

基于感兴趣区域的色彩传递算法

程琳琳¹ 陈昭炯² 傅明建^{2,3}

¹(广东交通职业技术学院 广东 广州 510650)

²(福州大学数学与计算机科学学院 福建 福州 350116)

³(福州大学网络信息安全与计算机技术国家级实验教学示范中心 福建 福州 350116)

摘要 针对传统色彩传递算法在实际应用中灵活度不高的问题,提出一种基于感兴趣区域 ROI (Regions of Interest) 的色彩传递算法。通过提取目标图像的感兴趣区域,将其与用户所选图像进行拼贴,得到新目标图像,并以此进行色彩传递,解决了色彩传递用户对图像色彩处理多样化、个性化需求的问题。同时,针对传统感兴趣区域提取方法容易受纹理噪声干扰、提取尺寸不易控制等问题,提出一种基于变异度的感兴趣区域提取新算法。实验结果表明,该算法效果良好。基于变异度的感兴趣区域提取算法可更准确获取图像的感兴趣区域。基于感兴趣区域的色彩传递算法可在不影响图像主体内容表达的情况下,使得色彩传递的效果更加生动多变,更具个性化,提高了色彩传递应用的灵活度。

关键词 感兴趣区域 色彩传递 变异度 熵 $\alpha\beta$ 颜色空间

中图分类号 TP391 文献标识码 A DOI:10.3969/j.issn.1000-386x.2019.02.008

COLOR TRANSFER ALGORITHM BASED ON REGION OF INTEREST

Cheng Linlin¹ Chen Zhaojiong² Fu Mingjian^{2,3}

¹(Guangdong Communications Polytechnic, Guangzhou 510650, Guangdong, China)

²(College of Mathematics and Computer Science, Fuzhou University, Fuzhou 350116, Fujian, China)

³(National Experimental Teaching Demonstration Center of Network Information Security and Computer Technology, Fuzhou University, Fuzhou 350116, Fujian, China)

Abstract Aiming at the problem of low flexibility of traditional color transfer algorithm in practical application, we proposed a color transfer algorithm based on region of interest. By extracting the region of interest of the target image and collaging it with the user's selected image, a new target image was obtained, and color transfer was carried out, which solved the problem of the user's diversification and individualization of image color processing. To solve the problem that traditional ROI extraction methods were easily disturbed by texture noise and the size of extraction was not easy to control, we proposed a new ROI extraction algorithm based on coefficient of variance. The experimental results show that the proposed algorithm works well. The ROI extraction algorithm based on the coefficient of variance can obtain the ROI of the image more accurately. The color transfer algorithm based on ROI can make the effect of color transfer more vivid and changeable without affecting the expression of the main content of the image, and improve the flexibility of the application of color transfer.

Keywords Region of interest Color transfer Coefficient of variance Entropy $\alpha\beta$ color space

0 引言

色彩传递是一种利用计算机算法,实现颜色信息在两幅图像间产生迁移的技术,在艺术领域、娱乐行业、医疗及科学等领域都有着广泛的应用。它可用于图像色彩的自动变更或添加,例如实现画作色彩风格的快速变换,给黑白照片上彩,老照片翻新,彩色图像色彩效果加工、纠偏,影视制作后期色彩处理等,是近年来图形图像领域研究的一个热点。

图 1 给出色彩传递方法的简要示意图。给定彩色源图像 S 和目标图像 T,将源图像 S 的颜色信息类比地转化到目标图像 T 中,使得图 T 具有图 S 的颜色模式,形成结果图 T'(颜色用灰度表示)。

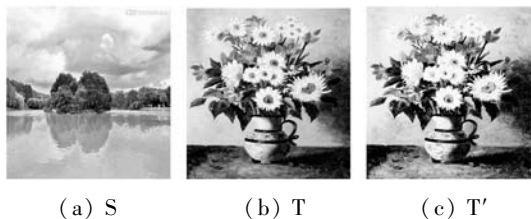


图 1 彩图的色彩传递

目前,国内外不少学者已经对色彩传递技术开展了相关研究。如朱黎博等^[1]针对色彩传递效果颜色细腻程度差的问题,设计出一种基于颜色扩展的色彩传递算法。靳坤^[2]通过色彩传递算法实现了黑白视频的色彩迁移。滕秀花等^[3]提出了一种基于 SLIC 超像素分割的快速色彩传递算法,改善了色彩传递的效果,提高了色彩传递的速度。许文韬等^[4]实现了一种主体对象可控的渐进式色彩传递算法,解决了主体对象色彩容易被误传的问题。仲红玉等^[4]提出了一种多参数亮度值重映射的颜色传递方法,对灰度图像赋予色彩。

上述文献对色彩传递技术都做了一定探讨和改进。然而,我们注意到,目前学者们对色彩传递技术的研究,往往只追求整幅图像色彩迁移的效果,例如色彩传递结果的色彩是否均匀,是否有色彩错误点出现等,而对如何提高色彩传递应用的灵活性方面的研究甚少。在现实生活中,许多图像都有主体和背景的区别。很多时候,人们希望在图像主体内容不变的情况下,对背景进行改变,然后再对图像色彩进行处理。而当前色彩传递技术都只是对目标图像进行整体的色彩变更,色彩处理方案较为单调。

研究者们发现,一幅图像中常包含大量冗余信息。用户通常只对图像中的某一部分感兴趣,该部分区域最能表现图像的内容,被称为图像的感兴趣区域 ROI。感兴趣区域提取技术能够找出图像的这些关键区域,

并以此提高图像分析和处理的准确度及灵活度。鉴于此,本文提出了一种基于感兴趣区域的图像色彩传递算法。通过 ROI 提取算法,提取目标图像的感兴趣区域,并将此感兴趣区域与用户所需图像(例如背景图像)进行拼贴,再对拼贴结果图像进行色彩传递。实验结果表明,本文算法效果良好。基于感兴趣区域的图像色彩传递算法可在不影响图像主体内容表达的情况下,改善图像配色的灵活度,使得配色方案更加生动多变,更具个性化,解决了当前色彩传递算法色彩处理方案单调,难以满足人们对图像色彩处理多元化,个性化需求的问题。此外,针对传统 ROI 提取算法的不足,本文还提出了一种新的基于变异度的 ROI 提取算法。实验结果表明,新 ROI 提取算法可获取更准确的图像感兴趣区域。把该新 ROI 提取算法应用到本文的色彩传递算法中,得到了良好的效果。

1 算法思路分析

目前,较具代表性的 ROI 自动提取方式主要包括以下三类:基于灰度变化的 ROI 提取方式^[6],基于拐点的 ROI 提取方式^[7],以及基于视觉注意的 ROI 提取方式^[8]。通过大量的实验和分析,发现上述 ROI 提取方法存在提取图像感兴趣区域尺寸不易控制,容易受纹理噪声干扰等问题。针对上述算法的不足,我们提出了一种基于变异度的 ROI 提取新方法。

在图像处理研究中,经常使用熵、方差、均值、变异度等统计信息来分析图像的总特征或个体间的差异性信息。

图像的边缘对图像视觉信息的表达至关重要。它可以理解为图像中众多灰度突变的集合。边缘不仅勾画了图像的轮廓,也是理解图像的重要部分。图像内容发生变化的区域即为图像的重要区域,由此我们想到可以利用图像的边缘信息,来提取图像的感兴趣区域。

分析图像的边缘区与非边缘区的性质,由于边缘区域的灰度值存在突变,因此边缘区域的数据波动较大。而图像的非边缘区,如平滑区和纹理区,每个像素都比较接近,相对数据的波动较小。

方差是划分图像边缘的一种常用方法,它可用于衡量数据的分散性程度。然而,使用方差划分图像边缘具有一定的缺陷。方差能较好地反映同一环境之下的数据值的波动情况,却不能对不同环境之下的多组数据值的波动性进行定量比较。当方差用于比较多组数据时,这些组之间的平均数值是不同的。因此方差的结果受图像灰度值影响较大,这将导致方差阈值范

围不稳定,给阈值的选择带来困扰。

由此,我们考虑利用变异度来解决该问题。变异度指的是标准差占均值的比例,它刻画了数据相对分散性。

对比变异度和方差,变异度的结果既保留了方差刻画数据分散性的特点,又能体现独立于图像灰度值的数据波动性,且变异度的阈值较为稳定。

变异度阈值的取值范围与图像大小关系密切^[9]。文献[9]给出了变异度取值范围的详细分析。设数据集 $K = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, x_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 是不全为零的实数,将它们用一维数组表示为 $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T$ 。 γ 表示变异度。若向量 $\mathbf{x} > 0$, 则: $0 \leq \gamma \leq \sqrt{n}$ 。当且仅当 $\mathbf{x} = a\mathbf{e}, a > 0$ 为实数时,即该数据集中的数据全部相等时, $\gamma = 0$ 。当且仅当 $\mathbf{x} = x_i \mathbf{e}_i, 1 \leq i \leq n$ 时,即该数据集中只有一个非零元素时, $\gamma = \sqrt{n}$ 。它表明变异度的阈值会基本稳定在一个范围之内波动。而方差阈值的波动性较大,因而利用变异度来提取图像的兴趣区域比方差更理想。这方法避免了方差阈值选取的不稳定性,且提取算法简单,速度较快。

2 基于变异度的 ROI 提取算法

综合上节的分析,我们采用变异度的方法来提取图像的兴趣区域。在对图像问题进行分析时,图像常常被划分为若干的小块进行处理。在此,我们以 150×150 的图像为例,算法实现如下:

Step 1 将图像划分成大小为 5×5 的若干小块。

Step 2 求每个图像块的灰度平均值 \bar{f} 。

Step 3 对每个图像块计算方差 s 。

计算公式如下:

$$s = \frac{1}{n-1} \sum_{x,y \in B_k} [f(x,y) - \bar{f}]^2 \quad (1)$$

式中: n 为块 B_k 中元素的个数; $f(x,y)$ 为块 B_k 中像素点的灰度值; \bar{f} 为块 B_k 的平均灰度。

Step 4 求整个图像的平均灰度值 \bar{F} 。

Step 5 计算每个图像块的变异度 γ 。

变异度的计算公式:

$$\gamma = \frac{s}{\bar{F}} \quad (2)$$

式中: \bar{F} 为图像的平均灰度值。

Step 6 对变异度大于阈值的图像块,对其进行标记。

Step 7 对已标记的点,使用凸包算法来获取图像的兴趣区域。

本文对传统 ROI 提取算法和基于变异度的 ROI 提取算法进行了大量的实验,并做了对比分析。四种 ROI 提取方法实验效果如表 1 所示。本文选取的研究对象为三类比较具有代表性的图像,它们分别为平滑背景的图像(源图 1、2),有纹理噪声的图像(源图 3、4),有丰富细节的自然景物图像(源图 5、6)。实验结果表明,基于变异度的 ROI 提取方法效果良好。由于该方法能很好地找出图像的边缘,故基于变异度的 ROI 提取方法对上述各类图像,特别是背景为纹理噪声的图像,以及包含丰富细节的自然景物图像识别效果良好,且基于变异度的 ROI 提取方法得到的感兴趣区域大小适当。通过图像的熵,可对上述各类图像的四种 ROI 提取算法效果进行评价。熵值越高,表示图像包含的信息量越大,即所提取的图像感兴趣区域越恰当。结果如表 2 所示。

表 1 四种 ROI 提取方法实验结果对比

源图 标号	源图	基于灰度 变化的 ROI 提取方法	基于拐点 的 ROI 提 取方法	基于视 觉注意的 ROI 提取 方法	基于变 异度的 ROI 提 取方法
1					
2					
3					
4					
5					
6					

表 2 四种提取方法的熵统计信息比较

源图 标号	源图熵	基于灰度 变化的 ROI 熵	基于拐点 的 ROI 熵	基于视觉 注意的 ROI 熵	基于变 异度的 ROI 熵
1	4.466 8	5.752 9	5.920 2	4.846 0	5.935 7
2	6.029 9	7.102 7	7.090 6	6.540 0	7.103 9
3	6.363 4	6.990 7	6.942 7	6.315 5	6.997 1

续表 2

源图 标号	源图熵	基于灰度 变化的 ROI 熵	基于拐点 的 ROI 熵	基于视觉 注意的 ROI 熵	基于变异 度的 ROI 熵
4	6.481 5	6.596 3	6.570 8	6.386 7	6.936 6
5	7.472 1	7.578 8	7.580 0	7.546 7	7.694 3
6	7.507 5	7.463 4	7.556 5	7.558 4	7.594 3

3 基于 ROI 的色彩传递算法

基于的图像表达方式,区分了图像不同部位的重要程度,以局部概括整体,突显了图像的主体内容,避免了图像次要内容对主体内容的干扰,使得图像的分析和处理更有针对性。基于上述分析,针对传统色彩传递算法灵活度低以及色彩传递用户对图像色彩处理多样化,个性化需求的问题,本文提出并实现了一种基于感兴趣区域的图像色彩传递算法。可在不影响图像主体内容表达的情况下,使得色彩传递的效果更加灵活多变,满足了用户对图像色彩处理个性化的需求,且适用于各种色彩传递改进算法。

给定源图像 S 和目标图像 t ,算法的实现步骤如下:

Step1 使用基于变异度的感兴趣区域提取算法,提取目标图像 t 的 ROI。

Step2 选取用户所需拼贴的图像(例如背景图像),与目标图像 t 的 ROI 进行拼贴。获得拼贴之后的新目标图像 T 。

Step3 将源图像 S 和新目标图像 T 从 RGB 模型转换到 $l\alpha\beta$ 模型。

转换公式如下:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.514 1 & 0.323 9 & 0.160 4 \\ 0.265 1 & 0.670 2 & 0.064 1 \\ 0.024 1 & 0.122 8 & 0.844 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.389 7 & 0.689 0 & -0.078 7 \\ -0.229 8 & 1.183 4 & 0.046 4 \\ 0.000 0 & 0.000 0 & 1.000 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} L &= \log L \\ M &= \log M \\ S &= \log S \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} l \\ \alpha \\ \beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{3}} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sqrt{6}} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -2 \\ 1 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} \quad (6)$$

Step4 分别计算源图像 S 和新目标图像 T 在 l, α, β 三个通道的均值和标准差,总共 6 个量。

Step5 依据式(7)和 Step 4 计算的结果得到色彩传递结果图像 T' 在 l, α, β 三个通道的值。

$$\begin{cases} A'_i = \frac{\sigma_s^A}{\sigma_t^A} (A_i - \bar{A}_i) + \bar{A}_s \\ B'_i = \frac{\sigma_s^B}{\sigma_t^B} (B_i - \bar{B}_i) + \bar{B}_s \\ C'_i = \frac{\sigma_s^C}{\sigma_t^C} (C_i - \bar{C}_i) + \bar{C}_s \end{cases} \quad (7)$$

式中:色彩传递源图像 S 各通道值表示为 A_s, B_s, C_s ; $\bar{A}_s, \bar{B}_s, \bar{C}_s$ 为色彩传递源图像的均值; $\sigma_s^A, \sigma_s^B, \sigma_s^C$ 为色彩传递源图像的标准差。 A_t, B_t, C_t 表示目标图像 T 各通道值, $\bar{A}_t, \bar{B}_t, \bar{C}_t$ 为目标图像均值, $\sigma_t^A, \sigma_t^B, \sigma_t^C$ 为目标图像标准差,则计算的结果 A'_i, B'_i, C'_i 即为色彩传递结果图像 T' 的三个通道值。

Step6 将图像 T' 从 $l\alpha\beta$ 模型转换回 RGB 模型。转换公式如下:

$$\begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & & & \\ 1 & 1 & & \\ 1 & & 1 & \\ -2 & & & 1 \\ -1 & & & & 1 \\ 0 & & & & & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{\sqrt{3}}{3} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\sqrt{6}}{6} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\sqrt{2}}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} l \\ \alpha \\ \beta \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4.467 9 & -3.587 3 & 0.119 3 \\ -1.218 6 & 2.380 9 & -0.162 4 \\ 0.049 7 & -0.243 9 & 1.204 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L \\ M \\ S \end{bmatrix} \quad (9)$$

4 实验

选取同一源图(图 2(a))和目标图(图 2(b))作为实验对象,使用本文算法和文献[4]算法进行色彩传递,结果分别如图 3 和图 4 所示。



(a) 源图 (b) 目标图

图 2 源图和目标图



(a) Step 1 (b) Step 2 (c) Step 2 (d) Step 3 - Step 6

图 3 本文算法实现步骤



图4 文献[4]算法色彩传递结果图

目标图像(图2(b))是一幅孩童画像,整体色调偏暗,且背景为较为单调的黑色,整幅图像给人一种沉闷的感觉。从实验结果可以看出,文献[4]色彩传递效果(图4)较为刻板,只对整幅目标图像做色彩的变迁。虽然在色调上有了一定的改善,但是没有改变整幅图像沉闷单调之感,无法满足用户对图像色彩处理个性化及多样化的需求。相较而言,本文基于感兴趣区域的色彩传递算法,通过ROI提取技术,结合图像拼贴,可在不改变目标图像主体内容表达的情况下,依据用户的实际需求,将原本目标图像较为单调的背景变换为用户所需要的新背景(图3(b),梵高星空图)。并以此为新目标图像(图3(c)),进行色彩传递。色彩传递的效果(图3(d))不仅在色调上变得明朗柔和,而且在内容上更加丰富多彩,在形式上更加生动多变,整体效果更佳,更具个性化,提高了色彩传递应用的灵活性。

5 结语

本文针对图像色彩传递算法和感兴趣区域提取算法存在的问题,提出了一种基于感兴趣区域的色彩传递算法。解决了传统色彩传递算法的色彩处理方案单调,灵活性不高,难以满足人们对于图像色彩处理多元化需求的问题。实验结果表明,使用本文算法进行色彩传递,能够得到良好的视觉效果,且更具个性化,有效提高了色彩传递配色方案的灵活程度。今后将研究如何使得色彩传递的效果可以更加生动自然。

参考文献

- [1] 朱黎博,孙韶媛,谷小婧,等. 基于色彩传递与扩展的图像着色算法[J]. 中国图象图形学报,2010,15(2):200-205.
- [2] 靳坤. 黑白视频的色彩迁移技术的研究与实现[D]. 呼和浩特:内蒙古大学,2016.
- [3] 滕秀花,胡文瑜,陈敏. 一种基于SLIC的超像素快速色彩传递算法[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报,2014,30(3):77-80.
- [4] 许文韬,陈昭炯. 主体对象可控的渐进式色彩传递[J]. 计算机工程,2016,42(9):246-251.
- [5] 仲红玉,尹丽菊,高明亮. 多参数亮度值重映射的颜色传递方法[J]. 红外与激光工程,2018,47(5):21-28.
- [6] Harris C, Stephens M. A combined corner and edge detector

[C]//4th Alvey Vision Conference,1988:147-151.

- [7] You J, Cohen H A, Pissaloux E. A new approach to object recognition in textured images[C]//Proceedings of the 1995 International Conference on Image Processing. IEEE,1995:2639.
- [8] Itti L, Koch C. Computational modeling of visual attention [J]. Nature Reviews Neuroscience, 2001,2(3):100-112.
- [9] 陈昭炯,叶东毅. 变异系数的新性质及其在图像处理中的应用[J]. 小型微型计算机系统,2006,27(1):162-165.

(上接第23页)

4 结语

本文通过对AOC应用的功能分析,设计了一套基于MVC框架的软件架构。同时基于ARINC 661的层次化结构,设计了一套易操作、用户友好的人机界面。测试结果表明本文设计合理,能够满足用户需求。

随着民用机载航电系统的发展,数据链技术得到越来越广泛的应用,尤其是在面向航空公司的应用方面,数据链技术的应用具有提高航空公司运行效率、降低运营成本的重要意义。然而目前国外相关企业在民用数据链领域占据垄断地位,我国在民用数据链领域的研究刚刚起步。随着国产化大飞机的发展,深入研究民用数据链AOC应用软件对研制满足适航要求的国产化机载软件具有重要的意义。

参考文献

- [1] ARINC Specification 661-5, Cockpit Display System Interface To User Systems[S].
- [2] DO-178C. Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification[S]. RTCA December 13, 2011.
- [3] 宋金泽,解丽荣. 民机数据链系统的设计考虑[J]. 科技创新导报,2015(22):88-89.
- [4] 王洪涛,严雯,李健. 新一代AOC机载信息交互与显示技术实现[J]. 电讯技术,2013,53(3):341-346.
- [5] 刘宇辉. 民航空地数据链AOC数据处理系统关键技术的研究[D]. 广州:华南理工大学,2005.
- [6] ARINC Specification 619-2, ACARS Protocol For Avionic End Systems[S].
- [7] 俞新凯,曾光辉,毛敏. 一种基于MVC设计模式的开发框架[J]. 软件导刊,2015,14(6):41-43.
- [8] 熊杰. 设计模式精解[M]. 北京:清华大学出版社,2004.
- [9] ARINC Specification 653-1, Avionics Application Software Standard Interface[S].
- [10] 邢飞龙. 基于ARINC661的图形界面开发平台研究与实现[D]. 西安:西安电子科技大学,2014.
- [11] ARINC Specification 618-6, Air/ground character-oriented protocol specification[S].