

小波变换在 HSV 颜色空间上的图像检索应用研究

金汉均 曾婷

(华中师范大学计算机学院 武汉 430079)

摘要: 在传统的基于小波变换的图像检索方法中,并没有对 HSV 颜色空间的不同颜色分量进行小波变换并考虑它们的重要性大小。针对这个问题,提出一种新的在 HSV 颜色空间中利用小波变换进行图像检索的方法。该方法首先将每张图像由 RGB 颜色空间转换到 HSV 颜色空间,然后分别对图像的颜色分量(H,S,V)进行小波变换,并用小波系数矩阵的二阶矩表示图像的纹理特征,从而得到图像的特征向量,最后根据三个颜色分量重要性大小合理分配权重,计算查询图像与图像数据库中图像的相似度,得到图像检索结果。实验结果表明,本方法在图像实验数据库中能获得较好的检索效果。

关键词: 图像检索;小波变换;HSV 颜色空间;特征向量;相似度

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.6040

Application of wavelet transform to image retrieval in HSV color space

Jin Hanjun Zeng Ting

(Computer Department of Huazhong Normal University, Wuhan 430079, China)

Abstract: In the traditional image retrieval methods based on wavelet transform, the wavelet transform and the importance of the different color components of HSV color space are not considered. For this question, this paper proposes an new image retrieval method using wavelet transform in HSV color space. Firstly, each image would be transformed from RGB color space to HSV color space. Then, each color component (H, S, V) of the image is performed by wavelet transform to extract the texture features of the image, and the feature vector of the image is also obtained. Finally, calculating the similarity between the retrieved image and each image in database by assigning the weights of three color components reasonably with the importance, and get the retrieval results. The results of experiments show that the algorithm given in this paper can get better retrieval performance.

Keywords: image retrieval; wavelet transform; HSV color space; feature vector; similarity

1 引言

随着计算机、互联网以及智能移动设备等的高速发展,人类平时要处理的数字信息越来越多,然而在数字信息中,图像信息占据了相当大的比重。因此,如何快速高效地从大规模的图像数据库中检索出用户需要的图像显得尤为重要。目前,图像检索主要分为两种方法:第一种是基于文本的图像检索,旨在通过提取与图像相关的文本特征来进行图像检索,比如图像的名称或关键字、图像标签等。第二种是基于内容的图像检索,旨在通过提取图像的颜色、纹理和形状等底层特征来检索图像^[1-3]。与传统的基于文本特征的图像检索方法相比,基于内容的图像检索更能反映图像本身的特点,其性能和检索精度相对较好^[4-5]。

现在很多文献都提出了基于内容的图像检索方法,小波变换也被广泛地应用在图像检索中,如 Quellec 等人^[6]提出了基于小波变换的自适应图像检索方法。该方法提升了图像检索的性能,但是并没有探讨小波变换在颜色空间的各个颜色分量中发挥的作用。文化等人^[7]提出了一种在图像检索中应用提升小波的方法,该方法对小波变换在 YUV 颜色空间的各个颜色分量上的应用进行了研究。张笃振^[8]提出的图像检索方法中,将 RGB 图像分解为 R、G、B 3 个分量,然后对各分量利用小波变换提取图像的纹理特征。这些方法虽然验证了小波变换在颜色空间的每个颜色分量上的作用,但并没有考虑不同颜色分量对图像检索的重要性大小。

考虑到 HSV 颜色空间在视觉上更接近人类对颜色的

视觉感知^[9],同时小波变换能够有效提取图像的特征,本文对小波变换在 HSV 颜色空间上的图像检索进行研究,对 HSV 颜色空间的 3 个颜色分量分别运用小波变换,提取图像 3 个颜色分量上的纹理特征,并根据 3 个颜色分量对图像检索性能的重要性大小分配权值,最后通过实验结果验证算法的有效性。

2 图像检索算法

2.1 算法思想

图像检索本质上是先提取图像特征,然后进行特征匹配,计算图像之间的相似度,最后得到检索结果的过程^[10]。本文算法对 HSV 颜色空间上单独的颜色分量进行研究,故先将图像转换到 HSV 颜色空间上,并将图像分解成 H、S、V 3 个分量。数字图像相当于一个二维信号,因此提取图像特征需要对图像的 3 个颜色分量进行二维小波变换得到小波系数矩阵。同时,小波系数矩阵的二阶矩能够反映矩阵内部各元素的数值大小以及不同方向上的系数变化频率分量的数值分散程度,因此本文算法采用小波系数矩阵的二阶矩描述图像的纹理特征,得到图像的特征向量。最后根据查询图像和检索数据库图像的特征向量进行匹配,计算相似度最大的 N 个图像作为检索结果。

2.2 特征提取

本文算法利用二维小波变换来提取 HSV 3 个颜色分量上的纹理特征。因此,首先需要将检索数据库中的图像均转换到 HSV 颜色空间。HSV 颜色空间采用色调 H、饱和度 S 和亮度 V 来描述色彩,由于 HSV 颜色空间中各分量相互独立,能够独立感知各颜色分量的变化,从而为研究 HSV 颜色空间的每个分量在图像检索上的作用提供便利。

图像由 RGB 颜色空间转换到 HSV 颜色空间后,将 HSV 图像分解为 H、S、V 3 个分量,然后在图像的 H、S、V 3 个颜色分量上分别进行二维小波变换得到小波系数矩阵。在本文的方案中,采用 Daubechies 小波对图像进行二维小波变换。二维小波变换可用数字滤波器和下取样器来实现。图像每进行一级二维小波变换都会输出四个子图像: $A_{i,j}^l$, $H_{i,j}^l$, $V_{i,j}^l$ 和 $D_{i,j}^l$, $A_{i,j}^l$ 代表原图像水平和垂直方向的低频成分, $H_{i,j}^l$, $V_{i,j}^l$ 和 $D_{i,j}^l$ 分别代表进行第 l 级的水平、垂直和对角方向的高频成分。可用下列式子进行描述:

$$A_{i,j}^l = \sum_{n,m} h(n-2i)h(m-2j)A_{n,m}^{l-1} \quad (1)$$

$$H_{i,j}^l = \sum_{n,m} g(n-2i)h(m-2j)A_{n,m}^{l-1} \quad (2)$$

$$V_{i,j}^l = \sum_{n,m} h(n-2i)g(m-2j)A_{n,m}^{l-1} \quad (3)$$

$$D_{i,j}^l = \sum_{n,m} g(n-2i)g(m-2j)A_{n,m}^{l-1} \quad (4)$$

式中: $0 \leq l \leq L$, 表示对图像进行第 l 级小波变换, h 和 g 分别是低通滤波器和高通滤波器。若进行第 $l+1$ 小波变换,则将 $A_{i,j}^l$ 作为原图像进行下一级的小波变换,以此类推可获得经过 L 级的小波变换图像。因此,对数字图像进行

L 级小波变换可获得一个低频子带数据和 $3L$ 个高频子带数据,本文对图像进行 2 级小波变换,故 $L=2$ 。图 1(a)、(b)分别给出了原图像和经过 2 级小波变换的实例图。

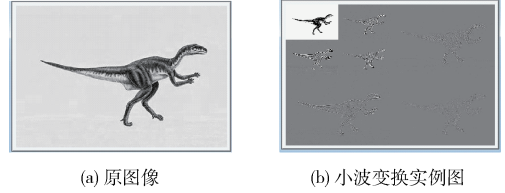


图 1 $L=2$ 的小波变换实例

由于小波系数在其低频子带取值较大,其余部分小波系数很小,接近于 0,即数字图像经小波变换后大部分能量分布在低频子带,因此本文算法通过分析低频子带系数,并计算系数矩阵的二阶矩得到图像的特征向量。定义检索数据库中图像 P_i 对应的特征向量 f_{P_i} 如下:

$$f_{P_i} = (W_{H_i}, W_{S_i}, W_{V_i}) \quad (5)$$

式中: W_{H_i} , W_{S_i} , W_{V_i} 分别表示图像 P_i 的 H、S、V 分量小波变换系数的二阶矩。

2.3 相似度计算

图像之间的相似度可以通过比较图像的特征向量之间的距离来度量。根据上面的介绍,可获得查询图像 Q 的特征向量 $f_Q = (\omega'_H, \omega'_S, \omega'_V)$, 检索图像数据库中图像 P_i 对应的特征向量 f_{P_i} 见式(5)。本文采用两个特征向量的欧氏距离来衡量两幅图像的相似度,并根据图像 H、S、V 3 个颜色分量重要性不同设定不同的权值,故查询图像 Q 与数据库图像 P_i 的相似度可用下式计算得到:

$$Sim_{Q,P_i} = \sqrt{\beta_H Sim_H + \beta_S Sim_S + \beta_V Sim_V} \quad (6)$$

式中: β_H , β_S , β_V 为 H、S、V 3 个颜色分量分配的权值,并且 $\beta_H + \beta_S + \beta_V = 1$ 。同时, $Sim_H = (\omega'_H - \omega_{H_i})^2$, $Sim_S = (\omega'_S - \omega_{S_i})^2$, $Sim_V = (\omega'_V - \omega_{V_i})^2$ 。

相似度越大说明两幅图像越接近,图像检索中将查询图像与图像数据库中的图像的相似度降序排列,输出相似度最高的前 N 幅图像作为检索结果。

3 实验结果及分析

本文的实验环境为配有 OpenCV 1.0 的 VC++6.0, Windows 7, 4 G 内存。本文采用图像检索研究中常用的数据库 Corel-1000 图像库作为实验数据库, Corel-1000 图像库有土著人、恐龙、花等 10 类图像,每类 100 幅,每幅图像的大小为 256×384 或 384×256 。本文从 3 个方面验证图像检索算法在 Corel-1000 图像库的检索性能。同时,本文采用查准率作为评价指标:

$$P = \frac{N_R}{N} \quad (7)$$

式中: N_R 表示检索结果中相关图像的数目, N 表示返回的检索图像总数。实验中从图像数据库的每类图像中随机选

取 10 幅图像,构成共 100 幅的查询图像。

1) (H, S, V) 3 个颜色分量取不同权值

表 1 给出了图像检索中 $(\beta_H, \beta_S, \beta_V)$ 在 9 种不同取值下的查准率,并设定返回图像数目 $N=10$ 幅。

表 1 本文算法在不同权值下的平均查准率

$(\beta_H, \beta_S, \beta_V)$ 取值	平均查准率
(0.2, 0.7, 0.1)	0.587
(0.4, 0.3, 0.3)	0.618
(0.5, 0.2, 0.3)	0.621
(0.5, 0.3, 0.2)	0.603
(0.6, 0.4, 0.0)	0.447
(0.8, 0.1, 0.1)	0.595
(1.0, 0.0, 0.0)	0.276
(0.0, 1.0, 0.0)	0.317
(0.0, 0.0, 1.0)	0.329

从表 1 可知, (H, S, V) 3 个颜色分量分配的权值不同,图像检索效果不同。实验结果表明,在图像检索返回 10 幅图像,本文算法在 Corel-1000 图像库取得最佳检索结果时有 $(\beta_H, \beta_S, \beta_V) = (0.5, 0.2, 0.3)$ 。另外,在后面的图像检索实验中,本文均采用此固定权值。

2) 在 N 取不同值时的检索性能

图 2 绘制了本文算法在 N 取不同值时图像检索的平均查准率曲线图,并比较了本文算法在不同类别图像上的检索效果。

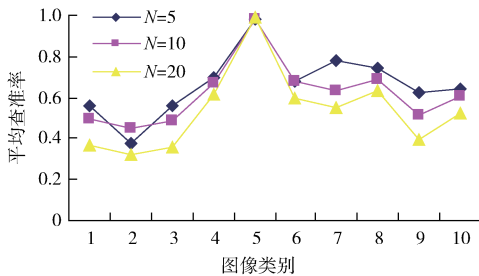


图 2 N 值不同的图像类别-平均查准率曲线

从图 2 中可以看出,算法对于恐龙、马、大象等轮廓层次比较分明的图像检索效果比较好,对于海滩、非洲居民等则检索效果不是很理想。同时,比较 N 值不同的 3 条曲线,发现随着返回图像数目的增加,图像的平均查准率也逐渐下降。

图 3 和图 4 分别给出了 $N=10$ 时从图像库中任选一幅恐龙和公共汽车图像进行检索的结果,原图像作为最相似的图像排在检索结果的最前面。

3) 不同算法的检索性能比较

表 2 比较了本文算法与文献[11-13]中算法的平均查

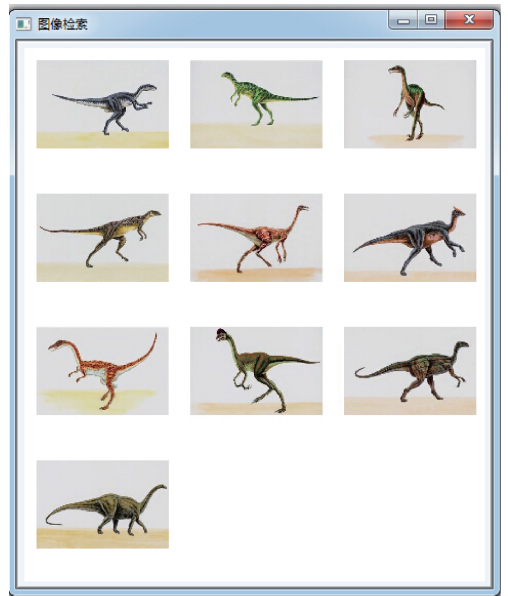


图 3 恐龙的图像检索结果



图 4 公共汽车的图像检索结果

准率。由表可知,本文算法在 Corel-1000 图像库上的图像检索效果总体上要优于其他 3 种算法,尤其对恐龙、大象等轮廓层次比较分明、纹理特征比较明显的图像进行检索优势更为明显。

4 结 论

本文结合 HSV 颜色空间的特性和小波变换在图像分析中的优势,对图像检索进行应用研究。由于考虑了 HSV 颜色空间的 3 个颜色分量及其重要性,因而能够很好地描述图像的纹理特征,提高图像的查准率。但是,本文算法并

表2 3种算法平均查准率比较

图像类别	N=5		N=10		N=20	
	本文算法	文献[11]	本文算法	文献[12]	本文算法	文献[13]
非洲居民	0.560	0.278	0.500	0.740	0.365	0.408
海滩	0.380	0.542	0.450	0.380	0.320	0.270
建筑	0.560	0.344	0.490	0.360	0.360	0.286
公共汽车	0.700	0.526	0.670	0.770	0.615	0.374
恐龙	0.980	0.526	0.980	0.950	0.990	0.980
大象	0.680	0.556	0.680	0.440	0.600	0.470
花	0.780	0.828	0.630	0.690	0.555	0.754
马	0.740	0.748	0.690	0.670	0.635	0.762
山川	0.620	0.500	0.510	0.410	0.395	0.381
食物	0.640	0.304	0.610	0.690	0.520	0.426
总平均值	0.664	0.559	0.621	0.610	0.536	0.511

没有融合图像的多特征进行检索,同时算法还可以不断改进来提高图像的查准率,因此需要进一步研究。

参考文献

- [1] KHODASKAR A A, LADHAKI S A. A novel approach for content based image retrieval in context of combination SC techniques[C]. 2015 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI), IEEE, 2015; 1-6.
- [2] AKGUL C B, RUBIN D L, NAPEL S, et al. Content-based image retrieval in radiology: current status and future directions[J]. Journal of Digital Imaging, 2011, 24(2): 208-222.
- [3] 顾晓东, 杨诚. 新的颜色相似度衡量方法在图像检索中的应用[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(10): 2286-2292.
- [4] 徐华琚, 韩立新. 图像检索系统关键技术的研究与应用[J]. 电子测量技术, 2014(5): 33-37.
- [5] 李兰, 刘洋. 基于内容的小波变换图像检索方法[J]. 计算机科学, 2015, 42(2): 306-310.
- [6] QUELLEC G, LAMARD M, CAZUGUEL G, et al. Fast wavelet-based image characterization for highly adaptive image retrieval[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2012, 21(4): 1613-1623.
- [7] 文化, 张曦煌. 提升小波在图像检索中的应用[J]. 计算机工程与设计, 2009(6): 1438-1440.
- [8] 张笃振. 一种基于颜色自动相关图与小波变换的图像检索算法研究[J]. 计算机工程与科学, 2009, 31(1): 41-43.
- [9] 史变霞, 张明新, 乔小妮, 郝瑞芝. 基于颜色特征的图像检索方法[J]. 微电子学与计算机, 2010(4): 158-161.
- [10] 成晓翁, 胡学龙, 尹翔. 一种基于形状的图像检索系统[J]. 国外电子测量技术, 2011(10): 22-24.
- [11] HUNEITI A, DAOUD M. Content-based image retrieval using SOM and DWT [J]. Journal of Software Engineering and Applications, 2015(8): 51-61.
- [12] MANGIJAOSINGH S, HEMACHANDRAN K. Content-based image retrieval using color moment and gabor texture feature [J]. International Journal of Computer Science Issues, 2012, 59(1): 299-309.
- [13] SALMI M, BOUCHEHAM B. Content based image retrieval based on Cell Color Coherence Vector (Cell-CCV) [C]. ISKO-Maghreb; 2014 4th International Symposium on Concepts and Tools for knowledge Management (ISKO-Maghreb), IEEE, 2014; 1-5.

作者简介

金汉均, 1963 年出生, 博士, 教授, 主要研究方向为图像语义理解、计算机视觉分析以及可视化数据挖掘等。

曾婷(通讯作者), 1992 年出生, 硕士研究生, 研究方向为图像与视频处理。

E-mail: 1449677208@qq.com