

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2016.01.011

基于纹理相似度的颜色迁移

苏莘珺, 何星慰

(武汉大学 印刷与包装系, 湖北 武汉 430079)

摘要: 提出一种以纹理相似度为依据的颜色迁移算法。通过提取图像的多维纹理特征进行主成分分析和线性判别分析, 构建纹理特征空间, 以度量像素点邻域的纹理相似度, 并以纹理相似度为依据, 对图像进行分割, 在分割后的局部区域, 建立纹理相似度与色度信息的映射关系, 实现颜色迁移。实验结果表明, 基于纹理相似度的颜色迁移, 可解决颜色在边界处的误扩散问题, 颜色迁移效果较好。

关键词: 颜色迁移; 纹理相似度; 特征点匹配; 图像分割; 色度信息

中图分类号: TP391

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2016)01-0059-04

Color Transfer Based on Texture Similarity

SU Xinjun, HE Xingwei

(School of Printing and Packaging, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: A color transfer algorithm based on texture similarity was proposed by extracting multi-dimensional texture feature information of the image, with multi-dimensional texture information analyzed by principal component analysis (PCA) and linear discriminant analysis (LDA). The texture feature space was constructed. The image was then divided into different areas according to the similarity in the pixel neighborhood. In the divided areas, the mapping relation between texture similarity and chroma information was established to realize the color transfer. Experimental results showed that color transfer on the basis of texture similarity could solve the problem of color error diffusion in image edge with good color transfer effect.

Key words: color transfer; texture similarity; feature point matching; image division; chroma information

0 引言

颜色是图像的重要视觉信息, 图像颜色改变是图像处理中的一个重要组成部分。E. Reinhard 等人^[1]最早提出了颜色迁移的概念, 并利用参考图像对源图像进行全局变换, 使参考图像与源图像具有相同的颜色外貌。颜色迁移被广泛应用于影片的后期处理、医学影像彩色化、图像增强、图像色调再现等领域。在印刷复制领域, 颜色迁移主要被应用于印前图像处理、颜色校正以及艺术加工等方面。

对图像颜色迁移的研究始于2001年, E. Reinhard 等人^[1]提出一种基于全局统计特性的颜色迁移算法, 该方法基于对大量自然图像统计所得出的规律, 即具有相同统计特性的图像具有相同的视觉效果。但是大量研究发现, 仅将图像视为二阶统计量是不科学的, 因为大量的图像边缘、轮廓等存在边际分布的非高斯性和联合分布的非高斯性^[2]。针对上述缺陷, 国内外学者进行了大量的理论研究, 提出了许多可行的改进方案。赵国英等人^[3]引入直方图高阶

收稿日期: 2015-09-19

作者简介: 苏莘珺(1992-), 女, 湖南益阳人, 武汉大学硕士生, 主要研究方向为图像色彩处理, E-mail: 1037889406@qq.com

矩信息,利用幂变换与模变换,对源图像直方图高阶矩的特性进行定向修正,使得源图像的数据分布与参考图像的数据分布获得极大的一致性。向世明等人^[4]引入控向金字塔方法,通过一定的卷积运算,将参考图像和源图像分解为低通、高通多尺度方向带通等子成分,并计算各子带的统计特性信息,最后通过控向金字塔对子带的尺度进行选择,从而获得多种不同的迁移效果。滕秀花^[5]引入邻域多维特征向量来改进 Welsh 算法,并通过计算图像邻域的高维统计信息,以提高图像像素点对点的匹配程度。

基于统计的颜色迁移算法一般以图像的低频亮度信息为依据,这使得源图像的统计分布更接近于参考图像。这种算法具有操作简单、效率高的特点,但是要求2幅图像的结构、亮度分布较为一致,否则会造成颜色迁移失败。

实验发现,纹理信息作为图像的高频信息也能在颜色迁移中发挥作用。本文提出一种基于纹理相似度的颜色迁移算法,以纹理相似度为依据对图像进行分割,在图像的对应区域进行颜色迁移。

1 纹理相似度

通过计算像素点领域内的灰度共生矩^[6],对像素点的纹理信息进行描述。灰度共生矩是一种基于二

阶统计信息的纹理描述方法,适用于对自然纹理的描述^[7]。

计算源图像和参考图像中每个像素点领域内的纹理特征,内容包括:3*3领域内的亮度均值;领域内0°,45°,90°,135°方向上的能量 f_{ENE} 、熵 f_{COR} 、方差 f_{ENT} 及相关性 f_{CON} ^[8]。每个像素点都得到一个17维的纹理特征矢量。以利用SURF匹配算法^[9]得到的2幅图像的匹配点作为训练样本,先通过主成分分析,对匹配点的多维纹理特征进行降维处理,然后进行线性判别分析,达到弱化类别内差异而强化类别间差异的目的。通过主成分分析和线性判别分析,可以构建一个纹理特征空间,每一个像素点都有一个对应的二维纹理特征向量。通过计算特征向量之间的欧式距离,可以量化像素点之间的纹理差异。其公式为

$$d = \sum_{i=1}^m (v_{1i} - v_{2i})^2, \quad (1)$$

式中: d 为2个像素对应的特征向量的欧式距离;

m 为特征向量的维数,本文中 m 取2;

v_{1i}, v_{2i} 分别为 i 维特征向量中的第1,2个元素。

假设有一个匹配像素点 j ,通过式(1)可以计算出图像中每个像素点与 j 的距离,记为 d_{ij} , i 表示像素的个数。对于像素点 j ,所有的 d_{ij} 构成了 map_j 距离映射图, map_j 表示所有像素点相对于 j 的纹理相似度。将 map_j 中的数据一一映射到[0, 255]范围内,得到如图1所示的纹理相似度效果图。



图1 纹理相似度效果图

Fig. 1 Texture similarity schematic diagram

图1b表示匹配像素点 j 位于参考图像中的叶子上时,得到的纹理相似度映射图;图1c表示匹配像素点 j 位于参考图像中的菊花上时,得到的纹理相似度映射图。图1中像素点的灰度越暗,表示该像素点与匹配簇群特征点纹理越相似;灰度越亮,表示该像素点与匹配簇群特征点纹理相差越远。通过这样的方式,可以得到具有相同纹理特征的区域。

2 纹理相似度与色度信息的映射关系

在纹理特征空间中可以度量图像中任意两点之

间的相似度。计算图像中像素点与每个匹配中心点之间的距离,并将每个像素点与离其最近的中心点划为一类。通过该方式,将图像分割成几个区域。图2为对参考图像进行图像分割的结果。

对图像进行上述分割后,在2幅图像的对应区域,可以计算出每个像素点与参考图像中同一个匹配点的纹理相似度。在参考图像对应区域中,将参考图像中像素点与匹配点的纹理相似度 d_{1ij} 一一映射到[0, 255]范围内,作为横坐标,以色度信息为纵坐标,建立两者的映射关系。在源图像的对应区域,得

到源图像中像素点与匹配点的纹理相似度 d_{2ij} , 将其一一映射到 $[0, 255]$ 范围内。在已建立的映射关系中, 可以找到 d_{2ij} 对应的颜色信息, 然后将该颜色信息赋予对应的像素点, 完成颜色迁移。



图2 图像分割的效果图

Fig. 2 Image segmentation schematic diagram

3 颜色迁移算法流程

基于纹理相似度的颜色迁移算法主要可概括为以下步骤:

1) 特征点匹配。采用 SURF 匹配的算法, 寻找参考图像和源图像之间的匹配特征点。以每个匹配点的 H 色调信息作为该匹配点的特征, 进行 K-Means 聚类分析^[10], 形成多个同一色调的族群, 提取族群

的中心像素, 作为每个族群的匹配中心点。

2) 量化纹理相似度。提取多维图像纹理特征, 以匹配点为训练样本, 进行主成分分析和线性判别分析, 构建子空间, 在此空间中度量像素点之间的相似度。

3) 区域分割。基于纹理相似度, 将具有相似纹理的像素点划为一类, 进行图像分割。

4) 局部区域内的颜色迁移。图像分割后, 在对应区域内, 完成颜色迁移。

具体算法流程如图 3 所示。

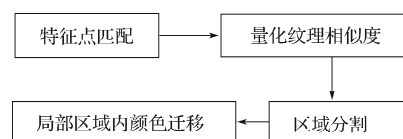


图3 算法流程图

Fig. 3 Algorithm flow chart

4 实验与结果分析

采用如图 3 所示的算法流程, 以参考图像为参照, 将参考图像的颜色迁移到源图像中, 实验结果如图 4 所示。



图4 基于直方图映射的颜色迁移效果图

Fig. 4 Color transfer schematic diagram based on Histogram mapping

图 4 是通过纹理色调映射关系得到的颜色迁移效果图, 将参考图像 1 的颜色迁移到源图像 1 中, 得到的结果图像为图 4c, 将参考图像 2 的颜色迁移到源图像 2 中, 得到的结果图像为图 4f。由图 4 分析可知, 颜色迁移的效果较为理想, 由于首先对图像进

行了分割, 所以在边界处没有出现颜色误扩散, 而且结果图像中的颜色层次较为丰富。

图 5 为采用 Yatviz 算法^[11]进行颜色扩散得到的效果图。该方法首先通过 SURF 算法, 得到匹配点, 并对匹配点完成颜色迁移, 然后以匹配点为参照点, 在

整幅图像上完成颜色迁移。



图5 采用 Yatziv 算法的颜色迁移效果图

Fig. 5 Schematic diagram of color transfer based on Yatziv algorithm

由图5分析可知,由于得到的匹配点较少,颜色扩散的过程中没有预见到边界的存在,造成了误扩散,背景的绿色扩散到了花朵上。而本文提出的以图像相似度为依据对图像进行分割,在图像分割的基础上进行颜色迁移,可以很好地解决颜色误扩散的问题。

5 结语

本研究将纹理信息引入颜色迁移算法中,通过构建纹理特征空间,用于度量纹理相似,并以此为依据对图像进行分割,实现颜色迁移。实验结果表明,在图像分割的基础上进行颜色迁移,可解决颜色在边界处的误扩散问题,颜色迁移效果较好。

参考文献:

- [1] REINHARD E, ASHIKHMIN M, GOOCH B, et al. Color Transfer Between Images[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2001, 21(5): 34-41.
- [2] 庄永文. 基于稀疏编码理论的自然图像处理研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2008.
ZHUANG Yongwen. Research on Natural Image Processing Based on Theory of Sparse Coding[D]. Xiamen: Xiamen University, 2008.
- [3] 赵国英, 向世明, 李 华. 高阶矩在颜色传输中的应用[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16(1): 62-66.
ZHAO Guoying, XIANG Shiming, LI Hua. Application of Higher Moments in Color Transfer Between Images[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2004, 16(1): 62-66.
- [4] 向世明, 赵国英, 陈 睿, 等. 控向金字塔颜色传递[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(5): 948-953.
XIANG Shiming, ZHAO Guoying, CHEN Rui, et al. Color Transfer by Steerable Pyramid[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2005, 17(5): 948-953.
- [5] 滕秀花. 基于彩色纹理信息和多维邻域特征的色彩传递算法的设计与实现[D]. 福州: 福州大学, 2006.
TENG Xiuhua. Study on Color Transferring Algorithm Based on Color-Texture Information and Multi-Dimensional Neighborhood Features[D]. Fuzhou: Fuzhou University, 2006.
- [6] HARALICK R M. Statistical and Structural Approaches to Texture[J]. Proceedings of the IEEE, 1979, 67(5): 786-804.
- [7] 徐一清. 木材纹理识别算法研究进展[J]. 大众科技, 2010(8): 145-146.
XU Yiqing. Advances in Algorithms for Identification of Wood Texture[J]. Popular Science & Technology, 2010(8): 145-146.
- [8] SERGIONS Theodoridis, KONSTANTINOS Koutroumbas. 模式识别[M]. 李晶皎, 王爱侠, 张广渊, 译. 3版. 北京: 电子工业出版社, 2006: 215-218.
SERGIONS Theodoridis, KONSTANTINOS Koutroumbas. Pattern Recognition[M]. LI Jingjiao, WANG Aixia, ZHANG Guangyuan, Translated. 3rd ed. Beijing: Publishing House of Electronic Industry, 2006: 215-218.
- [9] BAY Herbert, ESS Andreas, TUYTELAARS Tinne, et al. SURF: Speeded up Robust Features[J]. Computer Vision and Image Understanding(CVIU), 2008, 110(3): 346-359.
- [10] HAN Jiawei, KAMBER Micheline. 数据挖掘概念与计数[M]. 范 明, 孟小峰, 译. 3版. 北京: 机械工业出版社, 2008: 251-280.
HAN Jiawei, KAMBER Micheline. Data Mining Concepts and Techniques[M]. FAN Ming, MENG Xiaofeng, Translated. 3rd ed. Beijing: China Machine Press, 2008: 251-280.
- [11] YATZIV L, SAPIRO G. Fast Image and Video Colorization Using Chrominance Blending[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 2006, 15(5): 1120-1129.

(责任编辑: 徐海燕)