

基于Lab空间的图像检索算法

陈丽雪, 陈昭炯

(福州大学计算机科学与技术学院, 福州 350002)

摘要: 探讨 Lab 颜色空间内基于颜色的图像检索问题。分析已有的基于 Lab 色度直方图的检索算法的不足, 提出改进的基于 Lab 空间颜色通道的检索算法, 该算法分别将 a 、 b 颜色通道非均匀量化成 22 个等级, 用其直方图来表征图像的颜色特征, 从而保留了两个颜色通道的特性。设计并实现了基于用户感兴趣图像块的相关反馈技术。实验结果表明, 改进算法具有良好的检索结果, 采用的相关反馈技术提高了检索性能。

关键词: Lab 空间; 色度值; 颜色通道; 感兴趣分块

Image Retrieval Algorithms Based on Lab Space

CHEN Li-xue, CHEN Zhao-jiong

(Department of Computer Science and Technology, Fuzhou University, Fuzhou 350002)

【Abstract】 This paper discusses color-based image retrieval technique in the Lab color space. It analyzes the shortcoming of existing algorithm based on Lab hue histogram, presents an improved retrieval algorithm based on chromaticity coordinate of Lab space. A uniform quantization of chromaticity coordinates(a , b) down to twenty-two bins is performed, their histograms can describe the color context of the image, and preserves the chromaticity coordinates' characteristic. This paper implements the relevant feedback technique with piece-of-interest. Experimental results show that the improved method has sound and robust retrieval performance, and the relevant feedback technique also enhances the retrieval effectiveness.

【Key words】 Lab space; hue; color channel; piece-of-interest

1 概述

基于内容的图像检索即从图像库中查找含有特定内容的图像。用于检索的特征主要有颜色、纹理、草图、形状、布局等。颜色作为图像的一种重要视觉信息, 基于颜色的图像检索就成为主要的图像检索技术并得到广泛和深入的研究。

基于颜色的检索算法, 常用的颜色空间有 CIE 色彩空间、RGB 色彩空间、CMY 色彩空间、Munsell 色彩空间、HSV 色彩空间等。CIE Lab 颜色空间由亮度通道 L 、红绿颜色通道 a 、蓝黄颜色通道 b 组成。该空间具有感知上的均匀性, 与人们对颜色的感知非常接近, 且具有欧式距离不变性, 因此, 基于 Lab 空间的图像检索效果令人满意^[1-3]。现有的基于 Lab 空间的图像检索算法^[1,3]采用将 a 、 b 通道混合在一起的色度直方图来表征图像的颜色特征, 而 a 、 b 通道是 Lab 空间内两个相互独立的颜色通道, 两者混合后就失去了颜色通道本身的含义, 导致有些图像的检索结果不够理想。针对该问题, 本文提出并实现了一种改进的基于 Lab 颜色通道算法。该算法直接用 a 、 b 通道来表征图像的颜色特征, 保留了两个颜色通道的特性, 从而改善检索结果。为了提高检索的查准率和查全率, 还采用基于用户感兴趣分块实现相关反馈技术。先将图像分成 3×3 块, 然后采用两种交互方式来得到用户感兴趣分块, 一种是让用户直接指定感兴趣分块, 另一种是用户对检索结果进行“好”“差”两种评价, 系统计算用户评价为“好”的图像各分块与待检索图像各分块之间的相似度, 将相似度最大的分块定义为用户感兴趣分块。

2 Lab 颜色空间

Lab 颜色空间是由 CIE(国际照明委员会)制定的一种色

彩模式, 自然界中任何一种颜色都可以在 Lab 空间中表达出来。该空间由亮度通道 L 和与色彩有关的颜色通道 a 、 b 3 个要素组成。亮度通道 L 的值域由 0 到 100, 当 $L=50$ 时, 就相当于 50% 的黑色。 a 通道表示从红色至绿色的范围, b 通道表示从蓝色至黄色的范围。 a 和 b 的值域都是 $[-128, 127]$, 其中, $+127 a$ 就是红色, 渐渐过渡到 $-128 a$ 的时候就变成绿色。同样道理, $+127 b$ 是黄色, $-128 b$ 是蓝色。所有的颜色就以这 3 个值交互变化所组成。

Lab 颜色空间具有感知上的均匀性, 与人们对颜色的感知非常接近, 即视觉上近似的两种颜色在 Lab 空间上位置相邻。它还具有欧式距离不变性, 即视觉上差异较小的两种颜色在 Lab 空间上的欧式距离较小, 而视觉上差异较大的两种颜色对应的欧式距离也较大。因此, 在 Lab 颜色空间内实现基于颜色的图像检索具有一定的意义。

3 基于 Lab 色度直方图的检索算法及分析

已有的基于 Lab 空间的图像检索算法^[1,3]采用将 a 、 b 通道混合在一起的色度直方图来表征图像的颜色特征。该算法^[1]简单描述如下:

设 f 是一个 RGB 格式的图像, 对于图像 f 中每个坐标位置 (x, y) 的像素, 计算该像素的色度值 $H(x, y)$ 的方法为: 将 RGB 彩色空间转换到 CIE XYZ 空间; 计算 a 、 b 的值; 计算像素的色度值 $H(x, y) = \arctan(b(x, y)/a(x, y))$ 。对于给定图像中的每个像素, 经

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(A0410013)

作者简介: 陈丽雪(1983 -), 女, 硕士研究生, 主研方向: 图像处理; 陈昭炯, 教授

收稿日期: 2007-08-20 **E-mail:** lisa.chen.clx@gmail.com

上述3步计算后均得到一个相应的颜色不变量 $H(x,y)$ 。设图像 f 的大小为 $m \times n$ ，将坐标 (x,y) 处色度量化后，记为 $q(x,y)$ 。 $H = \{h_1, h_2, \dots, h_L\}$ 为色度集； L 为色度的量化等级数， $g_{Hue}(h_k)$ ($k=1,2,\dots,L$)表示了图像中色度值为 h_k 的像素的频数，假定图像中像素的色度值是随机选取的，那么， $g_{Hue}(h_k)$ 可视为色度值 h_k 在图像中出现的概率，则图像 f 的色度直方图定义为

$$g_{Hue}(h_k) = \frac{1}{mn} \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n \delta(q(x,y) - h_k), \forall h \in H \quad (1)$$

将该色度直方图作为图像的颜色特征，从而得到相应的Lab色度直方图方法。

本文实现了上述算法后，发现有些图像的检索结果很不理想，例如检索结果中一些图像的颜色与待检索图像的颜色视觉上完全不相关。如图1所示，待检索图像为蓝色的海洋，检索结果中却出现了褐色、暗黄色等与蓝色颜色差异很大的图像(第2幅和第4幅图像为褐色的叶子，第3幅、第7幅和第8幅图像为黄色的小猫)。在图2中，待检索图像为绿色的叶子，检索结果中同样也出现了紫色、白色等与绿色视觉上完全不相关的图像(第4幅图像为紫色的夜景，第5幅图像为白色的车子，第6幅图像为白色的花)。在图1、图2中，首图为待检索图。



图1 已有的基于Lab色度直方图的检索结果1



图2 已有的基于Lab色度直方图的检索结果2

分析出现上述检索结果的原因，色度 $H = \arctan(b/a)^{[3]}$ ， $H \in (-\pi/2, \pi/2)$ ， a 和 b 是Lab空间内两个相互独立的颜色通道， b 除以 a 后，失去了颜色空间本身的含义，导致 H 色度盘的分布出现多义性、不稳定性。如表1所示，视觉上完全不同的两种颜色：蓝色($R=73, G=152, B=215; L=60, a=-10, b=-40$)和褐色($R=177, G=137, B=73; L=60, a=10, b=40$)，对应的 b/a 都等于4，对应的色度 H 都为1.32582，因此以蓝色为主色的待检索图像可能会检索到以褐色为主色的图像(图1)。从表1可以看到，视觉上3种不同的颜色：紫色($R=255, G=190, B=255; L=100, a=80, b=-80$)，绿色($R=83, G=255, B=71; L=100, a=-80, b=80$)，白色($R=254, G=255, B=253; L=100, a=-1, b=1$)，对应的 b/a 都等于-1，对应的色度 H 均为 $-\pi/4$ 。因此，以绿色为主色的待检索图像可能会检索到以白色、紫色为主色的图像(图2)。

表1 颜色与色度对应关系

颜色	R	G	B	L	a	b	H
蓝	73	152	215	60	-10	-40	1.32582
褐	177	137	73	60	10	40	1.32582
紫	255	190	255	100	80	-80	$-\pi/4$
绿	83	255	71	100	-80	80	$-\pi/4$
白	254	255	253	100	-1	1	$-\pi/4$

在Lab颜色空间内，红绿颜色通道 a 和蓝黄颜色通道 b 相互独立，因此，下文将采用改进的基于Lab颜色通道的直方图检索算法，它直接用颜色通道 a, b 的直方图来表征图像的颜色特征。

4 改进的基于Lab颜色通道的检索算法

基于上述分析，本文在已有的基于Lab色度直方图的基础上，采用基于Lab颜色通道实现基于颜色的图像检索。该

算法的实现步骤如下：

Step1 对图像中每个坐标 (x,y) 的像素，将RGB彩色空间转换到Lab空间^[3]。

Step2 分别将 a, b 非均匀量化为22个等级。因为在靠近0的位置， a, b 的微小变化就能使颜色产生很大的差异，所以越靠近0的地方，量化的区间越小，反之，则越大。本文对 a 通道小于0的数值采用的量化区间为： $[-127, -70], (-70, -60], (-60, -50], (-50, -40], (-40, -30], (-30, -25], (-25, -20], (-20, -15], (-15, -10], (-10, -5], (-5, 0]$ 。根据对称性， a 通道大于0的数值量化密度与左边相同， b 通道的处理方法与 a 通道相同。

Step3 统计每个等级出现的次数，设第 i 个等级出现的次数为 n_i ，用 $H(k) = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{M \times N}$ ($M \times N$ 为图像的大小， $k=1,2,\dots,L, L$ 为量化的等级数)计算 a, b 的累积直方图。

Step4 待检索的图像 Q 经过Step1、Step2处理，得到颜色特征 $H_{Qa}(k), H_{Qb}(k)$ ($k=1,2,\dots,L$)。图片库中的图像 D 经过Step1、Step2处理，得到其颜色特征 $H_{Da}(k), H_{Db}(k)$ ($k=1,2,\dots,L$)，将计算结果存放到特征数据库中。

Step5 定义 $Ma(Q,D) = \sqrt{\sum_{k=1}^L [H_{Qa}(k) - H_{Da}(k)]^2}$ ， $Mb(Q,D) = \sqrt{\sum_{k=1}^L [H_{Qb}(k) - H_{Db}(k)]^2}$ ，最后两幅图像的相似度距离 $M(Q,D)$ 定义为两者的平均值。

Step6 对相似度距离 $M(Q,D)$ 进行排序，并将排序后的前几幅图像显示出来。

上述算法可以采用全局直方图来实现，其检索结果如图3所示，待检索图像为蓝色的海洋，得到的检索结果也都是以蓝色为主色的海洋图像。对于同一幅待检索图像，对比图3和图1采用基于Lab色度直方图检索算法得到的结果，发现改进后的检索效果得到很大改善。



图3 改进的基于Lab颜色通道直方图的检索结果

5 基于感兴趣分块的相关反馈技术

全局直方图具有计算简单、平移不变性、旋转不变性等优点，但由于没有考虑图像的颜色空间分布情况，因此两幅内容完全不同的图像可能具有一样或近似的直方图。针对这个问题，可以先对图像进行分块，然后确定用户感兴趣分块和不感兴趣分块，再改变分块权重来解决。例如先将图像均匀分割成 3×3 块，然后用户对显示出来的检索图像进行“好”、“中”、“差”3种评价，系统将评价为“好”的图像视为正反馈图像，计算出正反馈图像中与待检索图像相似度最大的分块，定义为用户感兴趣分块，将评价为“差”的定义为负反馈图像，计算出负反馈图像中与待检索图像相似度最小的分块，定义为用户不感兴趣分块，改变这两个分块的权重，然后重新检索。

采用用户评价这种交互来实现相关反馈技术比较简单，但系统难以捕捉到用户的真正需求，系统根据用户评价自动查找到的感兴趣分块及不感兴趣分块不一定与用户相符合。考虑到用户进行图像检索时可能只关注图像的某一分块，如用户想要检索花的图片，他们只对含有花朵形状的图像块感兴趣，而对背景图像块完全不感兴趣，因此可以让用户用鼠标直接选择待检索图中最感兴趣的分块，然后直接将该分块作为重新检索的依据。用户可以选择待检索图中的不同分块，

得到不同的检索结果,再选择符合自己需要的图片。

6 实验

本文最后在 Windows 2000 下用 C++ 开发了基于 Lab 的图像检索系统(LabIRS)。该系统实现了已有的基于色度直方图检索算法,并采用了统计直方图和累积直方图两种特征描述方法。系统也分别用全局和分块直方图技术实现了改进的基于 Lab 颜色通道的检索算法。通过两种人机交互方式获取用户最感兴趣的区域,从而实现相关反馈技术。第 1 种交互方式是用户对检索出的图像进行评价,程序自动查找用户感兴趣的方块,第 2 种交互方式是用户用鼠标直接选择待检索图像中最感兴趣的方块。

系统界面分为:(1)待检索图像及其特征显示区,包括:待检索图像,待检索图像的色度统计直方图, a 通道统计直方图, b 通道统计直方图;(2)已有的基于色度直方图的检索结果显示区,包括:检索结果中前 8 幅图像,检索结果中前 50 幅图像的相似度和存储路径的 List 表及选中表中单元格所对应的图像,以下所有的检索结果显示区均包括这部分的内容;(3)改进的基于 Lab 颜色通道全局直方图及相关反馈的检索结果显示区,包括:检索结果,基于感兴趣分块的相关反馈进行重新检索按钮,用户最感兴趣分块选择按钮;(4)改进的基于 Lab 颜色通道分块直方图的检索结果显示区,包括:检索结果,改变感兴趣和不感兴趣分块权重的相关反馈进行重新检索按钮。

选取多幅待检索图像来比较已有的基于 Lab 色度直方图算法和改进的基于 Lab 颜色通道算法的检索结果,可以发现采用 a 、 b 两个相互独立的通道直接来表征图像的颜色特征所得到的检索结果比将 a 、 b 通道混合后得到的检索效果要改善很多。LabIRS 得到的检索结果在此无法一一列出,可以参考图 1 和图 3 的检索结果。

为了检验基于感兴趣分块实现相关反馈的效果的好坏,这里使用查准率(Precision)来判定。在实验中,选取了一个由 320 幅各种类别的彩色图像组成的图片库作为测试图像集。将图片库中的图片分为 9 类:春天(54 幅)、秋天(30 幅)、冬天(21 幅)、花(62 幅)、海洋(19 幅)、猫(62 幅)、车子(20 幅)、日落(28 幅)、夜景(24 幅)。从每个类别中选出 1 幅~3 幅比较有代表性的图像作为查询图像,构成了 15 次检索,用横坐标

表示(图 4),对于每次检索结果,计算其查准率,用纵坐标表示。从图中可以明显看出采用基于感兴趣分块进行相关反馈后,查准率有了一定的提高。

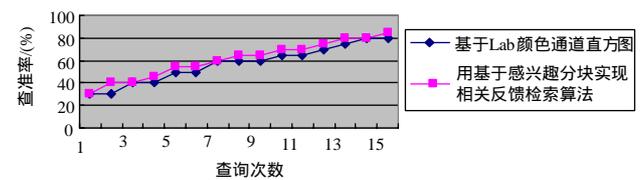


图 4 未加反馈技术与增加基于感兴趣分块相关反馈算法的查准率

7 结束语

本文对 Lab 彩色空间在基于颜色的图像检索中的应用做了尝试,得到的检索结果令人满意。在图像检索系统中,只利用图像的颜色特征是不够的,如果结合图像的纹理^[4]、布局等特征,将提高图像检索的性能。对基于感兴趣分块来实现相关反馈技术做了一个初步的探索和尝试,得到的检索效果较原来也有所改善。为了获取用户感兴趣区域,还可以采用熵^[5]、小波域^[6]等方法。今后的研究将结合小波技术来提取用户感兴趣区域。

参考文献

- [1] 曹 奎, 冯玉才, 曹忠升. 基于颜色和形状特征的彩色图像表示与检索技术[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2001, 13(10): 906-911.
- [2] Smith J R, Chang S F. Single Color Extraction and Image Query[C]//Proceedings of IEEE International Conference on Image Processing. Washington, D. C., USA: [s. n.], 1995: 528-531.
- [3] Gevers T, Smeulder A W M. Evaluating Color and Shape Invariant Image Indexing of Consumer Photography[EB/OL]. (1998-05-05). <http://www.citeseer.ist.psu.edu/15056.html>.
- [4] 王向阳, 杨红颖, 胡峰丽. 基于感兴趣区的小波域彩色图像检索新方法[J]. 中国图象图形学报, 2006, 10(2): 175-179.
- [5] 陆 伟, 倪 林. 利用颜色和熵提取感兴趣区域的感性图像检索[J]. 中国图象图形学报, 2006, 10(4): 492-497.
- [6] 施智平, 胡 宏, 李清勇, 等. 基于纹理谱描述子的图像检索[J]. 软件学报, 2005, 16(6): 1039-1045.

(上接第 223 页)

企业原有的 ERP 系统主要用于物流和生产计划,使用角色限于企业内部,后台基于 Oracle 数据库;而新的 DRP 系统主要用于异地业务信息流和企业内部数据的有效共享和集成,使用者包括企业内部、各分公司及普通用户等角色。两系统的整合需要考虑系统的稳定性、数据一致性和应用安全性,同时兼顾应用的简捷性,故利用前述策略不失为一个较好的选择。

5 结束语

本文针对当前 DRP 系统的辅助决策功能,提出的组合预测方法,依据参差方差的不同,调整相应算法的权重,并能够根据区域的差异,在定性预测的基础上,获得较高的预测精度,同时在算法的复杂度上保持较低的成本。在企业数据的安全性和数据整合方面,提出了利用双重认证和两层集成方法,在一定程度上确保了企业数据的安全和完整。

当然,整个研究工作还存在不足,有待于完善。利用灰度理论和布朗线性指数平滑法进行组合预测,在一定范围内可以获得较高的精度,但不能保证对所有的情况都成立,例如对销售趋势出现的重大转折,由于缺少必要的预警机制,还要依靠个人的经验判断,有一定的盲目性,因此在预测算法的智能化配置等方面还需作进一步的探索。

参考文献

- [1] 朱卫平, 殷国鹏, 苏国星. CRM和DRP统的集成分析[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2004, 23(1): 121-124.
- [2] 徐国译. 统计预测和决策[M]. 上海财经大学出版社, 2005.
- [3] NIIP Inc. NIIP Reference Architecture[EB/OL]. (2004-11-13). <http://www.niip.org>.
- [4] Spyros M, Wheelwright S C, Hyndman R J. Forecasting Methods and Applications[M]. New York, USA: John Wiley & Sons Inc., 1997.