

中航工业首席专家技术丛书

“十二五”国家重点图书出版规划项目

# SAR 图像处理与目标识别

吴良斌 编著

航空工业出版社

北 京

内 容 提 要

本书针对实际工程需求和特点展开，对 SAR 图像处理与目标识别的方法、原理和应用进行了系统的研究，全书共分为 9 章。第 1 章为 SAR 图像的特性分析。第 2~第 4 章分别介绍了 SAR 图像去噪声技术、图像配准和图像融合。第 5 章和第 6 章主要研究了 SAR 图像目标分割和目标检测的实现方法。第 7 章对 SAR 图像目标识别进行了研究。第 8 章描述了基于压缩感知的雷达图像重建算法。第 9 章系统地介绍了基于小波变换的 SAR 图像压缩方法。本书深入浅出，涵盖了 SAR 图像研究及相关领域的前沿成果，适合信号处理等相关领域的研究人员及在校学生参考使用。

图书在版编目（C I P）数据

SAR 图像处理与目标识别 / 吴良斌编著. —北京：航空工业出版社，2013. 1  
（中航工业首席专家技术丛书）  
ISBN 978-7-5165-0121-4  
I. ①S… II. ①吴… III. ①遥感图象—数字图象处理 IV. ①TP751. 1  
中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 290289 号

SAR 图像处理与目标识别

SAR Tuxiang Chuli yu Mubiao Shibie

航空工业出版社出版发行

（北京市安定门外小关东里 14 号 100029）

发行部电话：010-64815615 010-64978486

印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2013 年 1 月第 1 版

2013 年 1 月第 1 次印刷

开本：185×260 1/16 印张：19.5 彩插：4 字数：487 千字

印数：1—2000 定价：98.00 元

# 目录

第 1 章	SAR 图像特性分析	1
1.1	合成孔径雷达成像的基本原理	1
1.2	SAR 图像的分辨率特征	9
1.3	SAR 图像的强度特征	11
1.4	SAR 图像的几何特征	14
1.5	SAR 图像的统计分布特征	15
1.6	SAR 图像的噪声特征	16
1.6.1	SAR 图像相干斑形成机理	16
1.6.2	SAR 图像相干斑模型	17
1.7	SAR 图像指标	22
1.8	本章小结	24
	参考文献	24
第 2 章	SAR 图像去噪声	26
2.1	SAR 图像分布模型	26
2.2	SAR 图像滤波	29
2.2.1	空间域滤波算法	31
2.2.2	小波域全局阈值滤波	34
2.2.3	基于纹理模型的空间自适应小波滤波	35
2.2.4	基于隐马尔可夫树模型的小波滤波算法	36
2.2.5	基于双正交小波域局部统计特性的滤波算法	38
2.2.6	基于正交带波域的滤波算法	40
2.2.7	基于曲波变换域的滤波算法	56
2.2.8	基于轮廓波变换域的滤波算法	59
2.2.9	基于带波变换域的滤波算法	65
2.3	滤波算法的效果对比	68
2.4	本章小结	70
	参考文献	71
第 3 章	SAR 图像配准	75
3.1	SAR 图像配准概况	75
3.1.1	图像配准的定义	75
3.1.2	图像配准的模型	76
3.1.3	图像变换	76
3.1.4	图像配准的一般方法	77
3.2	图像配准预处理	77
3.2.1	图像增强	77
3.2.2	图像的几何校正	79
3.3	基于灰度的图像配准方法	80
3.3.1	基于互信息的图像配准算法	80
3.3.2	基于联合直方图的图像配准算法	84
3.4	基于特征的图像配准方法	88
3.4.1	基于 SIFT 特征的图像配准算法	88
3.4.2	基于角点特征的图像配准算法	94

3.4.3 基于灰度和特征的配准方法的局限性	95
3.4.4 基于特征与灰度相结合的图像配准新方法	96
3.5 基于变换域的图像配准方法	100
3.5.1 平移变化的配准原理	100
3.5.2 旋转变化和比例变化的配准原理	100
3.5.3 基于快速傅里叶变换的图像配准算法	101
3.5.4 仿真结果	101
3.6 本章小结	104
参考文献	104
第 4 章 SAR 图像融合	106
4.1 SAR 图像融合概况	106
4.1.1 图像融合的层次划分	107
4.1.2 图像融合效果评价	109
4.2 加权平均融合算法	109
4.3 基于拉普拉斯金字塔算法的图像融合算法	112
4.4 基于小波变换的图像融合方法	113
4.4.1 基于小波变换的图像融合算法	113
4.4.2 小波变换域内不同融合算法比较	114
4.5 基于轮廓波变换的融合算法	117
4.6 基于 Bandlet 变换的图像融合算法	119
4.7 基于 PCNN 的图像融合新算法	121
4.7.1 脉冲耦合神经网络	121
4.7.2 基于 DWT 的 PCNN 的融合新算法	124
4.7.3 基于 DWT 的并行 PCNN 融合算法	126
4.7.4 基于方向性激励的 PCNN 融合算法	130
4.7.5 基于 Grouplet 变换和 PCNN 的图像融合算法	131
4.8 仿真结果	133
4.9 本章小结	135
参考文献	136
第 5 章 SAR 图像目标分割	138
5.1 SAR 图像目标分割技术发展概况	138
5.2 CFAR 分割技术	139
5.2.1 单参数 CFAR 分割	140
5.2.2 双参数 CFAR 分割	141
5.2.3 多分辨率 CFAR	143
5.3 基于 MRF 的 SAR 图像目标分割	143
5.4 基于全局 Maxflow 的 SAR 图像目标分割	147
5.4.1 能量函数最小化理论	148
5.4.2 最小割集与最大流	150
5.4.3 Otsu 算法	161
5.4.4 基于 Maxflow 的最大熵算法的 SAR 图像目标分割	167
5.4.5 基于全局 Maxflow 的邻域生长算法的 SAR 图像目标分割	173
5.5 本章小结	177
参考文献	178

A

第 6 章	SAR 图像目标检测	181
6.1	SAR 图像目标检测概况	181
6.2	SAR 图像目标检测的基本算法	182
6.2.1	SAR 图像目标检测的知识检测	182
6.2.2	基于数据相关的基与固定基相结合的 SAR 图像检测算法	186
6.2.3	SAR 图像目标检测算法实用性	189
6.3	基于 Beamlet 的 SAR 图像目标检测	189
6.3.1	Beamlet 的基本理论	189
6.3.2	小线检测	192
6.3.3	基于 Beamlet 的 SAR 图像目标检测仿真	195
6.3.4	Beamlet 的其他应用	199
6.4	本章小结	206
	参考文献	207
第 7 章	SAR 图像目标识别	209
7.1	SAR 图像目标识别概况	209
7.1.1	SAR 目标识别概述及研究现状	209
7.1.2	SAR 图像目标自动识别的难点	210
7.1.3	SAR 图像目标自动识别的关键技术	210
7.1.4	SAR 图像目标识别流程	211
7.2	基于 PCA、KPCA 及 2DPCA 的 SAR 图像识别	212
7.2.1	PCA 特征提取	213
7.2.2	KPCA 及 2DPCA 特征提取方法	213
7.2.3	SAR 图像分类识别性能验证	214
7.2.4	投影特征的缺点	216
7.3	SAR 图像融合目标特征提取	217
7.3.1	SAR 图像融合目标特征概述	217
7.3.2	基于形状特征的 Hu 不变矩特征提取	218
7.3.3	基于纹理特征的 Gabor 特征提取	221
7.3.4	基于频域特征的 FFT 特征提取	224
7.3.5	基于 HGF 混合特征矩的融合特征	228
7.4	支持矢量机分类器	230
7.4.1	SVM 分类器	230
7.4.2	SVM 体系结构	230
7.5	基于融合特征和 SVM 分类器的 SAR 图像目标识别	236
7.5.1	基于融合特征和 SVM 分类器的 SAR 图像目标识别的处理流程	236
7.5.2	联合特征提取及类归一化	237
7.5.3	SVM 分类器设计	239
7.5.4	融合特征分类效果验证	239
7.6	本章小结	250
	参考文献	251
第 8 章	基于压缩感知的雷达图像重建算法	253
8.1	压缩感知概况	253
8.1.1	研究的背景和意义	254
8.1.2	国内外研究现状	254

A

8.1.3	压缩感知的应用	256
8.2	压缩感知理论	257
8.2.1	信号的稀疏表示	259
8.2.2	压缩感知算法	260
8.2.3	常用测量矩阵	261
8.2.4	信号重建算法	264
8.2.5	压缩感知在雷达成像中的应用	266
8.3	基于小波树的正交匹配追踪重建算法	267
8.3.1	正交匹配追踪算法	267
8.3.2	TOMP 算法	270
8.3.3	TOMP 算法的仿真	272
8.4	基于分块的三维小波树的正交匹配追踪算法	274
8.4.1	三维的基于小波树的正交匹配追踪算法 (3D-TOMP)	275
8.4.2	基于分块的三维小波树的正交匹配追踪算法 (3D-TOMP-BL)	276
8.4.3	验证结果及分析	279
8.5	本章小结	283
	参考文献	285
第 9 章	基于小波变换的 SAR 图像压缩方法	289
9.1	SAR 图像压缩技术发展概况	289
9.1.1	SAR 数据压缩背景	289
9.1.2	SAR 图像压缩的意义	290
9.1.3	图像压缩算法概述	291
9.2	SAR 图像统计特征与率失真特性	293
9.2.1	SAR 图像统计特征	293
9.2.2	SAR 图像的率失真特性	295
9.2.3	传统图像压缩原理	297
9.2.4	图像压缩的评估标准	298
9.3	基于小波变换的 SAR 图像压缩方法	299
9.3.1	小波变换	300
9.3.2	图像统计特性和适合图像数据压缩小波基的确定	301
9.3.3	基于小波变换的嵌入式压缩编码	302
9.4	SAR 图像压缩性能仿真测试	306
9.5	本章小结	310
	参考文献	311
	附录 1 符号表	313
	附录 2 名词术语表	314