

## 厦门大学电子科学系屈小波教授在 *Medical Image Analysis* 上发表低秩磁共振图像重建重要成果

近日，厦门大学电子科学系/福建省等离子体与磁共振重点实验室在医学图像顶级期刊《*Medical Image Analysis*》(Impact Factor 8.88)上发表论文“Image Reconstruction with Low-rankness and Self-consistency of k-space Data in Parallel MRI” (Xinlin Zhang, Di Guo, Yiman Huang, Ying Chen, Liansheng Wang, Feng Huang, Qin Xu, Xiaobo Qu\*, DOI: 10.1016/j.media.2020.101687, 2020)。

磁共振成像作为一种无辐射、无侵入性和具有很好的软组织成像对比度的成像技术，已经成为医学诊断和治疗必不可少的手段。但如何在保证图像质量和分辨率情况下缩短过长的扫描时间仍是一个挑战。并行成像和稀疏采样技术通过减少采样的数据点可以大幅减少扫描时间。但如何从采集到的有限的數據中高质量地重建出多通道磁共振图像是亟待解决的重要问题。

低秩结构化矩阵方法是一类最新的图像重建方法，最开始被应用在磁共振波谱(Magnetic resonance spectroscopy, MRS)重建中。这类方法将MRS时域自由感应衰减信号(Free induction decay, FID)建模为指数函数的叠加，通过约束由FID构成的Hankel矩阵低秩性进行重建，显示出卓越的重建结果。近年来，MRS的指数函数性质逐步推广到MRI中，即将MRI中k空间建模为指数函数的叠加，约束k空间构成的结构化矩阵低秩进行重建(图1)。

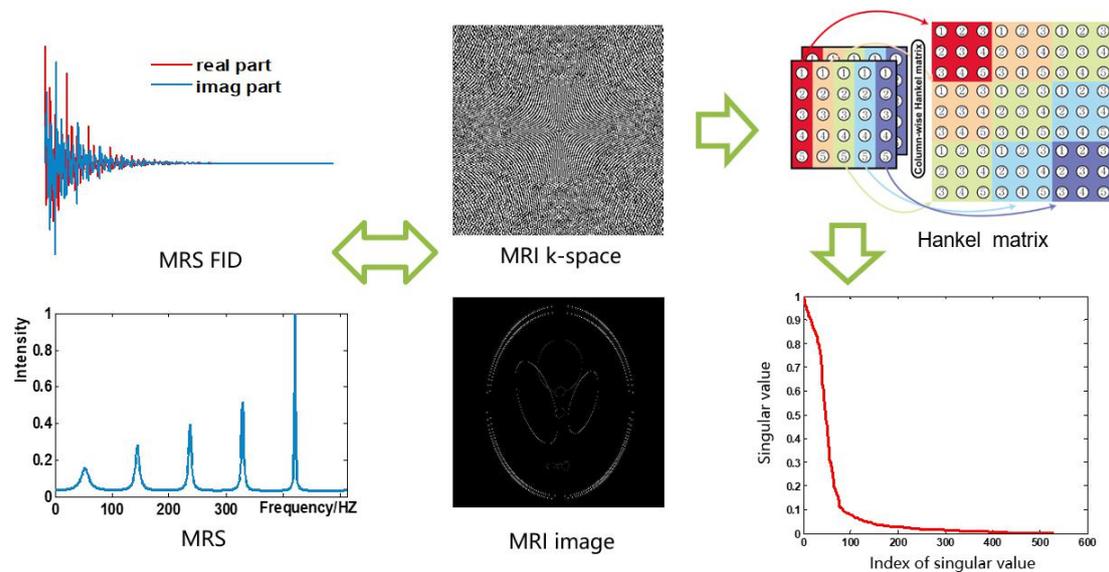


图 1. MRS 和 MRI 中的结构化低秩性

该论文提出了一种基于图像结构化低秩和k空间数据一致性的并行成像磁共振图像重建方法。所提方法将磁共振图像k空间建模为有限个指数函数的和，把磁共振图像的稀疏性转化为

$k$  空间数据的结构化低秩性，通过约束  $k$  空间结构化矩阵的低秩性，来实现图像重建。同时，所提方法还利用了并行成像中的自动校准数据，通过约束  $k$  空间校准数据一致性来提升图像重建质量。

与前沿的并行成像磁共振图像重建方法相比，所提方法的重建图像误差最低，能在抑制采样伪影的同时，很好地保留图像的细节。这意味着，在保证图像同等质量的情况下，所提方法可以进一步降低采样数据量，从而进一步加速扫描过程。此外，所提方法对于并行成像中的校准数据量鲁棒。在扫描过程因实验条件限制无法采集足量校准信号情况下，所提方法仍能可靠重建图像。这给图像扫描选择不同的采样模板提供了很大的灵活性，可以适用于更多的成像场景中。

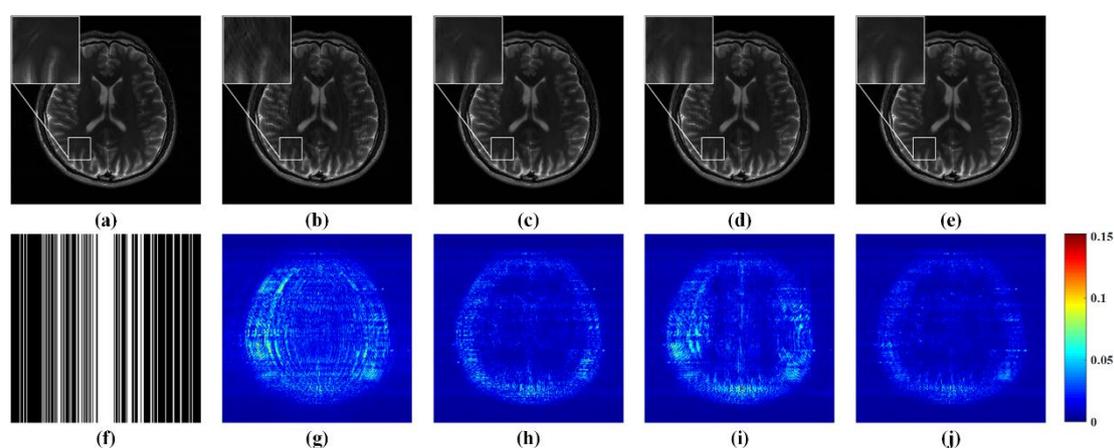


图 2. 3 倍加速下的 4 通道人脑数据重建结果及误差。(a)全采样数据参考图像；(b-e) GRAPPA、 $l_1$ -SPIRiT、ALOHA 和所提方法的重建图像；(f)3 倍加速的采样模板；(g-j)相应的重建误差分布图。(b-e)图的相对二范数误差 RLNE 分别为：0.1335，0.0866，0.1117，0.0735。

该项工作由厦门大学电子科学系屈小波教授及其领导的计算感知实验室成员张心林、黄以满、陈颖，以及信息科学院王连生副教授、厦门理工学院郭迪副教授、东软医疗系统有限公司的黄峰博士、徐勤博士合作完成。厦门大学电子科学系的屈小波教授担任通讯作者。

这项工作得到了国家重点研发计划 (2017YFC0108700)，国家自然科学基金 (61971361、61871341、61811530021 U1632274、61672335 和 61671399)，福建省自然科学基金 (2018J06018)，中央高校基本科研基金 (20720180056)，厦门市科学技术计划 (3502ZZ20183053)、国家留学基金和厦门大学南强拔尖人才计划的资助。

这项工作是屈小波教授及其领导的计算感知实验室一系列指数函数重建工作中的一部分，计算感知实验室还提出了包括磁共振波谱重建、扩散加权图像重建等多个基于指数特性的结构化低秩重建方法，相关论文及代码均可在计算感知实验室网站上下载。

相关链接：

论文链接: <https://doi.org/10.1016/j.media.2020.101687>

代 码 链 接 :

[http://csrc.xmu.edu.cn/project/CS\\_MRI\\_Hankel/Toolbox\\_STDLR\\_SPIRiT.zip](http://csrc.xmu.edu.cn/project/CS_MRI_Hankel/Toolbox_STDLR_SPIRiT.zip)

计算感知实验室: <http://csrc.xmu.edu.cn>

福建省等离子体与磁共振研究重点实验室: <http://pmr.xmu.edu.cn/>