

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101951523 B

(45) 授权公告日 2012. 10. 24

(21) 申请号 201010290111. 2

(22) 申请日 2010. 09. 21

(73) 专利权人 北京工业大学
地址 100124 北京市朝阳区平乐园 100 号

(72) 发明人 肖创柏 禹晶 李大鹏

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 逯长明

(51) Int. Cl.

H04N 9/68 (2006. 01)

H04N 9/77 (2006. 01)

G09G 5/02 (2006. 01)

G06T 5/00 (2006. 01)

审查员 唐晓明

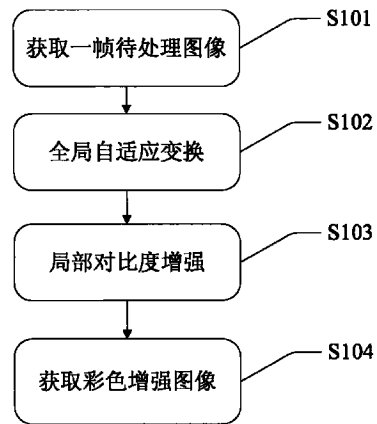
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 10 页

(54) 发明名称

一种自适应彩色图像处理方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种自适应彩色图像处理方法及系统,其方法为:读取一帧待处理图像;利用非线性反 S 型函数对待处理图像的亮度分量进行全局自适应变换,得到全局增强亮度图像;依据全局增强亮度图像中的中心像素与邻域像素的亮度的对应关系,对全局增强亮度图像的局部对比度进行调整,获得局部增强亮度图像;利用局部增强亮度图像与待处理图像的亮度分量两者之间的比值,对待处理图像进行线性颜色恢复,获取彩色增强图像。通过本发明的方法与系统,能够自适应地调节待处理图像亮度,同时增强暗区域和亮区域的对比度,且能够有效地增强待处理图像的局部对比度,并抑制图像边缘产生的过增强现象,且较好地保持了图像的颜色,取得更好的增强效果。



1. 一种自适应彩色图像处理方法,其特征在于,包括:

读取一帧待处理图像;

利用非线性反 S 型函数对所述待处理图像的亮度分量进行全局自适应变换,得到全局增强亮度图像;

获取全局增强亮度图像,利用增强函数 $E(\mathbf{x}) = \sum_{y \in \Omega, y \neq x} \frac{r\{L(\mathbf{x}) - L(\mathbf{y})\}}{d(\mathbf{x}, \mathbf{y})}$ 依据所述全

局增强亮度图像中的中心像素与邻域像素的亮度的对应关系,对所述全局增强亮度图像的局部对比度进行调整,获得局部增强亮度图像;

其中, $\Omega(\mathbf{x})$ 是以像素 \mathbf{x} 为中心的小邻域, $d(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ 为所述待处理图像的中心像素 \mathbf{x} 与邻域像素 \mathbf{y} 的欧氏距离, $L(\mathbf{x}) - L(\mathbf{y})$ 为中心像素 \mathbf{x} 和邻域像素 \mathbf{y} 的亮度差值 u , $r(u)$ 为饱和函数,用于确定亮度差值 u 的调整范围;

利用所述局部增强亮度图像与所述待处理图像的亮度分量两者之间的比值,对所述待处理图像进行线性颜色恢复,获取彩色增强图像。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述利用非线性反 S 型函数对所述待处理图像的亮度分量进行全局自适应变换,得到全局增强亮度图像的过程具体为:

确定非线性映射的区间范围,将所述亮度分量的灰度范围映射到所述区间范围内,获取灰度级压缩的图像;

利用非线性反 S 型函数对所述灰度级压缩的图像进行非线性灰度级变换,获得反 S 型变换图像;

将所述反 S 型变换图像的值归一化,获取全局自适应变换后的所述全局增强亮度图像。

3. 根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于,获取所述增强函数的过程包括:

确定所述中心像素与所述邻域像素的亮度差值;

获取所述亮度差值在饱和函数范围内的对应值;

确定所述中心像素与所述邻域像素的空间距离;

获取以所述中心像素为中心的小邻域内,所述亮度差值在饱和函数范围内的对应值与所述空间距离之间的比值之和,得到所述增强函数。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,对所述待处理图像进行线性颜色恢复的过程为:

利用局部增强亮度图像与所述待处理图像的亮度分量两者之间的比值,获得颜色复原函数;

利用获取到的所述颜色复原函数等比例乘以所述待处理图像中的各颜色分量,得到所述彩色增强图像。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述非线性映射的区间范围为: $[s_{\min}, s_{\max}]$, 其中, s_{\min} 为 $s(v_{\min})$, s_{\max} 为 $s(v_{\max})$, $s(v)$ 为 S 型函数, v_{\min} 值的取值范围为: $-6 \sim -3$, v_{\max} 值的取值范围为: $1 \sim 6$ 。

6. 根据权利要求 5 所述的方法,其特征在于,所述饱和函数的取值范围为 $0 \sim 1$, 所述饱和函数的斜率为 -3 。

7. 一种自适应彩色图像处理系统,其特征在于,包括:

读取单元,用于读取一帧待处理图像;

全局亮度调整单元,用于利用非线性反 S 型函数对所述待处理图像的亮度分量进行全局自适应变换,得到全局增强亮度图像;

局部亮度调整单元,用于依据所述全局增强亮度图像中的中心像素与邻域像素的亮度的对应关系,对所述全局增强亮度图像的局部对比度进行调整,获得局部增强亮度图像;

颜色恢复单元,用于利用所述局部增强亮度图像与所述待处理图像的亮度分量两者之间的比值,对所述待处理图像进行线性颜色恢复,获取彩色增强图像。

8. 根据权利要求 7 所述的系统,其特征在于,所述全局亮度调节单元中主要包括:

灰度级压缩单元,用于确定非线性映射的区间范围,将所述亮度分量的灰度范围映射到所述区间范围内,获取灰度级压缩的图像;

非线性映射单元,用于利用非线性反 S 型函数对所述灰度级压缩的图像进行非线性灰度级变换,获得反 S 型变换图像;

归一化单元,用于将所述反 S 型变换图像的值归一化,获取全局自适应变换后的所述全局增强亮度图像。

9. 根据权利要求 7 所述的系统,其特征在于,所述局部亮度调整单元中主要包括:

增强函数获取单元,用于获取所述亮度差值在饱和函数范围内的对应值,以及确定所述中心像素与所述邻域像素的亮度差值和空间距离,并依据获取以所述中心像素为中心的小邻域内,所述亮度差值在饱和函数范围内的对应值与所述空间距离之间的比值之和,得到所述增强函数;

局部调整单元,用于利用所述增强函数对所述全局增强亮度图像进行处理,得到所述局部增强亮度图像。

一种自适应彩色图像处理方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及图像处理领域,更具体的说,涉及一种自适应彩色图像处理方法及系统。

背景技术

[0002] 目前在大多数情况下,在彩色图像的获取过程中,由于成像传感器的动态范围有限导致采集的图像局部曝光不足、色彩暗淡、对比度低及细节损失,这极大限制和影响了后续图像分析与理解的研究工作。因此,有必要对采集到的图像进行增强处理,来改善图像的视觉效果、突出图像的特征。现有技术中常见的灰度图像增强技术有伽玛校正、自动色阶 (autolevels)、USM 锐化 (UnSharp Masking, USM)、直方图均衡化等全局增强算法,以及局部直方图均衡化、同态滤波等局部增强算法。但是,由于彩色图像具有颜色信息,现阶段研究人员尚未完全了解大脑的颜色处理机制,因此,彩色图像的处理远比灰度图像复杂,很多针对灰度图像的处理方法不能直接推广到彩色图像处理。因此,在研究 HVS (Human Visual System, 人眼视觉系统) 特性的基础上,已经提出了许多彩色图像增强算法。现有技术中主要包括两类基于视觉感知的彩色图像增强方法:第一类,从人眼对颜色的感知特性出发,提出了基于颜色恒常性的 Retinex 算法和 ACE (Automatic Color Equalization, 自动颜色均衡化) 算法。其中,Retinex 算法是一类应用最为广泛的方法。Retinex 算法能够同时实现图像的全局和局部对比度增强、动态范围压缩以及基于灰度假设 (gray world assumption) 的颜色恒常性。ACE 算法综合了 GW (Gray World) 和 WP (White Patch) 颜色校正机制。第二类,基于 HVS 的全局和局部自适应特性,提出了仿生 (bio-inspired) 彩色图像增强方法,用于增强图像的全局和局部对比度,而不考虑颜色恒常性的问题。

[0003] 但是,采用上述现有技术中基于视觉感知的方法对彩色图像进行处理,仍然存在以下缺点:其一,采用 Retinex 算法,当图像整体或者局部区域违背灰度假设时,处理后的颜色将变为灰色调,从而产生灰化 (graying out) 效应,此外,沿图像边缘会产生 Halo 效应;其二,采用第二类中的一种仿生彩色图像增强方法,在全局自适应亮度调整过程中利用幂指数小于 1 的幂函数,虽然能够增强了图像中暗区域的对比度,但是降低了亮区域的对比度;而且利用双边滤波计算邻域像素的加权平均值,仍不可避免地在图像边缘处产生的过增强现象。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明提供了一种自适应彩色图像处理方法及系统,解决了现有技术中在对图像进行处理时,造成的图像亮区域对比度降低、图像边缘处产生的过增强现象、以及沿图像边缘产生的 Halo 效应和灰化效应的问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0006] 一种自适应彩色图像处理方法,包括:

[0007] 读取一帧待处理图像;

[0008] 利用非线性反 S 型函数对所述待处理图像的亮度分量进行全局自适应变换,得到全局增强亮度图像;

[0009] 获取全局增强亮度图像,利用增强函数 $E(x) = \sum_{y \in \Omega, y \neq x} \frac{r\{L(x) - L(y)\}}{d(x, y)}$ 依据所

述全局增强亮度图像中的中心像素与邻域像素的亮度的对应关系,对所述全局增强亮度图像的局部对比度进行调整,获得局部增强亮度图像;

[0010] 其中, $\Omega(x)$ 是以像素 x 为中心的小邻域, $d(x, y)$ 为所述待处理图像的中心像素 x 与邻域像素 y 的欧氏距离, $L(x) - L(y)$ 为中心像素 x 和邻域像素 y 的亮度差值 u , $r(u)$ 为饱和函数,用于确定亮度差值 u 的调整范围;

[0011] 利用所述局部增强亮度图像与所述待处理图像的亮度分量两者之间的比值,对所述待处理图像进行线性颜色恢复,获取彩色增强图像。

[0012] 优选的,所述利用非线性反 S 型函数对所述待处理图像的亮度分量进行全局自适应变换,得到全局增强亮度图像的过程具体为:

[0013] 确定非线性映射的区间范围,将所述亮度分量的灰度范围映射到所述区间范围内,获取灰度级压缩的图像;

[0014] 利用非线性反 S 型函数对所述灰度级压缩的图像进行非线性灰度级变换,获得反 S 型变换图像;

[0015] 将所述反 S 型变换图像的值归一化,获取全局自适应变换后的所述全局增强亮度图像。

[0016] 优选的,所述依据所述对应关系对所述全局增强亮度图像的局部对比度进行调整,获得局部增强亮度图像的过程为:

[0017] 获取全局增强亮度图像;

[0018] 利用所述增强函数对所述全局增强亮度图像进行处理,得到所述局部增强亮度图像。

[0019] 优选的,获取所述增强函数的过程包括:

[0020] 确定所述中心像素与所述邻域像素的亮度差值;

[0021] 获取所述亮度差值在饱和函数范围内的对应值;

[0022] 确定所述中心像素与所述邻域像素的空间距离;

[0023] 获取以所述中心像素为中心的小邻域内,所述亮度差值在饱和函数范围内的对应值与所述空间距离之间的比值之和,得到所述增强函数。

[0024] 优选的,对所述待处理图像进行线性颜色恢复的过程为:

[0025] 利用局部增强亮度图像与所述待处理图像的亮度分量两者之间的比值,获得颜色复原函数;

[0026] 利用获取到的所述颜色复原函数等比例乘以所述待处理图像中的各颜色分量,得到所述彩色增强图像。

[0027] 优选的,所述非线性映射的区间范围为: $[s_{\min}, s_{\max}]$, 其中, s_{\min} 为 $s(v_{\min})$, s_{\max} 为 $s(v_{\max})$, $s(v)$ 为 S 型函数, v_{\min} 值的取值范围为: $-6 \sim -3$, v_{\max} 值的取值范围为: $1 \sim 6$ 。

[0028] 优选的,所述饱和函数的取值范围为 $0 \sim 1$,所述饱和函数的斜率为 -3 。

- [0029] 一种自适应彩色图像处理系统,包括:
- [0030] 读取单元,用于读取一帧待处理图像;
- [0031] 全局亮度调整单元,用于利用非线性反 S 型函数对所述待处理图像的亮度分量进行全局自适应变换,得到全局增强亮度图像;
- [0032] 局部亮度调整单元,用于依据所述全局增强亮度图像中的中心像素与邻域像素的亮度的对应关系,对所述全局增强亮度图像的局部对比度进行调整,获得局部增强亮度图像;
- [0033] 颜色恢复单元,用于利用所述局部增强亮度图像与所述待处理图像的亮度分量两者之间的比值,对所述待处理图像进行线性颜色恢复,获取彩色增强图像。
- [0034] 优选的,所述全局亮度调节单元中主要包括:
- [0035] 灰度级压缩单元,用于确定非线性映射的区间范围,将所述亮度分量的灰度范围映射到所述区间范围内,获取灰度级压缩的图像;
- [0036] 非线性映射单元,用于利用非线性反 S 型函数对所述灰度级压缩的图像进行非线性灰度级变换,获得反 S 型变换图像;
- [0037] 归一化单元,用于将所述反 S 型变换图像的值归一化,获取全局自适应变换后的所述全局增强亮度图像。
- [0038] 优选的,所述局部亮度调整单元中主要包括:
- [0039] 增强函数获取单元,用于获取所述亮度差值在饱和函数范围内的对应值,以及确定所述中心像素与所述邻域像素的亮度差值和空间距离,并依据获取以所述中心像素为中心的小邻域内,所述亮度差值在饱和函数范围内的对应值与所述空间距离之间的比值之和,得到所述增强函数;
- [0040] 局部调整单元,用于利用所述增强函数对所述全局增强亮度图像进行处理,得到所述局部增强亮度图像。经由上述的技术方案可知,与现有技术相比,本发明公开了一种自适应彩色图像处理方法及系统,基于 HVS 的亮度适应机理,利用神经元的非线性反 S 型函数对彩色降质视频中的待处理图像进行全局自适应变换,并获取全局增强亮度图像;然后再基于 HVS 的侧抑制机理对全局增强亮度图像的局部对比度进行增强,并获取局部增强亮度图像;利用所述局部增强亮度图像与待处理图像的亮度分量两者之间的比值,对所述待处理图像进行线性颜色恢复,获取彩色增强图像。通过本发明的方法与系统,能够自适应地调节待处理图像的亮度,并同时调节暗区域和亮区域的对比度和亮度,而且能够有效地增强待处理图像的局部对比度,并抑制待处理图像边缘产生的过增强现象,且较好地保持了图像的颜色。
- [0041] 此外也不会产生灰化效应和 Halo 效应,在图像处理的过程中取得更好的增强效果。

附图说明

[0042] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据提供的附图获得其他的附图。

- [0043] 图 1 为本发明实施例一公开的一种自适应彩色图像处理方法的流程图；
- [0044] 图 2 为非线性 S 型函数；
- [0045] 图 3 为本发明实施例二公开的一种自适应彩色图像处理方法的流程图；
- [0046] 图 4 为用于全局亮度自适应变换的非线性映射曲线；
- [0047] 图 5 为增强函数中所用到的饱和函数；
- [0048] 图 6a 为本发明公开的方法与现有技术中的方法进行比较时的原图的亮度分量直方图；
- [0049] 图 6b 为采用现有技术对图 6a 进行彩色增强处理后的亮度分量直方图；
- [0050] 图 6c 为采用本发明对图 6a 进行彩色增强处理后的亮度分量直方图；
- [0051] 图 7a 为本发明公开的方法与现有技术中的方法进行比较时的原图的 R、G、B 分量直方图；
- [0052] 图 7b 为采用现有技术对图 7a 进行彩色增强处理后的 R、G、B 分量直方图；
- [0053] 图 7c 为采用本发明对图 7a 进行彩色增强处理后的 R、G、B 分量直方图；
- [0054] 图 8 为本发明实施例二公开的一种自适应彩色图像处理的系统结构示意图。

具体实施方式

[0055] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0056] 本发明公开了一种自适应彩色图像处理方法及系统，通过利用非线性反 S 型函数对降质彩色视频中的待处理图像进行全局自适应变换，获取全局增强亮度图像；然后再对所述全局增强亮度图像的局部对比度进行增强，并获取增强后的局部增强亮度图像；利用所述局部增强亮度图像与所述待处理图像的亮度分量两者之间的比值，对所述待处理图像进行线性颜色恢复，获取彩色增强图像。下面对本发明的方法下面将进行详细说明。

[0057] 实施例一：

[0058] 如图 1 所示，本发明的方法主要包括以下步骤：

[0059] 步骤 S101，读取一帧待处理图像。

[0060] 执行步骤 S101，从彩色降质视频序列中读取一帧视频图像 $I(x) = (I_R(x), I_G(x), I_B(x))^T$ ，该视频图像即为待处理图像，是具有 R、G、B 三个分量的彩色图像。其中，该待处理图像宽为 W 个像素、高为 H 个像素，由于图像是二维空间，因此上式中的 x 代表向量，x 也可用 (m, n) 表示，其中， $0 \leq m \leq W-1, 0 \leq n \leq H-1, m, n, W, H$ 均为非负整数。步骤 S102，利用非线性反 S 型函数对所述待处理图像的亮度分量进行全局自适应变换，得到全局增强亮度图像 $L_a(x)$ 。

[0061] 人眼具有对高动态范围和明暗亮度适应的特性，虽然能够响应的照度范围高达 13 个对数单位，但是并不能同时在这个范围内工作；对于人眼所具有的明暗亮度适应主要指，人眼能够根据环境光照的变化，自动调节对亮度的适应过程，而人眼的适应明暗条件变化的过程称为亮度适应。其中，从亮到暗的过程称为暗适应，从暗到亮的过程称为亮适应。

[0062] 基于上述 HVS 的亮度适应机理，执行步骤 S102，利用非线性反 S 型函数对待处理图

像中的亮度进行全局自适应变换,即利用非线性反 S 型函数进行灰度级映射,从而完成全局自适应调节待处理图像亮度的过程,得到全局增强亮度图像 $L_a(x)$ 。

[0063] 在本发明中只对待处理图像的亮度分量 $L(x)$ 进行处理,在 HSV 颜色空间中,彩色图像的亮度分量 $L(x)$ 具体为:

$$[0064] \quad L(x) = \max \{I_R(x), I_G(x), I_B(x)\}; \quad (1)$$

[0065] 在 (1) 式中,所述 $I_R(x)$ 、 $I_G(x)$ 和 $I_B(x)$ 分别代表颜色空间中点 x 处像素的 R(Red, 红色)、G(Green, 绿色) 和 B(Blue, 蓝色)。因此可以避免现有技术中分别处理 R、G、B 通道易导致颜色失真,且增加计算量带来的功耗问题。即仅对待处理图像的亮度分量进行处理,降低了执行该步骤时产生的功耗。

[0066] 本发明公开的实施例一中,在 HSV 颜色空间的亮度分量是计算各颜色分量的最大值,但是,本发明并不仅限于此,在 HSI 颜色空间的亮度分量是计算 3 个颜色分量的平均值,也可以用 PCA 变换后的第一主成分。另外,也可以采用其他颜色空间转换方法。

[0067] 需要说明的是, S 型函数定义为:

[0068]

$$s(v) = \frac{1}{1 - e^{-\alpha v}} \quad (2)$$

[0069] 在 (2) 式中, α 为控制函数 $s(v)$ 的增长速率, S 型函数的值域为 $(0, 1)$ 。而 S 型函数的示意图,如图 2 所示,图中横轴为 v ,纵轴为 s 。

[0070] 步骤 S103,依据所述全局增强亮度图像 $L_a(x)$ 中的中心像素与邻域像素的亮度的对应关系,对所述全局增强亮度图像 $L_a(x)$ 的局部对比度进行调整,获得局部增强亮度图像 $L_{en}(x)$ 。

[0071] 经过步骤 S102 的全局自适应变换之后的待处理图像,即全局增强亮度图像 $L_a(x)$,增强了亮区域和暗区域的对比度,但是损失了中间亮度区域对比度。研究表明,人眼对全局对比度并不敏感,而对局部对比度更为敏感。HVS 的中心/邻域侧抑制特性在视觉中的作用是增强反差,使人眼观察物体的边角和轮廓时会提高视敏度。

[0072] 依据中心像素与邻域像素的亮度的对应关系,即当所述中心像素的亮度高于所述邻域像素的平均亮度时,增强所述中心像素的亮度;当所述中心像素的亮度低于所述邻域像素的平均亮度时,降低所述中心像素的亮度。

[0073] 而在本发明公开的实施例一中,通过指数形式最终获取局部增强亮度图像 $L_{en}(x)$ 可以表示为:

$$[0074] \quad L_{en}(x) = L_a(x)^{E(x)} \quad (3)$$

[0075] 其中, $E(x)$ 为增强函数。若 $E(x) > 1$,则降低该中心像素的亮度;反之,若 $0 < E(x) < 1$,则增加中心像素的亮度。

[0076] 为避免待处理图像的边缘处产生 Halo 效应和过增强现象,本发明中利用 ACE 算法,定义增强函数 $E(x)$ 为:

[0077]

$$E(x) = \sum_{y \in \Omega, y \neq x} \frac{r \{L(x) - L(y)\}}{d(x, y)} \quad (4)$$

[0078] 在 (4) 式中, $\Omega(x)$ 是以像素 x 为中心的小邻域,在本发明优选的实施例一中

$\Omega(x)$ 所取的邻域为 7×7 邻域,但是,本发明所公开的实施例并不仅限于此; $d(x, y)$ 为所述待处理图像的中心像素 x 与邻域像素 y 的欧氏距离,作为邻域像素的距离权重函数; $L(x) - L(y)$ 为中心像素 x 和邻域像素 y 的差值,用于模拟人眼的侧抑制机制;在中心像素与邻域像素的亮度进行比较的过程中,如图 5 所示(图中横轴为 u ,纵轴 r),对于上述邻域中的差值 $L(x) - L(y)$ 的范围用饱和函数 $r(u)$ 进行调整,具体表示为:

[0079]

$$r(u) = \begin{cases} 1, & u \leq -\frac{1}{2k} \\ -ku + 0.5, & |u| < \frac{1}{2k} \\ 0, & u \geq \frac{1}{2k} \end{cases} \quad (5)$$

[0080] 在 (5) 式中, k 为经验值,本发明的实施例中取值为 -3 ,但是并不仅限于此。由上式中可知, k 控制饱和函数 $r(u)$ 的斜率, k 的取值越大,图像局部对比度增强越大。该 $r(u)$ 的值域为 $[0, 1]$,采用约束饱和函数 $r(u)$ 上下界的方式,能够达到抑制图像边缘处产生的 Halo 效应和过增强现象。

[0081] 此外,通过 (4) 式与 (5) 式可知,获取增强函数 $E(x)$ 的具体的过程为:

[0082] 首先,确定所述中心像素与邻域像素的亮度差值 u ,以及该中心像素与所述邻域像素的空间距离;获取所述亮度差值 u 在饱和函数 $r(u)$ 范围内的对应值;然后获取以该中心像素为中心的小邻域内,亮度差值 u 在饱和函数 $r(u)$ 范围内的对应值与所述空间距离之间的比值之和;最后得到该增强函数 $E(x)$ 。

[0083] 步骤 S104,利用所述局部增强亮度图像 $L_{en}(x)$ 与所述待处理图像的亮度分量 $L(x)$ 两者之间的比值,对所述待处理图像进行线性颜色恢复处理,获取彩色增强图像。

[0084] 通过执行上述步骤 S101 至 S103,对待处理图像进行了全局自适应变换和局部对比度增强处理后,得到最终的局部增强亮度图像 $L_{en}(x)$ 。最后,再执行步骤 S104 恢复亮度增强后的图像的颜色。

[0085] 其中,通过上述的全局自适应变换和局部对比度增强,获得增强后的局部增强亮度图像 $L_{en}(x)$ 。定义颜色复原函数为:

$$[0086] \quad \kappa(x) = L_{en}(x)/L(x) \quad (6)$$

[0087] 将 $\kappa(x)$ 等比例地乘以 3 个颜色分量,恢复增强图像的颜色信息,即

$$[0088] \quad I'_c(x) = \kappa(x)I_c(x) \quad (7)$$

[0089] 在 (7) 式中, $c = \{R, G, B\}$ 分别表示 R、G、B 颜色通道; $I_R(x)$ 、 $I_G(x)$ 、 $I_B(x)$ 和 $I'_R(x)$ 、 $I'_G(x)$ 、 $I'_B(x)$ 分别表示增强前后的 R、G、B 颜色分量值。由于线性操作能够使 R、G、B 颜色分量的比例关系保持不变,因此,能够保持原图像的色度。

[0090] 通过本发明实施例公开的方法,能够保证在进行图像处理的过程中,不仅可以自适应地调节图像的亮度,同时增强暗区域和亮区域的对比度;同时,还能有效地增强图像的局部对比度,并抑制边缘处的过增强现象。此外,也不会产生灰化效应和 Halo 效应。

[0091] 需要说明的是,本发明公开的上述步骤 S101 至 S104 的执行过程,只是针对彩色降质视频序列中的一帧视频图像进行处理的过程,所以在执行完一帧待处理图像的处理之

后,获取下一帧待处理图像进行循环处理,直至该彩色降质视频序列中所有待处理图像帧处理完毕,最终获取一组完整的、彩色增强的视频图像数据。

[0092] 实施例二:

[0093] 在上述本发明公开的实施例的基础上,本发明还公开了一种自适应彩色图像处理方法,请参阅附图 3,主要包括以下步骤:

[0094] 步骤 S101,读取一帧待处理图像。

[0095] 步骤 S1021,确定非线性映射的区间范围,将所述亮度分量 $L(x)$ 的灰度范围映射到所述区间范围内,获取灰度级压缩的图像 $L'(x)$ 。

[0096] 在 S 型函数中,动态确定灰度映射区间 $[v_{\min}, v_{\max}]$ 。 v_{\min} 的取值由下列的线性分段函数进行表示。

$$[0097] \quad v_{\min} = \begin{cases} -6, & M \leq 0.3 \\ 0.04(M - 0.3) - 6, & 0.3 < M \leq 0.6 \\ -3, & M > 0.6 \end{cases} \quad (8)$$

[0098] 在 (8) 式中, M 为待处理图像的平均亮度。根据图像的平均亮度,自适应地调节暗区域。而 v_{\max} 的取值为 1 至 6 之间,在本发明优选的实施例一中 v_{\max} 的取值为 3。

[0099] 将亮度分量 $L(x)$ 的灰度范围从 $[0, 1]$ 线性映射到非线性映射区间范围 $[s_{\min}, s_{\max}]$ 中,进行灰度映射获取图像 $L'(x)$ 的具体过程为:

$$[0100] \quad L'(x) = (s_{\max} - s_{\min})L(x) + s_{\min}; \quad (9)$$

[0101] 在 (9) 式中, $s_{\min} = s(v_{\min})$, $s_{\max} = s(v_{\max})$ 。

[0102] 在执行步骤 S1021 中,根据图像的平均亮度 M ,自适应地调节暗区域。其中,随着 v_{\min} 取值的减小,待处理图像的暗区域的对比度和亮度的增强程度逐渐提升,图像的整体亮度逐渐提高。 v_{\min} 是根据图像的平均亮度自适应确定的。因此,对于 v_{\min} 的取值根据实际情况的不同而有所不同。

[0103] 如图 4 所示,为 $v_{\min} = -3$ 、 $v_{\min} = -4.5$ 、 $v_{\min} = -6$ 时的全局亮度自适应变换的非线性映射曲线,从图中可知, v_{\min} 值越小,对待处理图像的暗区域的提升越明显。图中横轴为 L ,纵轴为 L_a 。

[0104] 步骤 S1022,利用非线性反 S 型函数对所述灰度级压缩的图像 $L'(x)$ 进行非线性灰度级变换,获得反 S 型变换图像 $L''(x)$,所述获取图像 $L''(x)$ 具体为:

[0105]

$$L''(x) = -\frac{1}{\alpha} \ln \left(\frac{1}{L'(x)} - 1 \right) \quad (10)$$

[0106] 式中, α 的取值为 1,但并不仅限于 1。

[0107] 执行步骤 S1022,利用步骤 S1021 中确定的非线性反 S 型函数的非线性映射曲线中的一段,然后利用对图像 $L'(x)$ 进行灰度级变换。

[0108] 步骤 S1023,将所述反 S 型变换图像 $L''(x)$ 的值归一化至 $[0, 1]$ 中,获取全局自适应变换后的所述全局增强亮度图像 $L_a(x)$ 。

[0109] 在基于 HVS 亮度适应机理的条件下,根据待处理图像的明暗程度,利用非线性反 S 型函数对该待处理图像的亮度进行非线性调节,增强了该待处理图像的暗区域和亮区域的

对比度,同时压缩了该待处理图像的动态范围,达到使图像符合人眼直接观察场景的目的。

[0110] 步骤 S103,依据所述全局增强亮度图像 $L_a(x)$ 中的中心像素与邻域像素的亮度的对应关系,对所述全局增强亮度图像 $L_a(x)$ 的局部对比度进行调整,获得局部增强亮度图像 $L_{en}(x)$ 。

[0111] 步骤 S104,利用所述局部增强亮度图像 $L_{en}(x)$ 与所述待处理图像的亮度分量 $L(x)$ 两者之间的比值,对所述待处理图像进行线性颜色恢复,获取彩色增强图像。

[0112] 通过上述的步骤可以在执行完一帧待处理图像的处理之后,经过判断获取下一帧待处理图像进行循环处理,直至该彩色降质的视频序列中所有待处理图像帧处理完毕,最终获取一组完整的、还原色彩的图像数据。

[0113] 需要说明的是,上述本发明公开的对图像进行处理的过程,不仅适用于彩色图像,也适用于灰度图像。

[0114] 此外,为进一步验证本发明实施例公开的方法对图像处理的效果,本发明从定性和定量两个方面,对本发明的方法和现有技术中的一种仿生彩色图像增强方法进行了分析比较。

[0115] 如图 6a 所示,为一幅傍晚拍摄的低对比度图像的直方图,由于成像传感器的动态范围有限,背景照度较高造成前景曝光不足,暗区域的局部细节严重损失。图 6b 和图 6c 分别为现有技术和本发明的方法对图像增强的相应亮度图像的直方图。从图 6a、图 6b 和图 6c 的直方图中可以看出,原图像的像素主要集中在直方图的两端;现有技术增强后的图像像素整体偏向直方图的亮端;而用本发明方法增强后的图像提高了暗区域的亮度,而亮区域的亮度没有明显变化。

[0116] 图 7a、图 7b 和图 7c 为局部区域放大图像的 R、G、B 颜色分量直方图,图 7a、图 7b 和图 7c 中,R、G、B 分别表示三个颜色亮度分量。

[0117] 为了使显示效果较为明显,截去了 70% 灰度值为 0 的像素。直方图相似度测量两个直方图分布之间的相似程度。为了算法性能的定量评价与比较,本发明使用基于直方图相似度的 4 个评测准则,其中, $h = (h_0, \dots, h_k, \dots, h_{N-1})^T$ 和 $h' = (h'_0, \dots, h'_k, \dots, h'_{N-1})^T$ 分别为处理前后图像直方图中各灰度级 k 的出现统计值,分别为:

[0118] 相关系数 (Correlation):

$$[0119] \quad d_{\text{correl}}(h', h) = \frac{\sum_k (h'_k - \bar{h}') (h_k - \bar{h})}{\sqrt{\sum_k (h'_k - \bar{h}')^2 \sum_k (h_k - \bar{h})^2}} \quad (11)$$

$$[0120] \quad \text{其中, } \bar{h} = \frac{1}{N} \sum_k h_k$$

[0121] N 表示灰度级。 d_{correl} 越大,匹配度越高。完全匹配时, d_{correl} 为 1,而完全不匹配时, d_{correl} 为 -1。

[0122] 卡方度量 (Chi-square):

$$[0123] \quad d_{\text{chi-sqr}}(h', h) = \sum_k \frac{(h'_k - h_k)^2}{h'_k + h_k} \quad (12)$$

[0124] $d_{\text{chi-sqr}}$ 越小,匹配度越高。完全匹配时, $d_{\text{chi-sqr}}$ 为 0。

[0125] 直方图交集 (Intersection) :

$$[0126] \quad d_{\text{intersect}}(\mathbf{h}', \mathbf{h}) = \sum_k \min(h'_k, h_k) \quad (13)$$

[0127] $d_{\text{intersect}}$ 越大, 匹配度越高。若将直方图做归一化处理, 即为灰度级出现的概率, 则完全匹配时, $d_{\text{intersect}}$ 为 1 ; 而完全不匹配时, $d_{\text{intersect}}$ 为 0。

[0128] 巴氏距离 (Bhattacharyya distance) :

$$[0129] \quad d_B(\mathbf{h}', \mathbf{h}) = \sqrt{1 - \frac{\sum_k \sqrt{h'_k h_k}}{\sqrt{\sum_k h'_k \cdot \sum_k h_k}}} \quad (14)$$

[0130] d_B 越小, 匹配度越高。完全匹配时, d_B 为 0 ; 而完全不匹配, d_B 为 1。

[0131] 表 1 列出了图 6a 与图 6b (现有技术的方法) 以及图 6a 与图 6c (本发明的方法) 的相似度, 可以看出, 本发明的方法更好地保持了直方图的形状。

		现有技术的方法	本发明的方法
	相关系数	-0.2321	-0.2269
[0132]	表 1: 卡方度量	0.9482	0.6890
	直方图交集	0.3479	0.4927
	巴氏距离	0.5450	0.4587

[0133] 此外, 通过采用本发明的方法在大量室内外图像上所做的实验, 取得了较好的效果。更进一步证明了采用本发明的方法增强了图像的局部对比度和细节, 真实地展现了暗区域的颜色, 提高了可视性, 使增强图像符合人眼直接观察场景的视觉感知。

[0134] 通过上述本发明实施例方法的描述, 所属领域的技术人员可以清楚地了解到, 本发明的方法可以依托于通用的硬件完成, 因此, 在上述公开的方法的基础上, 本发明的实施例公开了一种自适应彩色图像处理的系统。

[0135] 请参阅附图 8, 在本发明公开的实施例中, 该系统主要包括: 读取单元 901、全局亮度调整单元 902、局部亮度调整单元 903 和颜色恢复单元 904。

[0136] 读取单元 901, 用于从彩色降质的视频序列中读取一帧待处理图像。

[0137] 全局亮度调整单元 902, 用于利用非线性反 S 型函数对所述待处理图像的亮度分量进行全局自适应变换, 得到全局增强亮度图像。

[0138] 局部亮度调整单元 903, 用于依据所述全局增强亮度图像中的中心像素与邻域像素的亮度的对应关系, 对所述全局增强亮度图像的局部对比度进行调整, 获得局部增强亮度图像。

[0139] 颜色恢复单元 904, 用于利用所述局部增强亮度图像与所述待处理图像的亮度分量两者之间的比值, 对所述待处理图像进行线性颜色恢复, 获取彩色增强图像。

[0140] 在本发明公开的实施例, 通过读取单元 901 获取一帧待处理图像; 然后, 在全局亮度调整单元 902 中对该待处理图像进行全局自适应变换, 获取全局增强亮度图像; 然后, 在局部亮度调整单元 903 中对该全局增强亮度图像进行局部对比度增强, 获取局部增强亮度图像; 然后, 在颜色恢复单元 904 中, 对经过上述全局亮度调整单元 902 与局部亮度调整单

元 903 后获取的局部增强亮度图像进行颜色恢复,获取最终的增强图像,即彩色增强图像。

[0141] 需要说明的是,如图 8 所示,在上述本发明公开的系统还包括一个判断单元 905。

[0142] 判断单元 905,用于判断是否还存下一帧待处理图像,如果是,则返回读取单元; 如果不是,则停止图像处理过程。

[0143] 在利用本发明公开的实施例二的系统中进行图像处理的过程,为在执行完一帧待处理图像的处理之后,经过判断单元 905 判断后获取下一帧待处理图像进行循环处理,直至该彩色降质的视频序列中所有待处理图像帧处理完毕,最终获取一组完整的、还原色彩的 视频图像数据。

[0144] 需要说明的是,在全局亮度调整单元 902 中主要包括:灰度级压缩单元 9021、非线性映射单元 9022 和归一化单元 9023,并在以上单元中进行全局自适应变换。

[0145] 灰度级压缩单元 9021,用于确定非线性映射的区间范围,将所述亮度分量的灰度范围映射到所述区间范围内,获取灰度级压缩的图像。

[0146] 非线性映射单元 9022,用于利用线性反 S 型函数对所述灰度级压缩的图像进行非线性灰度级变换,获得反 S 型变换图像。

[0147] 归一化单元 9023,用于将所述反 S 型变换图像的值,进行归一化处理,获取自适应调整后的所述全局增强亮度图像。

[0148] 此外,需要说明的是,在局部亮度调整单元 903 中主要包括:增强函数获取单元 9031 和局部调整单元 9032。

[0149] 增强函数获取单元 9031,用于获取所述亮度差值在饱和函数范围内的对应值,以及确定所述中心像素与所述邻域像素的亮度差值和空间距离,并依据获取以所述中心像素为中心的小邻域内,所述亮度差值在饱和函数范围内的对应值与所述空间距离之间的比值之和,得到所述增强函数。

[0150] 局部调整单元 9032,用于利用所述增强函数对所述全局增强亮度图像进行处理,得到所述局部增强亮度图像。

[0151] 在上述单元对待处理图像进行处理的过程中,所依据的原理或机理、公式或函数对待处理图像进行处理的过程,与上述本发明公开的方法实施例中的处理过程相同,这里不再赘述。

[0152] 因此,通过本发明实施例公开的系统,能够保证在进行图像处理的过程中,不仅可以自适应地调节图像的亮度,可以同时增强暗区域和亮区域的对比度,能有效地校正待处理图像的颜色;同时,还能有效地增强图像的局部对比度,并抑制边缘处的过增强现象,且不会产生灰化效应和 Halo 效应。

[0153] 综上所述:

[0154] 通过本发明各个实施例公开的方法及系统,通过本发明的方法与系统,能够自适应地调节待处理图像的亮度,并同时调节暗区域和亮区域的对比度和亮度,而且能够有效地增强待处理图像的局部对比度,并抑制待处理图像边缘产生的过增强现象,且较好地保持了图像的颜色。此外也不会产生灰化效应和 Halo 效应,在图像处理的过程中取得更好的增强效果。

[0155] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对于实施例公开的装置

而言,由于其与实施例公开的方法相对应,所以描述的比较简单,相关之处参见方法部分说明即可。

[0156] 结合本文中所公开的实施例描述的方法或算法的步骤可以直接用硬件、处理器执行的软件模块,或者二者的结合来实施。软件模块可以置于随机存储器 (RAM)、内存、只读存储器 (ROM)、电可编程 ROM、电可擦除可编程 ROM、寄存器、硬盘、可移动磁盘、CD-ROM、或技术领域内所公知的任意其它形式的存储介质中。

[0157] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

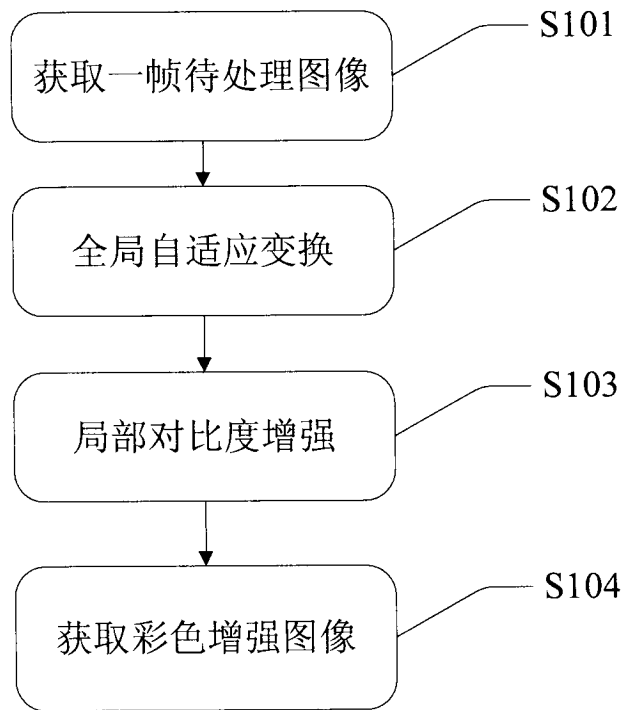


图 1

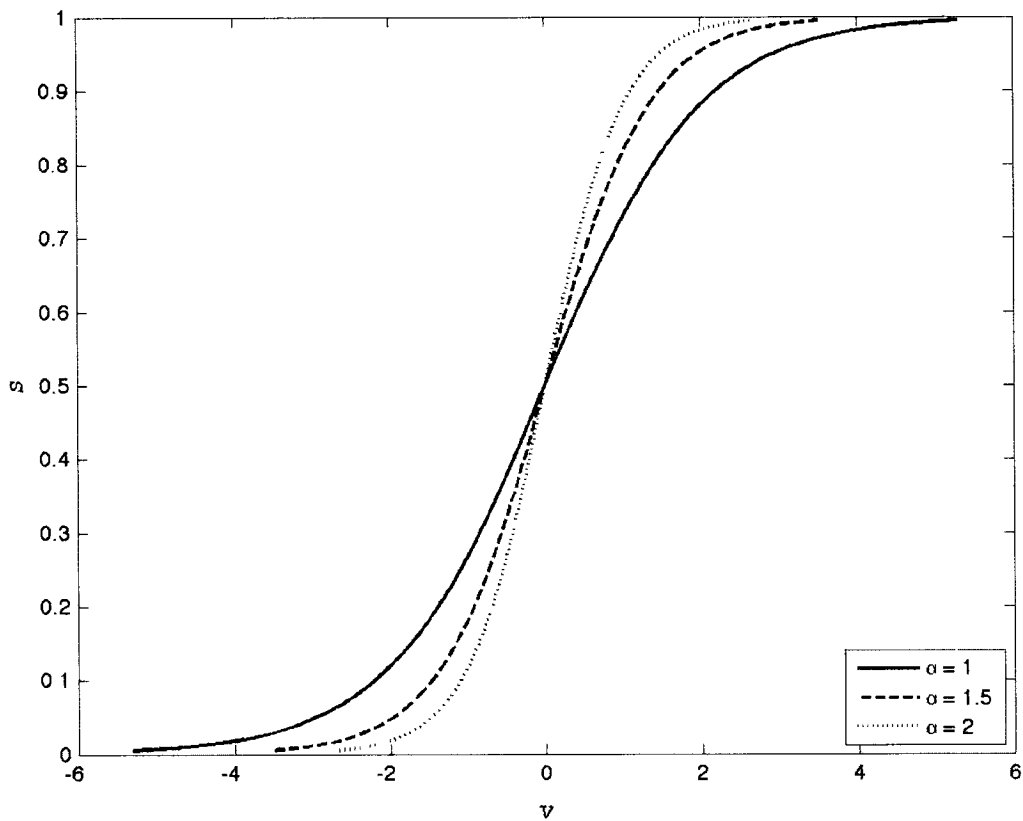


图 2

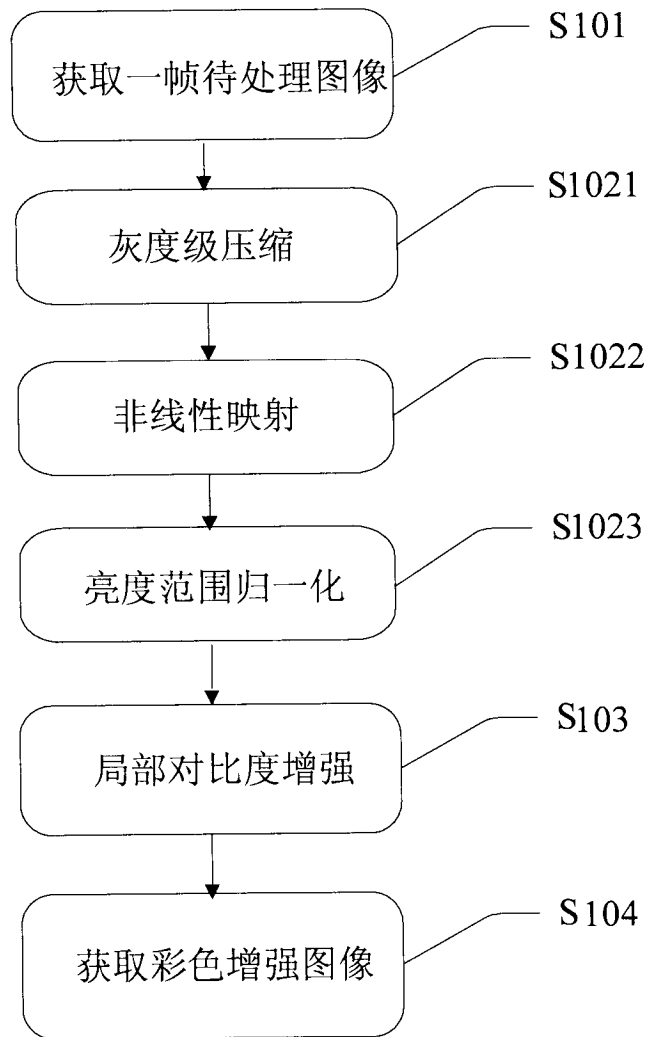


图 3

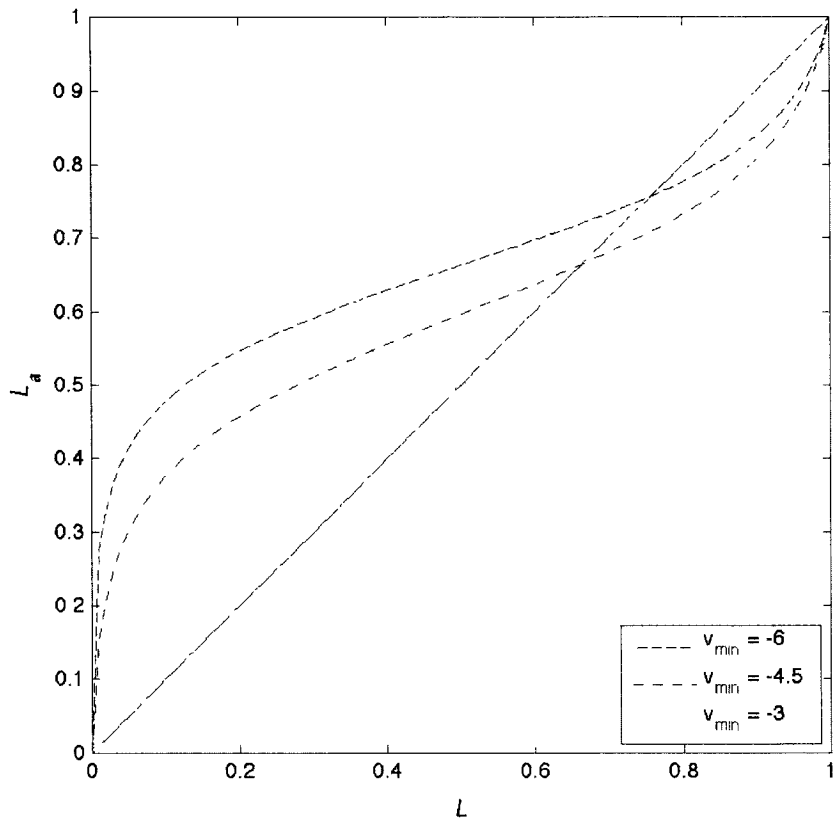


图 4

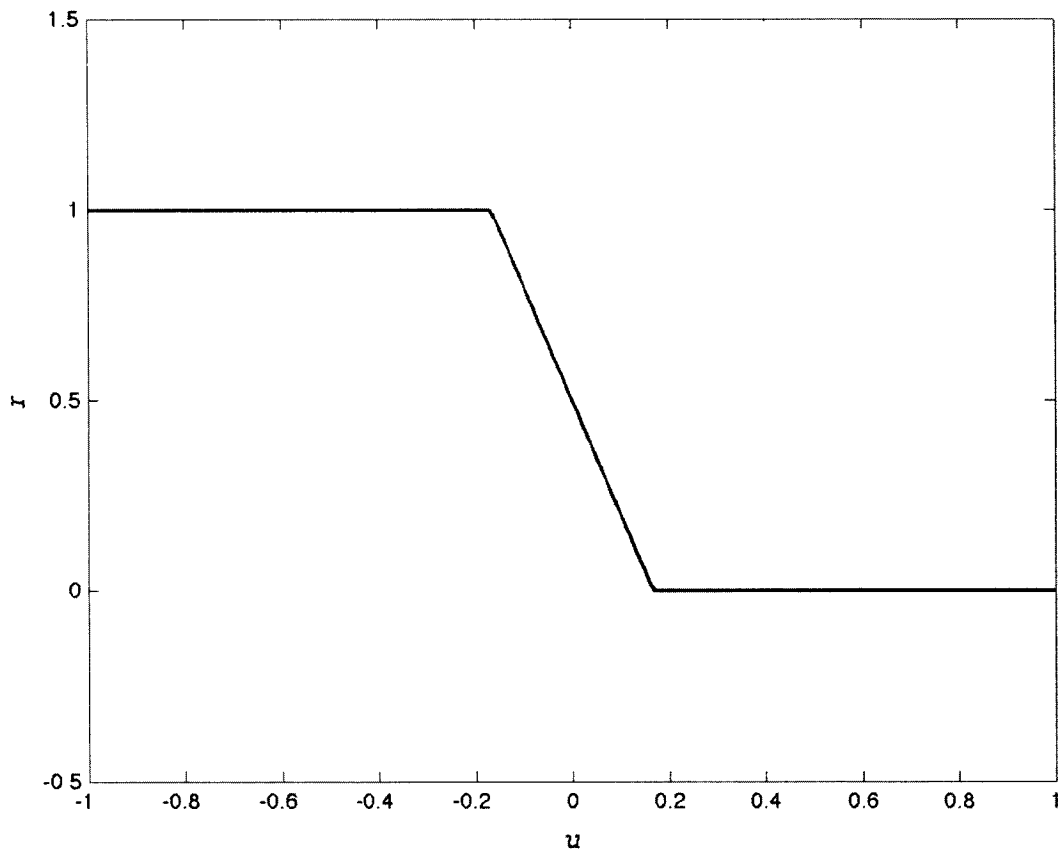


图 5

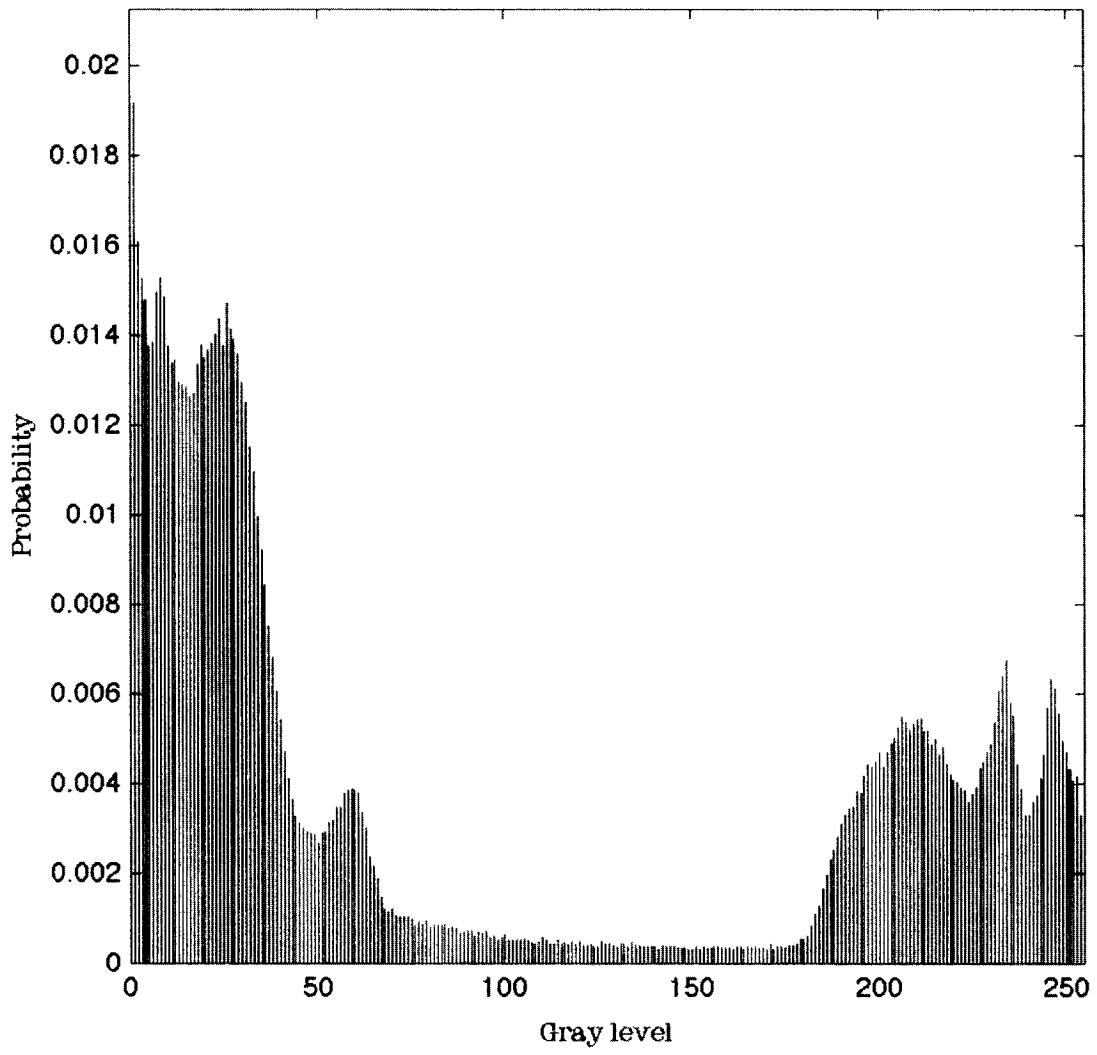


图 6a

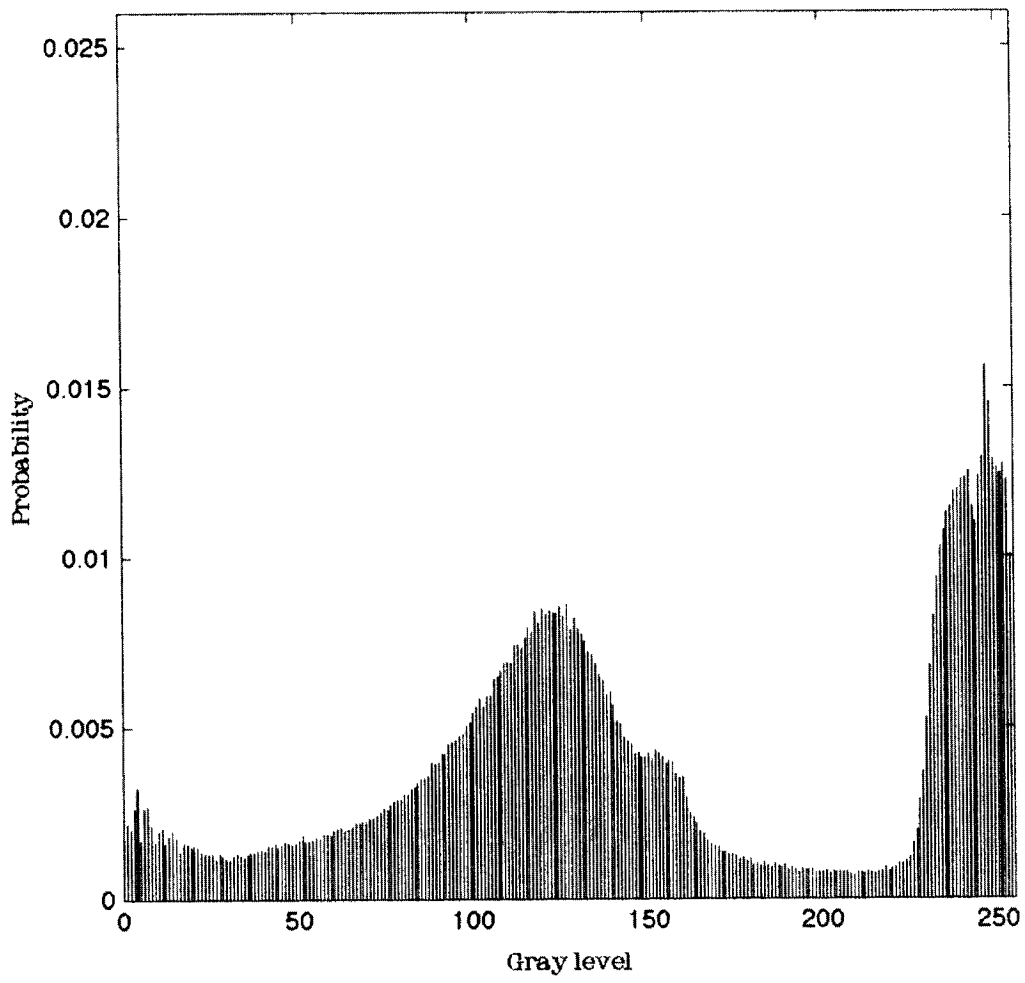


图 6b

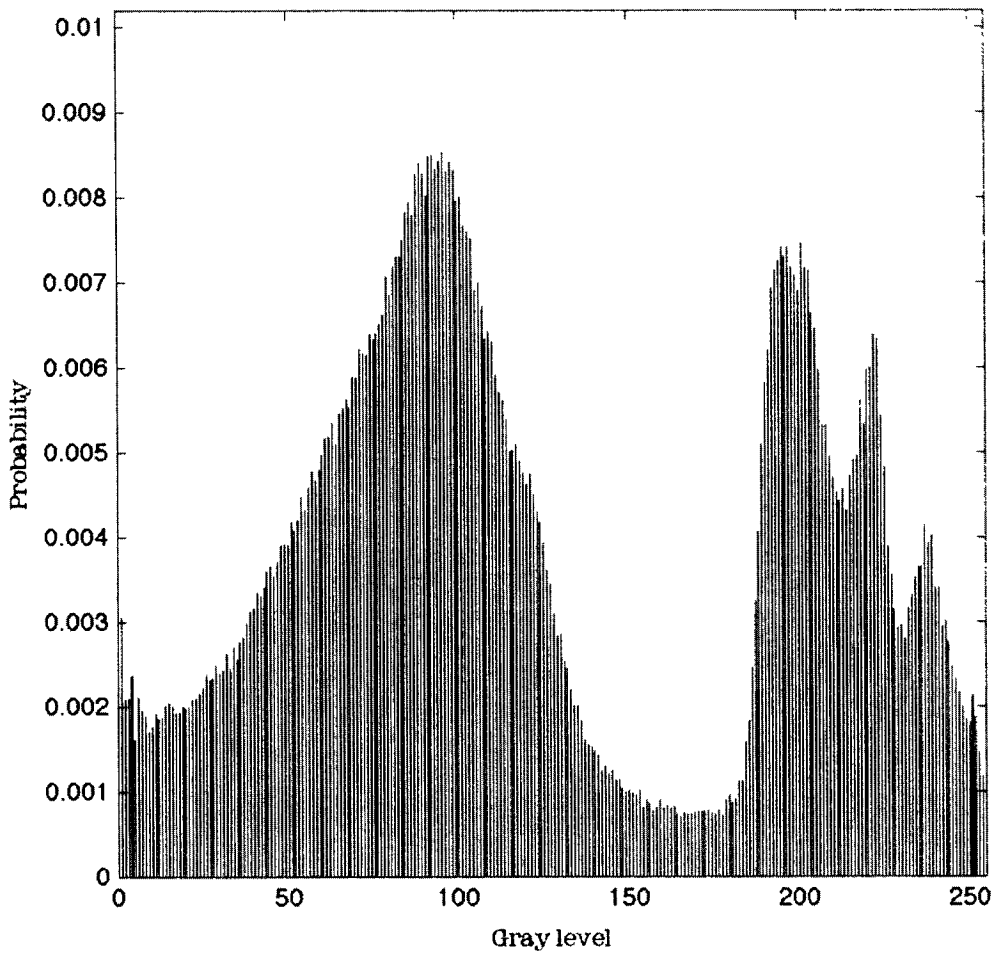


图 6c

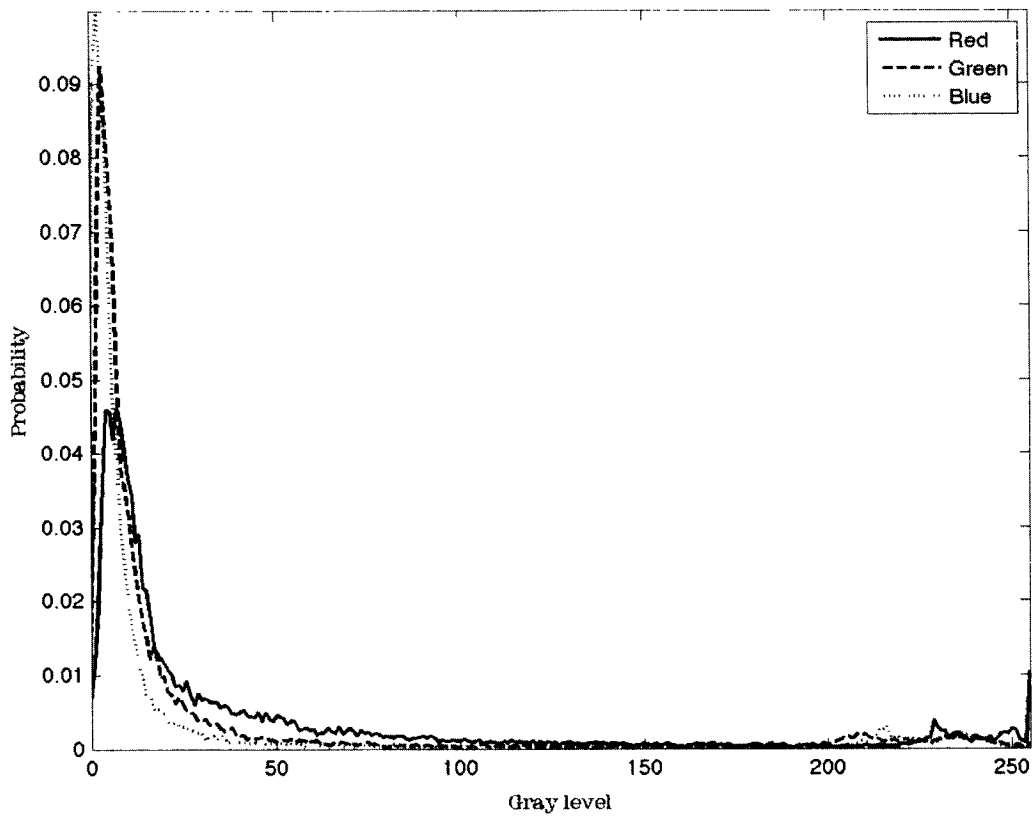


图 7a

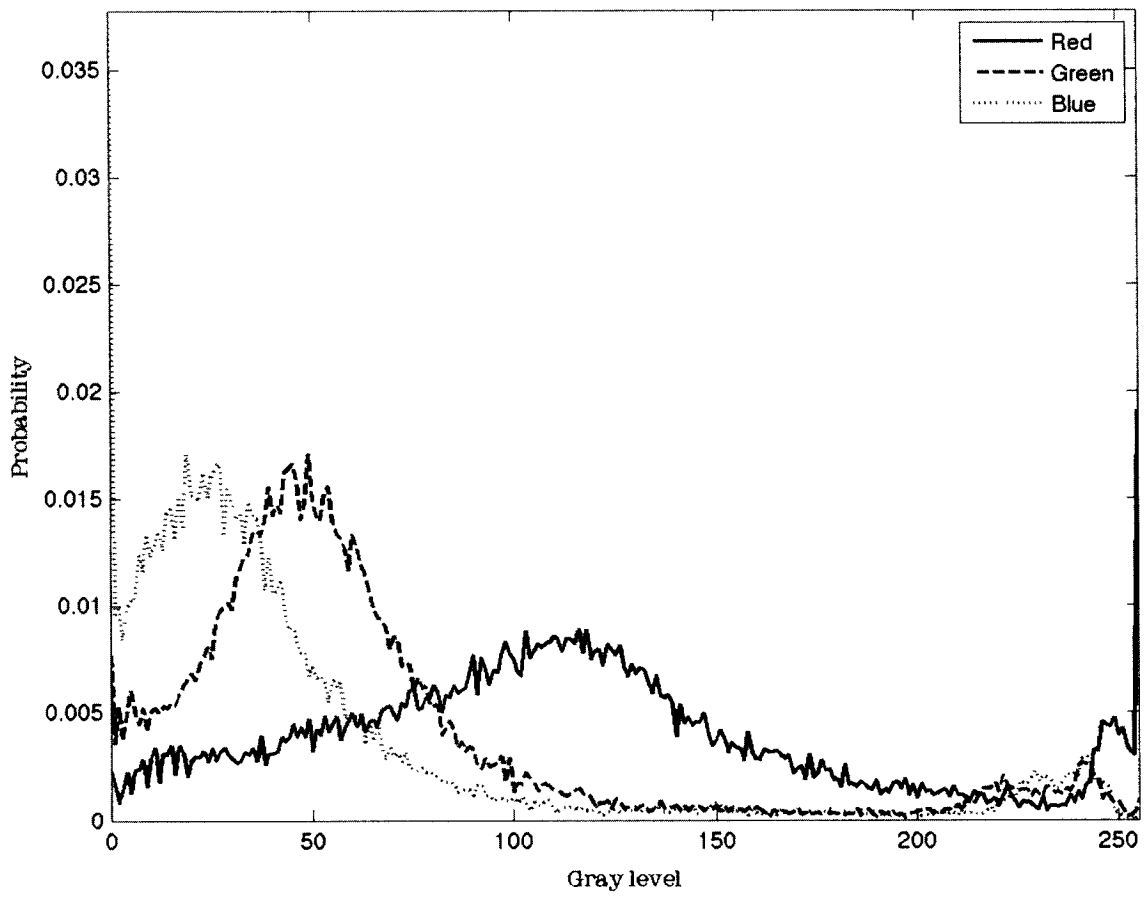


图 7b

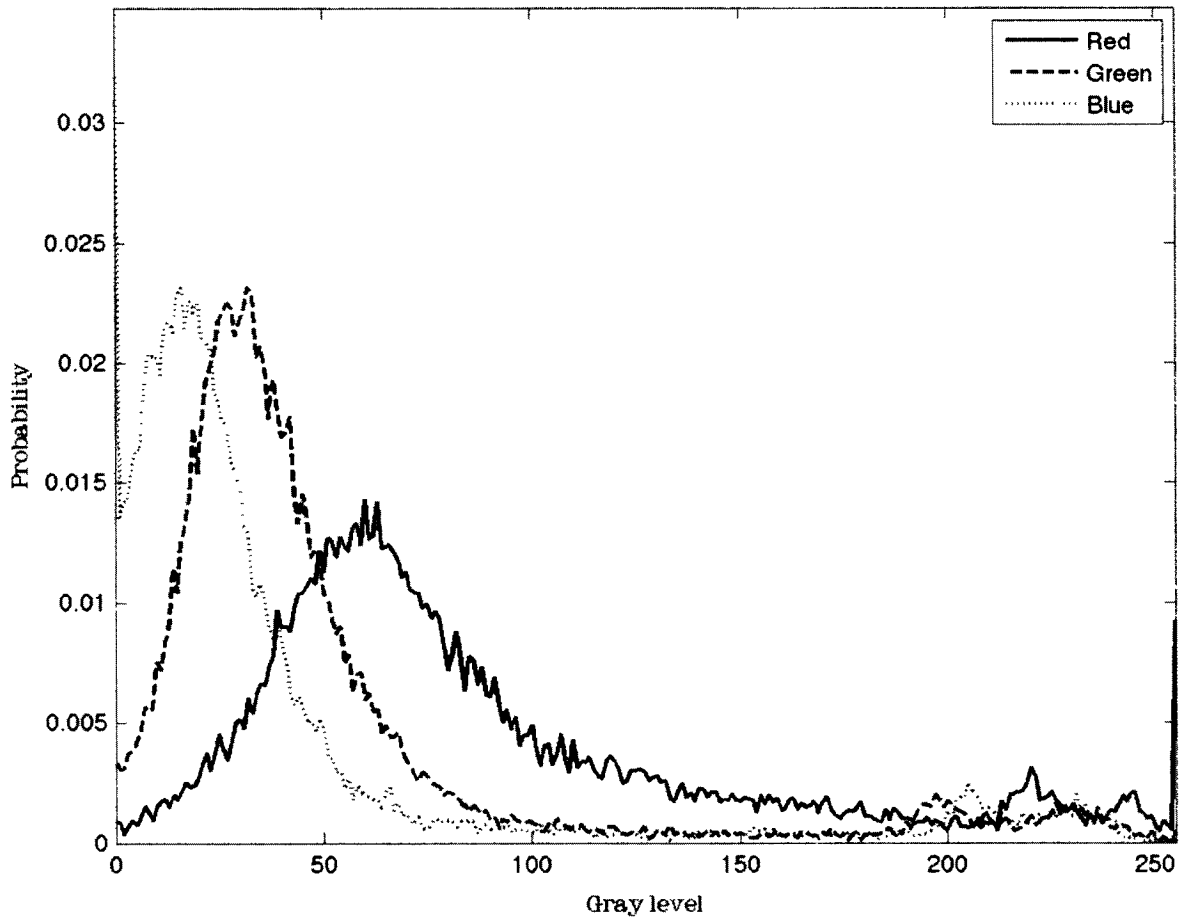


图 7c

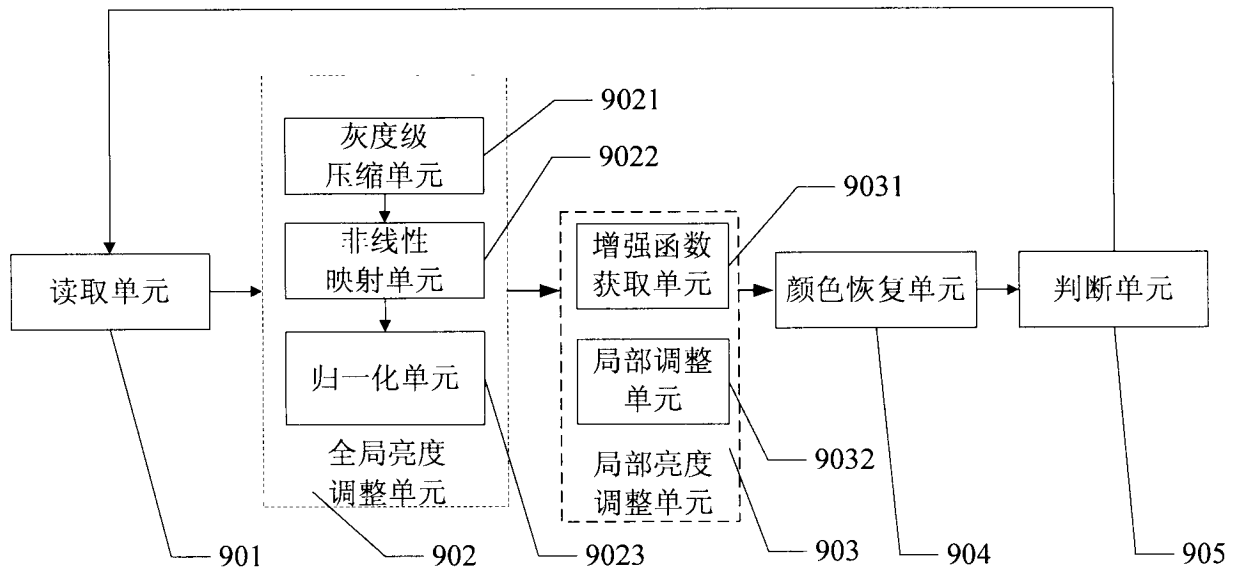


图 8