

一种基于颜色特征的图象检索方法*

李国辉 柳伟 曹莉华

(国防科技大学,长沙 410073)

摘要 提出了一种改进的基于颜色感知特征的图象检索方法。这种方法采用符合人类视觉特性的 HSV 颜色空间来表示图象的颜色特性,利用人对颜色的感知来对颜色分量进行非等间隔的量化并形成特征矢量,用直方图交叉算法进行图象的匹配。用户可以通过示例方式、指定颜色或指定图象区域来表示查询的视觉要求。

关键词 基于内容检索 信息检索 多媒体数据库系统

0 引言

常规信息系统向多媒体信息系统方向发展,多媒体信息是由视频、音频、图象、图形等媒体承载的,因此对多媒体数据的快速并基于内容进行检索以获得所需要的信息是多媒体信息系统要求解决的关键问题之一。

过去对图象的查询主要是通过关键字来检索,用关键字适合表示图象的客观属性,如图象的作者、标题、创作时间等,但是图象的视觉特征难以用关键字来描述。事实上在现实生活中,人们使用信息的方式很多情况下是靠直觉的印象。例如,把商品的图片存在数据库中,用户用一张照片告诉数据库他们所要的商品或要求查到与用户喜爱的颜色相近的商品就是一些直接利用视觉印象的查询方法。一个用户可能要求数据库:给我看看你们商店里所有蓝色的时装?我们希望数据库系统按用户的直观要求返回一组图象的集合。

基于图象内容的检索是通过图象视觉特征的相似性匹配来查找用户要求的图象的。在这方面已有一些常用的方法^[1~4]。HSV^[5]是一种符合人类视觉感知特征的颜色空间,本文利用 HSV 颜色空间来表示图象的颜色分量,并利用人的颜色感知特性对 H, S, V 颜色分量进行非等间隔的量化分段,然后形成

代表图象颜色的一维特征矢量,利用直方图交叉算法进行图象的相似性搜索。用户可以通过示例的方式、指定颜色的方式或指定某个图象的部分区域来表示查询的视觉要求。本文最后给出并讨论了几种相关图象的查询测试结果,并与等间隔量化算法进行了比较。

1 颜色模型

根据不同的应用场合,图象的颜色表示方式各不一样。印刷输出是使用 CMYK 颜色模型,使用青(Cyan)、品红(Magenta)、黄(Yellow)和黑(Black)4种基本色,用减法来混合出各种颜色。而 CRT 显示屏使用的是 RGB 颜色模型,利用红(Red)、蓝(Blue)、绿(Green)3种基本颜色,可以配制大部分人眼所能看到的颜色,RGB 模型的混色原理是以加法来混合,也就是说各种颜色的光会越来越亮。L*a*b模型是使用亮度 Light 和 2 个彩色分量 a 和 b 来表示颜色,a 分量是由绿色演变到红色,b 分量则是由蓝色演变到黄色。

另外一种基于感知的颜色模型是 HSV,它把彩色信号表示为三种属性:色调、饱和度和亮度 HSV (Hue, Saturation, Value),这种颜色模型用 Munsell 三维空间坐标系统表示。Munsell 颜色空间具有

* 本文受湖南省自然科学基金项目[1995]252.6 的资助。

收稿日期:1997-11-17;收到修改稿日期:1998-05-05

以下已经被人的眼睛所证实特点:

(1)坐标之间的心理感知独立性,即可以独立感知各颜色分量的变化;

(2)线性伸缩性.可感知的颜色差是与颜色分量的相应样值上的欧几里德测度之间的距离成比例的。

HSV 模型的色调 H 表示从一个物体反射过来的或透过物体的光波长,更一般地说,色调是由颜色名称来辨别的,如红、橙、绿,它用角度 $-180^\circ \sim 180^\circ$ 或 $0^\circ \sim 360^\circ$ 度量,对应于颜色轮(color wheel)上的角度。亮度 V 是颜色的明暗程度,通常用百分比度量,从黑 0% 到白 100%。色度或饱和度 S 指颜色的深浅,例如同样是红色,也会因浓度不同而分为深红和浅红,它也用百分比来度量,从 0% 到完全饱和的 100%。

由于色调 H 是以 $0^\circ \sim 360^\circ$ 角度度量,因此由 H 和 S 分量可以构造一个颜色轮,如图 1 所示。在颜色轮上,主要颜色沿一个圆均匀分布,次要颜色位于主要颜色之间。例如用黄色和青色产生绿色,因此绿色位于黄色和青色之间。每种颜色与它的补色直接在轮上相对。

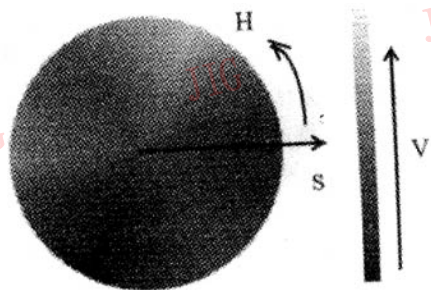


图 1 颜色轮

从图象中一般得到的是 RGB 值,因此要把 RGB 值转换为 HSV 值。给定 RGB 颜色空间的值 (r, g, b) , $r, g, b \in [0, 1, \dots, 255]$, 则转换到 HSV 空间的 h, s, v 值计算如下:

$$\text{设 } v' = \max(r, g, b)$$

$$\text{则 } v = v' / 255$$

$$s = \frac{v' - \min(r, g, b)}{v'}$$

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

$$h = 60 \times h'$$

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, $r, g, b \in [0, 255], h \in [0, 360], s \in [0, 1], v \in [0, 1]$ 。

2 颜色特征和相似性测度

我们用颜色直方图来描述图象的整体颜色特征。对于一幅图象 I , 其颜色(或灰度)由 L 级组成, 每一种颜色(灰度)值为 $c_i (i=1, 2, \dots, L)$ 。在整幅图象中, 具有 c_i 值的象素个数为 h_i , 则一组象素的统计值 h_1, h_2, \dots, h_L 就称为该图象的颜色直方图, 用 $H(h_1, h_2, \dots, h_L)$ 表示。直方图特征描述了图象颜色(或灰度)的统计特性, 反映了图象颜色的统计分布和基本色调, 但是直方图不包含位置特征, 因此不同的图象有可能具有相同的直方图特征。

一幅图象的颜色一般非常多, 尤其是真彩色图象, 因此直方图矢量的维数会非常多。如果对 HSV 空间进行适当的量化后再计算直方图, 则计算量少得多。我们将 H, S, V 三个分量按照人的颜色感知进行非等间隔的量化:

(1) 按照人的视觉分辨能力, 我们把色调 H 空间分成 8 份, 饱和度 S 和亮度 V 空间分别分成 3 份。

(2) 根据色彩的不同范围和主观颜色感知进行量化。

$$H = \begin{cases} 0 & \text{if } h \in [316, 20] \\ 1 & \text{if } h \in [21, 40] \\ 2 & \text{if } h \in [41, 75] \\ 3 & \text{if } h \in [76, 155] \\ 4 & \text{if } h \in [156, 190] \\ 5 & \text{if } h \in [191, 270] \\ 6 & \text{if } h \in [271, 295] \\ 7 & \text{if } h \in [296, 315] \end{cases}$$

$$S = \begin{cases} 0 & \text{if } s \in [0, 0.2] \\ 1 & \text{if } s \in [0.2, 0.7] \\ 2 & \text{if } s \in [0.7, 1] \end{cases}$$

$$V = \begin{cases} 0 & \text{if } v \in [0, 0.2] \\ 1 & \text{if } v \in [0.2, 0.7] \\ 2 & \text{if } v \in [0.7, 1] \end{cases}$$

(3) 根据光学理论,物体的颜色与光的波长和频率有关。不同的色光在真空中的波长和频率的范围不一样,因此我们可以将色调进行不等间隔量化。

(4) 构造一维特征矢量。按照以上的量化级,把3个颜色分量合成为一维特征矢量

$$G = HQ_s Q_v + SQ_v + V \quad (1)$$

其中, Q_s 和 Q_v 分别是分量 s 和 v 的量化级数, 这里 $Q_s = 3, Q_v = 3$ 。因此式(1)实际上为

$$G = 9H + 3S + V \quad (2)$$

这样, H, S, V 三个分量在一维矢量上分布开来。根据式(2), G 的取值范围为 $[0, 1, \dots, 71]$, 计算 G 获得 72 柄(bin)的一维直方图。

假设示例图象的直方图特征矢量为 $H_q(q_0, q_1, \dots, q_L)$, 图象数据库中的图象的直方图特征矢量为 $H_s(s_0, s_1, \dots, s_L)$, 其中 $0 \leq q_i \leq 1, 0 \leq s_i \leq 1$, 为规一化的比例值, L 为一维直方图矢量的维数。那么利用直方图交叉算法进行图象相似性度量如式(3)所示。2个直方图的交集定义为

$$\text{sim}(Q, S) = \sum_{i=0}^L \min(q_i, s_i) \quad (3)$$

如果两幅图象的颜色分布相同,那么相似性度量为1,否则为0到1之间的一个数。最不相似为0,例如黑和白图象的直方图交集。直方图交叉算法实际上是计算两幅图象的公共部分,可以比较明显地区分出相似的图象。

4 测试结果

为了评价检索算法的性能,固定查询的返回图象幅数 n 为 32, 我们使用如下参数的定义^[1]: 在 n 幅返回图中, 设 R 为相关图象的数目, ρ_r 为相关图象的排序序号, T 为实际的相关图象数。那么评价参数为:

检索到的相关图象的平均排序

$$AVRR = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R \rho_r$$

理想的相关图象的平均排序

$$IAVRR = \frac{T}{2}$$

丢失的相关图象率

$$MT = \frac{R}{T}$$

我们选用了 160 幅图象,其中包括以下查询测试用的 4 类相关图象和时装、飞机、火车、各种风景等干扰图象。选择的相关图象为:9 幅雪景的图象;9 幅草坪的图象;8 幅海滩景色的图象;11 幅日落景色的图象。

表 1 非等间距量化,用户指定颜色查询

	白雪	草坪	海滩	日落
AVRR	9.2	6.0	6.88	13.55
IAVRR	4.5	4.5	4.0	5.5
AVRR/IAVRR	2.04	1.33	1.72	2.46
MT	1.0	1.0	1.0	0.9

表 2 等间距量化,用户指定颜色查询

	白雪	草坪	海滩	日落
AVRR	11.1	9.67	7.5	15.2
IAVRR	4.5	4.5	4.0	5.5
AVRR/IAVRR	2.47	2.19	1.875	2.76
MT	0.9	1.0	1.0	0.9

我们把非等间隔量化和等间隔量化算法进行测试比较,其结果分别示于表 1 和表 2。图 2 示出用非等间隔量化算法对草坪图象进行查询的返回结果。对于非等间隔量化算法,HSV 的量化等级数分别为 8, 3, 3, 得到 72 维的特征矢量;对于等间隔量化算法,HSV 的量化等级数分别为 18, 3, 3, 得到 162 维的特征矢量;IAVRR 表示理想情况下,即所有返回图象全部排列在最前面时的平均序号;AVRR 表示返回图象排列在前面的程度,其值越小越接近 I-AVRR 越好。结果表明,即使在等间隔算法的量化等级数较多的情况下,非等间隔量化颜色分量的检索结果仍然优于等间隔量化的结果。

6 结束语

颜色特征是图象检索中常用的一种特征,另外还有形状和纹理特征等。一般来说,全局的颜色特征过于笼统,但在某些应用中可以有效地减少搜索范围。实际上,利用用户指定的颜色进行查询时。直方图交叉算法检索到的是与用户要求的局部颜色相匹配的图象,达到局部和目标区域检索的目的。当然,仅仅利用颜色特征还不够,还可以利用纹理、形状以及图象的客观属性进行综合概念查询,查询结果多

次交互求精,直到得到满意的结果为止。

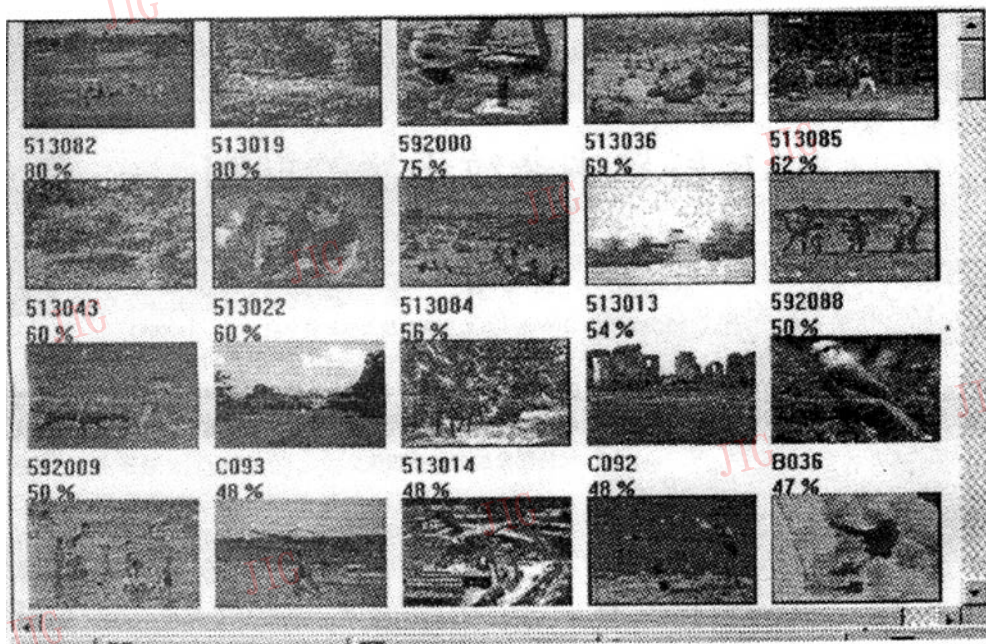


图2 用户指定颜色区域查询。对草地图象进行查询的结果

参考文献

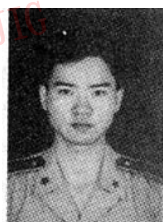
- 1 Edoardo Ardizzone, Marcola Cascia. Automatic Video Database Indexing and Retrieval. Multimedia Tools and applications, 1997,4(1); 29~56.
- 2 Ralph M. Ford, et al. Metrics for Scene Change Detection in Digital Video Sequences. Proceedings of the International Conference on Multimedia Computing and Systems, 1997, 610~611.
- 3 Yu Hong-heather, Wayne Wolf. A Visual Search System for Video and Image Databases. Proceedings of the International Conference on Multimedia Computing and Systems, 1997, 517~524.
- 4 胡晓峰,李国辉. 多媒体系统. 北京:人民邮电出版社,1997.
- 5 Makoto Miyahara, Yasuhiro Yashida. Mathematical transform of

(R, G, B) color data to Munsell(H, V, C) color data. Visual Communications and Image Processing 88'SPIE vol. 1001, 650~657.

- 6 李国辉等. 基于内容的多媒体数据查询和检索,小型微型计算机系统,1998,19(4).



李国辉 国防科技大学系统工程与数学系副教授,1996年毕业于国防科技大学。现在国防科技大学多媒体研究开发中心和多媒体实验室工作,主要从事多媒体信息系统、多媒体通信网络和多媒体会议系统的研究、开发和教学工作。



柳伟 1973年生,大连理工大学CAD&CG所所长,博士生导师,长期从事CAD及图象图形处理方面的工作。



曹莉华 博士研究生,主要从事多媒体数据库和视频内容检索技术的研究。

参考文献

- 1 李象霖. 数字图象处理. 北京: 中国科技大学研究生院, 1996.
- 2 张澄波. 综合孔径雷达. 北京: 科学出版社, 1989.

李象霖 男, 1938年生, 教授, 主要从事数字图象处理方面的教学、科研工作。



娄晓光 男, 1968年生, 工程师, IEEE 会员, 主要从事 SAR 实时成像算法、图象处理方面的研究。



王贞松 男, 1945年生, 研究员, 博士生导师, IEEE 会员, 主要从事无线电物理、微波遥感技术、合成孔径雷达成像系统方面的研究。

Stripe Noise Elimination of SAR Pictures

Lou Xiaoguang¹, Li Xianglin², Wang Zhensong¹

(1. Institute of Electronics, Chinese Academy of Science, Beijing 100080 2. University of Science and Technology of China, Beijing 100039)

Abstract The paper focuses on the stripe noise that only but often occurs in SAR image. The paper analyses the spectrum of the image with noise, discusses the limitations of the repairing methods which always being used and presents a new method, Orientation Filter, to eliminate noise. The correctness of the method is verified in this paper, and the steps of applying the orientation filter are provided. Experiments proved that orientation filter can satisfactory filter the stripe noise and preserves as many target characteristics of original images as possible.

Keywords Synthetic aperture radar, Image processing, Orientation filter

(上接第 251 页)

An Image Retrieval Method Based on Color Perceived Feature

Li Guohui, Liu Wei, Cao Lihua

(Department of System Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073)

Abstract An improved image retrieval method based on color feature is provided. This method uses HSV color space that is more compatible with hum's visual sense to represent image's color feature. It takes advantage of human's perception to quantize color components as non-equal interval, which formulates one dimensional feature vector. After that, we use histogram intersection algorithm to search similar images from image repository. Query by example, query by specified color, or query by region within an image is used to represent visual query posed by user. Finally, test results for relevant image retrieval compared with equal quantized arithmetic are given and discussed.

Keyword Contend-based retrieval, Information retrieval, Multimedia database system