附件2-1



大学生创新训练项目申报书

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目级别 | ☑国家级 □省级 □校级 | | |
| 项目名称 | 安旅视盾—智能视觉辅助安检系统 | | |
| 主持人 | 严沁 | 联系电话 |  |
| 所在学院 | 计算机与信息学院 | | |
| 学号 | 2022217618 | 专业班级 | 物联网工程22-2班 |
| 指导教师 | 谢昭 | | |
| E-mail |  | | |
| 申请日期 | 2024年4月 | | |
| 项目期限 | 2024年5月-2025年4月 | | |

合肥工业大学

**填 表 须 知**

一、创新训练项目是本科生个人或团队，在导师指导下，自主完成创新性研究项目设计、研究条件准备和项目实施、研究报告撰写、成果（学术）交流等工作。

二、《项目申报书》要按顺序逐项填写，项目级别对应选项的“□”打勾，内容要实事求是，表达要明确、严谨，根据需要可自行加页。

三、国家级项目研究周期为两年期，省级、校级项目研究周期为一年期。

四、创新训练项目团队人数不得超过5人，应排序。

五、《项目申报书》由申报学生提交学院留存。

#### 一、 基本情况

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目名称 | 安旅视盾—智能视觉辅助安检系统 | | | | | | | | | |
| 所属学科 | 学科一级门：自然科学   学科二级类：计算机科学与技术 | | | | | | | | | |
| 项目来源 | □ A、自主选题项目  ☑ B、科教融合项目  □ C、产教融合项目  □ D、竞赛相关选题  □ E、平台/基地专项 | | | | | | | | | |
| 申请金额 | 8000 元 | | 项目期限 | 2024年5月-2025年4月 | | 拟申报项目级别 | | 国家级 | | |
| 主持人 | 严沁 | | 性别 | 男 | | 民族 | 汉 | 出生年月 | | 2003年 12月 |
| 学号 | 2022217618 | | 联系电话 |  | | | | | | |
| 指导教师 | 谢昭 | | 联系电话 |  | | | | | | |
| 项目简介（限500字） | | | 随着公共安全需求的不断提高，以及《反恐法》等相关法律法规的深入实施，预计未来几年内中国安检X光机市场将继续保持增长态势。在X光机安检领域，传统的人工判断X光检测照片是否含有违禁品的方式面临着效率低下、识别准确率不足、违禁品溯主困难、数据管理分析困难的挑战。本项目旨在开发一套智能视觉辅助安检系统，通过结合人脸识别、微表情识别技术辅助人身安检。同时，利用目标检测算法对行李物品的X光照片进行违禁品识别，辅助人工判断，从而提升违禁品检测的准确率和预警效率。系统还集成人物互联功能，将旅客人脸照片与其行李自然光照片以及行李X光检测照片相联，解决违禁品溯主困难问题。制作网站用于人机交互，便于历史数据的查询以及安检数据的管理和分析，实现智能化安检流程。 | | | | | | | |
| 项目组成员简况（含主持人） | | 姓名 | 学号 | 学院 | 专业班级 | | 联系电话 | | 项目分工 | |
| 严沁 | 2022217618 | 计算机与信息学院 | 物联网工程22-2班 | |  | | 微表情识别、  X光目标检测算法实现 | |
| 张俊晨 | 2022217322 | 计算机与信息学院 | 计算机科学与技术22-1班 | |  | | 人物互联算法实现、数据集增强 | |
| 党存远 | 2022217587 | 计算机与信息学院 | 物联网工程22-2班 | |  | | 微表情评分功能实现、模型调参、检测与评估 | |
| 王卫东 | 2022217597 | 计算机与信息学院 | 物联网工程22-2班 | |  | | 硬件开发与模型部署 | |
| 常振涛 | 2022217619 | 计算机与信息学院 | 物联网工程22-2班 | |  | | 软件开发与数据分析 | |
| 指导教师 | | 姓名 | 工号 | 学院/单位 | 职称/学历 | | 联系电话 | | 电子邮箱 | |
| 谢昭 |  | 计算机与  信息学院 | 副教授 | |  | |  | |

#### 二、 立项依据（可加页）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| （1）研究目的提高人工安检的效率和准确率，适应新时代公共安全需求根据《中国安检X光机行业市场研究报告（2024版）》，2023年中国安检设备市场规模达到了150.13亿元人民币。这一数据反映了中国X光安检市场的庞大潜力和快速增长趋势。随着政府对公共安全的重视程度不断提升，以及《反恐法》等相关法律法规的深入实施，预计未来几年中国安检X光机市场将继续保持增长态势。X光安检技术作为安防领域的重要组成部分，在全球范围内得到了广泛的应用和快速的发展。人工安检判断X光照片在传统安检流程中扮演着重要角色，但随着社会的发展和技术的进步，人工安检判断X光照片存在的一些弊端逐渐显现，主要包括以下几点：（1） 效率低下。人工判断X光照片需要安检员对每一张图像进行仔细审查，这个过程耗时较长，尤其是在人流量大的场所，如机场、火车站等，容易造成安检排队等候时间过长，影响旅客的出行体验。（2）准确性不足。安检员的判断容易受个人经验、疲劳程度、注意力集中度等因素影响，可能会出现漏检或误判的情况。此外，对于一些复杂或隐蔽的违禁品，人工识别的难度较大，准确性难以保证。（3）工作强度大。长时间的图像审查工作对安检员的视力和精神集中力要求很高，容易导致工作疲劳，从而影响安检质量（4）数据管理困难。人工安检过程中产生的大量数据难以实现有效的信息化管理，数据的收集、整理和分析效率低下，不利于安检工作的持续改进和优化。（5）隐私保护问题。人工审查X光图像可能涉及到旅客的个人隐私，如何确保在安检过程中妥善处理旅客隐私成为一个需要关注的问题。（6）应对新威胁的能力有限。随着科技的发展，新的威胁手段不断出现，传统的人工安检方式难以适应和识别新型的违禁品的潜在威胁。图1 智慧人检与传统人检图2 智慧物检与传统物检图1和图2为重庆市轨道交通研究院发布的智慧安检与传统安检的对比，可以发现以下特点：（1）智慧人检模式较传统人检模式在单名乘客安检时间、单个安检点人力优化、投入产出比及安检提升效率得到大幅的优化及提升。（2）智慧物检模式较传统物检模式在单个安检点的安检能力、安检人工判图、投入产出比及安检提升效率得到大幅的优化及提升。由此可见，我们需要构建一个智能视觉辅助安检系统，高效准确的完成各方面安检任务，适应新时代公共安全需求，保障人民群众生命财产安全。在现有安检基础设施上，利用人工智能技术赋能安检行业发展descript图3 全球各类安检设备占比由图3可以看出，在全球安检设备行业中，占比最大的依旧是X光安检设备，X光安检设备在安检设备整体市场规模中的占比为41%，其次是爆炸物安检设备，占比在20%左右。我们所研究的整个系统，都是基于现有的安检领域普遍应用的硬件设施--X光安检仪，加上我们的人工智能技术，这便能保证在硬件基础设施要求不高的情况下，最大程度的实现智能化安检。图4 全球安检设备市场规模由上图可以看出，2021年，全球安检设备的市场规模为74亿美元。预计到2026年，全球安检设备的市场规模将突破100亿美元，5年间复合增长率为6.3%，安检设备应用前景十分广阔。图5 全国交通里程数目2022年3月25日，国家发改委发布《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》提出如下目标：到2025年，综合交通运输基本实现一体化融合发展，智能化、绿色化取得实质性突破，综合能力、服务品质、运行效率和整体效益显著提升，交通运输发展向世界一流水平迈进。智慧安检作为现代综合交通运输体系的重要组成部分，其发展与《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》的目标高度契合。通过实施智慧安检，可以有效推动交通运输业的一体化、智能化、绿色化发展，提升服务品质和运行效率，为中国交通运输业的持续进步和国际竞争力的提升做出重要贡献。图6 医院安检要求国家卫生健康委、中央政法委、公安部等8部门联合印发的《关于推进医院安全秩序管理工作的指导意见》（国卫医发〔2021〕28号），明确要求各省市结合实际情况，深入推进入院安检工作，发布通告，制定并公布医院禁止、限制携带物品名录。2020年3月26日，《北京市医院安全秩序管理规定（草案）》一审通过，其中，最大的亮点是医院建立安检制度。2022年7月，天津市卫健委发布《天津市卫生健康委员会天津市公安局关于加强我市医院安全秩序管理的通告》明确：2022年9月6日，上海市卫健委会同上海市公安局制订了《关于加强医院安全秩序管理的通告（征求意见稿）》指出：医院应建立安全检查制度，设置安检区，配置专业安检员，按照安检工作实际需求，配备相应的安检设备，对进入医院的人员进行必要的安全检查，严防禁止、限制携带物品进入医院。不接受安全检查的，医院有权拒绝进入。由此可见，随着时代的发展，我国对公共安全的需求也日益提升，在原有的硬件基础设施上面，利用人工智能技术赋能智慧安检是非常具有应用前景的。（2）研究内容针对以上问题，我们希望在现有的X光安检设备上，利用人工智能技术，打造一个智能视觉辅助安检系统。在需要安检的公共场合，旅客们拿着行李在通过安检区域时，首先进行人脸识别，比对证件和人脸信息是否一致。在从人脸识别位置开始到旅客通过安检门的这段区间内，用高速相机拍下微表情照片，通过微表情识别算法，根据不同表情设置权重进行人员危险等级评分，对危险评分高的旅客，提醒工作人员在接下来的人身安检时更加严格。物品安检，通过目标检测算法，对违禁品类别进行标注，并且根据违禁品类别，发出预警。与此同时，使用人物互联算法，将旅客人脸照片与其行包自然光照片以及行包X光安检图像相联起来，可以快速锁定携带违禁物品的旅客。例如：如果一个旅客，在过安检时，微表情识别危险评分过高，那么在进行人身安检时，提醒工作人员加强对该旅客的注意，这样对危险可疑人员的检查更加准确。如果一个旅客在行包内携带了违禁物品，X光安检机可以通过目标检测算法检测到含有违禁物品，并且通过人物互联算法，快速定位违禁品携带者。这样，大大提高了安检的效率和准确率，确保旅客快速安全地通行。在此背景上，团队提出了三大研究重心：  * 人员安检—利用微表情识别进行危险等级评分，辅助人身安检   通过对旅客的微表情识别，来给旅客进行危险等级评分。对于微表情识别中，危险等级评分超过阈值的，发出预警，提醒工作人员在接下来的人身安检中更加严格。与以往的安检方式不同，我们加入了微表情识别技术，微表情难以掩饰，通过专门的算法研究，捕捉到细微的表情变化，从而对危险可疑人员进行更加严格的人身安检，确保顺利通过的人员身份的安全性。   * 物品安检—针对遮挡、重叠、小目标等X光目标检测难题，采用专门的优化网络，提高目标检测精度、将模型部署到FPGA上进行推理   在目标检测方面，我们针对故意遮挡、重叠问题，进行了专门的网络改进，有效提高识别准确率。将X光检测照片上传到FPGA上面，利用训练好的模型进行预测，将违禁物品进行标注，并且根据危险品类别，发出预警。由于FPGA推理速度更快，更加符合实时检测的需求，因此，我们不同于以往的智慧安检项目，将模型部署在FPGA上面，可以快速地实现模型的准确识别。   * 人物互联—利用人物互联算法，将人和物关联起来，解决违禁品溯主困难的问题   在不改变 X 射线安检仪和装置结构的基础上，在X射线安检仪入口处设置监控摄像机对旅客放置行李过程采集一些图像数据，通过算法合理计算旅客放行李与安检机采集行李 X 射线图像时间差，并使用人脸识别算法快速筛选出含有对应的最大人脸且出现次数最多人脸的图像，与行李X 射线图像自动相联，从而将人、行李真实图像、行李X射线图像进行联系，实现人物互联。 （3）国、内外研究现状和发展动态 **国内研究现状：**    图7 中科太赫兹  太赫兹智能安检技术是一种新兴的安检解决方案，它具有一系列的优点，同时也存在一些局限性。它的优点：（1）无辐射安全性：太赫兹安检技术不会产生有害的电离辐射，这使得它在安全性方面优于传统的X射线安检设备，对人体健康的潜在威胁较小。  （2）高效率：太赫兹安检仪的检测效率非常高，可以达到每小时1500人，这是传统安检效率的5倍。这样的高效率有助于减少人群拥堵，提高通行速度。（3）广泛的检测范围：太赫兹智能安检技术可以检测出金属和非金属违禁品，包括陶瓷、液体、粉末、炸药等，这使得安检更为全面和有效。（4）高分辨率成像：太赫兹安检成像的分辨率高，能够辨识硬币大小的物体，这对于提高安检的准确性非常有帮助。但是也存在明显的缺点：（1）成本问题：高研发成本，太赫兹智能安检技术的研发和生产需要较高的成本，这将会影响其在市场上的竞争力，尤其是在成本敏感的应用场景中。设备投资和维护，太赫兹安检设备需要较大的初期投资和后期维护费用，这对于一些预算有限的机构或企业来说可能是一个挑战。（2）检测能力限制：目前的太赫兹安检技术还无法完全区分不同类型的违禁品，这限制了其在某些领域的应用。例如，它可能难以区分无害物品和潜在的危险物品。（3）特定环境适应性：太赫兹安检技术可能需要特定的环境条件才能发挥最佳效果，例如对湿度和温度的敏感性可能会影响其在户外或极端环境下的应用。  **国外研究现状：**    图8 美国的HI-SCAN X-ray  Smiths Detection 的 HI-SCAN X-ray安检系统利用先进的X射线成像技术，能够快速、准确地扫描大量行李和包裹，并检测出其中的任何潜在威胁物品，如爆炸物、武器、毒品等。该系统采用高分辨率X射线成像技术，能够提供清晰的图像，帮助安检人员轻松地识别可疑物品。HI-SCAN系统具有多种型号和配置，可根据不同场所的需求进行定制。将来自数百个不同视图的数据重建为体积 3D 图像。这使安检操作员能够通过在监视器上旋转高分辨率 X 射线图像从各个角度检查行李，从而更轻松地识别威胁。自动爆炸物检测算法和自动物体识别软件可以检测武器等违禁物品，支持操作员做出快速准确的决策。但是同时它也有一些缺点：（1）它只是一个简单的CT扫描设备，还需要人工进行检测，相当于只是增加了一个行李滚动台，也无法进行人包绑定。（2）成本较高：由于采用了先进的技术和高质量的材料，HI-SCAN系统的购买和维护成本较高。  **发展动态：**  目前，国内在安检方面，大多数还是采用传统的人工安检方式。今年来，也出现了类似中科太赫兹成像这类新型安检设备，它们主要的创新发展都是在成像层面，采用新的物理成像技术来进行安检扫描，辅助人工进行安检。但是，在基于传统的X光成像设备上的智能化应用较少。 创新点与项目特色 <1>创新点   * 微表情识别   ①设计兴趣区域模块，解决传统算法只能从完整图像或视频中学习的问题。  ②设计对角自注意力机制，解决不能准确检测到面部微表情细节的问题。   * X光图像目标检测   ③利用YOLOV9模型，加快模型推理速度，满足检测速度的需求。  ④神经网络模型部署到FPGA，加快模型推理速度，满足检测速度的需求。  ⑤设计标签调整机制，解决重叠问题。  ⑥设计密集注意力模块，解决小目标和遮挡问题。   * 人物互联   ⑦设计人和行包相联算法，解决违禁物品行包与携带者难以联系的问题。  ⑧制作网站，利用Echarts展示安检数据，解决数据管理分析困难的问题。  <2>项目特色   * 利用微表情识别辅助人身安检：   通过微表情识别技术，能够捕捉到旅客面部表情细微的表情变化，对于微表情危险等级评分高于阈值的，系统将提醒工作人员在人身安检时更加严格，从而提高人员安检的准确性，确保通过旅客身份的安全性。   * 解决X光检测的难题：   设计专门的网络架构针对故意遮挡违禁品、X光成像照片物品重叠、玻璃瓶的高透明度等安检X光检测难题，从而提高X光目标检测的准确率。利用数据增强技术如Mosaic、Gan网络等打造种类繁多的数据集，以提高模型的泛化能力，应对现有X光安检公开数据集各自的不足之处。   * FPGA上部署目标检测模型：   将微表情识别、人脸识别、目标检测模型部署到FPGA上，大幅提升模型的运行速度，FPGA将模型推理得到的结果和图像一起发送到内部网络的后台计算机中，服务器利用FPGA传来的推理结果直观地标注在原图中，满足安检实时性的需求，确保在人流量大的情况下系统能够高效正常工作。   * 实现人物互联，快速定位违禁品所属旅客：   提出结合人脸识别与时间相联的方法来实现人物互联，在使用X光目标检测检测到包内违禁品时，快速定位到该行李的真实图像与该行李所属的旅客，大大提高安检过程的安全性。   * 便捷高效的交互系统设计：   我们开发专用的网站，用来完成人员安检、物品安检、人物互联三个任务，设置交互页面，安检人员能够方便快捷地处理危险预警，后台能够统计分析数据，预测违禁品数量走势，安检数据全部存档，从而能够充分利用数据的作用。在出现事故时及时查看人员对应的历史安检记录，且存档的数据可用于训练更为准确、强大的模型。 （5）技术路线、拟解决的问题及预期成果（调研报告、研究论文、申请专利、研制产品、开发软件、竞赛获奖等） **1.拟解决的问题**   * 提高微表情识别的准确率   人员安检部分，要通过微表情识别来给旅客进行危险等级评分，就需要较高的微表情识别准确率。而微表情识别面临着两大难题，首先是幅度小：微表情的运动幅度小，强度低，难以被肉眼直接观察到。其次是时间短：微表情的持续时间非常短暂，通常在半秒以内。要想提高微表情识别的准确率，就必须要解决这两大难题。   * 提高X光目标检测算法的精度   在行包X光安检照片目标检测中，会出现以下三大难题：1. 旅客故意遮挡违禁品。旅客故意的将违禁品藏匿于行包中，难以被检测到。2. X光成像检测照片重叠。X光成像不同与传统的自然光成像，会出现各种类型的重叠，这也严重影响着目标检测的精度。3.玻璃瓶由于特殊的材质，对X光射线的吸收率低，同时由于算法依赖于形状和边缘的识别，使得玻璃瓶的检测准确率较低。我们要解决这三个难题以提高X光目标检测算法的精度。   * 人物互联，解决违禁品溯主困难   在使用 X 射线安检机对旅客行李进行安检时，由于安检现场本身就是客流较大的节点，旅客较多而且通常处于流动状态，存在人工判断行李所属旅客和判断X光安检照片对应行李工作难度大、效率低的问题，我们打算提出一种结合人脸识别与时间相联的人物互联方法，从而实现当目标检测算法检测到有违禁品时，安检员能够快速定位到该行李的可见光图像与该行李所属的旅客。   * 将神经网络模型部署到FPGA   相较于将模型部署在服务器上，模型部署在FPGA上面，能够加快模型的推理速度，更好地适应安检X光检测实时性的需求。同时，为了保证在某些没有服务器的场合也能用上我们的智能安检系统，我们考虑将模型部署在FPGA上，降低成本，提高项目可行性。   * 软件开发，制作整套系统专用的网站   我们将制作一整套软件系统，配合硬件、算法等部分，实现便捷、安全、高效的安检全流程。并进行安检数据存储，安检数据可视化，以解决安检数据难以管理与分析，安检数据得不到充分利用等问题。  **2.技术路线**   * 微表情识别，给出人员危险等级评分   微表情识别的目标是在短时间内(即0.25到0.5秒)识别人类难以察觉的微小面部动作，目前使用广泛的BERT算法显著改善了微表情识别任务。然而，标准的BERT只能从完整的图像或视频中学习，并且该架构不能准确地检测面部微表情的细节。因此，我们打算在BERT基础上，设计两个模块，以无监督的方式自动捕获这些运动。设计对角自注意力机制来检测两帧之间的微小差异，并设计一个兴趣区域模块来定位和突出微表情重点区域，同时减少背景噪声和干扰，从而能更加准确检测面部微表情细节。    图9 算法框架图  受到在自然语言处理（NLP）中BERT的成功启发，Bidirectional Encoder representation from Image Transformers（BEiT）被提出作为计算机视觉中的自监督学习框架。BERT在视觉问题中的局限性之一是标记化步骤。在自然语言处理领域，一个标记精确地映射为一个单词。然而，在视觉问题中，只要它们具有相同的内容，许多可能的图像或补丁可以共享相同的标记。因此，设计一个BERT模型来掩盖一个标记，并在计算机视觉中训练一个缺失上下文的预测模型比NLP更具挑战性。此外，标记器，即DALLE，不足以将相似的上下文映射到一个标记。它在标记化过程中产生噪声，并影响整体的训练性能。  我们通过重建过程建模面部纹理在时间维度上的微小变化，这些变化很难被肉眼观察到。设计的算法架构如图所示，能够自适应地关注面部区域的变化，同时忽略背景中的变化，并且在面部运动发生时有效地识别微表情。还可以减轻对预处理步骤中对齐方法准确性的依赖性。   * **微表情评分:**  1. 首先根据模型识别出的微表情的置信度给出初步评分: confidence\_score 2. 之后根据微表情的持续时间对置信度进行加权计算(持续时间权重人为进行设定)，加入多微表情综合评分模块，将该人员在进站的这一段时间内的所有微表情记录，设置出该人每一段微表情为该种样式:[微表情类型，置信度，开始时间与结束时间） 3. 最后总分数: (该人员微表情类型(紧张1，恐惧2) \* confidence\_score \*该微表情持续时 间 \*（权重 自定义加权方式） )/微表情个数 = 综合评分 最后通过训练选择合适阈值 通知安检人员在进行贴身安检时提高注意力。  * **实现高精度、高速度X光检测**   **故意遮挡：**    图10 自然光成像与X光成像  大多数普通的目标检测算法都是针对自然图像设计的，而这些算法并不适用于X射线图像的检测，原因如下。首先，X射线具有强大的穿透能力，物体中的不同材料吸收X射线的程度不同，导致不同的颜色。其次，X射线中的遮挡物和被遮挡物的轮廓混合在一起。如上图所示，与自然图像相比，X射线图像呈现出截然不同的外观和物体与背景的边缘，这为X射线检测的外观建模带来了新的挑战。目前的X光检测有以下几个缺点：  (1)现有数据集的特点是容量小，禁止物品的种类很少（如刀、枪和剪刀）。例如，一些常见的禁止物品，如充电宝、打火机和喷雾器都没有涉及。  (2)一些真实场景需要基于遮挡和禁止物品类别进行高水平的安全预测。先前数据集中的图像级别或边界框级别的注释不足以训练算法在这些场景下使用。   1. 检测隐藏在杂乱物体中的禁止物品是安全检查中最重要的挑战之一。   我们观察到在数据集上训练的模型在处理没有任何违禁物品的样本时容易出错，其中大多数是含有违禁物品的模型。这个问题是由于主流训练方案在预处理阶段默认排除了所有没有任何边界框的图像。尽管对标注样本占多数的一般数据没有显著影响，但这种数据集的排列方式在安检中也会陷入困境，因为含有违禁物品的图像在真实场景中只是特例。这些案例反映了人工数据集与真实情景之间的巨大差距。  在x射线图像中，物体的许多重要细节都丢失了，如纹理和外观信息。此外，物体轮廓的重叠也给检测带来了很大的挑战。我们打算设计一个密集注意力模块来捕获不同阶段在通道间和像素间位置的特征映射之间的关系来提高模型对目标物体的检测性能和处理X光图像中的小目标和重叠目标。  descript  图11 注意力模块  通过对每个特征层的通道和空间维度进行加权，提供聚合表示，将权重分配给各种特征映射。聚合表示沿着通道方向的维度被压缩，通过一个完全连接的层。然后将导出的矢量馈送到完全连接的层中，然后是传到softmax层，以获得相应的通道分数.  强调重要的特征并抑制不重要的特征。该模块将聚合的表示输入到空间关注模块中，以重新校准特征图的空间权重。与通道关注模块不同，这里的池化操作是沿着通道维度执行的。首先对输入分别施加最大池化和平均池化。然后，将这两个特征图连接起来，并将它们馈送到五个卷积层中，然后再馈送到softmax层中，以获得H × W的空间得分。  同时密集注意力模块强调重要的通道和空间区域，先前采用的空间和通道关注主要集中在五种特征图的融合上。一般来说，构建远距像素之间的远距依赖关系对于提高性能起着不可缺少的作用。非局部块具有有效获取远程依赖的特点，来对聚合的特征映射进行依赖关系的细化。  **重叠：**  由于x射线成像原理，堆放在行李中的物体的图像经常相互重叠。与光学图像中的遮挡问题不同，在x射线安全图像中重叠的物体仍然可见。然而，由于图像的重叠，对重叠目标的检测受到干扰。根据重叠对象的不同，可以将重叠问题分为三种类型，即对象与不相关背景的重叠、对象与相似背景的重叠以及多个对象之间的重叠。以往的工作主要是研究威胁对象与不相关背景之间的重叠。然而，实际情况很复杂。在一些场景中，背景和物体的颜色相似，物体没有清晰可分的轮廓。此外，不同对象之间存在重叠。为了解决重叠问题，我们提出一种新的标签调整机制，该机制利用梯度建立特征通道与分配的标签之间的关系，并根据分配的标签对特征通道进行加权。与之前基于底层视觉信息的策略不同，这些策略不能区分不同的前景，而标签调整机制基于高层特征。    图12 整体网络结构  我们打算将标签调整机制和YOLOV9结合起来建立我们的网络。如上图所示，在YOLOV9原有基础上，只是在Head部分增加了一个新的分支标签调整。标签调整分支从预测结果和标签分配到特征映射形成一个反向网络。    图13 重叠问题  上图图显示了真空杯(A)，塑料瓶(B)和未标记键盘(背景)之间的重叠。P是位于绿色网格中的采样点。由于P在重叠区域，P提取底层视觉特征从A, B和背景。当P负责预测A时，来自B和背景的信息是冗余的。当P负责预测B时，来自A和背景的信息是冗余的。冗余信息导致P的高级特征靠近特征流形上的决策边界。标签调整机制根据分配给P的标签来区分冗余信息，并调整高级特征使P远离特征流形上的决策边界。该机制可以表示为寻找任务损失L最小的调整权值。   * 人物互联，快速锁定违禁品携带者   目前X光安检机的人物互联系统中，有些是通过红外或压感传感器进行人物互联，在包和包之间几乎无缝隙或包的重量非常轻时会互联失败；有些利用 RFID 技术实现包件电子单号与X射线安检仪安检图像的自动互联的方法但该方案需要通行人员主动配合按照规定放置行包，但只能适用于如机场这种客流量相对可控的场景；还有些根本没有行包及其对应的X光机过包序数，无法验证相联的精准度；在客流高峰期开检任务一个接一个，开检员根本处理不过来。因此，我们打算设计一种简单有效的旅客行李物品与人员关联的方法。在X射线安检机入口处设置人物监控摄像机，在计算旅客放行李与安检机采集行李X射线图像时间差的基础上预估放行李时间，通过适时采集入口视频采集时间段，并用人脸识别算法快速筛选出人脸出现频次最多，识别框最大的人物图像，实现准确的人物互联。  **1、时间相联**  时间相联的原理是基于安检机的传输带运行速率以及放置行李的位置距离X射线探测器的距离基本是固定的这一规律。例如将放置 A 行李至采集到X射线图像 B 这段时间记为 ΔT，若将收到行李X 射线图像 B 的这一时刻记为 T2，则可倒推旅客在放置行包的时刻应为 T1 ＝ T2 － ΔT。 如何实时获得 T1 时刻的旅客图像是人物互联的关键。在软件设计中通过对入口处摄像机定时截图并存入一个固定长度 N 的内存队列 Q，获取 T1 时刻入口处的旅客放包图像，将旅客放包图像与行李 X 射线图像组合存储，可实现互联。假设定时截图时间为 t，则关联到的旅客图像 I 理论上可通过公式 I=Q(N-∆T/t) 从内存队列 Q 中获得。    图14 时间相联算法示意图  **2、 人脸识别**  在时间相联的基础上，加入人脸识别对相联到的固定时刻的图像的附近取一个较小的范围序列 n，对这 n 个截图进行人脸识别，找出含有人脸图像的那一张图像。由于实际 X 射线行李安检现场人员流量大，旅客在放置行李时可能会出现人员集中的情况，此时在检测出的含有人脸的图像中，进一步地进行筛选出现人脸出现频次最多、识别框最大的那张图片作为相联的最终结果。 范围序列 n 的选取对于该算法的效率、效果有较为明显的影响。若 n ＝ 1，表示算法中未加入人脸识别，仅通过时间进行相联 ；随着 n 越大采用人脸识别获取清晰相联旅客图像的概率越大，但到 n 取值过大时会超过该旅客放置行李时间，可能会将下一名旅客的图像也纳入本次判断，导致相联错误。 设定 X 光安检仪的人员正常通过时间为 t\_x，人脸摄像机的帧率为FPS，则每一帧视频图像所代表的时间为t\_f ＝ 1/FPS，则 n 的上限取值为n\_max ＝ tp/tf ＝ tp · FPS。在实际应用场景中，需要结合这些参数合理选择 n 值，以实现准确的人物互联。    图15 范围序列n示意图  **3、算法流程**  程序开始后，系统同时开启人物捕捉及行李 X 射线图像采集，分别获取人物图像及 X 射线图像。利用时间相联算法对人物、X 射线图像实现互联，并将视频监控系统捕捉到对应人脸的旅客图像与行李X射线图像进行相联存储及统一UI显示，实现人物互联。    图16 人物互联算法流程图   * 将神经网络模型部署到FPGA上运行   1.主要硬件简介  <1>ZYNQ 7020  Zynq™ 7000 SoC 系列是 Xilinx 公司推出的全可编程片上系统（All Programmable SoC），包含 PS（Processing System，处理器系统）和 PL（Programmable Logic，可编程逻辑）两部分。  正点zynq 7020无法从TF卡启动，串口没有任何信息打印，是什么问题？ (amobbs.com 阿莫电子技术论坛)  图17 FPGA开发板  Zynq™ 7000 SoC 系列集成 ARM® 处理器的软件可编程性与 FPGA 的硬件可编程性，不仅可实现重要分析与硬件加速，同时还在单个器件上高度集成 CPU、DSP、ASSP 以及混合信号功能。同时将处理器的软件可编程性与FPGA的硬件可编程性进行完美整合，以提供无与伦比的系统性能、灵活性与可扩展性。    图18 FPGA与GPU比较  <2>RK3588  RK3588是瑞芯微推出的高性能芯片。该芯片搭载四核A76+四核A55的八核CPU和ARM G610MP4 GPU，内置6TOPs算力的 NPU ；具有高算力、低功耗、强多媒体、丰富数据接口等特点，是一款高性能、低功耗的AIoT芯片，可为各类应用场景带来更优异的表现。支持TensorFlow、PyTorch 等常见框架转换，使其能够作为处理 AI 影像的边缘装置。    图19 RK3588与其他比较  <3> OV5640双目摄像头  ov5640  低可信度  图20 OV5640单目摄像头  OV5640是一个低功耗、高性能、1/4英寸、且五百万像素的CMOS图像传感器，它提供了以OmniBSI技术封装而成的单芯片五百万像素（2592\*1944）摄像头的全部功能，支持LED补光、ISP（图像信号处理）、AFC（自动聚焦控制），功能而且通过相机串行接口（SCCB），它还可以提供全帧、采样、窗口化、任意缩放的多种格式的8比特或者10比特的图像数据。  2.硬件部分开发流程      图22 FPGA的PL和PS端设计   * 软件开发，制作整套系统专用的网站   <1>系统前端界面设计:   * HTML: 负责构建网页的基本结构和内容，使用语义化标签来提高可访问性和搜索引擎优化（SEO）。 * CSS: 用于设计和布局网页，采用响应式设计原则确保在不同尺寸的设备上均具有良好的视觉表现和用户体验。 * JavaScript: 实现网页的交互功能。利用现代JavaScript框架（如Vue.js）提高开发效率和页面响应速度。 * TypeScript: 为JavaScript代码添加类型声明，增强代码的可读性和可维护性。 * Vue.js: 用于构建用户界面的渐进式JavaScript框架，支持组件化开发，便于维护和重用代码。 * ElementPlus: 基于Vue 3的高质量UI组件库，用于快速构建界面和提高开发效率。   descript  图23 前端技术路线流程图  该网页基于HTML、CSS和JavaScript进行开发。一旦进入安检区域，系统将通过摄像头捕捉人脸面部信息，并与数据库中的信息进行比对，实现人证核验。随后，系统将进行微表情识别，计算出旅客危险等级分。根据评分是否超过阈值，来决定是否提醒工作人员再人身安检时更加严格。与此同时，系统将实时提取X光检测照片或视频，对行李内物品进行检测，识别出各类违禁品，并显示该行李所属旅客人脸照片。整个系统将提高安检效率和准确性，确保安全顺畅的通行。在设计网页过程中考虑到人脸信息等敏感信息的安全性，前端采用HTTPS协议加密数据传输，保障信息安全。同时，实施内容安全策略（CSP）和跨源资源共享（CORS）策略，防范XSS攻击和其他潜在的安全威胁。  <2>系统后端设计  安检记录数据会存储于接入内网的数据库中,这样既可以使得访问变得高效,也可以保证数据的安全性。FPGA将模型推理得到的结果和检测图像一起发送到接入内部网路的后台计算机中,服务器利用FPGA传来的推理结果,将检测结果直观地标注于原图中,并计算统计每张图片的危险评分,然后存入数据库中,对于超过评分阈值的情况,后台服务器会立即向前端发送警告,提醒工作人员对对应乘客立即展开检查。    图23 后端技术路线流程图  后台服务器会将每位乘客的进站安检情况按日期和记录于后台数据库中,后端会为前端设计查询接口,来满足前端安检人员,分类查阅记录需求。  3.预期成果   * 系统完整撰写研究报告并制作软硬件结合的智能视觉辅助安检一套 * 为算法创新应用发表论文一篇或整个项目申请数项发明专利以及软件著作权 * 在本项目的基础上二次开发，参加“互联网+”大学生创新创业大赛等赛事  （6）项目研究进度安排 （查阅资料、开题报告、实验研究、研制开发、中期检查、撰写研究论文和总结报告、填写结题表、参加结题答辩和成果推广等）  |  |  |  | | --- | --- | --- | | 2024年 | 4月 | 准备开题报告，查阅必要的资料文献 | | 5-7月 | 熟悉各板块算法，掌握软件、硬件开发技术，为后续做好充足准备 | | 8月 | 算法模型改进、软件开发制作 | | 9、10月 | 完善安检系统的整体设计 | | 11、12月 | 硬件开发，部署模型 | | 2025年 | 1、2月 | 撰写设计说明书 | | 3、4月 | 撰写研究论文以及申请软件著作权和专利 |  （7）已有基础（选填）1.与本项目有关的研究积累和已取得的成绩 研究积累：   1. X光检测数据集制作完成，使用Style-GAN2网络进行了数据增强，增加了正样本的数量，为模型性能提升奠定基础。   StyleGAN2是由NVIDIA研究团队开发的一种生成对抗网络(GAN)，通过学习大量图像样本数据生成逼真的图像。对前一版本 StyleGAN 的进行了改进和升级，在其基础上通过改进归一化、引入风格变量控制和数据增强策略等手段，提高了生成图像的质量、细节和控制能力。使得生成的图像更加逼真、多样，并且可以通过调整风格变量来实现对生成图像风格的精细控制。  StyleGAN2的核心原理是使用生成器网络和判别器网络进行博弈优化。生成器网络接收一个噪声向量作为输入，并通过多个层级生成图像。它的结构是一个多层级的生成器架构，其中每个级别都有一个共享的和一个专门的生成器网络。共享的生成器在更粗糙的图像级别上产生粗略的特征，而专门的生成器则在更细节的级别上产生更细致的特征。    图24 StyleGAN2网络的架构图  我们使用StyleGAN2在PIDray数据集上进行预训练。PIDray是一个大规模X光安检图像的数据集，涵盖了现实场景中禁止物品检测的各种情况，特别是对故意隐藏的物品。它收集了124,486张X射线图像，涵盖了12个类别的禁止物品，并且每张图像都经过仔细检查手动注释，我们挑选了其中的39598张图像进行预训练，并且生成2000张质量优秀的X光安检图像，涵盖各种违禁品的图像和多种遮挡。    图25 StyleGAN2在PIDray数据集上训练生成的X光图像   1. X光目标检测算法已经基本实现，并且对YOLOV9算法进行了初步的改进，加入了iRAM残差注意力模块，提高了整体的map。   图26 YOLOV9改进，加入iRAM残差注意力机制    图27 模型改进后map增长   1. 网站完成初步搭建，其中关于X光检测部分，已完成部分功能并已上线在服务器上部署了模型,并搭建并上线好了网站: http://175.24.133.19:12345/。网站可实现X光照片物品检测,可供人查询历史记录。     图28 网站检测页面  网站同时还对检测历史进行了数据统计和分类,可以供安检人员查询和下载    图29 X光安检数据分析   1. **尚缺少的条件及解决方法**   a. 目前我们上线的安旅视盾网站，对X光图像的预测速度太慢  解决方法：目前我们采取方法是通过java后端调取使用python编写的yolov9模型，这样会耗费大量的时间，我们在项目中期会把yolov9的模型转成onnx文件部署在服务器上，后期部署在fpga上，从而大大提高模型的预测速度。  b. 组员暂时缺少充足的计算卡来对模型进行训练和实验。  解决办法：当大创申报成功后，我们会使用项目所申报的资金去AutoDL等算力云平台长期租赁GPU等来对模型进行训练和调参，加入模块并进行实验以获得最好的模型效果。 |
|  |

#### 三、 经费预算

| **开支科目** | **预算经费（元）** | **主要用途** | **阶段下达经费计划（元）** | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **前半阶段** | **后半阶段** |
| 预算经费总额 | 8000 | 专利或论文申请、  硬件 | 4000 | 4000 |
| 1. 业务费 | 4500 | 租赁服务器  打印资料 | 2100 | 2400 |
| （1）计算、分析、测试费 | 1000 | 租赁服务器 | 800 | 200 |
| （2）印刷费 | 500 | 打印资料 | 300 | 200 |
| （3）会议、差旅费 | 0 |  | 0 | 0 |
| （4）文献检索费 | 0 |  | 0 | 0 |
| （5）论文出版费 | 3000 | 论文出版 | 1000 | 2000 |
| （6）其它 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2. 仪器设备购置费 | 3500 | 购置硬件 | 3000 | 500 |
| 3. 实验装置试制费 | 0 |  | 0 | 0 |
| 4. 材料费 | 0 |  | 0 | 0 |

#### 四、 项目承诺及项目组成员签名

|  |
| --- |
| 1.本项目申报和材料撰写过程不存在学术不端行为。  2.确保项目经费全部用于实施项目，开支范围主要包括业务费、仪器设备购置费、实验装置试制费、材料费等，遵照学校相关财务制度按期报销经费。  3.保证项目按计划进行、取得预期成果；要积极参加创新创业大赛、勇于投入实践，参赛情况将作为项目锻炼和展示的重要内容。项目研究成果如论文、调研报告等应进行标注，标注内容为“合肥工业大学级项目（项目编号：）”。  4.项目实施过程中，如因弄虚作假、管理不善造成经费使用不当、无故放弃项目、国家财产损失等现象，学校将视情节轻重收回部分或全部资助经费，情节严重的给予当事人及相关负责人纪律处分。  以上内容本人已认真阅读，若项目获得立项，本人承诺严格遵照执行。  **项目组所有成员签名：**    **2024年4月22日** |

#### 五、 指导教师意见

|  |
| --- |
| **导师（签章）：**  **2024年4月22日** |

#### 六、院系评审意见

|  |
| --- |
| **单位（盖章）： 负责人签字：**  **年  月  日** |

#### 七、学校专家组评审意见

|  |
| --- |
| **专家组组长签字：**  **年  月  日** |

#### 八、 学校审批意见

|  |
| --- |
| **主管部门（盖章）： 负责人签字：**  **年  月  日** |
|  | 33 / 33 |