

## 基于边缘融合的图像非真实感特效渲染算法

罗 莎

(北海职业学院, 广西 北海 536000)

**摘 要:** 针对传统的图像非真实感渲染制作受场所、设备的限制以及依赖人工绘制的周期长、效率低的不足, 研究了彩色图像的非真实感渲染方法. 提出了一种基于边缘融合的彩色图像非真实感渲染方法. 根据非真实感图像的特殊性质, 在进行渲染时必须考虑边缘和颜色两个重要因素. 方法首先将 RGB 彩色图像转换为 Lab 彩色图像, 并对 L 通道进行梯度滤波, 获取边缘梯度图. 然后对 L 通道进行灰度量化, 并合并量化后的 L、a、b 三个通道, 将其转换为 RGB 图像, 最后将边缘梯度图和量化后的 RGB 图像融合, 得到非真实感渲染后的图像. 实验结果表明, 与前人提出的基于扫描线的非真实感渲染算法相比, 方法能克服扫描出现的颜色突兀跳变与虚假条纹, 有一定的实用意义.

**关键词:** 边缘融合; Lab 图像; 灰度量化; 非真实感渲染

**中图分类号:** TP31

**TP31 文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-7180(2012)10-0185-05

## Research of Color Image Rendering with NPR Style Based on Edge Fusion

LUO Sha

(Heihai Vocational College, Beihai 536000, China)

**Abstract:** As to the problem of the traditional cartoon painting suffered from not only the place and device, but also the long develop period and low efficiency, the method of color image rendering with cartoon style based on edge fusion was proposed. Taking account of the special properties of cartoon painting, the two factors which must be regarded were edge and color. Firstly, the RGB image should be converted to Lab image and the L channel was processed by edge filter. Then the L channel was quantified which can be combined to whole RGB image. Finally, the RGB image and edge image can be integrated to the cartoon painting. The experimental results demonstrated that this method has the superiority of overcoming the color skip and stripe compared with the method of scanning line.

**Key words:** edge fusion; Lab image; gray quantification; NPR rendering

### 1 引言

图像的非真实感绘制是近年才兴起的研究方向<sup>[1-2]</sup>, 在现代生活中, 非真实感产品扮演着越来越重要的角色, 如非真实感软件、非真实感人物形象、非真实感场景的绘制, 如爆炸、烟雾、海浪等特殊场景的绘制, 以及在科学资料插图和医学数据可视化中的应用需求巨大. 但是传统的非真实感动图像的渲染工作是由人工进行逐帧手工绘制来完成的, 这就受限于场所、设备等因素的约束<sup>[3-5]</sup>, 而且采用人

工绘制的方式效率低下、绘制质量不稳定. 因此在巨大的应用需求背景下, 提出利用计算机仿真建模的方法来替代传统方法, 研究一种算法以实际拍摄的彩色图像为基础, 直接将图像进行非真实感风格渲染, 使得非真实感作品的创作周期将大大缩短, 非真实感渲染风格也非常稳定, 而且能够很大程度地节约创作成本, 这是非常有实际应用价值的<sup>[6-7]</sup>.

许多研究者在这一领域做了很多工作. Decarlo 等在硬件设备的协助下可以完成非真实感风格的渲染, 但硬件的使用限制了应用处理的灵活性; 国内唐

棣等提出了一种基于扫描线的非真实感图像仿真方法,该方法的核心是轮廓提取和颜色均一化处理,但实验发现该方法的非真实感渲染结果会出现颜色区域跳变以及产生虚假扫描条纹。

鉴于此,本文提出了一种基于边缘融合的彩色图像非真实感渲染方法。为了验证算法的优越性,分别采用本文算法和传统方法中的算法对相同的彩色图像进行非真实感渲染,并对结果进行了分析对比。

## 2 算法原理与非真实感渲染的难点分析

### 2.1 非真实感渲染的定义

非真实感渲染是一种特定的非写实渲染,也是一种风格化渲染。这种风格化的渲染方式关注的重心并不是真实地再现客观世界的场景,相反地它更专注图像个性化和艺术性的表达。随着计算机技术的发展,非真实感渲染的目的就是通过设计一定的算法,在真实彩色图像的基础上进行渲染处理,最终获取具有非真实感效果的图像。

### 2.2 原理依据

基于边缘融合的彩色图像非真实感渲染方法的基本原理是:首先将 RGB 彩色图像转换为 Lab 彩色图像,并对 L 通道进行梯度滤波,获取边缘梯度图。然后对 L 通道进行灰度量化,并合并量化后的 L、a、b 三个通道,将其转换为 RGB 图像,最后将边缘梯度图和量化后的 RGB 图像融合,得到非真实感渲染后的图像。因此,算法的重点步骤主要有 Lab 彩色模型的转换、L 通道的梯度滤波与灰度量化、边缘图与灰度量化图的融合三个部分。

### 2.3 非真实感渲染的难点分析

对真实的彩色图像进行非真实感渲染主要可以分为科学数据视觉化和艺术风格渲染两个部分。科学数据可视化追求突出重要的信息而忽略掉次要信息,将不能通过真实图像表现出来的信息突出显示。艺术风格渲染主要关注艺术化的表达,这并不是为了取代艺术家的工作,而是为了提高他们的效率。

通过对艺术家手工进行非真实感渲染后的非真实感图像的分析可以看出,非真实感渲染主要有以下几个重要特征:(1)图像中区域颜色的过渡不连贯,是一种非平滑过渡;(2)区域的轮廓被重点突出表现;(3)区域颜色比较均一、鲜艳;(4)区域内部的很多细节被消除。

对比真实彩色图像可以发现,要实现计算机自动非真实感渲染,就必须根据非真实感图像的上述

4 个特征进行处理。简单来说,非真实感渲染就是将图像区域的细节消除,并将区域颜色进行均一化处理,同时突出区域的边缘轮廓。但是真实彩色图像一般区域细节较多,而且随着照相机分辨率的提高,图像的精细度更高,这种客观存在的问题给非真实感渲染带来了困难,而且照相机工作时根据环境光照的不同会进行调整,而光照的不同直接关系到 RGB 图像各通道的灰度值的分配,这又给非真实感渲染风格一致化带来了难题。总得来讲,采用计算机技术进行真实彩色图像的非真实感渲染的客观存在的难题主要在于照相机成像技术的发展以及成像环境的多样化,本文方法的目标就是克服这一难题,在不引入人工参与的前提下,快速有效的完成真实图像的非真实感渲染。

## 3 算法实现

### 3.1 Lab 模型

彩色图像的 Lab 模型是由 CIE(国际照明委员会)制定的一种彩色模式,Lab 模型与设备无关,它能够弥补 RGB 模型和 CMYK 模型必须依赖设备的颜色特性的不足,自然界中任何的色彩都能用 Lab 空间表达处理,这就意味着照相机 CCD 成像所生成的 RGB 图像所能描述的颜色信息都能在 Lab 中得到映射。Lab 颜色空间如图 1 所示。

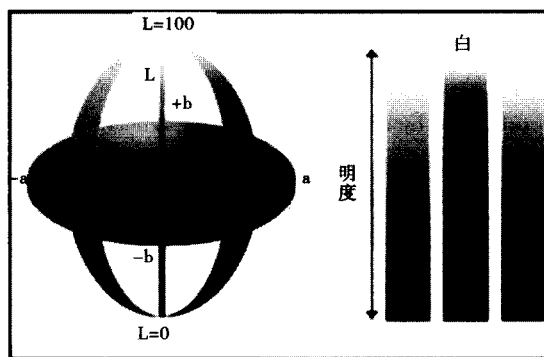


图 1 Lab 颜色模型图

如图 1 所示,其中 L 表示亮度,A 的正数代表红色,负数代表绿色,B 的正数代表黄色,负数代表蓝色。

由于 Lab 模型具有设备无关的特点,因此为了避免不同照相机成像带来的 RGB 颜色不同特点,将所有彩色图像都转换到 Lab 模型下进行后续处理。要将 RGB 颜色空间转换到 Lab 空间中,首先要将 RGB 颜色空间转换到 CIE 的坐标系中,有

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.490 & 0.310 & 0.200 \\ 0.177 & 0.813 & 0.011 \\ 0.000 & 0.010 & 0.990 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (1)$$

根据式(1),则有 Lab 的空间代数表示为

$$\begin{cases} L = 25(100Y/Y_0)^{1/3} \\ a = 500[(X/X_0)^{1/3} - (Y/Y_0)^{1/3}] \\ b = 200[(Y/Y_0)^{1/3} - (Z/Z_0)^{1/3}] \end{cases} \quad (2)$$

式中,  $X_0, Y_0, Z_0$  表示参考白色值. 由于在 NTSC 接收机的基本系统中, 参考白色是  $R_N = G_N = B_N = 1$ , 从而有  $X_0 = Y_0 = Z_0 = 1$ .

### 3.2 L 通道的梯度滤波与灰度量化

上一节中我们提到非真实感渲染算法的重点步骤包括 L 通道的梯度滤波与灰度量化. 将彩色图像转换到 Lab 空间后, 为了不破坏图像的颜色信息, 对主亮度的 L 通道进行梯度滤波, 求取图像中区域的边缘信息, 然后对 L 通道图像进行区域的灰度量化, 使得区域内部灰度均一化.

为了减小噪声边缘的干扰, 首先使用高斯滤波器平滑图像, 建立一个高斯函数  $H(x, y)$ , 若  $I_L(x, y)$  表示 Lab 图像的 L 通道, 则有

$$H(x, y) = \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)$$

$$G(x, y) = I_L(x, y) * H(x, y) \quad (3)$$

式中,  $\sigma$  是高斯滤波器的参数.

在高斯滤波的基础上, 用一阶偏导数的有限差分来计算梯度的幅值. 定义一阶差分卷积模板:

$$H_1 = \begin{bmatrix} -1 & -1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}, H_2 = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

分别进行水平、垂直方向的卷积运算有

$$\begin{aligned} \varphi_1(x, y) &= G(x, y) * H_1(x, y) \\ \varphi_2(x, y) &= G(x, y) * H_2(x, y) \end{aligned} \quad (4)$$

则梯度的幅值为

$$\varphi(x, y) = \sqrt{\varphi_1^2(x, y) + \varphi_2^2(x, y)} \quad (5)$$

仅仅得到全局的梯度并不足以确定边缘. 为确定边缘, 必须保留局部梯度最大点, 而抑制非极大值, 即将非局部极大值点置零以得到细化的边缘. 如图 2 所示, 4 个扇区的标号为 0 到 3, 对应  $3 \times 3$  邻域的 4 种可能组合.

在每一点上, 邻域的中心像素  $M$  与沿着梯度线的两个像素相比, 如果  $M$  的梯度值不比沿梯度线的两个相邻像素梯度值大, 则令  $M=0$ .

非真实感渲染过程要求区域颜色的均一化, 因此必须将检测到的边缘连接起来. 这里使用两个阈值  $T_1, T_2$  ( $T_1 < T_2$ ), 可以得到两个阈值边缘图像

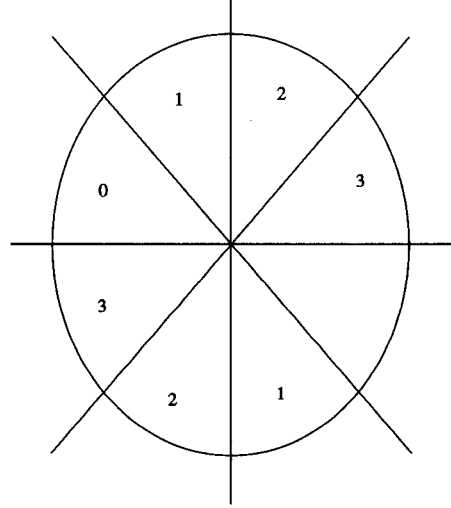


图 2 非最大抑制的扇区示意图 L

$N_1(i, j), N_2(i, j)$ . 由于  $N_2(i, j)$  使用高阈值得到, 因而含有的假边缘较少, 但存在间断. 使用双阈值就是要在  $N_2(i, j)$  中把边缘连接成轮廓, 当到达轮廓的端点时, 就再  $N_1(i, j)$  的 8 邻点位置寻找可以连接到轮廓上的边缘, 这样不断地在  $N_1(i, j)$  中收集边缘, 直到将  $N_2(i, j)$  连接起来为止.  $T_2$  用来找到每条边缘线段, 而  $T_1$  用来在这些线段的两个方向上延伸寻找边缘的断裂处, 并连接边缘.

采用上述过程即可得到无间断的图像边缘, 即可得到 L 通道的梯度图  $g_L(x, y)$ . 另一个需要实现的过程就是将 L 通道进行灰度量化, 这是为了去除彩色图像中过于丰富的细节, 也是达到非真实感渲染的必要过程. 量化的另一个目的也是为了突出区域的轮廓, 这里对 L 通道图像  $I_L(x, y)$  进行灰度量化, 量化后的图像为  $I'_L$ , 设定高斯滤波器  $H(x, y)$ , 则量化表达式可以表示为

$$dq = \frac{100}{q-1} \quad (6)$$

$$S = (S_u - S_l) * H + S_l \quad (7)$$

$$I'_L = I_L + \frac{dq}{2} * \tanh(S * (I_L - \text{Int}(dq * I_L)/d)) \quad (8)$$

式中,  $\text{Int}()$  表示取整数操作. 根据参数选择使得结果最优的考虑, 设置参数  $q=2, S_l=3, S_u=14$ , 按照上述方式可讲 L 通道灰度进行区域量化.

### 3.3 边缘图与量化图的融合

在完成 L 通道的灰度量化后, 需要将三个通道图像  $I_L, I_a, I_b$  进行融合, 得到一个量化后的 Lab 彩色图像, 这里可以直接使用多维矩阵的特点进行融合, 设融合后的 Lab 图像为  $I_{Lab}$ , 则有

$$\begin{cases} I_{Lab}(:, :, 1) = I_L \\ I_{Lab}(:, :, 2) = I_a \\ I_{Lab}(:, :, 3) = I_b \end{cases} \quad (9)$$

将 Lab 图像  $I_{Lab}$  根据式(1)和式(2), 转换到 RGB 彩色空间中, 得到图像  $I_{rgb}$ .

至此, 可以得到边缘图  $g_L(x, y)$  和量化后的 RGB 彩色图像  $I_{rgb}$ , 将二者融合即可得到非真实感渲染后的非真实感图像  $C(x, y)$ , 融合关系式为

$$C(x, y) = (1 - g_L(x, y)) \cdot I_{rgb}(x, y) \quad (10)$$

即只需要进行与操作融合即可.

由于图像含有一定的噪声, 因此在用一个圆盘结构对得到的图像进行平滑滤波, 得到最终的非真实感效果图像. 这里的圆盘结果是指一个形态学的算子结构, 类似于一般的方形结构, 它指的是一个近视圆形结构(数字图像中只能近视), 里面临近的像素值均为 1, 这个圆盘的大小用半径指定. 在进行滤波的时候, 以圆盘的中心为基准点, 用这个结构遍历图像, 当前图像中位于圆心的点(基准点)的灰度值就用所有圆盘覆盖下面的点的平均值代替, 即为平滑滤波.

### 3.4 非真实感渲染流程

综合前文所述, 对真实彩色图像进行非真实感渲染的一般步骤为:

step1: 读入彩色图像  $I$ , 并将各通道像素值调整到  $[0, 1]$  区间;

step2: 将读入的 RGB 图像  $I$  转化为 CIE 的 Lab 图像  $I_{Lab}$ ,

step3: 对 Lab 图像  $I_{Lab}$  的 L 通道进行梯度滤波, 得到边缘梯度图  $g_L(x, y)$ ;

step4: 对 L 通道进行灰度量化, 得到量化后的 L 通道  $I_L$ , 结合  $I_{Lab}$  的  $a, b$  通道, 得到图  $I_{Lab}$ , 并转换到 RGB 空间  $I_{rgb}$ ;

step5: 结合图像  $I_{rgb}$  和边缘图  $g_L(x, y)$ , 融合并滤波得到具有非真实感效果的图像  $C$ .

综合上述步骤, 基于边缘融合的彩色图像非真实感渲染的流程如图 3 所示.

## 4 仿真实验分析

为了验证本文提出的针对真实彩色图像的非真实感渲染方法的优越性和有效性, 开展了对彩色图像的非真实感渲染仿真实验.

使用两个不同品牌 and 不同成像分辨率的相机分别拍摄一幅人物场景图和一幅建筑图, 二者大小分别为  $800 \times 600$  和  $400 \times 300$ . 之所以选择不同的成



图3 非真实感渲染的流程图

像设备、不同的场景、不同的图像尺寸, 是为了说明本文算法的普适性.

对这两幅彩色图像进行非真实感渲染, 其结果如图 4 所示.



(a) 人物场景图



(b) 非真实感渲染结果



(c) 建筑图



(d) 非真实感渲染结果

图4 应用本文算法的非真实感渲染结果

对互联网上流传的网络名人的人物肖像图进行非真实感渲染, 其非真实感艺术效果也非常好, 如图 5 所示.

为了进一步说明本文算法的优越性, 和传统方法中前人提出的基于扫描线的非真实感渲染方法进行相比. 对图 4(a)中的人物场景图分别采用这两种算法进行非真实感渲染, 结果如图 6 所示. 传统方法中的基于扫描线的平均颜色填充算法, 通过首先进行图像分割, 得到边界点, 并按照行顺序, 对同一行

中的两个边界点之间的区域进行平均颜色填充. 观察图 6 可知,传统方法中方法在非真实感渲染时容易出现颜色区域跳变和虚假条纹,这是算法本身缺点导致的,其主要原因就是边缘的间断. 本文算法能很好地克服这一点,且对不同成像设备获取的场景图、建筑图以及网络流传的人物图均能产生很好的非真实感效果,这说明本文算法在对彩色图像进行非真实感渲染上有一定的应用价值.



(a) 人物肖像

(b) 非真实感渲染结果

图 5 人物肖像非真实感效果



(a) 文献[4]中方法

(b) 本文算法

图 6 本文方法与传统方法中方法对比

## 5 结束语

本文提出了一种基于边缘融合的彩色图像非真实感渲染方法. 通过分析对比非真实感图像和真彩色的自然图像的特点,提出了一种基于边缘融合的

彩色图像非真实感渲染方法. 方法首先将 RGB 彩色图像转换为 Lab 彩色图像,并对 L 通道进行梯度滤波,获取边缘梯度图. 然后对 L 通道进行灰度量化,并合并量化后的 L、a、b 三个通道,将其转换为 RGB 图像,最后将边缘梯度图和量化后的 RGB 图像融合,得到非真实感渲染后的图像.

采用本文算法对不同成像设备获取的场景图、建筑图以及网络流传的人物图均能产生很好的非真实感效果,这说明了算法的有效性. 为了验证算法的优越性,分别采用本文算法和传统算法对相同的彩色图像进行非真实感渲染,并对结果进行了分析对比发现,本文算法能很好克服传统中算法在渲染时由于边缘间断造成的虚假条纹. 因此,本文算法在利用计算机技术进行非真实感图像制作上有一定的实用价值.

## 参考文献:

- [1] 李淀,乔永强,贺骊,等. 图像改造算法的实现[J]. 微电子学与计算机,2006(4): 45-47.
- [2] 宓晓峰. 非真实感图形学相关技术研究[D]. 杭州:浙江大学,2003.
- [3] Decarlo D. Stylized and abstraction of photographs[J]. ACM Trans Graph, 2002, 21(3):769-776.
- [4] 唐棣,阎晓敏,孙岩. 一种基于扫描线的非真实感图像仿真新方法[J]. 辽宁师范大学学报:自然科学版,2008,31(1):47-50.
- [5] 高宝玉,方漪,杜娜,高奎,基于 RGB 颜色向量的二维彩色图像非真实感风格渲染[J]. 青岛大学学报:自然科学版,2010,23(2):31-37.
- [6] 郭沁宜,张建民. 基于颜色层次矩阵的非真实感着色技术[J]. 计算机仿真,2007,24(11):202-205.
- [7] 冈萨雷斯,理查德. 数字图像处理[M]. 2 版. 北京:电子工业出版社,2005.

## 作者简介:

罗 莎 女,(1982—),讲师. 研究方向为计算机软件.