

2022 年度江西省科学技术奖提名项目公示

项目名称：基于光声技术联合人工智能的血糖无创检测研究

候选单位：江西科技师范大学

候 选 人：任重，刘国栋，黄振

项目简介（不超 800 字）：

本项目属于生物医学光子学检测领域。主要围绕为了克服传统有创和微创糖尿病检测带来的弊端，采用光声技术来对血糖进行无创检测，先后开展了理论、实验和算法等方面研究工作，主要包括：

1. 系统构建、光声信号获取、预处理和特征波长优选：构建了 OPO 脉冲激光激发和超声传感的血糖光声检测系统，获取了不同血糖浓度血液样本的实时光声信号和光声峰峰值谱，并研究相关算法对血糖光声信号进行预处理，并改进了 iPLS 等算法优选了血糖特征吸收波长。

2. 基于人工智能算法的血糖光声检测影响因素研究：通过构建血糖光声检测系统，研究了血液中他组分（蛋白质、脂肪和无机盐等）对血糖光声检测的影响，期间提出了一种光声峰峰值与声速值融合方法来提高血糖光声检测的准确度。同时，提出了多个因素排列组合联合正交实验方案，获取了多个因素联合影响下的血糖光声信号，利用小波神经网络联合遗传和粒子群优化方案，构建了多因素下血糖光声值与浓度梯度的定量预测和定性判别模型。并且，提出了针对 PSO 和 QPSO 优化算法的惯性权重动态变化策略和截断平均稳定策略，有效地提高了血糖定性分级准确率和血糖浓度定量预测的均方误差，血糖定性分级准确率可达 100%，血糖浓度定量预测均方误差 $\leq 0.31\text{mmol/L}$ 。

3. 血糖光声精准定位检测研究：针对提高血糖光声在体检测稳定性和精度，研究了光声显微成像联合光声光谱对血糖进行精准定位检测。基于 OPO 脉冲激光器和超声探测器，以前向模式构建了一套 OPO 脉冲激光激发-超声传感同步扫描精准定位的血糖光声无创检测系统。采用光声显微成像技术，获取了仿体组织的血管光声图像。同时，采用同步扫描技术，获取了不同位置处的光声数据，以及血管仿体在被测组织中的位置，为开展血糖光声精准定位的研究奠定了基础。

相关研究工作已得到了包括华为公司在内的广泛关注，以江西科技师范大学为第一单位在 Inter. J. Optomechatroni.、Chin. Opt. Lett.、光谱学与光谱分析等

发表 SCI 和 EI 收录学术论文 20 篇，相关研究成果被业内学者的正面引用。申请发明专利 15 项（授权 9 项）。

代表性论文专著目录：

序号	论文（专著）名称/刊名	作者（按发表顺序）	年卷页码（**年**卷**页）	发表时间（年月日）	第一署名是否江西省内单位
1	Investigation of Glucose Concentration Measurement based on Tunable Pulsed Laser induced Photoacoustic technique/Chinese Optics Letters	Zhong Ren, Guodong Liu, Zhen Huang.	2013, 11:S21701	2013	是
2	Exploration and Practice in Photoacoustic Measurement for Glucose Concentration Based on Tunable Pulsed Laser Induced Ultrasound/ International Journal of Optomechatronics	Zhong Ren, Guodong Liu, Zhen Huang, Dengji Zhao, Zhihua Xiong.	2015, 9, 221-237	2015	是
3	基于光声光谱联合主成分回归法的血糖浓度无损检测研究/光谱学与光谱分析	任重，刘国栋，黄振，熊志华	2016, 36(6):1674-1679	2016	是
4	基于可调谐脉冲激发的血糖浓度光声无损检测研究/中国激光,	任重，刘国栋，黄振	2016, 43(2): 0204001, 1-7	2016	是
5	基于 OPO 脉冲激发的血糖光声检测影响因素研究/光谱学与光谱分析	任重，刘国栋，姚清凯，丁宇	2018, 38(10):3023-3029	2018	是

主要完成人情况：

排序：任重，刘国栋，黄振

1. 任重，为本项目的主要完成人和贡献人。主要负责血糖光声实验系统构建、血糖光声检测实验、数据预处理、特征波长优选和血糖浓度预测建模。同时，研究了血液中他组分对血糖光声检测影响，以及多个因素（激光能量、浓度、温度、流速和探测距离）对血糖光声检测和浓度预测的影响，并研究了单个因素和多个因素联合作用下的影响机制。另外，研究采用偏最小二乘和人工神经网络算法构建了多个因素联合作用下的血糖光声检测及浓度定量预测模型。并且，研究遗传和粒子群算法对人工神经网络结构和参数进行优化，降低了多因素联合影响下血糖浓度定量预测均方根误差。提出了采用光声显微成像和同步扫描技术来实现血糖光声精准定位检测。在列出的代表性成果中任重均为第一作者。

2. 刘国栋，主要负责与项目负责人任重共同研究制定研究和实验方案，在实验系统光路设计和优化中发挥了重要作用。同时，在保障项目实施和开展等方面发挥了重要作用。并且，在血糖光声检测小型化方面也做了一定的研究贡献。在出版的论文和申请授权的专利中，刘国栋均参与了成果的讨论和发表。

3. 黄振，主要负责血糖光声系统的协同构建和调试，并基于构建的实验系统开展了血糖光声检测实验研究，对血糖光声检测基础理论和特征波长优选，以及血糖浓度预测建模等方面发挥了积极作用。在出版的论文和申请授权的部分专利中，黄振均作为参与人。