

文章编号:1671-251X(2020)11-0083-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2020050059

基于 Data Matrix 码的煤矿设备信息管理

宋彬, 刘丽丽, 张磊, 王磊, 杜雨馨, 张宁

(徐州工程学院 机电工程学院, 江苏 徐州 221018)



扫码移动阅读

摘要:为提高煤矿设备管理效率,提出了一种基于 Data Matrix 码的煤矿设备信息管理方法。该方法分为煤矿设备信息 Data Matrix 码生成和识别 2 个部分:将存储设备运行信息的服务器地址同设备固有信息进行编码,生成煤矿设备信息 Data Matrix 码;通过智能移动终端采集煤矿设备上的 Data Matrix 码图像,对图像进行灰度化、中值滤波、二值化、Canny 边缘检测等预处理后,采用改进的 Hough 变换检测 Data Matrix 码的 L 型直线,并进行倾斜校正操作,从而准确定位图像中 Data Matrix 码的坐标位置,再通过解码识别 Data Matrix 码包含的设备信息。该方法能准确记录和识别设备信息,提高设备管理效率。

关键词:煤矿设备;设备信息管理;二维码;Data Matrix 码;Hough 变换;编解码
中图分类号:TD67 文献标志码:A

Coal mine equipment information management based on Data Matrix code

SONG Bin, LIU Lili, ZHANG Lei, WANG Lei, DU Yuxin, ZHANG Ning

(Department of Mechanical Engineering, Xuzhou Institute of Technology, Xuzhou 221018, China)

Abstract:In order to improve efficiency of coal mine equipment management, a coal mine equipment information management method based on Data Matrix code was proposed. The method includes Data Matrix code generation and Data Matrix code recognition. Address of server that stores equipment operation information is encoded with equipment inherent information, so as to generate Data Matrix code of coal mine equipment information. Image of Data Matrix code on coal mine equipment is collected through intelligent mobile terminal. After the image is preprocessed by graying, median filtering, binarization and Canny edge detection, the improved Hough transform is used to detect L-shaped line of Data Matrix code, and tilt correction operation is carried out, so as to accurately locate coordinate position of Data Matrix code. Then equipment information contained in Data Matrix code is identified by decoding. The method can accurately record and identify equipment information and improve equipment management efficiency.

Key words:coal mine equipment; equipment information management; two-dimensional code; Data Matrix code; Hough transform; codec

0 引言

随着煤矿自动化生产进程的加快,越来越多功能不一、种类复杂的设备投入使用,增加了煤矿设备

信息管理的难度。目前,国内仍有不少煤矿采用人工记录和管理设备基础信息和维修情况,记录内容有限、效率低。建立合理、科学、便捷的煤矿设备信息管理模式必不可少。二维码具有承载广泛数据信

收稿日期:2020-05-22;修回日期:2020-11-17;责任编辑:盛男。

基金项目:国家自然科学基金项目(51428501);江苏省高校自然科学研究面上项目(20KJB545);江苏省高校自然科学研究计划项目(19KJA460128);江苏省产学研合作项目(BY2018076);徐州市重点研发计划项目(KC17007,KC19088)。

作者简介:宋彬(1990—),男,江苏徐州人,助理实验师,硕士,研究方向为机器视觉,E-mail:sxizt1990@163.com。

引用格式:宋彬,刘丽丽,张磊,等.基于 Data Matrix 码的煤矿设备信息管理[J].工矿自动化,2020,46(11):83-86.

SONG Bin, LIU Lili, ZHANG Lei, et al. Coal mine equipment information management based on Data Matrix code[J]. Industry and Mine Automation, 2020, 46(11): 83-86.

息的能力且易被识别,被应用在物体定位、装备管理、安全支付等领域^[1-3]。梁柯等^[4]利用二维码管理电力通信系统中的通信标志,减轻了工作人员劳动强度。高磊等^[5]应用二维码管理智能变电站光缆信息,通过移动终端扫描识别光缆上的二维码,可迅速获得光缆纤芯信息,提高了光缆调试、维护效率。鉴于此,通过二维码记录煤矿设备信息可提高设备管理效率^[6]。二维码常用类型包括 QR Code, PDF417, Data Matrix。QR Code 位置特征明显,具有超高速识别的特点,常被应用于日常的信息管理和消费中^[7]。PDF417 码具有信息容量大、编码范围广、保密性和防伪性能强等特点,被应用于证件信息保存、生产管理、报表管理等私密性要求高的场合。Data Matrix 码具有目前二维码中所能印刷的最小尺寸,可在 25 mm^2 的面积上存储 30 个数字,并且具有出色的纠错能力,最高只需读取条码 20% 的信息即可精确识别条码内容^[8-9]。煤矿生产环境中煤尘遍布,设备负荷量大,机器磨损程度高,为避免二维码图案磨损,减少读取煤矿设备信息的错误率,本文选择尺寸小、纠错力强的 Data Matrix 码来承载煤矿设备信息,提出了一种基于 Data Matrix 码的煤矿设备信息管理方法。该方法分为煤矿设备信息 Data Matrix 码生成和识别 2 个部分:将煤矿设备信息分类并通过编码生成 Data Matrix 码;采集煤矿设备上的 Data Matrix 码图像,对图像进行处理以定位 Data Matrix 码区域,通过解码识别 Data Matrix 码包含的设备信息。

1 煤矿设备信息 Data Matrix 码生成

将煤矿设备信息分为固有信息和运行信息。固有信息是指设备固有属性,包括设备名称、型号、电压、电流及功率等;运行信息是指设备维修记录,包括设备状态、故障现象、故障原因、维修内容、维修时间、维修人员等。运行信息存储在服务器,将服务器地址同设备固有信息编码生成 Data Matrix 码。

煤矿设备信息 Data Matrix 码生成步骤如下。

(1) 数据编码。数据编码是将需要编码的字符信息根据二维码编码方案生成码字流的过程。煤矿设备信息由汉字、英文字母和数字组成。汉字采用内码编码模式,内码采用双字节表示,内码编码规则为高字节 $\times 16^2$ + 低字节,将双字节数转换为 7 位五进制数,在转换后的 7 位五进制数上再加上 50 作为标记。英文字母和数字采用 ASCII 码编码^[10-11]。

(2) 添加纠错码。为保证 Data Matrix 码损坏的情况下正确解码,需要在生成的码字流中添加纠错码。RS 纠错码在使用过程中灵活方便且具有较

强的数据纠错能力^[10],可纠正 T 错误(译码过程发生错误)和 E 错误(没有被扫描或不能被译码)2 种数据错误类型,且纠正上述 2 种类型错误数量为

$$e + 2t \leq d - p \quad (1)$$

式中: e 为 E 错误个数; t 为 T 错误个数; d 为纠错码个数; p 为检错码字个数。

一般情况下, $p=0$;当 E 错误个数大于纠错码个数 50% 时, $p=3$;对于小尺寸的 Data Matrix 码, $e=0, p=1$ 。

(3) 确定 Data Matrix 码符号版本信息。Data Matrix 码符号版本信息有 24 种,最小单元数为 10×10 ,最大单元数为 144×144 。根据已添加 RS 纠错码的码字流长度,确定 Data Matrix 码符号版本信息。

(4) 放置码字流,生成 Data Matrix 码。将码字流的每一位映射到放置矩阵中。此外,为帮助识读器读取 Data Matrix 码,需要在放置矩阵中加入校正图形模块,最终生成 Data Matrix 码。

2 煤矿设备信息 Data Matrix 码识别

煤矿设备信息 Data Matrix 码识别首先使用智能移动终端(手机、摄像头)采集煤矿设备上的 Data Matrix 码图像,然后采用图像识别技术定位 Data Matrix 码区域,最后通过解码读取 Data Matrix 码包含的设备信息。

2.1 Data Matrix 码图像定位

Data Matrix 码图像定位步骤如下。

(1) 将采集的 Data Matrix 码图像进行灰度化^[12]。

(2) 采用中值滤波算法^[13](设置中值滤波窗口大小为 3×3)去除灰度化后的 Data Matrix 码图像噪声,同时保留 Data Matrix 码的边界信息。

(3) 由于煤矿环境中光线不均匀,需要选择合适的阈值(本文设置为 150)进行图像二值化操作,将 Data Matrix 码图像转换为二值图像^[14]。

(4) 将二值化后的 Data Matrix 码图像用 Canny 算子检测边缘特征^[15]。

(5) 采用改进的 Hough 变换检测 Data Matrix 码的 L 型直线。

(6) 通过双线性插值法^[16]校正倾斜的 Data Matrix 码。

上述步骤中,Data Matrix 码的 L 型直线检测最关键,直接影响最终识别结果。

Hough 变换思想:笛卡尔坐标系中直线 $y = kx + b$ (k 为直线斜率, b 为直线截距)可由极坐标系中的点 (ρ, θ) (ρ 为原点到该直线的距离, θ 为原点到

该直线垂线与 x 轴夹角)表示^[17],且 $\rho = x\cos\theta + y\sin\theta$ 。将直线上所有点进行 Hough 变换得到的正弦曲线都相交于一点,直线检测转换为寻找参数空间 (ρ, θ) 局部最大值。

采用改进的 Hough 变换检测 Data Matrix 码的 L 型直线步骤如下。

(1) 将参数空间 (ρ, θ) 量化,建立计数矩阵 $\mathbf{P}$ 并将所有元素置 0。

(2) 针对 Data Matrix 码图像中每一个像素点 (x, y) ,将不同 θ 量化值代入 $\rho = x\cos\theta + y\sin\theta$,求解对应 ρ ,结果存入计数矩阵 $\mathbf{P}$,且计数值加 1。

(3) 当计数值大于设定的阈值时,说明存在直线。计数矩阵 $\mathbf{P}$ 中最大累加值对应点 $(\rho_{\max}, \theta_{\max})$,该点对应 Data Matrix 码中最长的直线。

(4) 针对 Data Matrix 码边缘像素点,求解对应 ρ ,若 $\rho = \rho_{\max}$,将该边缘像素点存入矩阵 $\mathbf{T}$ 。

(5) 在矩阵 $\mathbf{T}$ 中,边缘连续像素点个数大于设定的阈值时,说明存在线段,将线段所包含的连续像素点坐标保存到数组 $\mathbf{M}$ 中。

(6) 检测数组 $\mathbf{M}$ 中的峰值——计数矩阵 $\mathbf{P}$ 中最大累加值所对应的点,将峰值相同的线段进行合并,得到 Data Matrix 码的 L 型直线。

2.2 Data Matrix 解码

Data Matrix 解码是编码的逆过程,流程如图 1 所示。

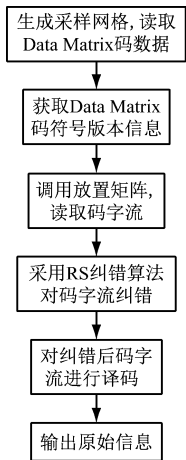


图 1 Data Matrix 码解码流程

Fig. 1 Flow of Data Matrix code decoding

3 实验验证

采用 C++ 语言编写 Data Matrix 码生成算法,将煤矿设备固有信息及存储运行信息的服务器地址生成 Data Matrix 码,如图 2 所示。该 Data Matrix 码为正方形,单元数为 72×72 ,存储位数为 4 400。Data Matrix 码打印尺寸可任意调节,本文设置为 $25\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ 。



图 2 Data Matrix 码

Fig. 2 Data Matrix code

在模拟矿井环境的实验室条件下,通过相机采集 Data Matrix 码图像,图像经灰度化处理后如图 3(a)所示。利用 Canny 算子检测图像边缘,如图 3(b)所示。通过改进的 Hough 变换检测 Data Matrix 码的 L 型直线,如图 3(c)所示。通过双线性插值法将倾斜的 Data Matrix 码图像进行校正,如图 3(d)所示。

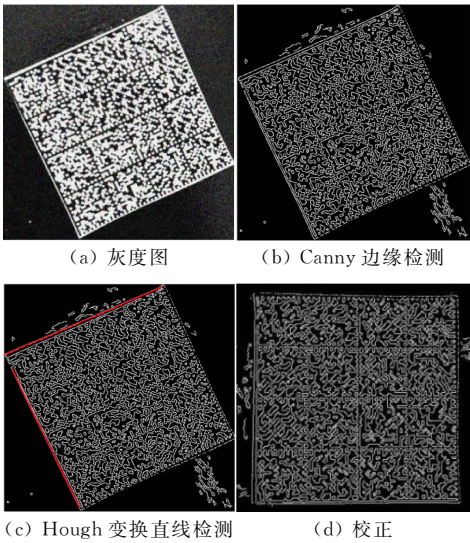


图 3 Data Matrix 码定位

Fig. 3 Data Matrix code positioning

为验证改进的 Hough 变换检测直线的有效性,选用分辨率为 487×482 的图像,在配置为 Intel(R) Core(TM)i3-2330M CPU@2.20 GHz 的 PC 端上利用 Matlab R2016a 软件进行实验,分别使用标准 Hough 变换和改进的 Hough 变换对 Data Matrix 码图像进行直线检测,结果如图 4 所示。可看出采用标准 Hough 变换检测出多条不需要的直线,而采用改进的 Hough 变换可准确检测 Data Matrix 码的 L 型直线。

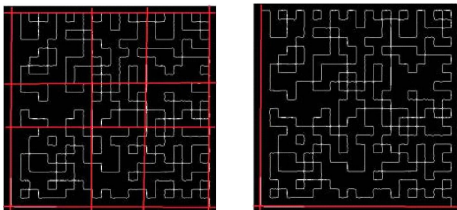


图 4 Data Matrix 码直线检测

Fig. 4 Line detection of Data Matrix code

采集 1 125 张不同角度的 Data Matrix 码图像,采用标准 Hough 变换和改进的 Hough 变换进行测试,结果见表 1。可看出与标准 Hough 变换相比,改进的 Hough 变换耗时缩短了 74%,直线检测准确率提高了 46.8%。

表 1 直线检测结果对比

Table 1 Comparison of line detection results		
指标	标准 Hough 变换	改进的 Hough 变换
平均耗时/ms	263	68
平均准确率/%	47.8	94.6

4 结语

针对人工记录煤矿设备信息效率低的问题,将煤矿设备信息编码生成 Data Matrix 码,利用智能移动终端扫描 Data Matrix 码进行解码识别,不仅可查看煤矿设备固有信息,还可通过服务器地址访问设备运行信息,实现对煤矿设备的管理与维护;针对矿井环境污染严重、噪声大导致二维码图像定位难的问题,提出了一种改进的 Hough 变换检测 Data Matrix 码的 L 型直线,准确定位图像中 Data Matrix 码的坐标位置,提高了二维码识别率。基于 Data Matrix 码的煤矿设备信息管理方法可准确获取设备信息,减少了手工记录操作,提高了设备管理效率。

参考文献(References):

[1] 高飞,令狐乾锦,葛一粟,等. 基于位置判别的激光 QR 二维码定位方法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2017,29(6):1060-1067.
GAO Fei, LINGHU Qianjin, GE Yisu, et al. Location method of laser QR code based on position discrimination[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2017, 29(6):1060-1067.

[2] 赵晓余,孙文艳. 二维码技术在医疗设备档案管理中的应用[J]. 医疗卫生装备,2017,38(8):142-144.
ZHAO Xiaoyu, SUN Wenyan. Application of two-dimension code technology in management of medical equipment archive[J]. Chinese Medical Equipment Journal, 2017, 38(8):142-144.

[3] 李煜平. 二维码支付技术在城市轨道交通中的应用[J]. 城市轨道交通研究,2018,21(6):125-128.
LI Yuping. Application of QR code payment technology in urban rail transit[J]. Urban Mass Transit, 2018, 21(6):125-128.

[4] 梁柯,李秉毅,陈柯. 二维码在通信标识资源管理系统中的应用[J]. 土木建筑与环境工程,2016,38(增刊 1):182-186.

LIANG Ke, LI Bingyi, CHEN Ke. The application of communication identifier management system based on 2D barcode[J]. Journal of Civil, Architectural & Environmental Engineering, 2016, 38(S1):182-186.

[5] 高磊,刘珂,袁宇波,等. 基于二维码的智能变电站光缆标签系统设计和实现[J]. 电力自动化设备,2015, 35(10):169-173.
GAO Lei, LIU Yu, YUAN Yubo, et al. Design and implementation of optical cable label system based on QR code for smart substation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2015, 35(10):169-173.

[6] 崔静波,程英辉,金杰. 浅谈企业设备二维码的管理应用[J]. 中国设备工程,2019(14):19-21.
CUI Jingbo, CHENG Yinghui, JIN Jie. Management and application of QR code for enterprise equipment[J]. China Plant Engineering, 2019(14):19-21.

[7] 雷定猷,贾莉. 基于手机 QR 码车票的地铁移动票务系统研究[J]. 中南大学学报(自然科学版),2016, 47(4):1406-1413.
LEI Dingyou, JIA Li. Metro mobile ticketing system using QR code ticket on personal mobile terminal device[J]. Journal of Central South University (Science and Technology), 2016, 47(4):1406-1413.

[8] 徐亮. DataMatrix 编解码技术的研究与实现[D]. 南京:南京航空航天大学,2009.
XU Liang. The research and implementation of the encoding and decoding technology of DataMatrix code[D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2009.

[9] 任刚. 二维码在矿井设备信息管理中的应用[J]. 山东煤炭科技,2019(6):214-215.
REN Gang. The application of QR code in the coal mine device information management[J]. Shandong Coal Science and Technology, 2019(6):214-215.

[10] 关博熠. 复杂环境下 Data Matrix 码的定位与倾斜校正[D]. 哈尔滨:哈尔滨理工大学,2018.
GUAN Boyi. Location and tilt correction of data matrix code in complex environment[D]. Harbin: Harbin University of Science and Technology, 2018.

[11] 席卫东,何卫平,雷蕾,等. 刀具标识中 Data Matrix 的编码和解码技术研究[J]. 计算机工程与设计,2008, 29(15):4013-4016.
XI Weidong, HE Weiping, LEI Lei, et al. Encoding and decoding research of Data Matrix barcode in tool direct marking[J]. Computer Engineering and Design, 2008, 29(15):4013-4016.

[12] 李波,曹敏,李仕林,等. 基于图像处理的封印 Data Matrix 码验证方法[J]. 武汉大学学报(工学版), 2019, 52(11):1020-1027.
LI Bo, CAO Min, LI Shilin, et al. A sealing Data Matrix verification method based on image processing

- [J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2019, 52(11):1020-1027.
- [13] 张雪峰, 闫慧. 基于中值滤波和分数阶滤波的图像去噪与增强算法[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2020, 41(4):482-487.
ZHANG Xuefeng, YAN Hui. Image denoising and enhancement algorithm based on median filtering and fractional order filtering[J]. Journal of Northeastern University(Natural Science), 2020, 41(4):482-487.
- [14] 鄢治国, 徐德, 李原. 一种基于自适应二值化阈值的焊缝边缘特征提取方法[J]. 焊接学报, 2008, 29(7):34-38.
YAN Zhiguo, XU De, LI Yuan. A method for extracting edge features of welding seam based on an adaptive binary threshold [J]. Transactions of the China Welding Institution, 2008, 29(7):34-38.
- [15] 吕哲, 王福利, 常玉清. 一种改进的 Canny 边缘检测算法[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2007, 28(12):1681-1684.
LYU Zhe, WANG Fuli, CHANG Yuqing. An improved Canny algorithm for edge detection [J]. Journal of Northeastern University(Natural Science), 2007, 28(12):1681-1684.
- [16] 王杰, 李洪兴, 王加银, 等. 一种图像快速线性插值的实现方案与分析[J]. 电子学报, 2009, 37(7):1481-1486.
WANG Jie, LI Hongxing, WANG Jiayin, et al. A scheme and its analysis for fast linear image interpolation [J]. Acta Electronica Sinica, 2009, 37(7):1481-1486.
- [17] 曾文静, 张铁栋, 万磊, 等. 基于 Hough 变换的水下管道检测方法[J]. 仪器仪表学报, 2012, 33(1):76-84.
ZENG Wenjing, ZHANG Tiedong, WAN Lei, et al. Underwater pipeline detection based on Hough transform [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2012, 33(1):76-84.