

基于颜色阈值分割的棒材轧制过程的堆钢识别研究

翟莹莹¹ 冯军² 李怀柱² 王文健² 孙宏山²

(1 忠旺科创中心 辽宁 辽阳 111003; 2 建龙西林钢铁有限公司 黑龙江 伊春 153025)

摘要:堆钢是钢铁生产中的一种严重事故,极具破坏性。为了降低堆钢事故造成的影响,需要在第一时间检测到堆钢事故的发生,本文提出基于图像分割理论的一种快速准确识别堆钢事故的方法。首先对图像进行颜色阈值分割,得到二值化后的目标图像,对其进行腐蚀和膨胀操作,去除图像中的噪声,最后图像与定位模板文件进行对比得出结果。对3个场景中的1837幅图像进行检测实验,结果表明:识别速度平均为0.5s/幅,堆钢事故的识别准确率为99.86%,证明该算法可以实现实时识别堆钢事故,并且具有更强的鲁棒性和泛化能力,基本满足棒材轧制过程中的堆钢识别要求。

关键词:堆钢识别;颜色阈值分割;图像形态学

0 引言

在钢铁生产过程中,堆钢现象不仅影响棒材的安全稳定生产,而且会对现场施工人员的人身安全造成极大威胁。为了减少堆钢故障带来的危害,需要在棒材轧制过程中对堆钢故障进行实时检测,将故障信号传递给后台以便工作人员在第一时间关闭生产设备。

传统的预警方式是设置专人在各个生产现场进行监测,这样不仅耗费大量的人力物力,而且在堆钢发生时严重威胁人员的生命安全。近年来,国内外很多学者都对堆钢识别进行了研究,尝试使用科学技术来解决这一问题。任新意等^[1]在辊道入口处进行定位光栅检测,通过光栅信号的传递时间来判断堆钢的发生以及堆钢发生的具体位置。耿运祥^[2]研究一种新的堆钢预报警系统,引入BP神经网络模型对预报警系统进行参数优化,提高了堆钢预报警的准确性。朱大苏等^[3]提出速度检测方法,由可编程逻辑控制器监测棒材的传送结果,若未在预计时间内到达指定位置则证明出现了堆钢现象。孙凯^[4]提出一种基于变频器堵转信号的预警装置,用于判断堆钢现象。庞殊杨等^[5]提出一种基于深度学习的堆钢识别方法,根据棒材图像建立基于深度学习的堆钢图像分割神经网络模型,发出堆钢预警。

1 堆钢识别算法

目前国内外识别堆钢的算法有基于速度、基于电流信号和基于深度学习的堆钢识别方法。本文提

出基于图像分割理论的堆钢识别方法,首先对视频图像进行颜色阈值分割,得到二值化后的目标图像,通过膨胀和腐蚀操作,去除目标图像的噪声;其次识别图像中的安全帽轮廓,判断设备是否处于检修状态;最后将目标图像与定位模板文件进行对比得出结果。其中定位模板文件是图像通过颜色阈值分割后叠加得到的,这里的图像包括无棒材背景图和有棒材背景图。

1.1 颜色阈值分割

棒材与周围背景颜色有明显的区别,所以将颜色特征作为最主要的识别分割依据。一般情况下,将图像从彩色转为灰度图像,再对灰度图像进行阈值分割,但只利用灰度信息无法从图像背景中提取出目标颜色。彩色图像具有更丰富的信息,本文直接在RGB颜色空间对原始彩色图像进行颜色阈值分割,提取棒材的颜色。肉眼观察到棒材边缘和中心的颜色不同,分析可知红色在边缘部分所占比重较大,而中心部分则是白色较多。因此需要对图像进行两次颜色阈值分割。通过颜色分布直方图中的信息设置合适的分割阈值,两次二值化处理后的图像分别保存,如图1所示。

从图1可以看出,图像中部分背景被误分为棒材,形成较大面积的背景噪声,这些背景之间或与棒材区域间形成了或大或小的连通区域,对堆钢故障识别造成干扰。细小的噪声可以通过降噪算法或其他技术去除,而一些较大面积的背景噪声不容易和目标区域区分开。这些噪声多是由机器设备与棒材颜

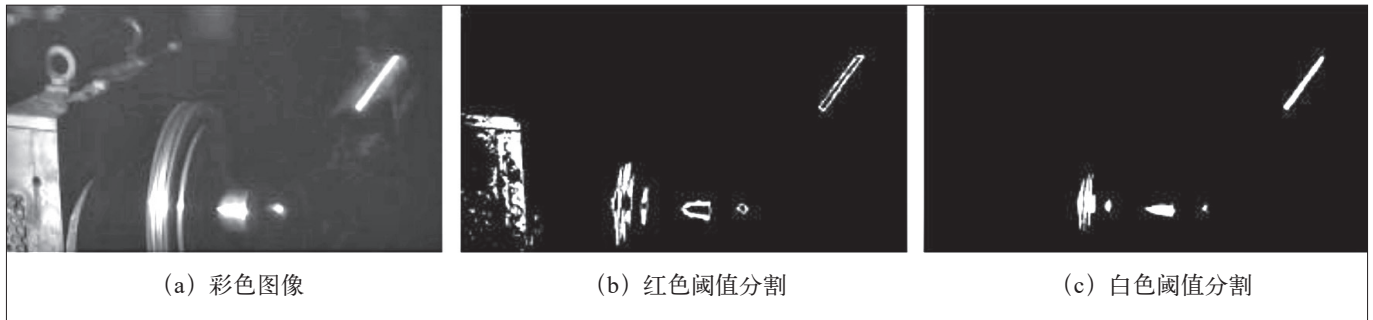


图1 颜色阈值分割结果图

色相似或光线反射造成的,而车间内的机器设备和灯光是固定的。针对背景的时空连续性,可以利用背景减除理论^[6]消除上述背景噪声,提前获取这些固定的背景信息和动态的背景信息来制作定位模板文件,通过对比目标图像和定位模板文件之间的差异来识别堆钢故障。

白色和红色是棒材的主要颜色,但两种颜色的像素点数量级存在差异。结合已有数量信息,使用试错法进行多次实验,确定红色像素点和白色像素点的数量阈值。将经过红色阈值分割的二值化图像 IR 和红色定位模板文件 FR 进行遍历对比,FR 某个位置的像素点值大于 0,则安全计数值 safeR 加 1;IR 某个位置的像素点值大于 0,则不安全计数值 unsafeR 加 1,计算公式如下:

$$\begin{cases} \text{safeR}=\text{safeR}+1, \text{FR}_{(x,y)}=255 \\ \text{unsafeR}=\text{unsafeR}+1, \text{IR}_{(x,y)}=255 \text{ 且 } \text{FR}_{(x,y)} \neq 255 \end{cases} \quad (1)$$

式中: $\text{IR}_{(x,y)}$ 是图像 IR 在 (x,y) 处的像素值;

$\text{FR}_{(x,y)}$ 是图像 FR 在 (x,y) 处的像素值。

遍历白色定位模板文件 FW,统计目标区域内像素值为 255 的位置个数 safeW,并计算不安全率 rate,计算公式如下:

$$\text{rate} = \frac{\text{safeW}}{\text{unsafeR}} \quad (2)$$

最后根据计算出的数据判断是否发生堆钢事故,具体判断逻辑为:若 safeW 小于白色阈值,表示棒材颜色更偏向红色,当不安全率 rate 大于阈值,则检测图像中出现堆钢现象,否则检测图像中未出现堆钢现象;若 safeW 大于白色阈值,表示棒材颜色更偏向白色,当不安全计数值 unsafeR 大于不安全阈值,则检测图像中出现堆钢现象,否则检测图像中未出现堆钢现象。

1.2 图像形态学运算

由于受到成像设备和现场光线等外界环境的干扰,经过阈值分割后的二值化图像存在一些细小的噪声,并且目标区域内存在空洞和不连续现象,使用图像形态学中的腐蚀运算和膨胀运算解决这一问题。腐蚀运算的主要功能是缩小目标区域的边界,以达到消除噪声的目的^[7]。如果两个物体之间通过细小的噪声像素连接,很容易将噪声或者两个本身不相连的物体划分为同一个连通域,选择恰当的结构元素可以消除噪声。腐蚀运算的公式如下:

$$A \ominus B = \{x, y \mid B_{(x,y)} \subseteq A\} \quad (3)$$

式中: A — 二值化图像;

B — 结构元素;

(x,y) — 位置坐标。

膨胀运算的主要功能是放大目标的边界,真实世界中的物体受光线等影响,表面颜色不均匀,经过颜色阈值分割处理后,目标对象存在空洞区域,可以使用结构元素进行扩张,来填补缺失部分,膨胀运算的公式如下:

$$A \oplus B = \{x, y \mid B_{(x,y)} \cap A \neq \emptyset\} \quad (4)$$

式中: A — 腐蚀操作后的二值化图像。

1.3 轮廓提取

在实际生产中,时常会有戴安全帽的施工人员对设备进行检修,而安全帽的颜色与棒材的颜色相近,经过颜色阈值分割处理后,图像中会出现和堆钢事故相似的像素点,很容易被误判为发生堆钢事故。通过分析发现安全帽虽然在颜色方面与棒材较为相近,但轮廓形状却大不相同。正常情况下的棒材轮廓是细长条形,发生堆钢时的棒材轮廓是杂乱、没有任何规律的,而安全帽的轮廓近似于规则的矩形,其轮廓尺寸明显异于前面两者,如图 2 所示。对二值化处理后的

图像进行轮廓检测,获取轮廓的外接矩形,根据轮廓尺寸判断图像中是否存在安全帽,若存在安全帽,则设备处于检修状态,算法判断此时未发生堆钢事故;否则算法继续判断是否发生堆钢事故。

2 实验结果分析

2.1 实验结果

为了验证本文堆钢识别方法的可行性,采用本文方法对3个实际生产场景中的1837幅图像进行堆钢故障识别。其中,出现堆钢现象的图像有695幅,无堆钢现象的图像1142幅。通过计算准确率 P 、召回率 R 和 F_1 值来评价算法性能,准确率为预测结果正确的百分比,召回率为正样本被预测正确的百分比, F_1 值是一种综合评价指标,是准确率和召回率的加权调和平均数,计算公式分别如下:

$$P = \frac{TP}{TP + FP} \quad (5)$$

$$R = \frac{TP}{TP + FN} \quad (6)$$

$$F_1 = \frac{2 \times P \times R}{P + R} = \frac{2 \times TP}{2 \times TP + FN + FP} \quad (7)$$

式中: T、F — 预测的正确与否;

P、N — 样本的正负性;

TP — 真阳性;

FP — 假阳性;

TN — 真阴性;

FN — 假阴性。

2.2 实验分析

在多个复杂场景中,有堆钢识别和无堆钢识别都

具有较好的识别准确率、召回率和 F_1 值,其中有堆钢发生时的识别准确率为99.86%,无堆钢发生时的识别准确率为99.83%,平均识别速度仅为0.5s,证明本文所提出的算法能够快速并准确有效地识别多个复杂场景下的堆钢现象,具有较高的泛化能力和良好的识别能力,识别效果如图3所示。

3 结语

本文根据图像分割算法对棒材轧制过程的堆钢事故进行识别,提出了基于颜色阈值分割的堆钢识别算法。算法对有堆钢发生的识别准确率为99.86%,无堆钢发生的识别准确率为99.83%。该算法不受实际生产场景和复杂背景的限制,具有强大的泛化能力和鲁棒性。该算法除了采集图像所需的摄像机外,不需要其他硬件设备,部署简单,成本低。采取两次颜色阈值分割的方法,使堆钢识别准确率更高。该算法开发周期短,运行效率高,具有良好的实时性,能够对堆钢事故进行快速准确的判断,有效降低事故的处理时间,保障了设备安全和人身安全。

参考文献:

- [1] 任新意,高慧敏,徐海卫,等.热镀锌薄带钢穿带堆钢的原因及控制[J].上海金属,2021,43(05):91-95.
- [2] 耿运祥.推拉式酸洗机组堆钢预报警系统的研究[J].轧钢,2019,36(05):70-73.
- [3] 朱大苏,吴晓晖,耿运祥.纯积分PI算法在推拉式酸洗机组自动穿带中的应用[C]//企业应用集成系统与技术学术研究会论文集.2006:265-266.

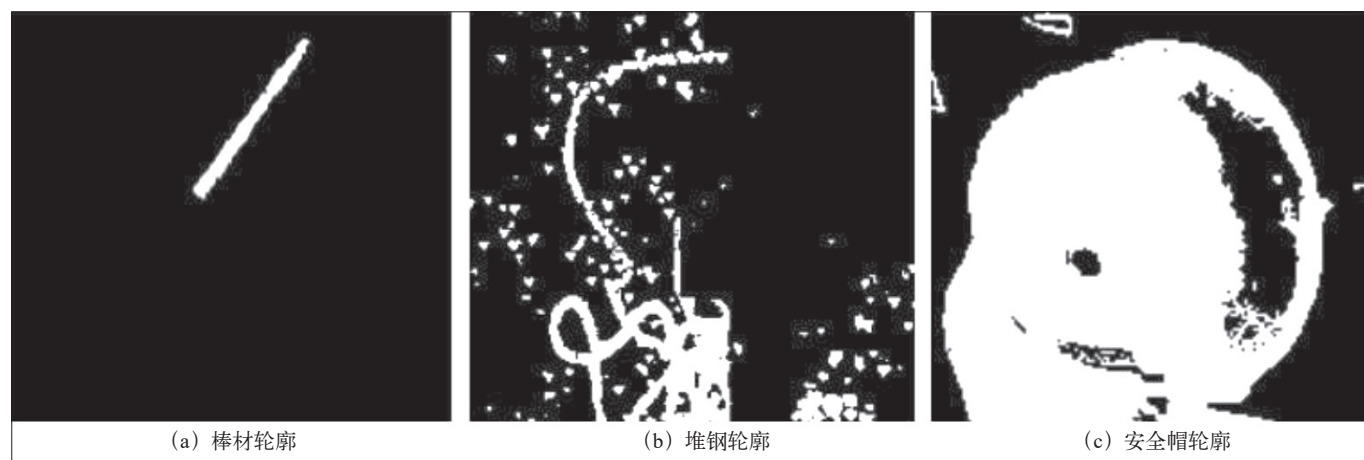


图2 轮廓示意图



图 3 识别结果图

[4] 孙凯. 堆钢保护在带钢酸洗工艺中的应用 [J]. 自动化应用, 2013(06):75-76.

[5] 中冶赛迪重庆信息技术有限公司. 基于深度学习的堆钢识别方法 :CN202010298445.8[P]. 2020-08-11.

[6] 隋淑娇. 基于像素的背景减除技术综述 [J]. 科学技术创新, 2019(09):63-66.

[7] 从飞, 张秋菊. 基于形态学的非均匀光照图像二值化并行方法 [J]. 计算机应用与软件, 2017, 34(08):191-196.

作者简介: 翟莹莹 (1984.07-), 女, 汉族, 黑龙江绥化人, 博士研究生, 讲师, 研究方向: 机器视觉、工业流程与仿真。