

基于虚拟现实技术的模糊静态图像目标重现方法

姬莉霞 刘成明

(郑州大学软件与应用科技学院 郑州 450002)

摘 要 模糊静态图像目标重现方法的优劣直接影响了模糊静态图像处理的最终效果和目标识别的准确性。目前,模糊静态图像目标重现方法首先采用暗原色先验规律对模糊静态图像目标的环境光值进行估计,并且基于光照情况对模糊静态图像目标进行透射率估计;然后利用物理模型还原出模糊静态图像目标;最后对还原的目标进行反转,得到模糊静态图像目标的重现结果。该方法存在重现目标对比度较低的问题。为了提高对比度,改善视觉效果,提出了一种基于虚拟现实技术的模糊静态图像目标重现方法。首先,利用虚拟现实技术与光学成像原理对模糊静态图像目标进行采集和分层处理;然后,采用分段线性色阶调整函数来处理模糊静态图像目标的亮度通道,进行全局映射;最后,对目标细节做相应处理,保持目标细节的可见性,完成目标重现。实验结果表明,所提方法具有更好的视觉效果和更明显的细节信息。

关键词 虚拟现实技术,模糊静态图像,目标重现方法

中图分类号 TP391 文献标识码 A DOI 10.11896/j.issn.1002-137X.2018.07.043

Fuzzy Static Image Target Reproduction Method Based on Virtual Reality Technology

Ji Li-xia LIU Cheng-ming

(Institute of Software and Applied Science and Technology, Zhengzhou University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract The pros and cons of fuzzy static image target reproduction method directly affect the final effect of fuzzy static image processing and the accuracy of target recognition. At present, the fuzzy static image target reproduction method is used to estimate the ambient light value of the fuzzy static image target and the transmittance of the fuzzy static image target based on the illumination condition. Then, the fuzzy model is used to restore the fuzzy static image target. Finally, the reversion results of the fuzzy static image target are obtained by reversing the target inversion. There is a problem of low target contrast in this method. In order to improve the contrast and the visual effect, a fuzzy static image target reproduction method based on virtual reality technology was proposed. Firstly, fuzzy realistic image and optical imaging principle are used to collect and classify fuzzy static image objects. Then, the gradation adjustment function is used to deal with the brightness channel of the fuzzy static image object, and the global mapping is carried out. Finally, the target details are processed accordingly, the visibility of the target details is maintained, and the target reproduction is completed. The experimental results show that the proposed method has better visual effects and more obvious details.

Keywords Virtual reality technology, Fuzzy static image, Target reproduction method

1 引言

虚拟现实,简称 VR 技术,也被称为灵境技术或人工现实,它是利用计算机系统模拟产生的一个三维空间的虚拟世界^[1]。虚拟现实技术可以为使用者提供关于视觉、听觉、触觉等感官的真实模拟,让使用者如身临其境一般,可以更加及时、无限制地观察三维空间内的一切事物^[2]。当使用者进行位置移动时,计算机系统可以立即进行更加复杂的运算,将精确的三维立体影像传回临场感^[3]。虚拟现实技术是将计算机图形处理技术、多媒体技术、广角(宽视野)立体显示技术、传

感器技术以及仿真技术等多种技术综合而发展起来的一种计算机领域新技术,它涉及的领域广泛,包括国防军事、医疗诊断、心理学、实验教学、科学研究、建筑施工、媒体传播等^[4]。模糊静态图像目标重现的目的是改善模糊静态图像目标的视觉效果,针对给定模糊静态图像的应用场所,有目的地重现目标的整体特征或局部特征,将原来的模糊静态图像变得清晰,或者重现某些感兴趣的目标特征,扩大模糊静态图像中不同目标特征之间的差别,抑制不感兴趣的目标特征^[5-6]。为了提高模糊静态图像的质量,丰富目标信息量,加强模糊静态图像目标的识别效果,需要对模糊静态图像目标重现方法进行研

究。目前,基于小波变换和模糊理论的模糊静态图像目标重现方法^[7]首先将模糊静态图像目标进行小波分解,获得目标低频子带和目标高频子带;然后采用模糊算子对含有目标基本特征和主要信息量的低频子带进行处理,同时利用软阈值去噪法对含有噪声和细节信息的目标高频子带进行平滑处理;最后对处理后的目标进行小波重构,实现目标重现。该方法存在重现效果较差的问题。因此,改善模糊静态图像的视觉效果成为了当前图像处理技术亟待解决的问题之一。

文献^[8]提出了一种基于颜色空间转换的模糊静态图像目标重现方法。该方法首先在RGB颜色空间中对R,G,B 3种颜色通道的模糊静态图像目标进行对比度拉伸操作;然后通过RGB颜色空间将模糊静态图像目标转换到HSV颜色空间中,在HSV颜色空间中对模糊静态图像目标的V分量进行对比度受限自适应直方图均衡化操作处理;最后将均衡化的模糊静态图像目标从HSV颜色空间转换回RGB颜色空间,得到重现目标。该方法不能有效地突出目标的细节信息,并且增加了目标的复杂程度。文献^[9]提出了一种模糊静态图像目标重现方法,其首先采用对数隶属度函数将模糊静态图像目标转换到模糊域,再对模糊静态图像目标进行若干次非线性变化,增强了目标边缘信息;然后对增强的目标边缘信息进行自适应直方图均衡化操作;最后按加权系数将两幅模糊静态图像目标相乘后叠加,得到最终的重现目标。该方法并没有区别模糊静态图像目标的噪声和有用信息,在目标重现的同时噪声也被放大。文献^[10]提出了一种基于物理模型的模糊静态图像目标重现方法,其首先采用暗原色先验规律对模糊静态图像目标的环境光值进行估计,并且基于光照情况对模糊静态图像目标进行透射率估计;然后利用物理模型还原出模糊静态图像目标;最后对还原的目标进行反转,得到模糊静态图像目标的重现结果。该方法存在重现目标对比度较低的问题。

针对上述模糊静态图像目标重现方法中存在的问题,将虚拟现实技术应用到模糊静态图像目标重现中,提出一种基于虚拟现实技术的模糊静态图像目标重现方法,并通过实验证明了所提方法能够较好地提升模糊静态图像目标的对比度,重现目标细节信息,同时能够很好地抑制噪声。

2 基于虚拟现实技术的模糊静态图像目标重现方法

2.1 基于虚拟现实技术的模糊静态图像目标的采集和分层

首先,利用虚拟现实技术对模糊静态图像目标进行采集;然后,利用光学成像原理对模糊静态图像目标进行分层处理。

利用虚拟现实技术对采集的模糊静态图像进行分层处理,得到模糊静态图像目标的亮度层和细节层,可以用下式表示:

$$R = I/L \quad (1)$$

其中, R 代表模糊静态图像像素的反射率; I 代表模糊静态图像目标的像素值; L 代表模糊静态图像目标的亮度值。根据人眼感知与模糊静态图像目标亮度信息的关系,对式(1)取对数,得到:

$$\log R = \log(I/L) = \log I - \log L \quad (2)$$

根据式(2)的计算结果,利用双边滤波器对模糊静态图像

目标进行分层处理,其数学表达式如下:

$$F(I(i,j)) = \sum W_{BF} x I(i,j) \quad (3)$$

$$W_{BF} = \frac{d(x_i, x_j) r(p_i, p_j)}{\sum_{j \in I(i,j)} d(x_i, x_j) r(p_i, p_j)} \quad (4)$$

$$d(x_i, x_j) = -\frac{1}{2\pi\delta_d} \exp\left(-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{\delta_d}\right) \quad (5)$$

$$r(p_i, p_j) = -\frac{1}{2\pi\delta_d} \exp\left(-\frac{I_{in}(p_i, p_j)}{\delta_d}\right) \quad (6)$$

其中, $I(i,j)$ 表示模糊静态图像目标的像素值;BF表示模糊静态图像目标的双边滤波操作; I_{in} 表示输入的原模糊静态图像目标; $d(x_i, x_j)$ 代表模糊静态图像目标像素*i*和目标像素*j*的空间几何距离的高斯函数值; $r(p_i, p_j)$ 为模糊静态图像目标像素*i*和目标像素*j*的空间位置关系的表征参数; δ_d 为模糊静态图像目标像素*i*和目标像素*j*的色差尺度表征参数。

2.2 模糊静态图像目标的自适应分区压缩

依据2.1节获得的模糊静态图像目标分层结果,采用分段线性色阶调整函数来处理模糊静态图像目标的亮度通道,将更多的动态范围分配给模糊静态图像目标的高光区,从而增加模糊静态图像目标的感知对比度。

设定阈值对模糊静态图像目标亮度进行分区,其计算公式如下:

$$L_{t_1} = L_{\min} - (0.9 + 0.1k) \times (L_{\max} - L_{\min}) \quad (7)$$

$$L_{t_2} = L_{\min} - (0.6 + 0.4(1-k)) \times (L_{\max} - L_{\min}) \quad (8)$$

其中, L_{t_1} 代表模糊静态图像目标的低光区阈值,即模糊静态图像目标亮度小于 L_{t_1} 的像素为低光区像素; L_{t_2} 代表模糊静态图像目标的高光区阈值,即模糊静态图像目标亮度大于 L_{t_2} 的像素为高光区像素; L 是归一化后模糊静态图像目标的亮度; L_{\max} 和 L_{\min} 分别代表模糊静态图像目标的最大亮度值和最小亮度值; k 代表模糊静态图像目标的key值。

根据式(7)和式(8)构造模糊静态图像目标的分段线性映射函数,其表达式如下:

$$f(L(x)) = \begin{cases} s_1 \times L(x), & L(x) < L_{t_1} \\ s_1 \times L(x) + s_2 \times L(x) - L_{t_1}, & L_{t_1} < L(x) < L_{t_2} \\ s_1 \times L_{t_1} + s_2 \times (L_{t_2} - L_{t_1}) + s_3 \times (L(x) - L_{t_2}), & L_{t_2} < L(x) < L_{t_3} \end{cases} \quad (9)$$

$$s_1 = \frac{p_1}{L_{t_1}} \quad (10)$$

$$s_2 = \frac{p_2 - p_1}{L_{t_2} - L_{t_1}} \quad (11)$$

$$s_3 = \frac{1 - p_2}{L_{\max} - L_{t_2}} \quad (12)$$

其中, p_1 代表分配给模糊静态图像目标高光区阈值 L_{t_1} 的亮度占模糊静态图像目标最大显示亮度的比例,该值越小,模糊静态图像目标的低光区越暗; p_2 代表分配给模糊静态图像目标低光区阈值 L_{t_1} 的亮度占模糊静态图像目标最大显示亮度的比例,该值越小模糊静态图像目标的高光区越暗。因此,分区压缩后的模糊静态图像目标的亮度可以表示为:

$$Y_{\text{compressed}} = f(Y/Y_{\max}) \quad (13)$$

其中, Y 代表输入模糊静态图像目标的亮度; Y_{\max} 代表模糊静态图像目标的最大亮度值。

2.3 模糊静态图像目标的细节补偿和重现

结合 2.2 节模糊静态图像目标的分区压缩结果, 对模糊静态图像目标的细节做相应处理, 以保持模糊静态图像细节的可见性。

模糊静态图像目标亮度层的亮度变化决定着模糊静态图像目标细节层的补偿方式。模糊静态图像目标细节层的补偿程度的表达式为:

$$D_{\text{out}} = D_{\text{in}}^{\alpha} \quad (14)$$

其中, D_{in} 为输入的模糊静态图像目标的细节层信息; α 为模糊静态图像目标的细节层信息补偿系数, 满足以下关系:

$$\begin{cases} \alpha > 1, & L \in L_{\text{range}}, \Delta L < 0 \\ 0 < \alpha < 1, & L \in L_{\text{range}}, \Delta L > 0 \\ 1, & \text{其他} \end{cases} \quad (15)$$

其中, L_{range} 表示人眼视觉感知模糊静态图像目标亮度的范围; ΔL 表示模糊静态图像目标在映射前后的亮度差; $L \in L_{\text{range}}$ 时, 模糊静态图像目标的亮度变化在人眼视觉感知范围内, 亮度变化会引起模糊静态图像目标细节感知的同步变化。

当 $\Delta L < 0$ 时, 为了保持模糊静态图像目标细节信息不变, 需要对模糊静态图像的目标细节层进行增强处理; 当 $\Delta L > 0$ 时, 为了减小模糊静态图像目标增强所带来的虚假轮廓信息和光晕等噪声影响, 需要压缩模糊静态图像的细节层。当 $L > L_{\text{range}}$ 或者 $L < L_{\text{range}}$, 人眼对模糊静态图像目标细节信息的感知能力下降时, 无论模糊静态图像目标的亮度减弱还是增强, 人眼对模糊静态图像目标细节信息的感知通常都保持不变, 此时需要维持模糊静态图像目标的细节信息不变, 以满足重现需要。

3 实验结果与分析

本文所有实验均在如下配置的 PC 机上运行: 联想启天 M4550, i5-4590 CPU, 3.3 GHz, 四核处理器, 8 GB 内存, 1 TB 硬盘, Windows 8 操作系统。实验编程环境为 Matlab R2014a。实验均利用虚拟现实技术在计算机系统中对所使用的图像进行相应处理。

3.1 方法的定性评价

为了对本文所提方法进行定量评价, 从 Middlebury 标准数据集中随机选取一幅模糊静态图像, 分别采用文献[8]方法、文献[9]方法、文献[10]方法和本文方法进行对比实验。图 1 给出不同方法的目标重现效果, 其像素大小均为 480×600 。

根据图 1 的实验结果可以看出, 文献[8]方法相对于模糊静态图像原图容易出现过增强的现象, 从而导致目标细节丢失, 重现效果较差; 文献[9]方法在重现模糊静态图像目标的同时放大了噪声, 存在局部过亮的问题; 文献[10]方法虽然较好地抑制了噪声, 使得模糊静态图像目标边缘的细节得到了重现, 但是目标可视度较差, 背景依然偏暗, 从而导致了视觉效果不理想; 相比于其他方法, 本文方法由于采用了双边滤波技术, 使得对比度在模糊静态图像目标的亮度层和细节层都得到了重现, 重现后的模糊静态图像目标在视觉效果、边缘信

息以及噪声抑制等方面均优于其他 3 种对比方法。



(a) 模糊静态图像原图



(b) 文献[8]方法的重现效果



(c) 文献[9]方法的重现效果



(d) 文献[10]方法的重现效果



(e) 本文方法的重现效果

图 1 不同方法重现效果的对比

Fig. 1 Comparison of reappearance effect of different methods

3.2 方法的定量评价

为了进一步证明本文方法的优越性, 选取模糊静态图像目标的信息熵和标准差作为客观评价标准, 对模糊静态图像目标的重现效果进行定量评价。信息熵用来衡量模糊静态图像目标的信息量, 信息熵的值越大, 表示模糊静态图像目标包含的细节信息越丰富。其计算表达式如下:

$$E = - \sum_{i=0}^{\lambda} \rho_i \log_2(\rho_i) \quad (16)$$

其中, λ 表示模糊静态图像目标的最大灰度值; ρ_i 表示模糊静态图像目标灰度值为 i 的概率。

模糊静态图像目标的对比度用标准差来衡量。标准差越大, 代表模糊静态图像目标的对比度越大, 目标重现的质量越高。其计算公式为:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=0}^{\lambda} (i - \mu)^2 \rho(i)} \quad (17)$$

其中, μ 表示模糊静态图像目标的均值。

表 1 和表 2 分别列出了两种评价标准下不同方法的对比结果, 表明了本文方法能够更好地实现模糊静态图像目标的重现。

表 1 模糊静态图像目标重现的熵值

Table 1 Entropy of target reproduction of fuzzy static image

模糊静态图像	输入目标	文献[8]方法	文献[9]方法	文献[10]方法	本文方法
图 1(a)	5.78	7.59	7.16	7.64	7.81

表 2 模糊静态图像目标重现的标准差

Table 2 Standard deviation of target reproduction of fuzzy static image

模糊静态图像	输入目标	文献[8]方法	文献[9]方法	文献[10]方法	本文方法
图 1(a)	0.054	0.193	0.132	0.089	0.198

根据表 1、表 2 可以看出,利用本文方法,模糊静态图像目标重现的信息熵值为 7.81,高于其他 3 种对比方法,且明显高于模糊静态图像的原图;模糊静态图像目标重现的标准差为 0.198,也是所有对比方法中最高的,且高于模糊静态图像的原图。以上说明,本文方法能够有效抑制噪声,提高模糊静态图像目标的对比度,且重现后的目标包含了更加丰富的细节信息,重现质量较高。

3.3 重现的运行时间

本节采用尺寸分别为 256×256 像素、 640×480 像素、 600×800 像素的模糊静态图像进行实验分析。在 Matlab 上进行实验。表 3 对比了不同方法对不同尺寸的 10 bit 模糊静态灰度图像运算的时间。

表 3 不同方法重现的运行时间对比

Table 3 Comparison of running time reproduced by different methods

模糊静态图像大小/像素	文献[8]方法	文献[9]方法	文献[10]方法	本文方法
256×256	0.07	0.35	0.08	0.04
600×480	0.06	1.12	0.09	0.05
600×800	0.08	1.37	0.11	0.06

从表 3 可以看出,本文方法对模糊静态图像目标进行重现所需的运行时间最少,且运行时间没有随着模糊静态图像的增大而增加,相比其他 3 种对比方法具有明显的优越性。

结束语 采用当前方法对模糊静态图像目标进行重现时存在对比度较低、重现效果较差和目标细节信息丢失严重的问题,为此,提出一种基于虚拟现实技术的模糊静态图像目标重现方法。实验结果表明,本文方法由于应用了虚拟现实技术,使得重现后的模糊静态图像目标更加符合人类的视觉特征。

参 考 文 献

[1] XU Y C, CHEN L, YU H Y, et al. An Improved Preserving Hue Color Image Enhancement Algorithm[J]. Computer Simulation, 2015, 32(9): 281-285. (in Chinese)
徐义春,陈炼,于海洋,等.一种改进的色调不变的彩色图像增强算法[J].计算机仿真,2015,32(9):281-285.

[2] LV L Z, QIANG Y. Medical CT Image Enhancement Algorithm Based on Laplacian Pyramid and Wavelet Transform[J]. Computer Science, 2016, 43(11): 300-303. (in Chinese)
吕鲤志,强彦.基于 Laplacian 金字塔和小波变换的医学 CT 图像增强算法[J].计算机学报,2016,43(11):300-303.

[3] YANG S, SHAO L T, ZHANG J, et al. Image Fuzzy Enhance-

ment Algorithm Based on Hybrid Artificial Fish Swarm Optimization[J]. Computer Measurement & Control, 2015, 23(2): 497-499. (in Chinese)
杨松,邵龙潭,张菁,等.基于混合人工鱼群的图像模糊增强算法[J].计算机测量与控制,2015,23(2):497-499.

[4] WANG S M, ZHANG A W, HU S X, et al. The Retinex Algorithm of Image Enhancement Based on the Global and Local Illumination Estimation[J]. Science Technology and Engineering, 2015, 15(34): 100-104. (in Chinese)
王书民,张爱武,胡少兴,等.一种基于全局和局部光照估计的 Retinex 图像增强算法[J].科学技术与工程,2015,15(34):100-104.

[5] QI N. Enhanced Algorithm for Foggy Video Image Based on Improved Retinex[J]. Bulletin of Science and Technology, 2015, 31(10): 106-108. (in Chinese)
戚娜.改进的 Retinex 雾天视频图像增强算法[J].科技通报,2015,31(10):106-108.

[6] WANG J Y, LIANG C W, LI K Y. The DSA image enhancement algorithm based on wavelet transform and nonlinear piecewise function[J]. Electronic Design Engineering, 2016, 24(22): 115-117. (in Chinese)
汪家轶,梁成文,李凯扬.一种基于小波变换和非线性分段函数的 DSA 图像增强算法[J].电子设计工程,2016,24(22):115-117.

[7] ZHU G Q, LI Q W, LIN S F, et al. Infrared image enhancement algorithm based on human visual characteristics in non sampled contourlet transform domain[J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2015, 52(1): 49-54. (in Chinese)
朱国庆,李庆武,林少飞,等.基于人眼视觉特性的非下采样轮廓波变换域红外图像增强算法[J].激光与光电子学进展,2015,52(1):49-54.

[8] GU M, ZHENG L T, YOU Z. Traffic image enhancement algorithm based on color space conversion[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2015, 36(8): 1901-1907. (in Chinese)
顾明,郑林涛,尤政.基于颜色空间转换的交通图像增强算法[J].仪器仪表学报,2015,36(8):1901-1907.

[9] YUN H J, WU Z Y, WANG G J, et al. Enhancement of Infrared Image Combined with Histogram Equalization and Fuzzy Set Theory[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2015, 27(8): 1498-1505. (in Chinese)
云海姣,吴志勇,王冠军,等.结合直方图均衡和模糊集理论的红外图像增强[J].计算机辅助设计与图形学学报,2015,27(8):1498-1505.

[10] WANG X Y, ZHANG H Y, WU Y D, et al. Low-illumination image enhancement based on physical model[J]. Journal of Computer Applications, 2015, 35(8): 2301-2304. (in Chinese)
王小元,张红英,吴亚东,等.基于物理模型的低照度图像增强算法[J].计算机应用,2015,35(8):2301-2304.

[11] BAISHUN C Q, FAN W T. Image Enhancement Based on Multi-Scale Decomposition of Bilateral Filtering[J]. Journal of Chongqing University of Technology (Natural Science), 2017, 31(5): 133-136. (in Chinese)
柏顺陈樵,范文涛.基于多尺度分解的双边滤波图像增强[J].重庆理工大学学报(自然科学),2017,31(5):133-136.