



梁栋

## 中国科学院深圳先进技术研究院教授梁栋： 新技术实现从“运动去除”转向“运动重建”

心脏电影成像是高加速成像技术的第一个试验场。传统心脏电影成像方法通常依赖多先验联合模型,通过空间和时间等先验信息的精细建模,提升成像质量。

但是,在欠采样与噪声共同作用下形成的复合退化问题,是高加速成像面临的本质难题。在高信噪比条件下,可以实现较高的加速;然而在高加速、低

信噪比条件下,仅依靠时空先验已难以突破图像质量与重建稳定性的双重限制。因此,在实现高倍加速时,对噪声的准确刻画尤为重要。

传统磁共振成像多采用固定形式的噪声假设,如基于 L2 范数的简化建模。这类模型在低加速、规则场景中具有一定的有效性。若在动态成像中引入可学习的噪声建模,使噪声能够通过数据驱动方式进行精细刻画,则可显著拓展成像模型的表达广度。

在电影成像的基础上,技术目标进一步扩展至更广泛的人体运动成像。运动带来的问题不仅表现为伪影和模糊,还包括信息丢失、结构边界不清等

风险的增加。

除心脏和呼吸等可监测的周期性运动,消化道蠕动、吞咽等不可控运动长期缺乏有效的成像解决方案。传统应用场景本质上仍是“以静制动”,对患者配合度和生理状态高度敏感,整体稳定性有限。

将一次长时间的静态采集拆解为多次动态采集,并通过高质量重建对信息进行整合,使运动本身成为成像对象而非干扰因素,可以在不增加扫描时间的前提下,有效降低运动伪影,同时提高图像分辨率和信噪比。

在算子层面,传统深度学习成像方法多采用离散的固定卷积核。对于消

化这类在神经支配下融合了一系列平移、旋转、缩放的复杂运动,离散卷积算子往往只能实现粗略的近似表达。

通过引入基于参数化卷积核的方法,可以直接对连续复杂运动进行建模,在运动状态下稳定提取结构与动态特征。这种更接近物理本质的刻画方式,使动态成像不再局限于规则运动器官,而能够覆盖消化道等高度复杂的生理运动系统。

由此,整体解决方案实现了从“运动去除”到“运动重建”的转变,不再仅在后端进行伪影校正,而是在成像前端直接刻画运动过程,实现“以动制动”。



张树恒

## 联影医疗磁共振事业部研发总监张树恒： 磁共振进入全身 LIVE 摄像时代

uMR Ultra 的意义,在于对磁共振本质的一次重新定义。磁共振不再是只能“拍照”的工具,迎来了全身 LIVE 摄像时代。

长期以来,临床所呈现的磁共振影像,即便在技术高度成熟的今天,影像失真仍在反复发生。其根本原因在于,传统“照相”磁共振的成像方式,本质上是一种“长时间曝光”的照相过程。当一个持续运动的生理场景被压缩在一到两分钟甚至更长时间内完成成像时,真实的运动信息会被时间平均和掩盖,最终只留下模糊的结果。正如水面上游动的小鸭子,在磁共振式“曝光”结束后消失不见,留给观察者的,仅是水面上的倒影,使医生不得不依赖经验去推断真实状态。

当以“摄像”的方式重新观察人体时,呈现出的将是一个完全不同的生

命图景。患者在磁共振中并非静止状态:呼吸持续发生,膀胱及其中的病灶随呼吸运动而位移,直肠、小肠、胃不断蠕动,肠炎患者典型的尺梳征在动态中清晰可见;检查过程中引发的剧烈体动、脑脊液的持续流动,以及眼球和视神经的不自主运动,同样真实存在。

基于这一认知,磁共振必须进入一个新的发展阶段——全身 LIVE 摄像时代。要实现这一目标,磁共振的整体设计逻辑也必须发生根本性转变。正如一台高水平摄像机,必须同时具备高灵敏传感器、高速快门、大流量信号传输能力以及强大的图像处理,真正的摄像磁共振同样依赖四大核心要素的系统性突破。

首先是射频阵列。只有超高密度、高信噪比的线圈,才能在极短时间内获取足够真实、稳定的信号基础。其次是梯度系统,其作用相当于相机的“快门”,只有具备超高性能的梯度,才能在极短时间内完成 K 空间采集,精准捕获高速运动。再次是谱仪与射频架构,LIVE 摄像带来的数据量成倍增长,需要超强的射频系统才能支撑如此高通量的数据传输。最后,也是最关键的一环,是图像处

理器,必须突破传统时间与空间分辨率的限制,才能在高时空分辨率条件下实现高保真的成像效果。

在这一技术路径上,相关探索并非从零开始。早在 2021 年,uAIFI 平台(AI for Image)被提出,人工智能首次被系统性引入磁共振成像领域,为磁共振构建起“类脑中枢”。在此基础上,uAIFI 完成了向 uAIFI LIVE 平台的进化。通过对上述四大核心要素的整体突破,磁共振真正具备了“摄像”的能力。

在硬件层面,uMR Ultra 搭载了 100、200 级别的超级梯度,在大孔径系统中实现了世界级的性能高度;在射频线圈方面,实现了从最高 96 通道的一站式神经-心血管联合扫描成像线圈,到 48 通道、覆盖范围达 920 毫米、接近一米的全身超柔线圈,单一线圈即可完成从胸部、腹部到盆腔的大范围成像,为 T 腹部肿瘤、下肢血管等多部位检查带来显著收益;同时,关节领域实现了 24 通道超柔肩关节线圈和腕关节线圈的全面升级。在射频架构上,系统最高支持 192 个独立接收通道,确保海量数据被完整、精准地采集和传输。

决定 LIVE 成像能否成立的,是图像重建范式的变革。高时间分辨率意味着每一帧数据都极为稀疏,而人体运动又高度无规律,传统逐帧重建方法以及单一 AI 加速模式,均难以应对这一挑战。

为此,超维融合 AI 引擎以磁共振运动基座模型为基础,将时间、空间、相位和对比度等多维信息进行联合建模,采用物理模型与数据驱动相结合的双驱动策略,在提升加速效率的同时,最大限度避免细节丢失和假结构生成,实现影像在时间维度上的连续性和空间维度上的真实性,形成自下而上的金字塔式 AI 架构,最终实现全域高清、贯连与真实还原。

最终,uMR Ultra 不仅在参数层面达到新的高度,更在成像理念上完成了一次关键跨越。在保持磁体均匀性、工作效率和患者舒适度等磁共振核心优势的同时,实现了覆盖全身,全场景、360 度无死角的高级应用能力。

从这一刻起,磁共振真正开始“记录生命本身”。

(3~5 版由本报记者张思玮,李春雨采访整理)