

一种基于方向曲线的目标检测方法*

李 华 朱光喜 朱耀庭

(华中理工大学电信系图象教研室, 武汉 430074)

(华中理工大学图象信息处理与智能控制国家教委开放实验室, 武汉 430074)

摘 要 利用复合算子和方向曲线的方法建立了一种基于方向曲线的焊缝 X 光片中夹渣类缺陷的自动识别算法。该算法计算量小、判决速度快、实时处理效果好、识别率高,并且具有良好的适应性。试验结果表明这是一种良好的特征识别方法。

关键词 特征提取 夹渣缺陷 复合算子 方向曲线 方向序列

0 引 言

图象中特征点和特征区域的提取是图象处理领域的重要研究内容。特征提取可分为图象增强和边缘检测两部分,图象增强方法的空间域处理是在原图象上直接进行数据运算。虽然现有的增强方法有很多,但目前对图象增强还缺乏统一的理论。一般来讲,增强方法往往有针对性,对某类图象效果较好的增强方法未必一定适用于另一类图象。物体的边缘在图象中是由灰度的不连续性反映背景和检测物体之间的灰度变化。由于图象的复杂性,检测方法和检测算子也是多种多样,不同的边缘算子能起到很好检测效果的应用领域也不同。故对于各类不同的特征,并没有统一的方法来进行增强和识别。本文针对焊缝 X 光片中夹渣类缺陷的自动检测提出了一种利用方向曲线识别目标的新型算法。该算法通过提取特征点,跟踪得到特征点方向序列,并利用其对应的方向曲线进行缺陷判别。计算量较少,判决速度快,具有良好的实时处理性和适应性。

1 原 理

本试验中待识别的 X 光片中的夹渣缺陷为焊缝

缺陷中比较常见的一类,这类缺陷往往为不规则的圆形,大小约为 20—30 个象素点,灰度值略低于周围背景,边缘较模糊。根据这些特点,首先进行特征提取,然后进行特征点跟踪以识别缺陷。

1.1 特征提取

针对夹渣的特点,边缘是检测和识别所必须依赖的主要特征,它存在于目标和背景之间,边缘上象素点的灰度值与其邻域点的灰度值有明显的不同。边缘检测是图象分割的一种重要方法,要保持特征不变地提取边缘,对边缘算子的要求很高。好的边缘算子应满足边缘检测效果好、定位效果好、对单一边缘只有单一响应 3 个准则。利用 Kirch 算子检测边缘时,可得到边缘的大概特征,但不够准确,为准确描述边缘的结构特征,必须对上述所获得的边缘进行细化。故在本文中采用由 Kirch 算子和 Roberts 算子所组成的复合算子进行特征提取的方法。先使用 Kirch 算子对图象进行平滑、滤噪的粗略提取;然后采用 Roberts 算子进行第二次细化提取。

本文采用的 Kirch 算子由 8 个 3×3 窗口模板组成,每个小区域代表一种检测方向,其模板算子如图 1 所示。

* 本文研究受国家自然科学基金(No.69672014)和国家‘九五’重点科技项目资助
收稿日期:1998-10-30;收到修改稿日期:1998-12-07

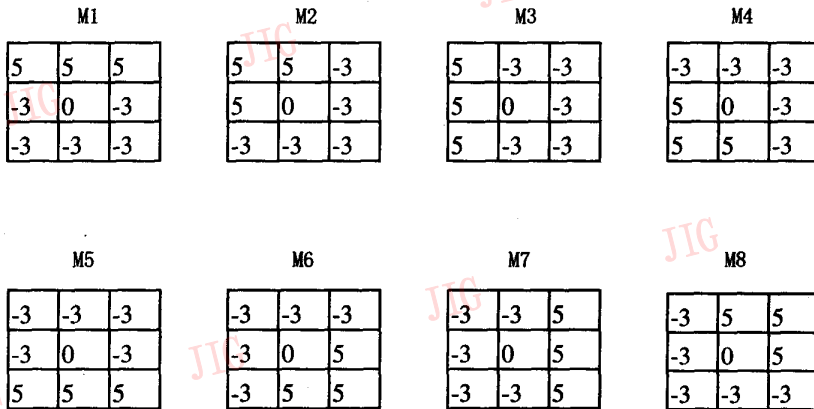


图1 8模板 Kirch算子

在实际操作时,8个模板对 3×3 窗口的图象轮流作用一遍,记下最大的计算结果及相应的模板代号(代表了该点的大概变化方向)。计算结果大于某个门限则输出1,否则为0。这样将 Kirch 算子作用得到的输出就变为了二值图;但 Kirch 算子作用后得到的边缘很粗,不利于后续的边缘跟踪和检测,必须进行细化。本算法中采用 Roberts 算子来实现细化,即用 Roberts 模板算子运算。运算式为:

$$G[f(x,y)] = |f(x,y) - f(x+1,y+1)| + |f(x+1,y) - f(x,y+1)| \quad (1)$$

$G[f(x,y)] > T$ (T 为某个给定的门限)者输出,作为下一步边缘跟踪的候选连接点,并以其最大输出对应的灰度值和模板方向作为该点的灰度值和连接方向。通过边缘检测处理后可得缺陷的大概轮廓。且每一特征点便带有两种信息:一种是灰度信息,另一种是方向信息。

试验表明采用8个不同的模板算法是一种行之有效的办法,不仅可以检测出图象边缘,实现图象的锐化,缩小检测的范围,还可以得到边缘曲线的大概变化方向。

1.2 特征点跟踪及识别

通过逐点连接的方式记录跟踪的方向和路径。跟踪过程中利用方向信息弥补逐点跟踪局部不连续的优点,得到方向序列链,从而记录了图象中特征线的几何特征信息。方向曲线表示方向序列号与方向的对应关系,直线的方向曲线为斜率为0的水平线,夹渣轮廓线的方向曲线近似为固定非0斜率的直线。最后,判断跟踪特征点得到的方向序列所对应

的方向曲线,从而正确检测图象中是否存在夹渣缺陷。

(1) 边缘跟踪

边缘检测实际上是图象增强,使缺陷部分更加醒目,要实现自动识别必须进一步处理。在细化了的边缘图中检测每一个孤立的边缘元素,在 3×3 的网格上检测它的8个邻域中的边缘点,进行边缘跟踪,同时记下跟踪的方向和路径,从而就记录了图象的几何特征信息。通过对边缘跟踪结果的分析便可对缺陷进行正确判决,同时得到缺陷的位置和大小。

(2) 判别原理

边缘跟踪得到由方向序号组成的链,根据边缘跟踪结果可判断是否有缺陷的理论依据是:任意几何形状均可与边缘跟踪得到的方向曲线一一对应,边缘跟踪链记录了几何边缘走向从而确定了几何形状。

设检测的曲线为一个标准的圆,如图2所示, s 为角度所对应的弧长, r 为标准圆的半径,则有:

$$ds = r \times d\theta \quad (2)$$

设 A, B, C, D 四个检测点在标准圆上的位置如图2所示,则 s 与 θ 的关系如图3所示。

以 A 点为起点,其方向曲线如图4所示,所以标准的圆对应的方向曲线是 $s-\theta$ 坐标系中一条斜率为 $1/r$ 的直线。该直线的斜率越大,对应的曲线的曲率半径越小。当检测的对象为一条直线时其方向曲线如图5所示,是 $s-\theta$ 坐标系中斜率为0的一条水平线。

在实际算法中,由于相邻点的方向角变化较大,为避免这种局部的方向角的抖动,先对方向曲线进

行 n 点的平滑。由于缺陷的局部边缘清晰,故判别

在一个 20—30 点的窗内进行。

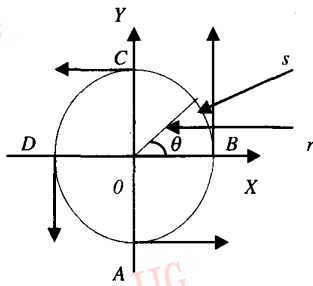


图2 标准圆示意图

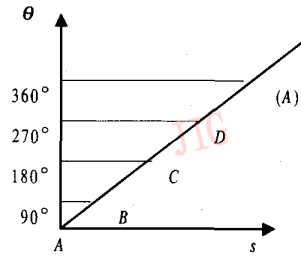


图3 s与theta对应关系示意图

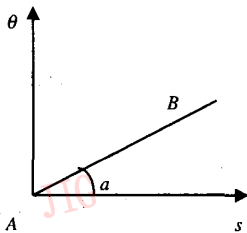


图4 标准圆对应的方向曲线

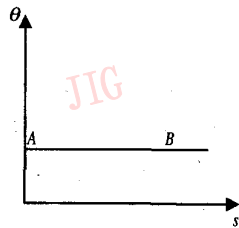


图5 直线对应的方向曲线

由于不同形状的曲线其对应的方向曲线特征不同,故可根据边缘跟踪的结果判断是否存在缺陷。

2 基于方向曲线的识别算法

利用前面所介绍的方向曲线的性质,构造图象识别算法,其基本步骤如下:

(1) 检测

① 按 Kirch 模板对图象进行匹配,记下最大的计算结果及相应的模板代号(代表了该点的大概变化方向)。计算结果大于某个门限则输出 1,否则为 0,将原图转化为二值图。

② 再用 Roberts 算子对二值图进行细化,得到进一步边缘跟踪的候选连接点。

(2) 跟踪

① 搜索边缘检测得到的候选连接点,找到跟踪的起点,并记录位置。

② 在以该点为中心的 3×3 窗口内按顺时针方向搜索下一个连接点。若存在连接点,则进入连接状态,记录连接方向(方向序号按图 6 编码),同时改变该点状态使其不再是候选连接点。

③ 若以该点为中心的 3×3 窗内无候选连接点,则按 Kirch 算子计算得到的方向进行跟踪,记下方向序号的同时进入断续状态。

④ 若连续 m 次位于断续状态或跟踪到图象的边界,停止跟踪,对跟踪结果进行判决。否则返回(2)。

⑤ 重复①—④直至找到缺陷或整个图象已无候选连接点。

3	2	1
4	*	0
5	6	7

图6 方向序号编码

(3) 判别

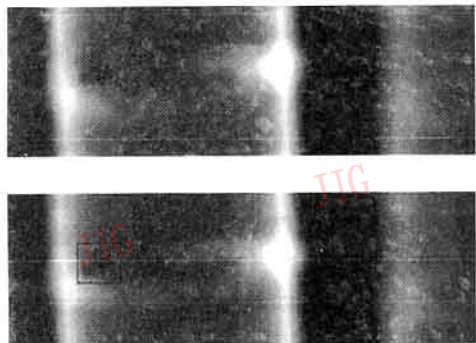
① 将边缘跟踪得到的方向序号乘以 45 便得到边缘走向与水平线逆时针的夹角 θ ,从而由方向序号序列得到方向曲线。

② 对方向曲线进行 n 点的平滑。

③ 对所得方向曲线进行判断,确定是否存在夹杂缺陷。

3 试验结果与讨论

采用本文方法对多幅图象进行试验,图7为该



算法对两幅具有夹渣缺陷的图象的识别结果。

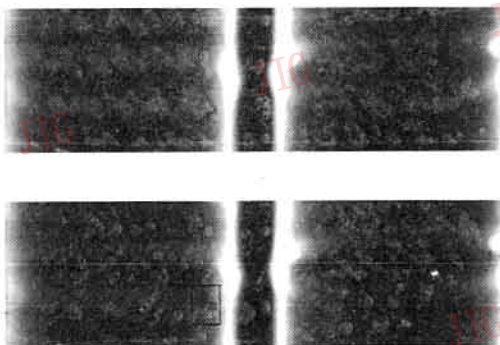


图7 实验结果

在试验中,合理选取门限十分重要,直接影响到判决效果,为不漏报缺陷,采用一级门限粗选和二级门限精选相结合的策略。粗选保证不放过任何缺陷,精选在粗选的基础上加强条件进一步判断。又由于实际中相邻点的方向角变化较大,为避免这种抖动,先对方向曲线进行平滑。使缺陷的局部边缘清晰。

由图7可见,采用本文所提出的算法可以准确地检测出类似圆形的夹渣缺陷,而当缺陷是由多个类似圆形的小缺陷聚集而成时,本算法仍可以较准确地分别勾勒出各个小部分。

大量试验结果表明,利用本文发展的方法所设计的试验简单、计算量小、判决速度快、实时处理效果好、识别率高,并且具有良好的适应性,我们已将该算法应用于所开发的“电力工业用射线探伤计算机辅助识别系统”中。

参考文献

- 1 Sahoo D K *et al.* A survey of thresholding techniques. CVGIP, 1988, 41: 233 ~ 260.
- 2 Marr D, Hildreth E C. Theory of edge detection. In: Proc Roy Soc, London B 207, 1980, 187 ~ 217.
- 3 荆仁杰等. 计算机图象处理. 杭州:浙江大学出版社, 1990.
- 4 李 衍. 国外电脑评片技术的新发展. 无损探伤, 1997, (1).
- 5 郑 翔等. 经典边缘检测模板的快速算法. 信号处理, 1995, 11 (4): 317 ~ 320.

李 华 1975年5月出生,1994年毕业于华中理工大学电信系获学士学位,1996年就读于华中理工大学电信系攻读硕士学位,于1998年直接攻读博士学位。主要研究领域:计算机视觉,多媒体通信,计算机网络应用。



朱光喜 1945年生,1969年毕业于华中理工大学(华中工学院),现为华中理工大学电子与信息系教授,博士生导师,任电子与信息工程系主任。长期从事计算机图象,图形处理,多媒体通信等领域的工作,获得多项研究成果,在国内外发表论文近百篇,现主要从事CSCW,数字电视,多媒体通信等工作。



朱耀庭 1939年生,1961年毕业于华中理工大学(华中工学院),1986年晋升教授,曾任华中理工大学副校长,现为博士生导师。目前从事数字图象处理,计算机视觉,电子设备故障诊断专家系统等研究工作,在国内外发表论文百多篇。兼任湖北省通信学会副理事长,中国通信学会图象通信委员会副主任,国家教委科技委员会副主任。



Defect Recognition Algorithm Based on Direction Curve in X-Rays Photo

Li Hua, Zhu Guangxi and Zhu Yaoting

(Dept. of Electri. & Infor., Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

(State Education Commission Laboratory for Image Processing and Intelligent Control

Huazhong University and Technology, Wuhan 430074)

Abstract A new recognition algorithm using composite operator and direction curves to auto-detect the dreg defects in X-rays photo is proposed in this paper. This algorithm is simple with little computation, fast detection speed, good effect of real-time process, high accuracy of detection and good adaptability. Experiments evince this algorithm is a good feature detection method.

Keywords Feature detection, Dreg defect, Composite operator, Direction curve, Direction sequence

康柏新型 AlphaServer DS10 是 全球最快的单处理器 RISC 系统

康柏电脑公司宣布推出全球最快的单处理器 RISC 系统——款突破性的入门级 AlphaServer。它支持多种操作系统,包括 Tru64 UNIX、Linux、OpenVMS 和 Windows NT,是康柏 NonStop[®] eBusiness 解决方案的理想平台。

先进特性,真正满足 Internet 企业需求

康柏 AlphaServer DS10 非常适用于要求低成本应用服务器平台的商业型企业,同时也可完美地满足 Internet、ISP 和电信业解决方案的需求。它还是第一款经过特别设计的 AlphaServer,同时支持 Tru64 UNIX 和 Linux,以供上述市场的客户进行选择。与同档 RISC 系统相比,AlphaServer DS10 的运行速度快 2 到 3 倍,因此 ISP 可以轻松地将这些低成本、空间使用效率极高的服务器专门用于特定客户和应用。

AlphaServer DS10 具有较强的可扩展性,它提供了 4 个 PCI 插槽和高达 29GB 的内部磁盘存储容量。超薄设计使其即可采用普通机箱作为台式服务器,也可采用机架配置,并与同一机架中的其它系统进行集群。使用机架安装型号,客户可以建立理想的 Linux Beowulf Cluster 和 TruCluster。与康柏以前推出的 Fortran、C 编译器和数学程序库相结合,新的 C++ 和扩展数学程序库以最小的地面占用空间为系统提供了最高的性能,对于 Linux 和 Tru64 UNIX 来说,这是一项重大突破。

通用平台,性能价格比实现新的突破

康柏 AlphaServer DS10 秉承了 AlphaServer 卓越设计、高标准测试、质量保证和一流解决方案的一贯传统。基于 Alpha 21264 CPU(EV6)处理器,该款新型服务器提供了前所未有的 64 位性能。

机架就绪 3U/台式设计的 AlphaServer DS10 具备 100% 的应用兼容性和高达两倍的应用性能改善,并且无需对在以前服务器上运行的应用进行重新编译。它提供了一个 466MHz Alpha 21264 处理器,配备 2MB 二级高速缓存、高达 2GB 的 ECC 内存,以及先进的 128 位内存数据路径,可提供每秒 1.3GB 的内存带宽。

这一设计使康柏 AlphaServer DS10 实现了最强大的单处理器系统整数计算能力(24.6 SPECint95)和最快的单 CPU SPECfp95 测试结果(47.9 SPECfp95)。

以价格适中的 Linux 解决方案提供真正的企业动力

此次的产品发布再次表明了 Linux 是 Tru64 UNIX 的战略性补充,并且进一步确保了 Linux 和 Tru64 UNIX 将具有较高的产品兼容性。Tru64 UNIX、Linux 和 Alpha 21264 服务器的组合为客户提供前所未有的可伸缩性和可用性。

随着公司陆续推出专门为 Linux 客户设计的工具和产品,康柏还将相应地提供与之匹配的支持服务。从 6 月份开始,康柏将提供对 AlphaServer Linux 平台的在线访问,并将在 Tru64 软件开发工具系列中增加 Linux,其中包括在上个月发布的扩展数学程序库,它是对标准数学程序库的补充。此外,康柏还将把 C++ 添加到现有的编译器列表中。