

学校编码：10384
学号：33320141152837

分类号_____密级_____
UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于分类正交字典训练的图像稀疏重建

Fast Multiclass Dictionaries Learning with Geometrical
Directions in Sparse Image Reconstruction

占志芳

指导教师姓名：屈小波 副教授

专业名称：电子与通信工程

论文提交日期：2017年 月

论文答辩时间：2017年 月

学位授予日期：2017年 月

答辩委员会主席：_____

评 阅 人：_____

2017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()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()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

名词缩写中英文对照表

ADMC	Alternating Direction Method with Continuation 渐进策略的交替方向法
ADMM	Alternating Direction Method of Multipliers 交替方向乘法
AMF	Adaptive Median Filtering 自适应中值滤波
BPFA	Beta Process Factor Analysis 贝塔过程因子分析
CS	Compressed Sensing 压缩感知
CS-MRI	Compressed Sensing - Magnetic Resonance Imaging 压缩感知磁共振成像
DLMRI	Dictionary Learning in MRI 磁共振成像中的字典训练
DTCWT	Dual-Tree Complex Wavelet Transform 双树复数小波变换
FDL	Fast Dictionary Learning 快速字典训练
FDLCP	FDL on Classified Patches 分类图像块的快速字典训练
ISTA	Iterative Soft-Thresholding Algorithm 迭代软阈值算法
K-SVD	K-SVD 算法
MF	Median Filtering 中值滤波
MRI	Magnetic Resonance Imaging 磁共振成像
NLS	Iterative Nonlocal Shrinkage Algorithm 迭代非局部收缩算法
OMP	Orthogonal Matching Pursuit 正交匹配追踪
PANO	Patch-Based Nonlocal Operator 非局部图像块算子
PBDW	Patch-Based Directional Wavelets 图像块方向性小波
PBDWS	PBDW in the SDIWT Domain 小波域的图像块方向性小波
pFISTA	Projected Fast Iterative Soft-Thresholding Algorithm 快速软阈值迭代投影算法

PSNR	Peak Signal-to-Noise Ratio 峰值信噪比
RIP	Restricted Isometry Property 约束等距性
RLNE	Relative l_2 Norm Error 相对 l_2 范数误差
SIDWT	Shift-Invariant Discrete Wavelets Transform 平移不变离散小波变换
SMF	Switching Median Filtering 开关中值滤波
SSIM	Structural Similarity Index 结构相似性指标
SVD	Singular Value Decomposition 奇异值分解
TR	Repetition Time 重复时间
TE	Echo Time 回波时间
WaTMRI	Wavelet Tree Sparsity MRI 基于小波树稀疏性的磁共振成像
WMF	Weighted Median Filtering 加权中值滤波

目 录

摘 要	i
ABSTRACT	iii
第一章 绪论	1
1.1 压缩感知基础	1
1.2 图像稀疏重建	3
1.3 图像的稀疏表示	5
1.4 本文研究内容	6
第二章 基于分类正交字典训练的磁共振图像重建	7
2.1 引言	7
2.2 背景	8
2.2.1 CS-MRI 重建模型.....	8
2.2.2 快速正交字典训练.....	9
2.3 本章提出的方法	10
2.3.1 分类快速正交字典训练.....	10
2.3.2 图像块按几何方向分类.....	11
2.3.3 分类正交字典训练.....	12
2.3.4 用分类字典进行稀疏重建.....	15
2.3.5 重建模型的数值算法.....	16
2.3.6 本章方法完整的流程.....	17
2.4 实验结果	18
2.4.1 水膜图像重建实验.....	20
2.4.2 脑部图像重建实验.....	21
2.4.3 重建的计算时间.....	24
2.4.4 参数设置的讨论.....	25
2.4.5 与其他典型方法对比.....	27
2.5 本章小结	30
第三章 基于分类正交字典训练的图像椒盐噪声滤除方法	31
3.1 引言	31
3.2 本章提出的方法	32

3.2.1	椒盐噪声的探测.....	32
3.2.2	图像修复的模型.....	33
3.2.3	图像修复的数值算法.....	34
3.3	实验结果	35
3.3.1	去噪结果对比.....	36
3.3.2	参数对结果的影响.....	40
3.4	本章小结	41
第四章	总结与展望.....	42
4.1	总结	42
4.2	展望	43
参考文献		44
附 录	DLMRI 中字典冗余度对重建的影响	56
成果发表情况		58
致 谢	59

CONTENTS

Abstract in Chinese	i
Abstract in English	iii
Chapter 1 Preface	1
1.1 Compressed Sensing	1
1.2 Sparse Image Reconstruction	3
1.3 Sparse Representations of Images	5
1.4 Main Work of This Thesis	6
Chapter 2 Fast Multi-class Dictionaries Learning in CS-MRI.....	7
2.1 Introduction.....	7
2.2 Background and Related Work	8
2.2.1 CS-MRI.....	8
2.2.2 Fast Dictionary Learning	9
2.3 Proposed Method	10
2.3.1 FDL on Classified Patches	10
2.3.2 Patch Classification on Geometrical Direction.....	11
2.3.3 Multi-class Dictionaries Learning.....	12
2.3.4 Sparse Reconstruction Model With Multi-class Dictionaries.....	15
2.3.5 Numerical Algorithm	16
2.3.6 Complete Procedure of the Proposed Method	17
2.4 Results	18
2.4.1 Experiments on Phantom Data.....	20
2.4.2 Experiments on Brain Imaging Data.....	21
2.4.3 Computation Time	24
2.4.4 Discussion on Parameter Settings.....	25
2.4.5 Comparison With Other Methods	27
2.5 Conclusion	30
Chapter 3 Salt and Pepper Noise Removal Based on Adaptive	
Multi-class Dictionaries	31

3.1	Introduction	31
3.2	Proposed Method	32
3.2.1	Noise Detection.....	32
3.2.2	Optimization Model for Noise Removal.....	33
3.2.3	Numerical Algorithm	34
3.3	Results	35
3.3.1	Experiments on Different Images	36
3.3.2	Discussion on Parameter Settings.....	40
3.4	Conclusion	41
Chapter 4 Summary and Prospect		42
4.1	Summary.....	42
4.2	Prospect.....	43
References		44
Appendix Effect of the Number of Dictionary Atoms in DLMRI.		56
Publications		58
Acknowledgements		59

摘 要

欠采样磁共振成像方法通过减少采集数据量来加速成像, 并利用图像重建方法得到完整的磁共振图像。这类方法在抑制心脏和腹部等成像运动伪影上具有良好的应用前景, 其中利用图像稀疏性的压缩感知方法是磁共振成像的研究热点之一。在图像稀疏重建中, 图像稀疏表示的前向逼近误差是图像重建反问题中的重建误差的上限。因此, 如何设计稀疏变换来降低图像表示误差进而提高重建图像质量有着重要意义。诸如小波变换只能普适地表示各种图像, 而对某一特定重建目标图像的稀疏表示能力有限。因此, 近几年学者重点关注图像的自适应稀疏表示, 并发现自适应稀疏变换重建的图像质量明显优于典型的非自适应稀疏变换。但是, 诸如 K-SVD 等自适应训练图像表示的方法需要消耗大量的计算时间。如何快速训练图像稀疏表示以降低图像重建尤其是磁共振图像误差是本文研究重点。

本文首先提出一种快速的自适应图像稀疏表示的正交字典训练方法。为提高图像的稀疏表示能力, 将相同几何方向的图像块分类, 然后在类内训练对应的自适应稀疏表示字典, 最后将这种字典训练方法应用到磁共振图像稀疏重建中。脑部磁共振图像的重建实验表明, 所提方法与 2016 年前最新方法相比可以更好地抑制图像伪影和保留边缘细节。同时, 所提的字典训练方法和重建算法的运算时间远小于典型的 K-SVD 字典训练方法。因此, 所提方法重建图像质量高且运算高效, 有望成为压缩感知磁共振成像技术中一种较好的方案。此外, 还把所提字典训练方法拓展到光学图像的椒盐噪声滤除上, 实验结果表明该方法在滤除噪声和保留图像细节信息上优于用自适应中值滤波和小波变换噪声滤除方法。

关键词: 压缩感知; 字典训练; 磁共振成像; 椒盐噪声

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Fast Multiclass Dictionaries Learning with Geometrical Directions in Sparse Image Reconstruction

ABSTRACT

Compressed sensing magnetic resonance imaging has shown great capability to accelerate data acquisition by exploiting sparsity of images under a certain transform or dictionary. Sparser representations usually lead to lower reconstruction errors, thus enduring efforts have been made to find dictionaries that provide sparser representation of magnetic resonance images. Previously, adaptive sparse representations are typically trained by K-SVD and the state-of-the-art image quality is achieved in image reconstruction. However, this method is time consuming due to the slow training process. In this paper, we introduce a fast dictionary learning method, which is essentially an adaptive tight frame construction, into magnetic resonance image reconstruction. To enhance the sparsity, images are divided into classified patches according to the same geometrical directions and the dictionary is trained within each class. We propose a sparse reconstruction model with the multi-class dictionaries and solve the problem with alternative direction multiplier method. Experiments on real magnetic resonance imaging data demonstrate that the proposed approach achieves the lowest reconstruction error compared with several state-of-the-art methods and the computation is much faster than previous dictionary learning methods. In addition, the proposed dictionary learning method is adopted as a sparse representation for salt-and-pepper noise removal. Results demonstrate that the proposed method outperforms adaptive median filtering method and wavelet-based noise removal method in terms of removing noising and preserving image edges.

Keywords: Compressed Sensing; Dictionary Learning; Magnetic Resonance Imaging; Salt-and-Pepper Noise

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts 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.

厦门大学博硕士论文摘要库