

陕西省技术发明奖公示信息

(2025年度)

一、项目基本情况

项目名称	高精度三维人脸识别产品研发及产业化
主要完成人	李慧斌；余璀璨；孙剑；马可；侯宗庆；马明哲
主要完成单位	西安交通大学；西安西图之光智能科技有限公司；陕西西图数联科技有限公司

二、提名意见（适用于部门、机构提名）

提名者	陕西省教育厅	提名等级	<input type="checkbox"/> 一等奖 <input checked="" type="checkbox"/> 二等奖及以上
<p>提名意见：</p> <p>高精度三维人脸识别产品研发及产业化项目依托西安交通大学数学与统计学院李慧斌教授团队在三维人脸识别研究领域持续 15 年的科研成果，将模型驱动的离散微分几何原理与数据驱动的深度学习方法相结合，在国际上提出了系列三维人脸识别关键算法，识别精度曾打破世界纪录，荣获第七届欧盟生物特征识别奖。李慧斌教授团队于 2020 年 6 月创立了西安西图之光智能科技有限公司，专注于 3D 人脸识别技术产业化。通过持续探索，团队打通了“基础研究—应用基础研究—技术创新—产业化”双向循环的通道，树立了高校科研成果转化标准范式和样板。项目先后获得天使投资、国家、省、地市、自筹经费等各类研发资助超 2500 万元，并获得千万级 A 轮融资。团队先后研发了多款高精度三维人脸识别产品、软件系统，以及基于三维人脸识别的智能工具柜系列产品、智能门锁系列产品等。申请/授权专利 24 项，软件著作权 25 项，参与了国家公安部一所三维人脸识别设备团体标准制定工作。高精度三维人脸识别产品现已广泛用于能源、军工、煤矿、医疗、教育、交通等领域，产生了良好的社会效益和经济效益。“高精度三维人脸识别产品研发及产业化”项目也获得了 2024 年度陕西高等学校科学技术研究优秀成果一等奖（技术发明类），特此推荐。</p> <p>说明：省科学技术奖一、二等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“仅提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖。提名项目正式提交后，提名等级建议本年度不得变更。</p>			

三、项目简介

项目研究的背景与意义：三维（3D）人脸识别技术指仅利用 3D 人脸曲面的几何形状信息进行身份识别的生物特征识别技术。与传统 2D 人脸识别技术相比，在暗光识别、有色人种识别、面部化妆识别、数据隐私保护、防假体攻击、大库识别精度提升等方面具备独特优势。作为一种新型生物特征识别技术，在高安全级门禁、金融保密、司法等领域具有重要应用前景。

项目整体情况介绍：高精度三维人脸识别产品研发及产业化项目依托西安交通大学数学与统计学院与大数据算法与分析国家工程实验室雄厚的科研力量，基于李慧斌教授团队在三维人脸识别研究领域持续 15 年的科研成果，将模型驱动的离散微分几何原理与数据驱动的深度学习方法相结合，在国际上提出了系列三维人脸识别关键算法，识别精度曾打破世界纪录，荣获第七届欧盟生物特征识别奖。2017 年 10 月至 2020 年 5 月，李慧斌依托“河洛英才”计划《3D 人脸识别产品创新研发与大规模产业化》项目开始 3D 人脸识别技术产品研发。2020 年 6 月创立西安西图之光智能科技有限公司进行 3D 人脸识别技术产业化。2021 年，研发团队积极响应陕西省“秦创原”创新驱动平台建设的号召，作为首批落地“秦创原”的高校科技成果转化项目。代表西安交通大学参加了陕西省高校“三项改革”首场路演，荣获第十届中国创新创业大赛（陕西）暨秦创原科技创新大赛新一代信息技术组初创组决赛冠军，陕西省科技工作者创业大赛二等奖。通过持续探索，团队打通了“基础研究—应用基础研究—技术创新—产业化”双向循环的通道，树立了高校科研成果转化标准范式和样板。项目先后获得天使投资、国家、省、地市、自筹经费等各类研发资助超 2500 万元并于 2024 年 10 月获得千万级 A 轮融资。团队先后研发了多款高精度三维人脸识别产品、软件系统，以及基于三维人脸识别的智能工具柜系列产品、智能门锁系列产品等。申请/授权专利 24 项，软件著作权 25 项，参与了国家公安部一所三维人脸识别设备团体标准制定工作。高精度三维人脸识别产品现已广泛用于能源、军工、煤矿、医疗、教育、交通等领域，产生了近千万元的经济效益。项目负责人李慧斌教授入选了 2021 年西安“英才计划”、陕西省 2022 年度科技创新创业人才，2023 年西安市地方领军人才（一类），2022 年陕西省首批“科学家+工程师”队伍首席科学家。

技术创新：团队攻克了基于深度学习的三维人脸识别技术路线中训练样本少、数据质量差、领域泛化难等问题。针对三维人脸识别缺乏大规模训练样本难题，本项目提出了一种基于对抗样本生成的数据增强方法，有效缓解了训练样本稀缺问题，大幅提升了 3D 人脸识别模型的识别精度（代表性论文 1，代表性专利 1）；针对低质量三维人脸识别噪声样本鲁棒表征难题，借鉴数据不确定学习理论，采用贝叶斯学习的观点将其建模为后验分布学习问题，进而提出基于归一化流（Normalizing Flow）理论的低质量三维人脸样本灵活分布表示学习方法，显著提升了低质量 3D 人脸识别算法的精度，在噪声、姿态变化和遮挡等实际应用场景中展现了卓越的鲁棒性（代表性论文 2、代表性专利 2）。此外，依托国家自然科学基金青年项目、面上项目，团队先后在国际期刊和会议上发表 3D 人脸识别相关论文 33 篇，为 3D 人脸识别技术的产业化奠定了良好算法基础。

产品创新：团队攻克了算法工程化、技术产品化、产品市场化过程中的诸多挑战，成功研发了多款高精度三维人脸识别产品和解决方案，形成了一批具有高价值的专利和软著。项目申报团队依托西安交通大学、西安西图之光智能科技有限公司、陕西西图数联科技有限公司，组成了“科学家+工程师”研发团队，经历了长达 6 年的产品研发过程，投入研发经费 2500 多万元。主要创新之处体现在以下方面：**（1）3D 人脸采集设备：**3D 人脸识别技术产品化过程中首先需要解决的问题便是 3D 人脸识别采集模组的选型问题。学术界研究大多依赖造价昂贵的工业级 3D 人脸扫描仪所采集的单帧、静态、高精度 3D 人脸数据，导致其无法满足产品对于实时性、便捷性和高性价比的要求。在实际研发过程中，团队对比测试适配了几十种国内外 3D 人脸采集硬件方案，包括基于 ToF、条纹结构光、散斑结构光、MEMS 振镜等不同成像原理。分别从设备的体积、成本、采集速度、精度、采集距离、对于环境光的鲁棒性等多维度综合评估，最终选择了以 Intel Real Sense 和 D415 为基础的硬件方案，在此基础上研发了公司第一代 3D 人脸识别终端产品。在此基础上，基于国产化及成本优势方面的考虑，团队研发了基于奥比中光 Astra 系列 3D 相机的第二代 3D 人脸识别终端产品。**（2）算力与算法：**除了 3D 模组，算力资源也是硬件方案的关键因素，团队先后采用 Intel X86 处理器、瑞芯微 Arm3288 开发板、FPGA 算力板卡等算力资源开发满足不同场景需求的产品。与此同时，算力的迭代对算法的迭代提出了新的要求。例如，为了获得良好的用户体验，整个识别流程需要控制在 0.3 秒以内。此外，数据质量、样本数量、识别环境、佩戴物（如口罩、眼镜等）、底库的数量等因素也对算法的鲁棒性提出了更高要求。团队针对上述问题不断迭代算法、算力以及软硬件方案，最终成功研发了多款高精度三维人脸识别产品和解决方案，并形成了专利 24 项（见代表性专利 1、2、3、4、5、6、7），软件著作权 25 项。

社会经济效益：该成果是典型的高校科技成果转化项目，树立了我省高校科技成果转化的样板，产生了良好的经济效益和社会效益。项目申报团队依托西安西图之光智能科技有限公司和陕西西图数联科技有限公司，积极响应陕西省“秦创原”创新平台发展战略以及我省关于高校科技成果的“三项改革”政策，积极开展高校科技成果转化工作，积极参与科技成果路演竞赛活动，荣获了以第十届中国创新创业大赛（陕西）暨秦创原科技创新大赛新一代信息技术组初创组决赛冠军、陕西省科技工作者创业大赛二等奖等为代表的奖项，为我省高校科技成果转化起到了先锋模范作用，具有重要的时代意义。申请团队先后创办 2 家高新技术企业，进行了“高精度三维人脸识别产品研发及产业化”实践，形成了一批行业应用典型案例，参与制定了国家行业标准，推动了具有我国自主知识产权的三维人脸识别技术的产业化，自主研发的 3D 人脸识别产品成功用于煤矿、部队、教育、社区等领域，取得了良好的经济效益和社会效益。典型案例包括：高精度 3D 人脸识别考务系统服务西安交通大学硕士研究生招生考试工作、高精度 3D 人脸识别智能工具柜产品服务西安航天发动机有限公司航天发动机总装车间及其他军工单位、高精度矿用 3D 人脸识别设备服务多个煤矿工人考勤与身份识别管理、人脸识别电子哨兵产品助理疫情期间复工复产、高精度 3D 人脸识别模组出口海外客户等。截止目前，仅高精度 3D 人脸识别产品和解决方案销售额已突破 800 万，公司整体营收已突破 2000 万。

四、客观评价

项目组在上述研究中取得的学术成果和得到了国内外同行的广泛关注和肯定，在 International Journal of Computer Vision、Pattern Recognition、IEEE Trans. On Multimedia、Computer Vision and Image Understanding、Neurocomputing、CVPR、ICCV、ECCV、AAAI、FG、IJCB、BTAS、3DV 等国内外知名期刊和会议发表 3D 人脸识别相关论文 33 篇，得到了国内外同行的广泛关注和肯定性评价，累计引用超 1100 次。前期成果获得陕西高等学校科学技术一等奖（基础研究类）、陕西省自然科学一等奖、“高精度三维人脸识别产品研发及产业化”项目也获得了 2024 年度陕西高等学校科学技术研究优秀成果一等奖（技术发明类）、及中国生物特征识别最佳学术论文奖。部分代表性成果的社会评价情况如下：

论文 Cuican Yu, Zihui Zhang, **Huibin Li***, Jian Sun, Zongben Xu: Meta-learning-based Adversarial Training for Deep 3D Face Recognition on Point Clouds. **Pattern Recognit.** 134: 109065(2023). 受到国内外多位著名学者的引用、介绍和积极评价。自文章发表以来，已陆续被 Pattern Recognit. 等知名期刊会议引用 17 次。厦门大学计算机科学与技术系的王程教授对此技术的评价是：“对抗性样本能够显著提升 3D 网络模型的识别精度”，证实了该技术在增强模型鲁棒性方面的显著成就。昆士兰科技大学计算机科学系的 Richi Nayak 教授，作为数据科学领域的权威，对此项技术的评价是：“该模型能够处理真实数据和合成数据，成功克服了不同数据分布带来的挑战”，这一评价突显了该技术在适应性和泛化能力方面的优势。

论文 Zihui Zhang, Cuican Yu, Shuang Xu, **Huibin Li**: Learning Flexibly Distributional Representation for Low-quality 3D Face Recognition. **AAAI** 2021: 3465-3473. 自文章发表以来，被 SCI/EI 他引 5 次。北京邮电大学电子工程学院的明悦教授给予了积极评价：“该技术采用连续归一化流（CNF）模块，将特征分布转换为灵活的分布形式，有效减少了噪声对识别过程的影响”。深圳大学计算机视觉研究所所长、Elsevier “中国高被引学者”沈琳琳教授也指出：“为了抑制低质量三维人脸数据中的噪声，该技术通过使用连续归一化流将三维人脸数据转换至一个灵活的分布空间，能够更准确地捕捉低质量人脸数据的复杂性，从而达到更佳的三维人脸识别效果”。两位专家的评价共同强调了基于不确定性建模的 3D 人脸鲁棒表征方法在提高识别准确性和降低噪声干扰方面的显著成效。

此外，项目组在上述技术产业化过程中受到各级政府、竞赛组委会和投资人的广泛关注，累计获得各类科创竞赛奖项 13 项，完成产品检测报告 3 份，并获得 800 万元 A 轮融资。

1. 2018 年，“3D 人脸识别创业项目”荣获深圳市南山区“创业之星”大赛 AI 行业赛三等奖；
2. 2018 年，“3D 人脸识别创业项目”深圳大湾区机器人与人工智能大赛十大科创项目；
3. 2018 年，“3D 人脸识别创业项目”荣获西安市京东云首届硬科技大赛三等奖；
4. 2019 年，“3D 人脸识别创业项目”入选人社部留学人员回国创业启动支持计划；
5. 2021 年，“3D 人脸识别创业项目”获第十届中国创新创业大赛（陕西）暨秦创原科技创新创业大赛新一代信息技术组决赛冠军；
6. 2021 年，“3D 人脸识别创业项目”荣获“科创西安”第二届国际合作高峰论坛最具投资价值奖；
7. 2021 年，“3D 人脸识别创业项目”荣获陕西省科技工作者创业大赛二等奖；
8. 2021 年，“全球领先的 3D 人脸识别产品解决方案服务商项目”荣获西安国际创业大赛初创组一等

奖；

9. 2021 年，西安西图之光智能科技有限责任公司荣获第十届中国创新创业大赛优秀企业；
10. 2021 年，西安西图之光智能科技有限责任公司荣获“2021 上市后备科创精英企业”；
11. 2022 年，荣获“赢在苏州，创赢未来”国际创客大赛西北赛区决赛一等奖；
12. 2022 年，西安西图之光智能科技有限责任公司荣获陕西省“秦创原”原力榜入围企业；
13. 2022 年，全球领先的 3D 人脸识别产品荣获第三届“招商杯”创意创新创业大赛二等奖；

五、应用情况和效益

1. 应用情况（限 3 页）

依托 15 年研究基础，团队在核心技术创新和产品创新方面取得了丰硕成果，积累了丰富的产学研转化经验，落地了诸多典型应用案例。

第一，技术创新——开发了一系列基于深度学习的 3D 人脸识别技术，通过理论分析、结合先进的神经网络模型和三维几何建模，实现了对 3D 人脸特征的高精度捕捉和识别。该系列技术突破了传统二维人脸识别的局限性，通过深度学习算法优化了 3D 人脸数据的特征提取流程，提高了识别的准确性和稳定性。揭示了在训练样本不足、且存在噪声、遮挡和姿态变化等条件下，如何设计深度学习模型和算法有效提取和利用面部几何信息，解决了以往技术在非合作环境下识别难题，增强了系统在不同环境下的适应性；**形成了一批算法发明专利。**代表性成果如下：

1. 基于对抗数据增强的 3D 人脸泛化表征技术：攻克了基于深度学习的 3D 人脸识别技术路线中训练样本少、领域泛化难问题。针对 3D 人脸识别领域中普遍存在的大规模训练样本不足的挑战，该技术创新性地提出了一种基于对抗样本生成的数据增强策略，并进一步提出了基于元学习的训练策略以充分利用原始训练样本和对应的对抗样本。该技术有效地缓解了 3D 人脸训练样本稀缺的问题，从而显著提高了 3D 人脸识别模型的识别准确度。不仅增强了模型对于多样化数据的适应能力，还为 3D 人脸识别技术的发展提供了新的解决方案。代表性成果：**Cuican Yu, Zihui Zhang, Huibin Li*, Jian Sun, Zongben Xu:** Meta-Learning-based Adversarial Training for Deep 3D Face Recognition on Point Clouds. Pattern Recognition 134: 109065 (2023).

2. 基于不确定性建模的 3D 人脸鲁棒表征技术：攻克了基于深度学习的 3D 人脸识别技术路线中真实场景中数据质量差、稳定性差的问题。针对低质量（如噪声、遮挡、姿态变化等）样本带来的 3D 人脸识别鲁棒性问题，该技术基于数据不确定性学习理论，提出了一种基于归一化流（Normalizing Flow）理论的方法，用于学习低质量 3D 人脸样本的灵活分布表示。该方法显著提高了低质量 3D 人脸识别算法的识别精度。代表性成果：**Zihui Zhang, Cuican Yu, Shuang Xu, Huibin Li*:** Learning Flexibly Distributional Representation for Low-quality 3D Face Recognition. AAAI 2021: 3465-3473 2020.

此外，在国家自然科学基金面上青年项目、陕西省“秦创原”陕西省首批高校科技成果转化项目、陕西省科技厅高精度 3D 人脸识别技术产业化“科学家+工程师”队伍等项目的资助下，项目组累计申请了 3D 人脸识算法发明专利 22 项，其中授权 13 项。

第二，产品创新——项目组攻克了算法工程化、技术产品化、产品市场化过程中的诸多挑战，成功研发了多款高精度三维人脸识别产品和解决方案，形成了 2 项外观专利和 7 项软件著作权。

1. 产品硬件方案与算法创新：产品硬件方案主要包括 3D 人脸采集模组和算力资源。3D 人脸识别技术产品化过程中首先需要解决的问题便是 3D 人脸识别采集模组的选型问题。学术界研究大多依赖造价昂贵的工业级 3D 人脸扫描仪所采集的单帧、静态、高精度 3D 人脸数据，导致其无法满足产品对于实时性、便捷性和高性价比的要求。在实际研发过程中，团队对比测试适配

了十几种国内外 3D 人脸采集硬件方案，包括基于 ToF、条纹结构光、散斑结构光、MEMS 振镜等不同成像原理。分别从设备的体积、成本、采集速度、精度、采集距离、对于环境光的鲁棒性等多维度综合评估，最终选择了以 Intel Real Sense 和 D415 为基础的硬件方案，在此基础上研发了公司第一代 3D 人脸识别终端产品。在此基础上，基于国产化及成本优势方面的考虑，团队研发了基于奥比中光 Astra 系列 3D 相机的第二代 3D 人脸识别终端产品。



图 1 依次为 3D 人脸采集设备、公司第一代、第二代 3D 人脸识别终端及第三代 3D 人脸识别模组

除了 3D 模组，算力资源也是硬件方案的关键因素，团队先后采用 Intel X86 处理器、Arm3288 开发板、FPGA 算力板卡等算力资源开发满足不同场景需求的产品。基于此，开发了第三代 3D 人脸识别模组。与此同时，算力的迭代对算法的迭代提出了新的要求。例如，为了获得良好的用户体验，整个识别流程需要控制在 0.3 秒以内，精度在千分之误识下大于 99%。此外，数据质量、数量、识别环境、佩戴物、底库数量等因素也对算法的鲁棒性提出了更高要求。团队针对上述问题不断迭代算法、算力以及软硬件方案，最终成功研发了多款高精度三维人脸识别产品。形成了 2 项产品外观专利、7 项软件著作权，参与了 1 项由公安部一所和中国安防协会组织的安全防范三维人脸识别设备标准的制定工作。

2. 产品解决方案创新：结合产品应用场景实际需求，项目组成功研发了多款基于高精度三维人脸识别产品的行业应用解决方案，并形成了一批高价值软著。

2.1 煤矿工人身份核验设备：煤矿工人的身份唯一性核验对于煤矿企业在岗人员管理具有重要意义。现有方案大多采用虹膜识别进行身份确认。然而，虹膜识别在使用方面需要被识别人员高度配合，用户体验不够友好。此外，由于煤矿工人在井下作业通常会出现黑脸等污渍，导致传统 2D 人脸识别算法无法识别。因此，该场景为 3D 人脸识别产品提供了发挥空间。为此，团队研发了全球首款井下人员身份 3D 人脸核验隔爆设备（图 2），在此基础上成功研发了煤矿智慧矿灯房 3D 人脸识别设备（图 3）。



图 2 井下人员身份 3D 人脸核验/隔爆设备



图 3 煤矿智慧矿灯房 3D 人脸识别设备

2.2 保密场所 3D 人脸智能工具管理柜：针对军工单位等保密场所实际需求，团队与中国航天六院智能装备事业部联合开发了一款 3D 人脸识别智能工具管理柜（图 4）。通过 3D 人脸识别设备在用户隐私保护方面的优势，在不泄露核心工作区域信息的情况下，精准识别人员身份。同时，基于机器视觉算法精准关联出入库的工作，实现重要工具的信息化管理。



图 4 项目组与航天六院联合开发的 3D 人脸识别智能工具柜

2.3 基于 2D-3D 多模态人脸识别的智慧考务、平安社区、智慧工地系统：为了满足不同行业的具体需求，团队深入了解各行业业务需求，研发了基于 2D-3D 多模态人脸识别的智慧考务系统、平安社区解决方案、智慧工地管理系统、疫情防控电子哨兵系统（图 5）。



图 5 基于 2D-3D 多模态人脸识别的智慧考务、平安社区、智慧工地系统、数字哨兵系统

团队依托西安西图之光智能科技有限公司和陕西西图数联科技有限公司，积极响应陕西省“秦创原”创新平台发展战略以及我省关于高校科技成果的“三项改革”政策，积极开展高校科技成果转化工作，积极参与科技成果路演竞赛活动，荣获了以第十届中国创新创业大赛（陕西）暨秦创原科技创新大赛新一代信息技术组初创组决赛冠军、陕西省科技工作者创业大赛二等奖等为代表的奖项，为我省高校科技成果转化起到了先锋带头作用。申请团队先后创办 2 家高新技术企业，进行了“高精度三维人脸识别产品研发及产业化”实践，形成了一批行业应用典型案例，参与制定了国家行业标准，推动了国内自主知识产权的三维人脸识别技术的产业化，自主研发的 3D 人脸识别产品成功用于煤矿、部队、教育、社区等领域，取得了良好的经济效益和社会效益。

第三、典型应用案例：包括高精度 3D 人脸识别考务系统服务西安交通大学硕士研究生招生考试工作、高精度 3D 人脸识别智能工具柜产品服务西安航天发动机有限公司航天发动机总装车间及其他军工单位、高精度矿用 3D 人脸识别设备服务多个煤矿工人考勤与身份识别管理、人脸识别电子哨兵产品助理疫情期间复工复产、高精度 3D 人脸识别模组出口海外客户等。**截止目前，仅高精度 3D 人脸识别产品和解决方案销售额已突破 800 万，公司整体营收已突破 2000 万。**

2. 经济效益和社会效益（限 3 页）

2.1 经济效益—高精度三维人脸识别产品研发及产业化项目自实时以来，在教育考试、平安社区、疫情防控、保密场所管理、煤矿工人考勤等应用场景取得了良好的经济效益，获得了客户的正面积极评价。具体情况介绍如下：

（1）教育考试场景：团队开发的分布式人脸识别智慧考务系统在研究生招生入学考试、四六级考试、继续教育学院招生考试等业务中得到了广泛应用，**累计服务超 10 万人次，累计营收 159.98 万。**为解决考生身份核验、考情分析等环节提供了智能工具，大幅提升了考试管理效率。

（2）平安社区场景：由团队自主研发的平安社区管理系统在西安市雁塔区 **8 个社区进行落地使用，实现营收 66.63 万**，截止目前，系统运行平稳。为我省平安社区建设树立了示范。

（3）疫情防控场景：疫情期间，在西安市大数据的指导下，团队自主研发的多款人脸识别电子哨兵系统，在校园、车站、高速卡口、农贸市场等人流量密集的地方主动布防，为疫情期间人员流调工作提供了有效的智能化工具。**累计销售设备 92 台套，实现营收 51.53 万。**

（4）保密场所管理场景：为解决保密厂区人员、工具管理问题，研发了基于 3D 人脸识别与视觉检测技术的智能工具柜产品。该产品在西安航天发动机有限公司、渭南、三亚、青岛卫星测控站、郑州机场等多个军工单位落地应用，使用效果良好，**累计销售 10 台套，实现营收 51.68 万。**

（5）煤矿工人考勤场景：为了解决煤矿工人井上井下考勤管理及身份唯一性验证问题，团队研发了全球首台套用于煤矿工人的 3D 人脸身份核验隔爆煤安认证产品。该产品已通过陕西航泰电气股份有限公司等集成商销售到安徽淮南煤矿、贵州煤矿，并得到了用户的积极正面评价，有效提升了煤矿工人考勤效率。截止目前，**已累计销售 15 台，实现营收 7.12 万。**

表 1 主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	联系人
1	西安交通大学	分布式人脸识别考务系统	各类考试考生大于 10 万人次	2020.12-2024.12	南文海
2	西安市公安局雁塔分局	平安社区管理系统	社区人员 8 社区 /32 台套	2021.04-2022.05	陈禹伯
3	陕西安诚航建信息工程有限公司	人脸电子哨兵抗疫产品	人员管理 92 台套	2022.08-2022.11	解事行
4	青岛、渭南、三亚卫星测控站郑州机场	3D 人脸识别智能工具柜	工具/人员/备品备件管理 10 台套	2023.01-2024.10	刘阳
5	西安航天发动机有限公司	3D 人脸识别智能工具柜	工具/人员/备品备件管理	2021.07-2023.04	冯亚岗
6	安徽淮南煤矿贵州煤矿	3D 人脸矿工身份核验产品	煤矿工人 15 台套	2022.10-2024.05	傅哲

2.2 社会效益—高精度三维人脸识别产品研发及产业化项目实施以来，在引领科技创新、高校科技成果转化、新质生产力与行业深度融合、科技抗疫等方面获得了良好的社会效益。

(1) 主动融入我省“秦创原”建设，积极探索高校科技成果转化路径：高精度三维人脸识别产品研发及产业化项目作为陕西省首批高校科技成果转化项目，得到了地方政府的广泛关注和支 持。参加了陕西省高校“三项改革”首场路演活动，入选了陕西省首批“科学家+工程师”队伍。参加了“秦创原”高校科技成果展、全国科普日活动、知识产权运营转化活动-专利签约、项目路演、“秦创贷”首家授信签约活动。先后获得“秦创原”公众号 9 次专题报道，也得到了西安日报、都市快报、陕西新闻联播、西部网、西安交通大学等媒体的广泛报道，为我省高校数学技术科技成果转化进行了有益探索（图 6）。



图 6 高精度三维人脸识别产品研发及产业化项目受到我省“秦创原”广泛关注

(2) 用科技助力疫情防控，勇担社会担当：在疫情期间，项目组主动关注社会需求，在西安市大数据的指导下，积极开发多款人脸识别数字哨兵系统，在校园、车站、高速卡口、农贸市场等人流量密集的地方主动布防，配合当地政府进行流调。提升政府管理效率，助力复工复产复学，相关事迹受到交大新闻网、西安晚报、陕西日报等媒体的广泛报道。

(3) 将人工智能产品与行业需求深度融合，促进社会新质生产力发展：项目利用自身技术优势，结合行业需求，在人工智能技术赋能教育考试、平安社区建设、保密厂区管理、煤矿工人考勤管理、智能门锁等领域得到广泛应用。同时，利用校企研发优势，与华为、OPPO、东方物探、陕煤集团、浪潮、科大讯飞、特变电工、国家电网、南方电网等企业建立了长期广泛的校企合作关系，产出了领先的科研成果，培养了一大批人工智能技术应用人才，产生了良好的社会效益。



图 7 项目团队积极参与丝博会、高交会、安防展等各类展会和产品推荐活动

此外，项目组积极参与深圳高交会、西安丝博会、安防展、中国煤矿产业交流会等行业展会、外贸交流会等，推荐核心产品，不断扩大行业影响力，产生了良好的社会效益。

六、主要知识产权证明目录（限 10 条）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种基于对抗数据增强的三维人脸点云识别方法	中国	ZL202210178317.9	2024.08.16	7294268	西咸新区智眸视界智能科技有限公司（由西安交通大学转让）	余璀璨，李慧斌，孙剑，徐宗本
2	发明专利	一种低质量三维人脸识别方法、系统、设备和存储介质	中国	ZL202011429698.0	2024.04.05	6875218	西咸新区智眸视界智能科技有限公司（由西安交通大学转让）	余璀璨，张子辉，李慧斌
3	发明专利	一种基于分布独立性的3D人脸解耦表示学习方法	中国	ZL202010023676.8	2022.07.12	5305428	西咸新区智眸视界智能科技有限公司（由西安交通大学转让）	余璀璨，张子辉，李慧斌，孙剑
4	发明专利	一种基于粗糙-精细拟合的三维人脸检测方法	中国	ZL201911350520.4	2023.04.07	5848181	西安西图之光智能科技有限公司	马可，李慧斌，侯宗庆
5	发明专利	一种基于多种数据类型融合的三维人脸识别方法	中国	ZL201911397767.1	2023.04.07	5844238	西安西图之光智能科技有限公司	侯宗庆，李慧斌，马可
6	实用新型专利	3D 人脸识别设备	中国	ZL202130385363.2	2021.12.03	7005353	西安西图之光智能科技有限公司	李慧斌，高奔
7	实用新型专利	人脸识别仪（立柱式无感 3D）	中国	ZL202030520662.8	2021.02.09	6345753	西安西图之光智能科技有限公司	张刚，李慧斌，马可
8	标准	安全防范三维人脸识别设备技术规范	中国安全防范产品行业协会	T/CSPIA 011—2023	2023.12.28	T/CSPIA 011—2023	西安交通大学，西安西图之光智能科技有限公司	李慧斌，侯宗庆
9	论文	Meta-learning-based Adversarial Training for Deep 3D Face Recognition on Point Clouds	刊名: Pattern Recognition	年 卷 页 码: 2023 年 134 卷 109065 号	发 表 时间: 2022.09.23	DOI: https://doi.org/10.1016/j.patcog.2022.109065	西安交通大学	作者: Li Huibin, Yu Cuican, Sun Jian, Xu Zongben
10	论文	Learning Flexibly Distributional Representation for Low-quality 3D Face Recognition	刊名: Thirty-Fifth AAAI Conference on Artificial Intelligence(AAAI2021)	年 卷 页 码: 2021 年 35 卷 4 期 3465-3473 页	发 表 时间: 2021.01.01	DOI: https://doi.org/10.1609/aaai.v35i4.16460	西安交通大学	作者: Zhang Zihui, Yu Cuican, Xu Shuang, Li Huibin

七、主要完成人情况表

姓名	李慧斌	排名	1
行政职务	院长助理		
技术职称	教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献： 李慧斌教授是本成果代表性论文 1 和 2 的通讯作者，代表性专利 1-7 的发明人，3D 人脸识别标准的撰写人，代表性科研项目的负责人，合作完成单位西安西图之光智能科技有限公司和陕西西图数联科技有限公司的首席科学家。其主要贡献在于：3D 人脸识别核心算法的提出者、3D 人脸识别产品研发的主要领导者、3D 人脸识别产业化实践项目的主要负责人。基于其在 3D 人脸识别技术领域 15 年的研究基础，通过实践完成了从“基础研究-应用基础研究-技术创新-产业化”的整个过程。为该项成果的产业化做出了主要贡献。			

姓名	余璀璨	排名	2
行政职务	无		
技术职称	博士后/助理教授		
工作单位	西安交通大学第二附属医院		
完成单位	西安交通大学		
<p>对本项目主要学术贡献：余璀璨博士作为本成果的核心研究人员，是本成果代表性论文 1 的第一作者、代表性论文 2 的第二作者以及代表性专利 1、2、3 的第一发明人。余璀璨的博士论文题目为：三维人脸生成与识别的深度学习模型与算法研究。余璀璨博士对本成果成就表现在成功提出了一系列基于深度学习的 3D 人脸识别方法和发明专利。这些成果显著增强了 3D 人脸表征的鲁棒性和泛化能力，为 3D 人脸识别技术的产业化奠定了算法基础。</p>			

姓名	孙剑	排名	3
行政职务	副院长		
技术职称	教授		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安交通大学		
对本项目主要学术贡献：孙剑教授是本成果代表性论文 1、代表性专利 1、3 的合作者，同时也是本成果第二完成人余瑾璐博士论文的合作指导老师。与第一完成人共同指导“三维人脸生成与识别的深度学习模型与算法研究”博士论文，为 3D 人脸识别技术的产业化奠定了算法基础。			

姓名	马可	排名	4
行政职务	无		
技术职称	无		
工作单位	西安交通大学		
完成单位	西安西图之光智能科技有限公司		
对本项目主要学术贡献： 马可是本成果代表性发明专利 4、5、7 的发明人以及代表性项目的主要研发人员。其主要贡献在于：负责参与并主持了 3D 人脸识别核心算法与衍生产品的工程研发工作。包括 3D 人脸建模、检测、识别、预处理等核心技术的研发、以及 3D 人脸识别产品、保密场所 3D 人脸智能工具管理柜产品、基于 2D-3D 多模态人脸识别的智慧考务/平安社区/智慧工地系统产品的研发工作，以及基于 3D 人脸识别核心技术的新产品定义、研发、售前推广工作。是 3D 人脸识别技术产业化过程中的技术团队负责人。			

姓名	侯宗庆	排名	5
行政职务	无		
技术职称	无		
工作单位	西安西图之光智能科技有限公司		
完成单位	西安西图之光智能科技有限公司		

对本项目主要学术贡献：侯宗庆是本成果代表性发明专利 4 和代表性发明专利 5 的发明人、3D 人脸识别标准的撰写人。其主要贡献在于：负责参与了 3D 人脸识别核心算法和第一代、第二代、第三代产品的研发工作。包括 3D 人脸识别算法迭代、3D 人脸数据库构建、3D 传感器选型、产品迭代升级等工作。是 3D 人脸识别技术产业化过程中的技术产品化负责人。

姓名	马明哲	排名	6
行政职务	无		
技术职称	无		
工作单位	西安西图之光智能科技有限公司		
完成单位	西安西图之光智能科技有限公司		

对本项目主要学术贡献：马明哲是本成果代表性项目陕西省“秦创原”首批高校科技成果转化项目—3D 人脸识别产业化项目的主要参与者，也是 3D 人脸识别智能工具柜产品核心专利“侯宗庆，韩淼林，李慧云，马明哲. 一种基于目标检测的畸变图像识别方法[P]. 陕西西图数联科技有限公司,CN202310671990.0, 2023-08-11”的主要完成人。马明哲加入团队后担任西安西图之光智能科技有限公司总经理，是 3D 人脸识别技术产业化的主要负责人，带领团队主导了 3D 人脸识别产品的研发、市场推广及应用落地。

八、主要完成单位情况表

单位名称	西安交通大学
<p>对本项目主要学术贡献：西安交通大学是本成果第一完成人李慧斌以及主要完成人余璀璨、孙剑的工作单位。本成果的 2 篇代表性论文、3 项发明专利、1 项国家自然科学基金面上项目均依托西安交通大学完成。陕西省科技厅“科学家+工程师”项目、安全防范三维人脸识别设备技术规范 2 项代表性成果，西安交通大学也是主要参与单位。因此，西安交通大学对于本成果的基础原理算法创新、保持技术研究国际领先方面具有重要贡献。</p>	

单位名称	西安西图之光智能科技有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：西安西图之光智能科技有限公司是本成果技术产品化及产业化推广的企业主体。本成果中代表性发明专利、标准、项目、产品检测报告、客户案例、经济效益等方面均来自该企业的贡献。本成果第一完成人李慧斌及主要完成人马可、马明哲、侯宗庆均为该企业的主要成员，参与本成果的产品研发及市场推广工作。西图之光成立于 2020 年 6 月 30 日，公司致力于下一代生物识别数据感知、分析、理解等核心技术研发及产品垂直行业应用，主要研究三维人脸及掌静脉分析识别技术，定位高精度、高防伪、高安全级别的生物识别产品研发及市场推广。企业依托西安交通大学大数据算法与分析技术国家工程实验室雄厚的科研力量，通过产学研用的创新模式实现科研成果转化。企业在部队、银行、公安、教育等领域积累了丰富的实战经验。现已自主研发了真 3D 人脸及掌静脉全栈算法、模组、硬件和多套系统级解决方案，公司人脸识别产品、掌静脉产品及软件平台现已成功用于智能仓储、智慧考务、工地实名制、社区门禁、银行人证核验等业务场景。西图之光自成立以来荣获 2021 西安国际创业大赛初创组一等奖、第十届中国创新创业大赛（陕西赛区）暨秦创原科技创新创业大赛初创组一等奖、“科创西安”第二届国际合作高峰论坛最具价值投资奖、2023 第十一届“创业江苏”科技创业大赛一等奖、2023 第八届“创客中国”高校成果转化中小企业创新创业大赛全国三等奖等荣誉。</p>	

单位名称	陕西西图数联科技有限公司
<p>对本项目主要学术贡献：本成果中代表性项目“高精度 3D 人脸识别技术产业化”入选陕西省首批“科学家+工程师”队伍依托陕西西图数联科技有限公司获得。成果主要完成人刘洋作为首席工程师在该公司任职。本成果代表性项目“3D 人脸识别产业化项目”也是陕西省“秦创原”首批高校科技成果转化项目，成果主要完成人马明哲也是该项目的主要负责人。陕西西图数联科技有限公司成立于 2021 年，是首批入驻秦创原的科技研发型企业，公司注册地为秦创原总窗口西咸新区沣西新城西部云谷二期。公司依托西安交通大学数学与统计学院、大数据算法与分析国家工程实验室、西安大数据与人工智能研究院等创新平台，瞄准制约大数据与人工智能领域所急需的“卡脖子”关键共性技术，充分发挥高校、院所、企业、政府等各方资源优势，抓住能源、制造、军工、安防等行业数字化转型大趋势，深入开展三维视觉（3D 人脸识别）、计算机视觉、深度学习、工业视频分析、大数据算法等核心技术的持续、自主研发和成果转化落地。公司被认定为陕西省首批新型研发机构，主要通过“政产学研用金”的创新模式，打造基础研究-应用基础研究-技术创新-产业化通道的全链条孵化平台，推动高校科技成果转化。</p>	

完成人合作关系说明

完成人李慧斌是本成果代表性专利 1-7 的发明人，3D 人脸识别标准的撰写人，2 篇代表性论文 1 和 2 的通讯作者，合作完成单位西安西图之光智能科技有限公司和陕西西图数联科技有限公司的创始人兼首席科学家。李慧斌和孙剑是第 2 完成人余璀璨的博士论文“三维人脸生成与识别的深度学习模型与算法研究”的共同指导老师。三人共同合作发表代表性论文 1，代表性专利 1 和代表性专利 3。李慧斌与余璀璨共同合作发表代表性论文 2 和代表性专利 2。李慧斌、马可、侯宗庆三人曾共同任职于西安西图之光智能科技有限公司。共同参与三维人脸识别核心算法和产品的研发工作。三人共同合作完成代表性专利 4 和 5。李慧斌和马可共同合作完成产品实用新型专利 7。李慧斌与侯宗庆共同参与了三维人脸识别设备技术规范的撰写工作（成果 8：代表性标准）。李慧斌和马明哲共同任职于西安西图之光智能科技有限公司和陕西西图数联科技有限公司。马明哲加入团队后担任西安西图之光智能科技有限公司总经理，与李慧斌共同带领团队主导了 3D 人脸识别产品的研发、市场推广及应用落地。马明哲也是本成果代表性项目陕西省“秦创原”首批高校科技成果转化项目—3D 人脸识别产业化项目的主要参与者。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同知识产权	余瑾璐 2, 李慧斌 1, 孙剑 3, 徐宗本	2017.09	至今	一种基于对抗数据增强的三维人脸点云识别方法	专利证书
2	共同知识产权	余瑾璐 2, 李慧斌 1	2017.09	至今	一种低质量三维人脸识别方法、系统、设备和存储介质	专利证书
3	共同知识产权	余瑾璐 2, 李慧斌 1, 孙剑 3	2017.09	至今	一种基于分布独立性的3D人脸解耦表示学习方法	专利证书
4	共同知识产权	马可 4, 李慧斌 1, 侯宗庆 5	2018.01	至今	一种基于粗糙-精细拟合的三维人脸检测方法	专利证书
5	共同知识产权	侯宗庆 5, 李慧斌 1, 马可 4	2018.01	至今	一种基于多种数据类型融合的三维人脸识别方法	专利证书
6	共同知识产权	侯宗庆 5, 马明哲 6	2021.01	至今	一种基于目标检测的畸变图像识别方法	通知书
7	实用新型专利	李慧斌 1, 马可 4	2018.01	至今	人脸识别仪（立柱式无感3D）	专利证书
8	共同制定标准	李慧斌 1, 侯宗庆 5	2018.01	至今	安全防范三维人脸识别设备技术规范	标准文件
9	论文合著	余瑾璐 2, 张子辉, 李慧斌 1(通讯作者), 孙剑 3, 徐宗本	2017.09	至今	Meta-learning-based Adversarial Training for Deep 3D Face Recognition on Point Clouds	论文检索证明

10	论文合著	张子辉, 余璀璨 2, 徐爽, 李慧斌 1(通讯作者)	2018.09	至今	Learning Flexibly Distributional Representation for Low-quality 3D Face Recognition	论文检索证明
11	共同立项	李慧斌 1, 马明哲 6	2021.01	至今	3D 人脸识别产业化项目	项目 3_协议
12	共同立项	李慧斌 1, 余璀璨 2	2020.01	至今	基于深度学习的大规模 3D 人脸识别关键技术研究	项目 1_结题报告