

• 多媒体技术 •

综合颜色纹理形状特征的图像检索

孙文波, 吴锡生

(江南大学 信息工程学院, 江苏 无锡 214122)

摘 要: 图像特征的提取和使用在基于内容的图像检索中至关重要。研究了在基于内容的图像检索系统中整合颜色, 纹理, 形状的提取方法。将图像按照一定的规则进行分块, 对各个分块分别进行各种特征向量的提取。颜色特征的提取是基于 YUV 颜色空间的颜色直方图, 纹理特征的提取采用 Gabor 滤波器, 形状特征的提取是基于 Zernike 矩的计算。实验结果表明, 综合图像的颜色、形状和纹理特征提高了图像检索的准确性。

关键词: 基于内容的图像检索; 分块; YUV 颜色空间; 滤波器; 图像矩

中图法分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7024 (2009) 21-4904-03

Content-based image retrieval of integrated color texture and shape feature

SUN Wen-bo, WU Xi-sheng

(College of Information Technology, Southern Yangtze University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Image feature extraction and the use of the features as query terms are crucial problems in content-based image retrieval (CBIR) systems. The main focus is on integrated color, texture and shape extraction methods for CBIR. The image is divided into blocks according to regular, then feature is extracted vector in every block. Color features extraction is based on color histograms in YUV space, texture feature based on Gabor filters and shape features based on Zernike moments are calculated. The experimental result indicates that the arithmetic of the extraction based on the feature of color, texture and feature improve image retrieval accuracy.

Key words: content-based image retrieval; blocking; YUV color space; filters; image moments

0 引言

在图像检索的过程中采用何种检索算法对图像检索效果具有较大的影响。一幅图像的底层特征包括颜色、纹理、形状等。但基于图像单一特征的检索方法只能表达图像的部分特征信息, 不能达到较好的图像检索准确度。因此采用综合多特征检索能够对检索的精度和准确度有很大的提高^[1]。

在 QBIC 系统中允许基于图像的颜色, 纹理, 形状特征进行查询。在 QBIC 系统中颜色坐标用 RGB, LAB 等。和 QBIC 相似在 virage^[2]是基于颜色, 纹理和图像的边缘信息来查询的。NeTra, IRIS 提出了基于全局颜色纹理, 特征和语义特征的检索方法。VisualSEEK 提出了基于颜色, 纹理和空间信息的检索方法。由于传统的检索系统基于单一的特征进行检索因此效果不是很理想。针对这种情况本文提出了先将图像分块, 对各个分块提取颜色, 纹理特征向量, 然后相似度比较。从而较好的检索结果^[3]。

1 图像的分块处理

通常一幅图像中用户感兴趣的区域都集中在图像的中间。所以我们采用图 1 的方法把图像分成 9 个子块。以此减少检索过程中图像背景所带来的影响。W 表示图像的宽度,

1	2	3
4	5	6
7	8	9

图 1 图像分块方法

L 表示图像的高度。那么中间的块 5 为 $0.5W \times 0.5L$ 。4 个角上的块 1, 3, 7, 9 设为 $0.25W \times 0.25L$ 。块 2 和 8 别设置成 $0.5W \times 0.25L$ 。块 4 和 6 被设置成 $0.5W \times 0.25L$ 。

然后将图像分成 4 个子块 A, B, C, D。A={1,2,4,5}, B={2,3,5,6}, C={4,5,7,8}, D={5,6,8,9}。我们分别对 A, B, C, D 这 4 个子块进行颜色, 纹理特征的提取。

2 颜色特征的提取

作为最直接的视觉特征, 颜色一直是图像检索使用的主要特征之一^[4]。颜色特征对图像本身的尺寸、方向、视角的依赖性较小, 具有较高的鲁棒性。现在使用的颜色空间分为多种, 例如, HSV 颜色空间, Luv 颜色空间, RGB 颜色空间, Lab 颜色空间等。RGB 颜色空间是一种在我们日常生活中经常使用的颜色表示法, 但是 RGB 颜色空间与人眼的感知差异很大。

收稿日期: 2008-11-08; 修订日期: 2009-04-27。

作者简介: 孙文波 (1982—), 男, 山东威海人, 硕士, 研究方向为人工智能与模式识别; 吴锡生 (1968—), 男, 江苏无锡人, 博士, 教授, 研究方向为人工智能与模式识别。E-mail: sunwenbobo1357@126.com

而 HSV 颜色空间比较符合人眼的视觉特征。因此在本文中
对颜色特征进行提取时选择了 HSV 颜色空间。

给定的 RGB 颜色空间的值(r,g,b), r, g, b([0,255]), 则变换到 HSV 空间的(h,s,v)值计算如下:

$$\begin{aligned} & \text{设 } v'=\max(r,g,b), r'=(v'-r)/(v'-\min(r,g,b)), g'=(v'-g)/(v'-\min(r,g,b)), b'=(v'-b)/(v'-\min(r,g,b)), \text{ 则 } V=v'/255, S=(v'-\min(r,g,b))/v', h'= \\ & \begin{cases} (5+b') & \text{若 } r=\max(r,g,b) \text{ 且 } g=\min(r,g,b) \\ (1-g') & \text{若 } r=\max(r,g,b) \text{ 且 } g \neq \min(r,g,b) \\ (1+r') & \text{若 } g=\max(r,g,b) \text{ 且 } b=\min(r,g,b) \\ (3-b') & \text{若 } g=\max(r,g,b) \text{ 且 } b \neq \min(r,g,b) \\ (3+g') & \text{若 } b=\max(r,g,b) \text{ 且 } r=\min(r,g,b) \\ (5-r') & \text{其它} \end{cases}, H=60 \cdot h'. \text{ 其中:} \\ & H \in [0,360], S \in [0,1], V \in [0,1]. \end{aligned}$$

按照人的视觉分辨能力,将色调H空间分成8份,饱和度S和亮度V空间分成3份。根据色彩的不同范围和主观颜色感知进行量化。

$$H = \begin{cases} 0 & h \in [316,20] \\ 1 & h \in [21,40] \\ 2 & h \in [41,75] \\ 3 & h \in [76,155] \\ 4 & h \in [156,190] \\ 5 & h \in [191,270] \\ 6 & h \in [271,295] \\ 7 & h \in [296,315] \end{cases}, S = \begin{cases} 0 & s \in [0,0.2] \\ 1 & s \in [0.2,0.7] \\ 2 & s \in [0.7,1] \end{cases}, V = \begin{cases} 0 & v \in [0,0.2] \\ 1 & v \in [0.2,0.7] \\ 2 & v \in [0.7,1] \end{cases}$$

按照如上的量化方法,把3个颜色分量合并成为一维的特征向量

$$G = HQsQv + SQv + V \quad (1)$$

其中Qs和Qv分别表示分量s和v的量化级数,虽然Qs和Qv取的越大,量化的精度越高,但是随之而来的检索的时间也就越长,在我们的试验中取Qs=3, Qv=3,因此式(1)转化为G=9H+3S+V。这样,H,S,V这3个颜色分量就可以用一维矢量上表示。G的取值范围为[0,1...71],我们对每个分块构造G的颜色直方图,采用直方图相交法进行相似度的匹配。

3 基于Gabor滤波器的纹理特征提取

Gabor 根据模拟人类视觉系统而产生。通过模拟人类视觉系统,可以将视网膜成像分解成一组滤波图像,每个分解的图像能够反映频率和方向在局部范围内的强度变化。通过一组多通道 Gabor^[3]滤波器,可以获得纹理特征。

Gabor特征广泛的应用于视觉信息表示当中,他能够提供良好的方向选择和尺度选择特性。实际上,Gabor变换是为了提取信号傅里叶变换的局部信息^[6],他使用了一个高斯函数作为窗函数。由于Gabor滤波器的强大的分类和识别能力所以Gabor滤波器广泛的应用在各个领域当中^[7]。

Gabor 滤波器的基函数 g(x,y)的一般形式为

$$g(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x')^2}{2\sigma^2}}$$

二维 Gabor 函数的一个沿 x 轴的复正弦波为

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x')^2}{2\sigma^2}} (\cos \frac{2\pi x}{l} + j \sin \frac{2\pi x}{l})$$

我们将 G(x,y)作为母函数通过对他进行旋转和尺度的变换,就可以得到一组滤波器: $g_m(x,y) = a^{-m} g(x',y'), a > 1$ 。其中 $x' =$

$$a^{-m} (x \cdot \cos\theta + y \cdot \sin\theta), y' = a^{-m} (-x \cdot \sin\theta + y \cdot \cos\theta), \theta = n\pi/k, (n \in [0,k]), k \text{ 表示总的方向数。}$$

在实验中,我们通过取不同角度和方向来构造一组不同的滤波器,我们取对角线的4个方向构造出12个滤波器。

对于一幅给定的图像 I(x,y),他的gabor小波变换可定义为

$$W_m(x,y) = \iint I(x,y) g_m^*(x-x_1, y-y_1) dx_1 dy_1$$

其中,*表示去共轭复数。在实验中我们选取均值和方差进行相似性度量。

$$\mu_m = \iint |w_m(x,y)| dx dy$$

$$\sigma_m = \sqrt{\iint (|w_m(x,y) - \mu_m|)^2 dx dy}$$

用 μ_m 和 σ_m 作为分量构造特征向量 $f = [\mu_{00}, \sigma_{00}, \dots, \mu_{m-1,k-1}, \sigma_{m-1,k-1}]$, 对提取出来的特征进行高斯归一化以后相似性比较。

4 形状特征提取

1962年Hu₂提出矩的不变性后,各种矩及矩的函数广泛应用于图像描述、检索等领域。常用的矩有旋转矩、正交矩、几何矩、和复数矩。Zernike^[8]矩是一种基于正交多项式的复数矩,比起其它矩具有更小的信息冗余性,而且具有良好的旋转不变性,能够构造任意高阶矩,因此成为目前广泛应用的一种形状描述子。

Zernike 矩在一类被称为 zernike 多项式上被定义成 f(x,y) 的映射。我们将 zernike 多项式的完备集定义成如下形式

$$V_m(\rho, \theta) = R_m(\rho) e^{jm\theta}$$

$$R_m(\rho) = \sum_{s=0}^{(n-|m|)/2} \frac{(-1)^s [(n-s)!]}{s! [(n+|m|)/2-s]! [(n-|m|)/2-s]!} \rho^{n-2s}$$

这里注意到 $R_{-m}(\rho) = R_m(\rho)$ 。可以验证,下式可以验证上面公式的正交性

$$\iint_{x,y \in \pi} [V_m(x,y)]^* V_n(x,y) dx dy = \frac{\pi}{n+1} \delta_m \delta_n$$

对一个连续的图像 n 阶 m 重的 Zernike 矩在一个单位圆上被定义成

$$A_{nm} = \frac{n+1}{\pi} \iint_{x,y \in \pi} f(x,y) V_m^*(\rho, \theta) dx dy$$

为了能够获得图像特征,图像 f(x,y)在计算 zernike 矩之前被转换。为了获得平移不变性,图像函数的图心必须移到了单位圆的中心。通过规格化之后使图像具有旋转和比例不变性。

由于 zernike 矩比较复杂,并且随着维数的增大,计算量会大大的增加。所以在我们的实验中我们只取前 10 阶 zernike 矩作为我们的特征向量。我们取特征向量 SFV=(Z1m, Z2m, ..., Z10m)进行相似度比较。

5 特征归一化处理

由于提取出的特征向量的各个特征分量的取值范围和物理意义不同,需要对它们进行归一化处理。这样在计算相似距离的时候,可以使各分量具有相同的权重。高斯归一化方法是一种较好的内部归一化方法,其特点是归一化之后一些超大或者超小的元素值对整个归一化后的元素值分布影响不大。在经过归一化之后,我们将各个特征向量变换到[0,1]的区间上。假设 a_n 表示经过归一化以后的第 n 个特征向量的相似度, w_n 表示第 n 个特征向量的权重,我们通过下式计算出总的相似度。

$$A = \frac{w_1a_1 + w_2a_2 + \dots + w_na_n}{w_1 + w_2 + \dots + w_n}$$

6 实验结果分析

我们共选择 50 个类 5 000 张彩色照片。其中包括风景,花卉,人物,汽车,动物,钟表 6 类图像。每一类图像我们选定 12 幅图像作为查询图像进行检索。在实验中我们和采用单一特征的图像检索系统进行比较。我们对颜色,纹理,形状的权重进行调整,以达到最佳的检索效果。实验结果表明采用综合特征的图像检索系统具有更好的检索效率。能够克服采用单一特征进行检索不能充分地利用图像的底层特征。如图 2 所示。



图 2 综合颜色、纹理、形状特征的检索结果

7 结束语

传统的图像检索只是提取图像的单一的视觉特征,由于这些基本的视觉特征只是利用了图像的部分特征,所以检索的结果往往不够理想。这种矛盾随着图像数据库中的图像数量的增多显得越来越突出。针对这一实际问题,本文提出了一种新的图像检索方法,该方法以综合特征为检索基础,通过获得图像的颜色,形状,纹理关系等单一的视觉特征,从这些

单一的视觉特征出发,提取综合特征。并将归一化的综合特征作为图像相似性的衡量依据。该方法克服了单一的视觉特征的局限性。充分的利用了图像的视觉特征。实验证明利用综合特征进行的图像检索具有良好的效果。

参考文献:

[1] 董卫军,周明全,耿国华.基于综合特征图像检索技术研究[J].计算机应用与软件,2005,(11):34-36.
[2] Bach Jeffrey R, Fuller Charles, Gupta Amarnath, et al. Virage image search engine: an open framework for image management [C].Shu, Chiao-Fe Source: Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering, 1996,2670:76-87.
[3] 赵海英.基于综合特征的图像检索[C].第四届全国虚拟现实与可视化学术会议论文集,2004:156-161.
[4] Schettini R, Ciocca G, Zuffi S. Indexing and retrieval in color image database[C].Color Image Science:Exploiting Digital Media.Mac Donld LW,Luo WR.John Wiley & Sons,2002:183-211.
[5] Wei Na,Geng Guohua,Zhou Mingquan.Content-based imagere-trieval using Gabor filters[J].Computer Engineering,2005,31(8): 10-11.
[6] Yang x,Zhang x D.Gabor Fiherbank and its application in the fin-gerprint texture analysis[C].Proceedings of the IEEE Interna-tional Conference on Parallel and Distributed Computing, Ap-plications and Technologies,2005:829-831.
[7] Yang J,IJiu L, Jiang T, ET AL. A modified gaber filter design method for fingerprint image enhancement[J].Pattern Recogni-tion Letters,2003,24:1805-1817.
[8] 胡正义,苏祥芳.Zernike矩的旋转不变性及对旋转角度的估计 [J].武汉大学学报,1994,(4).

(上接第 4883 页)

```
U-Boot 1.1.4 (May 14 2008 - 16:32:36)
U-Boot code: A3F80000 -> A3F9E3A0 BSS: -> A3FA4100
RAM Configuration:
Bank #0: a0000000 64 MB
Flash: 64 MB
*** Warning - bad CRC, using default environment

In: serial
Out: serial
Err: serial
0 any key to stop autoboot: 3
```

图 4 U-Boot 的启动信息

4 结束语

引导加载程序 Bootloader 是嵌入式系统软件开发的第一个环节,是系统加电后运行的第一段代码。一般它只在系统启动时运行非常短的时间,但对嵌入式系统来说,这是一个非常重要的系统组成部分。

Bootloader 是严格地依赖于硬件而实现的,每种不同体系结构的处理器都有不同的 Bootloader^[9]。所以,在开始移植之前,要熟悉硬件电路板和处理器,只有深入了解相关芯片手册的规定,才能更好地配置嵌入式开发板,达到嵌入式系统的优化。

参考文献:

[1] 郑灵翔.嵌入式系统设计与应用开发[M].北京:北京航空航天大学出版社,2006:201-219.
[2] Intel Crop.Intel PXA27X processor family developer's manual [Z].2006.
[3] 孙纪坤,张小全.嵌入式 Linux 系统开发技术详解——基于 ARM[M].北京:人民邮电出版社,2006.
[4] 石秀民,魏洪兴.嵌入式系统原理与应用——基于 XScale 与 Linux[M].北京:北京航空航天大学出版社,2007.
[5] Aaron Wong.U-Boot 的移植之(二)进阶篇:从源代码看系统启动过程 [OL]. <http://blog.chinaren unix.net/u/26710/showart.php?id=402757>,2007.
[6] 陈章龙,唐志强,涂时亮.嵌入式技术与系统——Intel XScale 结构与开发[M].北京:北京航空航天大学出版社,2004.
[7] 刘磊,张凤荔,秦志光.基于 U-boot 构建嵌入式 Linux 的 Boot-loader[J].计算机应用研究,2007,24(12):238-240.
[8] 孙天泽,袁文菊.嵌入式设计及 Linux 驱动开发指南——基于 ARM9 处理器[M].2 版.北京:电子工业出版社,2007:144-146.