

doi:10.1631/FITEE.1400423

题目: 基于多尺度 UDCT 域字典学习及分块约束型分裂增广拉格朗日收缩算法的高度欠采样磁共振图像重构

目的: 针对现有预定义分析型变换和图像域单尺度字典在稀疏表示中存在的不足, 从寻求最优的稀疏先验信息和探索重构最优化问题的有效数值求解算法以适用于相应稀疏化结构两个方面, 基于 CS 理论开展通过欠采样 k 空间数据重构高质量 MR 图像的研究, 提出改进方法, 从而达到改善重构图像质量的目的。

创新点: 改进了基本的字典学习模型, 提出了一种基于均匀离散 Curvelet 变换 (Uniform Discrete Curvelet Transform, UDCT) 域多尺度字典学习的稀疏化模型, 并应用于 CS-MRI 重构。为适应多尺度分层和分块稀疏化结构, 进一步扩展约束型分裂增广拉格朗日收缩方法, 并用于模型的数值求解。

方法: 文中图 2 为提出的 UDCT 域多尺度字典学习的 CS-MRI 重构方法的流程框图。如算法 2 中描述, 整个 UDPC 方法包含两个阶段: 多尺度字典学习阶段和 PB C-SALSA 重构阶段。在 UDCT 域多尺度字典学习阶段, 提出的模型通过在 UDCT 的多尺度结构上训练过完备字典来构建。构造的 UDCT 域多尺度字典融合了多分辨率特性与字典学习的自适应数据匹配能力。在重构问题的求解过程中, 将训练字典的稀疏先验信息引入到重构模型中, 对分块约束型分裂增广拉格朗日算法进一步扩展以适应于多尺度字典结构。该算法能够稳定快速地收敛, 从而重构出高质量的 MR 图像。

结论: 相比于仅使用预定义的分析型变换和图像域单尺度字典稀疏先验, 该稀疏化模型能够用更少的稀疏系数自适应地匹配图像在多尺度多方向的各种结构成分, 有利于保留 MR 图像不同分辨率的精细特征和重构的快速收敛。提出的方法显著改善了高度欠采样情况下重构图像的质量, 充分体现了 UDCT 域多尺度字典学习稀疏化模型的优势以及扩展的数值求解算法的有效性和稳定性。

关键词: 压缩感知; 磁共振成像; 均匀离散 curvelet 变换; 多尺度字典学习; 分块约束型分裂增广拉格朗日收缩算法