基于无监督学习的医用注射器缺陷检测技术研究

一.成果完成人及所在单位： 吴朋滔，计算机与信息工程学院 指导教师：王晓栋

二.成果简介：

刻度缺陷检测是医用注射器生产过程中进行产品质量控制的重要环节。由于医用注射器生产环境多样且产品瑕疵率较低，难以收集充足的异常样本。在此情形下，基于监督技术的深度学习模型难以满足医用注射器的缺陷检测需求。为解决上述问题，本项目提出了一种基于去噪卷积自编码器（DCAE）的无监督医用注射器缺陷检测框架。首先，采用大量的无缺陷样本将 DCAE 训练成深度重构修复模型，使其具备修复异常样本的能力。随后，在测试阶段通过计算输入图像和重构图像的残差实现缺陷的检测和定位。为增强模型对注射器刻度特征的表达能力，本项目采用结构相似性指数（SSIM）优化 DCAE。实验结果表明，引入 SSIM 后，模型能够有效修复并检测医用注射器中的各种刻度缺陷。在真实医用注射器数据集上，该方法取得了 95.11%的平均准确率，有效解决了医用注射器的缺陷检测问题。

三. 主要研究内容及创新点：

针对传统监督学习技术难以解决医用注射器的缺陷检测问题，建立了一个基于去噪卷积自编码器（DCAE）的无监督缺陷检测框架（见图 1）。该框架旨在训练阶段编码正常注射器的关键特征，使其在测试阶段能够有效重构并修复异常注射器样本，进而通过图像差分算法实现缺陷的提取。为构造可靠的缺陷检测模型并保障重构精度，本项目将 SegNet 图像分割网络引入 DCAE 作为其主干网络。另外，该框架通过将结构相似性指数（SSIM）融入 DCAE 的训练中，解决了传统 MSE 损失函数在模型训练过程中无法感知图像结构信息的问题。基于 SSIM 的损失函数能够让模型在训练过程中捕捉更多关于注射器刻度的结构特征，从而更加有效的修复和提取异常样本中的刻度缺陷，显著提高模型性能。研究结果表明，该框架在仅使用正常样本训练的情况下，也能够出色的完成异常样本的检测任务。

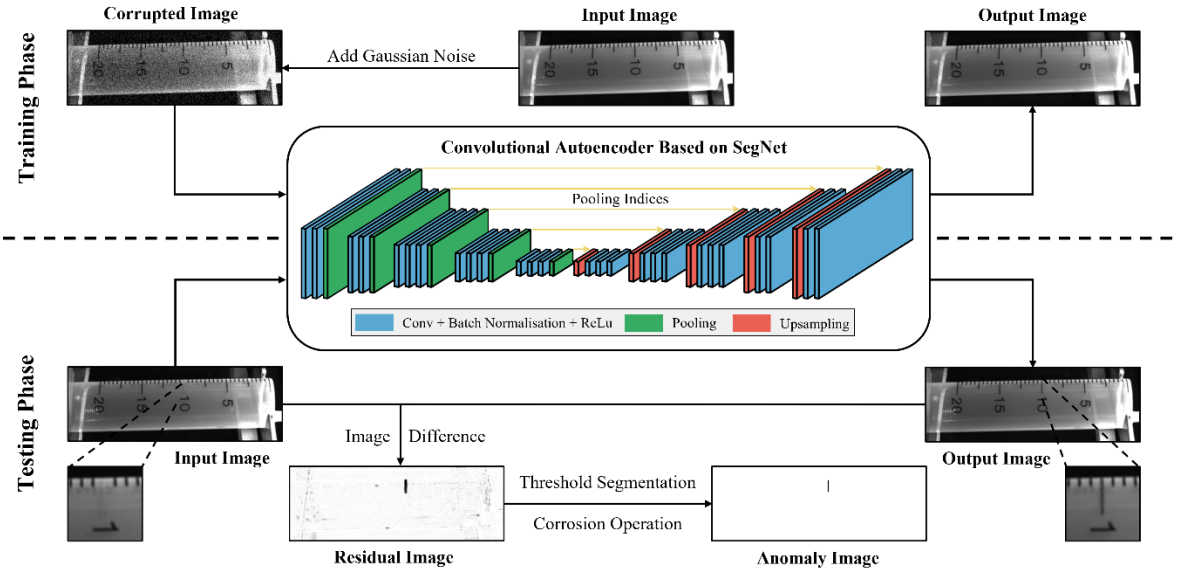


图 1 医用注射器无监督缺陷检测框架图

四. 主要研究成果及应用情况

在 2022 International Symposium on Design Studies and Intelligence Engineering (DSIE2022) EI 会议上发表论文《Unsupervised Defect Detection for Medical Syringe Using Denoising Convolutional Autoencoder》一篇。

联系人：吴朋滔， 电 话：15605057562 Email:ptwu@stu.xmut.edu.cn