

公示信息

一、项目名称：多源异构智能信息融合关键技术研究与应用

二、提名单位：陕西省教育厅

科学技术进步奖二等

提名意见：

信息已经成为社会生产要素最重要的组成部分，人工智能和大数据处理技术极大促进社会发展的同时存在信息利用效率低下等问题，主要原因在于数据来源的多样性、异构性、复杂性，以及噪声或不确定性引起的低质、可用知识少，甚至是劣质的数据隐藏了更加重要的信息。因此，如何实现多源异构数据的高效融合与分析，充分利用数据价值是当前信息领域研究的重要课题。

该项目围绕信息融合理论及其应用领域，在五个主要方面进行了研究：1）针对化学/辐射性有毒云团扩散精准预测难问题，融合了气象（风速、风向、温湿度）以及地形、建筑等因素，构建了基于统计分析理论的有毒重气扩散预测模型，大幅提高了预测精度，制定科学的避灾方案，有效保证了人民生命安全；2）针对获取数据的不确定性问题和高维特性，引入信息模糊性表示方法与基于属性值树的降维分类方法，充分利用信息的确定性与犹豫度，提高数据降维与分类效率；2）针对多源异构数据的融合学习问题，构建细粒度与多标签的半监督深度学习框架，提出相应科学高效的网络结构、目标函数和深度判别特征学习范式，挖掘潜在的用于深度网络训练的监督信息，提高特征识别率；4）针对信息融合中的评估与预测问题，提出时空域

差异特征（STDF）的表示方法与模糊态势评估架构，提高了分类与预测效果；5）对数据与工业结合的可视化问题，构建三维虚拟现实与BIM融合架构，成功应用于轨道施工、建筑施工等工业应用中。

项目成果发表相关论文 60 余篇，其中 SCI 检索 30 篇以上，EI 检索 50 篇，授权发明专利 6 项，软件著作权 10 余项。成果应用于计算机应用专业、土木建筑工程专业本科与研究生教学，教学成果显著。

本项目研究围绕信息融合领域的基础理论、关键技术和工业应用开展了系统研究，为信息融合和人工智能领域提供了理论支撑与分析方法，解决了民生和工业领域中信息智能处理和态势预测的关键技术问题。项目成果成功应用于水文水资源勘测、防汛抗旱、城市轨道施工、建筑施工等多个民生与工业领域。

三、项目简介：

本项目属于信息融合领域的应用基础研究，在国家自然科学基金委、陕西省科技厅与教育厅、西安市科技局科研课题支持下，以及陕西英华电子科技有限公司、中铁一局集团电务工程有限公司等横向课题支持下，高校和企业合作十余年，在理论研究和实际工程应用中取得显著成果（获国家基金联合重点基金支持 2 项，面上基金 3 项，青年基金 4 项；横向课题转化应用 10 余项），相关理论研究成果受到国内外同行的好评，并成功应用于水务系统、轨道交通、建筑施工、变频器控制系统等相关企事业单位，提高了企业信息智能处理效率，有效推动了我国现代人工智能信息产业的发展。

该项目围绕信息融合领域的各环节进行了研究，主要研究内容

如下：

1) 多源异构数据的模糊性/不确定性问题

针对获取的数据具有缺失性/不确定性问题，引入基于模糊性表示的信息表示方法，减少犹豫度，提高分类与预测精度与效率。

2) 多源异构数据的融合学习问题

研究面向细粒度与多标签图像分类的半监督深度学习，提出相应合理的网络结构、目标函数和深度判别特征学习范式，挖掘潜在的用于深度网络训练的监督信息；提出视觉认知机理启发的深度判别特征学习模型，在深度网络训练过程中，显式地对网络高层神经元的输出响应施加类别选择特性约束，从而达到判别特征学习的目的。

3) 多源数据的异构性和高维问题

研究其相关数据属性特征，提出基于目标属性识别的自动特征选择检测学习模型和基于属性值树的约简方法，充分利用分布式架构快速降维，快速挖掘知识信息。

4) 信息融合中的态势评估与预测问题

针对多源数据的特征表示问题，提出了时空域差异特征（STDF）的表示方法，提高分类与预测效果；研究数据融合的评价方法，提出基于模糊理论的评估方法，提高评估准确性。

四、客观评价：

1) 理论创新点

美国卡内基梅隆大学（Carnegie Mellon University, CMU）Alexander G. Hauptmann 团队发表在人工智能领域顶级国际会议

《International Joint Conference on Artificial Intelligence》(IJCAI) 2017 上的文章“Discriminative Dictionary Learning With Ranking Metric Embedded for Person Re-Identification”指出[代表性工作 Improving CNN Performance with Min-Max Objective]提出了一种好的基于深度网络的判别特征学习方法。(Nowadays, deep learning based methods have learned good feature representations and achieved promising performances on almost all the person Re-Id benchmark datasets.)

神经网络领域顶级国际期刊《IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems》2020 上的文章“Simple and Effective: Spatial Rescaling for Person Reidentification”指出[代表性工作 Fine-Grained Image Classification Using Modified DCNNs Trained by Cascaded Softmax and Generalized Large-Margin Losses]提出了一种非常有效的面向细粒度图像分类的特征学习方法。(To learn an effective feature representation, many works attempt to locate more specific local parts explicitly by introducing the task-specific methods).

2) 课题结题结论

根据西安市科技局 2017 结题审查通知，根据结题项目评价指标和有关规定，经审查，符合结题要求，同意结题，评价结果良好。

根据中国科学院电子所 2018 年结题审查，根据结题项目评价指标和有关规定，经审查，满足结题要求，同意结题。

五、应用情况：

该项目取得了国家基金委联合重点项目支持，成果已经成功应用于中铁一局集团电务工程有限公司、中铁七局集团西安铁路工程有限公司等多家单位，为建筑施工提供可视化、智能化施工方案提供科学依据。

六、主要知识产权和标准规范等目录:

| 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 | 学术论文 | Approximate computational approaches for Bayesian sensor placement in high dimensions | 中国 | Information Fusion, 2019,46(193-205) (WOS:000449448400017) | 2019.03.01 | Information Fusion (ISSN: 1566-2535) | 西安理工大学 | Xiao Lin; Asif Chowdhury; Xiaofan Wang; Gabriel Terejanu. |
| 2 | 学术论文 | Transductive Semisupervised Deep Hashing | 中国 | IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems 2022, 33(3713-3726) (WOS:000732346200001) | 2019.08.01 | IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems (ISSN: 2162-237X) | 西安理工大学 | Weiwei Shi; Yihong Gong; Badong Chen; Xinhong Hei. |
| 3 | 学术论文 | High-Resolution SAR Image Classification via Multiscale Local Fisher Patterns | 中国 | IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2021, 59(10161-10178) (WOS:000722170500031) | 2021.12.01 | IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing (ISSN: 0196-2892) | 西安理工大学 | Zhiqiang Zhao; Meng Jia; Lei Wang |
| 4 | 学术论文 | Improving the performance of multisubject motor imagery-based BCIs using twin cascaded softmax CNNs | 中国 | Journal of Neural Engineering, 2021, 18(1741-2552) (WOS:000) | 2021.04.01 | Journal of Neural Engineering (ISSN: 1741-2560) | 西安理工大学 | Jing Luo; Weiwei Shi; Na Lu; Jie Wang; Hao Chen; Yaojie Wang; Xiaofeng Lu; Xiaofan Wang; Xinhong |

| | | | | | | | | |
|----|-------|--|----|--|--------------|---|--------|---|
| | | | | 629549500001) | | | | Hei. |
| 5 | 学术论文 | Identifying Protein Complexes With Clear Module Structure Using Pairwise Constraints in Protein Interaction Networks | 中国 | FRONTIERS IN GENETICS 2021, 12(1-18). (WOS:0006988 01700001) | 2021. 08.27 | FRONTIERS IN GENETICS (ISSN: 1664-8021) | 西安理工大学 | GuangmingLiu; Bo Liu; Aimin Li; Xiaofan Wang; Jian Yu; Xuezhong Zhou; |
| 6 | 学术论文 | A Dilated Convolutional Neural Network for Cross-Layers of Contextual Information for Congested Crowd Counting | 中国 | Sensors, 2024, 24, 1816 (WOS:0011924 12700001) | 2024. 03. 26 | Sensors. (ISSN: 1424-8220) | 西安理工大学 | Zhao Zhiqiang; Ma Peihong; Jia Meng; Wang Xiaofan. |
| 7 | 发明专利 | 基于直推式半监督深度学习的图像哈希编码方法 | 中国 | ZL2021114276 746 | 2023.02. 03 | 5724533 | 西安理工大学 | 石伟伟, 黑新宏, 王晓帆, 鲁晓锋, 贾萌 |
| 8 | 发明专利 | 基于判别特征学习和熵的半监督图像分类方法 | 中国 | ZL2022104460 55X | 2024.09. 24 | 7404299 | 西安理工大学 | 石伟伟,王星,黑新宏,王晓帆,贾萌,鲁晓锋,费蓉 |
| 9 | 发明专利 | 一种地铁综合管线施工辅助管理系统及实施方法 | 中国 | ZL2012102157 728 | 2015. 07. 29 | 1736986 | 西安理工大学 | 王晓帆;黑新宏, 赵凯;赵钦;张鹏飞;王磊 |
| 10 | 软件著作权 | 基于 PyQt5 的钢板监测系统 | 中国 | 2024SR108578 9 | 2024. 07. 30 | 13489662 | 西安理工大学 | 王晓帆;蒋罗 |

七、主要完成人情况:

| 排名 | 姓名 | 技术职称 | 行政职务 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目的贡献 |
|----|-----|------|------|----------------|----------------|---|
| 1 | 王晓帆 | 教授 | | 西安理工大学 | 西安理工大学 | 项目总负责,对科技成果具有创造性贡献,主持国家级重点面上、省部级、厅局级课题 10 余项。 |
| 2 | 石伟伟 | 讲师 | | 西安理工大学 | 西安理工大学 | 主要负责项目理论中人工智能优化部分,成果 2、7、8 部分。 |
| 3 | 罗靖 | 副教授 | | 西安理工大学 | 西安理工大学 | 主要负责研究内容中的 4 部分,以及成果 4 的贡献,负责信息融合中脑际接口方面创新。 |
| 4 | 赵志强 | 讲师 | | 西安理工大学 | 西安理工大学 | 主要负责研究内容中的 3、6 部分,以及成果 3 的贡献,构建基于 STDF 的评估框架部分。 |
| 5 | 鱼英俊 | 高工 | 副总经理 | 陕西英华电子科技有限公司 | 陕西英华电子科技有限公司 | 主要负责本项目在水利工程领域的推广应用工作。 |
| 6 | 刘光明 | 讲师 | | 西安理工大学 | 西安理工大学 | 主要负责研究内容中的 5 部分,以及成果 5 的贡献,构建半监督信息融合理论部分。 |
| 7 | 刘国彦 | 高工 | 副部长 | 中铁一局集团电务工程有限公司 | 中铁一局集团电务工程有限公司 | 主要负责人工智能技术虚拟现实与 BIM 融合在建筑工程管理领域的工作,协调项目的优化与推广。 |

八、主要完成单位及创新推广贡献:

| 排名 | 完成单位 | 创新推广贡献 |
|----|--------|--|
| 1 | 西安理工大学 | 作为报奖项目第 1 完成单位,西安理工大学在如下方面具有突出贡献:全面负责课题研究工作,组织制定课题研究方向、负责项目总体实施,组织撰写并审定课题研究报告,对本课题创新成果均做出了创新性贡献,主要贡献如下: 提出基于模糊信息的表示方法,提高信息利用率;构建基于半监督的机器学习框架,提高信息预测的准确率;创建虚拟现实与 BIM 高效融合架构,应用于建筑工程领域;提出事件驱动的态势评估预测方法,提高预测效率。西安理工大学对课题组的研究工作给予了大力的支持,一直为本课题组提供必要的科研设备,对报奖项目的完成起到了指导、管理和协调的作用。 |

| | | |
|---|----------------|---|
| 2 | 中铁一局集团电务工程有限公司 | 中铁一局集团电务工程有限公司是报奖项目第2完成单位，主要负责主要参与项目的组织协调工作，负责人工智能技术、三维模型与BIM融合在建筑领域的工程实施，为项目研究成果做出有益的贡献。 |
| 3 | 陕西英华电子科技有限公司 | 陕西英华电子科技有限公司为报奖项目第2完成单位。主要负责项目理论在防汛抗旱方面的工业应用，并成功应用于西安、咸阳、宝鸡、延安等水务系统，为项目理论研究成果及技术方法推广创造了有益的贡献。 |

九、完成人合作关系说明：

| 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 | 共同获奖 | 王晓帆/1, 石伟伟/2, 罗靖/3 | 2017 | 2024 | 获奖：多源异构环境下智能信息融合关键技术研究，陕西高等学校科学技术奖（二等奖） | 获奖证书 |
| 2 | 论文合著 | 罗靖/1 王晓帆/8 | 2017 | 2024 | Jing Luo; Weiwei Shi; Na Lu; Jie Wang; Hao Chen; Yaojie Wang; Xiaofeng Lu; Xiaofan Wang; Xinhong Hei(*), Improving the performance of multisubject motor imagery-based BCIs using twin cascaded softmax CNNs, Journal of Neural Engineering, 2021, 18(3):036024. | 论文检索证明 |
| 3 | 论文合著 | 罗靖/1 刘光明/3 王晓帆/4 | 2017年 | 2024 | 罗靖,王耀杰,刘光明,王晓帆,鲁晓锋,黑新宏.面向运动想象脑电图识别的镜卷积神经网络[J].中国图象图形学报,2021,26(9):2257-2269 | 论文 |
| 4 | 论文合著 | 罗靖/1 王晓帆 5 | 2017 | 2024 | Luo, J., Wang, Y., Xu, R., Liu, G., Wang, X., Gong, Y. (2021). Channel Drop Out: A Simple Way to Prevent CNN from Overfitting in Motor Imagery Based BCI. In: Zeng, J., Qin, P., Jing, W., Song, X., Lu, Z. (eds) Data Science. ICPCSEE 2021. Communications in Computer and Information Science, vol 1451. Springer, Singapore. | 论文检索证明 |
| 5 | 项目合作 | 王晓帆 1 赵志强 4 | 2016 | 2024 | 基于统计分析理论的有毒云团运动预测研究 | 获批通知书 |
| 6 | 项目合作 | 王晓帆 1 鱼英俊 5 | 2008 | 2024 | 基于移动云计算的河道巡检系统研究 | 项目合同 |

| | | | | | | |
|---|------|------------|------|------|--|-------------|
| 7 | 论文合作 | 王晓帆 刘光明 | 2018 | 2024 | Guangming Liu, Bo Liu, Aimin Li, Xiaofan Wang, Jian Yu3 and Xuezhong Zhou. Identifying Protein Complexes With Clear Module Structure Using Pairwise Constraints in Protein Interaction Networks, FRONTIERS IN GENETICS 2021, 12(1-18). | 论文 |
| 8 | 项目合作 | 王晓帆 刘国彦 | 2019 | 2024 | 地铁牵引供电施工及 BIM 技术应用研究 | 合同书 结题证明 |