

# 基于空频域融合的 MRI 重建方法分析

曹丁文

岳阳市二人民医院, 湖南 岳阳 414000

[摘要] 在 MRI 图像成型中, 采用空频域融合的方式, 对 MRI 模型加以重建, 能够增强最终的成像效果。基于此, 文章从基于空频域融合的 MRI 重建的合理性展开论述, 详细阐述了将经典压缩感知与深度学习相结合、单域重建模块建设、双域重建模型建设这三项基于空频域融合的 MRI 重建方法实施步骤。

[关键词] MRI 重建; 深度学习; 压缩感知

DOI: 10.33142/sca.v4i2.3836

中图分类号: R445.2; TP391.41

文献标识码: A

## Analysis of MRI Reconstruction Method Based on Space Frequency Domain Fusion

CAO Dingwen

Yueyang Second People's Hospital, Yueyang, Hunan, 414000, China

**Abstract:** In the process of MRI image formation, space-frequency fusion is used to reconstruct the MRI model, which can enhance the final imaging effect. Based on this, this paper discusses the rationality of MRI reconstruction based on space-frequency fusion and elaborates the implementation steps of three MRI reconstruction methods based on space-frequency fusion, which are the combination of classical compressed sensing and deep learning, the construction of single domain reconstruction module and the construction of dual domain reconstruction model.

**Keywords:** MRI reconstruction; deep learning; compressed sensing

### 引言

MRI, 即核磁共振成像, 人们通过基于空频域融合原理, 减少 K 空间采样数据的方法, 借助重建算法来构建 MR 图像, 可以提高 MRI 成像质量, 降低成像成本, 因此, 目前该领域研究者纷纷开展了关于重建算法的研究, 以寻求合理的 MRI 重建方法, 为医学影响分析工作的发展提供助力。

### 1 基于空频域融合的 MRI 重建的合理性

压缩感知理论是一个于上个世纪被提出的一项信息处理理论, 该理论阐述了, 如果某一信号, 在变换领域内, 存在一部分非零值, 那么即便这些非零值仅占一小部分, 人们依然可以运用这些非零值构建出原始信号。其中, 变换领域内的零值即为空频域, 由此可见, 在原始信号的重构中, 空频域被融合压缩, 因此, 该理论也可以被阐述为, 通过将空频域进行融合压缩, 可以有效利用非空域, 重建出原始信号。基于此, 在 MRI 重构的视域下, 该理论又可以被阐述为, 通过空频域融合, 来可以应用非空域, 重构 MRI 的原始信号, 形成一个高还原度的 MRI 图像, 以增强 MRI 重构效果。在此过程中, 主要理论压缩感知理论早已被认证, 且压缩感知理论的核心根据, 信号的稀疏性, 也在 MRI 领域适用, 因此, 基于空频域融合的 MRI 重构存在合理性。

### 2 基于空频域融合的 MRI 重建方法

#### 2.1 将经典压缩感知与深度学习相结合

##### 2.1.1 经典压缩感知理论基础

在经典压缩感知理论下, MRI 仪器需要采集 K 空间数据作为成像依据, 因此, 可以了解到, 仪器所采集的信息, 不是空域中的图像, 而是这些图像的对应频域数据, 同时, 由于仪器所采集信号处于傅里叶变换领域内, 且傅里叶变换具有全局性的特点, 由此可以得知, K 空间内, 每一个数据点均能够容纳全图像的信息。基于此, 将空频域予以融合处理, 并不会造成部分图像的永久丢失, 反而可以借此去除其中的干扰信息, 改善图像的质量。基于此, 可以根据经典压缩感知理念, 以空频域压缩的方式, 仅使用少量的 K 空间观测数据, 开展 MRI 的重建, 构建出一个完整的 MRI 图像。在此过程中, K 空间观测数据使用量的减少, 会使得干扰数据也同步减少, 能够提高 MRI 成像质量。但事实上, 上述重建流程实施, 必须借助存在迭代优化需求与最优解求解需求的重建算法, 而在传统操作条件下, 这种算法的结果精度、

效率均无法达到临床应用要求，导致 MRI 重建方法的落实受限。

### 2.1.2 深度学习理论基础

深度学习理论是人工智能领域内的一种计算、算法理论，其阐述了，可以通过模型计算，来模拟人的学习过程，以不断提高对某种算法的计算精度、准确度的理论。其中，深度卷积神经网络这一深度学习算法结构，与人类的视觉皮层体系结构极为相似，能够通过初始层的简单识别，将所识别的信息组合在一起，总结出更加复杂的信息，由此，该深度学习算法结构能够有效支持对丰富图像的识别，具有较高的精度。此外，该算法模型还具有拟合任意复杂函数的功能，且能够基于不同的目标函数，进行相应的拟合操作，并得到所需的拟合效果。在此过程中，深度学习模型不存在迭代优化、最优求解需求，待训练完毕后，仅借助一次向前传递，即可实现计算，使模型算法计算时长得到了大幅度的缩短。基于此，将其应用到医学影像诊断中，能够提高诊断结果生成效率，增强诊断工作效果。

### 2.1.3 两者融合的理论基础

在 MRI 重构中，可以按照经典压缩感知理论构建整体的重构流程，然后将深度学习模型作为其中的重构算法，从理论上来说，这样可以有效消除传统迭代优化、最优求解重构算法为空频域融合下，MRI 重构方法的应用所带来的限制，有助于医学影像分析工作水平的提升。在此过程中，可以考虑采用卷积神经网络模型，并构建复数残差模块，结合空间矫正层，形成 K 空间重建模型，然后将其与图像域模型进行整合，实现双域重建，融合空频域，重构出 MRI 图像。其中，复数残差模块构建的目的主要是将原始数据予以收集整理，形成有序模块，然后通过搭建重建模型，将该原始数据应用到图像重建中，以得出更加真实、可靠的 MRI 图像还原成果，完成基于空频域融合的 MRI 重建方法的理论基础奠定。

## 2.2 单域重建模块建设

### 2.2.1 复数残差模块

K 空间中，仪器需要收集的数据均为复数数据，这种数据相较于其他类型数据值具有更优越的表征性能，因此，在深度学习模型建设中，可以将其作为卷积网络感知层的感知基础。基于此，在重构算法建设中，需要先构建一个复数残差模块，作为原始数据收集工具。在模块的建设中，可以将复数数据表示为， $z=a+ib$ ，其中， $z$  为复数， $a$  为虚部、 $b$  为实部。考虑到当前的卷积计算大多都是基于实值，因此，采用实值卷积来模拟复数卷积，以构建出卷积模块。在此过程中，可以将实部、虚部的权重分开，运用实数卷积，迅速完成复数的卷积运算。但在实际应用中，复数残差模块中，除了包含四个复数卷积层，还具有三个非线性激活层，其主要作用是保证该模块内所包含原始数据信息的衔接，以及与卷积感知层的衔接。一般来说，该非线性激活层的构建通常会采用 LReLU 函数。但为了降低训练难度，往往需要在该函数中加设一个跳跃连接，这样非线性映射函数所学到的内容，仅通过简单的相加即可实现积累，无需向网络模块中加入额外的参数量，因此，可以有效避免梯度过小或过大，造成的梯度消失、梯度爆炸问题，从而全面优化深度学习模型的训练效果，使其迅速具备有效采集复数数据的能力，为后续的 MRI 重构奠定基础<sup>[1]</sup>。

### 2.2.2 K 空间重建模型

就目前来看，DCCNN 是目前最为行之有效的图像域重建模型，其他的图像域重建模型均为基于该模型加以改动而形成的，因此，可以直接该模型框架应用到 MRI 的重构中，并基于该重建模型，构建出 MRI 重构所需的 K 空间重建模型，然后深度学习算法，即可以 K 空间重建模型为平台，对 MRI 图像予以重构，实现空频域融合下，MRI 图像的重构，为医学影像分析工作提供助力。在 K 空间重建模型建设中，可以沿用图像域重建模型的整体结构，然后针对任务函数方面，加以改动，以满足 MRI 图像重构需求。在此过程中，图像域重建模型所以演示的是一个带伪影 MR 图像，映射成为清晰图像的程序，而 K 空间重构模型需要，采样空间数据到全采样空间数据的映射，因此，应将相应的目标函数内容进行改善，以得出所需的映射结果。此外，图像域重建模型中矫正层的运行程序为，将 MR 图像设置到 K 空间内，再进行矫正，而 K 空间重构模型本身就需要基于 K 空间来建设，不需要图像的空间变换，因此，需将转换部分的函数内容予以精简，由此构建出一个符合 MRI 图像重构需求的 K 空间重构模型，为后续的空域融合奠定基础<sup>[2]</sup>。

## 2.3 双域重建模型建设

经过上述论述，人们可以用复数残差模块结合矫正层，结合对图像域模型架构的借鉴，构建出 K 空间模型，然后将 K 空间模型与图像域模型予以整合，即可构建出双域重建模型，使空频域得以被压缩融合，实现 MRI 图像的重构。一般来说，如果低层语义、高层语义之间存在相互约束的关系，那么该模型将具备更好的 MRI 重建功能，例如：在模

型运行中, 高层语义负责阐释图像结构, 定位结构性伪影, 但此时, 若存在低层意义, 对高层语义阐释内容的精确度加以约束, 显然会使最终结果更加精准。基于此, 如果能够在空、频两个域, 进行图像重构, 然后再加以融合, 可以借助这两个域的不同语义特征, 排除干扰因素, 重构出高质量的 MRI 图像。此外, K 空间中每一点都是整体图像积分计算的结果, 因此, 如果非线性函数具有足够的逼近能力, 那么其就可以通过挖掘 K 空间内数据点的内在结构, 来进行图像重构, 而在此过程中, 即可应用空频域的融合来验证重建成果, 因此, 需围绕空、频域的融合, 来运用 K 空间重建模型以及图像域模型<sup>[3]</sup>。

基于此, 从本质上来说, 双域重建模型建设可以阐述为, 以空频域融合为目标, 将 K 空间重建模型以及图像域模型予以重叠, 利用空、频域之间的特征差异, 过滤干扰数据, 并利用少部分有效、高质量的 K 空间数据, 来进行 MRI 图像的重构。在此过程中, 由于 K 空间模型采用了深度学习理论下的卷积运算模型, 能够通过复数残差模块提取原始数据特征, 并将这些特征予以归纳和总结, 以识别出更加复杂的特征, 最终达到识别、重构图像的效果, 同时, 结合空频域融合对干扰数据的清除作用, 可以使最终重构的图像具备更高的质量, 有助于医疗图像分析工作水平的发展。

但在此过程中, 将上述图像重构方法有效运用到实际的医疗图像分析中, 需要基于上述的模型重构流程, 进行相应的软件程序编程, 才能有效实现实施该项 MRI 图像重构方法, 因此, 应当注意做好上述模型、模型融合的阐释, 以及基层设计, 确保上述重构方法能够顺利应用到现实的医疗影像分析中, 同时, 还要注意, 待程序设计完毕后, 还要进行实验验证, 以确认双域融合的效果。在实验过程中, 需要建立一套完善的评价指标, 并明确各个指标值的计算方法, 且应当保障指标值计算的可行性, 以及指标本身表意的清晰和具体, 增强指标评价的准确性。此外, 还要配置好实验设施, 并在实验之前加以调试、检查, 确认配套设施性能无问题后, 才能开始实验, 提高实验验证结果的参考价值, 为该重建方法的应用提供依据。

### 3 结论

综上所述, 有效落实 MRI 重建方法, 能够提升核磁共振成像领域的发展水平。在 MRI 重建中, 借助相应的重建方法, 可以准确定位空频域融合的理论依据与方向、构建出所需的 MRI 重建算法模型, 从而改善 MRI 成像的流程, 为医学影响分析工作的开展提供有利条件。

#### [参考文献]

- [1] 宋传鸣, 洪旭, 刘定坤. 空-频域联合的交通监控视频去雨方法[J]. 模式识别与人工智能, 2020, 33(9): 852-866.
- [2] 宋传鸣, 洪旭, 王相海. 空-频域联合投票的交通视频阴影去除方法[J]. 计算机科学, 2020, 47(5): 129-136.
- [3] 耿君. 基于轮廓图像空频域特征的舞蹈翻腾姿态识别模型[J]. 现代电子技术, 2019, 42(24): 146-149.

作者简介: 曹丁文 (1975.12-), 男, 毕业院校: 中南工业大学, 现就职单位: 湖南省岳阳市二人民医院。