

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2106557

基于纹理消除的液晶屏缺陷检测

汪永勇 侯俊 李梦思 薛彤 肖雄

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院 上海 200093)

摘要: 对液晶屏表面进行缺陷检测时,其表面纵横分布的纹理会对检测精度造成干扰。提出了一种液晶屏缺陷检测方法,首先采用基于相对总变差模型的图像结构提取方法抑制液晶屏纹理,该模型对非统一或各向异性的纹理均适用,能有效分解液晶图像中的结构信息和纹理。提取后的结构信息采用 High-boost 滤波器增强高频分量同时保持低频分量的特性,对图像中的缺陷进行显著性检测。实验结果表明该方法确实有效地抑制了背景纹理信息,同时完整地保留了缺陷信息,实现了液晶屏缺陷的显著性检测并提高了液晶图像的缺陷检测准确性。

关键词: 液晶屏纹理;缺陷检测;结构提取;High-boost 滤波

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.6040

Defect detection of LCD based on texture elimination

Wang Yongyong Hou Jun Li Mengsi Xue Tong Xiao Xiong

(School of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: When defect detection is carried out on the surface of liquid crystal screen, the horizontal and horizontal texture of the surface will interfere with the detection accuracy. A defect detection method for liquid crystal screen is proposed. Firstly, the texture of liquid crystal screen is suppressed by the image structure extraction method based on the relative total variation model. This model is applicable to both non-uniform and anisotropic textures, and can effectively decompose the structural information and texture in liquid crystal image. The extracted structural information is enhanced by High-boost filter while keeping the characteristics of low-frequency component, and the saliency detection of defects in the image is carried out. The experimental results show that this method can effectively suppress the background texture information and retain the defect information completely, which can realize the saliency detection of LCD screen defects and improve the accuracy of LCD image defect detection.

Keywords: LCD screen texture; defect detection; structure extraction; High-boost filtering

0 引言

在液晶屏的产品检验过程中,最重要的环节就是表面的缺陷检测。由于液晶屏在生产制造过程中其自身物理结构的影响,在使用 CCD(charge coupled device)相机拍摄液晶屏的表面时,所获得的图像背景中存在排列规则并且纵横分布相互垂直的纹理信息。这些纹理背景信息在缺陷检测过程中会影响对缺陷的判定。尤其当缺陷为细微的点缺陷获细长划痕的情况下,这些背景纹理就会造成不必要的麻烦,加大了检测难度。因此在缺陷检测的过程中如何更好抑制液晶屏纹理信息成为了缺陷检测是否准确的关键问题。

常用的纹理抑制方法有 Gabor 滤波法、奇异值分解法以及傅里叶变换法等。Gabor 滤波器来滤除一些方向性很

强的纹理,能有效地提取图像的结构特性与多方向空间频域信息^[1]。但是该方法实现难度过于复杂且计算效率太低。奇异值分解法是通过奇异值的大小与图像能量之间的对应关系从而找出图像中纹理所对应的奇异值,通过去除纹理背景能量的奇异值将剩下的奇异值重组子图像,增加了缺陷与纹理的能量差异^[2]。这种方法只适用于纹理严格垂直且分布距离相等的图像。傅里叶变换法是将图像转化到频域后,通过低通滤波滤除纹理这一高频信息^[3-5]。该方法能对整体的纹理有一个很好地抑制消除作用,但是在滤去纹理的同时会模糊缺陷边缘。在文献[6-7]中还提出了利用深度学习方法来抑制图像纹理的方法,但是整体方法还不够成熟,无法用于实际的生产环境。

针对液晶屏纹理图像的特点,本文采用了基于相对总变差模型通过提取图像结构的方法来抑制纹理信息,在抑

收稿日期:2021-04-30

制纹理的同时保留图像的缺陷信息。High-boost 滤波器有着增强高频分量同时保持低频分量的特性,利用它对提取的图像结构进行滤波可以在不影响缺陷信息的情况下实现缺陷显著性检测。

1 图像结构提取

一般纹理图像可看作是纹理部分与非纹理部分的叠加,非纹理部分就是图像中的结构部分。相对总变差模型的理论基础为在图像的一个小的方格窗口区域内,只包含纹理窗口的相对总变差值小于结构所对应的相对总变差值,利用在相对总变差上的差变,可实现对图像结构的提取与纹理的去除^[8]。

不需要大量纹理信息的代表性结构-纹理分解是使用总变差(total variation, TV)正则化来保留大尺度边缘的方法。总变差是使用一个二次惩罚来加强输入和输出之间的结构相似性,其模型为:

$$\operatorname{argmin}_S \sum_p \left\{ \frac{1}{2\lambda} (S_p - I_p)^2 + |(\nabla S)_p| \right\} \quad (1)$$

式中: I 代表输入图像, S 为得到的结构图像。下标 p 代表二维图像像素的索引。数据项 $(S_p - I_p)^2$ 是平衡提取的结构与输入图像中的结构相似性^[9]。 $\sum_p |(\nabla S)_p|$ 是正则矩阵,表达式为:

$$\sum_p |(\nabla S)_p| = \sum_p (|\partial_x S|_p + |\partial_y S|_p) \quad (2)$$

这是一个二维的各向异性表达式, ∂_x 和 ∂_y 是两个方向的偏导数。在实际的应用过程中,总变差正则化存在无法正确地分结构的边缘信息和纹理信息的情况。

本文使用的方法在总变差中包含一个像素窗口的变化量,表达式为:

$$\begin{aligned} D_x(p) &= \sum_{q \in R(p)} g_{p,q} \cdot |(\partial_x S)_q| \\ D_y(p) &= \sum_{q \in R(p)} g_{p,q} \cdot |(\partial_y S)_q| \end{aligned} \quad (3)$$

式中: $R(p)$ 是以像素 p 为中心的矩形区域, $D_x(p)$ 和 $D_y(p)$ 是像素 p 在 x 和 y 方向上的窗口变化量^[8],计算窗口 $R(p)$ 内的绝对空间差异。 $g_{p,q}$ 是根据空间相似性定义的权重函数:

$$g_{p,q} = \exp\left(-\frac{(x_p - x_q)^2 + (y_p - y_q)^2}{2\sigma}\right) \quad (4)$$

式中: σ 控制窗口的空间尺度。在具有显著纹理的图像中,细节和结构像素都产生了较大的窗口变化量,这表明窗口变化量对视觉显著性做出响应。

为了结构在纹理信息中更加的突出,除了上述所说的像素窗口变化量之外,本文使用的方法中包含了一种有窗口的固有变异,其表达式为:

$$\begin{aligned} L_x(p) &= \sum_{p \in R(p)} g_{p,q} \cdot |(\partial_x S)_q| \\ L_y(p) &= \sum_{q \in R(p)} g_{p,q} \cdot |(\partial_y S)_q| \end{aligned} \quad (5)$$

式中: L 表示整体空间变化,与式(3)不同它不包含模量。所以就方向性而言, ∂S 的和是由一个窗口中的梯度是否重合来决定的,因为单个像素的 ∂S 可以是正的,也可以是负的^[9]。

为了进一步增强图像纹理信息与结构特征的对比,特别是对于视觉突出的部分,本文使用的相对总变差方法中将 L 与 D 结合形成一种更加有效的结构-纹理分解的正则化算法 $(D_x(p)/(L_x(p) + \epsilon) + D_y(p)/(L_y(p) + \epsilon))$,该方法最终表达式为:

$$\operatorname{argmin}_S \sum (S_p - I_p)^2 + \lambda \cdot \left(\frac{D_x(p)}{L_x(p) + \epsilon} + \frac{D_y(p)}{L_y(p) + \epsilon} \right) \quad (6)$$

式中: ϵ 是一个小正数用来避免分母出现 0 的情况, λ 是一个权重值用来控制结构提取后图像的光滑程度^[9]。

2 频域滤波

在缺陷检测中,缺陷信息在频域是属于高频信息。采用低通滤波后的图像存在平滑缺陷边缘的情况,一旦缺陷边缘平滑过度就会影响缺陷检测的准确性^[10]。高通滤波器虽然能够锐化缺陷边缘突出缺陷特征,但并不保护缺陷的内部整体信息^[11]。在这种情况下采用 High-boost 滤波器,它不仅强调表示图像细节的高频分量,也不会消除表示信号的低频分量^[12]。

2.1 傅里叶变换

傅里叶变换公式为:

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{j2\pi(ux/M + vy/N)} \quad (7)$$

式中: $f(x, y)$ 是一个 $M \times N$ 的二维数字图像, u 和 v 在 $u = 0, 1, 2, \dots, M-1$ 和 $v = 0, 1, 2, \dots, N-1$ 的范围内进行数值运算。

如果给出 $F(u, v)$,通过傅里叶反变换(IDFT)可求出 $f(x, y)$:

$$f(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) e^{-j2\pi(ux/M + vy/N)} \quad (8)$$

其中, $x = 0, 1, 2, \dots, M-1, y = 0, 1, 2, \dots, N-1$ 。上述的两个公式构成了二维离散傅里叶变换对,是实现频域图像滤波的基础^[13]。

2.2 High-boost 滤波

频域滤波的步骤如下:

- 1) 输入 $M \times N$ 的图像 $f(x, y)$,选择填充参数 $P = 2M, Q = 2N$ 形成填充图像 $f_p(x, y)$;
- 2) 用 $(-1)^{x+y}$ 乘以 $f_p(x, y)$ 移到变换的中心;
- 3) 将步骤 2) 中的图像傅里叶变换得到 $F(u, v)$;
- 4) 滤波函数 $H(u, v)$ 乘以 $F(u, v)$ 得 $G(u, v)$,获取 $G(u, v)$ 的傅里叶变换的实部 $g_p(x, y)$;
- 5) 用 $(-1)^{x+y}$ 乘以步骤 4) 中的结果^[14]。

本文中 choice High-boost 滤波器作为频域滤波器。其

传递函数的表达式如下:

$$H(u, v) = (1 - e^{-D^2(u, v)/2D_0^2}) + 1 \quad (9)$$

式中: $D(u, v)$ 是频域率中点 (u, v) 距离频域率中心点的距离, D_0 是一个非负数表示截止频率^[15]。

3 实验分析

本文对液晶屏图像进行方法验证,所有的实验都是在PC机端Win10系统上用MATLAB 2015进行实验。如图1所示是实验所采集的液晶屏原始图像,从图中可以清晰地看到纵横分布得纹理,且其中有一个很明显的缺陷。

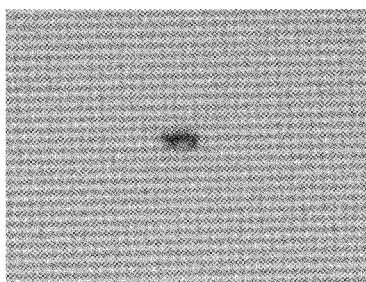
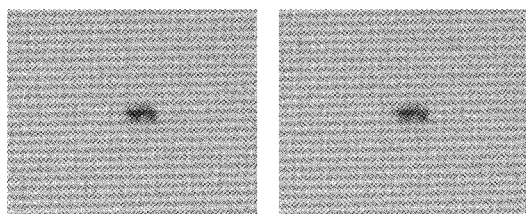


图1 原始图像

首先要通过相对总变差模型对图像的结构进行提取, ϵ 是一个小正值,其固定值为0.001用来防止出现分母为0的情况。

λ 是一个权重值,它的主要作用是控制图像的光滑程度,如图2所示为 λ 分别取0.01、0.5时的实验结果。



(a) $\lambda=0.01$ 平滑结果 (b) $\lambda=0.5$ 平滑结果

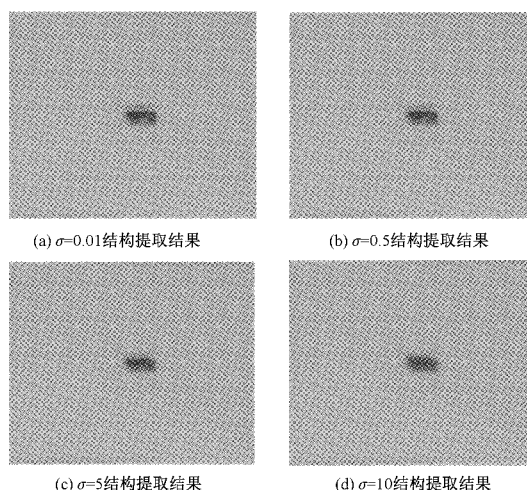
图2 图像平滑实验结果图

由上述实验结果可知仅仅调节 λ 不会使纹理分离太多。 λ 值越大会造成图像的模糊。通过实验确定 λ 值选取为0.01~0.03之间。

空间尺度参数 σ 控制了窗口的大小,如图3所示在 λ 值为0.01, σ 值分别取0.01、0.5、5、10时图像的结构提取情况。

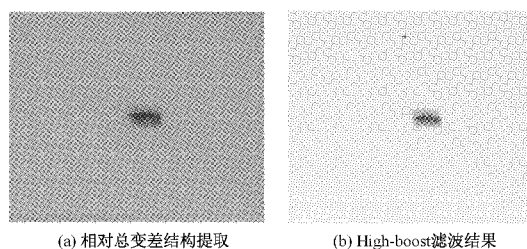
空间尺度参数的选取取决于纹理的尺度大小并且在结构纹理分离过程中起着至关重要的作用。当 σ 为0或0.5时可看到图像中纹理未被完全抑制, σ 为10时纹理抑制过度,导致提取结构后的图像中缺陷模糊。通过实验得知选取 σ 值为0~8之间时,图像的结构纹理分离效果比较好。

本文最终选取 λ 值为0.01, σ 值为3在结构提取后利用High-boost滤波对图像中的缺陷特征进行显著性检测,实验结果如图4所示。



(a) $\sigma=0.01$ 结构提取结果 (b) $\sigma=0.5$ 结构提取结果
(c) $\sigma=5$ 结构提取结果 (d) $\sigma=10$ 结构提取结果

图3 结构提取图



(a) 相对总变差结构提取 (b) High-boost滤波结果

图4 实验结果图

由上述实验结果可知,用相对总变差结构提取后得到的图4(a)与原图相比,在保留缺陷部分的同时也有有效的对纹理部分进行了抑制,从图4(b)中可知通过High-boost滤波器对缺陷进行锐化后,图像中缺陷的对比更加明显,达到了显著性检测的目的。

4 结论

本文中提出基于总变差模型的图像结构提取方法,纹理图像可看作是纹理和结构的叠加。该方法提取结构不仅能抑制纹理,还有效地保护缺陷结构。再采用High-boost滤波器对图像中的缺陷进行锐化,增强图像中缺陷特征。实验结果表明该方法能有效地去除液晶图像的纹理,实现显著性缺陷检测的同时也提高缺陷检测的准确性。另一方面是本文所用方法无法准确地对于液晶屏的边缘进行缺陷检测,所以在今后的研究过程中还需要在这方面设计合适的方法来进行检测。

参考文献

- [1] 施新岚,黄俊,黄洋,等.基于Gabor纹理增强的人脸活体检测算法[J].重庆邮电大学学报(自然科学版),2020,32(6):1023-1030.
- [2] 景军锋,李江南,李鹏飞.改进型奇异值分解在织物疵点检测上的应用[J].纺织学报,2014,35(6):62-67.
- [3] 吴浩,徐向荣,许四祥.基于频域纹理消除的结构性纹

- 理缺陷检测方法[J]. 应用光学, 2020, 41(4): 875-878.
- [4] 苑玮琦, 李绍丽, 李德健. 基于纹理脊线特征融合的木材表面裂缝检测[J]. 仪器仪表学报, 2017, 38(2): 436-444.
- [5] 郑晗, 张荣川, 唐凡, 等. 基于频域滤波的表面缺陷提取算法[J]. 现代计算机(专业版), 2019(5): 65-69.
- [6] PEI B Y, PENG Y, LUO Y. A method of detecting defects of smart meter LCD screen based on LSD and deep learning[J]. Multimedia Tools and Applications, 2021: 1-18.
- [7] 迟剑宁, 于晓升, 张艺菲. 融合深度网络和浅层纹理特征的甲状腺结节癌变超声图像诊断[J]. 中国图象图形学报, 2018, 23(10): 1582-1593.
- [8] 王震, 景军锋, 张缓缓, 等. 基于主结构提取与签名算法的织物缺陷检测[J]. 电子测量与仪器学报, 2019, 33(4): 36-41.
- [9] LI X. Structure extraction from texture via relative total variation[J]. ACM Transactions on Graphics (TOG), 2012, 31(6): 1-10.
- [10] 张杨洋. 滤波算法在数字图像降噪中的应用[J]. 自动化应用, 2020(12): 49-51.
- [11] 杨超. 数字图像增强技术研究与应用[J]. 电脑编程技巧与维护, 2018(9): 138-139, 149.
- [12] GAYEN P K. An enhanced high-boost active-switched quasi Z-Source inverter having shorter range of shoot-through duty ratio for solar energy conversion applications [J]. AEUE-International Journal of Electronics and Communications, 2021, 137: 153822.
- [13] 董明利, 李波, 张帆, 等. 基于光学傅里叶变换的周期性微结构缺陷检测[J]. 光学精密工程, 2017, 25(7): 1727-1737.
- [14] 王延年, 杨万里. 一种改进的印刷丝网布疵点快速检测算法[J]. 国外电子测量技术, 2017, 36(1): 35-37, 42.
- [15] 吴浩, 徐向荣, 许四祥. 基于频域纹理消除的结构性纹理缺陷检测方法[J]. 应用光学, 2020, 41(4): 875-878.

作者简介

汪永勇, 工学硕士生, 主要研究方向为机器视觉和液晶缺陷检测技术、图像处理与识别等。

侯俊, 博士, 主要研究方向为机器视觉缺陷检测技术。

E-mail: 1530619647@qq.com