

保持细节的局部颜色迁移改进算法

陈海 冯国灿

(中山大学数学与计算科学学院 广州 510275)

摘要 局部颜色迁移是指将一幅参考图像标定区域的颜色特征传递给目标图像的标定区域,使之具有与参考图像标定区域相似的色彩。Reinhard 算法是一种经典的算法,但它没有考虑图像的细节信息。在此基础上,提出一种基于图像色调和细节信息的局部颜色迁移算法,它综合考虑目标区域和参考区域的均值、标准差和梯度的信息,在进行色彩迁移的同时,兼顾目标图像本身的细节信息,通过权重可调,大大增加了颜色迁移的灵活性和实用性。

关键词 图像处理,颜色迁移

中图分类号 TP391 文献标识码 A

Novel Algorithm for Local Color Transfer Based on Preserving Detail Texture

CHEN Hai FENG Guo-can

(School of Mathematics & Computational Science, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract Local color transfer between images is a method that transfers the color characteristics from the marked region of a reference image to the target image'. Reinhard algorithm is a classical algorithm, but it does not take the image details into consideration. This paper proposed a novel algorithm for local color transfer based on the flexibility and practicality, which takes consideration on the mean, standard deviation and gradient of the target region and reference region, has a greatly increase on the flexibility and practicality through an adjustable weights.

Keywords Image processing, Color transfer

图像的视觉效果处理是数字图像处理技术的一大研究目的。常用的如图像滤波、平滑、复原等,都有很长的研究历史,相关算法也比较成熟。近年来,基于统计信息的颜色迁移作为一种新的图像视觉效果处理技术,得到了相关研究人员的关注。它希望能达到一幅图像在保持自身形状结构的前提下,改变它的颜色信息,使之与另一幅参考图像的色调相一致的效果。

Reinhard 等人^[1]提出了在 Lab 空间^[2]中进行全局颜色迁移的算法,为之后的发展奠定了基石。该算法分别计算两幅图像在 Lab 空间下的颜色三通道的均值和标准差,通过一组线性变换,使目标图像的统计量跟参考图像的统计量相一致,从而达到视觉上目标图像具有参考图像色调的效果。此后,许多人在这基础上做了进一步的研究^[3-8]。

对于 Reinhard 算法,它的核心思想是让目标区域拥有与参考区域相同的均值和标准差。这样,目标区域在整体色彩和色彩的波动幅度上可以最大程度地接近参考区域,从而达到颜色迁移的目的。但该算法只以参考区域的色彩信息为准则,完全忽略了目标区域的边缘、纹理等细节信息。只追求色彩信息与参考区域完全一致的结果,很可能使目标区域细节信息过度丢失,这显然不是我们希望出现的情形。因此,本文从色彩和细节这两方面综合考虑,提出一个新的保持图像细节的局部颜色迁移方案。

1 Reinhard 颜色迁移算法

Reinhard 算法基于彩色图像的均值和标准差等统计信息,对目标图像进行颜色校正,通过一组线性变换,使之具有参考图像的均值和标准差,从而达到在视觉上两幅图色彩相似的目的。

$$X^* = \frac{\sigma_x^x}{\sigma_r^x} (X_t - \overline{X}_t) + \overline{X}_r \quad (1)$$

式中, X 代指 Lab 空间中的某一颜色通道, X_t 是目标区域中的某一像素点在 Lab 空间的 X 通道的值, X^* 是对应的变换后的值, \overline{X}_t 是目标区域 X 通道的整体均值, σ_x^x 是目标区域 X 通道的整体标准差, \overline{X}_r 是参考区域 X 通道的整体均值, σ_r^x 是参考区域 X 通道的整体标准差。

我们知道,梯度可以作为纹理信息的一个量化衡量标准。梯度越大,纹理波动越剧烈;梯度越小,纹理波动越平缓。由于梯度是相邻像素的差值,与单个像素值本身无关,考虑最特殊的一种情况,即图像的每个像素点在变换前后增量都相同,则图像的梯度矩阵在变换前后保持不变,可以认为图像的细节信息得到了完整的保留。在式(1)两边作差分,有

$$\Delta X^* = \frac{\sigma_x^x}{\sigma_r^x} \Delta X_t \quad (2)$$

从式(2)可以看出,图像在 Reinhard 算法作用下的梯度

本文受国家自然科学基金项目(61272338,60975083)资助。

陈海(1988-),男,硕士生,主要研究方向为图像处理等, E-mail: chennai@163.com;冯国灿(1962-),男,博士生导师,主要研究方向为图像处理等。

信息只与因子 $\frac{\sigma_r^X}{\sigma_t^X}$ 有关。当 $\sigma_r^X = \sigma_t^X$ 时, Reinhard 算法能在完全保持目标区域细节不变的条件下完成对应的色彩迁移, 这是最理想的情况; 当 $\sigma_r^X > \sigma_t^X$ 时, Reinhard 算法会导致目标区域梯度的增大, 纹理对比度的增加虽然可以提高图像的清晰度, 但有可能造成图像失真; 当 $\sigma_r^X < \sigma_t^X$ 时, Reinhard 算法会导致图像纹理趋于平缓, 出现目标区域轮廓线变模糊的情况。我们由此得出这样一个结论: Reinhard 算法中的同均值操作不会影响目标区域的细节信息; 同标准差操作是改变目标区域细节信息的唯一原因, 具体变化与参考区域和目标区域两者的标准差大小有关。

2 保持细节的局部颜色迁移

第 1 节的 Reinhard 算法只考虑了图像的色彩信息, 完全忽略了目标图像自身的细节信息, 因此在处理过程中很有可能修改了图像的纹理细节的视觉效果。基于上述原因, 本文提出一种综合考虑颜色和细节的局部颜色迁移。

2.1 指定区域的选取

为了实现局部颜色迁移, 我们需要获取用户的选定区域范围。本文通过一种迭代的方式得到指定区域。先根据用户的勾勒线条获取样本集, 对全图进行扫描, 按四邻域均值差小于标准差的准则生成迭代初始样本集, 然后将背景子集标准差最大的颜色通道设为迭代通道, 根据迭代准则式(3)对迭代初始样本集进行更新, 反复迭代直至扩展终止。最终所得样本集就是目标区域的分割结果。

$$\left| \frac{\bar{X}_i - \mu_X}{\sigma_X} \right| < \left| \frac{\bar{X}_i - \mu_r}{\sigma_r} \right| \quad (3)$$

式中, \bar{X}_i 表示第 i 个像素在 X 通道上的四邻域均值, μ_X, μ_r 分别表示样本集和背景子集在 X 通道上的均值, σ_X, σ_r 分别表示样本集和背景子集在 X 通道上的标准差。

2.2 完全保持细节的颜色迁移

对 Reinhard 算法的式(1), 当 $\sigma_r^X = \sigma_t^X$ 时, 图像梯度矩阵完全保持不变, 此时对应的公式为:

$$X^* = (X_t - \bar{X}_t) + \bar{X}_r \quad (4)$$

式(4)可用于需要完全保持图像细节信息的颜色迁移。注意到, 由于式中只与均值有关, 并不涉及标准差, 因此只要有待转换颜色的 RGB 数值, 不用参考图像, 同样可以实现颜色迁移的目的。但由于缺少了类似 Reinhard 算法中的标准差调整, 所得结果的色调可能会出现异常。

2.3 综合颜色与细节的颜色迁移

对比式(1)与式(4)可知, 它们的差别在于放缩比例的选择, 一个是 1, 一个是 $\frac{\sigma_r^X}{\sigma_t^X}$ 。因为需要同时兼顾梯度和标准差, 所以最终选择的缩放比例应在 1 和 $\frac{\sigma_r^X}{\sigma_t^X}$ 之间。这里, 通过线性插值来获得缩放权重, 我们得到局部颜色迁移形式如下:

$$X^* = (c_1 \frac{\sigma_r^X}{\sigma_t^X} + c_2)(X_t - \bar{X}_t) + \bar{X}_r \quad (5)$$

式中, $X \in \{L, a, b\}$, $c_1, c_2 \in [0, 1]$ 且 $c_1 + c_2 = 1$ 。

每个人对图像色彩和细节的主观感受都各有不同, 目前为止, 尚不存在一个被人们普遍接受的图像颜色迁移效果的

评价标准。因此, 最好的做法是预设一个默认比例, 比如 $c_1 = c_2 = 0.5$, 如果用户对结果不满意, 可以手动调整 c_1 和 c_2 的值, 以获取自己最为满意的结果。

3 实验

3.1 交互操作界面

由于本文算法是基于选定区域的颜色迁移, 用户需事先指定目标图像和参考图像的对应区域。简便起见, 用户通过线条标出选择区域。如图 1 所示, 用户只需要标出两幅图中的花朵, 算法就可以获取选定区域并进行局部颜色迁移。



图 1 用户指定区域的局部颜色迁移结果

3.2 完全保持细节

图 2 展示了一组例子。从图中可以看出, 式(4)在完全保持细节信息的条件下, 实现了对目标区域重新着色的功能。由于缺少二阶标准差因子的调整, 部分结果在色调分布上出现了异常。其中, 图 2(f)最为明显, 花的整体蓝色调中参杂了部分红色。由此可见, 完全保持梯度细节的颜色迁移效果也是不理想的。

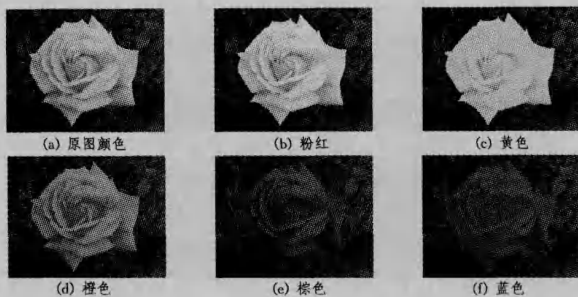


图 2 完全保持细节的各种颜色迁移结果

3.3 兼顾色调与细节

以图 3(a)为目标图像, 图 3(b)为参考图像, 参数 $c_1, c_2 \in [0, 1]$ 取不同的值, 对应的颜色迁移结果如图 3 所示。

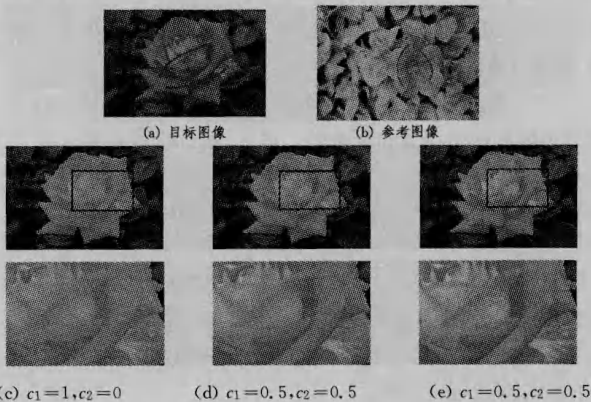


图 3 不同权重分配的颜色迁移结果

可以看到, 当 $c_1 = 1, c_2 = 0$ 时, 颜色迁移结果和参考图像中的对应区域有相同的标准差, 与 Reinhard 算法相同, 当 c_1

$=0, c_2=1$ 时,颜色迁移过程完全保持目标图像分割区域的梯度信息与式(4)一致,当 c_1 和 c_2 在 $[0,1]$ 之间变化时,颜色迁移结果在标准差和细节间过渡。

结束语 本文算法综合了图像的颜色和细节信息进行局部颜色迁移。实验结果表明,本文算法能够实现目标物体保持边界的精确分割,实现了用户可调的保持细节的局部颜色迁移。与 Reinhard 算法相比,本文算法结果更为自然,特别是在区域细节保持方面,明显优于 Reinhard 算法的结果。

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] Rudeman D L, Cronin T W, Chiao C C. Statistics of cone response to natural images. Implications for visual coding [J].

Journal of Optical Society of America, 1998, 15(8): 2036-2045

[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报, 2004, 16(1): 62-66

[4] 胡国飞, 傅健, 彭群生. 自适应颜色迁移[J]. 计算机学报, 2004, 27: 1245-1249

[5] 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报, 2005, 17(5): 948-953

[6] Pitie F, Pan Z, Dong Z. A new algorithm for adding color to video or animation clips[J]. Proceedings of WSCG-International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision, 2004, 12(3): 515-519

[7] Vieira L F M, Vilela R D, Nascimento E R, et al. Automatically choosing source color images for coloring grayscale images[C]// SIBGRAPI, 2003. 2003

[8] 孟敏, 刘利刚. 勾画式局部颜色迁移[J]. 计算机辅助设计与图形学报, 2008, 20(7): 838-842

(上接第 283 页)

CDR_LATER_PBX_YYYYMM, DM_NEWBUSI_PBX_YYYYMMDD 和 DM_NEWBUSI_PBX_YYYYMM。

(4) WLAN 业务: CDR_WLAN_YYYYMMDD, CDR_LATER_WLAN_YYYYMM, DM_NEWBUSI_WLAN_YYYYMMDD 和 DM_NEWBUSI_WLAN_YYYYMM。

(5) 语音增值业务: CDR_ADDVALUE_YYYYMMDD, CDR_LATER_ADDVALUE_YYYYMM, DM_NEWBUSI_ADDVALUE_YYYYMMDD 和 DM_NEWBUSI_ADDVALUE_YYYYMM。

(6) 梦网业务: CDR_ISMG_XX_YYYYMMDD, DM_NEWBUSI_ISMG_YYYYMMDD 和 DM_NEWBUSI_ISMG_YYYYMM。

(7) 短信业务: CDR_SMS_XX_YYYYMMDD, DM_NEWBUSI_SMS_YYYYMMDD 和 DM_NEWBUSI_SMS_YYYYMM。

(8) 彩信业务: CDR_MMS_YYYYMMDD, DM_NEWBUSI_MMS_YYYYMMDD 和 DM_NEWBUSI_MMS_YYYYMM。

(9) WAP 业务: CDR_WAP_YYYYMMDD (本表定义了 WAP 业务的详单, 包括 WAP 服务、彩铃、PDA 等)、DM_NEWBUSI_WAP_YYYYMMDD 和 DM_NEWBUSI_WAP_YYYYMM。

3.6 大客户主题设计

3.6.1 总体设计

大客户系统设计有两层结构, 一层是大客户的明细级数据, 一层是大客户汇总级别数据, 包括大客户的异动情况、客户月发展情况等。

(1) 粒度划分: 所有数据表中最大粒度是用户级别, 最小粒度是日流水。

(2) 数据分割: 分表原则都是“时间(日)+地市”或者“时间(月)+地市”, 时间和地市基本遵循在数据仓库内部的分表原则。

3.6.2 主表设计

(1) 大客户流水日表 (DMD_VIP_CUST_DM_

YYYYMM): 保留当前月的大客户新增、流失和所有到目前为止的在网大客户。其用途主要有观察本月流失、新增大客户、观察每一天的大客户新增流失等。

(2) DMD_VIP_INFO_YYYYMM: 存放所有大客户卡信息, 包括历史、在用、注销。

(3) DMD_VIP_MANAGER_YYYYMM: 记录大客户和客户经理的对应关系。

(4) DM_VIP_CUST_YYYYMM: 大客户基本信息表, 本表是大客户所有分析的基础表, 包括所有在网大客户和到当前月为止的离网大客户。其用途主要有: 统计当月的所有大客户基本情况; 统计在网大客户情况; 统计离网大客户情况、离网时长等。

(5) DM_VIP_CALLFW_YYYYMM: 本表记录了大客户中月异动用户的详细明细信息, 由大客户截至当日的主被叫比例及大客户业务量比例生成大客户月异动的异动组合类型, 其用途包括统计大客户异动和统计异动大客户的业务量。

结束语 建设一套完善的数据集市系统是一个长期的过程, 因此本系统只是数据集市系统设计的一个探索和开端。随着数据大量增加和对深层信息的挖掘需求, 数据集市的应用需要进行不断的完善, 以满足用户不断变化的需要。同时个性化的数据不断增多, 数据质量问题也应引起重视。另外, 在数据展现部分, 数据仓库中原有的 OLAP、数据挖掘和客户细分等功能也会不断地引入系统中, 以便提供更深层次的数据, 为决策者提供强有力的信息。

参 考 文 献

[1] 陈奕新. 无线网络中的数据集市原型设计与验证[D]. 北京: 北京邮电大学, 2008

[2] Chenoweth T, Corral K, Demirkan H. Seven key interventions for data warehouse success[M]. Communications of the ACM, Aug. 2006

[3] Chenoweth T, Schuff D, Louis R S. A method for developing dimensional data marts[M]. Communications of the ACM, Dec. 2009