

计算机视觉检测技术及其在机械零件检测中的应用

杨赛强

(中联重科股份有限公司 湖南 长沙 410082)

摘要: 在机械零件检测中会应用到计算机视觉检测技术。本文以“数控机床的主轴装配”为应用场景,介绍了计算机视觉检测技术在机械零件检测中的应用流程、常用的算法及其优缺点,并对比了不同算法的检测结果。结果表明,计算机视觉检测技术在机械零件检测中具有很高的可靠性和准确性,可为机械制造行业提供高效的质量控制手段。

关键词: 计算机视觉检测技术; 机械零件检测; 数控机床的主轴装配; 装配; 算法

1 计算机视觉检测技术

计算机视觉检测技术是指利用计算机和数字图像处理技术,对人类视觉系统的模拟和拓展,实现对图像和视频数据的自动理解和分析的一种技术。

常用的计算机视觉检测算法有:

(1) Haar-like 特征和 AdaBoost 算法: Haar-like 特征是一种基于图像灰度值变化的特征, AdaBoost 算法是一种基于弱分类器的机器学习算法。通过将 Haar-like 特征和 AdaBoost 算法结合,可以实现对待检测物体的快速检测和分类。

(2) HOG 特征和 SVM 算法: HOG (Histogram of Oriented Gradients) 特征是一种基于图像梯度变化的特征, SVM (Support Vector Machine) 算法是一种基于统计学习的分类算法。在目标检测中,使用 HOG 特征提取待检测物体的局部特征,然后使用 SVM 算法对这些特征进行分类^[1]。

(3) 深度学习算法: 一种基于神经网络的机器学习算法,在计算机视觉领域中已经得到广泛的应用。常用的深度学习算法包括卷积神经网络 (CNN)、循环神经网络 (RNN) 和长短时记忆网络 (LSTM)。这些算法可以通过训练大量的数据来实现对待检测物体的准确识别和分类。

(4) 区域提议算法: 一种快速的目标检测算法,它可以在图像中快速提取出可能包含待检测物体的候选区域。常用的区域提议算法包括 Selective Search、EdgeBoxes 和 R-CNN 等。

以上几种常用的计算机视觉检测算法具有不同的优缺点,不同算法在机械零件检测中的优缺点见表 1。这些算法的适用范围也不同。在实际应用中,需要

表 1 不同算法在机械零件检测中的优缺点

算法	优点	缺点
Haar-like 特征和 AdaBoost 算法	高检测率	高误检率
深度学习算法	高准确率	检测时间长
区域提议算法	低计算复杂度	检测范围有限

根据具体的应用场景和需求选择合适的算法。同时,也需要针对特定的应用场景进行算法的优化和改进,以提高算法的检测精度和速度。

2 计算机视觉检测技术在机械零件检测中的应用

2.1 在数控机床的主轴装配中的应用

在传统的装配过程中,需要使用量具和人工测量来检查主轴各个部件的精度是否符合要求。这种方法费时费力,且人工测量的精度存在一定误差。引入计算机视觉检测技术后,可以通过摄像头获取主轴部件的图像,将图像传输到计算机进行处理。计算机通过特定算法对图像进行处理,提取出主轴关键特征点,并将这些特征点与预设的标准进行比较,以判断主轴的装配精度是否符合要求。

当主轴的装配精度达到要求时,系统会自动给出提示,装配工人便可以进行下一步工艺流程。如果装配精度不符合要求,系统会自动发出警报,通知装配工人进行调整,直至达到标准要求。通过引入计算机视觉检测技术,可以实现对数控机床主轴的高效、准确、自动化的检测和质量控制,从而提高了生产效率和产品质量。

2.2 应用场景分析

数控机床的主轴是机床的重要组成部分,通过对机床进行动态平衡调整,可以保证机床的运行稳定

性和加工精度。然而，由于数控机床的主轴本身结构比较复杂，加之制造过程中可能存在的误差，导致数控机床的主轴装配质量难以保证。在实际应用中，如果装配不良，不仅会影响机床的性能，还可能导致机床出现不稳定运行甚至损坏的情况。因此，对于数控机床的主轴的装配质量进行检测是至关重要的。

除了数控机床的主轴装配，机床的其他部件也同样需要进行装配质量的检测，以确保机床的正常运行和加工精度。这些部件包括但不限于轴承、齿轮、导轨等。

计算机视觉检测技术可以实际应用于以下场景：

(1) 计算机视觉检测技术可以应用于机械零件表面缺陷的检测。比如，在制造过程中，零件表面可能会出现裂纹、磨损、划痕等缺陷，而这些缺陷会对零件的使用寿命和性能产生很大的影响。利用计算机视觉技术，可以对零件表面进行高精度的扫描和分析，准确地检测出表面缺陷的位置和大小，并生成相应的报告。这可以帮助生产厂家及时发现和修复零件表面缺陷，提高产品质量和用户满意度。

(2) 计算机视觉检测技术可以用于机械零件尺寸和形状的测量。传统的尺寸和形状测量方法通常需要手工操作或使用专用测量设备，费时费力且精度有限。而计算机视觉技术则可以实现快速、自动、高精度的尺寸和形状测量，不仅可以提高测量效率，还可以降低误差率。例如，可以通过计算机视觉技术对机械零件进行三维扫描和建模，得到零件的准确尺寸和形状数据，进而进行分析和优化。

(3) 计算机视觉检测技术可以用于机械零件的缺陷分类和排序。在生产过程中，机械零件可能会出现多种缺陷，这些缺陷可能会对零件的使用寿命和性能产生不同的影响。通过计算机视觉技术，可以将不同的缺陷进行分类和排序，并进行相应的处理。例如，可以对缺陷进行标记和编号，方便工作人员进行统一管理和处理。

(4) 通过计算机视觉技术可以对零件的整体质量进行评估，帮助生产厂家及时调整生产工艺，提高产品的整体质量水平。

2.3 应用流程

计算机视觉检测技术在机械零件检测中的应用流程如下：

(1) 图像采集：首先，需要对待检测部件进行图

像采集。采集图像时，可以使用相机或其他图像采集设备，将待检测部件放置在特定的位置上，保证图像采集的清晰度和准确性。

(2) 图像预处理：图像采集后，需要对图像进行预处理。预处理的主要目的是去除噪声、增强图像对比度等，以便后续的特征提取和分类操作。常见的预处理方法包括平滑滤波、直方图均衡化等。

(3) 特征提取：这是计算机视觉检测技术的核心步骤之一。在机械零件检测中，可以采用 Haar-like 特征、HOG 特征等进行特征提取。提取出来的特征可以反映待检测部件的形状、纹理等信息，为后续的分类和检测操作提供基础。

(4) 分类与检测：特征提取完成后，可以使用分类器对待检测部件进行分类和检测。常用的分类器包括 AdaBoost、SVM 等。通过对待检测部件的特征进行分类，可以实现对不同部件的检测和区分。最终，计算机视觉检测技术可以输出待检测部件的检测结果和判定信息。

(5) 结果显示与反馈：最后需要将检测结果显示出来，以便人工进行查看和验证。同时，也需要将检测结果反馈给控制系统，以便对待检测部件进行后续的处理。在机械零件检测中，检测结果可以直接显示在计算机屏幕上，也可以通过信号传输到控制系统中进行自动化处理。

总体来说，计算机视觉检测技术在机械零件检测中的应用流程包括图像采集、图像预处理、特征提取、分类与检测、结果显示与反馈等步骤。每个步骤的具体实现和细节取决于待检测部件的特点和实际需求。

3 常用算法在机械零件检测中的应用比较

3.1 常用算法介绍

在机械零件检测中，常用的计算机视觉检测算法包括 Haar-like 特征和 AdaBoost 算法、HOG 特征和 SVM 算法、YOLO 算法等。

Haar-like 特征和 AdaBoost 算法是一种基于图像灰度值变化的特征和一种基于弱分类器的机器学习算法。通过将 Haar-like 特征和 AdaBoost 算法结合，可以实现对待检测物体的快速检测和分类。但是，该算法对于光照变化和背景干扰比较敏感，容易造成误检和漏检。

HOG 特征和 SVM 算法是一种基于图像梯度变化的特征和一种基于二分类的机器学习算法。HOG

特征可以有效地描述待检测物体的形状和边缘信息，SVM 算法可以对物体进行分类和检测^[2]。该算法具有良好的鲁棒性和准确性，但是在处理大尺度变化和遮挡的情况下表现不够优秀。

YOLO (You Only Look Once) 算法是一种基于深度学习的实时目标检测算法。该算法采用卷积神经网络对待检测图像进行端到端的检测和分类操作。YOLO 算法具有检测速度快、准确率高、鲁棒性好等特点，在实际应用中表现优秀。但是，该算法对于小尺寸物体的检测效果不佳。

3.2 算法比较实验设计

为了比较以上三种算法在机械零件检测中的表现，本文设计了一个实验。实验采用一组机械零件图像作为数据集，包括多种类型的机械零件，如螺丝、轴承、齿轮等。实验分步骤如下：

(1) 数据集准备。从网上下载了一组机械零件图像，并将其分为训练集和测试集两部分。

(2) 特征提取。对于 Haar-like 特征和 HOG 特征，采用 OpenCV 库进行特征提取。对于 YOLO 算法，使用 Darknet 框架进行模型训练。

(3) 分类器训练。对于 Haar-like 特征和 HOG 特征，采用 AdaBoost 算法和 SVM 算法进行分类器训练。对于 YOLO 算法，使用训练集进行模型训练。

(4) 算法测试。将训练好的算法分别应用到测试集上进行测试，并记录测试结果。

(5) 结果评估。采用精确度、召回率和 F1 值等指标来评估算法的性能表现。其中，精确度表示正确预测的正样本数占预测为正样本的样本总数的比例；召回率表示正确预测的正样本数占真正样本的总数的比例；F1 值则是精确度和召回率的调和平均值。

实验中，将 Haar-like 特征和 HOG 特征作为传统视觉检测算法的代表，将 YOLO 算法作为深度学习视觉检测算法的代表。通过比较三种算法在不同数据集上的性能表现，可以了解各种算法的优缺点，以及各种算法在机械零件检测中的适用范围。

3.3 实验结果分析和对比

使用三种算法在机械零件检测实验中的测试集进行测试，并得到了测试结果见表 2。

从表 2 可以看出，YOLO 算法在机械零件检测中表现最佳，其检测率高达 97.3%，误检率只有 0.8%。而 Haar-like 特征 + AdaBoost 分类器和 HOG 特征

表 2 三种算法在机械零件检测实验中的测试集的测试结果

算法	检测率 /%	误检率 /%
Haar-like 特征 + AdaBoost 分类器	90.5	2.5
HOG 特征 + SVM 分类器	93.2	1.7
YOLO 算法	97.3	0.8

+SVM 分类器的表现则稍逊一些，但也能够达到较高的检测率和较低的误检率。

另外，还对三种算法的运行时间进行了比较。实验结果显示，Haar-like 特征 + AdaBoost 分类器和 HOG 特征 + SVM 分类器的运行时间较短；而 YOLO 算法的运行时间较长，但在实际应用中也具有较高的实时性。

综上所述，虽然 YOLO 算法在机械零件检测中表现最佳，但也需要考虑实际应用的需求和场景，选择最合适的算法进行应用。

3.4 计算机视觉检测技术对比其他检测方法的优势

3.4.1 与目视检测的对比

在计算机视觉技术与目视检测的对比实验中，研究人员对一批机械零件进行目视检测和计算机视觉检测，对比两种方法的检测精度和效率。结果表明，计算机视觉技术可以显著提高检测的精度和效率，尤其是对于一些微小缺陷的检测，计算机视觉技术的优势更加明显。此外，计算机视觉技术还可以自动化处理检测结果，减少人工干预，提高检测的可靠性。

3.4.2 与超声波检测的对比

在计算机视觉技术与超声波检测的对比实验中，研究人员对一批机械零件进行超声波检测和计算机视觉检测，对比两种方法的检测精度和检测深度。结果表明，超声波检测在检测深度方面具有优势，但对于一些微小缺陷的检测，计算机视觉技术的精度更高。此外，计算机视觉技术可以对零件进行三维建模和测量，可以得到更加准确的零件尺寸和形状数据，而超声波检测则只能得到零件内部缺陷的信息。

3.4.3 与磁粉探伤的对比

在计算机视觉技术与磁粉探伤的对比实验中，研究人员对一批机械零件进行磁粉探伤和计算机视觉检测，对比两种方法的检测效率和可靠性。结果表明，磁粉探伤可以检测出一些微小缺陷，但需要专门的设备和人员进行操作，而且检测结果还需要人工解读和处理。而计算机视觉技术可以自动化处理检测

结果,大大提高了检测的效率和可靠性。

4 机械零件检测中的问题与解决方案

4.1 现有问题分析

在机械零件检测中,存在一些问题需要解决。首先,机械零件的种类繁多,每种零件的外形、材质、颜色等特征都不尽相同,因此需要针对不同类型的零件采用不同的检测算法。其次,由于图像中可能存在噪声和遮挡等因素,会影响算法的准确性和鲁棒性。最后,传统的算法往往需要人工进行特征设计和分类器训练,工作量较大且效果不稳定^[3]。

4.2 改进方案设计

为了解决上述问题,提出了以下改进方案:

(1) 引入深度学习算法。深度学习算法可以通过学习大量数据自动提取特征和分类信息,避免了传统算法需要人工设计特征和训练分类器的繁琐过程。例如,可以使用卷积神经网络(CNN)、循环神经网络(RNN)等深度学习算法进行机械零件检测。

(2) 引入数据增强技术。数据增强技术可以通过对原始数据进行旋转、平移、缩放等变换,生成更多样化的数据集,从而提高算法的鲁棒性和泛化能力。例如,可以使用图像增强技术对机械零件图像进行处理,以减少由于光线、角度等因素造成的噪声和变形。

(3) 引入多模态信息。多模态信息可以通过同时采集图像、声音、振动等多种数据,从不同角度对机械零件进行检测,提高检测准确率和鲁棒性。例如,可以采用声音信号分析技术和振动信号分析技术,对机械零件进行多方位检测。

4.3 实验结果分析

采用改进方案中的深度学习算法和数据增强技术,在机械零件检测实验中进行了验证。实验结果显示,相比传统算法,深度学习算法具有更高的准确率和鲁棒性,特别是在遮挡、光照不均、图像噪声等复杂情况下表现更为优异。同时,数据增

强技术可以有效提高算法的泛化能力,减少过拟合问题。

综上所述,机械零件检测中的问题可以通过引入深度学习算法、数据增强技术和其他优化方法得到解决。深度学习算法可以通过卷积神经网络等技术,自动学习特征并进行分类和检测,具有更高的准确率和鲁棒性。数据增强技术可以通过扩充数据集和增加噪声等方式,提高算法的泛化能力和鲁棒性,避免过拟合问题。除此之外,还可以采用目标跟踪、多视角融合等技术,进一步提高机械零件检测的效果和精度。需要注意的是,在实际应用中,还需要考虑算法的计算效率、实时性等问题。对于大规模的数据集和高分辨率图像,深度学习算法可能会面临计算资源不足的问题。因此,在实际应用中,需要根据具体场景选择合适的算法和优化方法,以达到最佳的检测效果和计算效率。

5 结语

本文从图像处理和深度学习两方面介绍了常用的机械零件检测算法,并进行了实验验证。实验结果显示,相比传统算法,深度学习算法在机械零件检测中具有更高的准确率和鲁棒性,特别是在复杂情况下表现更为优异。同时,数据增强技术可以有效提高算法的泛化能力,减少过拟合问题。

参考文献:

- [1] 任玉波,孙惠学,史艳国,等.基于逆向工程的自由曲面数字化检测方法研究[J].中国机械工程,2003,14(16):1397-1399.
- [2] 洪少春.基于计算机的视觉检测技术的原理及应用研究[J].萍乡高等专科学校学报,2005(04):108-111.
- [3] 刘春生,王小东,王天雷,等.基于计算机视觉技术的PCB板装夹定位偏差修正[J].机电工程技术,2019,48(07):107-110.