

文章编号:1007-2780(2011)03-0374-05

暗背景下低灰度图像的实时增强

黄 梅^{1,2}, 吴志勇^{1*}, 梁敏华¹, 于建军³, 管目强^{1,2}

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033, E-mail: hm2005678@sina.com;
2. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3. 中国人民解放军 91245 部队, 辽宁 葫芦岛 125000)

摘 要: 灰度图像由于光照等原因往往存在着较暗区域, 并且这些区域的图像细节无法直接识别。针对这种现象, 提出了一种基于局部统计增强的改进算法, 并有效结合子块部分重叠的思想, 实现了暗背景下低灰度图像的实时增强。与传统直方图均衡化增强方法相比, 该方法保留了较亮区域的视觉特性, 且对噪声的增强相对较弱。在 TMS320DM642 实时图像处理系统上的验证结果表明, 该方法能取得非常好的显示效果, 并且处理时间为每帧 8 ms 左右, 完全满足实时性要求。

关 键 词: 实时图像增强; 局部统计; 子块部分重叠; TMS320DM642

中图分类号: TP911.73 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20112603.0374

Real-Time Enhancement Method of Low Gray Image Under Dark Background

HUANG Mei^{1,2}, WU Zhi-yong^{1*}, LIANG Min-hua¹, YU Jian-jun³, GUAN Mu-qiang^{1,2}

(1. Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China, E-mail: hm2005678@sina.com;
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;
3. Unit 91245 of the Chinese People's Liberation Army, Huludao 125000, China)

Abstract: Dark areas often exist in gray image as light and other reasons, hence, in these areas the image detail can not be directly identified. So an improved image enhancement algorithm based on local statistics and partially overlapped sub-block ideas is proposed in this paper. The proposed algorithm can achieve real-time enhancement of low gray image under dark background. Compared with traditional histogram equalization method, the new algorithm not only reserves the visual characteristics of bright region but also brings relatively weak noise enhancement. Experimental results tested on TMS320DM642 real-time image processing system show that the proposed algorithm obtains excellent display performance, and the processing time for each frame is around 8 ms, which satisfies the real-time requirement completely.

Key words: real-time image enhancement; local statistics; partially overlapped subblock; TMS320DM642

1 引 言

在实时监控或拍摄过程中, 由于受到光照、背景等的影响, 一帧图像中可能同时存在高亮度区域和低亮度区域。出于视觉特性, 我们可以轻松地观察到高亮度区域的图像细节, 但是在暗背景

收稿日期: 2010-12-08; 修订日期: 2011-03-02
基金项目: 吉林省自然科学基金(No. 201115124)
作者简介: 黄梅(1986—), 女, 四川万源人, 硕士研究生, 主要从事视频图像处理方面的研究。
* 通讯联系人, E-mail: wuzy@ciomp.ac.cn

下的低灰度图像细节则很难通过肉眼观察识别,这就要求对这种视频图像进行增强。

目前图像增强的算法较多^[1-6],但能够实时处理的算法大多比较简单,处理效果一般。比较流行的实时增强技术大多是基于直方图均衡的方法,其基本思想是根据输入图像的灰度概率分布来确定其对应的输出灰度值,通过扩展图像的动态范围达到提升图像对比度的目的^[4]。这些方法虽然易于实现,但存在因灰度级减少而导致某些细节消失,经处理后对比度发生过增强、出现伪轮廓等缺点^[7];更关键的是噪声也会被大幅增强,这是我们不需要的结果。

本文从重点增强低灰度区域图像细节的目的出发,提出一种以局部统计为基础的改进增强算法^[4],在实现增强低灰度区域图像细节的同时完全保留了高灰度区域的灰度特征。为进一步提高处理速度,还结合了子块部分重叠的思想^[1],进行了算法的优化处理。

2 局部统计增强

对于一幅灰度级为 $[0, L-1]$ 范围的数字图像,令 r_k 为第 k 级灰度, n_k 为图像中灰度级为 r_k

的像素个数,图像中的像素总数用 n 来表示。则灰度级为 r_k 的发生概率估计值 $p(r_k)=n_k/n$,整幅图像的灰度均值(也可称全局平均值) m 可由式(1)求得,方差可由式(2)求得。全局平均值和方差是整幅图像亮度与对比度的度量。

$$m = \sum_{i=1}^{L-1} r_i p(r_i) \tag{1}$$

$$\sigma^2(r) = \sum_{i=1}^{L-1} (r_i - m)^2 p(r_i) \tag{2}$$

在图像增强中,更有意义的应用是局部平均值与方差^[8]。令 S_{xy} 表示以像素点 (x, y) 为中心的子域,则子域 S_{xy} 中的局部平均值与方差可由式(3)、式(4)求得。其中局部平均值是子域 S_{xy} 亮度的度量,方差是子域中对比度的度量。

$$m_{s_{xy}} = \sum_{(s,t) \in S_{xy}} r_{s,t} p(r_{s,t}) \tag{3}$$

$$\sigma_{s_{xy}}^2 = \sum_{(s,t) \in S_{xy}} (r_{s,t} - m_{s_{xy}})^2 p(r_{s,t}) \tag{4}$$

目前比较成熟的基于局部统计的增强方法^[4]如公式(5)所示, $f(x, y)$ 表示像素点 (x, y) 的原始灰度值, $g(x, y)$ 表示增强处理后相应的灰度值, M_G 是全局平均值, D_G 是全局标准差, E, k_0, k_1, k_2 是特定的参数。

$$g(x, y) = \begin{cases} E \cdot f(x, y) & \text{如果 } m_{s_{xy}} \leq k_0 M_G \text{ 且 } k_1 D_G \leq \sigma_{s_{xy}} \leq k_2 D_G \\ f(x, y) & \text{其他} \end{cases} \tag{5}$$

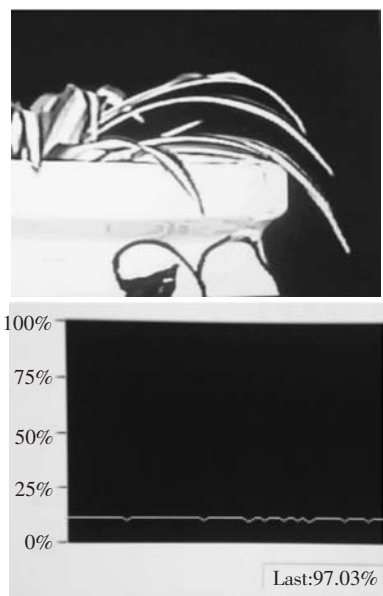


图 1 原始图像及对应 DM642 的 CPU 使用率
Fig. 1 Original image and the using rate of DM642

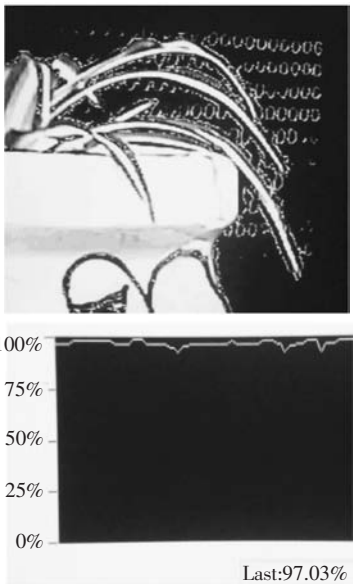


图 2 局部统计增强及对应 DM642 的 CPU 使用率
Fig. 2 Local statistics enhancement and the using rate of DM642

图 1 是原始图像及对应 DM642 的 CPU 使用率。局部统计增强方法的实验结果如图 2 所示,能将暗区具有一定对比度的细节有效增强,与原始图 1 比较,可以明显地观察到黑色机箱上的散热孔。但是也可以发现,在明暗交接处(花盆和花叶的边缘)出现了许多小亮点,这是由增强而引入的噪声。分析该算法,不仅要计算整幅图像的灰度平均值和方差,且每个像素点均需计算其所在子域的均值与方差,这就引入了大量的乘法运算,大大占用了 CPU 使用率。在 DM642 平台上对分辨率为 320×256 的图像进行上述算法的增强时,CPU 的使用率一直处于 90% 以上,使得图像处理系统无法再进行其他的任何操作,不能满足实际应用的要求。

3 本文提出的方法

3.1 改进的局部统计增强

下面将从两方面对上述算法进行改进:在保证增强效果的同时简化算法的复杂度;消除引入的噪声(小亮点)。

对于式(5),灰度值为常数的子域不进行任何操作,依旧保持较低的灰度,而在有对比度的子域灰度值则被明显地增大了,这就是图 2 所示的问题:被增强的区域明暗对比度过于强烈。本文考虑将方差约束条件省略,对暗区域进行整体灰度提升,来达到视觉的柔和度,也简化了算法中几乎所有的乘法运行,这对图像处理芯片的处理速度来说有可观的改善。另外,图 2 中出现了小亮点,其原因是在明暗交接处,其子域的均值和方差均满足式(5)的增强准则,所以其灰度值被大幅提升,也就出现了很明显的小亮点。本文考虑将被增强的像素点的灰度值限制在一定的灰度值范围之下,消除小亮点的出现。

综述分析,得出了如式(6)所示的改进方法。结合该方法的实验结果如图 3 所示。可见,不但机箱上的散热孔能够很容易地观察到,明暗区域的对比度保持了增强之前的趋势,视觉效果较图 2 有了大幅改进,更重要的是 DM642 的 CPU 使用率降低到了 50% 左右。

$$g(x,y)=\begin{cases} [E+f(x,y)]/2 & m_{S_{xy}} \leq E \text{ 且 } f(x,y) \leq E \\ f(x,y) & \text{其他} \end{cases} \tag{6}$$

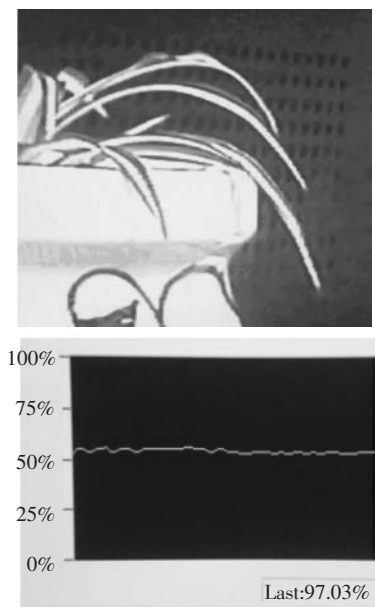


图 3 改进的局部统计增强及对应 DM642 的 CPU 使用率

Fig. 3 Improvement of local statistics enhancement and the using rate of DM642

3.2 子块部分重叠

式(5)和式(6)都是在子块重叠的基础上进行的,即每个像素都要计算其邻域的均值或方差,计算量大,难以实现快速的处理,或者说当所要处理图像的分辨率增加时,运算量也会成正比的增加。因此,在式(5)的基础上研究提出一种子块部分重叠局部统计增强算法^[1]。

图 4 为子块部分重叠局部统计增强算法的示意图。首先将图像分成 $M \times N$ 子块,每子块的分辨率为 $n \times n$ (这里要求 n 为偶数),分别计算每个子块的均值。然后以图中的灰色方块为每次的增强处理单元,其分辨率也为 $n \times n$ 。假设图中的 a 为当前要处理的子块,那么 a 与相邻 4 个子块 A、B、C、D 的关系如图中所示。计算处理时,首先根据 A、B、C、D 的均值 m_A 、 m_B 、 m_C 、 m_D 计算 a 子块领域的 $m_a = (m_A + m_B + m_C + m_D) / 4$; 然后以 m_a 为判定条件按照式(6)对子块 a 内的每个像素点进行处理,处理完后将当前处理子块依次顺延即可。结合子块部分重叠的局部统计增强的实验结

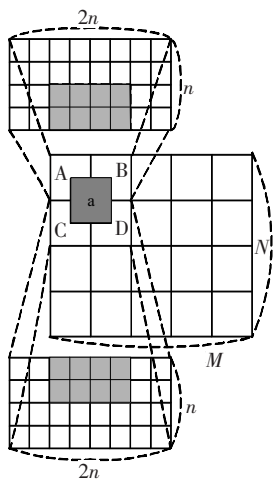


图 4 子块部分重叠局部统计增强算法
Fig. 4 Partially overlapped sub-block local statistical enhancement algorithm

果如图 5 所示,可见增强后的图像与图 3 的整体效果一致,但其 CPU 的使用率却降低到了 20% 左右,这就为后续的其他图像处理提供了很大的利用空间。

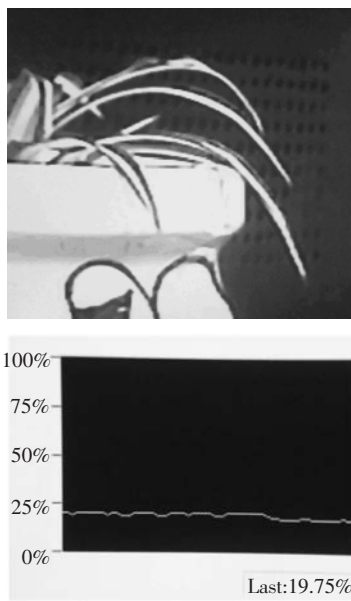


图 5 本文方法及对应 DM642 的 CPU 使用率
Fig. 5 Proposed method and the using rate of DM642

4 实验平台与实验结果

本文的实时图像处理系统主要包含 TMS-320DM642 视频处理模块,图 6 给出了系统的整体框图。摄像头拍摄到的视频图像首先经过视频解码芯片 TVP5150 解码,然后以 BT656 的格式

传送给 DM642 的 VP2 口进行捕获,捕获到的数据直接由 EDMA 缓存到 SDRAM 中的采集缓存区。而 DM642 的 CPU 主要完成的任务是利用 EDMA 将采集缓存区的一帧数据读入进行相应的处理,然后将处理后的数据由 EDMA 送到显示缓存区。在 VP0 口,则将 EDMA 搬移的显示缓存区的数据以 BT656 的格式送出给视频编码芯片 SAA7121H 编码后在监视器上进行实时的显示。

结合项目要求,仅仅采集分辨率为 320×256 的图像,进行相应的增强处理后再将其扩展为分辨率为 640×512 的图像在监视器上进行显示。上述各算法的实时处理结果及通过 DSP/BIOS 的实时监测功能所观察到的 CPU 使用情况如图 1、2、3、5 所示。

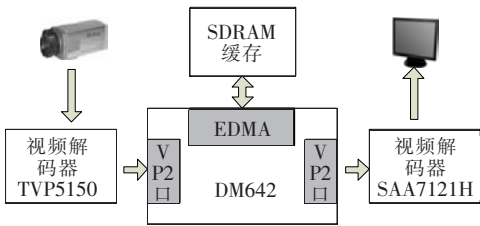


图 6 实时图像处理系统
Fig. 6 Real-time image processing system

通过图 1、2、3、5 的结果可以看到,将改进的局部统计方法与子块部分重叠思想结合到实时图像增强中后,不但能够将原先根本无法观测到的机箱散热孔清晰地显示出来,而且对于亮度较高局域(如花盆)几乎没有影响,也没有引入其他噪声;同时,DM642 的 CPU 使用率较处理之前仅仅增加了 9% 左右。可见,该方法完全满足实时图像处理领域中噪声抑制和处理速度方面的要求。

5 结 论

在实时图像处理的简单有效的原则上,针对传统的局部统计增强方法效果上的不足以及处理时间过长的缺点,提出了一种新的子块部分重叠局部统计增强算法。该算法不仅能在有效增强低灰度区域图像细节的同时保持高灰度区域的视觉特征,并且其处理速度也大大提高,能在完全脱离传统 PC 机的情况下很好地运行在图像处理芯片上,是一种有效的实时图像增强算法。

参 考 文 献：

[1] 李力,金伟其,黄有为,等. 一种低对比度可见光超视距成像的实时图像增强方法[J]. 兵工学报,2010, 31(2): 242-247.

[2] 孙玉胜,白克. 基于小波变换与加权滤波的电机红外图像增强[J]. 液晶与显示,2010,25(3):439-443.

[3] 詹永鑫,郑学仁,陈建宾. 基于亮度分量的快速图像增强方法[J]. 液晶与显示,2010,25(2):273-277.

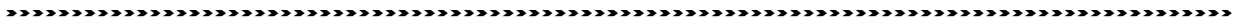
[4] 胡元刚. 直方图均衡增强算法在实时图像处理中的实现[J]. 液晶与显示,2009, 24(6):907-910.

[5] 朱明,鲁剑锋,赵建,等. 基于 TMS320C6202 DSP 的实时数字图像处理系统的设计[J]. 光学 精密工程, 2003,11 (5): 497-501.

[6] 张大奇,曲仕茹,何力. 路面病害检测系统中的图像增强技术[J]. 光学 精密工程,2010, 18(8):1869-1876.

[7] 蔡超峰. 局部直方图均衡化算法研究及其应用[D]. 郑州:郑州大学,2005.

[8] 冈萨雷斯. 数字图像处理(第二版)[M]. 阮秋琦,阮宇智,译. 北京:电子工业出版社,2008.



物理量量值表示法

物理量量值必须用阿拉伯数字表示。按规定,阿拉伯数字后的单位必须使用我国法定计量单位,在非普及性的科技书刊中,还应使用单位的国际符号。例如:1 m, 5 d,12 m²,4 A,2 000 m³/s,273 K,100~150 kg,30 多 V,400 余 t 等。

在非普及性的科技书刊中,非量值情况下也使用单位的国际符号。例如:“速度的单位为 m/s”,“每 mL 溶液……”等,只要不会引起误解,单位的国际符号可以用于一切使用单位的场合。

对于非物理量的量词前面的数字,一般也应使用阿拉伯数字,包括整数一至十。例如:1 支铅笔,2 台电视,3 组数据。

组合单位加词头的规则

- a. 通过单位相乘构成的组合单位,通常词头加在第 1 个单位前面。例如:N·s 加词头 k,应为 kN·s。但常见的法定单位中有 2 个单位例外。一个是电阻率的单位 $\Omega\cdot\text{m}$,通常写成 $\text{k}\Omega\cdot\text{m}$, $\text{M}\Omega\cdot\text{m}$,但当加词头 c 时,则要写成 $\Omega\cdot\text{cm}$;另一个是货运量单位“吨公里”写成 $\text{t}\cdot\text{km}$ 。
- b. 通过单位相除或相乘除(分数形式)构成的组合单位,词头一般加在分子的第 1 个单位前,分母一般不加词头。例如:摩尔熵单位 $\text{J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ 加词头 k,应写成 $\text{kJ}/(\text{mol}\cdot\text{K})$,不能写成 $\text{J}/(\text{mmol}\cdot\text{K})$,虽然 $\text{kJ}/(\text{mol}\cdot\text{K})=\text{J}/(\text{mmol}\cdot\text{K})$,但 $\text{J}/(\text{mmol}\cdot\text{K})$ 是不规则的。
- c. 一般不在组合单位的分子分母同时加词头。
- d. 组合单位的分母为长度、面积、体积单位或分子为 1 时,分母可按习惯与方便选用某些词头。
- e. 质量单位 kg 例外。