时每个局部区间的累加

直方图,最后将这两次计算的累加直方图逐项相加取平均,作为最终的特征直方图用于检索。

关于 S:饱和度与一定色调的纯度有关,饱和度越高,颜色越深,如深红,深绿,纯光谱色是完全饱和的,随着白光的加入饱和度逐渐减少。我们对 S 也进行了区间划分。因为 S 过小颜色会变为白色,这一个区域相对比较小,当 S 大于 0.65 颜色一般较深。所以我们划分的 S 区间为图(c):

$$S = \begin{cases} 1: s \in (0, 0.2] \\ 2: s \in (0.2, 0.65] \\ 3: s \in (0.65, 1] \end{cases}$$

(c) 饱和度区间的划分

$$H = \begin{cases} 1: h \in (324, 36] \\ 2: h \in (36, 84] \\ 3: h \in (84, 156] \\ 4: h \in (156, 204] \\ 5: h \in (204, 276] \\ 6: h \in (276, 324] \end{cases} \quad H = \begin{cases} 1: h \in (294, 6] \\ 2: h \in (6, 54] \\ 3: h \in (54, 126] \\ 4: h \in (126, 174] \\ 5: h \in (174, 246] \\ 6: h \in (246, 294] \end{cases}$$

(a) 色调区间的划分(一) (b) 色调区间的划分(二)

4 程序算法与步骤

下面给出在程序设计过程中的步骤和算法:

1. 输入彩色图像序列,对所需颜色特征进行提取:

(1) RGB 空间到 HSI 空间的转换:

标准的转化公式为:

$$H = \begin{cases} \arccos \frac{(R-G) + (R-B)}{2\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} & R \neq G \text{ 或 } R \neq B \\ 2\pi - \arccos \frac{(R-G) + (R-B)}{2\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(R-C)}} & B > G \end{cases}$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} \min(R, G, B)$$

$$I = (R + G + B)/3$$

由于对 H 的转换需要大量的计算,具体所采用公式如下(参考[3]):

$$v' = \max(r, g, b); m' = \min(r, g, b);$$

if $v' = 0$ s 无意义 h 无意义

if $s = 0$ h 无意义

其它:

$$r' = \frac{v' - r}{v' - m'}; g' = \frac{v' - g}{v' - m'}; b' = \frac{v' - b}{v' - m'};$$

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

$$h = \lfloor 60 * h' \bmod 360 \rfloor;$$

(2) 对 H 和 S 分别生成局部累积直方图。我们在实验中, H 在每个局部区域采用的取值间隔均为 12, 这样便于在相似色区间划分中的两种相似色区域逐项求和取平均。对 S 在整个取值范围按以上划分进行累积直方图提取。 I 仅需计算其值。

(3) 存储所获得的每幅图像的 H, S, I 特征。

2. 输入查找图像, 计算其 H, S, I 特征。根据匹配算法检索特征表, 获取所需图片。

匹配算法:

设 Q 为输入的检索原图, D 为图像库中存储的图像。 P 为匹配值。 T 代表 H, S 或者 I 等提取的特征。

$$P_T(Q, D) = \frac{\sum_{k=0}^{L-1} \min[T_Q(k), T_D(k)]}{\sum_{k=0}^{L-1} T_Q(k)}$$

因为 H 和 S 分量与人感受颜色的方式是紧密相联的。尤其 H 影响着人类的视觉判断。因此我们选择了 $(0.7, 0.2, 0.1)$ 作为 H, S, I 的加权系数, 即根据上式算出的各项特征获得两幅图像的相似值为:

$$P(Q, D) = 0.7P_H(Q, D) + 0.2P_S(Q, D) + 0.1P_I(Q, S)$$

3. 返回查找结果, 结果的选取可以根据指定的阈值获取满足条件的图像, 也可以通过查找图像和图像库中图像的相似值排序, 返回要求数目的相似的图片。

5 结果与分析

在试验中, 我们使用 VC++ 6.0 开发环境, 以 SQLServer2000 建立了 300 多幅的图片库, 其中以 200 多张花卉图片为主, 另外有一些对视频的截图图片。每张图片均为 24bit 真彩色。实验中检索的原图来自图库, 以下是我们分别对花卉和截屏一次检索结果及程序中获得的相似值。图 1 是我们人为感觉比较相似的一组花卉图片。

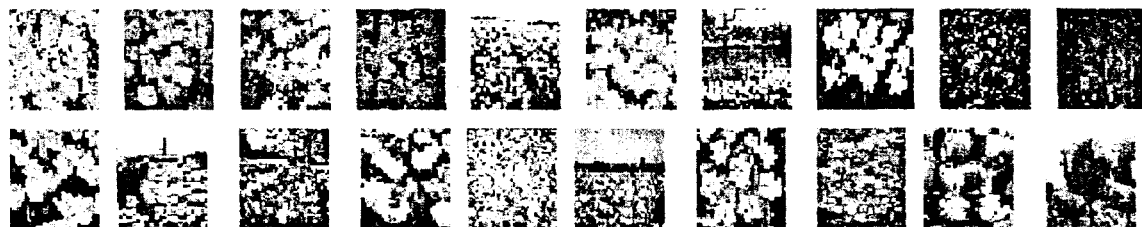


图1 图库中人为感觉比较相似的一组花卉图片

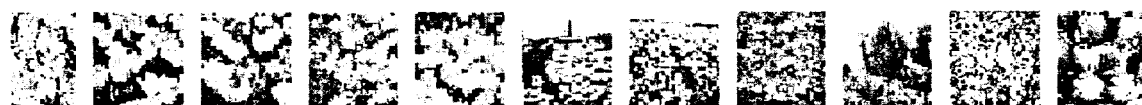


图2 花卉按第一幅图检索的结果

我们以第一幅图进行检索, 即检索的原图来自图库, 检索相似的 10 幅图片按相似值排列如图 2:

我们在图库中存储了一些视频的截图, 图 3 我们给出了一段的全部截图:

同样以第一幅图进行检索, 检索原图来自图库, 检索的相似的 10 幅图片按相似值排列如图 4:

我们进一步在建立的图像库内定量对算法的检索效率进行分析, 我们选取了 4 幅花卉、4 幅截屏图片, 这些图片都有多于 15 幅的相似图片, 我们用程序选取 15 幅图片。花卉用 $f1-f4$ 表示, 截屏用 $v1-v4$ 表示。检索效率对照图表如表 1:

(下转第 157 页)

帧格式[EB/OL]. <http://www.oki.com/semi/english/fm-mux.htm>

[7]调频多工广播[EB/OL]. [HTTP://www.btc.sh.cn/move/darc.htm](http://www.btc.sh.cn/move/darc.htm)

[8]基于 VHF 数据链的自动化相关监视广播, ENRI Electronic Navigation Research Institute (日本)电子导航研究所

[EB/OL]. [HTTP://atc.nease.net/docs/](http://atc.nease.net/docs/)

[9]宫崎 冲电气株式会社半导体情报, 宫崎 冲电气株式会社。

[10]精英科技. 数字视频与音频编码技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001

[11]申敏等, DSP 原理及其在移动通信中的应用[M]. 北京, 人民邮电出版社, 2001

(上接第 125 页)

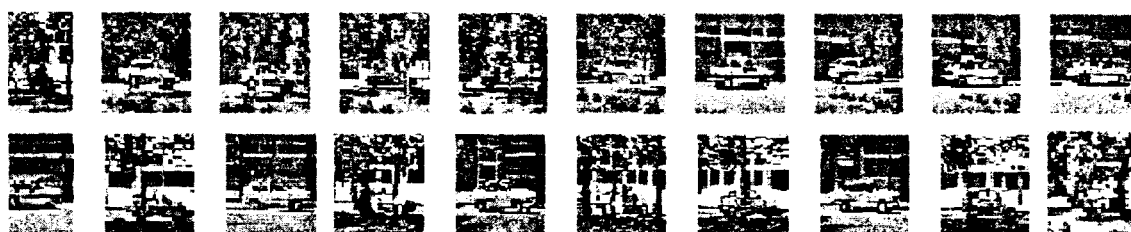


图 3 图库中一段视屏的全部截图



图 4 截屏按第一幅图检索的结果

表 1 检索效率对照

图片	f1	f1	f3	f4	v1	v2	v3	v4	平均
一般累积直方图法	46.7%	40%	53%	46.7%	73.3%	80%	73.3%	86.7%	62.6%
本文算法	86.7%	86.7%	93.3%	93.3%	100%	100%	93.3%	100%	94.2%

根据多次试验测试, 这种算法检索速度快, 查全率达到 90% 以上, 准确度也远优于一般的累加直方图, 特别对颜色复杂的真实图像。

颜色特征是一种图像的全局特征, 描述了图像或图像区域所对应景物的表面性质。由于颜色对图像或图像区域的方向、大小等变化不敏感, 所以颜色特征不能很好地捕捉图像中的局部特征。因此, 我们可以综合颜色、纹理、形状、空间关系等多种图像的特征进行检索。

参考文献

[1] 章毓晋. 图像工程(附册)——教学参考及习题解答[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002

[2] 刘忠伟, 章毓晋. 用局部累加直方图进行彩色图像检索[J]. 中国图像图形学报, 1998, 3(7): 533 ~ 537

[3] Palus H. 1998. Color space. In: The Colour Image Processing Handbook. Sangwing S J, Home R E N, eds. Chapman & Hall.

[4] 徐旭. 基于视觉特征的图像检索系统研究[D]. 浙江大学, 杭州. 1999.

[5] 章毓晋. 基于内容的视觉信息检索[M]. 科学出版社, 2003

[6] Axel Hildebrand & Wolfgang Müller. 2000. In: Visual Computing I (V2).

[7] 孙兴华, 郭 丽, 郭跃飞等. 基于目标区域的彩色图像检索研究[J]. 计算机研究与发展, 2001, 38(9): 1112 ~ 1120