

一种基于改进的 SROD 算法的电影胶片 斑块检测技术

龙振兴 徐进 余松煜 陈立

(上海交通大学图像通信与信息处理研究所, 上海 200240)

摘要 电影胶片由于长期存放和多次播放, 产生了灰尘、污垢、霉斑、图像抖动、划痕、闪烁、噪声、变色、模糊等问题, 其中由灰尘、污垢等引起的斑块是出现最频繁的损伤之一。为了快速有效地对这些斑块进行检测, 提出了一种检测电影胶片斑块损伤的技术, 该技术首先用改进的 SROD 算法对受损帧的斑块进行初步检测, 然后通过两次 EM 估计算法对检测结果进行后处理来消除噪声的影响, 同时确定斑块位置及其边缘信息。实验结果显示, 该技术不仅可以有效地检测斑块, 而且算法简单快速。

关键词 电影胶片 斑块检测 EM 算法

中图法分类号: TP391.41 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2008)10-1829-04

An Improved SROD Blotch Detection Method in Old Film

LONG Zhen-xing, XU Jin, YU Song-yu, CHEN Li

(Institute of Image Communication and Information Processing, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240)

Abstract Digital film archives are often damaged by aging and multiple playing, such as dust spots, dirt, blotches, film unsteadiness, line scratches, flicker, noises, color variations and blurs, which may cause some artifacts on the films. This paper introduces a method for blotch detection. The initial detection is gained by using an improved SROD algorithm. And then postprocessing module is achieved through two EM steps, thus eliminating the effect of noise and determining blotch. Experimental results show that the blotch detection method proposed in this paper is effective and can be easily implemented.

Keywords digital film archives, blotch detection, expectation maximization algorithm

1 引言

电影胶片是记录历史的珍贵素材, 也是开展高清电视内容服务的重要节目来源, 但由于长期存放和多次播放, 致使电影胶片存在着各种损伤。本文所研究的斑块和灰尘是出现最频繁的损伤之一, 其产生的原因归咎于不合理的存储环境, 或者是在放映或复制过程中被污染。这种损伤的显著特征是它们只存在于电影存储媒体的某一局部, 因而只发生

在单帧图像内, 而不是在整个图像序列中, 其显现出来的视觉效果就是电影中或明或暗的斑块。可表示为

$$z(\mathbf{p}_i) = (1 - d(\mathbf{p}_i)) \cdot y(\mathbf{p}_i) + d(\mathbf{p}_i) \cdot c(\mathbf{p}_i) \quad (1)$$

其中, $y(\mathbf{p}_i)$ 是原始无失真图像, $z(\mathbf{p}_i)$ 为失真图像, 污染系数 $d(\mathbf{p}_i) \in \{0, 1\}$: 0 表示该点没有被斑块污染, 1 表示已被污染, $c(\mathbf{p}_i)$ 表示被污染点的值, 且 $c(\mathbf{p}_i) \neq y(\mathbf{p}_i)$, \mathbf{p}_i 为图像内的第 i 个像素点。

对于单帧视频损伤来说, 检测是修复技术的

重点,也是最复杂的一环,斑块的检测模型在很多文章中已有详细的讨论。传统的检测器主要有 SDIa (spike detection index-a) 检测器、MRF (markov random field) 检测器、ROD (rank-ordered differences) 检测器和 AR (autoregressive) 检测器等,可是这几种检测器的性能并没有绝对的优劣^[1-3],其中 SDIa 检测器对阈值的设置比较敏感,且容易受噪声干扰;MRF 检测器是基于概率运算,算法相对复杂;而 AR 检测器则必须基于受损图像能够很好地通过前后帧进行运动估计和补偿的假设。

为改善电影胶片斑块的检测性能, Biemond 等人提出了 SROD postprocessing 检测模型^[4],较好地解决了检测过程中的噪声影响和斑块确定等问题。该算法先通过 SROD 检测器来获得检测结果,并提取出候选的斑块信息。postprocessing 处理过程则是首先采用基于概率的误检测算法来去除部分受噪声影响的所引起的误检结果;然后滞后算法采用高阈值和低阈值检测结果相结合的算法来确定最终斑块的位置和大体边缘;最后采用强制膨胀算法来准确定位斑块的边缘,并得到最终的斑块模板。本文在此模型的基础上,提出了基于 SROD 检测的改进思路,以提高初步检测结果的鲁棒性;再将原来较多步骤的 postprocessing 过程合并为统一的 EM 估计算法框架,从而提高了检测性能,并降低了误检率。

2 改进的 SROD 检测算法

2.1 传统的 SROD 检测算法^[4,5]

2.1.1 ROD 检测器

该检测器首先利用 ROD 算子对前后参考帧进行运动补偿,然后对前后参考帧的若干像素进行排序,再进行多阈值判断,类似于自适应中心加权滤波器中的脉冲噪声检测部分的算法,其具体过程是:假设当前帧的待检测像素 p_i 的像素值为 $z(p_i)$,在运动补偿(MC)后的前后参考帧各取 3 个像素(如图 1 所示),并按其与 $z(p_i)$ 值的远近进行排序(如图 2 所示)。

如图 2 所示, $\hat{r}_m (m = 1, 2, \dots, 6)$ 为参考像素 r_k 按其于 $z(p_i)$ 值的远近进行排序后的参考像素,其排序后的结果满足 $\hat{r}_1 \leq \hat{r}_2 \leq \dots \leq \hat{r}_6$ 。事实上,当 $z(p_i)$ 被斑块覆盖时,则满足 $z(p_i) < \hat{r}_1$ 或 $z(p_i) > \hat{r}_6$ 的可能性较大,因此令

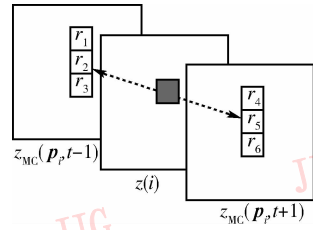


图 1 ROD 检测器像素选取

Fig. 1 Pixel selection of ROD detector

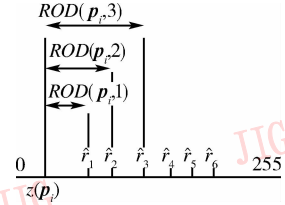


图 2 ROD 检测器像素排序

Fig. 2 Pixel sort order for ROD detector

$$ROD(p_i, l) = \begin{cases} \hat{r}_l - z & z \leq \hat{r}_{\text{mean}} \text{ 时} \\ z - \hat{r}_{7-l} & z > \hat{r}_{\text{mean}} \text{ 时} \end{cases} \quad (l = 1, 2, 3) \quad (2)$$

其中, $\hat{r}_{\text{mean}} = \frac{\hat{r}_3 + \hat{r}_4}{2}$ 。

$$d_{\text{ROD}}(p_i) = \begin{cases} 1 & ROD(p_i, l) > T_l \text{ 时} \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad 0 \leq T_1 \leq T_2 \leq T_3, \text{ 且 } l = 1, 2, 3 \quad (3)$$

当 $d_{\text{ROD}}(p_i)$ 为 1 时,则判定 $z(p_i)$ 为单帧失真像素。

2.1.2 SROD 检测算法

在 ROD 检测器中,令 $T_2 \rightarrow \infty, T_3 \rightarrow \infty$,即称为简化的 ROD 检测器(SROD),则式(2),式(3)可分别改写为

$$SROD = \begin{cases} \min(r_k) - z(p_i) & \min(r_k) - z(p_i) > 0 \\ z(p_i) - \max(r_k) & z(p_i) - \max(r_k) > 0 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (4)$$

$$d_{\text{SROD}}(p_i) = \begin{cases} 1 & SROD(p_i) > T_1 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (5)$$

当 $d_{\text{SROD}}(p_i)$ 为 1 时,则判定 $z(p_i)$ 为单帧失真像素。

2.2 改进的 SROD 检测算法 (ISROD)

SROD 检测算法在选取参考像素的过程中,往往取前后参考帧中与待检测像素的水平或竖直方向上的 3 个点。这种算法的一个不足之处在于,其结

果对阈值较敏感,即阈值小,则虚警较多,而阈值大,则漏警较多。本文对 SROD 检测算法进行了改进,即先采用光流法对前后参考帧做运动补偿,再在补偿后的参考帧中各取 5 个参考像素(如图 3 所示)。由于参考像素增加了,因而使得算法对阈值的敏感程度有所降低。

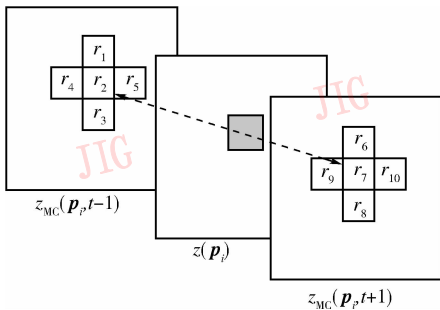


图 3 改进的 SROD 检测器像素选取方法
Fig. 3 Pixel selection of ISROD detector

3 EM 估计算法进行检测后处理

文献[6]介绍了由 Dempster 等人提出的 EM 算法,这是一种递归的解决不完全数据参数估计的最大似然方法,通过较少的迭代次数即可获得收敛结果。它广泛应用于图像处理,可分析图像系数,并可按其不同的特性进行分类。

本文提出了如图 4 所示的 EM 估计算法框架,用于对检测器输出的候选斑块进行后处理,以去除噪声的影响和确定斑块的最终位置和边缘。

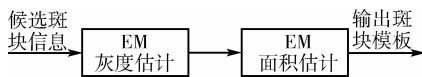


图 4 EM 估计算法检测后处理框架
Fig. 4 Framework of EM postprocessing operation

用 EM 算法实现后处理的框架思路如下:



图 5 原始图像

Fig. 5 Original image

(1)EM 灰度估计:由于斑块通常呈现明显的黑块或白块,因此可采用 EM 算法进行灰度估计来对 ISROD 检测器的检测结果进行分割,即根据其统计特性,将候选的斑块区域和背景的灰度分成黑、深灰、浅灰和白色 4 个级别。其中黑色的区域表示确定为斑块的区域,与黑色区域相邻的深灰色区域表示为斑块和图像之间的过渡部分,浅灰色的区域表示运动估计误差或者各种检测误差的累计结果,白色区域表示非斑块位置。

(2)将检测结果中的黑色斑块位置视为潜在的斑块位置,而将与黑色区域相邻的深灰色区域视为该黑色斑块的边缘信息,予以保留,并将浅灰色区域和孤立的深灰色区域去除,可认为该区域完全不存在斑块信息。

(3)EM 面积估计:对于上述检测结果,可再采用 EM 估计算法,并根据斑块的 4 连通区域的面积大小的统计特性来进行分割,可认为面积较小的斑块属于受噪声影响的区域,应将其去除。

这样,通过两次 EM 估计算法对检测结果进行两次后处理,就可以进一步减少因噪声而引起的误检测,同时可定位斑块及其边缘位置。

4 实验结果

本文分别用 SROD 算法和本文提出的改进算法——ISROD 对多组视频序列进行了斑块检测。由于缺乏带有正确斑块模板信息的标准视频,无法对结果进行定量分析,因此仅对图 5 所示的视频序列的修复结果进行分析,该序列连续 3 帧中的第 2 帧受到了斑块损伤。检测时,首先采用光流法对前后参考帧进行运动补偿,再分别用 SROD 算法和 ISROD 算法进行初步检测,取阈值 T_1 为 0,即可得到图 6 的检测结果:

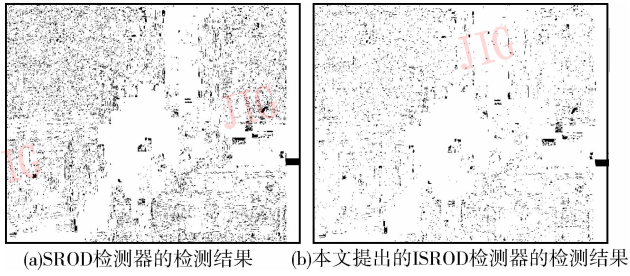


图 6 SROD 检测器和 ISROD 检测器的检测结果

Fig. 6 SROD and ISROD detection result

从图 6 可见,相对于传统的 SROD 算法,改进后的 ISROD 算法的误检率明显降低。但是,由于噪声和运动估计的影响,检测结果仍然存在较多的错误报警,因此需要进一步做检测后处理。

用本文所提出的 EM 算法框架进行后处理,即可得到如图 7 所示的结果。由图 7 可见,在受损帧中,主观上能感觉到的斑块均可被正确检出。

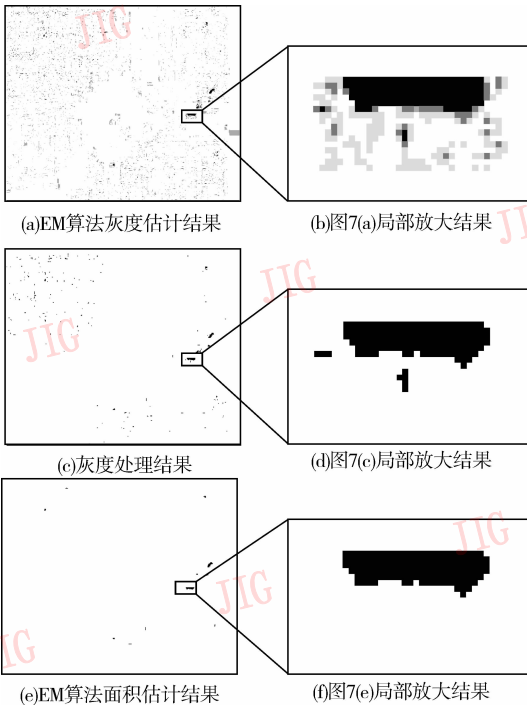


图 7 斑块检测结果

Fig. 7 Blotch detection result

5 结 论

本文讨论了一种电影胶片中斑块损伤的检测技术,并基于 SROD postprocessing 检测模型,提出了 ISROD + EM 估计算法的改进模型。该模型改进了 SROD 算法,即先在前后参考帧各取 5 点参考像素,用于对当前帧的斑块进行初步检测,以获得误检率较低的候选斑块模板;再通过 EM 估计算法,先后对候选斑块进行灰度分级和面积分级,并通过后处理消除噪声影响,从而确定斑块位置及其边缘信息。通过与传统的检测算法进行比较的结果显示,该模型可以有效地进行斑块检测,不仅可降低误检率,而且算法简单快速,易于实现。

参考文献 (References)

- 1 Tilie S, Laborelli L, Bloch I. A contrario false alarms removal for improving blotch detection in digitized films restoration [A]. In: Proceedings of 14th International Workshop on Systems, Signals and Image Processing and 6th EURASIP Conference Focused on Speech and Image Processing, Multimedia Communications and Services [C], Maribor, Slovenia, 2007: 410 ~ 413.
- 2 Komatsu T, Ohuchi T, Saito T. Detection and restoration of film blotches using global motion segmentation [A]. In: Proceedings of International Conference on Image Processing [C], Kobe, Japan, 1999, 3: 479 ~ 483.
- 3 Kokaram A C. Advances in the detection and reconstruction of blotches in archived film and video [J]. IEE Seminar on Digital Restoration of Film and Video Archives, 2001: 1 ~ 6.
- 4 Biemond J, van Roosmalen P M B, Lagendijk R L. Improved blotch detection by postprocessing [A]. In: Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing [C], Phoenix, Arizona, USA, 1999, 6: 3101 ~ 3104.
- 5 Roosmalen P. Restoration of archived film and video [Ph. D. Thesis] [D], Delft University of Technology, the Netherlands, 1999: 45 ~ 80.
- 6 Bilmes Jeff A. A Gentle Tutorial of the EM Algorithm and Its Application to Parameter Estimation for Gaussian Mixture and Hidden Markov Models [M]. Berkeley, Los Angeles, CA, USA: Department of Electrical Engineering and Computer Science, 1998.