

文章编号:1002-2082(2010)04-0602-04

快速匹配算法在药筒模块检测中的应用

郭 栋¹, 董 友², 王明泉¹, 高远飞¹

(1. 中北大学 仪器科学与动态测试教育部重点实验室, 山西 太原 030051;

2. 朔州市朔城区第一中学, 山西 太原 036000)

摘 要: 为了能够快速、准确判断药筒模块是否合格, 实现检测的自动化, 针对药筒模块中可燃性紧塞盖图像的特点和检测要求, 在研究经典相关系数匹配算法基础上, 采用了一种快速图像匹配算法, 即通过减少相关系数计算量和模板搜索范围, 在保证匹配准确度的前提下来提高图像匹配速度。实验和现场测试表明, 使用该方法, 匹配速度提高了近67%, 实现了图像的快速匹配, 软件误判率 $<1\%$, 满足实际生产要求。

关键词: 图像匹配; 药筒模块; 相关系数; 搜索范围

中图分类号: TN911.73; TP751.1

文献标志码: A

Fast matching algorithm in cartridge module detection

GUO Dong¹, DONG You², WANG Ming-quan¹, GAO Yuan-fei¹

(1. The Ministry Education Key Lab for Instrumentation Science and Dynamic Test, North University of China, Taiyuan 030051, China; 2. No. 1 Middle School of Shuo Cheng District, Shuo Zhou 036000, China)

Abstract: In order to quickly, automatically and accurately judge whether the cartridge module is qualified, according to the combustible tight plug cover image of cartridge module and the detection requirements, a fast image matching algorithm based on classical correlation coefficient matching algorithm is used to reduce the correlation coefficient calculation and template matching search scope, and the speed of the image matching is increased without sacrificing the matching accuracy. Field test shows that this method can rapidly and accurately complete target detection, false rate $<1\%$, matching speed increased by 67%, which meet the production requirements.

Key words: image matching; cartridge module; correlation coefficient; search scope

引言

随着无损检测技术的快速发展, X射线实时成像及检测技术以其独特的优点在航空航天、国防军事、安检交通等领域得到了广泛的应用。在军工行业中, 药筒模块的质量好坏直接关系到个人生命安全和国防安全, 因而对药筒模块的检测具有十分重要的意义。一枚药筒模块合格与否关键是判断其内部的引信结构是否完整, 主要包括对可燃性紧塞盖检测。目前, 通用的检测方法是在流水线上安装红

外照相机, 对药筒模块进行拍照, 人工评片。此方法受主观意识影响较大, 因而效率较低; 同时, 药筒模块图像中紧塞盖灰度与周围弹药灰度很相似, 很容易误判。本文从图像处理角度提出如何准确、快速地自动检测出药筒模块质量是否合格的解决方法。

1 药筒模块图像预处理

基于相机的X射线采集系统采集到的图像由于受到随机噪声的影响, 图像比较灰暗, 利用中值滤波

收稿日期: 2009-11-30; 修回日期: 2009-12-10

基金项目: 山西省青年科技研究基金(2009021019-2)

作者简介: 郭栋(1983—), 男, 江苏徐州人, 硕士研究生, 主要研究方向: 信息处理与重建。E-mail: insomnia0810@yahoo00.cn

的方法可以有效地去除噪声,得到较好的灰度图像^[1],如图1所示,引信部分结构如图2虚线部分。

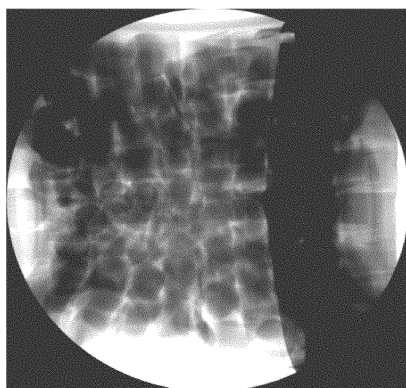


图1 预处理后的图像

Fig. 1 Image after preprocessing

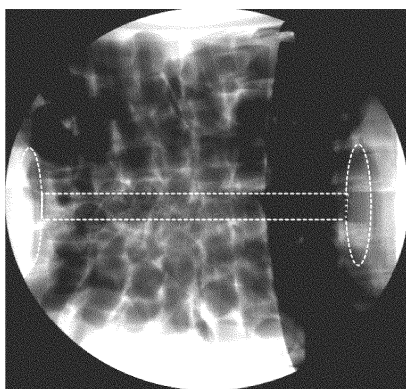


图2 引信结构特征标记

Fig. 2 Image feature needs to be detected

2 快速匹配算法原理

2.1 相关系数定义及公式

假设两幅进行匹配的图像中原图(大图)为 S ,大小为 M, X, N ,模板图像(小图)为 s ,大小为 m, x, n 。以 $S_{x,y}$ 表示 S 中以 (x, y) 为左上角点与 s 大小相同的子块。

利用相关系数公式可以计算出原图和模板图像之间的相关系数,得到相关系数矩阵 $r(x, y)$,通过对相关系数矩阵的分析,可以判定两幅图像是否相关^[2]。 $r(x, y)$ 的定义为

$$r(x, y) = \frac{\sigma(S_{x,y}, s)}{\sqrt{D(x, y)D}} \quad (1)$$

式中: $\sigma(S_{x,y}, s)$ 是 $S_{x,y}$ 和 s 的协方差; $D(x, y)$ 是 $S_{x,y}$ 的方差,

$$D(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (S_{x,y}(i, j) - \bar{S}_{x,y})^2$$

D 为 g 的方差,

$$D = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (S(i, j) - \bar{s})^2$$

式中: $\bar{S}_{x,y}$ 和 $\bar{s}$ 分别表示图像 $S_{x,y}$ 和 s 的灰度均值。将 $D(x, y)$ 和 D 代入到(1)式中得

$$r(x, y) = \frac{\frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (S_{x,y}(i, j) - \bar{S}_{x,y})(s(i, j) - \bar{s})}{\sqrt{\frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (s(i, j) - \bar{s})^2} \sqrt{\frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (S_{x,y}(i, j) - \bar{S}_{x,y})^2}}$$

2.2 减少相关系数计算量

由公式(2)可知,其分子部分 $\frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (S_{x,y}(i, j) - \bar{S}_{x,y})(s(i, j) - \bar{s})$ 中 $\bar{s}$ 可一次性算出,

$$\begin{aligned} \text{设 } T &= s(i, j) - \bar{s}, \text{ 则 } \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (S_{x,y}(i, j) - \bar{S}_{x,y}) \\ &\times (s(i, j) - \bar{s}) = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (S_{x,y}(i, j) - \bar{S}_{x,y})T = \\ &= \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n S_{x,y}(i, j)T - \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \bar{S}_{x,y}T = \\ &= \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n S_{x,y}(i, j)T - \frac{1}{mn} \bar{S}_{x,y} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n T \end{aligned} \quad (3)$$

又因为 T 的和为0,公式(3)中只剩下第一项 $\frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n S_{x,y}(i, j)T$ 。第一项是模板与子图进行卷积运算,可将该项利用差分求和方法进行快速卷积运算^[3]。

差分求和方法简单介绍如下:设有两个大小同为 K 的一维数组 $f_1(x)$ 和 $f_2(x)$, $x = 1, 2, \dots, K$ 。则这两个数组的乘积等于将其中一个数组 $f_1(n)$ 差分与另一个数组 $f_2(n)$ 累积求和后的乘积,即

$$\sum_{x=1}^K f_1(x)f_2(x) = \sum_{x=1}^K F_1(x)F_2(x) \quad (4)$$

其中

$$F_1(x) = f_1(x) - f_1(x+1) \quad (5)$$

$$F_2(x) = F_2(x-1) + f_2(x) \quad (6)$$

$$F_0(0) = 0 \quad (7)$$

$$f_1(K+1) = 0 \quad (8)$$

设 $s(i, j)$ 代表模板对应点像素值,首先将模板中所有像素点进行升序排列为—维数组 $f(x)$,则 $f(x) \leq f(x+1)$, $x = 0, 1, 2, \dots, n^2$ 。

然后令 $F(x)$ 为 $f(x)$ 的差分数组,即

$F(x) = f(x) - f(x+1)$,其中, $F(n^2) = 0$, $x = 0, 1, 2, \dots, n^2$ 。在排序的同时记录下每个点原来的位置,以便在模板运算的时候找到子图对应点的位置^[4]。

设 $S_{x,y}(i, j)$ 代表位于 (x, y) 处的子图对应点像

素值,首先将子图所有像素点根据模板排序记录排列为二维数组 $f_{i,j}(x)$,并依次进行累积求和,令 $F_{i,j}(x)$ 为 $f_{i,j}(x)$ 的累积求和数组,即: $F_{i,j}(x)=F_{i,j}(x+1)-f_{i,j}(x)$,其中, $F_{i,j}(0)=0$ 。

由(4)式~(8)式可知,该方法主要通过对数组 $f_1(x)$ 进行差分得到差分数组 $F_1(x)$,由于 $f_1(x)$ 的有序性,使得 $F_1(x)$ 中存在大量的0和1,显然0或1的乘法运算可以忽略不计,所以使计算量大大减少,提高运算速度^[5]。

2.3 减少模板搜索范围

在进行流水线检测的时候,药筒模块和增强器的相对位置是基本不变的,因此相机采集到的药筒模块图像引信结构位置基本上是相同的。由图2可知,要检测的可燃性紧塞盖在药筒模块的中部区域的两端,所以在模板匹配之前可以对滤波后的图像进行分割。方法简单介绍如下:找到药筒模块图像中左侧可燃性紧塞盖的左上方的坐标,以可燃性紧塞盖的高作为分割矩形的宽,以增强器的视野半径作为分割矩形的长,分割图像^[6-8],分割后的图像如图3所示。

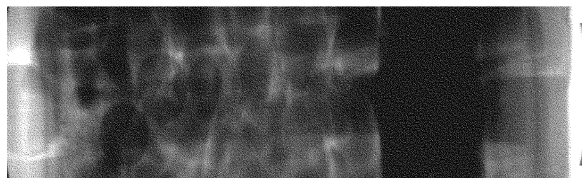


图3 分割结果

Fig. 3 Result of image segmentation

分割后图像与图(1)相比,只是很小的一块,这样,既能排除图像其他部分对检测的影响,提高检测的准确度,又减少了模板搜索的范围,提高了检测的速度。

3 实验

实验采用的计算机配置为内存1 GB,主频P4 2.80 GHz,算法软件平台VC++6.0。实验图像从图像库文件中搜索已知模板图像,如图4(a)所示,利用快速算法对图像进行匹配,并与传统算法相比较。图4(b)和图4(c)是图像匹配结果,用白框标出了检索结果。

表1是传统算法和本文采用的快速算法的所用时间比较,从表中可以看出快速算法比传统算法在匹配速度上有明显的提高。

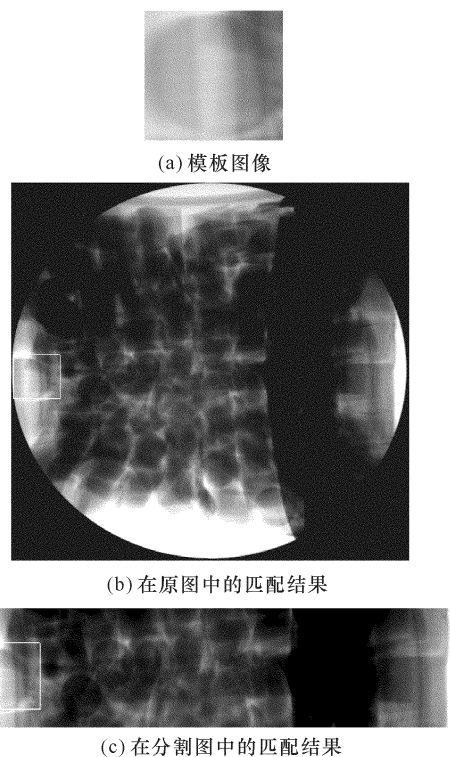


图4 模板图像和图像匹配结果

Fig. 4 Template image and the result of matching

表1 传统算法和快速算法的时间比较

Table 1 Comparison of time between the traditional algorithm and the fast algorithm

图像	匹配方法	匹配时间/s
4(b)	传统方法	6
4(c)	快速算法	2

4 分析与结论

通过实验和现场反复测试得到如下结果:

1) 如果目标图像中含有与模板图像相同的内容,匹配精度可达100%。

2) 利用本文的快速匹配算法能够实现图像的精确匹配,匹配速度与传统算法相比提高了近67%。

3) 本文所采用的方法在现场测试中实现了检测的自动化,软件误判断率<1%,检测精度达到了预期要求。

参考文献:

- [1] 容观澳. 计算机图像处理[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
RONG Guan-ao. Computer image processing[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2002. (in Chinese)

- [2] 李卓,邱慧娟. 基于相关系数的快速图像匹配研究[J]. 北京理工大学学报, 2007, 11(27): 998-1000.
LI Zhuo, Qiu Hui-juan. Fast image matching based on the correlation coefficient[J]. Journal of Beijing Institute of Technology, 2007, 11(27): 998-1000. (in Chinese with an English abstract)
- [3] 董安国. 图像匹配最大互相关快速算法[J]. 浙江万里学院学报, 2005, 18(4): 13-15.
DONG An-guo. The fast algorithm of maximum cross-correlation algorithm for image match [J]. Journal of Zhejiang Wanli University, 2005, 18(4): 13-15. (in Chinese with an English abstract)
- [4] 王兵. 基于差分矩因子的灰度图像矩快速算法[J]. 计算机学报, 2005, 28(8): 1367-1372.
WANG Bing. A new algorithm of fast computing geometric moments for gray level image based on differential moments factor[J]. Chinese Journal of Computers, 2005, 28(8): 1367-1372. (in Chinese with an English abstract)
- [5] 刘锦峰. 图像模板匹配快速算法研究[D]. 长沙: 中南大学, 2007, 5: 21-24.
LIU Jin-feng. Study on fast image template matching algorithm [D]. Changsha: Central South University Scientific Dissertation, 2007, 5: 21-24. (in Chinese)
- [6] 张遂南, 黄士坦. 图像匹配最大互相关算法的专用ASIC 硬件实现方法研究[J]. 电子技术应用, 2001 (7): 69-71.
ZHANG Sui-nan, HUANG Shi-tan. The image matching algorithm of one's special hardware ASIC research [J]. Application of Electronic Technique, 2001 (7): 69-71. (in Chinese with an English abstract)
- [7] 刘杰, 安博文. 基于动态阈值分割的目标提取技术[J]. 红外技术, 2008(12): 707-708.
LIU Jie, AN Bo-wen. Object extraction technique based on dynamic threshold segmentation [J]. Infrared Technology, 2008 (12): 707-708. (in Chinese with an English abstract)
- [8] KASS M, WITKIN D. Terzopoulos. Snake: active contour models [J]. International Journal of Computer Vision, 1998, 1(4): 321-331.