

# 基于局部熵的 CMOS 摄像头疵点检测

沈雅芬, 刘纯平, 王朝晖

SHEN Ya-fen, LIU Chun-ping, WANG Zhao-hui

苏州大学 计算机科学与技术学院, 江苏 苏州 215006

School of Computer Science and Technology, Soochow University, Suzhou, Jiangsu 215006, China

E-mail: shenyafen\_10@163.com

SHEN Ya-fen, LIU Chun-ping, WANG Zhao-hui. Defect detection of CMOS camera based on local entropy. *Computer Engineering and Applications*, 2009, 45(20): 71-73.

**Abstract:** In the digital image performance testing system of CMOS camera, defect detection is crucial. This paper proposes a defect detection of CMOS camera based on local entropy. Compared to the former method of defect detection on the camera, the local entropy method is adaptive. Experimental results have shown that the proposed method is accurate and efficient for detecting defect on the camera.

**Key words:** local entropy; digital image; defect detection

**摘要:** 在 CMOS 摄像头数字图像性能检测系统中, 疵点检测是关键内容。基于局部熵, 提出了基于局部熵的 CMOS 摄像头疵点检测方法。与原有的摄像头疵点检测方法进行比较, 局部熵方法是一种自适应的疵点检测方法。实验结果表明, 该方法能够准确、有效地检测到摄像头的疵点。

**关键词:** 局部熵; 数字图像; 疵点检测

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.20.022 文章编号: 1002-8331(2009)20-0071-03 文献标识码: A 中图分类号: TP391.41

## 1 引言

数码产品的日益普及, 特别是数码相机和手机对摄像头用量的不断扩大, 使得低功耗、电路简单、连接和编程方便的 CMOS 数字图像传感器摄像头成为市场的主流<sup>[1]</sup>。国内还没有看到有关 CMOS 摄像头性能检测系统的报道。随着大众对摄像头要求的不断提高, 摄像头的性能检测将成为一项必不可少的工作。目前急需一个有效的 CMOS 摄像头性能检测系统。

本文提到的 CMOS 摄像头性能检测系统采用 Cypress 公司的 EZ-USB FX2 接口控制器, 建立 CMOS 数字图像传感器与 PC 机之间的 USB2.0 数字视频信号传输通道, 实现从摄像头到 PC 机的数字图像信号高速传输; 然后利用 Microsoft 公司发布的流媒体开发包 DirectShow, 实现视频的捕捉与显示; 再利用 Microsoft Visual C++ 对 PC 端采集到的图像进行分析, 完成视频流的实时采集与图像显示; 最后对摄像头的 MTF(调制解调函数)、亮度、疵点等参数进行检测与分析。

疵点检测是该系统中的关键内容。其主要目的是通过对摄像头所捕捉图像的分析, 来判断摄像头上是否存在疵点并将疵点标出。虽然原来的疵点检测方法具有很好的效果, 但是每次必须手动设置阈值, 并且凭人眼无法确定阈值大小, 给检测工作带来了一定的麻烦。借鉴国内外织物和镀金表层的疵点检测方法<sup>[2-9]</sup>, 并结合本系统的特点, 提出了一种自适应的基于局部

熵的摄像头疵点检测方法。

## 2 原疵点检测方法

### 2.1 疵点检测的原理

首先, 从视频流中截取一帧白色背景的图像数据, 或用摄像头照射一张白纸来获得图像数据; 然后, 对该数据图像的灰度值进行分析、处理, 通过设置阈值来判断疵点所在区域; 最后, 在应用软件端标出疵点位置。

### 2.2 原方法的描述

原疵点检测方法是遍历每个像素点, 通过设置全局的灰度阈值来检测疵点域。其流程图如图 1(a) 所示。

## 3 基于局部熵的疵点检测方法

### 3.1 图像的局部熵

对于一幅  $M \times N$  大小的图像, 熵的定义<sup>[9]</sup>:

$$H_f = - \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N P_{ij} \lg P_{ij} \quad (1)$$

$$P_{ij} = \frac{f(i, j)}{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N f(i, j)} \quad (2)$$

基金项目: 江苏省大学生实践创新训练计划; 苏州大学国家大学生创新性实验项目; 蓍政基金。

作者简介: 沈雅芬(1986-), 女, 软件工程专业; 刘纯平(1972-), 女, 博士, 副教授, 主要研究方向为图像处理、模式识别、多源信息融合; 王朝晖(1967-), 女, 副教授, 主要研究方向为视频处理、分析。

收稿日期: 2008-06-03 修回日期: 2008-08-21

其中,  $H_f$  是  $M \times N$  大小的局部窗口的熵, 即局部熵;  $P_{ij}$  为点  $(i, j)$  处灰度分布概率;  $f(i, j)$  是点  $(i, j)$  处灰度值;  $M, N$  分别是图像的长和宽。

图像的局部熵反映了图像灰度的离散程度。对于公式(1), 程序中用到四层循环, 时间开销很大。在实际情况中, 为了加快速度, 简化算法, 可以对公式(1)进行简化处理。由定义可知,  $P_{ij} \ll 1$ , 因此, 根据泰勒级数展开公式, 舍去公式(1)中的高次项, 得到近似公式(3):

$$H_f \approx - \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N P_{ij} (P_{ij} - 1) = 1 - \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N P_{ij}^2 \quad (3)$$

公式(3)就是本文所用图像局部熵的计算公式。

### 3.2 局部熵算法的描述

首先, 将数据图像分为若干个  $M \times N$  的子图, 使用公式(3)来计算各个子图的局部熵, 通过设置局部熵的阈值来判断斑点所在区域; 接着, 合并相邻的斑点区域; 最后, 在应用软件端标出斑点位置。

根据实际情况, 考虑阈值对不同图像的自适应性, 阈值  $T$  由公式(4)确定:

$$T = (H_{\max} + kH_{\min}) / (1 + k) \quad (4)$$

其中,  $H_{\max}$ 、 $H_{\min}$  分别为子图的最大、最小熵值;  $k$  是阈值系数。算法流程图如图 1(b)所示。

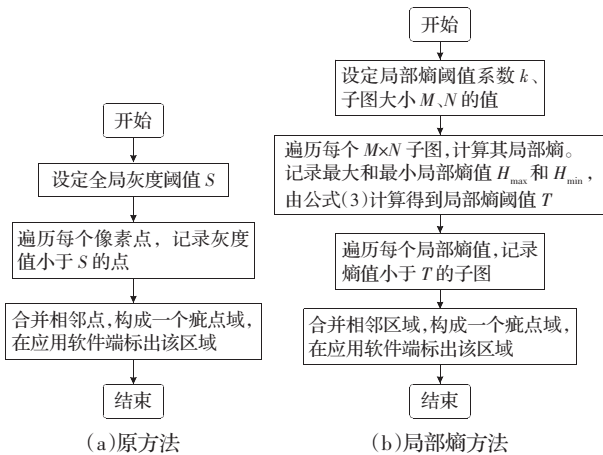


图1 斑点检测算法流程图

## 4 实验

### 4.1 实验准备

图 2 是三张不同的待检测图像, 用 8 位灰度值(0~255)表示。其中, 图 2(a)的背景灰度值接近于 255, 斑点灰度值较大; 图 2(b)由于光照不够, 背景灰度值相对图 2(a)较小, 斑点灰度值较小; 图 2(c)是一张二值图, 背景灰度值为 255, 斑点灰度值为 0。



图2 三张不同背景灰度值的待检测图像

熵方法。

### 4.2 原方法实验结果

要使检测结果较准确, 对于灰度阈值的取值范围, 图 2(a)为 [187, 255], 图 2(b)为 [52, 150], 图 2(c)为 [1, 255]。

### 4.3 基于局部熵方法的实验结果

在改进的算法中, 对于阈值系数  $k$  和子图像的大小是两个关键参数。算法中首先就是要确定阈值系数和子图像的大小。

局部熵方法中阈值系数  $k$  的确定是关键。改进算法的阈值系数  $k$  的实验结果如表 1 所示。对于表 1 中的奇数次实验的斑点检测结果如图 3 所示。图 3 中存在交叉区域, 是因为每个斑点域的大小被放大了 2 个像素单位。从图 3 中可以发现当  $k=0.1$  的时候, 对不同背景灰度图像的斑点检测都有较好的检测精度, 而且具有较好的噪声抗干扰能力。由公式(4)可得公式(5):

$$k = (H_{\max} - T) / (T - H_{\min}) \quad (5)$$

由公式(4)很容易得出,  $T$  是介于  $H_{\max}$  和  $H_{\min}$  之间的一个

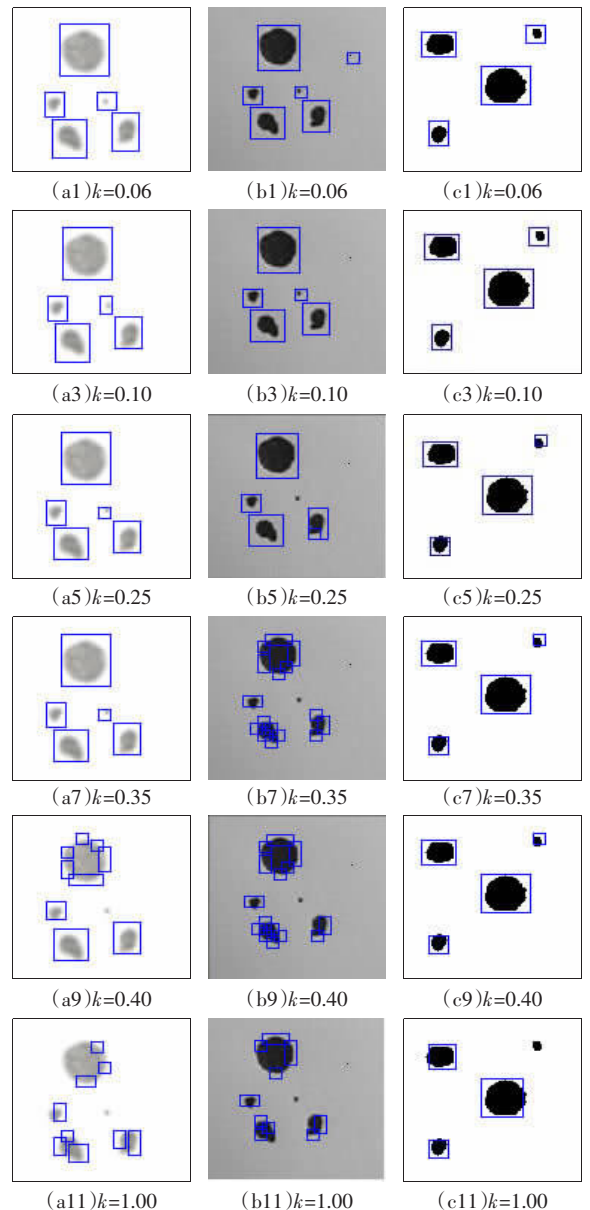
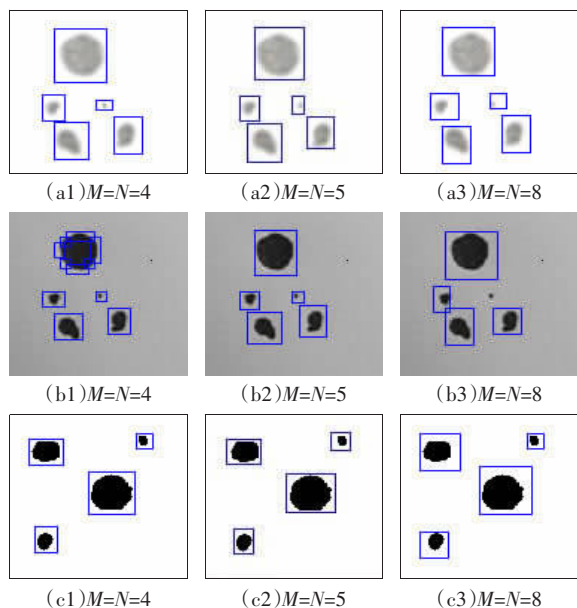
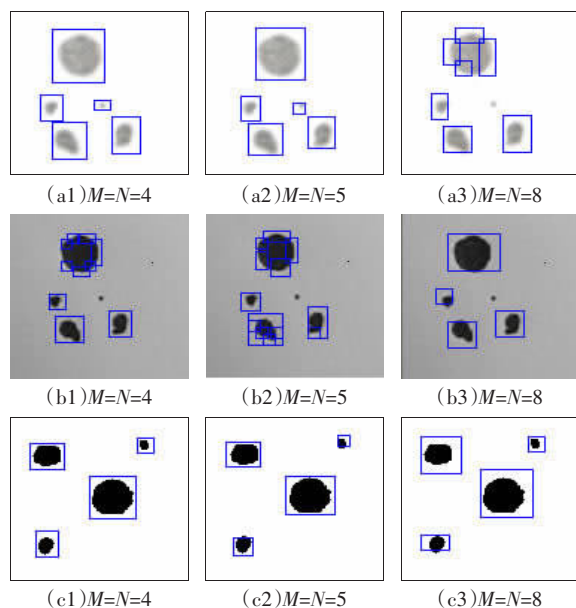


图3 不同阈值系数  $k$  的实验结果

(其中(ai)、(bi)、(ci)对应于表 1 中实验  $i$  的结果)

这里采用 Microsoft Visual C++ 6.0 实现原有方法和局部

图4  $k=0.1$  时不同子图像大小的检测结果图5  $k=0.3$  时不同子图像大小的检测结果

值。从公式(5)可知,  $k$  是阈值  $T$  与最大熵值  $H_{\max}$ 、最小熵值  $H_{\min}$  的差值的比值, 即  $k$  是表示  $T$  与  $H_{\max}$ 、 $H_{\min}$  的相对差值。由表 1 可知,  $k$  越大,  $T$  越小。当  $k=1$  时,  $T$  是  $H_{\max}$  和  $H_{\min}$  的平均值;  $k=0.1$  时,  $T$  比较接近  $H_{\max}$ , 即偏背景色, 这样一些疵点边缘较淡的部分也能够被检测出来。

表 1 不同  $k$  值对应的局部熵阈值

实验编号	阈值系数 $k$	局部熵阈值 $T$		
		图 2(a)	图 2(b)	图 2(c)
1	0.06	0.959 922	0.958 567	0.950 943
2	0.08	0.959 898	0.958 125	0.948 148
3	0.10	0.959 875	0.957 699	0.945 455
4	0.20	0.959 770	0.955 782	0.933 333
5	0.25	0.959 724	0.954 938	0.928 000
6	0.30	0.959 682	0.954 160	0.923 077
7	0.35	0.959 643	0.953 439	0.918 519
8	0.38	0.959 621	0.953 031	0.915 942
9	0.40	0.959 606	0.952 769	0.914 386
10	0.50	0.959 541	0.951 564	0.906 667
11	1.00	0.959 311	0.947 346	0.880 000

局部熵方法中子图的划分, 即  $M$  与  $N$  的取值, 与疵点的大小关系很大。对于  $M$ 、 $N$  的取值, 与  $k$  的值息息相关。文中选取了图 2 中三张图像的  $k=0.1$  和  $0.3$  的情况。图 4 为  $k=0.1$  的检测结果; 图 5 为  $k=0.3$  的检测结果。由实验结果可知,  $M$  与  $N$  过大, 则将过滤掉较小的疵点, 如图 4(b3) 所示; 过小, 则将一些噪声也检测出来, 如图 3(b1) 中右上角的噪声也被检测出来, 并且对于部分图像的边缘检测产生严重偏差, 如图 4(b1) 所示。

#### 4.4 实验分析

原方法缺乏自适应性。如果设定好灰度阈值, 则可以很准确地检测到疵点。但是, 由于摄像头捕获的图像具有不同的灰度特点, 如图 2(a) 和 (b) 所示, 图 2(a) 灰度阈值的取值范围为 [187, 255], 图 2(b) 为 [52, 150], 不存在一个公共的阈值。换言之, 对于不同的图像, 每次检测时必须手动设置阈值, 而且需要实验, 因为人眼无法确定阈值的大小。

对于局部熵算法, 从前面的实验结果可以看出: 当  $M$ 、 $N$  都取 5,  $k=0.1$  时, 检测结果最为理想, 具有很好的自适应性。即对于不同的图像, 无需重新设置阈值, 都能够准确地检测到疵点。因此在基于局部熵的摄像头疵点检测算法中的阈值系数  $k$  和子图像大小  $M$ 、 $N$  就可以确定出来了, 这也是最为理想的参数值。在此参数值的设定下, 不同背景灰度的摄像头疵点检测都能获得较好的检测结果。

当子图像大小取  $M=N=5$  时, 图 2 中三张图像的最大熵值  $H_{\max}$  和最小熵值  $H_{\min}$  如表 2 所示。

表 2 三张图像的最大熵值和最小熵值

	图 2(a)	图 2(b)	图 2(c)
最大熵值 $H_{\max}$	0.960 000	0.960 000	0.960 000
最小熵值 $H_{\min}$	0.958 622	0.934 692	0.800 000

## 5 结论

提出了基于局部熵的 CMOS 摄像头疵点检测方法。实验表明, 基于局部熵的 CMOS 摄像头疵点检测效果很好。因为局部熵是局部图像各像素点共同的贡献, 对于单点噪声不敏感, 所以对于孤立点具有很好的过滤效果。该方法增加了一定的计算量, 但对于原方法存在的不足, 局部熵方法具有以下优势: (1) 具有很好的自适应性。对于不同的图像, 都可以准确地检测到疵点; (2) 具有较强的抗噪声能力。

在摄像头日益普及的今天, 该方法定能够得到很好的应用。

## 参考文献:

- [1] 潘银松, 袁祥辉. CMOS 数字图像传感器研究进展[J]. 重庆大学学报: 自然科学版, 2005, 28(9): 16-19.
- [2] 祝双武, 郝重阳, 李鹏阳, 等. 基于纹理结构分析的织物疵点检测方法[J]. 计算机应用, 2008, 28(3): 647-649.
- [3] 刘素一, 刘晶璟, 章乐多. 基于小波包的织物疵点检测[J]. 广西轻工业, 2008(1): 73-74.
- [4] 王学文, 邓中民, 严平. 基于小波分析与纹理能量变换的织物疵点检测[J]. 棉纺织技术, 2007(10): 9-12.