

《磁共振图像重建算法》

商国灿 管智慧 田校校 陈圆圆

2018-6-27

the page left bank!

前言

磁共振图像重建问题作为磁共振成像领域的关键技术，也是十分基础的研究课题，自磁共振成像诞生以来，一直就是关键需要突破的技术。

磁共振图像重建问题历经了 45 年，已经大致发展出三大类的磁共振图像重建算法，第一类是基于解析法的图像重建算法；第二类是基于迭代法的图像重建算法；第三类是基于学习方法的图像重建算法。

基于解析法的重建算法主要是指利用 Radon 变换，二维反傅里叶变换等来进行重建，迭代公式等来进行重建图像；基于迭代法的图像重建算法很大部分是在压缩感知的框架进行改进，比如加上正则化项，先验信息，最后归结为凸优化问题；基于学习的方法则是使用深度学习的方法，通过有监督学习和无监督学习等方法来得到比较好的参数模型，从而去逼近原始图像。

第一章主要介绍磁共振重建问题的概述，研究背景，以及其数学语言表示，同时也给出 MRI 重建后的图像质量评价指标，最后介绍了研究磁共振重建算法的一些开放的实验数据集，开源的算法包，以及相关研究人员研究机构，论文分类。

第二章到第四章分别分为解析法、迭代法、学习法三类算法来对磁共振重建算法展开论述，本书注重理论与工程实践相结合，每一个算法都以 MATLAB, Python, C++ 三种编程语言从工程角度加以实现，并在最后一章加以总结，写成了三种平台下的软件，并且配有 API 文档，可以十分方便读者研究读磁共振图像重建算法。

第五章则研究了 MRI 图像超分辨率重建算法

第六章则从不同的角度来考虑对 MRI 图像重建进行加速。主要体现在以下几个方面：利用 GPU 加速 MRI 磁共振重建算是从工程技术的角度来是实现的，降采样，同时多层 (SMS) 是从数据采集的角度来实现的，压缩感知重建则是从理论角度来实现的，多线圈并行采集则是从 MRI 硬件的角度来实现的，单射多射 (Single Shot, Multi-Shot)，小翻转角则是从脉冲序列的角度来实现的，总之就是加速 MRI 成像

第七章则研究了 MRI 图像中各种伪影的校正问题，以及部分容积效应问题。

第八章则研究了一下磁共振图像重建领域的一些前沿技术，比如并行成像，定量成像，多参数成像，磁共振指纹成像。

第九章则是从工程技术角度实现磁共振图像重建的所有算法的代码，分为单个算法的版本和集成后的软件版本，都以 MATLAB, Python, C++ 三种编程语言实现了，方便读者研读磁共振图像重建算法。

本书作者

商国灿： 目前就读于中南民族大学，从事磁共振指纹技术，磁共振图像重建以及深度学习的研究。

管智慧：

田校校：

陈圆圆：

目录

第一章 MRI 图像重建问题概述	9
1.1 MRI 图像重建问题背景介绍	9
1.1.1 MRI 成像过程简介	9
1.1.2 MRI 重建问题概述	9
1.2 MR 重建图像性能评价指标	9
1.2.1 MRI 图像的几个概念	9
1.2.2 常用的评价指标	9
1.3 常用 MRI 实验数据集及软件算法包	9
1.3.1 实验数据集	9
1.3.2 软件算法包	9
1.3.3 相关的关键词	9
1.3.4 相关研究人员及研究机构	9
1.3.5 论文收集分类	9
1.4 小结	9
第二章 基于解析法的 MRI 图像重建算法	10
2.1 经典的 Radon 算法	10
2.2 傅里叶重建算法	10
2.3 小结	10
第三章 基于迭代法的 MRI 图像重建算法	11
3.1 基于 FBP 的重建算法	11
3.2 基于压缩感知的重建算法	11
3.2.1 CS-TV 算法	11
3.2.2 基于 L_1, L_2, L_p 范数的压缩感知重建算法	11
3.2.3 基于 ADMM 的压缩感知重建算法	11
3.2.4 基于低秩的压缩感知重建算法	11
3.3 小结	11
第四章 基于学习法的 MRI 图像重建算法	12
4.1 字典学习算法	12
4.2 流行学习算法	12

4.3	深度学习算法	12
4.3.1	有监督学习	12
4.3.2	无监督学习	12
4.4	小结	12
第五章	MRI 超分辨率图像重建算法	13
5.1	超分辨率图像重建问题	13
5.2	MRI 超分辨率重建算法	13
5.2.1	传统 MRI 超分辨率重建算法	13
5.2.2	基于深度学习的 MRI 超分辨率图像重建算法	13
5.3	小结	13
第六章	磁共振重建算法加速	14
6.1	基于 GPU CUDA 加速	14
6.2	基于数据采集的加速	14
6.3	小结	14
第七章	MRI 伪影校正	15
7.1	运动伪影	15
7.2	条状伪影	15
第八章	前沿研究热点	16
8.1	SMS	16
8.2	MRF	16
8.3	Parallel Imaging	16
8.4	Quantitative Imaging	16
8.5	小结	16
第九章	MRI 图像重建算法包工程开发	17
9.1	基于 MATLAB 平台开发	17
9.2	基于 Python 平台开发	17
9.3	基于 C++ 平台开发	17

表格

插图

2.1 Caption 10

1 Caption 19

第一章 MRI 图像重建问题概述

1.1 MRI 图像重建问题背景介绍

1.1.1 MRI 成像过程简介

1.1.2 MRI 重建问题概述

1.2 MR 重建图像性能评价指标

1.2.1 MRI 图像的几个概念

1.2.2 常用的评价指标

1.3 常用 MRI 实验数据集及软件算法包

1.3.1 实验数据集

1.3.2 软件算法包

1.3.3 相关的关键词

1.3.4 相关研究人员及研究机构

1.3.5 论文收集分类

1.4 小结

第二章 基于解析法的 MRI 图像重建算法

2.1 经典的 Radon 算法

2.2 傅里叶重建算法

采集的 k 空间数据经 2 维反傅里叶变换可以得到重建后的 MRI 图像，原理如下

$$\rho(x, y) = \int \int_{-\infty}^{+\infty} S \quad (2.1)$$

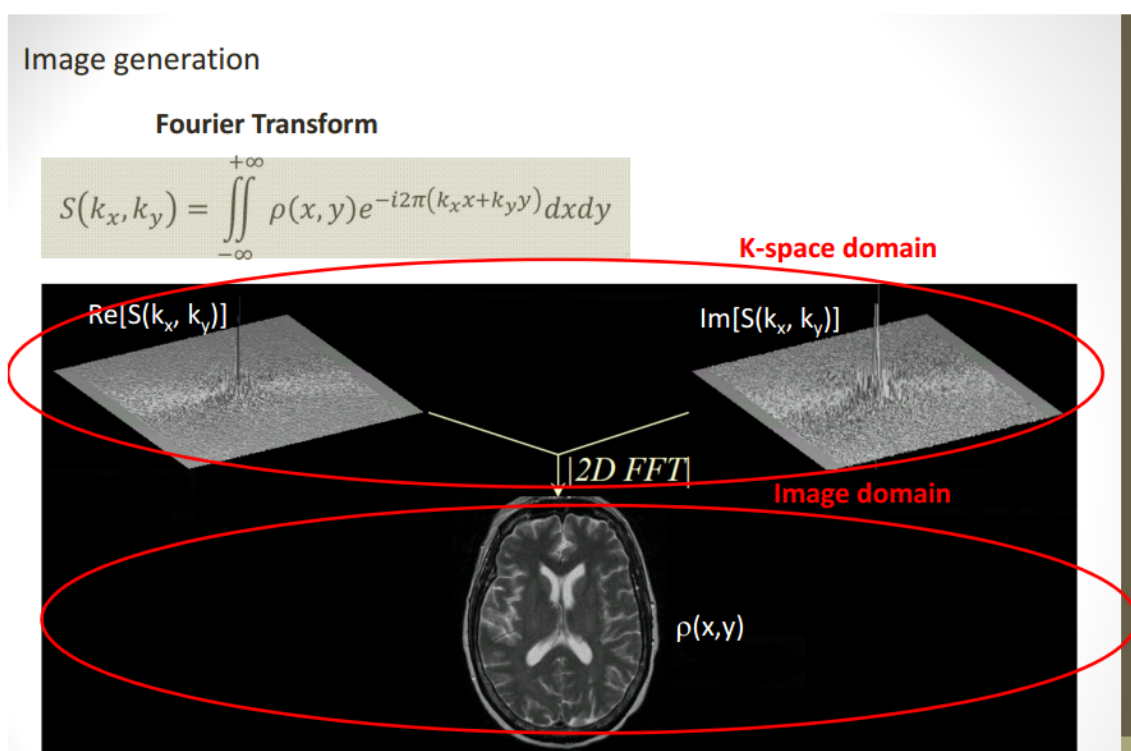


图 2.1: Caption

2.3 小结

第三章 基于迭代法的 MRI 图像重建算法

3.1 基于 FBP 的重建算法

3.2 基于压缩感知的重建算法

3.2.1 CS-TV 算法

3.2.2 基于 L_1, L_2, L_p 范数的压缩感知重建算法

3.2.3 基于 ADMM 的压缩感知重建算法

3.2.4 基于低秩的压缩感知重建算法

3.3 小结

第四章 基于学习法的 MRI 图像重建算法

4.1 字典学习算法

4.2 流行学习算法

4.3 深度学习算法

4.3.1 有监督学习

CNNs, RNNs

4.3.2 无监督学习

GANs, AutoEncoders, MLP

4.4 小结

第五章 MRI 超分辨率图像重建算法

5.1 超分辨率图像重建问题

5.2 MRI 超分辨率重建算法

5.2.1 传统 MRI 超分辨率重建算法

5.2.2 基于深度学习的 MRI 超分辨率图像重建算法

5.3 小结

第六章 磁共振重建算法加速

6.1 基于 GPU CUDA 加速

6.2 基于数据采集的加速

6.3 小结

第七章 MRI 伪影校正

7.1 运动伪影

7.2 条状伪影

第八章 前沿研究热点

8.1 SMS

8.2 MRF

磁共振指纹 [?] (Magnetic Resonance Fingerprinting, MRF) 技术于 2013 年由 Mark Griswold 等人在 Nature 杂志上首次提出，它是一种新颖的多参数定量成像技术。

8.3 Parallel Imaging

8.4 Quantitative Imaging

8.5 小结

第九章 MRI 图像重建算法包工程开发

9.1 基于 MATLAB 平台开发

9.2 基于 Python 平台开发

9.3 基于 C++ 平台开发

附录

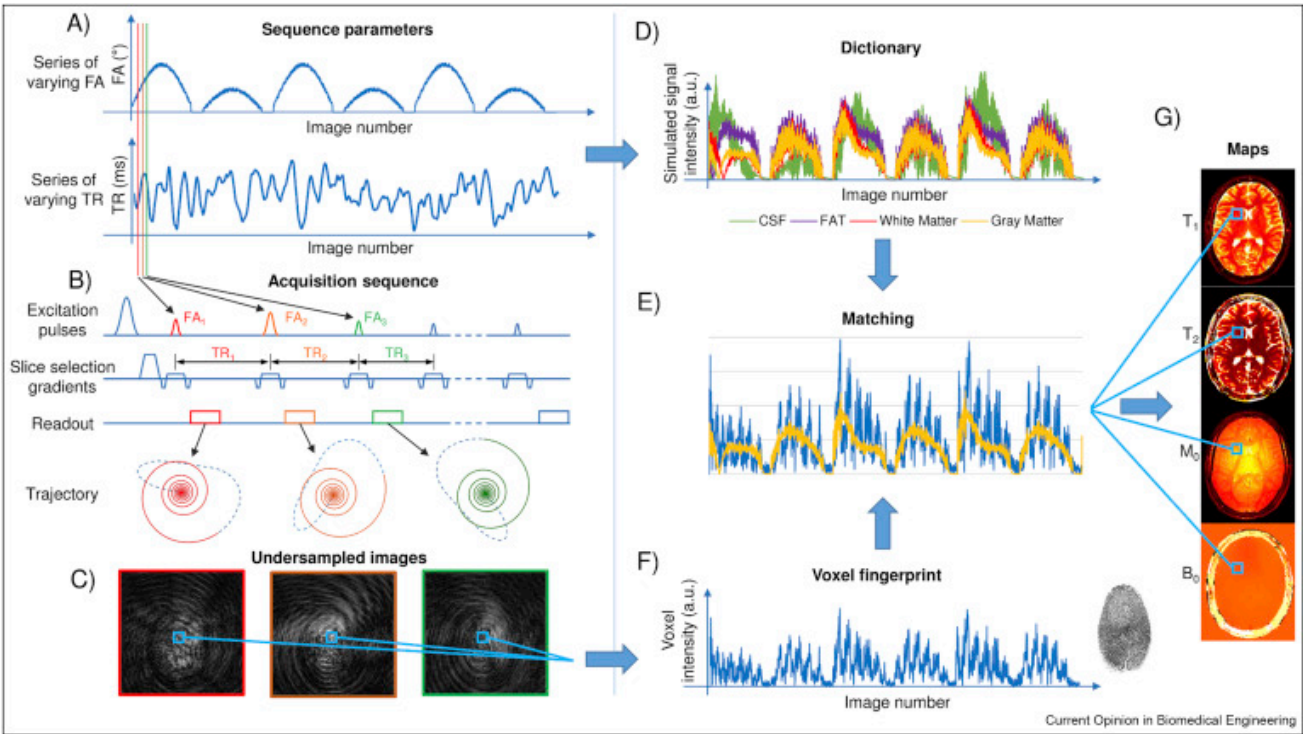


图 1: Caption