LAM
无代码多模态OCT平台：从数字体模到肿瘤边界

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/42978.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

LAM 无代码多模态OCT平台：从数字体模到肿瘤边界。 导读

光学相干断层扫描（OCT）是一种非侵入、介观分辨率的光学成像技术，其轴向分辨率约5 – 10微米、横向分辨率约5 – 20微米，穿透深度约1 – 2毫米，恰好填补了医学超声与显微镜之间的空白，被誉为"光学活检"。多年来OCT在眼科诊断中已高度成熟，近年正快速向皮肤科、肿瘤学、口腔科等非眼科领域拓展。

OCT信号中蕴含着大量对组织微观结构敏感的特征——例如光学衰减、散斑统计、光学相位等，它们能够反映亚分辨率散射体的浓度、聚集程度与运动状态，从而为区分正常与病变组织提供依据。然而，要把这些特征"翻译"成可用于疾病分类、肿瘤边界识别或病情分级的算法，通常需要专业的编程与信号处理能力；现有的OCT仿真工具往往计算量大、多依赖GPU，且尚未集成进"无代码"平台，普通临床医生和研究者难以直接使用。更关键的是，面向非眼科、非冠脉血管这些新兴OCT应用的处理平台与一体化解决方案几乎处于空白。

近日，俄罗斯科学院应用物理研究所（IAP RAS）的Lev A. Matveev课题组及合作者，推出了首个面向科研的无代码、多模态OCT在线处理平台。该平台把高保真的OCT信号仿真（生成"数字体模"）与多模态信号处理整合于同一网页界面：用户无需编写任何代码，即可生成带有已知"真值"的合成数据、并从真实扫描中提取多种特征图，从而显著加速OCT在肿瘤等新兴领域的算法开发与临床转化。该成果发表在Light: Advanced Manufacturing，题为Online platform for generating realistic digital phantoms of OCT signals and performing multimodal processing towards optical cancer diagnostics。

一、无代码、容器化的一体化云平台

平台（https://www.opticelastograph.com）采用模块化、可扩展的云架构（图1）。核心处理代码用Octave编写并封装进Docker容器，保证了跨环境的一致性与可复现性；后端基于Laravel（PHP）框架，配合Nginx负载均衡、任务队列与定时调度，并对外提供API接口；数据存储采用S3兼容的对象存储，为每位用户分配独立、安全的存储空间；计算集群由一组虚拟机动态组成，可依据任务量自动伸缩。临床医生和研究者无需编程背景，即可通过网页界面上传数据、发起处理任务——这正是"无代码"平台的价值：把复杂的信号处理能力，交到不擅长编程的专业人员手中。

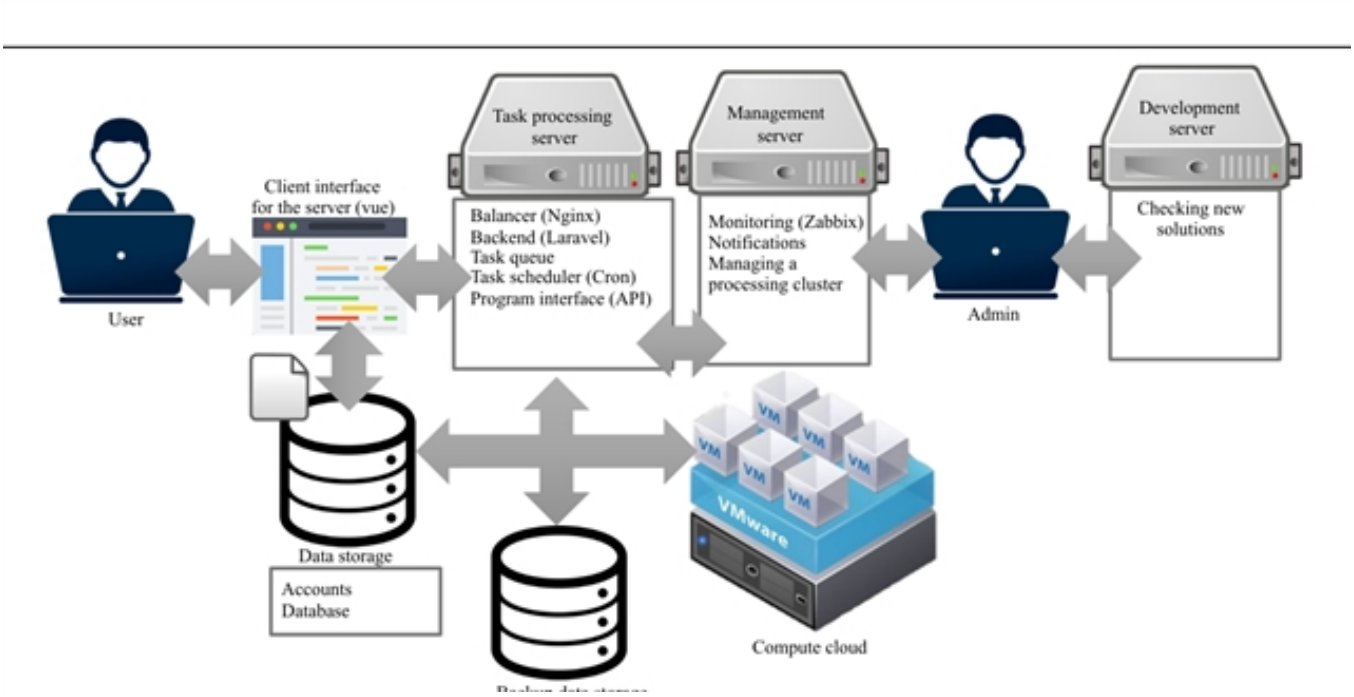


图1：无代码OCT软件平台的架构示意图

二、高保真的复值信号仿真与"数字体模"

平台以OCT设备参数（中心波长、扫描区域、分辨率体元尺寸等）和散射体坐标、散射截面为输入，输出复值（同时含幅度与相位）的OCT扫描。仿真提供了由简到繁的多个层级：基础散斑图样生成；基于"散射远强于吸收"这一OCT典型假设的朴素衰减模型；逐个散射体计算散射损耗的更精确衰减模型；以及面向任意照明光束轮廓的信号形成与数字变换。得益于这一波动基（单散射/弹道近似）方法，平台可以方便地引入散射体的帧间位移，从而为弹性成像、血管造影等动态方法的开发提供高保真的测试数据。在文中所用配置下，生成一幅含64000个散射体、256×256像素的"典型"B-scan约需6分钟（生成时间与散射体数量、A-scan数量成正比）。

小百科：什么是"数字体模"？为什么要仿真OCT信号？

"数字体模"是通过计算机仿真生成、且具有已知"真值"（ground truth）的OCT合成数据。真实实验往往昂贵、耗时，且难以精确控制组织的散射参数；而数字体模允许研究者自由设定散射体分布、衰减系数、光束形态等参数，在完全受控的条件下测试、标定和对比各类算法。如图2所示，团队用体模定量展示了"散斑噪声"如何几乎完全掩盖真实的衰减系数分布，以及通过逐步增大空间平均窗口如何还原出预设的分层结构。

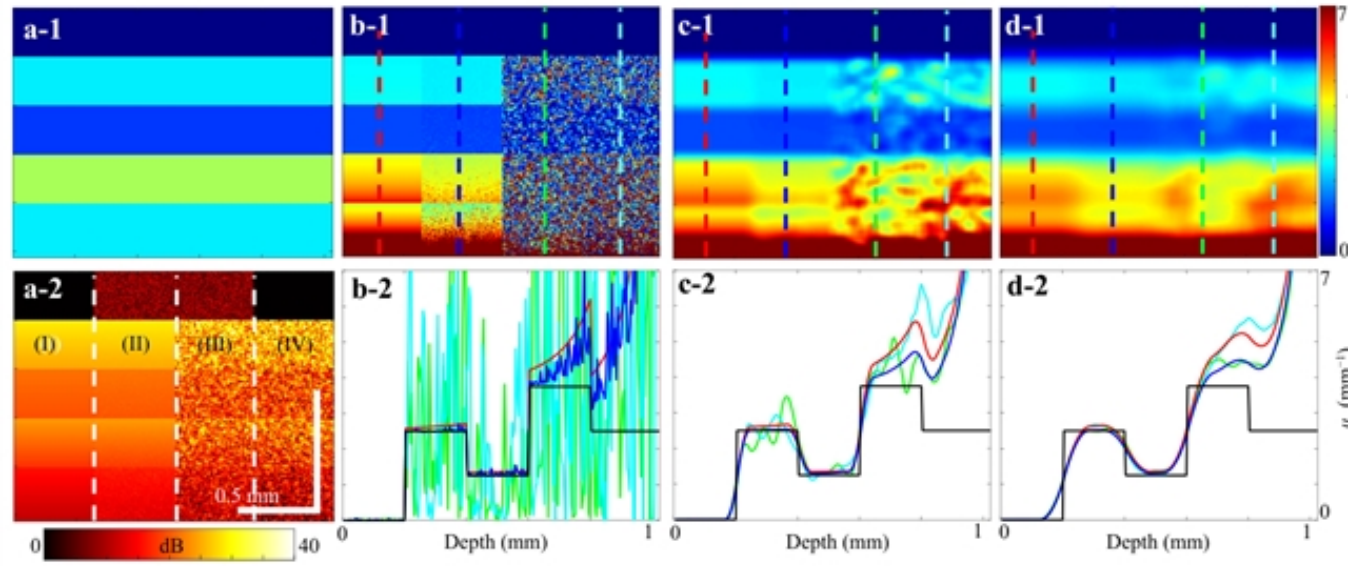


图2：利用数字体模检验衰减系数（OAC）重建：散斑噪声对真值的掩盖及空间平均的还原作用

三、五种多模态特征提取：一次处理，多张特征图

平台在同一套复值扫描上实现了多种模态的定量提取：光学衰减系数（OAC）成像、散斑对比度（SC）成像、退偏比（DR）成像、应变成像，以及在此基础上的弹性（组织刚度）成像（图3）。其中应变估计采用"矢量法"——在最后一步之前始终以复数形式处理信号，无需相位解缠，因而计算更快、抗噪更稳健。文中示例显示，对一组真实扫描完成衰减、散斑对比度与退偏比三种特征图的提取，仅需约10秒。这些相互独立又互补的特征，能够揭示仅反映信号强度的结构图所无法呈现的组织差异。

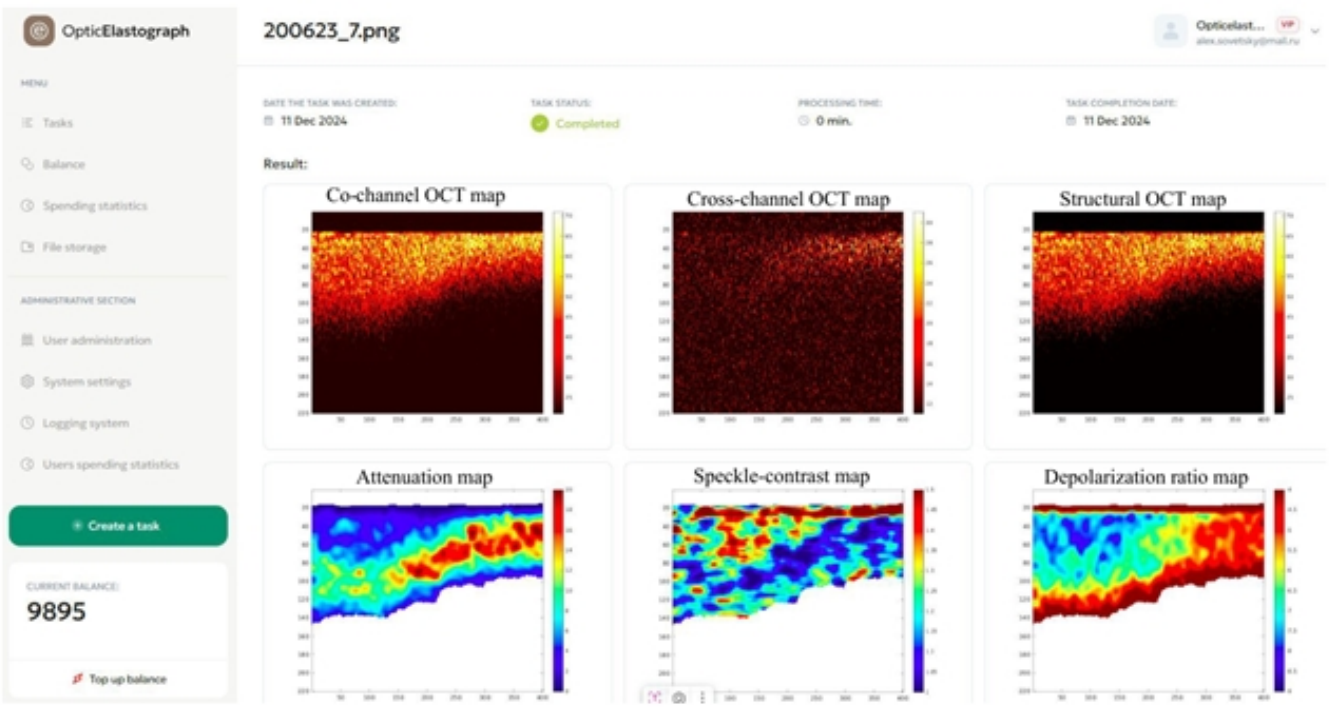


图3：平台用户界面：上排为同偏振、交叉偏振通道图及总强度结构图，下排为衍生的衰减、散斑对比度与退偏比特征图

研究团队以脑、皮肤、子宫内膜等真实癌组织以及小鼠肿瘤模型为例，展示了平台在肿瘤评估中的实际能力。核心结论是：衍生特征图在区分肿瘤与正常组织上的对比度，通常远高于传统结构图。

针对恶性脑肿瘤切除手术中术中采集的B-scan，结构图（无论同偏振还是交叉偏振通道）几乎难以区分肿瘤与正常组织；而衍生的衰减图、散斑对比度图和退偏比图在肿瘤区与正常区之间呈现出明显更高的对比度，与术后组织病理结果基本一致（图4）。相关工作还进一步探讨了联合使用衰减与散斑对比度，对"恶性、受损但尚未恶变、正常"三类脑组织进行定量区分的诊断判据。

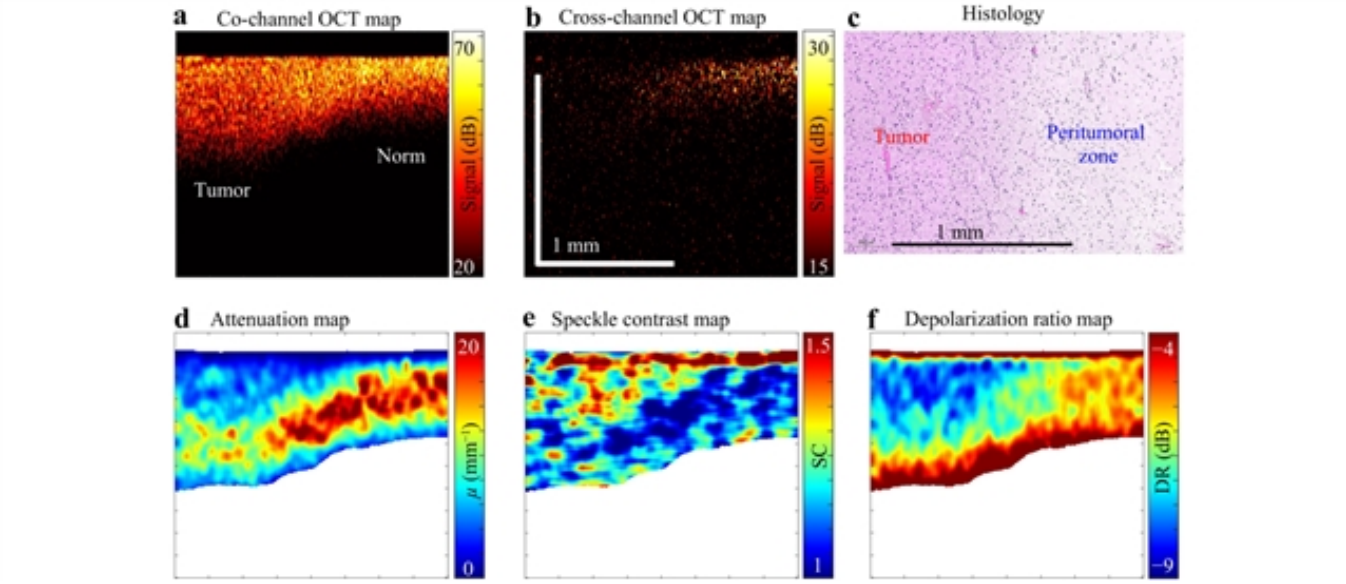


图4：多模态OCT用于脑肿瘤组织：a 同偏振结构图、b 交叉偏振结构图、c 组织学图像；下排 d 衰减图、e 散斑对比度图、f 退偏比图

总结与展望

需要指出的是，平台的仿真基于单散射（弹道）近似，未纳入多重散射。虽然这一"弹道单散射"模型正契合OCT成像的基本原理，且在计算效率和对任意帧间运动的建模能力上具有明显优势，但对某些强散射场景仍是一种简化。此外，重建的衰减系数在接近最大成像深度处会出现方法固有的伪升高，需要通过算法加以抑制。目前平台需要注册后使用，以避免服务器过载。

未来，团队计划持续扩展平台能力、探索更多临床应用场景，并进一步验证OCT在新兴"光学活检"技术中的作用。总体而言，这一无代码、多模态的OCT在线平台，把高保真的信号仿真与多模态处理整合进可复现、容器化的云端流程，为肿瘤学等新兴领域的OCT研究与临床转化，提供了一套通用而高效的工具。（来源：先进制造微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.37188/lam.2026.006

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真

实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。
作者：Lev A. Matveev等 来源：《光：先进制造》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发