能谱 CT 图像重建中非凸问题的拓展原始对偶算法框架

高宇

摘 要

能谱 CT 相对常规 CT 在伪影抑制、对比度提升以及物质区分等方面具有明显优势，因此得到了广泛的关注. 本文主要研究了能谱 CT 图像重建中一类非凸且可能非光滑优化问题的算法和理论. 利用能谱 CT 前向算子每个分量的凸性，本文提出了一个扩展的原始对偶算法框架. 基于该算法框架，本文推导得到了六种不同的迭代格式或算法，同时建立了它们与一些现有算法的关系. 在适当的条件下，本文证明了这些格式对一般情况的收敛性. 此外，当提出的迭代格式用于求解能谱 CT 图像重建问题的具体模型时，即含非负约束的全变分正则化非线性最小二乘模型，本文利用前向算子的特殊性质同样证明了这些迭代格式的收敛性. 数值实验验证了这些迭代格式在重建体模和实际 CT 图像中的准确性、收敛性和稳定性，其中投影数据是在不同能谱下使用几何不一致射线的扫描配置模拟生成的稠密数据和稀疏数据. 无论投影数据是否含有噪声，实验结果均表明这些格式的数值表现非常相似，重建的图像和对应的真实图像在视觉和定量指标上都十分接近. 最后本文进一步分析了这些格式的计算复杂性，并讨论了该算法框架在其它非线性成像中的应用.

关键词：扩展原始对偶算法框架，非凸问题，凸性，能谱 CT 图像重建，非线性成像