

学校编码: 10384 分类号____密级____

学号: 23320131153222 UDC____

廈門大學

碩 士 学 位 论 文

基于冗余字典的声纳图像斑点噪声去除算法研究

Sonar Image Speckle Reduction Algorithm Base on
Redundant Dictionary

李维香

指导教师姓名: 袁 飞 副教授

专 业 名 称: 通信与信息系统

论文提交日期: 2016 年 月

论文答辩时间: 2016 年 月

学位授予日期: 2016 年 月

答辩委员会主席:

评阅人:

2016 年 5 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

摘要

由于水下环境的特殊性，水质对于声波的吸收、散射及混响等因素的存在严重影响了声纳成像效果，尤其是后向散射效应、混响等使得声纳图像中存在强烈的噪声，严重降低了声纳图像的质量，从而给后续的图像处理和应用带来了诸多不利的影响。因此，如何构建出针对水下图像特点的去噪处理算法具有重大的意义。

论文首先分析总结了声纳图像成像影响因素和成像特点，与传统的光学图像相比，声纳图像具有斑点噪声严重、分辨率低、边缘模糊、对比度低等特点。并在其成像机理的基础上得到其斑点噪声的统计分布模型，建立斑点噪声图像的乘性瑞利模型。

然后，根据声纳图像的特点，尝试将基于 K-SVD 字典学习的去噪方法应用到声纳图像斑点噪声的去除中。一种方式是考虑到声纳成像设备成像特征相似，声纳图像目标比较单一，背景噪声较大的特点，首先从几幅高质量的声纳图像上得到全局字典，然后使用该字典进行去噪。另一种方式是直接在含噪图像上训练得到自适应字典，然后重构图像得到去噪结果。实验表明，两种处理方式在边缘保持和斑点噪声去除上均能达到较好的性能。

最后，在研究基于 K-SVD 字典学习的基础上，结合小波分析的多分辨特性，提出了具有多分辨特性的自适应学习字典构造。新构造的字典不仅具有字典学习的特性，同时也继承了小波分析的特点。实验表明，该方法相对于 K-SVD 训练字典，斑点噪声抑制效果更佳，同时能够显著的提高时间效率。

关键词：斑点噪声；声纳图像；字典学习；稀疏表示

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

Due to the particularity of underwater environment, sonar imaging quality is seriously affected by the absorption, scattering and reverberation, especially the backward scattering and reverberation that make strong noise, seriously degrading the quality of the sonar image, which makes it difficult to the subsequent image processing and applications. Therefore, how to construct de-noising algorithm according to the characteristics of underwater image has great significance.

Firstly, this paper analyzes the influence factors and imaging characteristics of sonar image. Compared with the traditional optical image, sonar image has characteristics of serious speckle, low resolution, edge blur, low contrast, etc. According to the imaging mechanism, the statistical distribution model of speckle is obtained, and established the speckle Rayleigh distribution multiple model.

Subsequently, according to the sonar image's characteristics, the method based on K-SVD dictionary learning is applied in the sonar image de-noising. Considering the similarity characteristics of the sonar imaging feature and the single target of sonar image, One way is obtaining global dictionary from a few high quality sonar image, then de-noising by using the dictionary. Another way is directly training in noised image and obtaining the adaptive dictionary, then reconstructing the image. Experimental results show that two kinds of processing methods in edge preserving and speckle reduction can achieve good performance.

Finally, this paper proposed an adaptive dictionary learning with multi-resolution characteristics based on the research of over-complete dictionary and wavelet analysis. The new dictionary not only has the characteristics of over-complete dictionary, but also inherited the characteristics of the wavelet analysis. Experiments show that compared with K-SVD training dictionary, the proposed method has better performance to speckle reduction and significantly improve the time efficiency.

Key words: Speckle; Sonar Image; Dictionary Learning; Sparse Representation

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目录

第 1 章	绪论	1
1.1	课题研究背景与意义	1
1.2	国内外研究现状	2
1.2.1	声纳图像去噪研究现状	2
1.2.2	稀疏表示研究现状	4
1.3	研究内容及章节安排	5
1.3.1	研究主要内容	5
1.3.2	章节安排	6
第 2 章	声纳图像特征分析与噪声模型	7
2.1	声纳图像特性分析	7
2.2	斑点噪声统计特性分析	9
2.3	声纳图像斑点噪声模型	11
2.4	本章小结	14
第 3 章	经典斑点噪声去除算法	15
3.1	空间域斑点噪声去除算法	15
3.1.1	Sigma 滤波	15
3.1.2	Lee 滤波及其增强算法	16
3.1.3	Kuan 滤波及其增强算法	17
3.1.4	Frost 滤波及其增强算法	18
3.1.5	SRAD(Speckle Reducing Anisotropic Diffusion)	19
3.2	变换域斑点噪声去除算法	20
3.2.1	小波去噪	20
3.2.2	多尺度几何分析	22
3.3	本章小结	25
第 4 章	基于字典的声纳图像斑点噪声去除	26
4.1	图像的稀疏表示理论	26

4.2	稀疏分解算法	28
4.2.1	匹配追踪算法	28
4.2.2	正交匹配追踪算法	29
4.3	字典构造	31
4.3.1	解析型字典	32
4.3.2	字典学习	32
4.4	基于 K-SVD 字典学习的声纳图像去噪	38
4.4.1	基于高质量图像的字典学习	38
4.4.2	基于噪声图像的字典学习	40
4.5	实验仿真与结果分析	41
4.5.1	去噪算法评价	42
4.5.2	模拟斑点噪声去除仿真	43
4.5.3	声纳图像真实斑点噪声去除	47
4.6	本章小结	51
第 5 章	基于多分辨自适应字典的声纳图像去噪	53
5.1	多分辨率分析	53
5.2	多分辨自适应字典的构造	58
5.3	实验仿真与结果分析	59
5.3.1	模拟斑点噪声去除仿真	59
5.3.2	真实声纳图像斑点噪声去除	61
5.4	本章小结	62
第 6 章	总结与展望	63
6.1	研究工作总结	63
6.2	工作展望	64

CONTENTS

CHAPETER 1 INTRODUCTION	1
1.1 Research Background and Significance.....	1
1.2 Research Progress	2
1.2.1 Research Progress of Sonar Image Denoising	2
1.2.2 Research Progress of Sparse Representation.....	4
1.3 The Main Content and Chapter Organization.....	5
1.3.1 The Main Content.....	5
1.3.2 Chapter Organization.....	6
CHAPETER 2 CHARACTERISTICS ANALYSIS OF SONAR IMAGE AND THE NOISE MODEL	7
2.1 Characteristics Analysis of Sonar Image	7
2.2 Statistical Characteristics of Speckle	9
2.3 the Noise Model of Speckle Noise	11
2.4 Summary.....	14
CHAPETER 3 CLASSIC DESPECKLE ALGORITHMS.....	15
3.1 Spatial Domain Despeckle Filters.....	15
3.1.1 Sigma Filter	15
3.1.2 Lee Filter	16
3.1.3 Kuan Filter.....	17
3.1.4 Frost Filter	18
3.1.5 SRAD	19
3.2 Transform Domain Filters	20
3.2.1 Wavelet Denoising.....	20
3.2.2 Multiscale Geometric Analysis	22
3.3 Summay	25
CHARTER 4 DESPECKLED BASED ON OVERCOMPLETE DICTIONARY	26

4.1	Image Sparse Representation Theory	26
4.2	Sparse Coding.....	28
4.2.1	Matching Pursuit Algorithm	28
4.2.2	Orthogonal Matching Pursuit Algorithm.....	29
4.3	Dictionary Building.....	31
4.3.1	Analytic Dictionaries.....	32
4.3.2	Dictionary Learning	32
4.4	Sonar Image Denoising Via K-SVD Over Dictionary Learning	38
4.4.1	Traning on the Clear Images	38
4.4.2	Training on the Noised Image	40
4.5	The Simulation Results and Analysis	41
4.5.1	Denoising Image Quality Metrics	42
4.5.2	Synthesis Datas Speckle Reduction	43
4.5.3	Real Sonar Image Speckle Reduction	47
4.6	Summary.....	51
CHAPETR 5 SONAR IMAGE DENOISING BASED ON		
MULTI-RESOLUTION LEARNING DICTIONARY		53
5.1	Multi-resolution Analysis	53
5.2	Multi-resolution Adaptive Dictionary Building	58
5.3	The Simulation Results and Analysis	59
5.3.1	Synthesis Datas Speckle Reduction	59
5.3.2	Real Sonar Image Speckle Reduction	61
5.4	Summary.....	62
CHAPTER 6 CONCLUSIONS AND FUTURE WORK.....		63
6.1	Conclusions.....	63
6.2	Future Work	64

第1章 绪论

声纳技术的发展和海洋开发利用的需求使声纳图像处理成为当前研究的一个热点问题。由于声纳图像具有不同的特征，声纳图像噪声也与一般图像噪声不同，对于声纳图像的处理不能直接使用已有算法。因此，如何构建出针对水下图像特点的去噪处理算法具有重大意义。

1.1 课题研究背景与意义

水下成像技术在海洋地貌测绘与水下目标探测等领域具有重要作用。当前，主要使用的水下成像技术有光学成像和声纳成像^[1]两种。光学成像相对于声纳成像来说分辨率较高，但是作用距离较短，一般在几米到几十米之间，而且在浑浊水域中基本无法有效成像。声纳成像具有穿透能力强、作用距离远等特点，特别适合用于浑浊水域中，因此，在水下地质勘测、资源勘探、水下物体搜寻、坝基检测等方面得到了广泛应用^{[2][3]}。

声纳图像延伸了人类视觉的范围，扩大了人类认知水下世界的能力，是目前使用较为广泛的一种水下信息获取技术手段。声纳图像是由成像声纳设备在水下环境中根据接收的回波幅度大小形成的能够反映水下目标形状大小、方位距离等信息的一类图像。声纳图像能够直观地显示水下地貌环境和目标，应用声纳图像进行海底地形、目标的绘制与识别已经成为海洋探索的一个重要的研究课题，对于海洋的开发利用起到了促进推动作用。

然而，由于水下环境的特殊性和复杂性，声纳接收到的回波信号不可避免的受到信道传播损失、海洋噪声、多径效应、混响等因素的影响，导致了声纳图像存在较强的干扰噪声，严重影响图像质量及计算机自动识别处理。同光学图像相比，声纳图像具有分辨率较低、目标边缘模糊、噪声更强^{[4][5][6]}，有用信息更加珍贵等特点，因此，如何在不改变现有成像设备和成像算法的基础上使声纳成像在水下探测中发挥更大的作用，就有必要对声纳图像进行去噪、剔除异常值等预处理操作。在声纳图像预处理中，如何有效地滤除噪声、剔除异常值，避免在去

除噪声的同时破坏目标边缘等有用信息至关重要,也能够为后续的分割、特征提取、识别等处理奠定坚实的基础。

近年来,基于字典的稀疏表示理论成为信号处理领域的研究热点,在图像去噪、压缩、特征提取等方面得到了极大的应用。稀疏表示中一个重要的研究方向就是字典的构造。通过构造合适的稀疏字典,就能够获得图像信号更加稀疏有效的表示。本文就是探究如何构造字典以及其在声纳图像去噪中的应用。

综上所述,声纳图像已经成为人类研究海洋的一种有效手段,水下环境的特殊性使得声纳图像具有与一般光学图像不同的结构特征和噪声影响。在传统的去噪算法中,噪声模型一般假设为加性高斯噪声,而在声纳图像中斑点噪声(一种乘性噪声)影响更大,适合声纳图像的去噪方法较少。因此,如何更好地构建出基于声纳图像特点的去噪算法来提高图像质量是声纳图像研究的一个重要的方向。

1.2 国内外研究现状

声纳是利用声波作为信息载体的一种水下探测设备。当前水下成像声纳设备主要包括侧扫声纳(Side Scan Sonar, SSS)、合成孔径声纳(Synthetic Aperture Sonar, SAS)、前视声纳(Forward Looking Sonar)及多波束测深声纳系统(Multi-beam Echo Sonar, MBES)等,这些声纳均为主动声纳,既有共同点,又因扫描方式、布阵方式、数据处理及显示信息的不同,具有不同的特点。这些成像声纳作为获取声纳图像的主要工具,已经广泛应用在各种潜艇、水雷、声纳矿井、管道、声纳机器人等民用和军用的声纳探测仪器中。

1.2.1 声纳图像去噪研究现状

为了提高图像的视觉效果,图像去噪作为成像处理中的一种常见的预处理技术已经广泛的应用于特征提取、目标识别、图像分割等之前。常见的图像去噪算法根据滤波所在空间的不同,一般分为空间域滤波方法和变换域滤波方法。

空间域滤波方法直接在图像空间上,针对每一个像素点,使用滤波处理后的像素值代替原来图像的像素值。空间域滤波方法是较早出现的经典的图像去噪技

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.