

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 33120131152863

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于数据加权和 split-Bregman 算法的
快速定量磁化率反演

Fast quantitative susceptibility inversion based on data
weighting and split-Bregman algorithm

郑志伟

指导教师: 蔡淑惠 教授

专业名称: 电子与通信工程

论文提交日期: 2016 年 月

论文答辩日期: 2016 年 月

学位授予日期: 2016 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2016 年 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（核磁共振）课题（组）的研究成果，获得（核磁共振）课题（组）经费或实验室的资助，在（厦门大学核磁共振）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目录

中文摘要	I
英文摘要	III
第一章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 定量磁化率成像的临床应用	2
1.2.1 基于顺磁性血红素铁的应用.....	2
1.2.2 基于顺磁性非血红素铁的应用.....	3
1.2.3 基于抗磁性物质的应用.....	4
1.3 定量磁化率成像的原理与重建	5
1.3.1 定量磁化率成像基本原理.....	5
1.3.2 定量磁化率成像的重建流程.....	7
1.4 论文结构	8
1.5 本章小结	9
参考文献	9
第二章 定量磁化率成像中的局部场图获取.....	12
2.1 引言	12
2.2 场图拟合	12
2.2.1 线性拟合.....	13
2.2.2 非线性拟合.....	14
2.3 相位解缠绕	15
2.3.1 拉普拉斯法.....	16
2.3.2 区域生长法.....	17
2.4 背景场去除	18
2.4.1 高通滤波法.....	19
2.4.2 基于偶极场拟合的方法.....	20

2.4.3 基于拉普拉斯方程的方法.....	21
2.4.3.1 SHARP.....	21
2.4.3.2 RESHARP.....	22
2.4.3.3 LBV.....	23
2.5 本章小结	25
参考文献	26
第三章 定量磁化率成像中的反演问题	28
3.1 引言	28
3.2 傅里叶域反演方法	29
3.2.1 k 空间阈值截断法.....	29
3.2.2 迭代替换法.....	30
3.3 空间域反演方法	31
3.3.1 总变分约束的反演方法.....	32
3.3.2 基于形态学相似性的反演方法.....	34
3.3.3 快速的 L1 范数反演方法	36
3.4 本章小结	38
参考文献	38
第四章 基于数据加权和 split-Bregman 算法的快速磁化率反演	42
4.1 引言	42
4.2 基于数据加权和 split-Bragman 算法的快速磁化率反演.....	42
4.2.1 数据权重矩阵.....	42
4.2.2 数据加权与 split-Bragman 算法的结合.....	43
4.3 实验数据与方法	45
4.3.1 脑模型数据.....	45
4.3.2 钆模型实验数据.....	46
4.3.3 真实脑实验数据.....	46
4.3.4 数据处理和参数选择.....	46
4.3.5 反演方法.....	47

4.4 结果	47
4.4.1 脑模型.....	47
4.4.2 钆模型.....	48
4.4.3 真实人脑.....	49
4.4.4 阈值 $\nabla^2\varphi_{\max}$ 和 $\nabla^2\varphi_{\min}$ 的影响	51
4.5 讨论	51
4.6 本章小结	53
参考文献	53
第五章 总结与展望	55
5.1 总结	55
5.2 展望	56
论文发表情况	59
致谢.....	61

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Contents

Chinese abstract	I
English abstract	III
Chapter 1 Preface	1
1.1 Introduction	1
1.2 Clinical applications of QSM	2
1.2.1 Paramagnetic heme iron-based applications.....	2
1.2.2 Paramagnetic nonheme iron-based applications.....	3
1.2.3. Diamagnetic biomaterial-based applications.....	4
1.3 Principles and reconstruction of QSM	5
1.3.1 Basic principles of QSM.....	5
1.3.2 Procedure of QSM reconstruction.....	7
1.4 The structure of this thesis	8
1.5 Summary	9
References	9
Chapter 2 Acquisition of local field in QSM	12
2.1 Introduction	12
2.2 Field fitting	12
2.2.1 Linear fitting.....	13
2.2.2 Nonlinear fitting.....	14
2.3 Phase unwrapping	15
2.3.1 Laplacian method.....	16
2.3.2 Region-grow method.....	17
2.4 Background removing	18
2.4.1 High-pass method.....	19
2.4.2 The method based on dipole field fitting.....	20
2.4.3 The methods based on Laplacian equation.....	21
2.4.3.1 SHARP.....	21

2.4.3.2 RESHARP.....	22
2.4.3.3 LBV.....	23
2.5 Summary.....	25
References.....	26
Chapter3 Inversion of susceptibility in QSM.....	28
3.1 Introduction.....	28
3.2 Fourier-domain inversion methods	29
3.2.1 Truncated k-space division	29
3.2.2 Iterative substitution method.....	30
3.3 Space-domain inversion methods	31
3.3.1 Total variation based inversion method	32
3.3.2 Morphology enabled dipole inversion method	344
3.3.3 Fast L1-regularized inversion method	36
3.4 Summary.....	38
References.....	38
Chapter 4 Fast quantitative susceptibility inversion based on data weighting and split-Bregman algorithm.....	42
4.1 Introduction.....	42
4.2 Data weighting and its combination with split-Bregman algorithm	42
4.2.1 Data weighting matrix.....	42
4.2.2 Combination of data weighting and split-Bregman algorithm	43
4.3 Experimental data and method	45
4.3.1 Brain phantom data	45
4.3.2 Gadolinium phantom data.....	46
4.3.3 In vivo brain data	46
4.3.4 Data processing and parameter selection.....	46
4.3.5 method.....	47
4.4 Results	47

4.4.1 Brain phantom.....	47
4.4.2 Gadolinium phantom	48
4.4.3 In vivo brain.....	49
4.4.4 Influence of $\nabla^2\varphi_{\max}$ and $\nabla^2\varphi_{\min}$	51
4.5 Discussion.....	51
4.6 Summary.....	53
References.....	53
Chapter 5 Summary and prospect	55
5.1 Summary.....	55
5.2 Prospect.....	56
Publications	59
Acknowledgements	61

厦门大学博硕士学位论文摘要库

作者姓名: 郑志伟

论文题目: 基于数据加权和 split-Bregman 算法的快速磁化率反演

作者简介: 郑志伟, 男, 1990 年 2 月出生, 2013 年 9 月师从厦门大学蔡淑惠教授, 于 年 月获硕士学位

中 文 摘 要

定量磁化率成像 (Quantitative Susceptibility Mapping, QSM) 是磁共振成像 (Magnetic Resonance Imaging, MRI) 中一项新兴的可用于研究组织特性和功能的技术。作为一种组织内在的物理特性, 磁化率可以反映组织的铁含量、钙化、血氧饱和度等。因此, 利用定量磁化率成像, 可以有效地对这些信息进行定量分析。最近, 定量磁化率成像已经能够为脑出血、多发性硬化症、帕金森综合症、阿尔茨海默病等神经疾病的检测和研究提供帮助。

虽然有着广泛的应用前景, 但定量磁化率图像的重建却是一个复杂的过程。通常, QSM 由梯度回波序列 (gradient echo, GRE) 获取磁共振数据。与常见的磁共振成像技术利用数据的幅值信息不同, QSM 主要使用数据的相位信息重建组织的磁化率分布图。这个过程包括相位图到组织局部场图的转化和局部场图到磁化率分布的反演两个部分, 其中第一个部分又分成场图拟合、相位解缠绕, 以及背景场去除三个步骤。另一方面, 由于描述局部场图与磁化率之间关系的偶极核 (dipole kernel) 在魔角附近的锥面区域有零值存在, 局部场图到磁化率的反演需要解决一个不适定的反问题, 这是 QSM 重建过程中的核心问题。

本文首先将对定量磁化率成像的基本原理以及当前的主要临床应用进行概述, 并详细介绍定量磁化率成像的重建过程及主要方法。针对定量磁化率成像中的不适定反演问题, 本文提出一种利用数据加权和梯度先验, 并与 split-Bregman 算法相结合的快速磁化率反演方法。其中数据加权和梯度先验用于抑制磁化率图像中的伪影, 而与 split-Bregman 算法的结合则大大提高重建的速度。仿真和实验结果表明, 该方法不仅可以得到高质量的磁化率图像, 其重建速度也比其它高质量的定量磁化率图像重建方法快。

【关键词】 定量磁化率成像; 磁化率重建; 快速反演

厦门大学博硕士论文摘要库

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.