**2024年度陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖励推荐项目公示内容**

1. **成果名称：高动态不确定场景下弱小目标多模感知关键技术及应用**
2. **完成单位排序及贡献：西安工业大学**
3. **成果简介：**

**成果的主要技术内容：**

该项目属于产品应用相关工程与技术学科，支撑不确定场景下的目标探测与识别技术领域。

在现代战场中，敌方目标采取隐蔽措施，如低空飞行、高速移动和小型化，给传统军事装备带来巨大挑战。军事无人机/无人车的有效应用提高了作战效率，增强了综合作战能力，为军事行动提供关键支援。然而，随着作战环境的日益复杂化，面临着多维信息难感知、多模信息难融合和目标特性难评估等难题。如何实现对复杂环境中弱小目标的准确感知，成为提高打击效率和目标命中率的关键技术途径。

在中央军委装备发展部、陕西省科技厅等科研项目的支持下，项目团队从高动态不确定场景下低质图像增强、多源多模态变尺度配准融合和弱小目标轻量化检测与识别等方面进行了系统研究，在无人自主武器站察打一体化、星载平台侦察等场景下取得了突破性进展。研究成果在湖南兵器轻武器研究所有限责任公司、陕西航天技术应用研究院有限公司等单位转化应用。

**成果的主要创新点：**

（1）高动态不确定场景下低质图像增强方法：高动态不确定场景图像质量易受到传感器、拍摄场景以及成像环境的影响，存在亮度和对比度不均衡、暗区域细节模糊、细节不明显颜色失真严重等问题。提出了基于集成网络和联合先验去雾及曝光融合的不确定场景低质图像增强方法，能够有效地保留了增强图像的边缘纹理信息，解决因光照不均以及自然雾引起的影像退化现象，提高了低质图像的质量。

（2）多模态变尺度的图像高精配准与鲁棒融合方法：利用生成对抗网络实现可见光到为红外图像的转换，随后采用SURF、PIIFD以及Hilbert空间重构方法完成模态转换下的图像配准，实现了多模态图像的高精配准，有效配准率达到96%；采用二代小波将图像转换为高低频信息，以鲁棒性主成分分析融合低频信号，以脉冲耦合神经网络融合高频信号，利用小波逆变换恢复融合图像，达到突出目标轮廓边缘，细节更为明显的高鲁棒性融合。

（3）多场景弱小目标轻量化检测与识别：构建轻量级卷积算子，以跨阶段连接方式结合高效注意力机制改善提取特征模型，根据目标多尺度特征，增强特征金字塔特征的交互，提高细节捕获能力，并根据高质量锚框匹配方法，保证弱小目标的高质量锚框的数量，最终采用通道剪枝极限压缩方法剔除冗余参数，减少了网络整体运算量，保证网络能够实现弱小目标的精确检测与识别，并能够将其应用至边缘计算平台中，能够应用于不同的复杂环境下。

**成果的推广应用情况：**

项目第一完成人是陕西省中青年科技创新领军人才、陕西省师德标兵、陕西省教学名师、秦创原“科学家+工程师”团队首席科学家，在国内外知名期刊发表学术论文50余篇，授权发明专利15项，其中本项目相关高水平论文9篇，国家发明专利4项，被哈尔滨工程大学、湖南大学等高校知名学者正面引用及高度评价。获国家质量监督检验检疫总局“科技兴检奖”三等奖1项，陕西省科学技术进步奖二等奖2项，陕西高等学校科学技术奖二等奖2项，西安市科学技术奖二等奖1项。主持首批教育部“新工科”研究与实践项目1项、教育部产学研协同育人项目2项，陕西省高等学校教学改革研究项目2项，参与国家一流课程2门，获国家级教学成果奖一等奖1项（第9），陕西省教学成果二等奖1项（第1）。项目成果获得装备预先研究领域基金项目“基于鹰眼视觉仿生的目标识别与引信精准起爆控制模型研究”及陕西省科技计划项目“云端协同下公共安全目标智能识别与跟踪系统”支持。

上述算法及软件成功应用于陕西航天技术应用研究院有限公司、湖南兵器轻武器研究所有限责任公司、湖南兵器资江机器有限公司、陕西智能网联汽车研究院、西安睿控创合电子科技有限公司、山东高速集团有限公司创新研究院、北京中科长鹰科技有限公司等公司，创造了巨大的经济价值和重要的社会效益。

1. **主要论文专著目录和主要知识产权证明目录：**

**论文目录：**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **论文名称** | **刊名/出版社** | **发表时间** | **论文作者** |
| 1 | Low-light-level image enhancement algorithm based on integrated networks | Multimedia Systems/Springer | 2020-07-22 | 王鹏，吴娇，王海燕，李晓艳，杨永侠 |
| 2 | Robust adaptive enhancement algorithm for multi-modal high grayscale image displaying on low-bit monitors based on HIS and priori knowledge | Displays/Elsevier | 2023-07-13 | 李亮亮，王鹏，任佳，吕志刚，邸若海，李晓艳，郜辉 |
| 3 | An automatic exposure imaging and enhanced display method of line scan camera for X-ray defect image of solid rocket engine shell | Measurement/Elsevier | 2023-05-25 | 李亮亮，贺楚超，王鹏，任佳，吕志刚，沙宝林，李晓艳，孙梦宇，邸若海 |
| 4 | 基于曝光融合的无人机航拍图像增强算法 | 西北工业大学学报/西北工业大学 | 2022-12-15 | 李亮亮;任佳;王鹏;吕志刚;孙梦宇;李晓艳;高武奇 |
| 5 | 面向移动目标识别的轻量化网络模型 | 西安交通大学学报/西安交通大学 | 2021-04-08 | 符惠桐，王鹏，李晓艳，吕志刚，邸若海 |
| 6 | 基于感知延伸与锚框最适匹配的遥感图像目标检测算法 | 西北工业大学学报/西北工业大学 | 2023-08-15 | 洪伟，赵祥模，王鹏，李晓艳，邸若海，吕志刚，王储 |

**专著目录：**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **出版时间** | **著作名称** | **作者** | **出版单位** |
|  |  |  |  |  |

**知识产权目录：**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **授权项目名称** | **知识产权类别** | **国（区）别** | **授权号** |
| 1 | 一种基于一体式网络的微光图像增强方法 | 发明专利 | 中国 | ZL 2019 1 1003520.7 |
| 2 | 基于改进SSD和迁移学习的水下目标检测方法 | 发明专利 | 中国 | ZL 2020 1 0003815.0 |
| 3 | 基于车辆长度检测的高速收费站车辆识别方法及装置 | 发明专利 | 中国 | ZL 2015 1 0096541.3 |
| 4 | 车辆外轮廓检测方法及其装置 | 发明专利 | 中国 | ZL 2015 1 0096181.7 |

1. **客观评价：**

（1）国内外同行公开发表的学术性评价意见

哈尔滨工程大学物理与光电工程学院的二级教授孙伟民，其团队所发表的论文《基于模态转换的红外图像与可见光图像配准方法研究》应用了本项目团队在多源多模态变尺度配准融合方向的研究成果，认为本项目在多模态配准方向所取得的成果具有一定的先进性，配准精度高。

湖南大学岳麓学者、湖南省科技创新领军人才何赟泽教授所发表的《以图像为主的多模态感知与多源融合技术发展及应用综述》，引用了本项目团队在多模态高鲁棒图像融合方向的研究成果，评述所设计的算法能够更好地提取目标信息，使融合图像中目标的轮廓边缘更加清晰，更加突出细节信息。

（2）应用单位评价

1）陕西航天技术应用研究院有限公司：西安工业大学负责开发了多源多模态图像增强及配准融合系统。该系统针对卫星遥感图像高分辨率、低对比度变尺度等问题，设计完成了不确定场景下低质图像增强预处理方法和鲁棒性配准融合算法，有效地提高了图像的清晰度和辨识度，实现了多种场景下不同时间、不同视角图像数据在空间位置上的对齐，为后续遥感信息的处理提供了可靠的基础数据支持。上述技术为我单位在该领域的研究开发带来了重要的技术突破。

2）湖南兵器轻武器研究所有限责任公司：西安工业大学负责开发了针对复杂场景的云端协同目标智能识别与跟踪系统。该系统构建了无中心的分布式云网络平台，并以此为基础开展了适配资源约束平台的目标智能识别与跟踪技术研究。以上研究成果已在本单位承担的某型号武器站中得到应用，支撑了该型号武器站智能信息处理系统的研制任务，提升武器站在复杂场景下的目标探测与识别能力，对打赢现代高科技战争具有十分重要的军事价值，发挥了显著的经济效益。

3）湖南资江兵器机器有限公司：西安工业大学完成的目标智能识别与跟踪技术研究了基于多尺度池化的高效压缩轻量级战场运动目标识别技术，实现了基于人工智能的典型目标精确识别。该技术丰富了智能目标识别理论，进一步促进多作战单元协同测试与识别技术的发展。以上研究成果已经应用在本单位承担的某型号作战装备中，支撑了该装备的研制任务，发挥了显著的军事价值。

（3）社会评价

本项目组团队注重科研研究及成果转换，并服务于社会，积极推动陕西省相关方面的科学研究和相关领域人才培养工作。本项目组团队依托西安工业大学的强大平台，与多方单位紧密合作，共同解决星载平台、无人驾驶平台、无人机平台、无人值守武器站平台、高速路口收费站等多种平台及多种应用场景下的图像预处理、配准融合、检测识别等关键技术问题，实现针对不同复杂场景下图像处理问题的创新性解决方案。通过与多方单位的合作，不断优化和完善技术，确保研究成果在实际项目中能够取得良好应用，推动项目成果落地，促进我省相关经济产业发展，经济及社会效益显著。

1. **推广应用情况（技术发明、技术开发、技术推广和社会公益类项目必写）：**

基于自主知识产权的各项图像处理技术在陕西航天技术应用研究院有限公司、湖南兵器轻武器研究所有限责任公司、湖南兵器资江机器有限公司、陕西智能网联汽车研究院、西安睿控创合电子科技有限公司、山东高速集团有限公司创新研究院、北京中科长鹰科技有限公司等单位实现应用，为各单位项目落地和实际应用发展带来了坚定的基础。

（1）高动态不确定场景下低质图像增强方法：与陕西航天技术应用研究院有限公司联合卫星遥感图像变尺度配准融合技术的论证工作，所研发的多源多模态图像增强及配准融合系统中的不确定场景下低质图像增强预处理方法和，有效地提高了图像的清晰度和辨识度，为后续信息处理提供了准确的数据。

（2）多源多模态变尺度配准融合方法：项目所实现的多源多模态变尺度配准融合方法在陕西航天技术应用研究院有限公司和陕西智能网联汽车研究院有限公司的星载平台及无人驾驶平台中成功应用，实现了多种场景下不同时间、不同视角图像数据在空间位置上的对齐，提高各系统的安全性与稳定性。

（3）弱小目标轻量化检测与识别方法：项目所研究的弱小目标轻量化技术已成功在型号武器站、作战装备、无人车、高速公路收费站和无人机平台中得到了应用，在湖南兵器轻武器研究所有限责任公司、湖南资江兵器机器有限公司、陕西智能网联汽车研究院有限公司、山东高速集团有限公司创新研究院、北京中科长鹰科技有限公司、西安睿控创合电子科技有限公司等公司作为关键技术推动各行业的进一步发展并起到了重要的支撑作用。

**七、科学意义和科学价值（基础研究类必写）：**

**八、主要完成人员情况：**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **姓名** | **排 名** | **职务/职称** | **工作单位** | **完成单位** | **对项目的主要学术和技术创造性贡献** |
| 王鹏 | 1 | 教授 | 西安工业大学 | 西安工业大学 | 主要负责完成先验引导有雾图像恢复、多模态高鲁棒图像融合、复杂环境下弱小目标高精检测与识别相关课题研究。 |
| 邸若海 | 2 | 副教授 | 西安工业大学 | 西安工业大学 | 负责模态转换下高精多源图像配准的相关课题研究，参与了多模态高鲁棒图像融合的相关研究工作。 |
| 吕志刚 | 3 | 副教授 | 西安工业大学 | 西安工业大学 | 主要负责完成低照退化度影像图像增强的相关课题研究，参与了先验引导有雾图像恢复的相关研究。 |
| 李晓艳 | 4 | 副教授 | 西安工业大学 | 西安工业大学 | 主要负责完成轻量级目标检测与识别相关课题研究，参与了复杂环境下弱小目标高精检测与识别相关的研究。 |
| 贺楚超 | 5 | 讲师 | 西安工业大学 | 西安工业大学 | 主要参与了低照退化度影像图像增强和复杂环境下弱小目标高精检测与识别的相关课题研究。 |
| 王储 | 6 | 讲师 | 西安工业大学 | 西安工业大学 | 主要参与了复杂环境下弱小目标高精检测与识别和轻量级目标检测与识别的相关课题研究。 |
| 许韫韬 | 7 | 工程师 | 西安工业大学 | 西安工业大学 | 主要参与了低照退化度影像图像增强的相关课题研究。 |
| 郜辉 | 8 | 讲师 | 西安工业大学 | 西安工业大学 | 主要参与了低照退化度影像图像增强和先验引导的有雾图像恢复的相关课题研究。 |
| 李亮亮 | 9 | 无 | 西安工业大学 | 西安工业大学 | 主要参与低照退化度影像图像增强和先验引导的有雾图像恢复相关研究工作。 |
| 孙梦宇 | 10 | 无 | 西安工业大学 | 西安工业大学 | 主要参与复杂环境下弱小目标高精检测与识别和轻量级目标检测与识别相关研究工作。 |

**九、完成人及完成单位合作关系说明：**

（简要叙述完成人（完成单位）在项目中的合作经历，包括合作时间、方式、产出及证明材料等。）

**完成人合作关系情况**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作关系人及排名 | 合作时间 | 合作成果 | 证明材料 |
| 1 | 共同承担课题 | 王鹏/1 | 2013.06-2023.12 | 论文、专利 | 论文1、2、3、4、5、6，专利1、2、3、4 |
| 2 | 共同承担课题 | 邸若海/2 | 2019.04-2023.12 | 论文 | 论文2、3、5、6 |
| 3 | 共同承担课题 | 吕志刚/3 | 2013.06-2023.12 | 论文、专利 | 论文2、3、4、5、6，专利1、2、3、4 |
| 4 | 共同承担课题 | 李晓艳/4 | 2014.01-2023.12 | 论文、专利 | 论文1、2、3、4、5、6，专利1、2 |
| 5 | 共同知识产权 | 贺楚超/5 | 2021.07-2023.12 | 论文 | 论文3 |
| 6 | 共同知识产权 | 王储/6 | 2023.07-2023.12 | 论文 | 论文6 |
| 7 | 共同承担课题 | 许韫韬/7 | 2013.11-2023.12 | 专利 | 专利1、2 |
| 8 | 共同知识产权 | 郜辉/8 | 2015.09-2023.12 | 论文 | 论文2 |
| 9 | 共同知识产权 | 李亮亮/9 | 2018.09-2023.12 | 论文 | 论文2、3、4 |
| 10 | 共同知识产权 | 孙梦宇/10 | 2017.09-2023.12 | 论文 | 论文3、4 |

**十、知情同意证明：**

（申报奖励项目的支撑材料，其中论文、专著、专利等成果的第一作者（著者、发明人、设计人、专利权人）并非本奖励项目的主要完成人或完成单位，需征得第一完成人或完成单位同意，方可使用该成果。）