

# 基于图像不同亮度区域特征的 Gamma 矫正方法

丁 毅,李玉惠,李 勃

(昆明理工大学 信息工程与自动化学院,云南 昆明 650500)

**摘 要:**在图像处理领域中,图像亮度不均会大大降低图像分割的正确性。为了有效弱化图像亮度不均对图像分割带来的影响,对处理图像亮度不均具有优势的 Gamma 矫正方法及各种改进方法进行了对比分析。针对现有 Gamma 矫正方法对图像高光区矫正效果的不佳,文中提出了类余切 Gamma 矫正函数和椭圆非线性矫正模型。实验结果表明,按图像像素值对图像分区,该方法不仅保持了现有 Gamma 矫正方法对阴影区和过渡区亮度处理的效果,而且缩小了图像高光区的像素取值范围,提高了对图像高光区矫正的效果,有效降低了整幅图像亮度的比例,在一定程度上使图像亮度分布更加均匀。同时,该方法具有较好的普适性,在处理其他亮度比例较大的图像时,该方法可以较好地均衡图像亮度的分布,在某些特殊场景下会大大提高图像分割的正确性和准确率。

**关键词:**图像处理;类余切 Gamma 矫正函数;椭圆非线性矫正模型;亮度不均;图像分割

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2016)06-0037-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2016.06.008

## Gamma Correction Based on Different Brightness Regional Features for Images

DING Yi, LI Yu-hui, LI Bo

(Faculty of Information Engineering and Automation, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650500, China)

**Abstract:** Uneven brightness can reduce greatly the correctness of image segmentation in image processing. In order to effectively weaken the influence on the image segmentation which brought by uneven brightness, in this paper, a variety of methods of Gamma correction and improved ones are compared and analyzed. In view of the bad effect on correcting image highlights district by using the existing Gamma correction methods, the class cotangent Gamma correction function and elliptical nonlinear correction model are proposed. The experiment shows that on the basis of maintaining the effect on luminance processing in the shadow area and the transition zone by the existing Gamma correction methods, this method narrows the pixel value range of the image highlights area, enhances the correction effect of the image highlights area, and reduces the proportion of the whole image brightness effectively, which makes the brightness distribution more uniform to some extent. In dealing with a larger brightness proportion of image, this method, with good universality, can balance brightness distribution of the image well and greatly improve the segmentation correctness and accuracy of image in some special situations.

**Key words:** image processing; classing cotangent Gamma correction function; elliptical nonlinear correction model; uneven brightness; image segmentation

## 0 引言

由于客观环境通常使得获取的图像亮度分布不均匀,对以图像内容理解为目标的图像分割、目标跟踪等研究和应用造成较大的困难。因此,有效弱化图像亮度不均带来的影响,是图像内容理解研究中不可缺少的预处理环节,这也是计算机视觉中尚未有效解决的技术难点之一<sup>[1]</sup>。

为了有效解决图像亮度不均对图像分割带来的影响,近年来众多研究者提出了一些方法,如直方图均衡化方法<sup>[2]</sup>、色彩空间转换方法<sup>[3]</sup>、色感一致性方法<sup>[4]</sup>、色彩相似度方法<sup>[5]</sup>和改进的 Gamma 矫正方法<sup>[6-9]</sup>等。直方图均衡化方法虽然可以改善图像质量,但往往会在均衡后给图像带来一些不连续的斑块;色彩空间转换方法没有解决色彩通道之间的相关性问题;色感一

收稿日期:2015-09-13

修回日期:2015-12-22

网络出版时间:2016-05-25

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61363043)

作者简介:丁 毅(1991-),男,硕士研究生,研究方向为图像处理与智能计算。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20160525.1706.040.html>

致性方法存在精确估计光源位置的困难;色彩相似度方法对光照剧烈变化较为敏感<sup>[10]</sup>。相比之下, Gamma 矫正是对图像像素值进行的矫正,矫正后不会给图像带来不连续的斑块,同时也不需要考虑光源位置,以及色彩通道之间的相关性,从而在处理图像亮度不均方面表现出一定优势<sup>[11]</sup>。但是,现有 Gamma 矫正方法在处理亮度比例较大的图像时,存在对高光区矫正程度的不足。

文中对多种改进的 Gamma 矫正方法进行了分析,结合不同亮度区域的特征,对高光区采用了类余切 Gamma 矫正函数和椭圆非线性矫正模型,使得整幅图像的亮度得到更好的均衡。

## 1 Gamma 矫正方法

针对现有 Gamma 矫正方法处理亮度比例较大图像的不足,文中在文献[12]的基础上,对图像阴影区和过渡区采用类余弦 Gamma 矫正函数,保持对阴影区和过渡区的矫正效果。对图像高光区,采用类余切 Gamma 矫正函数矫正像素值的分布趋势,采用椭圆非线性矫正模型矫正像素的取值范围,使得整幅图像的亮度得到更好的均衡。

### 1.1 类余切 Gamma 矫正函数

将像素值区间分为阴影区、过渡区和高光区,具体范围为  $[0, x_0]$ ,  $[x_0, x_1]$ ,  $[x_1, 255]$ ,  $E_1, E_2, E_3$  分别代表这三个区间。令  $p$  代表像素值区间  $[0, 255]$ ,  $\Omega$  代表角度值区间  $[0, \pi]$ ,  $\Gamma$  代表 Gamma 值区间,  $x$  代表像素值。取  $x_1 = x_0 + (255 - x_0)/n$ ,  $n$  为区间  $[x_0, 255]$  的等分数,  $x_0$  和  $n$  的值可根据实际情况而定,一般  $x_0$  取中点。则  $p$  到  $\Omega$  的线性映射定义为:

$$\begin{aligned} \varphi: p \rightarrow \Omega; \Omega &= \{\omega \mid \omega = \varphi(x)\} \\ \varphi(x) &= \begin{cases} \pi x / 2x_0, & x \in E_1 \\ \pi - \pi(255 - x) / 2(255 - x_0), & x \in E_2, E_3 \end{cases} \end{aligned} \quad (1)$$

其中,  $p$  到  $\Gamma$  的映射定义为:

$$h: p \rightarrow \Gamma; \Gamma = \{h \mid h = h(x)\}$$

因此,改进的  $f_1(x)$  函数的表达式如下:

$$f_1(x) = \begin{cases} 1 + a \cos(\varphi(x)), & x \in E_1, E_2 \\ 1 - \lambda \cot(\varphi(x)), & x \in E_3 \end{cases} \quad (2)$$

式中,  $\lambda \in (0, +\infty)$  是调节矫正后图像 Gamma 取值范围的参数。

文献[12]在处理图像阴影区和过渡区方面,已经取得了较好的效果;但是,对高光区处理效果不佳。因此,文中针对图像高光区改进了函数  $f_1(x)$ , 如式(2)所示;对文献[12]中的函数  $f_2(x)$  和  $f_3(x)$  做了相应调

整,使它们只对改进的函数  $f_1(x)$  在处理图像阴影区和过渡区方面起到修正的作用。则重新定义的  $f_2(x)$  和  $f_3(x)$  的表达式如下:

$$f_2(x) = \begin{cases} R(x) \cos d\pi / 255, & x \in E_1, E_2 \\ 0, & x \in E_3 \end{cases} \quad (3)$$

$$f_3(x) = \begin{cases} (K(x) + b) \cdot \cos a + x \cdot \sin a, & x \in E_1, E_2 \\ 0, & x \in E_3 \end{cases} \quad (4)$$

式中的相关变量说明见文献[12]。因此, Gamma 值矫正函数定义如下:

$$h(x) = f_1(x) + f_2(x) + f_3(x) \quad (5)$$

取像素值矫正函数<sup>[3]</sup>:

$$g(x) = 255 (x/255)^{1/h(x)} \quad (6)$$

所以,当  $a = 0.6$ ,  $b = 0.3$ ,  $n = 5$ ,  $\lambda = 1$  时,  $g(x)$  曲线图如图 1 所示。

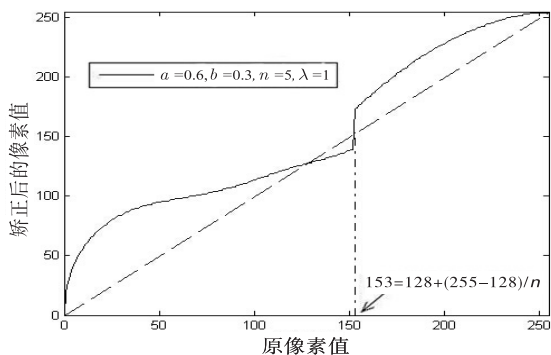


图 1  $g(x)$  曲线图

图 1 表明,对图像高光区即区间  $[153, 255]$  的矫正,只矫正了像素值的分布趋势,仍然没有缩小高光区像素的取值范围。所以,在类余切 Gamma 矫正函数处理的基础上,还需要对图像高光区的像素取值范围进行矫正。

### 1.2 椭圆非线性矫正模型

文中采用椭圆非线性矫正模型矫正高光区的像素取值范围,对阴影区和过渡区采用文献[12]的方法进行处理。采用椭圆非线性矫正模型是因为椭圆方程  $x^2/a_1^2 + y^2/a_2^2 = 1$  ( $a_1 > a_2 > 0$ ),具有随着  $x$  的增大,  $y$  值缓慢减小的特点。其曲线图如图 2 所示。

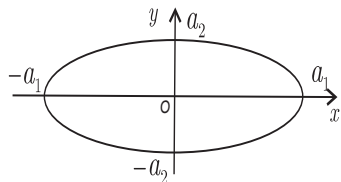


图 2 椭圆曲线

因此,令  $a_1^2 = a$ ,  $a_2^2 = b$ ,  $g_1(x) = g(x)$ , 椭圆非线性矫正模型定义如下:

$$p(x) = b(1 - g_1(x)/a) \quad (7)$$

矫正后  $g(x)$  的表达式如下:

$$g(x) = \begin{cases} g_1(x), & x \in E_1, E_2 \\ -1 \cdot p(x) - q, & x \in E_3 \end{cases} \quad (8)$$

式中,参数  $q$  是为了得到一条连续的像素值矫正曲线,使区间  $E_2, E_3$  对应的像素值平滑地衔接而被定义的。

$q$  定义如下:

$$q = g_1(x_1 + 1) - g_1(x_1) \quad (9)$$

因此,矫正后  $g(x)$  的曲线图如图3所示。

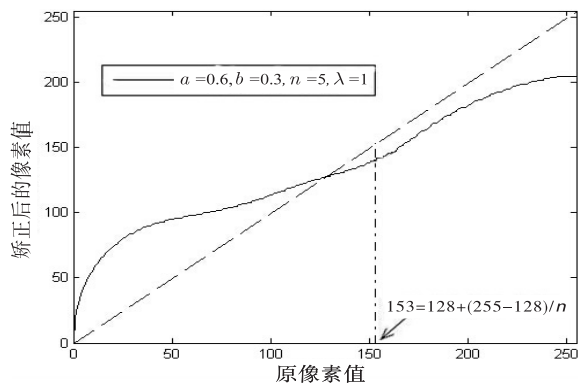
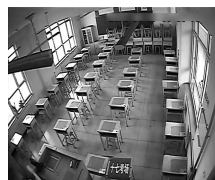


图3 矫正后的  $g(x)$  曲线图

图3表明,文中方法与现有 Gamma 矫正方法相比,保持了现有 Gamma 矫正方法对阴影区和过渡区亮度的处理效果,缩小了图像高光区像素的取值范围,有效降低了图像亮度的比例,使整幅图像亮度得到了更好的均衡。同时,图1和图3表明,采用椭圆非线性矫正模型对  $g(x)$  进行矫正,具有随着像素值增大,矫正值缓慢减小的特点,合理控制了高光区像素的取值范围,一定程度上抑制了因矫正引起的图像失真。

函数  $f_1(x)$  第二部分的  $\lambda$  参数起到了合理控制矫正后 Gamma 取值范围的作用,使得对高光区的矫正有了自适应的特点。当  $\lambda$  选取不同参数时, Gamma 值矫正曲线图和  $g(x)$  曲线图如图4所示。



(a) 原图



(b) 文献[12]方法取得的效果



(c) 文献[13]方法取得的效果 ( $a=0.6, b=0.3$ )



(d) 文献[14]方法取得的效果 ( $a=0.2, b=0.3, c=0.3$ )



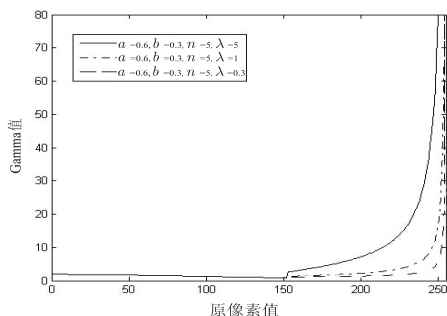
(e) 文中方法取得的效果 ( $a=0.6, b=0.3, n=5, \lambda=5$ )

图5 不同方法处理后的效果图

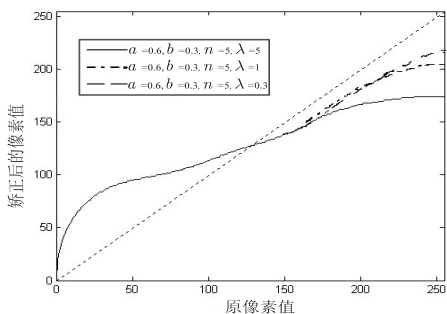
图5表明,与现有 Gamma 矫正方法相比,文中所提出的方法保持了现有 Gamma 矫正方法对阴影区和过渡区亮度的处理效果,又缩小了高光区像素的取值范围,有效降低了图像亮度的比例,使整幅图像达到了更好的亮度均衡。

### 3 结束语

文中对多种改进的 Gamma 矫正方法进行了对比



(a) Gamma 值矫正曲线图



(b)  $g(x)$  曲线图

图4  $\lambda$  选取不同时的 Gamma 值矫正曲线和  $g(x)$  曲线

图(a)表明,  $\lambda$  的取值越大,矫正后的 Gamma 值就越大,从而对高光区矫正程度就越深,图像亮度的比例也就变得越小,效果如图(b)所示。但是,随着  $\lambda$  的增加,矫正后的图像亮度比例就会减小,矫正后的图像失真度也会越大。因此,对于亮度比例不同的图像,  $\lambda$  取值也不相同。

## 2 实验结果分析

文中的实验图像来自国家教育考试标准化考场监控图像,具有亮度比例较大的特点。在同一环境下,对文中方法、文献[12-14]的方法进行了对比实验。在取较佳参数的情况下,实验效果如图5所示。

分析,提出了类余切 Gamma 矫正函数和椭圆非线性矫正模型对图像高光区进行矫正,并与文献[12-14]的方法进行对比实验。结果表明文中方法的有效性。

文中方法和其他 Gamma 矫正方法一样存在如何自动地、无监督地选取参数组合值的问题。因此,后续将会对这一问题做更深入的研究,从而提高文中方法的广泛实用性。

相应的复制合成。

参考文献:

[1] Bertalmio M, Sapiro G, Caselles V, et al. Image inpainting [C]//Proceedings of the 27th annual conference on computer graphics and interactive techniques. Anaheim, USA: ACM Press,2000:417-424.

[2] Chan T, Shen J. Mathematical models for local non-texture inpaintings[J]. SIAM Journal on Applied Mathematics,2002,62(3):1019-1043.

[3] Chan T F, Shen J. Non-texture inpainting by curvature-driven diffusions (CDD) [J]. Journal of Visual Communication and Image Representation,2001,12(4):436-449.

[4] 姜 军, 卓 嘎, 王朝霞, 等. 以 TV 模型为例的西藏壁画数字图像修复技术研究[J]. 电子技术工程,2013,21(3):136-139.

[5] 姜 军, 王龙业, 王朝霞, 等. 基于 CDD 模型的西藏壁画数字图像修复技术研究[J]. 电子设计工程,2014,22(2):177-179.

[6] Xu Y, Guo B, Shum H Y. Chaos mosaic: fast and memory efficient texture synthesis [R]. [ s. l. ]; Microsoft Research, 2000.

[7] Efros A A, Freeman W T. Image quilting for texture synthesis and transfer[C]//Proceedings of the 28th annual conference on computer graphics and interactive techniques. Anaheim, USA: ACM Press,2001:341-346.

[8] Kwatra V, Schodl A, Essa I, et al. Graph-cut textures: image and video synthesis using graph cuts[J]. ACM Transactions on Graphics,2003,22(2):277-286.

(上接第39页)

参考文献:

[1] 刘 培, 王建英, 尹忠科. 图像光照补偿方法的研究[J]. 系统工程与电子技术,2008,30(7):1343-1346.

[2] Shen H, Sun S, Lei B, et al. An adaptive brightness preserving bi-histogram equalization[C]//Proceedings of SPIE. [ s. l. ]; [ s. n. ],2011.

[3] Qazi Imtnan-UI, Alata O, Burie Jean-Christophe, et al. Choice of a pertinent color space for color texture characterization using parametric spectral analysis[J]. Pattern Recognition,2011,44(1):16-31.

[4] Finlayson G, Funt B, Barnard J. Color constancy under a varying illumination [C]//Proceedings of international conference on computer vision. Washington DC, USA: IEEE Computer Society Press,1995:720-725.

[5] Soriano M, Martinkauppi B, Huovinen S. Skin detection in video under changing illumination conditions [C]//Proceedings of international conference on pattern recognition. Barcelona: [ s. n. ],2000:839-842.

[6] 郑东亮, 达飞鹏. 提高数字光栅投影测量系统精度的 gam-

[9] Kanizsa G. Organization in vision [M]. New York: Praeger, 1979.

[10] 孟春芝, 何 凯, 焦青兰. 自适应样本块大小的图像修复方法[J]. 中国图象图形学报,2012,17(3):337-341.

[11] 苏良飞. 基于样图的约束纹理合成研究[D]. 杭州: 浙江大学,2008.

[12] Criminisi A, Perez P, Toyama K. Region filling and object removal by exemplar-based image inpainting[J]. IEEE Transactions on Image Processing,2004,13(9):1200-1212.

[13] Alonso-Fernandez F, Bigun J. Iris boundaries segmentation using the generalized structure tensor[C]//Proc of IEEE fifth international conference on biometrics compendium biometrics. [ s. l. ]; IEEE,2012:426-431.

[14] 许 娟, 孙王宝, 韦志辉. 基于结构张量的 Non-Local Means 去噪算法研究[J]. 计算机工程与应用,2010,46(28):178-180.

[15] Di-Zenzo S. A note on the gradient of a multi-image[J]. Computer Vision, Graphics, and Image Processing, 1986, 33(1):116-125.

[16] Förstner W, Gülch E. A fast operator for detection and precise location of distinct points, corners and centres of circular features[C]//Proceedings of ISPRS. [ s. l. ]; [ s. n. ],1987:281-305.

[17] 雷文娟, 祝 轩, 贾义亭, 等. 梯度与曲率变形式相结合的图像配准方法[J]. 计算机工程与应用,2012,48(5):204-206.

[18] 徐 勇. 边缘结构保持型的图像滤波算法研究[D]. 合肥: 合肥工业大学,2011.

ma 校正技术[J]. 光学学报,2011,31(5):116-121.

[7] 肖焱山, 曹益平, 武迎春, 等. 基于傅里叶频谱分析的相位测量轮廓术系统 Gamma 非线性校正方法[J]. 光学学报,2012,32(12):172-177.

[8] 王志国, 梁志虎, 刘纯亮. 一种应用于 AC PDP 的反 gamma 校正与动态对比度增强相结合的新方法[J]. 真空科学与技术学报,2009,29(6):700-703.

[9] Ma S, Quan C, Zhu R. A fast and accurate gamma correction based on Fourier spectrum analysis for digital fringe projection profilometry [J]. Optics Communications, 2012, 285: 533-538.

[10] 师一华, 杨金锋. 图像处理中改进的 Gamma 矫正方法[J]. 安阳工学院学报,2005(6):67-70.

[11] 储 霞, 吴效明, 黄岳山. 照度不均匀图像的自动 Gamma 灰度校正[J]. 微计算机信息,2009,25(18):292-293.

[12] 许 龙, 李晨钊, 李 鹏. 弱辐射特征遥感影像的自动伽马校正[J]. 海洋测绘,2013,33(1):32-34.

[13] 杨金锋, 杨国庆, 吴仁彪. 减少光照影响的自适应 Gamma 矫正方法[J]. 信号处理,2005,21(4A):261-264.

[14] 杨金锋, 师一华, 熊兴隆. 光照处理中改进的 Gamma 矫正方法[J]. 中国民航学院学报,2006,24(4):39-42.