



计算机科学

COMPUTER SCIENCE

智能医学工程专题序言

黄正行, 刘振宇, 张远鹏

引用本文

黄正行, 刘振宇, 张远鹏. 智能医学工程专题序言[J]. 计算机科学, 2025, 52(9): 1-3.

. [Perface of Special Issue of Intelligent Medical Engineering](#)[J]. Computer Science, 2025, 52(9): 1-3.

相似文章推荐 (请使用火狐或 IE 浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

[临床数据建模中的多域自适应问题研究进展](#)

Research Progress on Multi-domain Adaptation Problems in Clinical Data Modeling

计算机科学, 2025, 52(9): 25-36. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.250600104>

[基于相关熵的多视角低秩矩阵分解和多视角数据聚类中的约束图学习](#)

Correntropy Based Multi-view Low-rank Matrix Factorization and Constraint Graph Learning for Multi-view Data Clustering

计算机科学, 2025, 52(6A): 240900131-10. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.240900131>

[基于多尺度注意力和不确定性损失的两阶段左心房疤痕分割](#)

Two-stage Left Atrial Scar Segmentation Based on Multi-scale Attention and Uncertainty Loss

计算机科学, 2025, 52(6): 264-273. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.241200197>

[面向自动驾驶的高精度实时语义分割算法架构](#)

High-precision Real-time Semantic Segmentation Algorithm Architecture for Autonomous Driving

计算机科学, 2024, 51(11): 174-181. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.231000009>

[一种基于带标签时间约束Petri网扩展可达图的数据流通合规性检测](#)

Compliance Check Method for Data Flow Process Based on Extended Reachability Graph with Labeled Timing Constraint Petri Net

计算机科学, 2023, 50(11A): 221000118-12. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.221000118>

智能医学工程专题序言

黄正行¹ 刘振宇² 张远鹏^{3,4}

1 浙江大学计算机科学与技术学院 杭州 310058

2 中国科学院自动化研究所 北京 100190

3 南通大学医学院医学信息学系 江苏 南通 226001

4 香港理工大学医疗科技与资讯学系 香港 999077

作为医学与人工智能、信息科学、工程技术等多学科深度融合的前沿领域,智能医学工程近年来在疾病筛查、精准诊断、个性化治疗、健康管理等医疗健康领域展现出巨大潜力,为解决医疗资源分配不均、提升诊疗效率与质量、推动医学模式创新变革提供了关键技术支撑。随着深度学习、大数据分析、医疗机器人、可穿戴设备等技术的快速发展,智能医学工程正迈向更智能、更精准、更普惠的新阶段,在临床实践和公共卫生领域的应用日益广泛。

为进一步凝聚智能医学工程领域的研究力量,促进前沿技术与临床需求的深度对接,推动相关理论创新、技术突破与成果转化,《计算机科学》特别策划了“智能医学工程”专题。本专题聚焦智能医学工程的核心科学问题、关键技术方法及典型应用场景,得到了学术界、医疗界及产业界的积极响应,收到了大量高质量投稿。经过严格的同行评审,最终遴选出 13 篇优秀论文,包括 3 篇综述论文和 10 篇研究论文,涵盖了智能诊断算法、医疗数据安全与隐私保护、医学图像分割等多个热点方向。希望这些最新研究成果能够为相关领域的科研人员、临床工作者和产业从业者提供有益参考,助力跨学科交流与合作,加速智能医学工程技术的产业化应用,为推进健康中国建设贡献力量。

1 综述论文

1)近年来,传统机器学习方法通过整合食管癌影像组学特征与临床文本信息,有效提高了早期病变诊断的敏感性,还为高风险患者的分层管理提供了科学依据。卷积神经网络凭借高效的参数共享机制和出色的局部特征提取能力,进一步提升了食管癌早期诊断与筛查的精准度。而将卷积神经网络与基于自注意力机制的 Transformer 模型结合后,全局特征的建模能力得到显著增强,其借助多模态数据的协同作用,在食管癌病灶分割、早期诊断、疗效预测和生存分析等方面展现出巨大的应用潜力。然而,食管癌病变存在高度异质性,且图像数据存在类别不平衡的问题,这给机器学习技术的临床应用带来了不小的挑战。论文《机器学习在食管癌诊疗中的研究进展》围绕食管癌早期筛查与诊断、疗效预测与生存分析、影像分割这 3 个关键方向,系统梳理了传统机器学习、卷积神经网络及 Transformer 等前沿技术在食管癌诊疗中的研究现状与面临的挑战,以期对未来食管癌智能化诊疗研究提供有价值的参考。

2)肾脏超声图像分割在疾病诊疗与治疗规划中至关重要,论文《基于深度学习的肾脏超声图像分割:现状与挑战》系统梳理了该领域在 2017—2024 年间的研究成果,重点解析了二维、三维分割技术及异常病变肾脏分割方法,其中二维方向涵盖传统纹理特征提取、U-Net 及其改进架构、融合先验知识的深度监督学习、多模态信息融合 4 类方法;并整理了公开数据集与标准化评估指标作为研究基准。尽管二维分割已取得一定进展,但精细结构分割精度不足、三维技术不成熟、异常病变研究匮乏及高质量训练数据短缺等瓶颈仍待突破,这些问题直接影响成果的临床转化。未来需聚焦精细与三维分割技术、跨模态学习、特征融合及大模型与高质量数据集构建,以提升其临床应用价值。

3)“领域偏移”问题导致临床 AI 模型的跨域泛化能力受限,而域适应和域泛化技术为解决这一问题提供了思路。论文《临床数据建模中的多域自适应问题研究进展》梳理了这两类技术在临床数据建模中的进展,按浅层、深层方法进行分类分析,前者聚焦实例加权、特征匹配等,结构简洁但表达力与泛化性有限,而后者围绕对抗学习、表示学习等展开,在特征建模与鲁棒性上更具潜力,却面临计算成本高、可解释性差的挑战。文中还总结了不同方法在医学图像、电子健康记录等场景中的表现差异,以期对未来研究提供有价值的参考。

2 研究论文

1)论文《多尺度多粒度解耦蒸馏模糊分类器及其在癫痫脑电信号检测中的应用》针对深度学习方法特征表达能力强但可解释性不足,以及 TSK 模糊分类器可解释性好但建模能力有限的问题,提出了多尺度多粒度解耦蒸馏模糊分类器(MMDD-TSK-FC),为平衡模型性能与可解释性提供了创新性解决方案。该方法通过构建多尺度卷积神经网络教师模型来充分挖掘脑电信

号的特征信息,借助知识蒸馏技术实现深度特征向不同规则粒度 TSK 模糊分类器的有效迁移,同时结合了投票机制与多粒度 IF-THEN 规则,在提升检测准确率的同时保证了模型决策的可解释性。实验结果显示,该方法的性能与经典 TSK 分类器和其他深度知识蒸馏模型相比均有显著提升,验证了其在癫痫脑电信号检测任务中的有效性与优越性。

2) 针对现有舌象分类方法因数据集标签单一而存在泛化能力不足的问题,论文《M2T-Net: 基于多源数据的跨任务迁移学习舌象诊断方法》提出多源数据跨任务迁移学习舌象诊断方法 M2T-Net。M2T-Net 通过多源数据预训练获取高质图像编码器,并结合交叉注意力机制,融合跨任务特征,将其用于疾病分类。实验显示,该模型对冠心病及冠心病合并糖尿病的分类准确率优于现有方法,泛化能力与实用性较强,其跨任务疾病表征更契合中医舌诊整体观,为舌象分析提供了更实用的解决方案。

3) 针对现有基于深度学习的乳腺超声图像病变检测研究中特征融合不充分、引入注意力模块导致模型复杂度增大及假阳性升高的问题,论文《DACSNet: 基于双注意力机制与分类监督的乳腺超声图像病变检测》提出了以 VMamba 为骨干网络的 DACSNet。该网络通过融入医学领域知识的双注意力模块(DAM)来增强通道与空间维度特征,且仅增加了少量参数;同时加入分类监督模块(CSM)融合病变分类信息,实现对疑似区域的二次关注以降低假阳性率。3 组公开数据集上的实验结果,验证了该方法在提升检测准确性与降低假阳性率上的有效性。该研究为乳腺病变自动化检测提供了可靠方案。

4) 针对房颤传统诊断方法中存在的检查成本高、过于依赖临床经验及便捷性不足等问题,论文《端到端 KAN 卷积在房颤心音识别中的应用》应用 Kolmogorov-Arnold Network(KAN)构建房颤心音分析模型。文中探索 KAN 卷积在房颤心音识别中的应用,引入具有灵活线性激活函数和优异参数效率的 KAN 卷积架构,提出基于 KAN 卷积的端到端房颤心音识别模型。为提高信号的可用性,先对心音信号进行预处理,包括心音分割、质量评估和数据清洗;再利用 KAN 的卷积层、池化层等自动学习;最后采用 KAN 卷积分类器进行识别。在特征提取阶段,引入 KAN 卷积的自注意力机制和焦点调制,以高效提取信号特征;在分类器阶段,研究 KAN 卷积的瓶颈结构和正则化手段,以提升模型的识别能力。结果表明,KAN 卷积模型在辅助诊断房颤信号中具有显著优势。

5) 针对化合物-蛋白质相互作用领域中蛋白质和药物的特征提取不全面的问题,论文《基于药物子结构与蛋白质三维图信息的化合物-蛋白质相互作用预测》提出了新的模型 MLSF。该模型通过 Prot-GNN 结合 GCN 和 GIN 这两种先进的图神经网络,提取含有蛋白质三维空间特征的图特征;利用 BRICS 算法将化合物的 SMILES 序列划分为包含官能团的多个子序列,再通过 GAT 提取药物官能团及关键子结构信息。在近似现实药物靶点分布的非均衡数据集 Human 和 C. elegans 上的测试结果显示,与最先进的模型相比,该模型在准确性(ACC)、曲线下面积(AUROC)和精确率-召回率曲线下面积(AUPR)3 个关键指标上均取得了最优结果,充分证明了其有效性。

6) 针对多分类器集成过程中如何筛选和赋权存在相关关系的基分类器这一难题,论文《基于 LLaMa3 和 Choquet 积分的最优相似度选择集成学习方法》提出了 LCOS-SELM 方法。该方法以开源大模型 LLaMa3 为基础,首先通过少量标注样本数据进行提示词学习,实现非结构化文本的关键特征提取;然后通过 Choquet 积分融合存在相关关系的分类器预测结果,评估其相关关系,以优化分类器选择;最后采用最优相似度策略学习分类器权重,在确保样本一致性的同时提升集成性能。将该方法用于克罗恩病辅助诊断,以合肥市某三甲医院的 297 份检查报告为实验基础,通过与内镜检查报告比对,验证了其有效性。

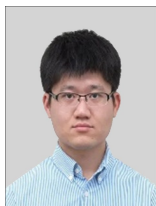
7) 时序健康事件预测是医疗人工智能领域的核心挑战之一,针对电子健康记录中药物与诊断复杂关联的建模难题,论文《基于动态超图与药物处方信息融合的时序健康事件预测》提出了 DHMP 模型。该模型首先通过动态子图学习机制,有效捕捉疾病演变的局部特征;然后,设计多超图融合架构,首次实现药物协同作用与诊断关联的联合建模;最后,开发时间感知注意力算法,精准解析诊疗记录中的长期依赖关系。实验表明,该模型的诊断预测准确率和风险预测 AUC 显著优于现有最佳方法,为智能辅助诊断提供了可靠工具。

8) 针对现有研究中尚未考虑药方会随着患者的病情动态变化以及药物之间存在副作用等问题,论文《基于动态病情建模的药物组合推荐模型》提出了一种基于动态病情建模的药物组合推荐模型 MRNET。该模型通过对相关实体进行关联,并运用图卷积网络进行预训练,挖掘出实体之间潜在的关联信息,为后续的动态病情建模和药物组合推荐提供数据支持。随后,MRNET 模型通过 Transformer 获取纵向病情动态特征,展现出病情的动态演变过程;同时,通过横向对比诊断和程序的相似度,考虑不同药方在相似病情和诊断下的适用性和差异性。将横向对比与纵向病情动态特征相结合,使模型在药物推荐过程中能更全面地评估药物组合的合理性和适用性。最后,引入药物副作用,筛选出更安全、更有效的药物组合,提高药物推荐的精度和安全性。在与基线模型的对比实验中,MRNET 在重要指标上展现的优势充分证明了其在药物组合推荐方面的优越性。

9) 针对血糖传感器故障识别因类别不平衡导致机器学习模型性能受限,且传统监测流程未充分适配传感器动态运行场景的问题,论文《基于机器学习的介入式葡萄糖传感器故障监测模型》提出融合数据预处理、特征工程与模型集成的优化策略。该策略通过缺失值填补和噪声处理保障数据质量;利用合成少数类过采样技术(SMOTE)缓解类别不平衡问题;采用堆叠泛化

(Stacking)集成学习,以基于焦点损失函数(Focal loss)优化的极端梯度提升(XGBoost)、类别特征梯度提升(CatBoost)为基分类器,搭配逻辑回归元分类器构建双层模型。实验结果显示,所提模型在传感器故障分类中表现优异,为血糖传感器的可靠运行监测提供了有效方案。

10)针对正电子发射断层扫描(PET)延迟成像在肿瘤分析应用中分辨率低、噪声高、定量不准,以及CT缺乏功能信息,动态PET/CT融合因多次CT扫描会增加辐射的问题,论文《面向肿瘤早期诊断的延迟PET图像重建:多模态PET/CT核矩阵约束延迟成像算法》提出超分增强PET/CT多模态核矩阵约束算法(SR-PET/CT-KMC)。该算法基于Stable Diffusion对初始PET图像进行超分增强,结合初始CT解剖先验,构建多模态核矩阵约束的EM迭代框架,借助Stable Diffusion提升PET分辨率,多模态先验抑制噪声伪影,用初始CT结构信息减少延迟成像CT扫描的需求,降低患者辐射暴露。实验结果表明,该算法在提升延迟PET图像质量与定量准确性上有优势,为肿瘤代谢追踪提供了新的成像范式,增强了延迟PET成像的临床可行性。



黄正行 浙江大学人工智能研究所教授,博士生导师。围绕医疗临床决策范式转变这一临床医学、信息科学和数据科学领域的交叉研究前沿,开展从数据到知识、从知识到决策的医疗临床智能辅助决策方法研究,在Science Advances,Brain,JAMA Network Open,IEEE TBME,NeurIPS,ICML等医学人工智能国内外重要学术期刊和会议上发表或录用论文60余篇。研究工作被多篇综述、评论、研究协会的年鉴及JACC,PNAS等权威期刊正面引用。目前担任医学人工智能领域核心期刊Artificial Intelligence in Medicine、Nature合作期刊npj Digital Medicine,以及生物医学领域核心期刊Journal of Medical Systems、Journal of Biomedical Informatics等副编辑/编委,中文信息学会的理事和中文信息学会-医疗健康与生物信息专委会副主任委员,AIME,IEEE-ICHI等多个国际学术会议程序委员会委员等。



刘振宇 中国科学院自动化研究所研究员,博士生导师。主要从事医学影像大数据分析与人工智能研究。2019年获得国家优秀青年科学基金资助,创新性提出人工智能影像组学方法,研究成果发表于多篇高水平学术期刊,并主持多项国家级科研项目。在中国科学院分子影像重点实验室担任研究员,曾主持学术报告并参与专业委员会的学术活动。在医学影像智能分析领域具有重要贡献,研究成果接近病理金标准水平。



张远鹏 教授,博士生导师。2019年入选全国博士后管委会办公室和香港学者协会高层次人才培养计划。2021年和2025年入选江苏省高校“青蓝工程”优秀青年骨干教师培养计划和中青年学术带头人培养计划。近年来主持(参与)国家自然科学基金6项、江苏省自然科学基金面上项目1项,以第一作者或通信作者身份在IEEE汇刊以及国际权威期刊IEEE TFS,IEEE TSMC,IEEE TII,IEEE TITS,IEEE TCSS,IEEE/ACM TCBB,IEEE TNSRE,Information Fusion,Knowledge-based Systems等发表SCI论文40余篇,其中3篇入选ESI高被引论文。担任Medical Physics和International Journal of Health Systems and Translational Medicine期刊副主编,《计算机科学》执行委员,《智能系统学报》和Military Medical Research的青年编委。