

DOI: 10.13382/j.jemi.2017.03.017

针对纵向纹理的图像自适应滤波算法*

贾宇申 蔡振江 程 曼
(河北农业大学 机电工程学院 保定 071000)

摘 要:在对纸张或电池片计数时,采集的侧边图像呈纵向条纹状。在对其滤波时,传统滤波算法往往造成边缘图像模糊。为解决上述问题,设计了一种针对电池片纵向纹理的自适应模板滤波算法,根据图像灰度确定阈值,寻找边缘像素点进行排除,并对其余部分根据周边像素点灰度值建立自适应模板。从滤波前后的灰度值曲线图可见,算法在边缘位置的处理效果好,处理后的图像灰度平滑性高,具有实用价值。
关键词: 图像处理;边缘检测;纹理分析;自适应滤波;图像去噪
中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.4050

Adaptive filtering algorithm aiming at vertical texture images

Jia Yushen Cai Zhenjiang Cheng Man
(College of Mechanical and Electrical Engineering Agricultural University of Hebe; Baoding 071000, China)

Abstract: When counting papers and wafer cells, the sides of gathered images are horizontally striped. During its filtering, traditional filtering algorithm often results edge image blur. To solve those problems, this paper presents an adaptive template filtering algorithm for vertical solar cells image, which determines threshold by the image gray, finds edge pixels to exclude, and creates the template for the rest of the pixels by surrounding pixels' gray value. It is seen from the graph of the gradation values before and after filtering that the algorithm has good effect at the edges, and the gray of result image is highly smoothed, and the algorithm has practical value.
Keywords: image processing; edge scan; texture analysis; adaptive filter; image denoising

1 引 言

在对包含狭窄纵向纹理的图像进行滤波时,传统的图像滤波方式,如均值、中值、高斯滤波器,会同时模糊图像纹理处的跳变细节,对后续处理有负面影响。纵向纹理图像多见于纸张计数与电池晶片计数等。张明阳等人^[1]针对平行放置的纸张,使用局部阈值进行边缘提取并用中值滤波提出孤立点。石伟等人^[2]采用灰度差分算法进行处理,能排除部分干扰。苗良等人^[3]基于纹理特征,使用 LOG 滤波和统计学算法进行处理。李高西等人^[4]提出了一种新的滤波算法 VRDDF,结合空间距离函数对 DDF 滤波算法作了合理加权改进,并作为后续滤波

算法进行滤波,改善了滤波效果。方超等人^[5]使用中值滤波的传统方式处理图像。张晓敏^[6]研究了在噪声和复杂背景下的图像处理,并选取了能够突出横向条纹特征的滤波和微分模板。目前,这些研究在纹理分析与边缘检测方面各有优势,但其针对的对象多为明暗均匀的图像,对灰度斑驳现象并未特别关注;其滤波模板生成图像质量有一定的改善,但往往造成灰度极值的损失。
电池片图像侧面平行度较高,但由于生产工艺所限,边缘纹理斑驳,成像后,灰度值特征为灰度在片上产生严重抖动,从而导致二值化时断片,甚至得到类似椒盐噪声的图像。另外,由于片间缝隙宽度仅有数个像素,而传统滤波算法自适应能力弱,不具备边缘检测能力,会破坏无噪声像素^[7],导致在缝隙处模糊、散焦,损失缝隙细节,缩

收稿日期:2016-08 Received Date: 2016-08
* 基金项目:河北省自然科学基金青年科学基金(C2014204025)资助项目

小灰度极值宽度,增大后续处理的难度。要建立合适的模板,需标定边缘部分并进行排除,且排除结果应能影响到后续模板建立。理想滤波图像应能明显体现片与缝的区别,为电池片后续计数工作打下良好的基础。

2 太阳能电池片滤波模板分析

采集电池片图像如图1所示。由于电池片本身颜色较为斑驳,且对比度修正导致图像灰度阶梯粗糙,在缝隙处和电池片侧面位置都产生椒盐噪音,故电池片与缝隙(即无论灰度高低)需同时进行滤波。另外由于灰度区别较小,故滤波前需对原图进行对比度修正,使片与缝隙的差别更为明显,在滤波时更加明确地寻找图像边界,更完善地保留图像的细节信息。对比度修正能对电池片进行灰度值边界扩张,但同时也将造成低灰度位置的细节损失^[8]。为保留边缘灰度突变信息,考虑将其排除在滤波范围外,并生成动态模板来进行滤波。

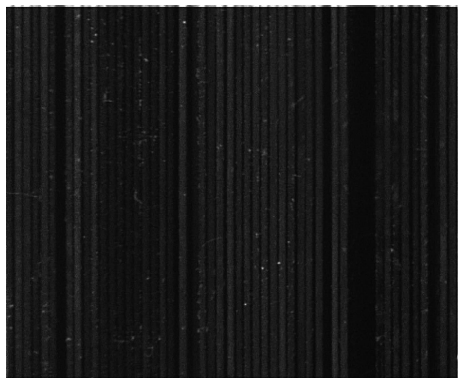


图1 采集的电池片图像

Fig. 1 The gathered solar wafer image

滤波后,灰度值的上下限差值越大,图像细节就越明确;滤波得到的图像灰度曲线越平滑,在缝隙或单片侧面的二值化图像便越稳定。二值化需要明确的门限信息^[9]与尽量高的灰度值差距,因此在滤波流程中需要对图像边缘进行尽量排除,并设计一种对图像灰度差不会造成太大影响的滤波方法。

由于图像明暗不均匀,也因为固定模板滤波可能将噪声点或边缘像素点纳入其中,导致生成的图像在边缘处模糊,因此需要生成自适应模板。

3 边缘分析与滤波模板构成

3.1 椒盐噪声滤波

为进一步进行边缘分析,先对图像进行 1×5 模板的中值滤波,减少微分时灰度值跳动对结果造成的不良影

响。中值滤波生成的图像仅用于边缘像素标定,并影响后续模板设计;在滤波流程时仍采用原图进行滤波。滤波后的图像如图2所示。

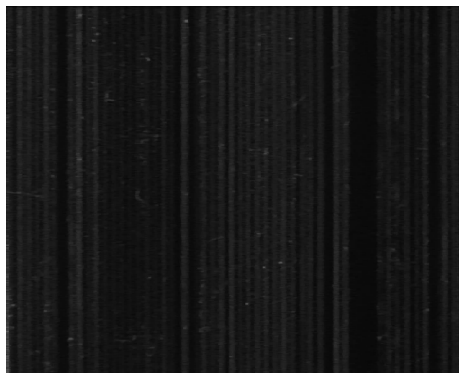


图2 中值滤波图像

Fig. 2 Med filter image

3.2 边缘像素的标定

要针对电池片的纵向纹理进行滤波,需在保留缝隙信息的同时对图像的噪音进行处理,才能保证后续二值化等操作的正常进行。以微分方式寻找边缘部分并进行排除,并根据这些被排除的点建立自适应模板。设置阈值 T_0 ,对图像中满足下式:

$$|g(w, h) - g(w, h \pm 1)| > T_0 \quad (1)$$

即与左右灰度差大于阈值的点进行标记。

阈值可以通过现场经验设置,也可以对整个图像进行灰度遍历以计算自适应阈值。作图2的灰度直方图如图3所示,得知灰度基本集中在25~55,即最大灰度差约为30。取5、10、15作为阈值,标定图像边缘,并取局部图像如图4所示。

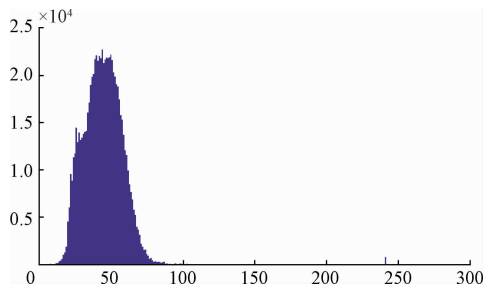


图3 图像灰度直方图

Fig. 3 Image gray histogram

白色部分即为满足上述条件的像素点。显见 $T_0 = 5$ 时排除过多,已标定片上位置为边缘,难以体现边缘特征; $T_0 = 15$ 时则排除不足,取即 $T_0 = 15$ 进行后续处理。在实际应用中,一般取高低限的30%左右作为阈值;根据图像采集环境不同,可能存在规律性差异。

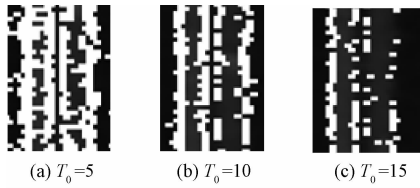


图4 边缘判定结果局部图像

Fig. 4 The local figure of edge judgement result

3.3 自适应模板设计

在边缘排除完成后,根据排除结果建立自适应模板并进行滤波。传统滤波算法如均值或中值滤波等均为固定模板^[10]。如高斯滤波模板的生成方式为:

$$G(x,y) = 1/\sqrt{2\pi\sigma^2} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2} \quad (2)$$

对电池片图像进行 5×3 模板高斯滤波处理,将原图与处理结果同位置局部放大如图5所示。

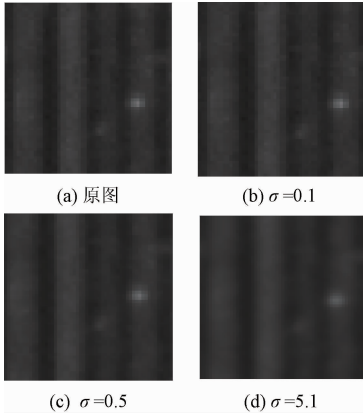


图5 高斯滤波效果对比

Fig. 5 Comparison of Gaussian filter effect

图5中,图5(a)为原始图像,其余为应用高斯滤波模板后的图像,分别取 $\sigma = 0.1, 0.5, 1.5$ 处理得到图5(b)~(d)。高斯滤波过程中,边缘侧未经排除,导致跳变信息被平均化并产生模糊,损失原图细节^[11]。在滤波后,图像灰度阶有明显降低,易造成电池片斑点与缝隙混同。 σ 越大,滤波效果越明显,问题也越突出。为排除边缘像素点进行滤波,并保证滤波后边缘位置仍能产生灰度跳变,同时解决图像明暗不均所造成的一系列问题,取 $\sigma = 0.5$ 的高斯滤波模板为基础,建立自适应模板。

自适应模板需依赖对应像素点的周边像素与前一步中的排除结果来建立^[12-13],且应对该像素点周边的平均灰度有所反应,以解决图像明暗不均的问题。由于电池片为纵向纹理,而缝隙宽度一般为数个像素不等,为使更多的纵向细节纳入滤波模板,同时保证对横向细节进行分析,使用纵向较长的 5×3 模板。

对每个图2中的非白色像素 $g(w,h)$ 导入自适应 $5 \times$

3模板如下。

$$\begin{pmatrix} a_{w-2,h-1} & a_{w-2,h} & a_{w-2,h+1} \\ a_{w-1,h-1} & a_{w-1,h} & a_{w-1,h+1} \\ a_{w,h-1} & a_{w,h} & a_{w,h+1} \\ a_{w+1,h-1} & a_{w+1,h} & a_{w+1,h+1} \\ a_{w+2,h-1} & a_{w+2,h} & a_{w+2,h+1} \end{pmatrix} \quad (3)$$

令:

$$a_{w0,h0} = \begin{cases} 0, & |g(w,h) - a_0| > T_0 \\ \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-(x^2+y^2)/2\sigma^2}, & |g(w,h) - a_0| \leq T_0 \end{cases} \quad (4)$$

以排除所有明显异于模板所在位置所有像素平均值的像素点。其中 $\sigma = 0.5$ 。

a_0 代表该点所在像素周围 5×3 矩阵中所有像素点灰度的平均值,即:

$$a_0 = \frac{\sum_{w=w_0-2, h=h_0-1}^{w_0+2, h_0+1} g(w,h)}{15} \quad (5)$$

$$2 < w_0 < W-2, 1 < h_0 < H-1$$

设置更高的阈值可排除更多边缘,保留更多边缘信息,但也会漏过部分斑驳较严重的电池片,设置更低的阈值,可提高滤波效果,但会对部分边缘产生影响。本例中 $T_0 = 29$ 导出模板密度分布如图6所示。

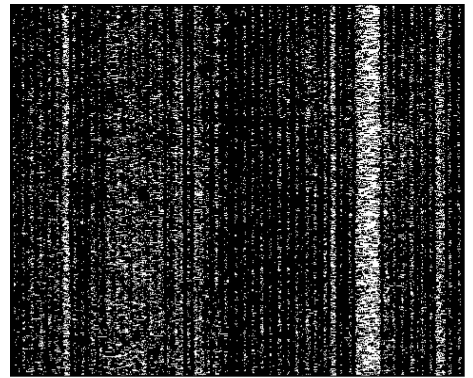


图6 模板密度分布

Fig. 6 Templet density distribution

模板密度分布图是一种可以直观反映图像滤波模板数值大小的映射图像。其中,图像区域的颜色表示该位置模板的数值大小。暗色基本集中于被排除像素的周围,即边缘附近对周围区域的灰度采用变少,这一处理方式保证了图像在滤波过程中不会受到极端值影响,能对边缘部分进行更加细致的还原。

3.4 应用模板

对未排除的像素点进行模板的应用。应用方式与普通均值滤波相同,用每个临近点的像素灰度值乘以模板对应位置的值,最后对模板数据总和作商^[14],即:

$$g'(w, h) = \frac{\sum_{w=w_0-2, h=h_0-1}^{w_0+2, h_0+1} (g(w_0, h_0) \cdot a(w_0, h_0))}{\sum_{w=w_0-2, h=h_0-1}^{w_0+2, h_0+1} a(w_0, h_0)} \quad (6)$$

应用模板后得出最终图像。

4 滤波方法结果及其分析

为评价滤波效果,将自适应滤波与常见的高斯滤波与散焦滤波方法处理结果^[15]作横向对比。

将滤波后图像与原图的局部同时于 $h=1/2$ 图像高度处横截,并绘制灰度曲线如图 7~10 所示。灰度曲线波动越剧烈,说明图像的灰度越不平滑。

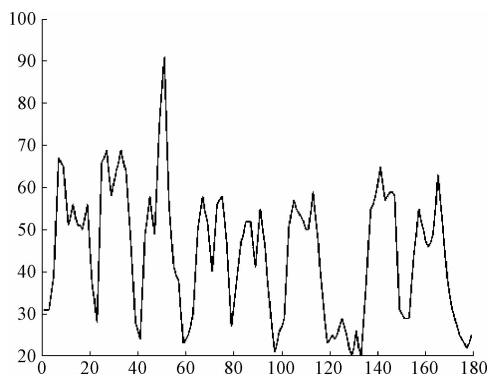


图 7 滤波前图像灰度曲线

Fig. 7 Image gray curve before filtering

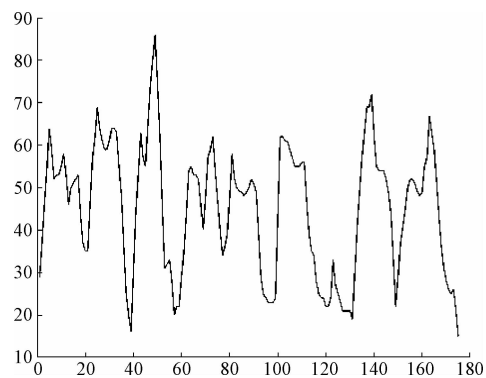


图 8 自适应滤波图像灰度曲线

Fig. 8 Image gray curve after adaptive filtering

比较图 7 与 8,图像中的噪音在滤波过程中得到了相当程度的抑制。在边缘部分,灰度值变得平滑,但其高低限差并未有明显改变,说明本文所述的算法在一定程度上保留了边缘特征。在图 9 的高斯滤波结果中,灰度值上下限降低明显,且片上灰度值抖动位置在处理仍存在抖动现象,未能对图像进行有效滤波。图 10 为散焦模糊处理结果,其灰度曲线平滑度理想,但对边缘位置的处

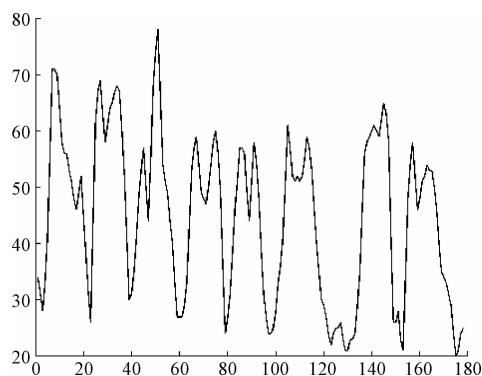


图 9 高斯滤波图像灰度曲线

Fig. 9 Gaussian filter image gray curve

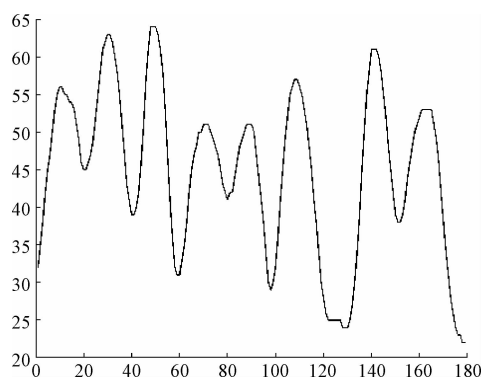


图 10 散焦滤波图像灰度曲线

Fig. 9 Disk filter image gray curve

理存在严重的误判现象。如在 $x=60 \sim 100$ 位置的两处波峰,左侧本应呈现双波峰的曲线被完全抹除。另外,在散焦模糊处理后,灰度值上下限也缩减了 30% 以上,可能为后续处理带来困难。

5 结 论

本文设计了一种针对太阳能电池片计数流程的自适应滤波实现方法。该方法按图像周边像素灰度差决定阈值,对图像的边缘部分进行排除;滤波时以阈值为标准,采用自适应模板进行选择性过滤。与常用滤波方式对比,自适应滤波能在使图像的灰度梯度变得更为平滑的同时,较好地保留图像的边缘特征,对电池片后续计数处理打下了良好基础。

参考文献

- [1] 张明阳,陈振跃,王霞. 基于图像纹理的纸张计数算法设计[J]. 光学技术, 2013, 39(2): 151-156.
ZHANG M Y, CHEN ZH Y, WANG X. Paper counting algorithm based on image texture [J]. Optical Technique, 2013, 39(2): 151-156.

- [2] 石伟,龙永红,童文超,等. 基于灰度值差分的纸张计数算法设计[J]. 包装学报, 2015, 7(4): 47-51.
SHI W, LONG Y H, TONG W CH, et al. Design of paper counting algorithm based on gray value difference[J]. Packaging Journal, 2015, 7(4): 47-51.
- [3] 苗良,平西建. 基于纹理特征的纸张计数算法研究[J]. 信息工程大学学报, 2005, 6(4): 51-54.
MIAO L, PING X J. Algorithm of paper counting based on texture feature[J]. Journal of Information Engineering University, 2005, 6(4): 51-54.
- [4] 李高西,曹军,张福元. 基于视觉灵敏度及粗集的彩色图像滤波算法[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(2): 211-217.
LI G X, CAO J, ZHANG F Y. Filtering algorithm based on visual sensitivity and rough set for color image [J]. Journal of Electronic Measurement and Instrumentation, 2014, 28(2): 211-217.
- [5] 方超,谭伟,杜建洪. 基于纹理特征的太阳能晶片计数研究[J]. 信息与电子工程, 2011, 9(2): 185-189.
FANG CH, TAN W, DU J H. Solar energy wafer counting based on textural property[J]. Information and Electronic Engineering, 2011, 9(2): 185-189.
- [6] 张晓敏. 基于图像处理的太阳能晶片数片装置的研究[D]. 保定:河北农业大学, 2015.
ZHANG X M. Research of solar wafers counting device based on image processing [D]. Baoding: Agricultural University of Hebei. 2015.
- [7] 罗海驰,李岳阳,孙俊. 一种基于自适应神经模糊推理系统的图像滤波方法[J]. 计算机科学, 2013, 40(7): 302-306.
LUO H CH, LI Y Y, SUN J. Filtering method for images based on adaptive neuro-fuzzy inference system [J]. Computer Science, 2013, 40(7): 302-306.
- [8] 谢文达,邱竣鸿,王垒. 实际且快速的图像对比度增强方法[J]. 计算机研究与发展, 2013, 50(4): 787-799.
XIE W D, QIU J H, WANG L. A practical and efficient contrast enhancement method [J]. Computer Research and Development, 2013, 50(4): 787-799.
- [9] VERMA O P, SHARMA R, KUMAR D. Binarization based image edge detection using bacterial foraging algorithm [J]. Procedia Technology, 2012, 6(4): 315-323.
- [10] 李佐勇,汤可宗,胡锦美,等. 椒盐图像的方向加权均值滤波算法[J]. 中国图象图形学报, 2013, 18(11): 1407-1415.
LI Z Y, TANG K Z, HU J M, et al. Directional weighted mean filter for image with salt & pepper noise [J]. Journal of Image and Graphics, 2013, 18(11): 1407-1415.
- [11] 王文远. 基于图像信噪比选择优化高斯滤波尺度[J]. 电子与信息学报, 2009, 31(10): 2483-2487.
WANG W Y. Selecting the optimal gaussian filtering scale via the SNR of image [J]. Journal of Electronics and Information Technology, 2009, 31(10): 2483-2487.
- [12] SCHMEING M, JIANG X. Edge-aware depth image filtering using color segmentation [C]. Pattern Recognition Letters, 2014, 50: 63-71.
- [13] 范群贞. 运动模糊图像复原方法的研究[J]. 电子测量技术, 2013, 36(6): 73-76.
FAN Q ZH. Research on motion blurred image restoration method [J]. Electronic Measurement Technology, 2013, 36(6): 73-76.
- [14] 郑群辉,唐延东. 基于图像统计信息的去椒盐噪声算法[J]. 计算机应用, 2009, 29(7): 1943-1946.
ZHENG Q H, TANG Y D. Algorithm for denoising salt and pepper noise based on image statistical information [J]. Journal of Computer Applications, 2009, 29(7): 1943-1946.
- [15] 李永乐,姜静涛,张茂军,等. 基于全向总变分最小化的折反射散焦模糊图像复原方法[J]. 光学学报, 2013(8): 107-113.
LI Y L, LOU J T, ZHANG M J, et al. Image restoration for catadioptric defocus blur based on omni-total variation minimization [J]. Acta Optica Sinica, 2013(8): 107-113.

作者简介



贾宇申, 1992年出生, 2014年于河北农业大学获得学士学位, 现为河北农业大学机电工程学院在读硕士研究生, 主要研究方向为人工智能, 数字图像处理。

E-mail: 316351048@qq.com

Jia Yushen was born in 1992, got bachelor's degree at Agriculture University of Hebei on 2014, now is a postgraduate at Agriculture University of Hebei. Main research area is image processing.



蔡振江(通讯作者), 1965年出生, 博士生导师, 现为河北农业大学电气系教授, 主要研究智能检测与控制, 数字图像在检测中的应用。

E-mail: czj65@163.com

Cai Zhenjiang (Corresponding author) was born in 1965, doctoral supervisor, now is a Professor in College of Mechanical and Electrical Engineering, Agricultural University of Hebei, studies in intelligent detection and image processing.