



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105869112 B

(45)授权公告日 2019.01.11

(21)申请号 201610247395.4

(22)申请日 2016.04.20

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105869112 A

(43)申请公布日 2016.08.17

(73)专利权人 西安理工大学

地址 710048 陕西省西安市金花南路5号

(72)发明人 张二虎 李浩 段敬红

(74)专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214

代理人 李娜

(51)Int.Cl.

G06T 3/00(2006.01)

G06T 5/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 102722868 A, 2012.10.10,

CN 103020998 A, 2013.04.03,

US 2012/0041722 A1, 2012.02.16,

陆许明等.一种亮度可控与细节保持的高动态范围图像色调映射方法.《自动化学报》.2015,第41卷(第6期),第1092-1080页.

审查员 王文聪

权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种边缘保持最小化的高动态范围图像色调映射方法

(57)摘要

本发明公开了一种边缘保持最小化的高动态范围图像色调映射方法,具体按照以下步骤实施:步骤1:获取高动态范围图像的亮度图像 $L(x, y)$;步骤2:采用导向滤波器对 $L(x, y)$ 进行导向滤波;步骤3:依据简化的摄影学色调映射变换公式,对高动态范围图像的亮度图像 $L(x, y)$ 进行变换;步骤4:用迭代的方法计算 $Z^{n+1}(x, y)$;步骤5:亮度图像 $Z(x, y) = Z^{n+1}(x, y)$,计算误差 e ,如果 $e > T$, T 为阈值,转入步骤4,否则,转入步骤6;步骤6:完成高动态范围图像色调映射。本发明一种边缘保持最小化的高动态范围图像色调映射方法可以将高动态范围图像在低动态范围设备上显示输出,既兼顾了对原图像的逼近,又能较好的保持原图像的边缘信息,显示的图像具有对比度高、细节再现效果好的特点。



1. 一种边缘保持最小化的高动态范围图像色调映射方法,其特征在于,具体按照以下步骤实施:

步骤1:获取高动态范围图像的亮度图像 $L(x, y)$,获取高动态范围图像的亮度图像 $L(x, y)$ 为:

$$L(x, y) = 0.2126R + 0.7152G + 0.0722B \quad (1)$$

其中, R 、 G 、 B 分别为高动态范围图像在像素点 (x, y) 处的红、绿、蓝颜色值;

步骤2:采用导向滤波器对 $L(x, y)$ 进行导向滤波,得到滤波后的结果为 $b(x, y)$;

步骤3:依据简化的摄影学色调映射变换公式,对高动态范围图像的亮度图像 $L(x, y)$ 进行变换,变换结果为 $a(x, y)$;

步骤4:用迭代的方法计算 $Z^{n+1}(x, y)$, n 表示迭代的次数,具体为:通过下式的最小化求得压缩后的亮度图像 $Z(x, y)$:

$$\min_{Z(x, y)} \iint_{x, y} \left[(Z(x, y) - a(x, y))^2 + \lambda \left(\left(\frac{\partial Z(x, y)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial Z(x, y)}{\partial y} \right)^2 \right) \right] dx dy \quad (3)$$

其中, λ 为正则化参数;

迭代的计算公式为:

$$Z^{n+1}(x, y) = \frac{a(x, y) + \lambda Z^n(x, y)}{1 + \lambda} \quad (4)$$

其中 n 表示迭代的次数;

迭代时取初始值 $Z^0(x, y) = L(x, y)$;

步骤5:亮度图像 $Z(x, y) = Z^{n+1}(x, y)$,计算误差 e ,如果 $e > T$, T 为阈值,转入步骤4,否则,转入步骤6;

步骤6:完成高动态范围图像色调映射,具体为:结合原高动态范围图像的亮度图像 $L(x, y)$ 和 R 、 G 、 B 三个颜色值,利用最后得到的低动态亮度图像 $Z(x, y)$,完成高动态范围图像色调映射:

$$\begin{cases} R_o = \left(\frac{Z(x, y)}{L(x, y)} R \right)^{1/\gamma} \\ G_o = \left(\frac{Z(x, y)}{L(x, y)} G \right)^{1/\gamma} \\ B_o = \left(\frac{Z(x, y)}{L(x, y)} B \right)^{1/\gamma} \end{cases} \quad (6)$$

其中 R_o 、 G_o 、 B_o 分别表示色调映射后得到的低动态范围图像的各像素点处的红、绿、蓝颜色值, γ 表示Gamma变换的参数。

2. 根据权利要求1所述的一种边缘保持最小化的高动态范围图像色调映射方法,其特征在于,所述步骤2中在对 $L(x, y)$ 进行导向滤波时需要设置两个参数:窗口半径 r 和正则化因子 ϵ 。

3. 根据权利要求1所述的一种边缘保持最小化的高动态范围图像色调映射方法,其特征在于,所述步骤3根据遮光-增光原理,将摄影学色调映射变换公式进行简化,对高动态范

围图像的亮度图像 $L(x, y)$ 进行变换,变换结果 $a(x, y)$ 为:

$$a(x, y) = \frac{L(x, y)}{1 + b(x, y)} \quad (2)。$$

4.根据权利要求1所述的一种边缘保持最小化的高动态范围图像色调映射方法,其特征在于,所述正则化参数 λ 取值范围为 $1 \sim 2$ 。

5.根据权利要求1所述的一种边缘保持最小化的高动态范围图像色调映射方法,其特征在于,所述步骤5具体为:

亮度图像 $Z(x, y) = Z^{n+1}(x, y)$,误差 e 为:

$$e = \text{sqr}t\left(\sum_x \sum_y \left[(Z(x, y) - a(x, y))^2 + \frac{1}{4} \lambda ((Z(x+1, y) - Z(x, y))^2 + (Z(x, y+1) - Z(x, y))^2) \right]\right) \quad (5)$$

如果 $e > T$, T 为阈值,转入步骤4,否则,转入步骤6。

一种边缘保持最小化的高动态范围图像色调映射方法

技术领域

[0001] 本发明属于数字图像处理技术领域,具体涉及一种边缘保持最小化的高动态范围图像色调映射方法。

背景技术

[0002] 自然场景中的动态范围通常要跨越 10^{14} 数量级,随着成像技术的发展,高动态范围图像的获取越来越方便,其被广泛应用于影视、游戏、军事、天文及医学检测等领域。与此同时,高动态范围图像的显示设备发展还比较缓慢且价格较贵。为了能在低动态范围的显示设备上较好的再现高动态范围图像的细节信息,常需要采用一定的方法压缩高动态范围图像的动态范围,使之动态范围能够匹配低动态范围的显示设备,这个过程称为色调映射(tone mapping)。

[0003] 目前主流的色调映射方法可以分为两类:(1)全局(Global)算子;(2)局部(Local)算子。全局算子对图像中具有相同像素值的像素应用同一种变换,不考虑其周围像素;局部映射算法在进行色调映射时,参考像素的邻域信息对其进行变换,考虑到了图像的局部相关性,因而能取得较好的映射效果,成为目前关注的重点。目前虽然有较多的局部色调映射方法,但其对细节的保留仍然不够好。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种边缘保持最小化的高动态范围图像色调映射方法,解决了现有局部色调映射方法存在的图像细节不够清晰的问题。

[0005] 本发明所采用的技术方案是,一种边缘保持最小化的高动态范围图像色调映射方法,具体按照以下步骤实施:

[0006] 步骤1:获取高动态范围图像的亮度图像 $L(x,y)$;

[0007] 步骤2:采用导向滤波器对 $L(x,y)$ 进行导向滤波,得到滤波后的结果为 $b(x,y)$;

[0008] 步骤3:依据简化的摄影学色调映射变换公式,对高动态范围图像的亮度图像 $L(x,y)$ 进行变换,变换结果为 $a(x,y)$;

[0009] 步骤4:用迭代的方法计算 $Z^{n+1}(x,y)$, n 表示迭代的次数;

[0010] 步骤5:亮度图像 $Z(x,y) = Z^{n+1}(x,y)$,计算误差 e ,如果 $e > T$, T 为阈值,转入步骤4,否则,转入步骤6;

[0011] 步骤6:完成高动态范围图像色调映射。

[0012] 本发明的特点还在于,

[0013] 步骤1获取高动态范围图像的亮度图像 $L(x,y)$ 为:

[0014] $L(x,y) = 0.2126R + 0.7152G + 0.0722B$ (1)

[0015] 其中, R 、 G 、 B 分别为高动态范围图像在像素点 (x,y) 处的红、绿、蓝颜色值。

[0016] 步骤2中在对 $L(x,y)$ 进行导向滤波时需要设置两个参数:窗口半径 r 和正则化因子 ϵ 。

[0017] 步骤3根据遮光-增光原理,将摄影学色调映射变换公式进行简化,对高动态范围图像的亮度图像 $L(x, y)$ 进行变换,变换结果 $a(x, y)$ 为:

$$[0018] \quad a(x, y) = \frac{L(x, y)}{1 + b(x, y)} \quad (2)。$$

[0019] 步骤4具体为:通过下式的最小化求得压缩后的亮度图像 $Z(x, y)$:

$$[0020] \quad \min_{Z(x, y)} \iint_{x, y} \left[(Z(x, y) - a(x, y))^2 + \lambda \left(\left(\frac{\partial Z(x, y)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial Z(x, y)}{\partial y} \right)^2 \right) \right] dx dy \quad (3)$$

[0021] 其中, λ 为正则化参数;

[0022] 迭代的计算公式为:

$$[0023] \quad Z^{n+1}(x, y) = \frac{a(x, y) + \lambda Z^n(x, y)}{1 + \lambda} \quad (4)$$

[0024] 其中 n 表示迭代的次数;

[0025] 迭代时取初始值 $Z^0(x, y) = L(x, y)$ 。

[0026] 正则化参数 λ 取值范围为1~2。

[0027] 步骤5具体为:

[0028] 亮度图像 $Z(x, y) = Z^{n+1}(x, y)$,误差 e 为:

$$[0029] \quad e = \sqrt{\sum_x \sum_y \left[(Z(x, y) - a(x, y))^2 + \frac{1}{4} \lambda ((Z(x+1, y) - Z(x, y))^2 + (Z(x, y+1) - Z(x, y))^2) \right]} \quad (5)$$

[0030] 如果 $e > T$, T 为阈值,转入步骤4,否则,转入步骤6。

[0031] 步骤6具体为:

[0032] 结合原高动态范围图像的亮度图像 $L(x, y)$ 和R、G、B三个颜色值,利用最后得到的低动态亮度图像 $Z(x, y)$,完成高动态范围图像色调映射:

$$[0033] \quad \begin{cases} R_o = \left(\frac{Z(x, y)}{L(x, y)} R \right)^{\frac{1}{\gamma}} \\ G_o = \left(\frac{Z(x, y)}{L(x, y)} G \right)^{\frac{1}{\gamma}} \\ B_o = \left(\frac{Z(x, y)}{L(x, y)} B \right)^{\frac{1}{\gamma}} \end{cases} \quad (6)$$

[0034] 其中 R_o 、 G_o 、 B_o 分别表示色调映射后得到的低动态范围图像的各像素点处的红、绿、蓝颜色值, γ 表示Gamma变换的参数。

[0035] 本发明的有益效果是:本发明一种边缘保持最小化的高动态范围图像色调映射方法,可以将高动态范围图像在低动态范围设备上显示输出,在对高动态范围图像亮度信息进行压缩时,既兼顾了对原图像的逼近,又考虑了保持原图像的边缘信息,因而显示的图像具有对比度高、细节再现效果好的特点。

附图说明

[0036] 图1是本发明高动态范围图像色调映射方法的流程图；

[0037] 图2是本发明高动态范围图像色调映射方法处理后显示出的高动态范围图像；

[0038] 图3是采用基于双边滤波的色调映射方法处理后的高动态范围图像。

具体实施方式

[0039] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0040] 本发明一种边缘保持最小化的高动态范围图像色调映射方法，流程图如图1所示，具体按照以下步骤实施：

[0041] 步骤1：首先读入高动态范围图像，然后获取高动态范围图像的亮度图像 $L(x, y)$ ：

$$[0042] \quad L(x, y) = 0.2126R + 0.7152G + 0.0722B \quad (1)$$

[0043] 其中，R、G、B分别为高动态范围图像在像素点 (x, y) 处的红、绿、蓝颜色值；

[0044] 步骤2：采用导向滤波器对 $L(x, y)$ 进行导向滤波，滤波时的引导图就选择为 $L(x, y)$ 本身，得到滤波后的结果为 $b(x, y)$ 。在对 $L(x, y)$ 进行导向滤波时需要设置两个参数：窗口半径 r 和正则化因子 ϵ 。窗口半径 r 决定了滤波过程中窗口的大小，关系到参与运算的像素的多少，对像素最终滤波后的数值有影响。正则化因子 ϵ 决定了边缘和平滑区域的划分，该数值的选择关系到图像中边缘和平滑区域的判断。

[0045] 步骤3：根据摄影中用到的遮光-增光原理，将摄影学色调映射变换公式进行简化，对高动态范围图像的亮度图像 $L(x, y)$ 进行变换，变换结果 $a(x, y)$ 为：

$$[0046] \quad a(x, y) = \frac{L(x, y)}{1 + b(x, y)} \quad (2)$$

[0047] 步骤4：通过下式的最小化求得压缩后的亮度图像 $Z(x, y)$ ：

$$[0048] \quad \min_{Z(x, y)} \iint_{x, y} \left[(Z(x, y) - a(x, y))^2 + \lambda \left(\left(\frac{\partial Z(x, y)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial Z(x, y)}{\partial y} \right)^2 \right) \right] dx dy \quad (3)$$

[0049] 其中 λ 为正则化参数，取值在1到2之间，用以确定亮度图像边缘保持的程度。

[0050] 上面的式子最小化求解的结果是亮度图像 $Z(x, y)$ ， $Z(x, y)$ 是一个函数，因此是一个变分问题，可以采用迭代的方法对其求解。迭代时取初始值 $Z^0(x, y) = L(x, y)$ ，迭代的计算公式为：

$$[0051] \quad Z^{n+1}(x, y) = \frac{a(x, y) + \lambda Z^n(x, y)}{1 + \lambda} \quad (4)$$

[0052] 其中 n 表示迭代的次数。

[0053] 步骤5：设 $Z(x, y) = Z^{n+1}(x, y)$ ，计算误差 e ：

$$[0054] \quad e = \sqrt{\sum_x \sum_y \left[(Z(x, y) - a(x, y))^2 + \frac{1}{4} \lambda ((Z(x+1, y) - Z(x, y))^2 + (Z(x, y+1) - Z(x, y))^2) \right]} \quad (5)$$

[0055] 设定一个阈值 T ，如果 $e > T$ ，则不满足迭代的终止条件，转入步骤4；否则，迭代结束

转入步骤6。

[0056] 步骤6:结合原高动态范围图像的亮度和颜色,利用最后得到的低动态亮度图像 $Z(x,y)$,完成高动态范围图像色调映射:

$$[0057] \quad \begin{cases} R_o = \left(\frac{Z(x,y)}{L(x,y)} R \right)^{1/\gamma} \\ G_o = \left(\frac{Z(x,y)}{L(x,y)} G \right)^{1/\gamma} \\ B_o = \left(\frac{Z(x,y)}{L(x,y)} B \right)^{1/\gamma} \end{cases} \quad (5)$$

[0058] 其中 R_o 、 G_o 、 B_o 分别表示色调映射后得到的低动态范围图像的各像素点处的红、绿、蓝颜色值, γ 表示Gamma变换的参数,取值在1.8到2.5之间。

[0059] 采用本发明一种边缘保持最小化的高动态范围图像色调映射方法,取窗口半径 $r=8$,正则化因子 $\varepsilon=0.01$,正则化参数 $\lambda=1.5$,阈值 $T=100$,Gamma变换的参数 $\gamma=2.2$,处理后显示的高动态范围图像如图2所示,图3为采用基于双边滤波的色调映射方法处理后的高动态范围图像,通过对比可以看出,采用本发明方法显示的高动态范围图像具有对比度高、细节显示效果好的特点。



图1



图2



图3