



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104156921 B

(45)授权公告日 2017.02.22

(21)申请号 201410389246.2

(22)申请日 2014.08.08

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104156921 A

(43)申请公布日 2014.11.19

(73)专利权人 大连理工大学
地址 116024 辽宁省大连市高新园区凌工
路2号

(72)发明人 陈喆 殷福亮 张昕

(74)专利代理机构 大连东方专利代理有限责任
公司 21212

代理人 姜玉蓉 李洪福

(51)Int.Cl.
G06T 5/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 101742339 A,2010.06.16,
US 2004013298 A1,2004.01.22,
CN 101340511 A,2009.01.07,
印文帅.彩色图像增强去噪研究.《中国优秀
硕士学位论文全文数据库 信息科技辑》.2012,

审查员 徐海青

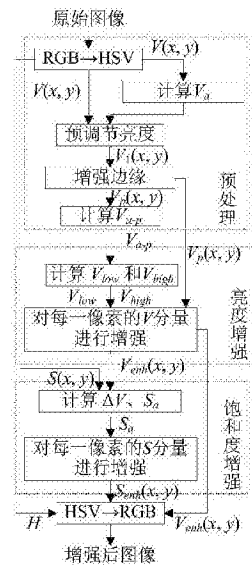
权利要求书3页 说明书10页 附图3页

(54)发明名称

一种低照度或亮度不均图像的自适应图像
增强方法

(57)摘要

本发明涉及一种低照度或亮度不均图像的
自适应图像增强方法,其包括以下步骤:1)对低
照度及亮度不均图像做预处理,预处理包括先对
低照度及亮度不均图像做亮度预处理,并对亮度
预处理后的图像进行边缘增强,得到预处理后的
图像;2)根据预处理后的图像的亮度进行区域分
割,并根据所分割的每个区域的不同特点,选择
相应的映射函数,分别进行对应的自适应亮度增
强;3)利用原始饱和度和亮度变化的特点对分段
自适应亮度增强后的图像进行饱和度增强处理。
本发明由于采用上述处理步骤进行处理图像,因
此提高了图像色彩饱和度,使图像色彩鲜艳,具
有更好的视觉效果。从而使得本发明可在生物医
学、实时监控、卫星遥感等领域广泛推广。



1. 一种低照度或亮度不均图像的自适应图像增强方法,其包括以下步骤:

1) 对低照度及亮度不均图像做预处理,预处理包括先对低照度及亮度不均图像做亮度预处理,并对亮度预处理后的图像进行边缘增强,得到预处理后的图像;

2) 根据预处理后的图像的亮度进行区域分割,并根据所分割的每个区域的不同特点,选择相应的映射函数,分别进行对应的自适应亮度增强,以实现图像整体亮度调整;

3) 利用原始饱和度和亮度变化的特点对分段自适应亮度增强后的图像进行饱和度增强处理,得到最终图像,

所述步骤1) 包括以下步骤:

①将低照度或亮度不均图像从RGB色彩空间转换到HSV色彩空间,以得到HSV色彩空间中的原始图像;

选取RGB色彩空间中低照度或亮度不均图像,该图像尺寸为 $M \times N$,其中, M 为该图像的高度, N 为该图像的宽度;该图像中的任意一点坐标为 (x, y) ,且 $x \in [0, M-1]$, $y \in [0, N-1]$;

对于在任意一点 (x, y) 处的像素,定义 $R(x, y)$ 、 $G(x, y)$ 和 $B(x, y)$ 是RGB色彩空间中该像素的红分量、绿分量和蓝分量;将低照度或亮度不均图像中任意一点的像素从RGB色彩空间转换到HSV色彩空间,以实现将RGB色彩空间中低照度或亮度不均图像转换到HSV色彩空间中,得到HSV色彩空间中的原始图像,其在HSV色彩空间中该像素的各分量为: $V(x, y)$ 为亮度分量、 $S(x, y)$ 为饱和度分量和 $H(x, y)$ 为色调分量;

②计算HSV色彩空间中的原始图像的平均亮度值 V_a :

$$V_a = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} V(x, y)$$

③将原始图像的平均亮度值与亮度预处理的阈值进行比较,当原始图像的平均亮度值不大于亮度预处理的阈值,则进行亮度预处理,否则,则不处理;

根据亮度预处理的阈值 V_{th} 和原始图像的平均亮度值 V_a 之间的大小关系决定是否需要对HSV色彩空间中的原始图像进行亮度预处理,其原则如下:

若原始图像的平均亮度值 V_a 不大于亮度预处理的阈值 V_{th} ,则采用 γ -校正技术对HSV色彩空间中的原始图像进行亮度预处理;

采用 γ -校正技术对HSV色彩空间中的原始图像进行亮度预处理所得的亮度 预处理后的图像亮度分量 $V_1(x, y)$:

$$V_1(x, y) = \begin{cases} [255 V(x, y)]^{\gamma_1}, & V_a \leq V_{th} \\ V(x, y), & V_a > V_{th} \end{cases}$$

其中, γ_1 是 γ -校正技术的参数, γ_1 在 $(0, 1)$ 之间, V_{th} 根据实验需要而定;

采用 γ -校正技术对原始图像进行亮度预处理后,根据所得的亮度预处理后的图像亮度分量 $V_1(x, y)$ 求得原始图像的平均亮度值 V_a ,并将其与亮度预处理的阈值 V_{th} 相比较,若不大于亮度预处理的阈值 V_{th} ,则再次采用 γ -校正技术进行亮度预处理,再与亮度预处理的阈值 V_{th} 相比较,迭代循环,直到原始图像的平均亮度值 V_a 大于亮度预处理的阈值 V_{th} 为止,然后进入下一步进行处理;若原始图像的平均亮度值 V_a 大于亮度预处理的阈值 V_{th} ,则对HSV色彩空间中的原始图像不进行亮度预处理;

④对亮度预处理后的图像进行边缘增强,得到预处理后的图像 $V_p(x, y)$ 。

2. 如权利要求1所述的一种低照度或亮度不均图像的自适应图像增强方法,其特征在在于:所述步骤2)包括以下步骤:

①根据预处理后的图像的亮度进行区域分割,以便根据所分割的每个区域的不同特点进行相应的自适应亮度增强;

设预处理后的图像 $V_p(x, y)$ 的平均亮度为 V_{a-p} ,将预处理后的图像 $V_p(x, y)$ 的所有像素分为两类 V_{low} 和 V_{high} : V_{low} 表示低亮度像素的平均亮度, V_{high} 表示高亮度像素的平均亮度,各自的表达式如下:

$$V_{low} = \frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} V_p(x, y) [\text{sgn}(V_{a-p} - V_p(x, y)) + 1]}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\text{sgn}(V_{a-p} - V_p(x, y)) + 1]}$$

$$V_{high} = \frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} V_p(x, y) [\text{sgn}(V_p(x, y) - V_{a-p}) + 1]}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\text{sgn}(V_p(x, y) - V_{a-p}) + 1]} = \frac{kV_{a-p} - V_{low}}{k-1}$$

其中, $k = \frac{1}{MN \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\text{sgn}(V_{a-p} - V_p(x, y)) + 1]}$, $\text{sgn}(\cdot)$ 为sign符号函数;

将预处理后的图像 $V_p(x, y)$ 的像素按照亮度不同分为三个类型:亮度在 $[0, V_{low})$ 区间的像素是预处理后的图像 $V_p(x, y)$ 的低照度区域像素;亮度在 $[V_{low}, V_{high})$ 区间的像素是预处理后的图像 $V_p(x, y)$ 的正常区域像素;亮度在 $[V_{high}, 255]$ 区间的像素是预处理后的图像 $V_p(x, y)$ 的曝光区域像素;

②根据所分割的每个区域的不同特点,选择相应的映射函数,分别进行对应的自适应亮度增强,以实现图像整体亮度调整;

预处理后的图像 $V_p(x, y)$ 的像素所分的三个区域像素所对应的亮度直方图,选择如下映射函数分别进行图像亮度增强,其公式如下:

$$V_{enh}(x, y) = \begin{cases} V_{high}^{1-\gamma_2} V_{low}^{\gamma_2} \left\{ 1 - \left[1 - \frac{V_p(x, y)}{V_{low}} \right]^2 \right\}, & V_p(x, y) < V_{low} \\ V_{high}^{1-\gamma_2} V_p(x, y)^{\gamma_2}, & V_{low} \leq V_p(x, y) < V_{high} \\ V_p(x, y), & V_{high} \leq V_p(x, y) \end{cases}$$

其中, $V_{enh}(x, y)$ 表示亮度增强后在坐标点 (x, y) 处的像素亮度值, $\log_{10}(\cdot)$ 是以10为底的对数:

$$\gamma_2 = \frac{\log_{10}\left(\frac{V_{a-p}}{V_{high}}\right)}{\log_{10}\left(\frac{V_{low}}{V_{high}}\right)}$$

其中, γ_2 是 γ -校正技术的参数,在 $(0, 1)$ 之间。

3. 如权利要求2所述的一种低照度或亮度不均图像的自适应图像增强方法,其特征在在于:所述步骤3)包括以下内容:

经过分段亮度增强后的图像相对预处理后的图像在 (x, y) 处像素的亮度变化 $\Delta V(x, y)$ 为

$$\Delta V(x, y) = [V_{\text{enh}}(x, y) - V_p(x, y)] / 255$$

HSV色彩空间中的原始图像的平均饱和度值 S_a 为

$$S_a = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} S(x, y)$$

对分段亮度增强后的图像进行饱和度增强处理,其过程如下:

$$S_{\text{enh}}(x, y) = \begin{cases} \frac{2+S_a}{1+S_a} S(x, y) + \frac{S_a}{1+S_a} \Delta V(x, y), & S_a \geq S(x, y) \\ -\frac{1}{1+S_a} S^2(x, y) + (2 - \frac{S_a}{1+S_a} \Delta V(x, y)) S(x, y) + S_a \Delta V(x, y), & S_a < S(x, y) \end{cases}$$

其中, $S_{\text{enh}}(x, y)$ 表示饱和度增强处理后的图像在 (x, y) 处的像素饱和度值; 将饱和度增强处理后图像从HSV色彩空间转换回RGB色彩空间,得到最终的彩色图像。

一种低照度或亮度不均图像的自适应图像增强方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种图像增强方法,具体地说是一种低照度或亮度不均图像的自适应图像增强方法。

背景技术

[0002] 在图像处理应用中,当环境光源照度较低或照度不均匀时,常造成图像细节不清、信息丢失或图像质量严重下降,此时,就需要用图像增强技术来提高图像质量,以便于后续的图像处理。图像增强技术是指针对给定图像的应用场合,有目的地强调图像的整体或局部特性,将原来不清晰的图像变得清晰,或强调某些感兴趣的特征而抑制不感兴趣的特征,扩大图像中不同物体特征之间的差别,改善图像质量、丰富信息量,加强图像判读和识别效果,满足某些特殊分析和处理的需要。

[0003] 现有图像增强技术主要分为变换域方法和空域增强方法,变换域方法是在频域、小波域或者其它变换域进行图像增强,主要用于信噪比较低的图像,但其计算复杂度较高;空域增强方法则是直接在空间域对图像进行增强处理,其计算复杂度较低。空间域增强方法主要由直方图均衡化方法、限制对比度自适应直方图均衡化方法(CLAHE, Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)、 γ -校正方法、视网膜大脑皮层理论方法(Retinex)和亮度映射函数调整方法。在这些方法中,亮度映射函数调整方法适应性好,灵活度高,因此得到广泛应用。

[0004] 亮度映射调整方法的关键在于映射函数的选取,目前常用的映射函数有正弦函数、指数函数、对数函数和抛物线函数。为了使该方法能适应不同的图像,在映射函数中引进了自适应参数,常见的自适应参数有图像亮度、标准差和图像熵等,现举例说明采用这些自适应参数的缺陷:

[0005] 1) Tao L, Asari V K. 发表于《Journal of Electronic Imaging》,2005,14(4): 043006-043006-14.的“Adaptive and integrated neighborhood-dependent approach for nonlinear enhancement of color images (AINDANE, 基于全局像素及其邻域的非线性自适应增强方法)”中使用了指函数和标准差参数,以用于改善较低或亮度不均条件下图像的视觉质量。该方法首先将图像转化为灰度图像,再对此灰度图像进行自适应亮度增强和自适应对比度增强。自适应亮度增强是用专门设计的函数来自适应调节全局亮度,在较大程度上增加了较暗像素的亮度,压缩了图像的动态范围。自适应对比度增强是根据某个像素与其相邻像素的相对幅度来对该像素的亮度进行调节,这个过程也自适应地通过图像的全局统计参数进行控制,进行完这两个步骤后,对得到的图像进行色彩还原,即将得到的灰度图像在原图像性质基础上再转化为彩色图像,此图像即为增强后的图像。

[0006] 采用上述方法的缺陷如下:①该技术适用于低照度图像,但不适用于亮度不均匀的图像;②该技术在计算整体亮度分布信息时涉及到卷积运算,多处运用到复杂指数运算,计算量较大;③能够增强图像亮度,但不能有效保持色彩鲜艳度,使图像视觉效果受到影响。

[0007] 2) Ghimire D, Lee J. 发表于《IEEE Transactions on Consumer Electronics》2011, 57(2):858-865. 的“Nonlinear transfer function-based local approach for color image enhancement (一种基于非线性传递函数和图像局部特征的图像增强方法)”中使用了指数函数和图像亮度参数, 以用于对低照度图像和亮度不均匀图像进行对比度增强。该方法首先在HSV色彩空间内, 用非线性传递函数对图像进行分块增强, 分块大小也可以精确到每个像素; 然后, 用中心像素及其周围像素的特征对图像进行自适应对比度增强。

[0008] 采用上述方法的缺陷如下: ①该技术采用固定的亮度分段参数, 因此对于亮度分布极度不均、亮度波动较大的图像适应性较差; ②该技术在计算亮度分布信息时涉及到卷积运算, 计算量较大; ③能够增强图像亮度, 但不能有效保持色彩鲜艳度, 使图像视觉效果受到影响。

[0009] 综上所述, 采用常见的自适应参数的调节图像增强方法仍存在自适应性不足够强、运算量大、色彩不够鲜艳等问题。

发明内容

[0010] 针对上述问题, 本发明的目的是提供一种低照度或亮度不均图像的自适应图像增强方法。

[0011] 为实现上述目的, 本发明采取以下技术方案: 一种低照度或亮度不均图像的自适应图像增强方法, 其包括以下步骤:

[0012] 1) 对低照度及亮度不均图像做预处理, 预处理包括先对低照度及亮度不均图像做亮度预处理, 并对亮度预处理后的图像进行边缘增强, 得到预处理后的图像;

[0013] 2) 根据预处理后的图像的亮度进行区域分割, 并根据所分割的每个区域的不同特点, 选择相应的映射函数, 分别进行对应的自适应亮度增强, 以实现图像整体亮度调整;

[0014] 3) 利用原始饱和度和亮度变化的特点对分段自适应亮度增强后的图像进行饱和度增强处理, 得到最终图像。

[0015] 所述步骤1) 包括以下步骤:

[0016] ①将低照度或亮度不均图像从RGB色彩空间转换到HSV色彩空间, 以得到HSV色彩空间中的原始图像;

[0017] 选取RGB色彩空间中低照度或亮度不均图像, 该图像尺寸为 $M \times N$, 其中, M 为该图像的高度, N 为该图像的宽度; 该图像中的任意一点坐标为 (x, y) , 且 $x \in [0, M-1]$, $y \in [0, N-1]$;

[0018] 对于在任意一点 (x, y) 处的像素, 定义 $R(x, y)$ 、 $G(x, y)$ 和 $B(x, y)$ 是RGB色彩空间中该像素的红分量、绿分量和蓝分量; 将低照度或亮度不均图像中任意一点的像素从RGB色彩空间转换到HSV色彩空间, 以实现将RGB色彩空间中低照度或亮度不均图像转换到HSV色彩空间中, 得到HSV色彩空间中的原始图像, 其在HSV色彩空间中该像素的各分量为: $V(x, y)$ 为亮度分量、 $S(x, y)$ 为饱和度分量和 $H(x, y)$ 为色调分量;

[0019] ②计算HSV色彩空间中的原始图像的平均亮度值 V_a :

$$[0020] \quad V_a = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} V(x, y)$$

[0021] ③将原始图像的平均亮度值与亮度预处理的阈值进行比较, 当原始图像的平均亮度值不大于亮度预处理的阈值, 则进行亮度预处理, 否则, 则不处理;

[0022] 根据亮度预处理的阈值 V_{th} 和原始图像的平均亮度值 V_a 之间的大小关系决定是否需要对HSV色彩空间中的原始图像进行亮度预处理,其原则如下:

[0023] 若原始图像的平均亮度值 V_a 不大于亮度预处理的阈值 V_{th} ,则采用 γ -校正技术对HSV色彩空间中的原始图像进行亮度预处理;

[0024] 采用 γ -校正技术对HSV色彩空间中的原始图像进行亮度预处理所得的亮度预处理后的图像亮度分量 $V_1(x, y)$:

$$[0025] \quad V_1(x, y) = \begin{cases} [255 V(x, y)]^{\gamma_1}, & V_a \leq V_{th} \\ V(x, y), & V_a > V_{th} \end{cases}$$

[0026] 其中, γ_1 是 γ -校正技术的参数, γ_1 在(0,1)之间, V_{th} 根据实验需要而定;

[0027] 采用 γ -校正技术对原始图像进行亮度预处理后,所得的亮度预处理后的图像亮度分量 $V_1(x, y)$ 自动变成原始图像的平均亮度值 V_a ,并将其与亮度预处理的阈值 V_{th} 相比较,若不大于亮度预处理的阈值 V_{th} ,则再次采用 γ -校正技术进行亮度预处理,再与亮度预处理的阈值 V_{th} 相比较,迭代循环,直到原始图像的平均亮度值 V_a 大于亮度预处理的阈值 V_{th} 为止,然后进入下一步进行处理;若原始图像的平均亮度值 V_a 大于亮度预处理的阈值 V_{th} ,则对HSV色彩空间中的原始图像不进行亮度预处理;

[0028] ④对亮度预处理后的图像进行边缘增强,得到预处理后的图像 $V_p(x, y)$ 。

[0029] 所述步骤2)包括以下步骤:

[0030] ①根据预处理后的图像的亮度进行区域分割,以便根据所分割的每个区域的不同特点进行相应的自适应亮度增强;

[0031] 设预处理后的图像 $V_p(x, y)$ 的平均亮度为 V_{a-p} ,将预处理后的图像 $V_p(x, y)$ 的所有像素分为两类 V_{low} 和 V_{high} : V_{low} 表示低亮度像素的平均亮度, V_{high} 表示高亮度像素的平均亮度,各自的表达式如下:

$$[0032] \quad V_{low} = \frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} V_p(x, y) [\text{sgn}(V_{a-p} - V_p(x, y)) + 1]}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\text{sgn}(V_{a-p} - V_p(x, y)) + 1]}$$

$$[0033] \quad V_{high} = \frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} V_p(x, y) [\text{sgn}(V_p(x, y) - V_{a-p}) + 1]}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\text{sgn}(V_p(x, y) - V_{a-p}) + 1]} = \frac{kV_{a-p} - V_{low}}{k-1}$$

$$[0034] \quad \text{其中, } k = \frac{1}{\frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\text{sgn}(V_{a-p} - V_p(x, y)) + 1]}, \text{sgn}(\cdot) \text{ 为sign符号函数;}$$

[0035] 将预处理后的图像 $V_p(x, y)$ 的像素按照亮度不同分为三个类型:亮度在 $[0, V_{low})$ 区间的像素是预处理后的图像 $V_p(x, y)$ 的低照度区域像素;亮度在 $[V_{low}, V_{high})$ 区间的像素是预处理后的图像 $V_p(x, y)$ 的正常区域像素;亮度在 $[V_{high}, 255]$ 区间的像素是预处理后的图像 $V_p(x, y)$ 的曝光区域像素;

[0036] ②根据所分割的每个区域的不同特点,选择相应的映射函数,分别进行对应的自

适应亮度增强,以实现图像整体亮度调整;

[0037] 预处理后的图像 $V_p(x, y)$ 的像素所分的三个区域像素所对应的亮度直方图,选择如下映射函数分别进行图像亮度增强,其公式如下:

$$[0038] \quad V_{enh}(x, y) = \begin{cases} V_{high}^{1-\gamma_2} V_{low}^{\gamma_2} \left\{ 1 - \left[1 - \frac{V_p(x, y)}{V_{low}} \right]^2 \right\}, & V_p(x, y) < V_{low} \\ V_{high}^{1-\gamma_2} V_p(x, y)^{\gamma_2}, & V_{low} \leq V_p(x, y) < V_{high} \\ V_p(x, y), & V_{high} \leq V_p(x, y) \end{cases}$$

[0039] 其中, $V_{enh}(x, y)$ 表示亮度增强后在坐标点 (x, y) 处的像素亮度值, $\log_{10}(\cdot)$ 是以10为底的对数:

$$[0040] \quad \gamma_2 = \frac{\log_{10}\left(\frac{V_{a-p}}{V_{high}}\right)}{\log_{10}\left(\frac{V_{low}}{V_{high}}\right)}$$

[0041] 其中, γ_2 是 γ -校正技术的参数,在 $(0, 1)$ 之间。

[0042] 所述步骤3)包括以下内容:

[0043] 经过分段亮度增强后的图像相对预处理后的图像在 (x, y) 处像素的亮度变化 $\Delta V(x, y)$ 为

$$[0044] \quad \Delta V(x, y) = [V_{enh}(x, y) - V_p(x, y)] / 255$$

[0045] HSV色彩空间中的原始图像的平均饱和度值 S_a 为

$$[0046] \quad S_a = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} S(x, y)$$

[0047] 对分段亮度增强后的图像进行饱和度增强处理,其过程如下:

$$[0048] \quad S_{enh}(x, y) = \begin{cases} \frac{2+S_a}{1+S_a} S(x, y) + \frac{S_a}{1+S_a} \Delta V(x, y), & S_a \geq S(x, y) \\ -\frac{1}{1+S_a} S^2(x, y) + \left(2 - \frac{S_a}{1+S_a} \Delta V(x, y)\right) S(x, y) + S_a \Delta V(x, y), & S_a < S(x, y) \end{cases}$$

[0049] 其中, $S_{enh}(x, y)$ 表示饱和度增强处理后的图像在 (x, y) 处的像素饱和度值;

[0050] 将饱和度增强处理后图像从HSV色彩空间转换回RGB色彩空间,得到最终的彩色图像。

[0051] 本发明由于采取以上技术方案,其具有以下优点:1、本发明将原始图像做包括亮度预处理和边缘增强的预处理,并将预处理后的图像的亮度进行区域分割,根据所分割的每个区域的不同特点,选择相应的映射函数,分段的参数与原则均由图像自身特点决定,因此自适应性较好,尤其对于亮度分布极度不均、亮度波动较大的图像更为适用。2、本发明所采用公式运算方式多为乘法、加法与幂次较低的指数函数,不含复杂运算,降低了计算量,从而提高了图像处理效率,便于图像实时处理。3、本发明在图像亮度增强后进行饱和度增强,并在图像饱和度增强中,将图像亮度变化与原始图像饱和度结合,据此给出了相互制约、相互平衡的权重系数,从而使图像饱和度增强具有更好的效果,且提高了图像色彩饱和度,使图像色彩鲜艳,具有更好的视觉效果。基于上述理由本发明可在生物医学、实时监控、

卫星遥感等领域广泛推广。

附图说明

- [0052] 图1是本发明的流程示意图
- [0053] 图2a是直方图为一峰值的原始图像
- [0054] 图2b是对原始一峰值直方图图像单独使用 γ -校正技术处理后的图像
- [0055] 图2c是对原始一峰值直方图图像使用CLAHE处理后的图像
- [0056] 图2d是对原始一峰值直方图图像使用AINDANE处理后的图像
- [0057] 图2e是对原始一峰值直方图图像使用基于非线性传递函数和图像局部特征的图像增强方法处理后的图像
- [0058] 图2f是对原始一峰值直方图图像采用本发明处理后的图像
- [0059] 图3a是直方图为二峰值的原始图像
- [0060] 图3b是对原始二峰值直方图图像单独使用 γ -校正技术处理后的图像
- [0061] 图3c是对原始二峰值直方图图像使用CLAHE处理后的图像
- [0062] 图3d是对原始二峰值直方图图像使用AINDANE处理后的图像
- [0063] 图3e是对原始二峰值直方图图像使用基于非线性传递函数和图像局部特征的图像增强方法处理后的图像
- [0064] 图3f是对原始二峰值直方图图像采用本发明处理后的图像
- [0065] 图4a是直方图为三峰值的原始图像
- [0066] 图4b是对原始三峰值直方图图像单独使用 γ -校正技术处理后的图像
- [0067] 图4c是对原始三峰值直方图图像使用CLAHE处理后的图像
- [0068] 图4d是对原始三峰值直方图图像使用AINDANE处理后的图像
- [0069] 图4e是对原始三峰值直方图图像使用基于非线性传递函数和图像局部特征的图像增强方法处理后的图像
- [0070] 图4f是对原始三峰值直方图图像采用本发明处理后的图像

具体实施方式

- [0071] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。
- [0072] 本发明是针对低照度或亮度不均图像进行处理,其中低照度图像是指整体亮度值较低的图像,而亮度不均图像是指亮度分布不均匀、波动较大的图像。
- [0073] 如图1所示,本发明图像低照度或亮度不均图像的自适应图像增强方法,其包括以下步骤:
- [0074] 1) 对低照度及亮度不均图像做预处理,预处理包括先对低照度及亮度不均图像做亮度预处理,并对亮度预处理后的图像进行边缘增强,得到预处理后的图像,其包括以下步骤:
- [0075] ①将低照度或亮度不均图像从RGB色彩空间转换到HSV色彩空间,以便更加直观的处理(由于本发明主要针对HSV色彩空间内图像的亮度和饱和度进行处理);
- [0076] 选取RGB色彩空间中低照度或亮度不均图像,该图像尺寸为 $M \times N$,其中, M 为该图像的高度, N 为该图像的宽度。该图像中的任意一点坐标为(也叫像素点) (x, y) ,且 $x \in [0, M-$

1], $y \in [0, N-1]$ 。

[0077] 对于在任意一点 (x, y) 处的像素, 定义 $R(x, y)$ 、 $G(x, y)$ 和 $B(x, y)$ 是 RGB 色彩空间中该像素的红分量、绿分量和蓝分量。通过公式 (1) ~ (3) 将低照度或亮度不均图像中任意一点的像素从 RGB 色彩空间转换到 HSV 色彩空间, 以实现将 RGB 色彩空间中低照度或亮度不均图像转换到 HSV 色彩空间中, 得到 HSV 色彩空间中的原始图像, 在 HSV 色彩空间中该像素的亮度分量 $V(x, y)$ 、饱和度分量 $S(x, y)$ 和色调分量 $H(x, y)$ 如下:

$$[0078] \quad V(x, y) = [R(x, y) + G(x, y) + B(x, y)] / 3 \quad (1)$$

$$[0079] \quad S(x, y) = 1 - \min[R(x, y), G(x, y), B(x, y)] / V(x, y) \quad (2)$$

[0080]

$$H(x, y) = \begin{cases} 0, & B(x, y) = G(x, y) = R(x, y) \\ \arccos\left[\frac{2R(x, y) - G(x, y) - B(x, y)}{2\sqrt{[R(x, y) - G(x, y)]^2 + [R(x, y) - B(x, y)][G(x, y) - B(x, y)]}}\right], & B(x, y) \leq G(x, y) \\ 2\pi - \arccos\left[\frac{2R(x, y) - G(x, y) - B(x, y)}{2\sqrt{[R(x, y) - G(x, y)]^2 + [R(x, y) - B(x, y)][G(x, y) - B(x, y)]}}\right], & B(x, y) > G(x, y) \end{cases} \quad (3)$$

[0081] 其中, $R(x, y) \in [0, 255]$, $G(x, y) \in [0, 255]$, $B(x, y) \in [0, 255]$, 根据上述公式 (1) 得出 $V(x, y) \in [0, 255]$, 根据上述公式 (2) 得出 $S(x, y) \in [0, 1]$, 根据上述公式 (3) 得出 $H(x, y) \in [0, 2\pi]$, $\min[\cdot]$ 函数是计算 $[\cdot]$ 中所有元素的最小值, $\arccos[\cdot]$ 是反余弦函数。

[0082] ② 计算 HSV 色彩空间中的原始图像的平均亮度值 V_a :

$$[0083] \quad V_a = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} V(x, y) \quad (4)$$

[0084] ③ 对 HSV 色彩空间中的原始图像进行亮度预处理;

[0085] 根据亮度预处理的阈值 V_{th} 和原始图像的平均亮度值 V_a 之间的大小关系决定是否需要 HSV 色彩空间中的原始图像进行亮度预处理, 其原则如下:

[0086] 若原始图像的平均亮度值 V_a 不大于亮度预处理的阈值 V_{th} , 则采用 γ -校正技术对 HSV 色彩空间中的原始图像进行亮度预处理, 以便后续进行亮度增强时效果显著。

[0087] 采用 γ -校正技术对 HSV 色彩空间中的原始图像进行亮度预处理所得的亮度预处理后的图像亮度分量 $V_1(x, y)$:

$$[0088] \quad V_1(x, y) = \begin{cases} [255 V(x, y)]^{\gamma_1}, & V_a \leq V_{th} \\ V(x, y), & V_a > V_{th} \end{cases} \quad (5)$$

[0089] 其中, γ_1 是 γ -校正技术的参数, γ_1 在 $(0, 1)$ 之间, 且一般取 $\gamma_1 = 0.5$ 。 V_{th} 是根据实验需要而定, $V_{th} = 50$ 。

[0090] 采用 γ -校正技术对原始图像进行亮度预处理后, 所得的亮度预处理后的图像亮度分量 $V_1(x, y)$ 自动变成原始图像的平均亮度值 V_a , 并将其与亮度预处理的阈值 V_{th} 相比较, 若不大于亮度预处理的阈值 V_{th} , 则再次采用 γ -校正技术进行亮度预处理, 再与亮度预处理的阈值 V_{th} 相比较, 迭代循环, 直到原始图像的平均亮度值 V_a 大于亮度预处理的阈值 V_{th} 为止, 然后进入下一步进行处理。

[0091] 若原始图像的平均亮度值 V_a 大于亮度预处理的阈值 V_{th} , 则对 HSV 色彩空间中的原始图像不进行亮度预处理。需要说明的是, 进不进行亮度预处理后续都需进行边缘增强, 因

此在后续的边缘增强步骤中,原始图像的平均亮度值 V_a 大于亮度预处理的阈值 V_{th} 时,视为进行了亮度保持不变的亮度预处理。

[0092] ④对亮度预处理后的图像进行边缘增强,经边缘增强后的图像能更清晰地显示出不同类型的物体或现象的边界,或线形影像的行迹,以便于对不同类型的物体的识别及其分布范围的圈定,进而使边界变得清晰,会使图像具有更好的视觉效果。

[0093] 本实施例中,采用高斯拉普拉斯检测算子对亮度预处理后的图像进行边缘增强,也可以采用其他方法对亮度预处理后的图像进行边缘增强,在此不做限定。

[0094] 高斯拉普拉斯检测算子(Laplacian of Gaussian,LoG)是将高斯滤波和拉普拉斯检测算子结合在一起,进行图像边缘增强,通常称为拉普拉斯高斯方法。采用高斯拉普拉斯检测算子对亮度预处理后的图像进行边缘增强,包括以下内容:

[0095] 首先,采用高斯函数 $Gauss(x,y)$ 对亮度预处理后的图像亮度分量 $V_1(x,y)$ 进行平滑滤波,即高斯滤波,则平滑后的图像亮度分量 $V_2(x,y)$ 如下:

$$[0096] \quad V_2(x,y) = V_1(x,y) \otimes Gauss(x,y) \quad (6)$$

[0097] 其中,“ \otimes ”表示卷积运算; $Gauss(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp[-\frac{1}{2\pi\sigma^2}(x^2+y^2)]$, σ 为空间尺度因子,本发明中 σ 值取为2.25。

[0098] 其次,采用拉普拉斯检测算子对平滑后的图像亮度分量 $V_2(x,y)$ 进行边缘增强,则边缘增强后的图像 $V_p(x,y)$,即预处理后的图像 $V_p(x,y)$ 如下:

$$[0099] \quad V_p(x,y) = \nabla^2[V_2(x,y)] \quad (7)$$

[0100] 其中, $\nabla^2[\cdot]$ 为二元二阶梯度。

[0101] 2)根据预处理后的图像的亮度进行区域分割,并根据所分割的每个区域的不同特点,选择相应的映射函数,分别进行对应的自适应亮度增强,以实现图像整体亮度调整,其包括以下步骤:

[0102] ①根据预处理后的图像的亮度进行图像分割,以便根据所分割的每个区域的不同特点进行相应的自适应亮度增强;

[0103] 设经过预处理后的图像 $V_p(x,y)$ 的平均亮度为 V_{a-p} ,将预处理后的图像 $V_p(x,y)$ 的所有像素分为两类 V_{low} 和 V_{high} : V_{low} 表示低亮度像素的平均亮度, V_{high} 表示高亮度像素的平均亮度,各自的表达式如下:

$$[0104] \quad V_{low} = \frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} V_p(x,y) [\text{sgn}(V_{a-p} - V_p(x,y)) + 1]}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\text{sgn}(V_{a-p} - V_p(x,y)) + 1]} \quad (8)$$

$$[0105] \quad V_{high} = \frac{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} V_p(x,y) [\text{sgn}(V_p(x,y) - V_{a-p}) + 1]}{\sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\text{sgn}(V_p(x,y) - V_{a-p}) + 1]} = \frac{kV_{a-p} - V_{low}}{k-1} \quad (9)$$

[0106] 其中, $k = \frac{1}{\frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} [\text{sgn}(V_{a-p} - V_p(x,y)) + 1]}$, $\text{sgn}(\cdot)$ 为sign符号函数。

[0107] 将预处理后的图像 $V_p(x,y)$ 的像素按照亮度分为三个类型:亮度在 $[0, V_{low})$ 区间的像素是预处理后的图像 $V_p(x,y)$ 的低照度区域像素;亮度在 $[V_{low}, V_{high})$ 区间的像素是预处理后的图像 $V_p(x,y)$ 的正常区域像素;亮度在 $[V_{high}, 255]$ 区间的像素是预处理后的图像 $V_p(x,y)$ 的曝光区域像素。这三个区域像素:低照度区域像素、正常区域像素和曝光区域像素的划分参数是根据预处理后的图像 $V_p(x,y)$ 自身亮度特点计算出来的,用这三个参数对图像像素进行分类,以便后续处理更有针对性,从而使本发明具有较强的适应性。

[0108] ②根据所分割的每个区域的不同特点,选择相应的映射函数,分别进行对应的自适应亮度增强,以实现图像整体亮度调整;

[0109] 预处理后的图像 $V_p(x,y)$ 的像素所分的三个区域像素所对应的亮度直方图,选择如下映射函数分别进行图像亮度增强,其公式如下:

$$[0110] \quad V_{enh}(x,y) = \begin{cases} V_{high}^{1-\gamma_2} V_{low}^{\gamma_2} \left[1 - \left[1 - \frac{V_p(x,y)}{V_{low}}\right]^{2\gamma_2}\right], & V_p(x,y) < V_{low} \\ V_{high}^{1-\gamma_2} V_p(x,y)^{\gamma_2}, & V_{low} \leq V_p(x,y) < V_{high} \\ V_p(x,y), & V_{high} \leq V_p(x,y) \end{cases} \quad (10)$$

[0111] 其中, $V_{enh}(x,y)$ 表示亮度增强后在坐标点 (x,y) 处的像素亮度值, $\log_{10}(\cdot)$ 是以10为底的对数:

$$[0112] \quad \gamma_2 = \frac{\log_{10}\left(\frac{V_{a-p}}{V_{high}}\right)}{\log_{10}\left(\frac{V_{low}}{V_{high}}\right)} \quad (11)$$

[0113] 其中, γ_2 也是 γ -校正技术的参数,在 $(0,1)$ 之间。

[0114] 3) 利用原始饱和度和亮度变化的特点对分段自适应亮度增强后的图像进行饱和度增强处理,以提高图像增强的视觉效果,并得到最终图像。

[0115] 经过分段亮度增强后的图像相对预处理后的图像在 (x,y) 处像素的亮度变化 $\Delta V(x,y)$ 为

$$[0116] \quad \Delta V(x,y) = [V_{enh}(x,y) - V_p(x,y)] / 255 \quad (12)$$

[0117] HSV色彩空间中的原始图像的平均饱和度值 S_a 为

$$[0118] \quad S_a = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} S(x,y) \quad (13)$$

[0119] 对分段亮度增强后的图像进行饱和度增强处理,其过程如下:

[0120]

$$S_{enh}(x,y) = \begin{cases} \frac{2+S_a}{1+S_a} S(x,y) + \frac{S_a}{1+S_a} \Delta V(x,y), & S_a \geq S(x,y) \\ -\frac{1}{1+S_a} S^2(x,y) + \left(2 - \frac{S_a}{1+S_a} \Delta V(x,y)\right) S(x,y) + S_a \Delta V(x,y), & S_a < S(x,y) \end{cases} \quad (14)$$

[0121] 其中, $S_{enh}(x, y)$ 表示饱和度增强处理后的图像在 (x, y) 处的像素饱和度值。在图像饱和度增强中, 将图像亮度映射变换与原始图像饱和度结合, 并据此给出了相互制约、相互平衡的权重系数, 从而使图像饱和度增强具有更好的效果。可以看出饱和度增强函数所采用的系数等也都是由图像自身特点决定的, 从而使本发明具有良好的增强效果和应用范围。

[0122] 将饱和度增强处理后图像从HSV色彩空间转换回RGB色彩空间, 得到最终的彩色图像, 其转换公式如下:

$$[0123] \quad R_{enh}(x, y) = \begin{cases} V_{enh}(x, y) \frac{1 + S_{enh}(x, y) \cos[H(x, y)]}{\cos[\frac{\pi}{3} - H(x, y)]}, & 0 \leq H(x, y) < \frac{2\pi}{3} \\ V_{enh}(x, y)[1 - S_{enh}(x, y)], & \frac{2\pi}{3} \leq H(x, y) < \frac{4\pi}{3} \\ 3V_{enh}(x, y) - [G_{enh}(x, y) + B_{enh}(x, y)], & \frac{4\pi}{3} \leq H(x, y) \leq 2\pi \end{cases} \quad (15)$$

$$[0124] \quad G_{enh}(x, y) = \begin{cases} 3V_{enh}(x, y) - [R_{enh}(x, y) + B_{enh}(x, y)], & 0 \leq H(x, y) < \frac{2\pi}{3} \\ V_{enh}(x, y) \frac{1 + S_{enh}(x, y) \cos[H(x, y)]}{\cos[\frac{\pi}{3} - H(x, y)]}, & \frac{2\pi}{3} \leq H(x, y) < \frac{4\pi}{3} \\ V_{enh}(x, y)[1 - S_{enh}(x, y)], & \frac{4\pi}{3} \leq H(x, y) \leq 2\pi \end{cases} \quad (16)$$

$$[0125] \quad B_{enh}(x, y) = \begin{cases} V_{enh}(x, y)[1 - S_{enh}(x, y)], & 0 \leq H(x, y) < \frac{2\pi}{3} \\ 3V_{enh}(x, y) - [G_{enh}(x, y) + B_{enh}(x, y)], & \frac{2\pi}{3} \leq H(x, y) < \frac{4\pi}{3} \\ V_{enh}(x, y) \frac{1 + S_{enh}(x, y) \cos[H(x, y)]}{\cos[\frac{\pi}{3} - H(x, y)]}, & \frac{4\pi}{3} \leq H(x, y) \leq 2\pi \end{cases} \quad (17)$$

[0126] 其中, $\cos[\cdot]$ 是余弦函数, $R_{enh}(x, y)$, $G_{enh}(x, y)$ 和 $B_{enh}(x, y)$ 分别是RGB色彩空间中 (x, y) 处像素增强后的红、绿和蓝分量。采用本发明得到的图像增强了亮度、突出了细节, 由于加入了饱和度增强, 颜色也更加鲜艳, 更适合人的视觉感知。

[0127] 上述实施例中, 在HSV色彩空间和RGB色彩空间之间的图像转换可以采用上述列举的公式进行转化, 也可以采用其他标注转换公式, 在此不做限定。

[0128] 综上所述, 本发明原理如下: 首先, 将HSV色彩空间内低照度及亮度不均图像转换到HSV色彩空间, 得到原始图像, 并对原始图像做包括亮度预处理和图像进行边缘增强的预处理。然后, 根据预处理后的图像的亮度进行区域分割, 并根据所分割的每个区域的不同特点, 选择相应的映射函数, 分别进行对应的自适应亮度增强。最后, 利用原始饱和度和亮度变化的特点对分段自适应亮度增强后的图像进行饱和度增强处理, 并将所得图像转换回到RGB色彩空间, 得到最终图像。由于本发明将自适应亮度增强和自适应饱和度增强相结合, 因此对于亮度分布极度不均、亮度波动较大的图像均有较好的增强效果, 使图像具有较好

的视觉效果。

[0129] 为了更好的说明本发明的有效性,下面通过图2~图4进行说明:

[0130] 在如图2~4所示的处理结果示意图中,一方面可以从图像角度处理角度评判本发明的有效性,如采用图像评价标准:图像熵进行评判经过本发明处理的图像是否图像亮度分布均匀,图像质量好。

[0131] 图像熵的定义为:

$$[0132] \quad H(x) = \sum_{i=0}^{255} p(i) \log_2 \frac{1}{p(i)} = -\sum_{i=0}^{255} p(i) \log_2 p(i) \quad (18)$$

[0133] 其中, $H(x)$ 为图像熵, $p(i)$ 为图像灰度值 i 在图像整个灰度值中出现的概率。图像熵越大,表示图像亮度分布越均匀,图像质量越好。如表1所示,本发明提出的方法所处理过的图像熵值最大,采用本发明可以更好的增强图像的细节,使其色彩更鲜艳,更适合人的视觉感知,提高图像视觉质量,也便于提取所需要或感兴趣的区域,对图像进行进一步处理。

[0134] 表1 图像熵

[0135]

图像熵	a	b	c	d	e	f
图2	4.663	5.913	6.128	6.447	6.480	6.839
图3	6.703	7.376	6.536	7.082	7.460	7.474
图4	7.327	7.328	7.119	7.294	7.308	7.385

[0136] 另一方面也可以从运行时间来证明本文算法复杂度较低度增强程度上均具有更明显的增强效果。如表格2所示,各个算法在VC6.0、OpenCV1.0条件下的运行时间,通过处理时间也可以看出本发明运行时间具有明显优势,即较低的计算复杂度。

[0137] 表2 运行时间

[0138]

运行时间/ms	b	c	d	e	f
图2	69	171	155	142	95
图3	65	165	153	139	96
图4	142	314	307	287	209

[0139] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,根据本发明的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

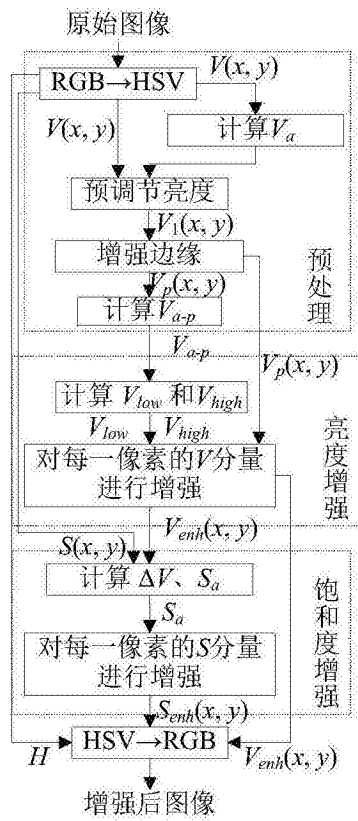
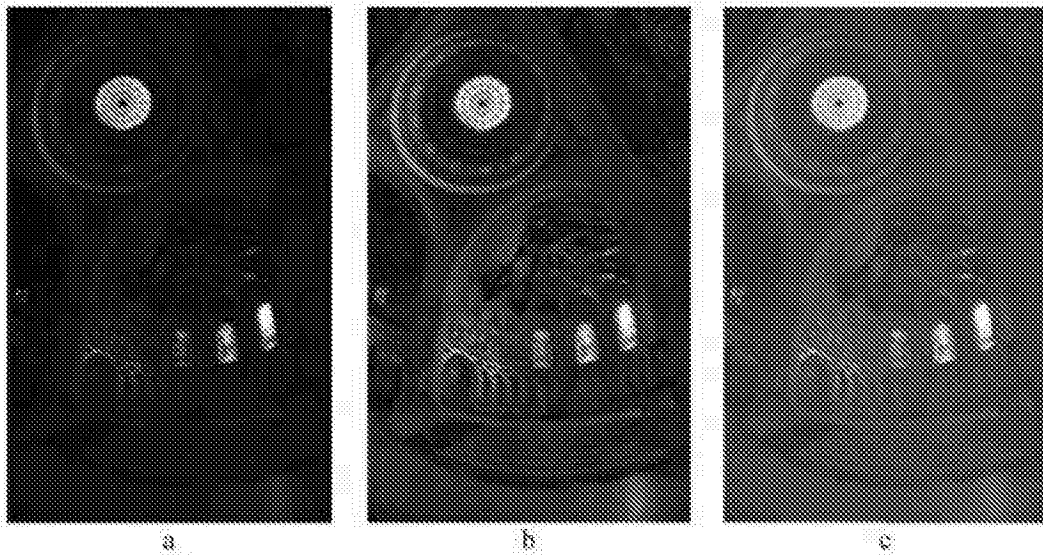


图1



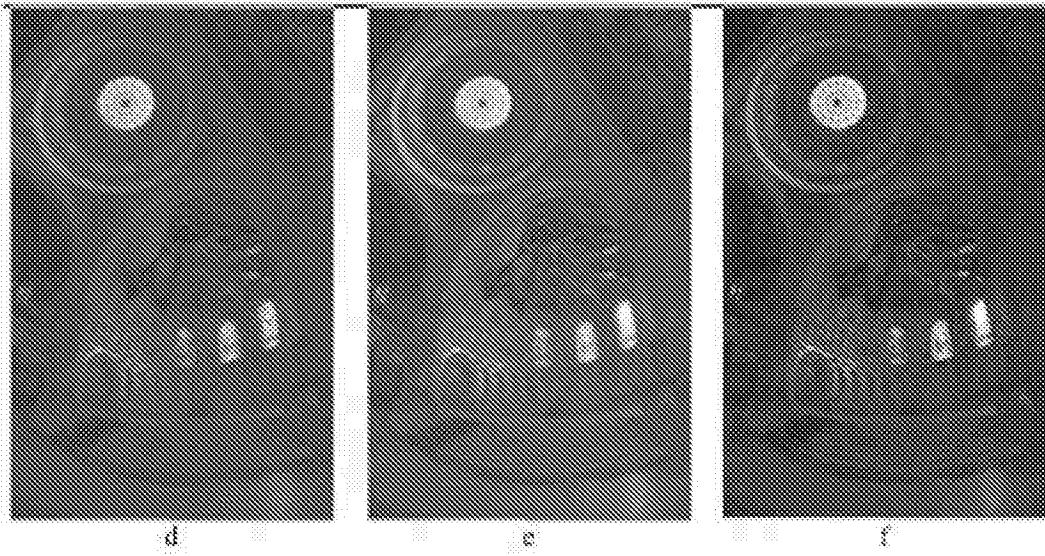


图2



图3

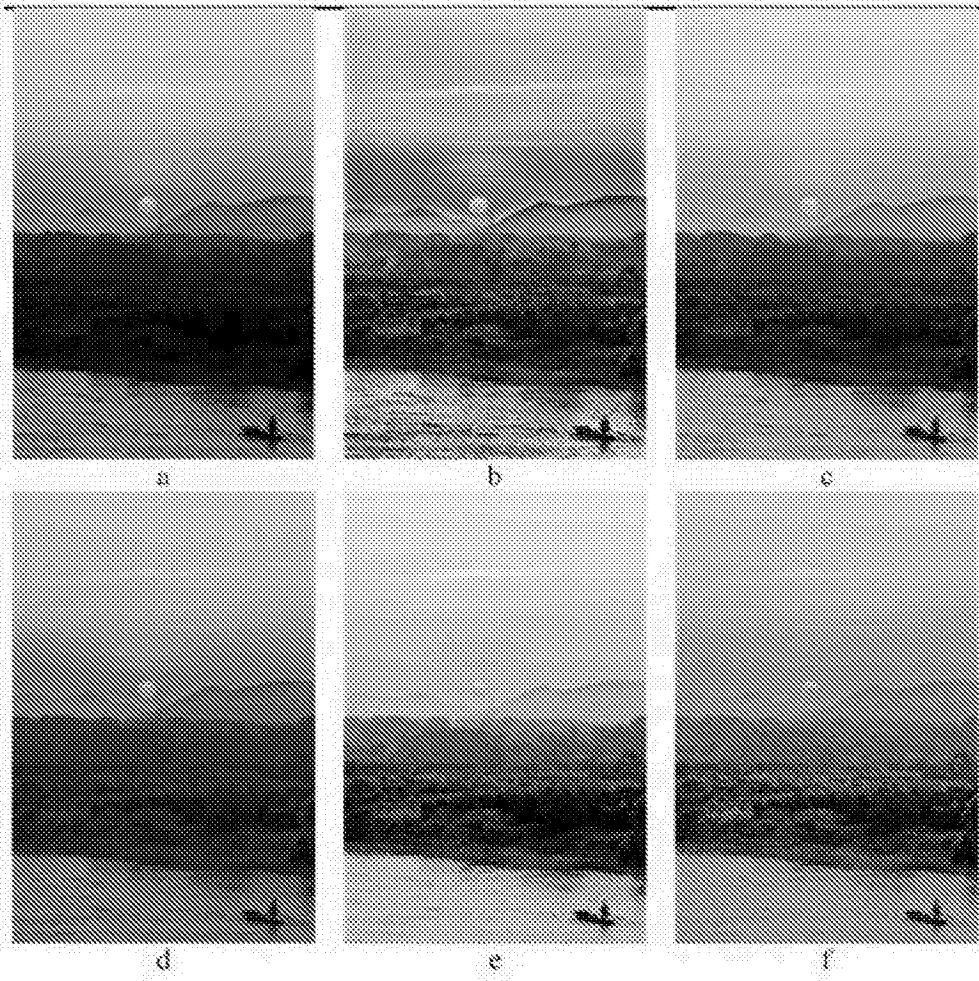


图4