

2026 年度拟提名陕西省自然科学奖项目公示内容

一、项目名称

正激励噪声理论与方法

二、提名者及提名意见

提名者：

许斌（西北工业大学、教授），学科专业：控制科学与工程

提名意见：

噪声是一种普遍存在的干扰信号。传统算法将其视为干扰予以抑制，而忽视其正向激励价值。针对此，本项目围绕“噪声的正激励作用机理与表征理论”开展原创性研究，首次建立了系统的正激励噪声理论与方法，开辟了正激励噪声研究新方向。项目创新构建了变分推断理论框架、统一表征范式及多模态噪声调控方法，有效攻克了噪声作用机理难刻画、正激励噪声难表征、多模态噪声难对齐的挑战。5 篇代表性论文被 50 余个国家和地区的 600 余位院士、会士等知名学者的积极评价和专题评述，被评价为“首次科学地研究了噪声的正向作用”，国际学术影响力与工程应用价值突出。相关技术成功支撑了 C919、AG600 试飞验证，以及国家应急管理部自然灾害应急研判等重大场景应用。

提名该项目为陕西省自然科学奖 一 等奖。

提名者：

弋英民（西安理工大学、教授），学科专业：控制科学与工程

提名意见：

在航空航天、应急救援等领域中普遍存在噪声干扰。传统方法仅滤除噪声，缺乏对噪声正向作用的理论认知。针对此，本项目原创性地提出了正激励噪声理论与方法，突破了传统研究范式，开辟了噪声正向激励作用研究的新方向。相关理论被 50 余个国家和地区的 600 余位院士、会士等知名学者积极评价和专题评述，吸引了帝国理工学院、哥伦比亚大学、亚马逊、通义实验室等顶尖机构持续跟踪研究，被认为是“首次科学地研究了噪声的正向作用”。项目攻克了噪声作用机理难刻画、正激励噪声难表征、多模态噪声难对齐等难题，成果支撑 C919、AG600 试飞验证、国家应急管理部自然灾害应急研判等重大场景应用，具有广泛的国际学术影响力与国产化工程应用价值。

提名该项目为陕西省自然科学奖 一 等奖。

三、项目简介

（不超过 2 页。应包含项目主要研究内容、科学发现点、科学价值、同行引用及评价等。）

噪声普遍存在于航空航天、应急救援等重大任务的感知、传输、解译和决策全过程，是制约高端装备智能化、重大任务精准化和体系能力跃升的重要瓶颈。传统研究方法将噪声视为有害干扰，缺乏对噪声正向作用规律、表征机制和协同调控的认识和研究，导致系统性的计算资源浪费和性能退化。项目组围绕“**噪声的正激励作用机理与表征理论**”这一科学问题，针对**噪声作用机理难刻画、正激励噪声难表征、多模态噪声难对齐**的瓶颈，率先从**机理刻画、噪声表征、多模态融合**三个方面开展了研究，揭示了噪声激励的内在规律，建立了正激励噪声理论框架与技术体系，开创了噪声正向激励机理的研究方向。主要创新如下：

1. 噪声机理刻画：首次建立了正激励噪声（Positive-incentive Noise, Pi/π -Noise）理论，提出了变分正激励噪声计算框架，形成了“噪声正激励学习与智能调控”的科学思想，突破了噪声处理的理论局限和性能边界。

传统研究将噪声视为干扰因素，缺乏对噪声正向作用机理的系统理论解释。针对此，项目组引入了任务熵作为核心量化指标，提出了变分正激励噪声计算框架，构建了正激励噪声理论，刻画了随机噪声对模型任务的激励或抑制边界，阐明了噪声正向驱动表征学习的内在机理，解决了正激励噪声无法高效计算的难题，克服了传统加噪方法导致 ResNet、ViT 等主流神经网络性能严重退化的固有缺陷，实现了模型的逆势增益。IAPR Fellow、《Pattern Recognition》主编 P. Radeva 教授评价该理论为“**首次科学地研究了噪声的正向作用（first scientifically investigates the positive effects of noise）**”。

2. 正激励噪声表征：建立了正激励噪声统一表征范式，提出了混合正激励噪声学习方法，将时空演化导致的参数漂移问题解构为破坏性噪声干扰，实现了大规模通用表征模型的高稳定预训练和能力持续演化。

多任务表征学习过程中，面临着噪声分布不一致、时空演化复杂多变等难题，导致正激励噪声难表征，亟需构建统一的正激励噪声表征范式。针对此，项目组提出了基于正激励噪声学习机制的自监督统一表征模型，设计了兼容预训练主干网络的正激励噪声嵌入层，构建了混合正激励噪声学习范式，将时空演化导致的参数漂移问题解构为破坏性噪声干扰，利用噪声对抗知识遗忘与模型过拟合，解决了经典表征学习极度依赖强先验数据增强的问题，实现了大规模表征模型的多任务稳定联合训练和知识演化。欧洲科学院院士、欧洲科学与艺术院院士、APS Fellow M. Perc 教授评价相关成果为“**见解深刻且卓越的成果（very insightful and remarkable）**”“**开创性的工作（a groundbreaking work）**”。上述方法应用于应急管理部洪涝、地震等自然灾害应急情报监测系统，实现对 16 类应急情报渠道的统一接入与聚合，情报置信度评估准确率达 90.62%，较当时国内领先的多模态大模型 Qwen2.5 VL 提升约 17.5%。

3. **多模态噪声融合**: 提出了多模态正激励噪声融合方法, 建立了噪声注入调控与双约束校正机制, 将模态差异与生成偏移统一纳入噪声调控与校正框架, 实现了复杂场景下多模态信息的协同理解与内容转译。

多模态理解与生成过程中, 面临模态差异大、生成易偏移等难题, 导致多模态噪声难对齐, 亟需建立多模态正激励噪声调控与校正机制。针对此, 项目组提出了噪声注入的多模态理解方法, 设计了预训练正激励噪声生成器, 建立了内容对应与细节还原双重约束准则, 揭示了正激励噪声在异构模态间的协同作用规律, 解决了视觉与语言信息难协同建模、跨模态生成内容缺失与细节还原不足的问题, 提升了多模态表征对齐与跨模态内容转译能力, 实现了视觉与语言信息的协同理解与可控生成。IEEE Life Fellow、加拿大皇家学会院士、阿尔伯塔大学 W. Pedrycz 教授评价“能够帮助引导更深层次的场景理解 (**help guide a more comprehensive understanding**)”。上述方法应用于中国飞行试验研究院航空试飞传感器监测系统, 实现了多源试飞信息的跨模态协同理解与智能处理, 平均减少传感器校准工时 617.5 小时/架次、缩短拆除校准周期约 2 个月, 显著加速了航空器试飞验证。

项目组在 IEEE T-PAMI、CVPR、ICML 等发表系列成果。5 篇代表性论文 WoS 他引 1097 次, 被 50 余个国家和地区的 600 余位院士、会士等知名学者积极评价和专题评述。其中, 正激励噪声理论更是吸引了来自帝国理工学院、哥伦比亚大学以及亚马逊、通义实验室等行业顶尖机构的长期跟踪研究, 被广泛评价为“创新性的范式 (**a novel paradigm**)”“引领了系列研究 (**pioneers**)”“取得了成功 (**demonstrated success in applications**)”“最先进方法 (**a state-of-the-art method**)”。

迄今, 项目组授权发明专利 23 项, 发表学术论文 100 余篇。上述方法成功应用于应急管理和航空试飞验证。其中, 为应急管理部研制的应急辅助决策系统, 显著提升了我国地震、洪涝等灾种的情报获取、态势研判和辅助决策能力。为中国飞行试验研究院研制的航空试飞传感器监测系统等平台, 服务于 C909、C919、AG600 等重要机型的飞行测试, 加快了试飞鉴定与适航取证。

项目第一完成人获国家自然科学基金项目 (A 类)、担任国家重点研发计划首席、入选 IEEE/ACM/AAAI/IAPR Fellow 和全球高被引科学家, 获何梁何利基金科学与技术创新奖、陈嘉庚青年科学奖、首届全国创新争先奖状、科学探索奖、中国青年科技奖、CCF-ACM 人工智能奖、王大珩光学奖。第三完成人获国家自然科学基金项目 (A 类) 资助。

四、客观评价

（限 2 页。应围绕科学发现点的原创性、公认度和科学价值进行客观、真实、准确评价。填写的评价内容要有客观依据，主要包括国内外同行在重要学术刊物（专著）和重要国际学术会议等公开发表的学术性评价意见，国内外重要科技奖励等，可在附件中提供证明材料。非公开资料（如私人信函等）不能作为评价依据。）

本项目的代表性论文在发表后得到了来自 50 余个国家和地区的 600 余位院士等国际知名学者的广泛关注，他们在高水平期刊和会议上对本项目的科学发现点进行了高度评价。

针对科学发现点 1，代表性评述如下：

1) 英国皇家工程院院士、威尔士学术协会（威尔士国家科学院）院士、亚伯大学副校长 Qiang Shen 教授在 IEEE Transactions on Cybernetics , vol. 55, no. 8, pp. 3686-3698, 2025 中认同“噪声在模型训练中可以成为一种有益因素（**noise can be an asset**）”的研究观点[附件 1.2.1]。

2) IAPR Fellow、《Pattern Recognition》主编、巴塞罗那大学（UB）的首席研究员、正教授 Petia Radeva 教授在 Neurocomputing 650 (2025) 130915 中评价为“首次科学地研究了噪声的正向作用（**first scientifically investigates the positive effects of noise**）”[附件 1.2.2]。

3) IEEE Fellow、IEEE TMM 最佳论文奖获得者、纽约州立大学布法罗分校 Junsong Yuan 教授在 IEEE Transactions on Multimedia, vol. 27, pp. 8251-8262, 2025 中评价其取得了“相对较好的聚类结果（**relatively good clustering results**）”，验证了该方法在噪声干扰和类别不平衡样本聚类任务中的“良好适应性（**good adaptability**）”[附件 1.2.3]。

4) 英国杜伦大学计算机科学系研究主任 Hubert Shum 教授在 Pattern Recognition 169 (2026) 111934 将“正激励噪声”作为解释扩散模型前向过程有效性的核心理论依据，高度肯定了“正激励噪声”这一机制在降低模型生成难度（**reduce the complexity of generation task**）上的重要价值[附件 2.2.1]。

5) IEEE Fellow、卡塔尔大学 KINDI 计算研究中心 Ponnuthurai Suganthan 教授在 Pattern Recognition 170 (2026) 111886 中称其为“极具前景的研究（**promising research**）”，“噪声注入在模型增强方面的优势（**benefits of π -noise injection in model enhancement**）”。[附件 2.2.2]。

6) IEEE Fellow、ACL Fellow、百度首席技术官 Haifeng Wang 研究员在 Neurocomputing (2026) 133204 称其“可以促使模型识别并关注真正有益的约束（**can encourage models to identify and focus on truly beneficial constraints**）”[附件 2.2.3]。

针对科学发现点 2，代表性评述如下：

7) 纽约大学阿布扎比分校工程学部、纽约大学坦登工程学院 Muhammad Shafique 教授在 IEEE Transactions on Artificial Intelligence, vol. 5, no. 7, pp. 3497-

3509, 2024 中评价该研究“通过整合优化和聚类过程直接生成聚类结果（directly yield clusters by integrating optimization and clustering processes）”[附件 1.2.4]。

8) 欧洲科学院院士、欧洲科学与艺术院院士、APS Fellow Matjaž Perc 教授在 IEEE Transactions on Network Science and Engineering, vol. 13, pp. 1-10, 2026 中评价为“见解深刻且卓越的成果（**very insightful and remarkable**）”“开创性的工作（**a groundbreaking work**）”[附件 1.2.5]。

9) Neural Networks 最佳论文奖获得者、入选桑福德大学 2022 年世界排名前 2% 科学家名单、英国伯恩茅斯大学 Hari Pandey 教授在 Neural Networks 161 (2023) 142–153 中评价其“超过了当时最优的方法（**Outperformed SOTA**）”，并大量引用了其中的结论和实验数据[附件 1.2.6]。

10) 根特大学 Aleksandra Pižurica 教授在 IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, vol. 60, pp. 1-16, 2021 中评价该研究提出的多视图聚类方法在面部图像、在线文档和手写文本的应用中“取得了成功（**demonstrated success in applications**）”[附件 2.2.4]。

11) IEEE Life Fellow、加拿大皇家学会院士、Information Sciences 编委、阿尔伯塔大学 Witold Pedrycz 教授在 IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 35, no. 11, pp. 11642-11655, 2022. 评价该研究聚焦于锚点图策略，对数据结构检测“具有积极影响（**affects data structure detection**）”[附件 2.2.5]。

12) 美国国家发明家学会会士、佛罗里达国际大学 Naphtali Rishe 教授在 Applied Sciences, vol. 15, no. 3, p. 1027, 2025 评价其在“道路网络提取方面取得了更好的性能（**achieving improved performance in road network extraction**）”[附件 2.2.6]。

针对科学发现点 3，代表性评述如下：

13) IEEE Life Fellow、加拿大皇家学会院士、Information Sciences 编委、阿尔伯塔大学 Witold Pedrycz 教授在 IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 23, no. 9, pp. 14908-14921, 2022 中指出该论文“能够帮助引导更深层次场景理解（**help guide a more comprehensive understanding**）”[附件 1.2.7]。

14) IEEE 系统人与控制学会软计算技术委员会主席 Ajith Abraham 在 Neurocomputing 451 (2021) 12-24 中评价该研究提出“一个大规模的群体数据集，用于计数和定位任务（**In a large-scale crowd dataset for the task of counting and localization**）”，“有助于以监督方式训练基于 CNN 的模型（**which facilitates training the CNN-based models in a supervised manner**）”[附件 1.2.8]。

15) 苏黎世联邦理工学院计算机视觉实验室负责人 Luc van Gool 教授在 Asian Conference on Computer Vision, pp. 4276-4292, 2022 评价该研究提出的“数据集中存在较大的外观差异（**large appearance variations within the data**）”，是一个具“有挑战性的数据集（**it is a challenging dataset**）”[附件 2.2.7]。

五、代表性论文专著目录（不超过 8 条，其中代表性论文不超过 5 篇，代表性专著不超过 3 部）

序号	论文专著 名称	刊名	作者	年卷页 码（xx 年 xx 卷 xx 页）	发表 时间	通讯作 者	第一 作者	国内作者	他引 总次 数	检索 数据 库	知识 产权 是否 归国 内所 有
1	Positive-incentive Noise	IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems (T-NNLS)	Xuelong Li	2024 年 35 卷 8708- 8714 页	2024 年 6 月 1 日	Xuelong Li	Xuelon g Li	Xuelong Li	112	WoS	是
2	Adaptive Graph Auto- Encoder for General Data Clustering	IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (T- PAMI)	Xuelong Li, Hongyuan Zhang, Rui Zhang	2022 年 44 卷 9725 - 9732 页	2022 年 12 月 1 日	Rui Zhang, Xuelong Li	Xuelon g Li	Xuelong Li, Hongyuan Zhang, Rui Zhang	104	WoS	是
3	Multiview Clustering: A Scalable and Parameter-Free Bipartite Graph Fusion Method	IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (T- PAMI)	Xuelong Li, Han Zhang, Rong Wang, and Feiping Nie	2022 年 44 卷 330-344 页	2022 年 1 月 1 日	Feiping Nie	Xuelon g Li	Xuelong Li, Han Zhang, Rong Wang, and Feiping Nie	391	WoS	是

4	SDUNet: Road extraction via spatial enhanced and densely connected UNet	Pattern Recognition (PR)	Mengxing Yang, Yuan Yuan, and Ganchao Liu	2022 年 126 卷 108549	2022 年 6 月 1 日	Yuan Yuan	Mengxi ng Yang	Mengxing Yang, Yuan Yuan, and Ganchao Liu	104	WoS	是
5	NWPU-Crowd: A Large-Scale Benchmark for Crowd Counting and Localization	IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (T-PAMI)	Qi Wang, Junyu Gao, Wei Lin, and Xuelong Li	2021 年 43 卷 2141-2149 页	2021 年 6 月 1 日	Xuelong Li	Qi Wang	Qi Wang, Junyu Gao, Wei Lin, and Xuelong Li	386	WoS	是
合 计									1097		

六、主要完成人情况（不超过 6 人）

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
李学龙	1	院长	教授	中国电信股份有限公司人工智能研究院（上海）	西北工业大学	作为项目团队的总体负责人，负责正激励噪声理论与方法的整体方案论证、设计、实施；在总体研究框架下，组织开展了噪声机理刻画（创新点 1）、正激励噪声表征（创新点 2）、多模态噪声融合（创新点 3）三个方面研究，提出了正激励噪声理论，建立了变分正激励计算框架，为实现正激励噪声表征、多模态噪声融合提供了坚实的技术储备。是代表性论文 1、2、3、5 的第一或通信作者。
张鸿远	2	无	无	西北工业大学	西北工业大学	协助项目总体负责人，参与了噪声机理刻画（创新点 1）的论证、设计与实施，参与了正激励噪声变分推理框架和正激励噪声注入方法关键技术方案的设计与确定，为解决噪声机理难刻画的问题提供了坚实的技术储备。是代表性论文 2 的主要作者之一。
袁媛	3	无	教授	西北工业大学	西北工业大学	协助项目总体负责人，参与了正激励噪声表征（创新点 2）的论证、设计与实施，参与了正激励噪声统一表征模型关键技术方案的设计与确定，为解决灾害应急场景下的正激励噪声难表征的问题提供了坚实的技术储备。是代表性论文 4 的通信作者。
高君宇	4	无	副教授	西北工业大学	西北工业大学	协助项目总体负责人，参与了多模态噪声融合（创新点 3）关键技术方案的设计与确定，参与设计了多模态正激励噪声对齐与调控方法，解决了航空试飞场景下多传感器导致的多模态正激励噪声难对齐的问题，为多模态噪声融合提供了坚实的技术储备。是代表性论文 5 的主要作者之一。

刘赶超	5	无	副教授	西北工业大学	西北工业大学	协助项目负责人，参与了正激励噪声表征（创新点 2）关键技术方案的设计与确定，参与构建了混合正激励噪声学习范式，解决了经典表征学习极度依赖强先验数据增强的问题，为构建正激励噪声统一表征模型提供了坚实的技术储备。是代表性论文 4 的主要作者之一。
-----	---	---	-----	--------	--------	---

七、主要完成单位情况（不超过 3 个）

完成单位	排名	对本项目主要贡献（限 600 字）
西北工业大学	1	西北工业大学作为第一且唯一完成单位，负责项目总体设计、理论创新、方法攻关、实验验证与成果应用推广。项目围绕“噪声的正激励作用机理与表征理论”这一核心科学问题，针对传统智能算法将噪声单纯视为有害干扰、缺乏噪声正向作用规律认知与调控机制的瓶颈，系统开展了正激励噪声理论、正激励噪声表征及多模态噪声融合等原创性研究。单位项目组率先提出正激励噪声理论与变分正激励噪声计算框架，创新构建任务熵驱动的噪声量化模型、统一表征范式、混合正激励噪声学习方法及多模态噪声注入调控与双约束校正策略，揭示了噪声与模型优化、语义表征、模态协作之间的内在作用规律，攻克了噪声作用机理难刻画、正激励噪声难表征、多模态噪声难对齐等关键科学问题。相关成果在 IEEE T-PAMI、CVPR、ICML 等国际顶级期刊和会议上发表，5 篇代表性论文被广泛引用和评价，授权发明专利 23 项，发表论文 100 余篇。成果已应用于应急管理部自然灾害应急情报监测与辅助决策、中国飞行试验研究院航空试飞传感器监测等场景，服务 C909、C919、AG600 等重要机型试飞验证，显著提升了复杂噪声环境下智能感知、表征学习、多模态理解与辅助决策能力，产生了重要学术影响和应用价值。。

八、完成人合作关系说明

（应以第一完成人角度，介绍项目完成人之间的合作经历或合作关系，不局限于第一完成人与其他完成人的合作，也可以包括其他完成人之间的合作。）

一、第一完成人李学龙（西北工业大学）与第二完成人张鸿远（西北工业大学）在正激励噪声表征、多模态正激励噪声方面长期开展合作研究，并拥有共同署名论文（代表性论文专著 2）。

二、第一完成人李学龙（西北工业大学）与第四完成人高君宇（西北工业大学）在多模态正激励噪声注入和调控方面长期开展合作研究，并拥有共同署名论文（代表性论文专著 5）。

三、第三完成人袁媛（西北工业大学）与第五完成人刘赶超（西北工业大学）在正激励噪声统一表征方面长期开展合作研究，并拥有共同署名论文（代表性论文专著 4）。

四、第一完成人李学龙（西北工业大学）、第三完成人袁媛（西北工业大学）、第五完成人刘赶超（西北工业大学）在正激励噪声统一表征、多模态正激励噪声方面长期开展合作研究，并拥有共同署名论文（IEEE TGRS 2022(5401515)）。