

大连理工大学大学生创新创业训练计划项目结项检查表

项目名称	全自动微型轴承机械缺陷检测软硬件集成系统
项目成员	文翊涵 高津辉 闫朝阳
成果形式	论文 实物 创新科技比赛
学部学院	国际信息与软件学院
立项时间	2021 年 3 月 30 日 —— 2021 年 4 月 13 日

目的：

轴承是当代机械设备中一种重要零部件，它的主要功能是支撑机械旋转体，降低其运动过程中的摩擦系数，并保证其回转精度，这样就对轴承的质量与可靠性有着极为苛刻的要求。

目前为了筛选出符合要求的轴承，工业生产中一般采用人工目测的方法。这是一种人工培养成本高，效率低下的方法。针对于这个痛点，我们结合目前迅速发展的图像处理、模式识别、深度学习等相关科学解决“如何将计算机视觉应用于工业产品检测”这一交叉学科问题，进而形成一套“视觉”环节的反馈系统，利用当前广泛应用在工业产品自动化检测中的图像检测技术，提高工业生产中的生产效率与质量。

基本思路：

我们设计了一种可运用在轴承表面缺陷检测中的硬件和软件系统，通过此系统，可以对轴承表面缺陷进行精确自动筛选。主要步骤如下：首先（图像采集），在同轴照明的条件下，采集目标轴承的同轴光图像；在多角度、多光源照明的条件下，采集目标轴承的多光源图像。其次（轴承定位），接收并处理图像采集模块中的同轴光学图像，轴承中心坐标。再次（轴承区域分割），读取轴承中心坐标，并将轴承划分为三个不同的区域。然后（字符识别），读取图像的分割中环区域，利用神经网络来识别商标特征。最后（缺陷检测），接收多角度光源图像。并识别出四种缺陷（间隙、污点、平盖和划痕）。

主要处理流程如图 1 所示。

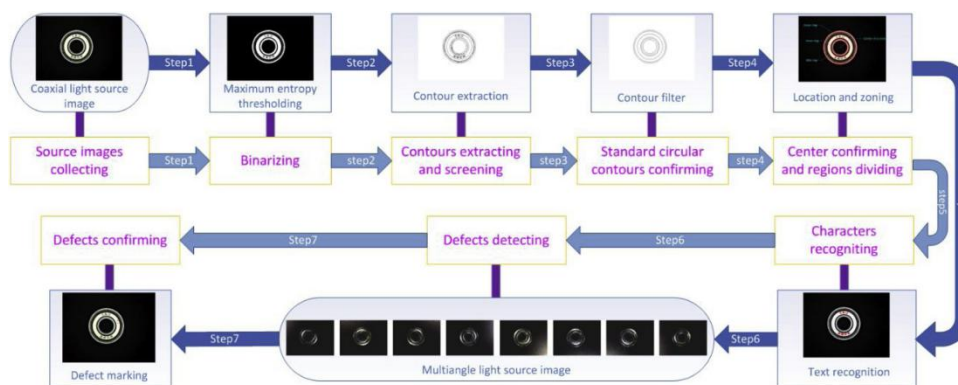


图 1 主要处理流程

项目进展情况：

硬件方面，首先我们学习了电路板原理及焊接方法。为了解决上一代以机械臂为核心的系统鲁

棒性差，效率较低的问题，我们焊接出了电路板来控制六路舵机系统。经初步实验，该系统的效率在原来的基础上提高了 67%。初步完成了第三代由单片机进行控制的检测流程系统，采用了六舵机的模式，加快了原有硬件流程系统的效率，并进行了实验。具体流程如图 2 所示。



图 2

在通信设备方面，为了提高数据传输率，毫米波 (mmWave) 通信被整合到软硬件集成系统中。在该系统中，我们引入了低复杂度的模拟/数字混合预编码对信号进行处理。混合预编码涉及模拟和数字处理的结合，提高了效率，以支持更多的数据传输，满足爆炸性的通信需求。

在软件方面，完善了整体软件检测流程，在文字识别方面，替换了原有的学习方式，采用 MMORC 进行对轴承表面文字的识别为获得可观的数据集。我们使用统一框架和模块化设计实现了各个算法模块，希望可以尽量实现代码复用。我们把文字检测，基于分割的文字识别以及关键信息识别网络结构，抽象成 backbone, neck, head 以及 loss 模块，把 seq2seq 文字识别网络抽象成 backbone, encoder, decoder 以及 loss 模块。从网上下载了各种数据集对学习模型进行了测试。

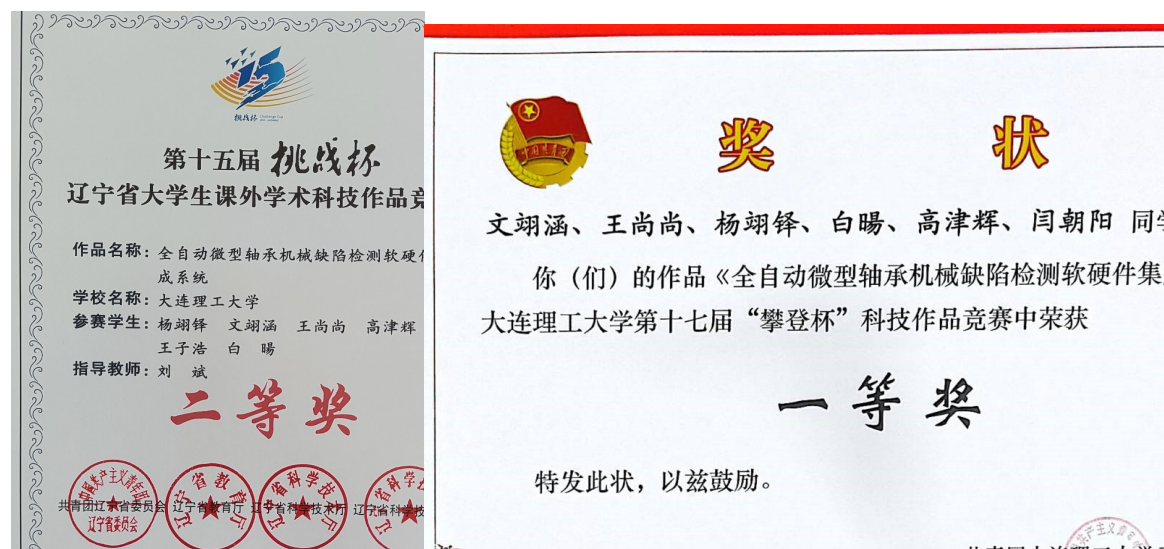
我们评估了整体的硬件流程，用 3D 打印技术建造了一组同轴光源灯（如图 3 所示）并且在人机交互也就是 UI 方面，按照现今的硬件与软件集成系统进行了改变。



图 3

研究成果及最新进展：

1.我们积极参与了学校内几个国家级别的比赛。为应对比赛而草拟了项目计划书，产品计划书以及为未来创业规划，并积极联系了相关企业。目前在我校，举办的第十七届攀登杯荣获了一等奖，并取得了第四名的好成绩，也积极参与了省级挑战杯和互联网加的比赛，在此等比赛中收获颇丰。



2. 为了将软硬更紧密的联系到一起，提高图片传递的速度与稳定性，我们引入了混合预编码形式的信号处理系统。并以此为基础，完成了一篇关于物联网通信、信号处理与传递的论文，目前 IPIC 在投。在之前的几代软硬件集成系统中，我们主要使用单片机串口通信传输拍摄到的轴承图片，我们需要将 8 秒内拍摄的 16 高像素轴承图片传递到软件部分进行拼接和缺陷检测，但效率无法满足快速的工业生产流程的要求。为了提高数据传输率，毫米波（mmWave）通信被整合到软硬件集成系统中。为了应对上述提到的问题，我们引入了低复杂度的模拟/数字混合预编码。混合预编码涉及模拟和数字处理的结合，提高了效率，以支持更多的数据传输，满足爆炸性的通信需求。另外，无线设备通信的实现使我们的系统摆脱了数据线过多、设备过于沉重的问题。更加便携、易安装。

3. 结合软件流程中图像处理的方式，学习对抗神经网络的各种模型与框架，以此进行对图像间翻译的学习，拟定发表一篇关于 research 型的对目前对抗神经网络在图像翻译方面的论文。目前 EI 在投。

另外在之前的方案中，我们的检测结果总是收到光照产生的高光对检测精度产生影响。本次研究中，在原神经网络的基础上，我们加入了 HA（highlight-aware）卷积操作，如图 4 所示，对高光影响的轴

承图片进行修复。该卷积可以自动学习一个软掩码，代表输入图像中潜在的过度曝光区域，并使用它来削弱由饱和产生的无效特征。削弱由饱和像素产生的无效特征。

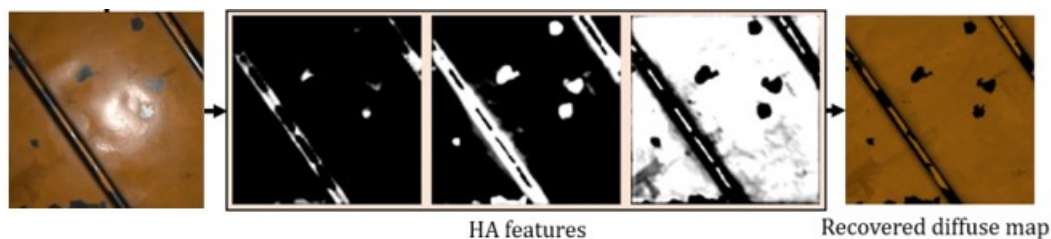


图 4

4. 我们实现了上一阶段对整体构造目标完善的实现

下一阶段工作主要是围绕实验方面，通过已有的框架模型的图像获取，获得训练集。并以此对学习模型进行检测。此外我们还将比较这个集成系统的检测框架的检测效率和检测准确度。评测新一代检测流程是否比原设计中通过机械臂翻面更高效。

在项目方面，我们不拘泥于将产品的概念，流程设计出来，而希望得到一个具体的产品。为此，我们将研究更方便的检测方法以及设计出一套整体的产品框架。如图 5 所示。

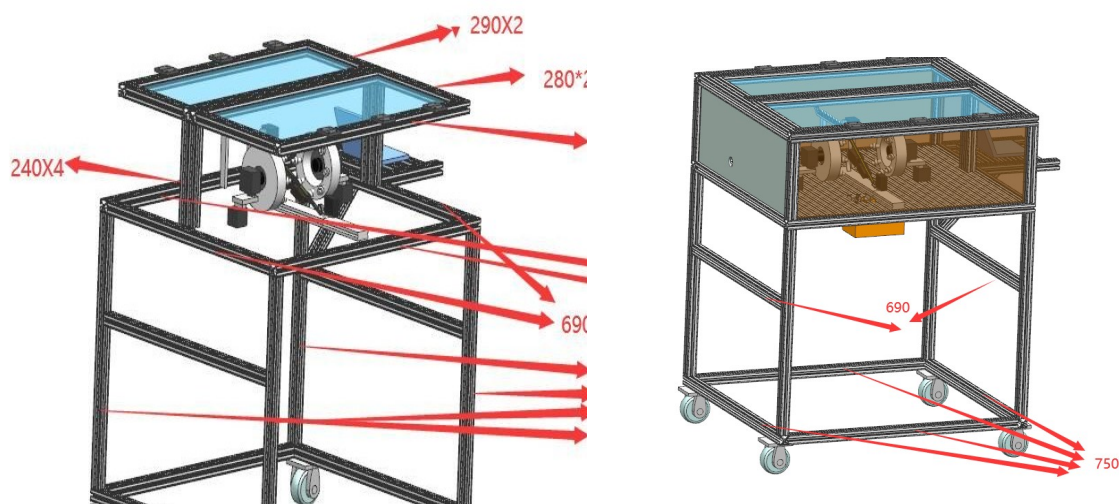


图 5

最近的工作：

为了验证我们模型的有效性，对文字识别及缺陷检测的准确性都进行了定量分析。我使用公开的数据集、测试机、验证集进行训练。结果如图 6 所示。

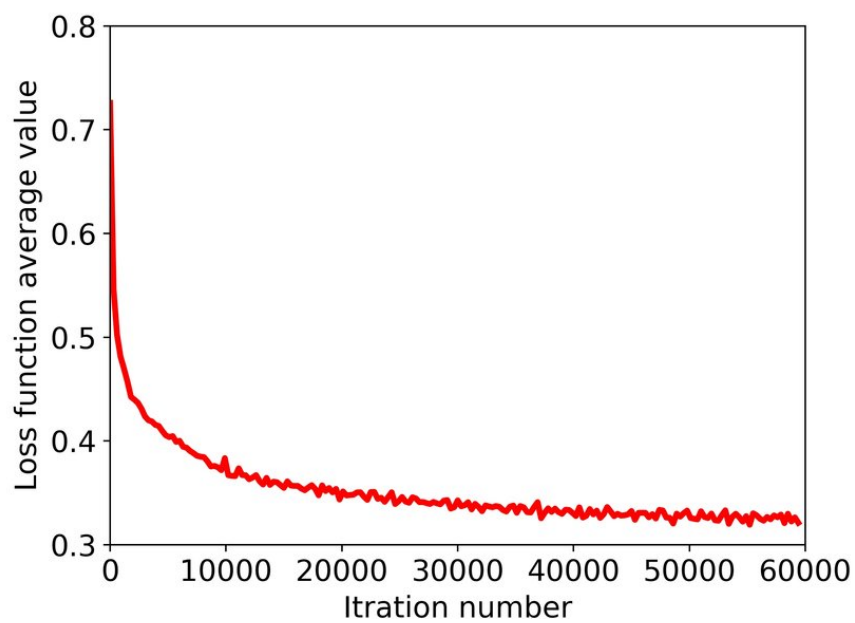


图 6

Loss 的下降过程非常顺利。可知我们的检测模型是有效的。

之后的工作：

我们将使用相同数据集与其他轴承缺陷检测网络做对照试验。