



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

基于深度学习的金属表面缺陷 自动检测技术

汇报人：柴凯昕

指导老师：张 荻

成员：柴凯昕 邱 卓 朱颜泽 舒瀚林 刘郑涛

项目结题答辩 2021年5月

目录



一、研究背景与意义

二、方法原理与过程

三、系统搭建与结果展示

四、项目总结

研究背景与意义

一、热轧带钢的应用场景

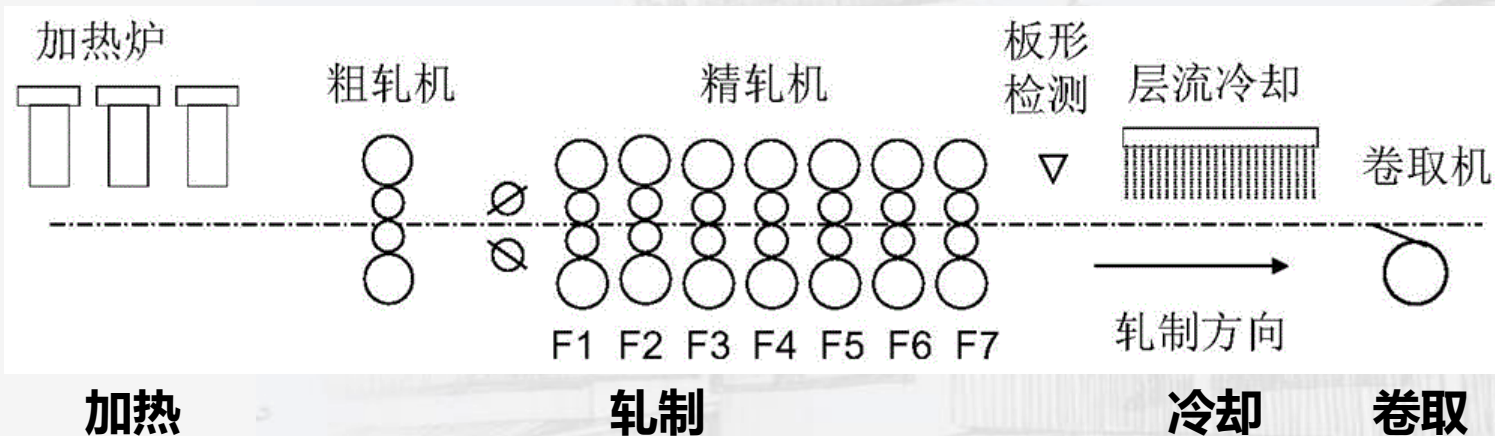


板材



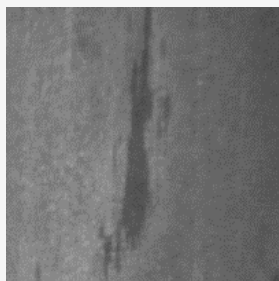
结构件

二、热轧带钢的生产过程

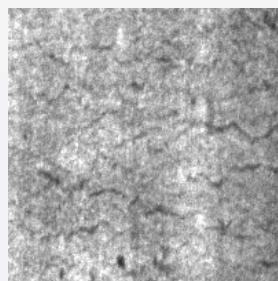


三、热轧带钢表面缺陷的产生^[1,2]与主要类别^[2]

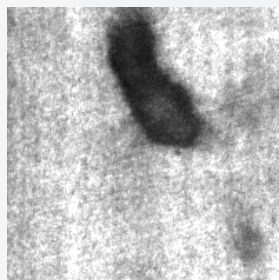
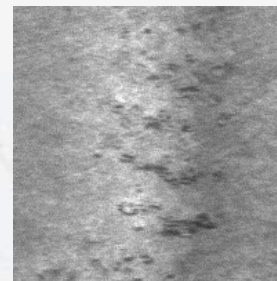
inclusion 夹杂



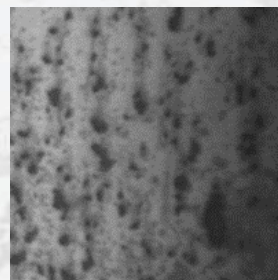
crazing 龟裂



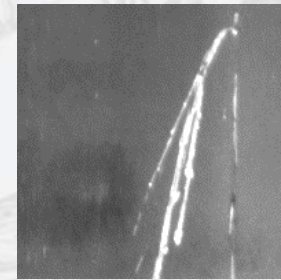
rolled-in 压痕



patches 结疤



pitted 麻点



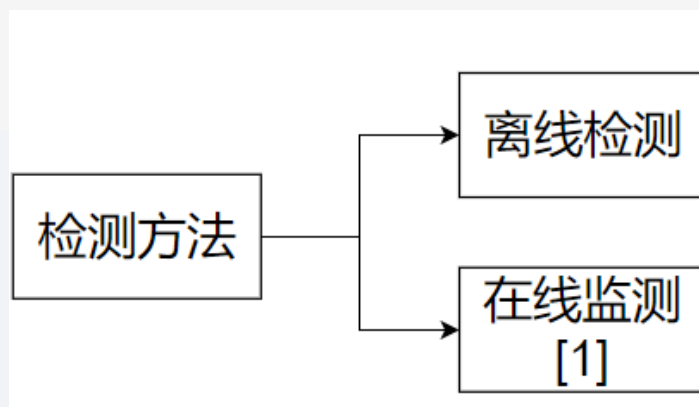
scratches 划痕

[1]尹宝良. 热轧板带表面质量缺陷分析[J]. 冶金管理, 2020, No.391(05):25-26.

[2]缺陷图片和本网络的基础训练数据集来自东北大学宋克臣老师及其团队

四、带钢检测的重要性与检测方法

及时了解生产带钢的品质，可以**调整**生产参数，**把控**产品质量



目前用于带钢检测的方法主要有**磁粉检测**^[2]、**热成像检测**^[3]、**超声波探伤**^[4]等方法，但这些方法有各自的局限性，不适用于带钢生产线上低成本的高速准确检测

[1] 王立辉. 热轧带钢表面缺陷在线检测方法[J]. 中国金属通报, 2017(6):79-79.

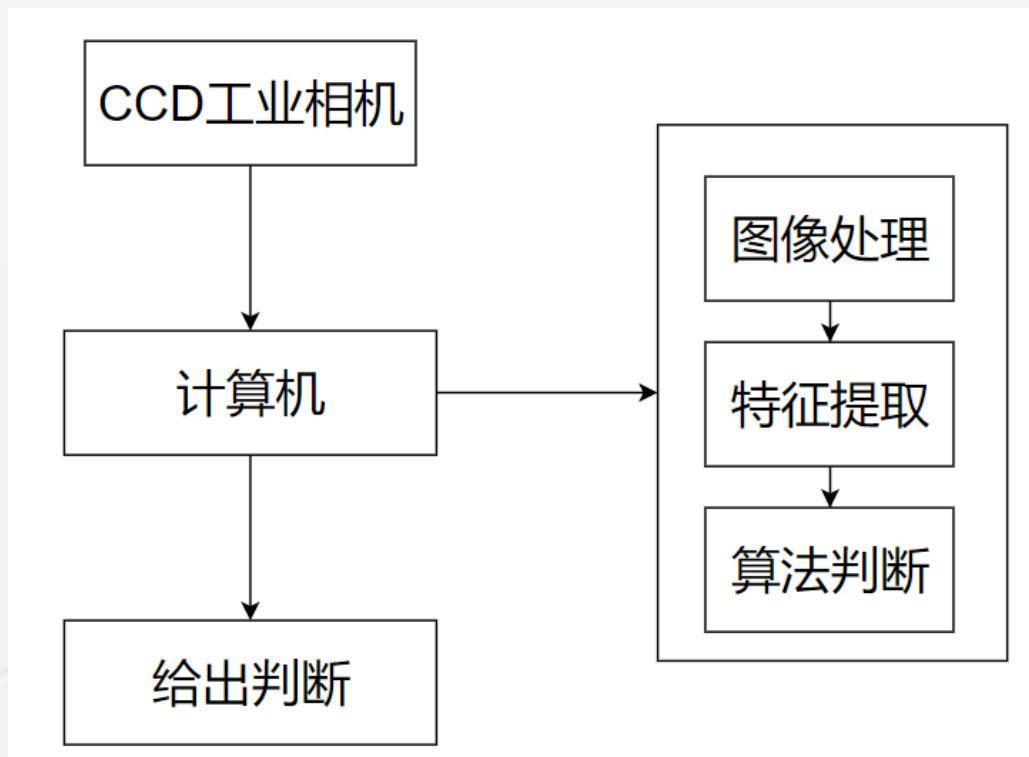
[2] Zhong W . THEORETICAL FUNDAMENTAL OF MAGNETIC DIPOLE FOR LONGITUDINAL MAGNETIZATION OF A SQUARE STEEL. Nonde Structrue Testing, 1997.

[3] Liu X , Chang D , Ouyang L . Application of infrared imaging in the maintenance of electric devices[J]. Infrared and Laser Engineering, 2002, 31(3):220-224.

[4] Abbate A , Koay J . Signal detection and noise suppression using a wavelet transform signal processor: application to ultrasonic flaw detection.[J]. Ultrasonics Ferroelectrics & Frequency Control IEEE Transactions on, 1997, 44(1):14-26.

图像检测

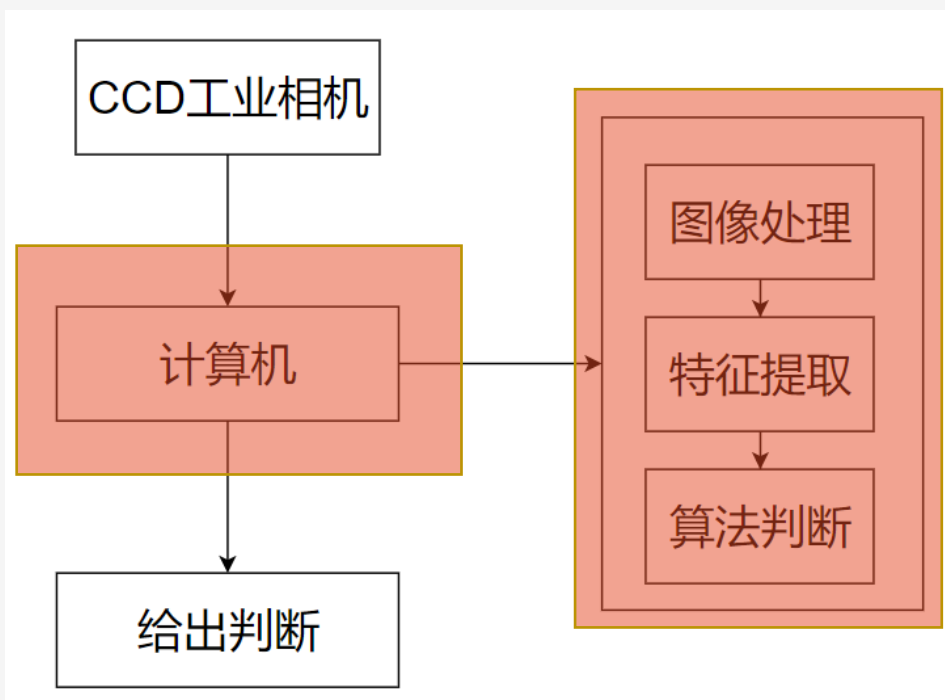
通过工业相机获取图片，然后让计算机自动进行检测，判断是否存在缺陷，并给出缺陷的类型。



优点： 在线监测、自动化、省人工、快速、准确

困难： 计算机算法的编写有一定难度，数据集搜集困难

目录



一、研究背景与意义

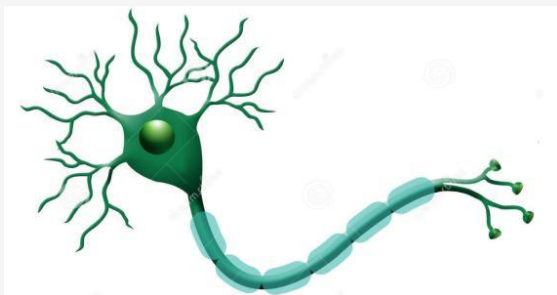
二、方法原理与过程

三、系统搭建与结果展示

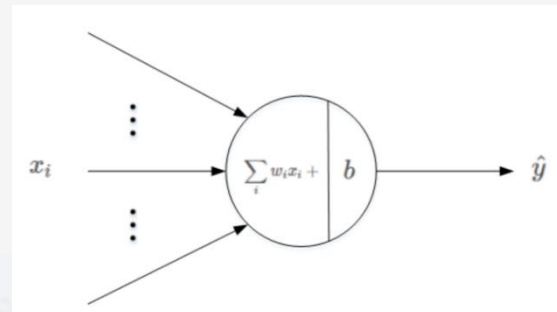
四、项目总结

方法原理与过程

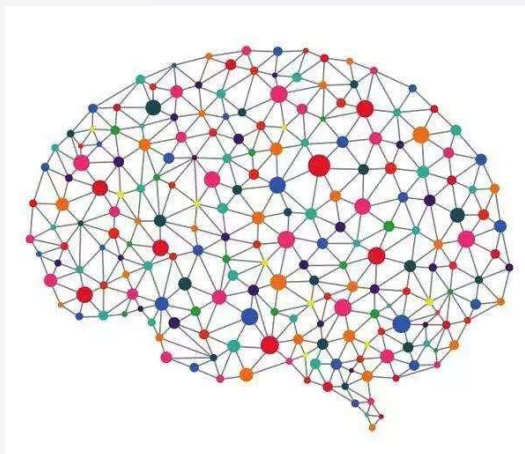
一、感知机与神经网络^[1] 仿生原理



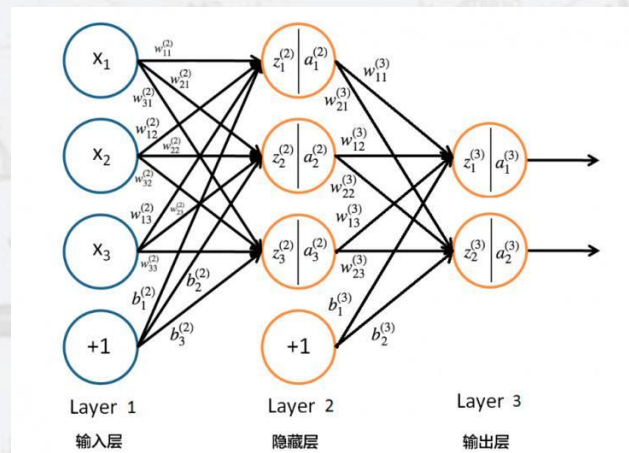
神经元



感知机



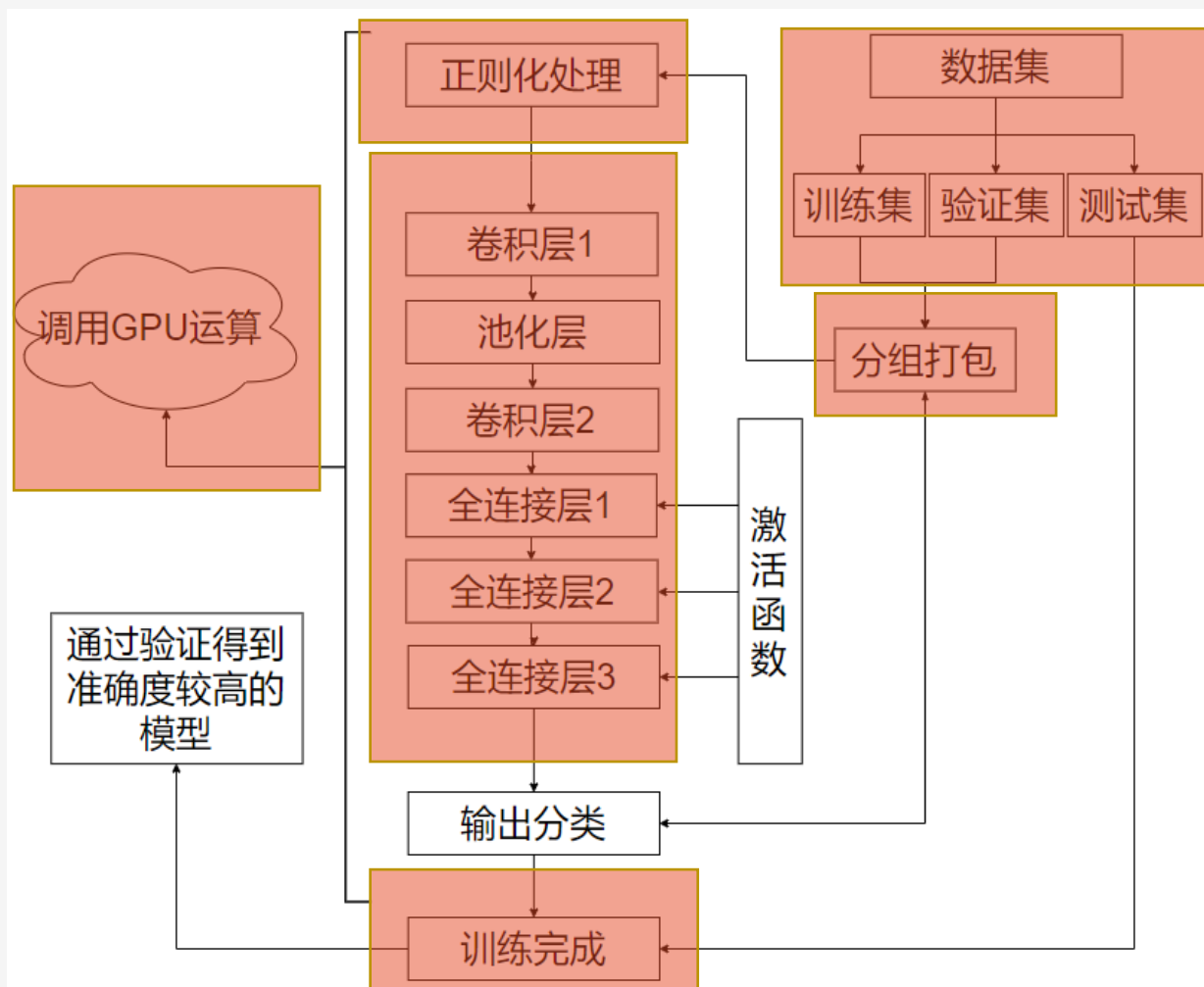
神经网络



多层感知器

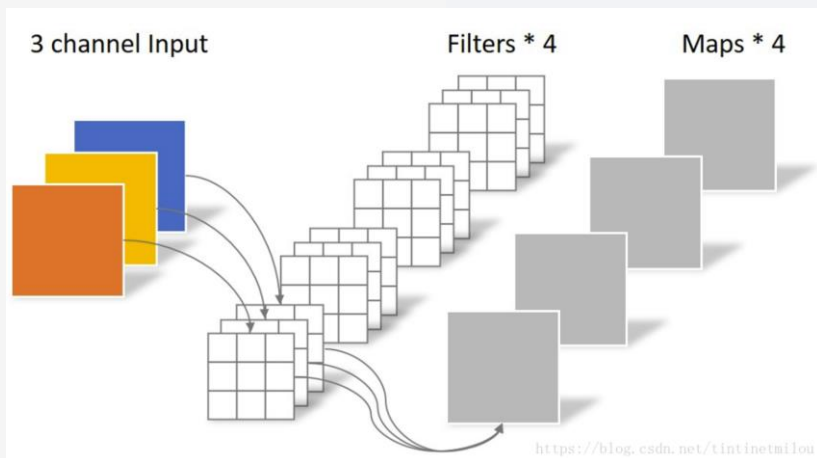
[1] Goodfellow I, Bengio Y, Courville A. Deep Learning[M]. The MIT Press, 2016.

四、网络设计



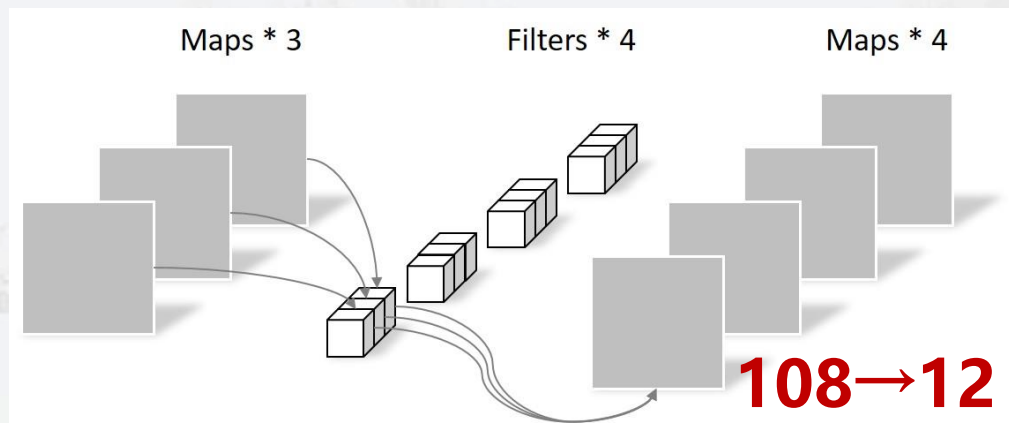
方法原理与过程

工业中要求对算法具有高效性，这种算法需要在成本低廉的硬件（存储空间小、功耗低）上实时运行。因此本项目创新性地将体积小、计算量少、适用于移动设备的**轻量级卷积神经网络**^[1]应用到缺陷检测系统中。选择 *Effnet* 型轻型神经网络结构，*Effnet* 使用 3×1 与 1×3 的卷积核而不是单个 3×3 层的卷积核，它既解决了数据压缩问题，又能够非常快速地运行特定的任务。



常规卷积运算

参数数量 $N_{std} = 4 \times 3 \times 3 \times 3 = 108$



逐点卷积

参数个数 $N_{pointwise} = 1 \times 1 \times 3 \times 4 = 12$

[1] Freeman I, Roese-Koerner L, Kummert A. EffNet: An Efficient Structure for Convolutional Neural Networks[J]. 2018 25th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 2018.

目录



一、研究背景与意义

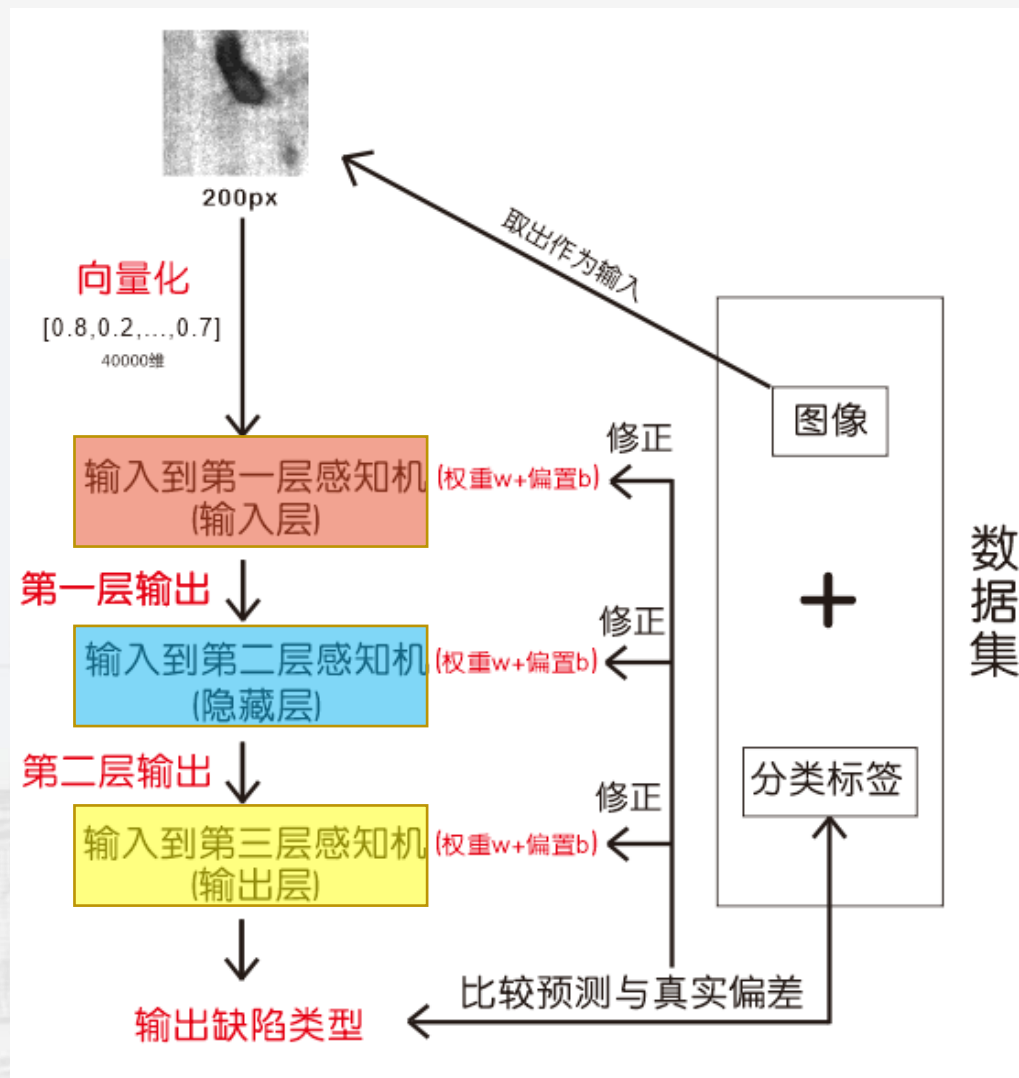
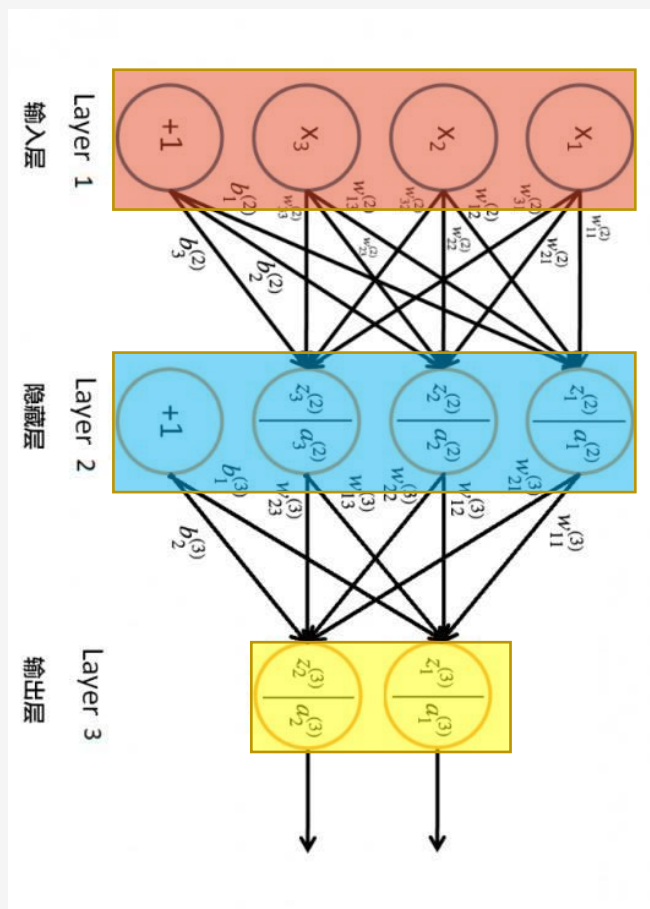
二、方法原理与过程

三、系统搭建与结果展示

四、项目总结

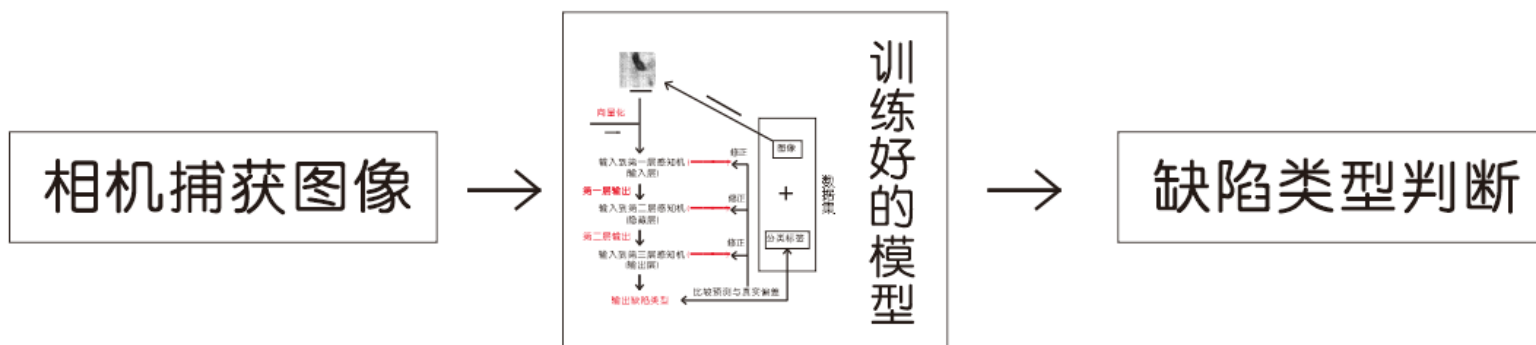
二、使用神经网络实现缺陷检测的原理

模型的训练



二、使用神经网络实现缺陷检测的原理

模型的使用



研究过程与结果分析

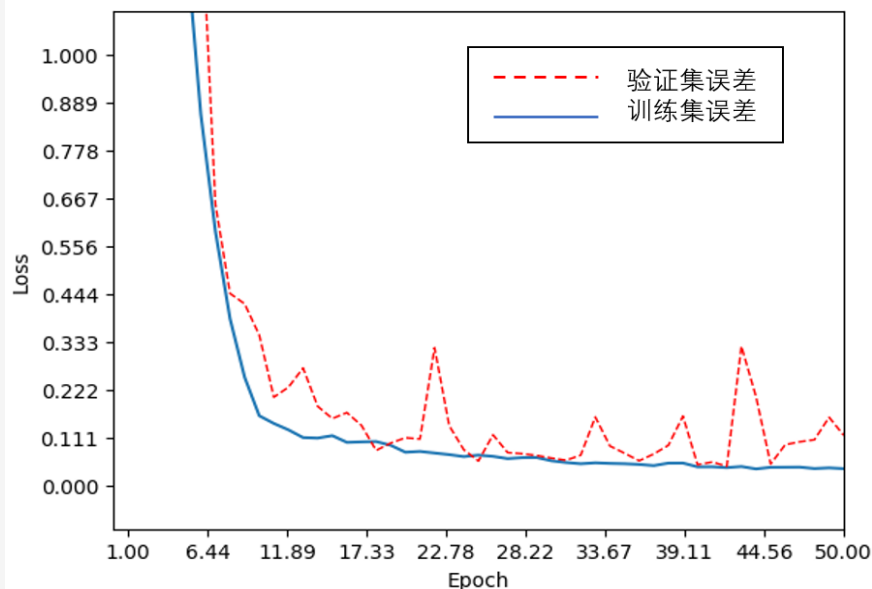
GeForce GTX 1060

[1	100]	loss: 0.084
[1	200]	loss: 0.084
[1	300]	loss: 0.079
[1	400]	loss: 0.075
[2	100]	loss: 0.075
[2	200]	loss: 0.073
[2	300]	loss: 0.072
[2	400]	loss: 0.068
[3	100]	loss: 0.067
[3	200]	loss: 0.066
[3	300]	loss: 0.062
[3	400]	loss: 0.058

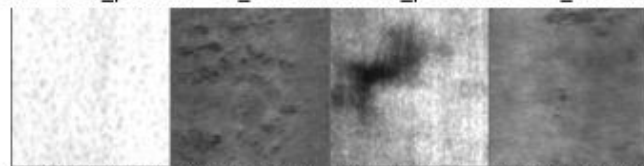
模型训练



模型使用

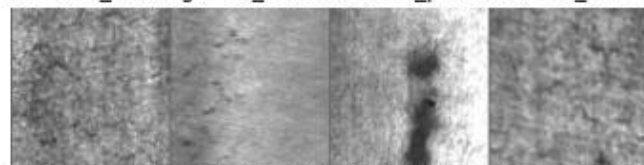


('Pred', "['C4_pitted', 'C5_rolled-in', 'C2_patches', 'C5_rolled-in']")



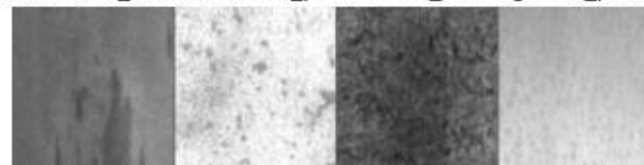
('Truth', "['C4_pitted', 'C5_rolled-in', 'C2_patches', 'C5_rolled-in']")

('Pred', "['C3_crazing', 'C5_rolled-in', 'C2_patches', 'C3_crazing']")



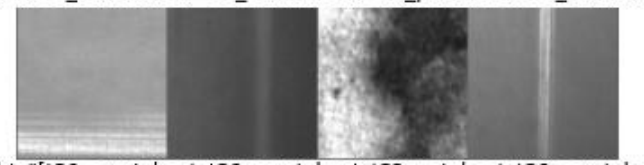
('Truth', "['C3_crazing', 'C5_rolled-in', 'C2_patches', 'C3_crazing']")

('Pred', "['C1_inclusion', 'C4_pitted', 'C3_crazing', 'C4_pitted']")



('Truth', "['C1_inclusion', 'C4_pitted', 'C3_crazing', 'C4_pitted']")

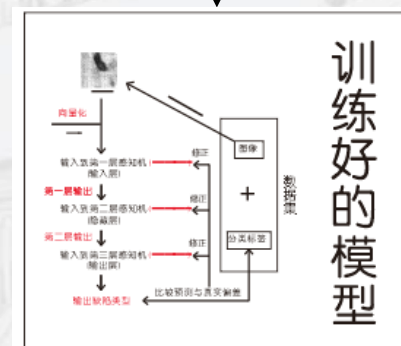
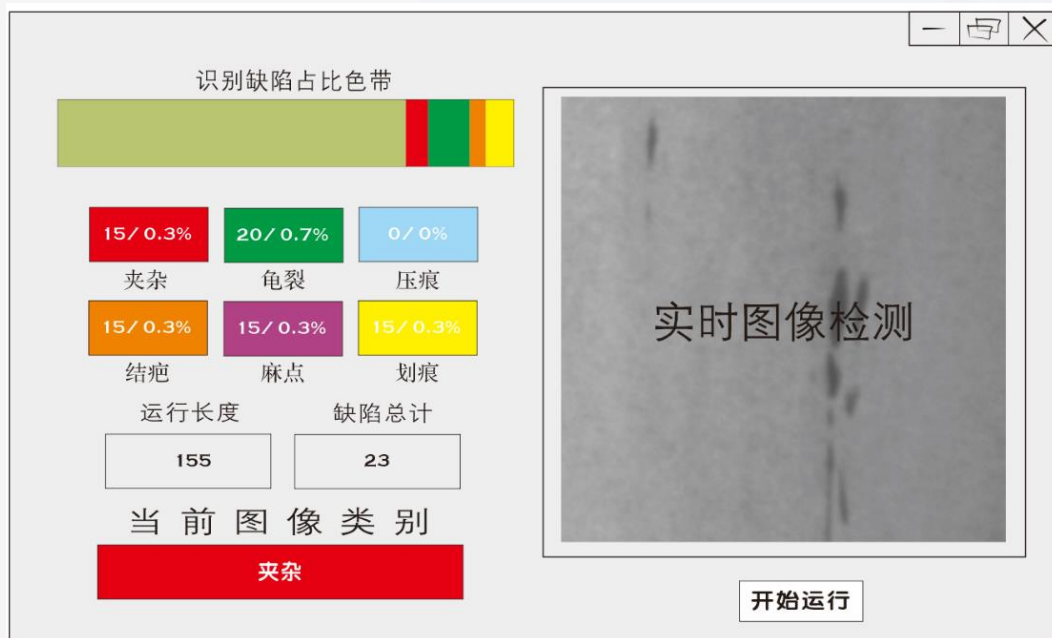
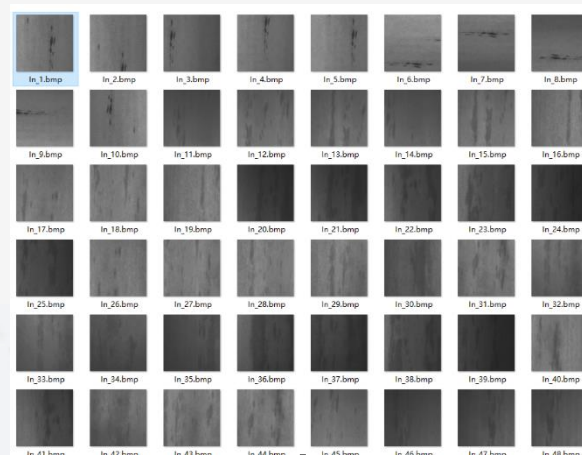
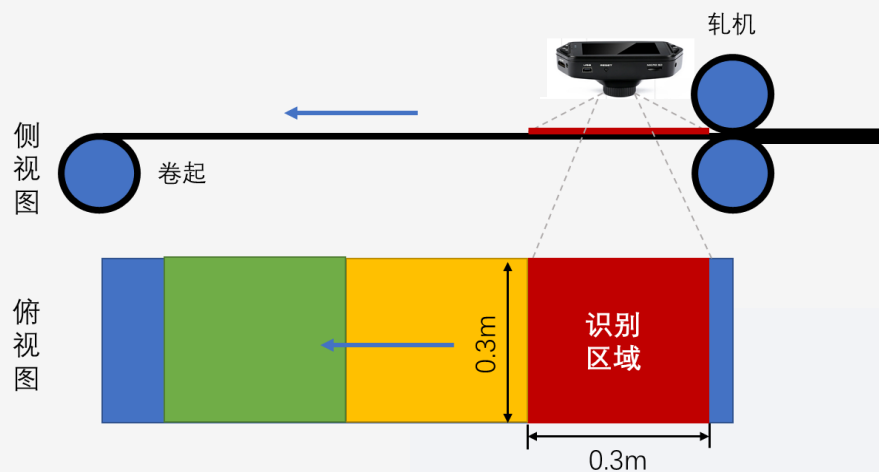
('Pred', "['C6_scratches', 'C6_scratches', 'C2_patches', 'C6_scratches']")



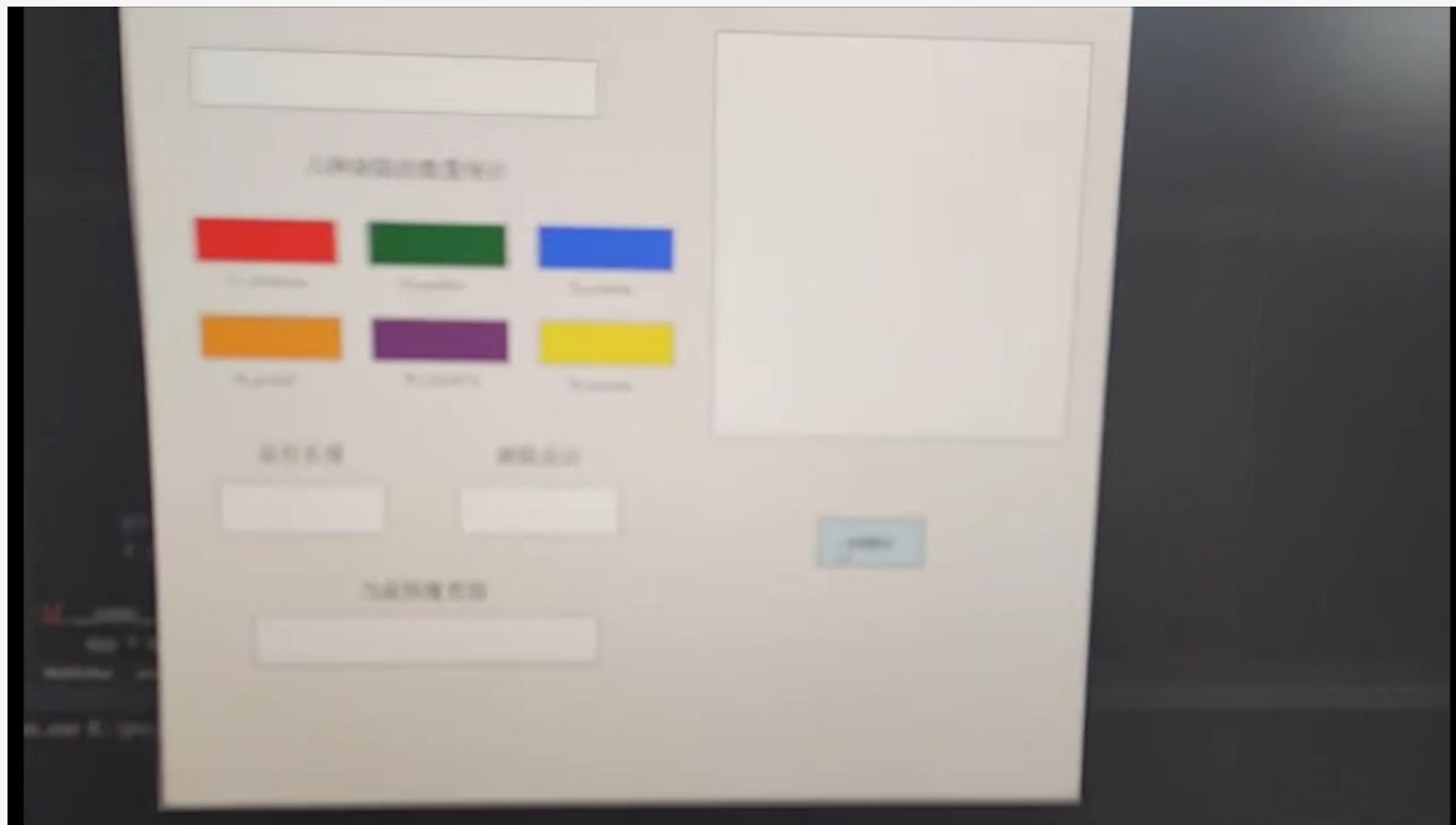
('Truth', "['C6_scratches', 'C6_scratches', 'C2_patches', 'C6_scratches']")

Accuracy : **94%**

研究过程与结果分析



GUI 界面运行效果 (mp4)



目录



一、研究背景与意义

二、方法原理与过程

三、系统搭建与结果展示

四、项目总结

项目总结

(1) 利用深度学习方法搭建了对金属表面缺陷**自动**检测系统，为用户提供了一种**高效、准确、低成本**的缺陷检测方案。

(2) 创新性地将体积小、计算量少、适用于移动设备的**轻量级卷积神经网络**（EffNet）应用到缺陷检测系统中。

(2) 拥有完善的硬件系统。CCD相机结合OpenCV实现**图像获取及增强**，实时传输准确图像数据。

(3) 拥有功能全面、简洁美观的GUI界面，方便用户获取**实时统计与可视化数据**，极为便捷。

项目总结

- 首次接触用人工智能的方法解决问题，对这种方法的**优势与局限性**有了近距离的体会和深刻的认识
- 一年的研究锻炼了我们每个人的**团队合作能力**，磨练了我们每个人的耐心和毅力
- 通过本次项目，我们体验了一次科学研究中的**各个环节**，让我们对科研有了更加清楚的认识

资金使用

可用额度：7000元

共计花费：3617元

名称	价格
电子器件花费	1617元
租用服务器训练网络	2000元
共计使用金额	3617元



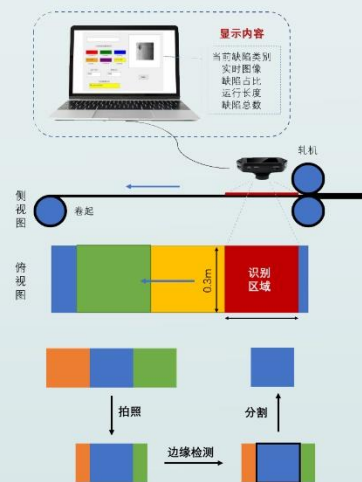
基于深度学习的金属 表面缺陷自动检测技术

作品简介

以热轧带钢为例，本项目应用深度学习算法和机器视觉方法，搭建了一套软硬件结合的金属表面缺陷自动检测系统。整套系统由硬件部分（传送带、CCD相机、树莓派）与软件部分（图像处理、缺陷检测和图形用户界面）组成。检测过程中，系统基于OpenCV自动获取金属图像，增强其缺陷特征，输入深度学习模型进行缺陷检测，并通过图形用户界面实现缺陷检测结果的可视化。经过实验，本系统对热轧带钢缺陷识别神经网络的训练返回正确率为97%，实测正确率为94%，识别时间约为0.0418s至0.0449s，满足工业应用的基本要求。

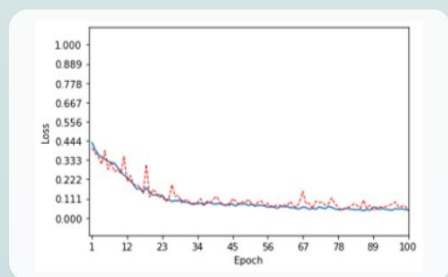


深度学习网络搭建示意图



检测系统示意图

模型训练



指导老师

能动学院流体机械教授 张荻

队伍成员

柴凯昕 邱卓 朱颜泽 刘郑涛 舒瀚林

作品创新

■ 利用深度学习方法搭建了对金属表面缺陷自动检测系统，为用户提供了一种高效、准确、低成本的缺陷检测方案。

■ 拥有完善的硬件系统。CCD相机结合OpenCV实现图像获取及增强，实时传输准确图像数据。

■ 拥有功能全面、简洁美观的GUI界面，方便用户获取实时统计与可视化数据，极为便捷。

■ 创新性地将体积小、计算量少、适用于移动设备的轻量级卷积神经网络（EffNet）应用到缺陷检测系统中。



西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

谢谢大家





西安交通大学
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

提问环节

