

双峰法与 otsu 法结合在太阳能电池缺陷检测中的应用^①

张翰进, 傅志中, 念 蓓, 张忠亮, 张 冉

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院, 上海 200093)

摘 要: 图像分割在太阳能电池组件缺陷检测系统中, 起着非常重要的作用。通过双峰法和最大类间方差法结合对太阳能电池的近红外图像进行图像分割和二值化, 并得出缺陷的二值图。实验表明所提出的太阳能电池硅片的图像分割方法能快速准确地实现对图像的分割, 得到了较好的二值图。为太阳能电池图像的缺陷特征的提取, 以及进一步描述和分析奠定了良好的基础。

关键词: 双峰法; 最大类间方差法; 检测; 图像分割; 二值化

Combination of Bimodal Method and Otsu Method in Defects Detection in Solar Cells

ZHANG Han-Jin, FU Zhi-Zhong, NIAN Bei, ZHANG Zhong-Liang, ZHANG Ran

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

Abstract: Segmentation defects in the solar cell module detection system plays a very important role. In this paper, two peaks and maximum between-class variance of solar near-infrared image segmentation and image binarization and binary image obtained defects. Experiments show that the proposed silicon solar cell image segmentation method can achieve fast and accurate image segmentation, get a good binary image. Defects in the solar image feature extraction, and further description and analysis of laying a good foundation.

Key words: bimodal method; otsu method; detection; image segmentation; binaryzation

1 引言

太阳能作为一种新型的清洁的能源, 很早就被认为是化石原料的替代能源; 而作为利用太阳能供电的主要载体, 太阳能电池阵列近些年来得到飞速发展和广泛的应用。太阳能电池阵列的供电装置为太阳能电池片。由于太阳电池片是易碎产品, 其破损将直接影响到电池阵的输出功率。太阳电池的相关规范上, 都对太阳电池片的裂纹、碎片、断栅、虚焊、缺角、崩边以及黑片等电池片破损率有严格的要求。由于太阳能电池板的表面以及边缘瑕疵会影响到其整体系统的光电转换效率及品质, 所以对其外观的缺陷检测就变得十分重要。

一般对太阳能电池阵列采用近红外相机采集图像^[1-3], 然后对去噪后的图像进行分割, 之后对缺陷的特征进行描述和分类识别和检测。

在太阳能电池组件缺陷检测系统中, 图像分割起

着至关重要的作用。图像分割是按照一定的图像特征, 如图像的灰度特征^[4]、图像的纹理特征等将图像分成若干有意义的区域的过程。图像的分割处理的结果直接影响到太阳能电池片缺陷特征的后续分类和识别。阈值分割是一种广泛使用的分割技术, 它利用了图像中要提取的目标物与其背景在灰度特性上的差异, 把图像视为具有不同灰度级的两类区域的组合, 选取一个合适的阈值, 产生相应的图像。本文采用双峰法与otsu法相结合的方法对其进行分割。

2 基于双峰法的太阳电池单片灰度变换

双峰法^[5]利用灰度直方图特性确定灰度分割阈值的原理是: 如果图像所含的目标区域和背景区域在灰度上有一定差别, 那么该灰度的直方图会呈现双峰状(如图1的形式), 即背景和目标的灰度直方图上各自形成一个波峰, 且区域和波峰一一对应。由于

① 收稿时间:2011-05-05;收到修改稿时间:2011-05-31

波峰之间有一个波谷，因而选择双峰之间低谷处所对应的灰度值为分割阈值，将背景和背景两个区域分离开来。

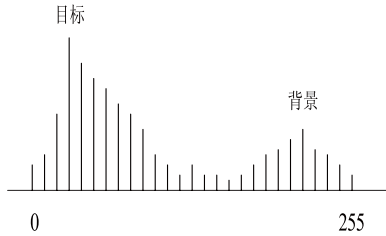


图 1 灰度像素直方图

选取双峰之间的低谷（波谷）作为分割阈值 t ，对图像进行尺度变换。

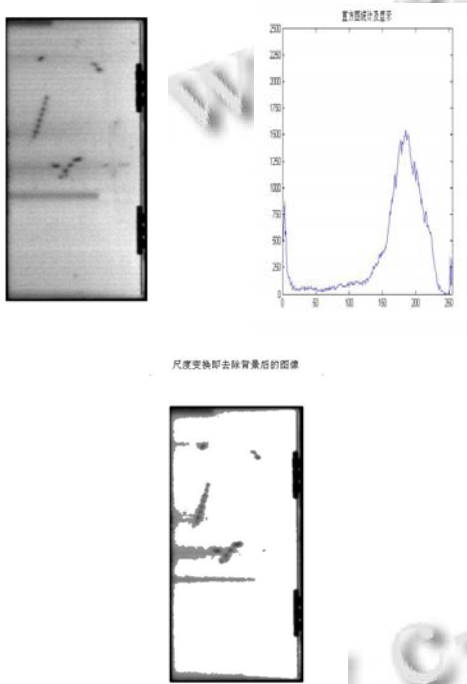


图 2 分别是原始图像（左上）、直方图（右上）及双峰法得到的尺度变换结果（下图）

3 最大类间方差^[6,7](OTSU)法

最大类间方差^[6,7]的基本原理是：按图像的灰度特性,将图像分成背景和背景 2 部分。背景和背景之间的类间方差越大,说明构成图像的 2 部分的差别越大,当部分目标错分为背景或部分背景错分为目标都会导致 2 部分差别变小。因此，使类间方差最大的分割意味着错分概率最小。

假设图像灰度级的范围为 $G=[0,L-1]$ ，各灰度级出现的概率是，阈值 t 将图像分为两类 $= [0,t]$ 和 $= [t+1,L-1]$ 。

C_0 和 C_1 类的概率分别为：

$$a_0 = \sum_{i=0}^t p_i$$

$$a_1 = \sum_{i=t+1}^{L-1} p_i = 1 - a_0$$

上式中 p_i 为灰度值为 i 的概率密度函数。

C_0 和 C_1 类的平均灰度为：

$$\mu_0 = \frac{\sum_{i=0}^t ip_i}{a_0} = \frac{\mu_t}{a_0}$$

$$\mu_1 = \frac{\sum_{i=t+1}^{L-1} ip_i}{a_1} = \frac{\mu - \mu_t}{1 - a_0}$$

其中

$$\mu = \sum_{i=0}^{L-1} ip_i$$

$$\mu_t = \sum_{i=0}^t ip_i$$

准则函数定义为两类的类间方差：

$$\begin{aligned} \eta^2(t) &= a_0(\mu_0 - \mu)^2 + a_1(\mu_1 - \mu)^2 \\ &= a_0 a_1 (\mu_1 - \mu_0)^2 \end{aligned}$$

采用遍历的方法得到使类间方差最大的阈值 T ，即为所求。

4 双峰法与最大类间方差法结合

假设图像只由目标（缺陷）和背景（无缺陷的硅片组织）^[8,9]组成，在目标或者背景内部的相邻像素间的灰度值是高度相关的，但在目标与背景交界处两边的像素在灰度值上有很大的差异。

太阳能电池单片的整体亮度虽存在差异，但直方图的形状都很相似，如图 3 所示，大部分像素分布在较高灰度级，也就是背景区域，灰度值接近 0 的附近为少部分背景和缺陷。

阈值 T 的选取的步骤如下：

① 统计太阳能电池单片的直方图，去除干扰，判断灰度值为 255 的脉冲干扰，若有，去除干扰，否则转下一步；

② 归一化，将去除干扰后的直方图中具有最大个数的数目作为归一化的标准。

- ③ 找到直方图中具有个数最大的灰度值 A;
- ④ 根据经验值 0.2, 找到个数在 0.2 处的灰度值, 记录灰度值 A 之前的 B、C 或者 D 点;
- ⑤ 求 B、C 或者 D 点的平均灰度 T, T 就是进行灰度变换的阈值。

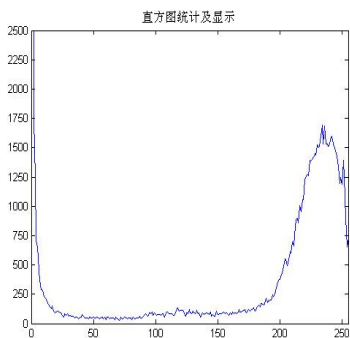
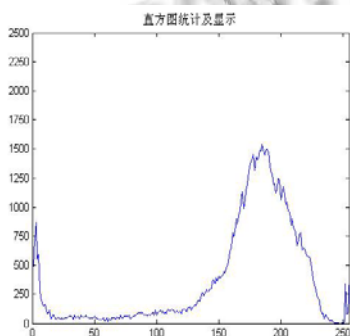
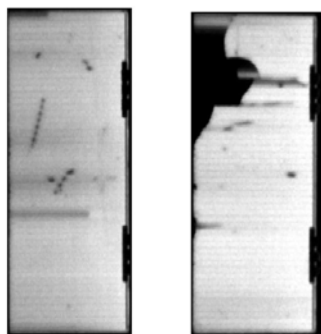


图 3 上为原始图像, 下为灰度像素直方图

由图 4 太阳能电池单片直方图模型可看出, 太阳能电池单片大部分为背景, 目标即缺陷分布在低灰度级, 可选取阈值 T 来对太阳能电池单片进行灰度变换。考虑到感兴趣的区域分布在低灰度级, 选取背景与目标之间的波谷作为阈值 T, 大于等于 T 的灰度值赋为 255, 低于 T 灰度值保持不变。这样实现了太阳能电池红外图像的灰度变换, 可将背景滤除。

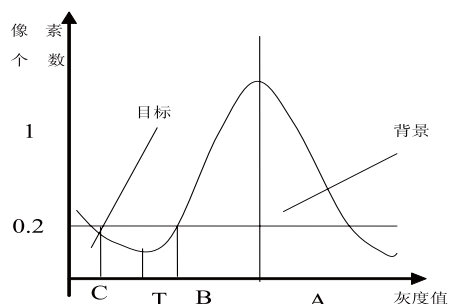
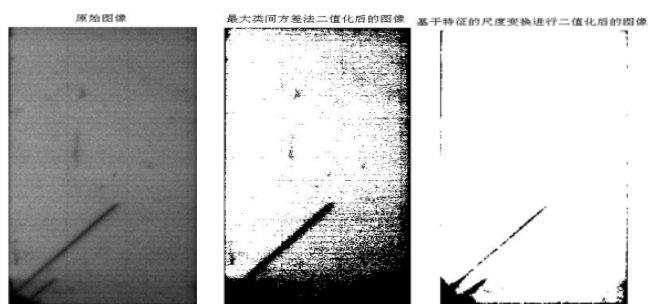


图 4

太阳能电池单片经过灰度变换后, 再利用最大类间方差法来分割图像, 可得到较理想的效果。实验结果如下图 5 所示:



(a)原始图像 (b)最大类间方差法 (c)双峰法及最大类间方差法结合后二值化图

图 5 太阳能电池单片双峰法及最大类间方差法结合二值化图

从图 5 可看出, 最大类间方差法的二值图只分开了缺陷的一部分, 在太阳能电池左下角的碎片没有分开, 并参杂了一些背景, 说明这种方法不能完全分离背景和缺陷; 而双峰法及最大类间方差法结合后所获得的二值图 c 则完全分开了缺陷和背景, 得到了较好的二值图。如图所示。这说明改进后的方法能够有效地区分出有缺陷的电池片, 并将缺陷的大小、形状和位置等特征反映出来。

5 结语

在分析太阳能电池硅片特点及其现有检测方法的基础上, 本文提出了一种基于双峰法和 otsu 法结合的太阳能电池硅片缺陷图像的分割方法。实验结果显示, 所提出的太阳能电池硅片的图像分割方法能快速准确地实现对图像的分割, 得到了较好的二值图,

(下转第 131 页)

4 结 语

短期负荷预测对保证安全供电及电力运输和电力系统安全分析有重要的意义。本文提出了一种基于 ACOA 训练 RBF 神经网络的预测模型,该算法充分利用蚁群算法的并行、全局寻优等特点来优化径向基函数的中心、宽度及隐含层与输出层之间的权值。仿真表明,基于蚁群优化算法的 RBF 神经网络预测模型比传统的 RBF 网络模型预测精度更高,稳定性更好,是一种行之有效的方法。

参 考 文 献

- 1 雷绍兰,孙才新,周淑,张晓星,程其云.基于径向基神经网络和自适应神经模糊系统的电力短期负荷预测方法.中国电机工程学报,2005,25(22):78-82.
- 2 高隽.人工神经网络原理及仿真实例.北京:机械工业出版社,2007.
- 3 李如琦,褚金胜,谢林峰,王宗耀.IAFSA-RBF 神经网络在短期负荷预测中的应用.电力系统及其自动化学报,2011,(23)2:142-146.
- 4 吴建龙,郭滨钊.PCA_RBF 网络在电力负荷预测中的应用研究.计算机仿真,2010,27(11):270-273.
- 5 Oglesby J, Mason J S. Radial Basis Function networks for Speaker Recognition. Proc. of International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing. Toronto, Canada: Causal Production Pty Ltd,1991,393-396.
- 6 袁立行,王玲芝.基于 RBF 网络的道路交通能力预测.西安邮电学院学报,2011,(16)2:42-45.
- 7 李士勇,陈永强,李研,等.蚁群算法及其应用.哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004.
- 8 Dorigo M, Maniezzo V, Colomi A. Ant System Optimization by a Colony of Cooperating Agent. IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics, 1996,26(1):29-41.

(上接第 117 页)

但图中缺陷部分出现了断裂,需要在进行形态学方面的处理。

参 考 文 献

- 1 Nian B, Fu ZZ, Wang L, Cao XX. Automatic detection of defects in solar modules. 2010 6th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing, 2010.
- 2 张舞杰,李迪,叶峰.硅太阳能电池视觉检测方法研究.计算机应用,2010,30(1):249-252.
- 3 丁叶飞,李红波,张滢清,薛永胜,刘小宇,陈鸣波.硅太阳能电池组件工艺缺陷的红外检测技术.太阳能,2010,(2):36-38.
- 4 Gonzalez RC, et al.阮秋琦,等译.数字图像处理.第 2 版.北京:电子工业出版社,2007.215-217.
- 5 Hunt LP. Total Energy Use in the Production of Silicon Solar Cells from the Raw Material to Finished Product. 12th IEEE Photovoltaics Specialists Conference. Baton Rouge, 1976: 347-352.
- 6 齐丽娜,张博,王战凯.最大类间方差法在图像处理中的应用.无线电工程,2006:25-26.
- 7 郝颖明,朱枫.二维 Otsu 自适应阈值的快速算法.中国图象图形学报,2005,4.
- 8 Marchadier J, Arquès D, Michelin S. Thinning Grayscale Well-Composed Images: A New Approach for Topological Coherent Image Segmentation. DGCI 2002, LNCS 2301, 360-371.
- 9 Pujol FA, Suau2 P, Pujol M, Rizo R, Pujol MJ. Selection of an Automated Morphological Gradient Threshold for Image Segmentation Application to Vision-Based Path Planning. Iberamia 2004, LNAI 3315.667-676.