

# 基于双目视觉的汽车生产线零件实时识别方法

郑忠斌,凌颖,肖楠

(工业互联网创新中心(上海)有限公司,上海 200232)

**摘要:**对汽车生产线零件识别可以保证零件的质量,不同的光照强度给汽车生产线零件的实时识别带来了一定难度。为此提出一种利用双目视觉对汽车生产线零件实时识别方法。根据双目视觉的基本原理,计算出像素匹配点在双目摄像机坐标系中的坐标,完成零件图像采集摄像机的标定。根据双目视觉模型采集到的汽车生产线零件图像,利用平均值的求解方法计算零件图像  $R$ 、 $G$ 、 $B$  3 个分量的均值。通过均衡化处理,获得灰度级零件图像,结合滤波方法处理汽车生产线零件图像。通过计算模板与汽车生产线零件图像的灰度值,设计汽车生产线零件识别算法,实现汽车生产线零件的识别。实验结果表明:基于双目视觉的汽车生产线零件实时识别方法可以成功识别汽车生产线零件,同时降低了误识率。

**关键词:**双目视觉;实时识别;图像采集;汽车生产线;均衡化处理;灰度图像

**中图分类号:**TP391.41 **文献标志码:**B **文章编号:**1671-5276(2023)02-0127-04

## Real Time Recognition Method of Automobile Production Line Parts Based on Binocular Vision

ZHENG Zhongbin, LING Ying, XIAO Nan

(Industrial Internet Innovation Center (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 200232, China)

**Abstract:** The recognition of automobile production line parts can ensure the quality of parts, while different light intensities bring some difficulties to the real-time recognition of automobile production line parts. Therefore, a design method of real-time recognition of automobile production line parts is proposed with binocular vision. According to the basic principle of binocular vision, the coordinates of pixel matching points in the binocular camera coordinate system are calculated to complete the calibration of part image acquisition camera. According to the part image of automobile production line collected by binocular vision model, the average value of part image in  $R$ ,  $G$  and  $B$  is calculated by using the solution method of average value. Through equalization processing, a gray level part image is obtained. Combined with filter processing, the part image of automobile production line is preprocessed. By calculating the grayvalue of template and automobile production line part image, the automobile production line part recognition algorithm is designed to realize the automobile production line part recognition. The experimental results show that the real-time recognition method of automobile parts based on binocular vision can recognize automobile production line part as well as reduce its error rate.

**Keywords:** binocular vision; real time identification; image acquisition; automobile production line; equalization treatment; gray image

## 0 引言

汽车行业对汽车零件的质量要求和规格要求日益严格,汽车零件的品质将直接关系到车辆的行驶安全和稳定性,因此需要严格地检验零件的质量<sup>[1]</sup>。传统的汽车生产线零件识别是以手工的方式进行的,但是由于零件的结构比较复杂,单个零件在一条生产线上往往会出数十个识别点,这样做不仅费时费力,而且不能保证测试的可靠性,也不能保证对零件的质量进行精确的判定<sup>[2]</sup>。由于该方法不能适应现代的管理和高效率、高速度的生产需求,所以,在汽车生产线零件的识别检测中,人们越来越多地使用双目视觉技术,提高了工作效率和准确性,同时也减少了人工成本。

在国内的研究中,张丽秀等<sup>[3]</sup>采用回归分析的方式,提出一种汽车零件辨识方法,在 YOLO V3 模型的基础上,以汽车前端的轮廓作为辨识目标,通过优化 YOLO V3 模型参数,设计了 BBO-YOLO V3 算法,实现了生产线零件的辨识,通过模拟不同的工况条件,对该方法进行测试,结果表明,该方法可以弥补人工辨识的不足,基本满足汽车生产线的要求,但是客户的满意度远远不够;王一等<sup>[4]</sup>通过改进 Faster RCNN,提出一种零件识别方法,利用 ResNet101 网络代替 VGG16 特征提取网络,提取出零件的特征,通过将锚点添加到候选区域网络中,对候选区域的长宽比进行重置,得到不同尺寸的锚点,以避免零件识别出现遗漏,采用 Soft-NMS 方法代替 NMS 方法,在密集区域识别零件,结果表明:该方法的识别精度较高,但是在有干扰的情况下,无法实现零件的识别任务。

基于以上研究背景,本文运用双目视觉设计一种汽车生产线零件的实时识别方法,从而提高汽车生产线零件的识别率。

## 1 汽车生产线零件实时识别方法设计

### 1.1 基于双目视觉标定零件图像采集摄像机

人体用双眼感知距离信息,形成知觉的主要生理因素是物体在双眼中产生的视差<sup>[5]</sup>。双目视觉利用视差原理,由两个摄像机代替双眼对测量目标成像,利用极线约束对左右图像的同名点匹配,根据双目视觉的基本原理<sup>[6]</sup>,计算出像素匹配点在双目摄像机坐标系中的坐标。

通常采用两种常见的双目成像模型标定零件图像采集摄像机,即平视双目视觉模型和非平视双目视觉模型,如图1所示。

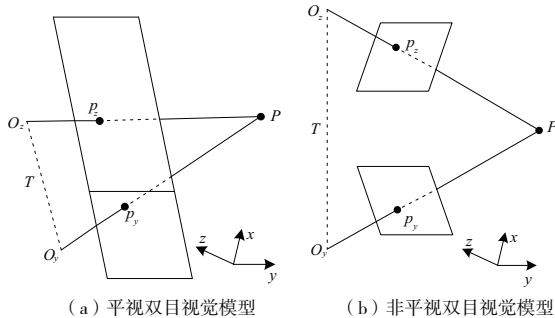


图1 双目视觉模型

平视双目视觉模型的左右相机焦距相同,两个相机的光轴与成像平面相垂直,对于相机平面而言,两个面处于共面的位置关系,并且像素也是完全对齐的<sup>[7]</sup>。非平视双目视觉模型左右相机成一定角度安装,使其光轴相交,相机位置可以自由调整以保证测量目标位于成像平面中心。非平视双目视觉系统经过标定后,可以被校正为理想平视双目视觉模型。

为了进一步说明测量原理,对平视双目视觉模型进行简化处理,得到如图2所示的简化图,其中 $O_z$ 和 $O_y$ 为左右摄像机在采集零件图像时的投影中心。 $T$ 为两台相机的基线,即相机光心连线。在同一时刻两个相机对点 $P(X_c, Y_c, Z_c)$ 成像, $P$ 点在两个摄像机坐标系下的坐标为 $p_z = (x_z, y_z)$ 和 $p_y = (x_y, y_y)$ ,其中 $Y_z = Y_y = Y_c, f$ 为两台摄像机的焦距。

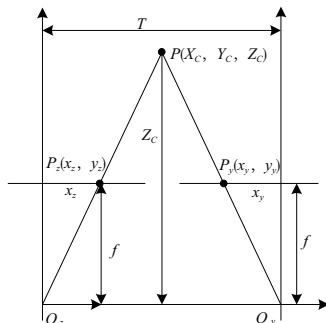


图2 双目视觉模型简化图

根据三角几何关系,可以得到

$$\begin{cases} X_z = f \frac{X_c}{Z_c} \\ X_y = f \frac{(X_c - T)}{Z_c} \\ Y = f \frac{Y_c}{Z_c} \end{cases} \quad (1)$$

那么左右相机的视觉差为

$$D_{\text{isparity}} = x_z - x_y \quad (2)$$

结合式(1)和式(2)可以得到 $P$ 点在视觉坐标系下的坐标为

$$\begin{cases} X_c = \frac{T \cdot x_z}{D_{\text{isparity}}} \\ Y_c = \frac{T \cdot Y}{D_{\text{isparity}}} \\ Z_c = \frac{T \cdot f}{D_{\text{isparity}}} \end{cases} \quad (3)$$

由式(3)可知,只要匹配同一点在左右图像中的成像点位置,就可以通过计算得到该点的三维坐标<sup>[8]</sup>。因此得到了双目视觉系统标定摄像机的步骤,即:

Step1:对左右摄像机进行单目标定,获取左右摄像机的模型参数;

Step2:进行双目摄像机标定,确定左右摄像机在空间中的位置关系;

Step3:根据标定的结果对左右图像进行校正,将非平视双目视觉系统校正为平视双目视觉系统,左右图像共面且平行对准。

根据以上步骤,完成了汽车生产线零件图像采集摄像机的标定。

### 1.2 预处理汽车生产线零件图像

对汽车生产线零件图像进行识别前,需要对图像进行预处理。根据双目视觉模型采集到的汽车生产线零件图像,将其传输给计算机终端。采集到的图像会受到很多因素的影响<sup>[9]</sup>,因此在分类器进行训练前,通过一系列的预处理操作降低汽车生产线零件识别的复杂度,在保证图像质量的同时,提高识别率,避免出现因为各种因素导致的图像模糊看不清的现象。

将汽车生产线零件图像划分为 $R, G, B$ 3个分量,利用平均值的求解方法<sup>[10]</sup>,计算 $R, G, B$ 3个分量的均值,作为零件图像像素点灰度值,灰度变换公式为

$$R = G = B = \frac{R + G + B}{3} \quad (4)$$

采用 $R, G, B$ 分量代替零件图像的像素点,得到汽车生产线零件图像的灰度图,对图像尺寸进行归一化处理,提取出零件图像的特征。

对零件图像的边缘检测,需要结合滤波、增强、检测与定位等4个步骤<sup>[11]</sup>。设 $F(i, j)$ 为零件图像的梯度值, $F_i, F_j$ 分别为零件图像的横向梯度和竖向梯度,那么图像的梯度计算公式为

$$F(i,j) = \begin{bmatrix} F_i \\ F_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial i} \\ \frac{\partial f}{\partial j} \end{bmatrix} \quad (5)$$

零件图像的梯度幅值可以通过式(6)计算得到:

$$|F(i,j)| = |F_i| + |F_j| \quad (6)$$

由此可以得到零件图像边缘的方向,即

$$\varphi(i,j) = \arctan\left(\frac{F_i}{F_j}\right) \quad (7)$$

对零件图像进行均衡化处理<sup>[12]</sup>,得到一个灰度级零件图像,即

$$S_k = \sum_{j=1}^k P_r(r_j) \quad (8)$$

式中: $S_k$ 为处理过后零件图像的亮度值; $r_j$ 为输入零件图像的亮度值; $P_r(r_j)$ 为 $r_j$ 的概率密度。

采用均值滤波对汽车生产线零件图像进行滤波处理,公式为

$$g(i,j) = \frac{f(i,j)}{N(i,j)} \in S \quad (9)$$

式中: $f(i,j)$ 为含有噪声的汽车生产线零件图像; $g(i,j)$ 为经过去噪处理后的零件图像; $S$ 为滤波处理的各坐标集合; $N$ 为 $S$ 中包含的像素个数。

通过灰度化处理、边缘检测处理、图像增强处理、图像去噪处理等4个步骤,对汽车生产线零件图像进行了预处理。

### 1.3 设计汽车生产线零件识别算法

本文采用的识别算法是通过计算汽车生产线零件图像之间的相似度,基于模板与图像的灰度值进行识别而完成。如果汽车生产线零件的位姿能够选择一个直线移动形象化参数,模板用一张图像 $A(x,y)$ 和对应ROI范围 $I$ 确定, $S$ 的参数含有模板灰度方程表达式 $A(x,y)$ 和模板现阶段位置笼罩图像范围的灰度值 $f(x+u,y+v)$ 。 $S$ 处于匹配操作内的任意点均含有值,表达为

$$S(x,y) = S\{t(u,v), f(x+u,y+v), (u,v) \in I\} \quad (10)$$

在识别汽车生产线的零件时,如果光线角度有改变,实际与模板匹配时的计算值将较大,图像中的灰度值也会发生变化,以至于出现错误识别。

防止光线照射有变化产生的识别障碍,则选择不受线性光线照射改变而产生干扰的相似度未知量对策,计算公式为

$$N_{cc}(x,y) = \frac{1}{n} \left| \frac{t(u,v) - m_t}{f(x+u,y+v) - m_f} \right| \quad (11)$$

式中 $m_t$ 表示模板全部图像元素点灰度值。对其进行平均值计算,得到模板全部图像元素点的灰度值方差,即

$$m_t = \frac{1}{n} t(u,v) \quad (12)$$

$$s_t^2 = \frac{1}{n} (t(u,v) - m_t)^2 \quad (13)$$

$N_{cc}(x,y)$ 的取值范围在-1~10之间,当 $N_{cc}(x,y)$ 的取值为1时,如果图像的颜色深度为线性比例,由式(11)能得到,其运用与平均值求差去除和造成零件图像的干

扰,借助灰度值标准方差去掉乘法干扰图像,简单计算化互相关联数绝对值多少,即为模板和图像相似度,并成正比。从上述研究可得线性光照条件的变化不会影响归一化互相关系数的值,仅在 $N_{cc}(x,y)$ 为1时出现模板与图像绝对相同<sup>[13]</sup>。

综上所述,通过计算模板与汽车生产线零件图像的灰度值,设计了汽车生产线零件识别算法,实现了汽车生产线零件的识别。

## 2 实验与分析

### 2.1 搭建实验平台

为了确保实验测试结果的真实性,搭建一个模拟汽车生产线零件识别平台,并将相关设备架设在某零件生产工厂中。该实验平台包含计算机终端、双目相机、相机支架等。计算机终端的配置为Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2698 v4@2.2 GHz。双目相机选择了CCD与CMOS两种类型,相机的快门曝光方式为全局快门模式,3.5 mm焦距,畸变小于0.3%。

### 2.2 设置实验条件

由于汽车生产线车间环境中会出现光照强度不均匀的情况。本文为了改变零件图像的对比度和增强图像中待识别零件的特征值,采用gamma变换算法对输入的零件图像灰度值进行非线性处理,从而抑制不同光照强度的干扰。gamma变换的数学表达式为

$$s = \lambda \cdot \psi^\varepsilon \quad (14)$$

式中 $\lambda$ 和 $\psi$ 分别表示不同的常数,通过调整 $\varepsilon$ 可以得到不同灰度级的零件图像。

通过gamma变换的参数值 $\varepsilon$ ,可以提高昏暗环境中采集零件图像的亮度,并降低明亮环境中采集零件图像的亮度,解决不均匀的光照强度对零件图像识别质量的影响。

根据不同的光照强度,将实验环境设置为昏暗环境和明亮环境,如图3所示。



(a) 明亮环境

(b) 昏暗环境

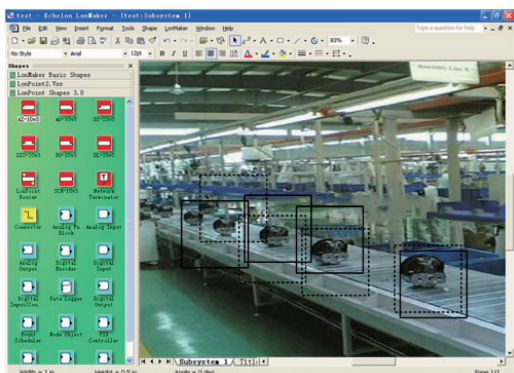
图3 实验环境

### 2.3 识别结果

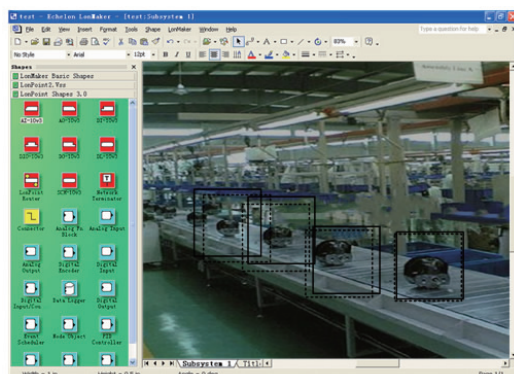
采用基于双目视觉的汽车生产线零件实时识别方法,在2.1节所述的实验平台上,识别不同实验条件下的汽车



生产线零件,识别结果如图 4 所示。



(a) 明亮环境的识别结果



(b) 昏暗环境的识别结果

图 4 识别结果

从图 4 的结果可以看出,无论是在明亮的汽车生产线环境中还是昏暗的汽车生产线环境中,文中方法都可以准确识别到汽车生产线上的零件。

### 2.4 性能分析

为了验证文中方法的性能,根据不同的零件类别,分别在明亮环境和昏暗环境中识别单个零件。零件的数据集是从生产线环境中采集的,其中零件包括轴承、前灯、尾灯、齿轮等。初步采集图像为 2 000 幅,筛选后可用图像为 1 643 幅。随机抽取 400 幅零件图像,每个零件 100 幅图像。识别结果示例如图 5 所示。统计了汽车生产线零件的误识率,结果如表 1 所示。



(a) 齿轮



(b) 轴承

图 5 识别结果示例

表 1 误识率测试结果 单位:%

零件名称	误识率	
	明亮环境	昏暗环境
轴承	2.28	2.32
前灯	1.95	1.97
尾灯	2.00	2.05
齿轮	2.10	2.18

表 1 的结果显示,对于不同的汽车零件,文中方法的误识率都在 3% 以内,虽然昏暗环境中的误识率比明亮环境高,但是仍然可以满足汽车生产线零件的识别性能要求。

### 3 结语

本文设计了一种基于双目视觉的汽车生产线零件实时识别方法,经实验测试表明,该方法能够成功识别到汽车生产线零件,并且可以通过降低误识率提高识别性能。但是本文的研究还存在很多不足,在今后的研究中,希望可以引入卷积神经网络对零件图像进行训练,从而提高识别精度。

#### 参考文献:

- [1] 余永维,韩鑫,杜柳青. 基于 Inception-SSD 算法的零件识别[J]. 光学精密工程,2020,28(8):1799-1809.
- [2] 信建杰. 基于特征识别的汽车复杂零件自校正检测系统[J]. 激光与红外,2021,51(9):1160-1164.
- [3] 张丽秀,田甜,邵萌. 基于改进的 YOLO V3 算法汽车零件配置辨识[J]. 组合机床与自动化加工技术,2020(6):150-153.
- [4] 王一,马钰东,董光林. 基于改进 Faster RCNN 的零件识别方法研究[J]. 应用光学,2022,43(1):67-73.
- [5] 杨琳,陈赛旋,崔国华,等. 基于改进 YOLOv4 算法的零件识别与定位[J]. 组合机床与自动化加工技术,2021(10):28-32,37.
- [6] 汤志鸿,郑国磊,郑艺玮. 飞机框肋类零件基础特征自动识别与提取算法[J]. 北京航空航天大学学报,2019,45(4):811-820.
- [7] 李红卫,张煜奇,周军,等. 基于区域感知的机械零件位姿计算方法[J]. 南京航空航天大学学报,2021,53(1):78-84.
- [8] 郭斐,靳伍银,王猛. 基于改进的 Faster R-CNN 算法的机械零件图像识别[J]. 机械设计,2019,36(9):113-116.
- [9] 王玉源,徐杰,吉卫喜. 基于监督式机器学习的零件几何特征智能识别[J]. 计算机工程与应用,2019,55(22):225-230.
- [10] 李昌明,李东年,陈成军,等. 基于卷积神经网络与虚拟训练集的零件识别[J]. 组合机床与自动化加工技术,2021(8):40-43.
- [11] 何瑞,丁泽庆. 基于量子卷积神经网络算法的微小零件识别[J]. 食品与机械,2021,37(6):120-125.
- [12] 杨秋玉,王栋,阮江军,等. 基于振动信号的断路器机械零部件故障程度识别[J]. 电工技术学报,2021,36(13):2880-2892.
- [13] 袁纵青,徐惠钢,谢启. 基于机器视觉的汽车零部件检测系统设计[J]. 仪表技术与传感器,2020(8):57-60,76.

收稿日期:2022-03-21