

基于轮廓分析与三阶不变矩的旋转目标定位算法

吴 鹏

(西安职业技术学院 西安 710077)

摘要:为了解决当前图像定位算法在识别旋转与缩放工件目标时,存在定位成功率不高的问题,提出了基于轮廓分析与不变矩特征的旋转目标定位算法。首先,采用自适应二值化对图像进行预处理,并遍历图像轮廓,完成轮廓序列提取与面积计算,实现对杂质干扰的排除。然后构建三阶不变矩,计算逐一计算图像轮廓序列的三阶不变矩特征,从而建立定位度函数,与模板目标的不变矩特征比较,完成对旋转缩放工件目标定位。实验测试结果表明,与当前图像定位算法相比,在面对缩放+旋转干扰时,本算法拥有更高的定位成功率与鲁棒性。

关键词:图像定位;轮廓序列;三阶不变矩特征;定位度函数;自适应二值化

中图分类号: TN957.52 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.1050

Rotary workpiece match algorithm based on contour analysis and invariant moment features

Wu Juan

(Xi'an Vocational and Technical College, Shanxi, Xi'an 710077, China)

Abstract: In order to solve the current image matching algorithm in identifying goals, rotation, scaling workpiece has the problem of matching positioning success rate is not high, is proposed in this paper based on the analysis and moment invariant features of rotary workpiece contour matching algorithm. First of all, using the adaptive binarization of image preprocessing, and traverse the image contour, contour sequence was extracted and area computation, realize to rule out the impurity interference. Then by calculating image moment invariant features of contour sequence, establish function matching degree, compared with template target moment invariant features, complete the rotating zoom workpiece target matching. Test results show that compared with the current image matching algorithm, the target is zoom, rotate interference, in this paper, matching algorithm has a higher success rate.

Keywords: image matching; contour sequence; invariant moment feature; matching degree function; adaptive two value

1 引 言

随着智能化的快速发展,国内已经有很多厂家采用机器视觉技术来移栽工件,在一定程度上提高了生产效率,节约了人力成本^[1-2]。但是由于现场环境条件往往不理想,工件摆放经常存在明显的旋转,工件与相机镜头的工作距离多变,导致工件目标图像缩放频发,最终采集到的工件图像存在旋转、缩放等干扰,最终导致视觉系统定位定位错误,控制执行机构无法完成工件移栽作业,影响制作流程推进^[3-4]。

在工件定位识别方面,国内研究人员已经将图像处理与计算机视觉技术引入到该领域中,对其展开研究,如李培丰^[5]提出了基于分水岭算法耦合感兴趣区域识别的智能机械手工件定位系统,首先根据经验值设定感兴趣区域,并实

时计算像素灰度平均值,判断是否存在材料工件;然后将阈值控制嵌入分水岭算法中,避免过渡分割,凸显材料工件区域,计算出材料工件中心点坐标;并引入强度变化阈值和最小允许距离,基于Harris角点检测算法,刷选出最佳角点,定位材料工件的边角坐标,从而计算材料工件旋转角度,达到了工件定位识别的目的。但是,此技术依靠预先设定值及局部特殊角点特征完成定位,在工件旋转缩放幅度大并且变化频繁时,往往影响了定位精度。郭斌等人^[6]提出了工件视觉定位系统,利用工业相机采集图像信息,上传到PC端中NI Vision软件进行图像预处理、边缘检测,并基于边缘检测结果提取质心点,然后利用坐标转换算法,获得对应世界坐标系下的坐标值,通过通信单元传送给机器人控制系统,控制机器人手移动,达到了工件移栽与定位。然而,这种技术未充分考虑工件旋转情况,在旋转缩放多发的背

景下,往往不能区分工件与背景,导致定位失败。对此,为了提高工件定位算法适应性,本文提出了基于轮廓分析与不变矩的工件定位算法,最后,测试了本文算法的定位性能。

2 本文旋转缩放工件定位算法

本文算法流程如图 1 所示。该算法首先将模板工件图像、测试工件图像分别做预处理(自适应二值化),提取模板目标轮廓的不变矩特性,随后提取出测试图像中每个轮廓,并计算轮廓面积,滤除杂质干扰。基于二阶不变矩,定义三阶不变矩特征,从而建立定位度量函数,即判断测试图像目标轮廓与模板目标轮廓的定位程度,取达到标准定位度的区域目标为工件。待定位的工件如图 2 所示,可见图中工件存在明显的旋转,对目标定位带来一定的难度和障碍。本文后续将展开算法研究,并实验验证。

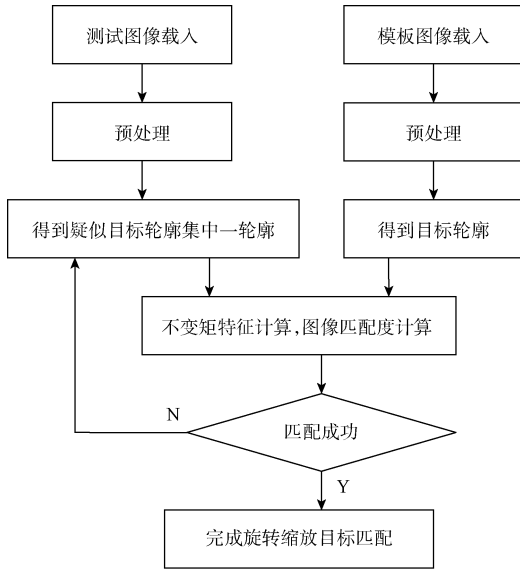


图 1 本文机制架构

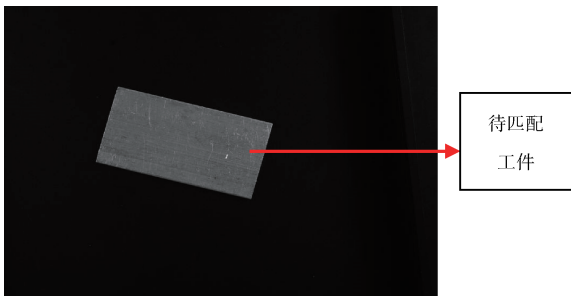


图 2 待定位工件图像

2.1 工件目标轮廓分析

在实际工程环境中,待识别的工件往往存在一定程度的角度旋转,工作距离(镜头至工件的距离)也是存在一定浮动,故工件目标图像难免有缩放。基于灰度特征的模板

定位对角度旋转、缩放干扰具有敏感性,故本文对工件目标轮廓展开分析,其过程如图 3 所示。

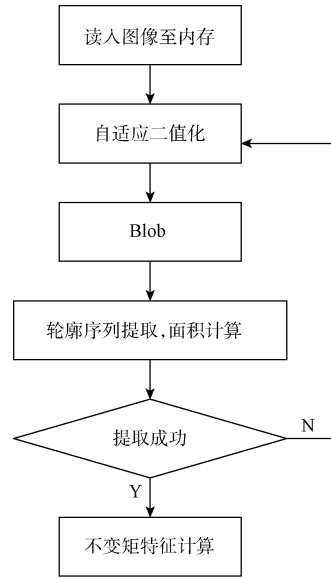
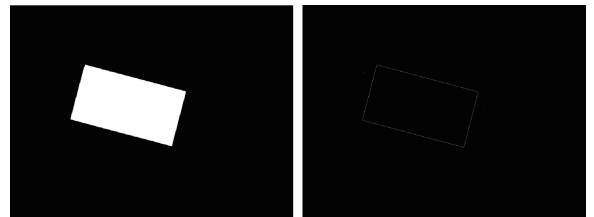


图 3 轮廓提取过程

在分析轮廓前,需要提取出图像中疑似工件的所有轮廓坐标序列。首先采用自适应二值化,将图像分为 10×10 个相等区域,求每个区域灰度均值,作为对应区域的阈值,这样的好处是每个区域根据自身特征可以变化阈值,对全局图像存在灰度变化时具有很好的分割效果,如图 4(a)所示,准确分割出包含工件的二值图像。



(a) 自适应二值效果图

(b) 轮廓提取结果

图 4 工件轮廓提取分析

接着需要提取出图像中目标边缘轮廓,采用轮廓分析(Blob)方法,先计算白色区域中每个像素点在 X 、 Y 幅值与方向值:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (1)$$

$$F = \arctan(G_y, G_x) \quad (2)$$

式中: G 为幅值,代表像素值变化程度, F 为方向值,代表像素值变化方向,越接近轮廓边缘,这两个值越大。 G_x 为 X 方向的幅值, G_y 为 Y 方向的幅值,计算公式如下:

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} f(x, y) \quad (3)$$

$$G_x = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} f(x, y) \quad (4)$$

式中： $f(x, y)$ 为图像在坐标 (x, y) 处的灰度值，矩阵核依据 Sobel 边缘核^[7]设计，取幅值、方向值为极大值处为边缘坐标，对图像进行轮廓提取。如图 4(b)所示，准确提取出轮廓坐标序列。由于工件面积一般大于杂质面积，得到轮廓后，计算轮廓面积，剔除一部分杂质干扰，减小后续不变矩特征计算量。

2.2 基于三阶不变矩的工件定位

得到包含工件和少量杂质的轮廓集后，需要对这样轮廓进行逐一分析，最后与模板轮廓作比较，最接近模板特征的轮廓即为工件目标。由于不变矩是对目标轮廓上所有点进行积分运算的特征，不依赖某个坐标系，使其具有缩放、旋转、平移不变性。为了增强算法的鲁棒性，本文在二阶不变矩基础上，增加到三阶不变矩，充分描述图像目标细节，准确完成工件定位，如图 5 所示。首先计算标准矩，即在轮廓边缘上做积分运算，如式(1)。

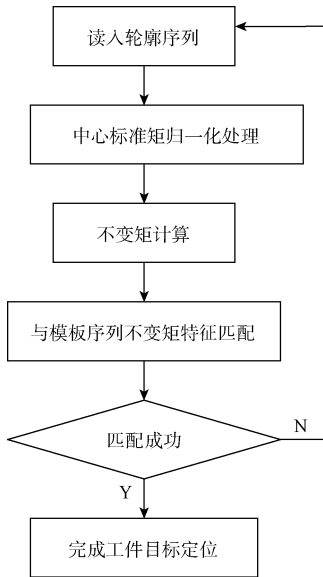


图 5 本文算法的定位过程

$$m_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x^p y^q f(x, y) \partial x \partial y \quad (5)$$

式中： m_{pq} 为 $p+q$ 阶标准矩， p, q 的范围为 $0 \sim 7$ ，在实际计算中，为了使运算结果更具有坐标系无关性，采用中心标准矩：

$$\mathbf{u}_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) \partial x \partial y \quad (6)$$

式中： \mathbf{U}_{pq} 为 $p+q$ 阶中心标准矩， \bar{x} 为轮廓的 x 方向重心， \bar{y} 为轮廓的 y 方向重心：

$$\bar{x} = m_{10}/m_{00} \quad (7)$$

$$\bar{y} = m_{01}/m_{00} \quad (8)$$

式中： m_{10}, m_{10} 为一阶标准矩， m_{00} 为零阶标准矩，为了进一

步量化矩特征值，需归一化处理，然后计算归一化中心标准矩：

$$\boldsymbol{\eta} = \mathbf{u}_{pq}/\mathbf{u}_{00}^s \quad (9)$$

式中： $\boldsymbol{\eta}$ 为归一化中心标准矩， u_{00} 为零阶中心标准矩。在此基础上可以计算各阶的不变矩，为了增强纹理描述，本文构建了三阶不变矩：

$$\mathbf{M}_1 = \boldsymbol{\eta}_{20} + \boldsymbol{\eta}_{02} \quad (10)$$

$$\mathbf{M}_2 = (\boldsymbol{\eta}_{20} - \boldsymbol{\eta}_{02})^2 + 4\boldsymbol{\eta}_{11}^2 \quad (11)$$

$$\mathbf{M}_3 = (\boldsymbol{\eta}_{30} - 3\boldsymbol{\eta}_{12})^2 + (3\boldsymbol{\eta}_{21} - \boldsymbol{\eta}_{03})^2 \quad (12)$$

式中： \mathbf{M}_1 为一阶不变矩， \mathbf{M}_2 为二阶不变矩， \mathbf{M}_3 为三阶不变矩，这些特征专门描述形状，故具有缩放、平移、旋转不变性^[8-9]。

依据式(10)~式(11)，进一步做对数运算，增强特征表现：

$$m_i^A = \text{sign}(\mathbf{M}_i^A) \cdot \log(\mathbf{M}_i^A) \quad (13)$$

$$m_i^B = \text{sign}(\mathbf{M}_i^B) \cdot \log(\mathbf{M}_i^B) \quad (14)$$

式中： m_i^A 代表测试图像目标 1~3 阶的增强不变矩， m_i^B 代表模板目标 1~3 阶的增强不变矩，基于这两个值，构建匹配度：

$$I(A, B) = \sum_{i=1}^3 \left| \frac{1}{m_i^A} - \frac{1}{m_i^B} \right| \quad (15)$$

$I(A, B)$ 为疑似目标与模板间匹配度，越接近 0，代表匹配程度越高。如图 6 所示，工件目标在旋转后，本文定位算法依然可以精准定位。



图 6 本文算法的定位结果

3 实验与讨论

为了体现本文算法的优势，将工件识别定位性能较好的技术-文献[5-6, 10]设为对照组，算法实验参数：最小面积为 1 000、定位度为 0.95。图 7(a)所示为未旋转缩放前的工件图像，其中上方带孔的矩形块为干扰物，非本文定位目标，随后对其施加 8° 、 23° 旋转角度，缩放因子为 0.3，得到图 7(b)与 8(b)，并以其为待定位对象，包含标准工件与干扰工件(两边带孔)。利用 4 种定位算法对其完成目标识别，结果如图 7 与 8 所示。

本文采用自适应二值化预处理图像，并轮廓分析，提取疑似目标轮廓，如图 7(c)、8(c)所示，对于旋转角度较大或较小，本文算法都能提取了工件目标轮廓，排除干扰物。再计算测试图像中轮廓集与模板工件图像轮廓的三阶不变矩

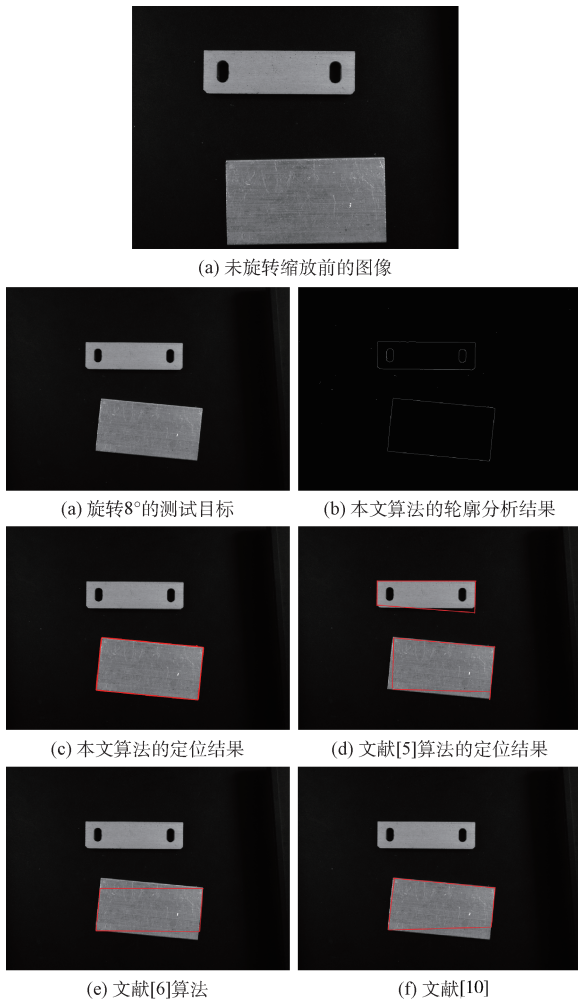


图 7 各定位算法的工件定位性能

特征,并通过匹配程度判断,当期达到匹配标准值,系统判断当前目标位工件,反之判为杂质。如图 7(d)、8(d)所示,可见本算法的工件定位识别定位更加准确,为工件精确移栽提供了数据支撑。

而利用对照组文献[5]技术处理图 7(b)、8(b)时,由于单纯采用区域预设固定值和特殊角点特征,在缺乏特殊角点参考和工件缩放旋转明显的情况下,往往对工件目标识别不准,如图 7(e)、8(e)所示,出现了过多的定位工件区域,定位结果不够准确。

利用对照组文献[6]技术处理图 7(b)、8(b)时,由于采用普通灰度特征模板定位,未考虑目标旋转缩放情况,单一模板无法准确定位旋转目标,如图 7(f)、8(f)所示,其工件定位失败。

最后利用对照组文献[10]技术处理图 7(b)、8(b)时,由于该技术是采用颜色直方图特征和形状特征,易受缩放大小影响直方图整体分布特征,导致提取特征无效,如图 7(g)、8(g)所示,导致工件目标定位存在一定的偏差。

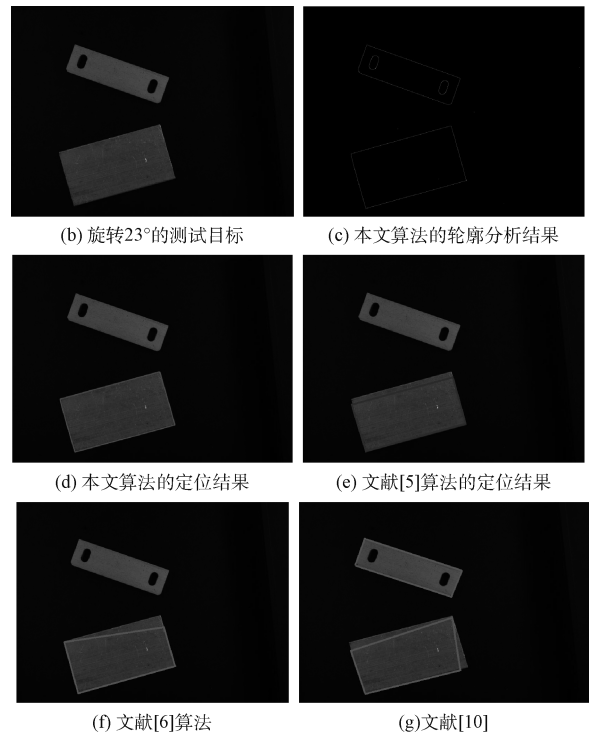


图 8 各定位算法的工件定位性能

4 结 论

为了解决工件旋转缩放平移情况下,工件定位不准确导致移栽错误的问题,本文设计了基于轮廓分析与不变矩特征的旋转工件识别定位系统,实现对工件图像的二值化、边缘提取、轮廓分析、不变矩特征计算。实验结果表明,与当前工件定位识别技术相比,在面对工件旋转、缩放干扰较大的情况下,本文方法具有更好的定位精度,为工件精确抓取移栽提供了技术保障。

参考文献

- [1] 谢俊,朱广韬,王路路. 基于机器视觉的点胶系统的设计与研究[J]. 电子测量技术,2016,39(5):80-83.
- [2] GIRET A, GARCIA E, BOTTI V. An engineering framework for service-oriented intelligent manufacturing systems[J]. Computers in Industry, 2016, 26(1): 2317-2324.
- [3] 王新新,徐江伟,邹伟金. TFT-LCD 缺陷检测系统的研究 [J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(3): 278-284.
- [4] 高强,阳武,李倩. DBN 层次趋势研究及其在航拍图像故障识别中的应用[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(6):1267-1274.
- [5] 李培丰. 分水岭算法耦合感兴趣区域识别的智能机械手工件定位[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2016(2):283-287.

(下转第 184 页)