



申请代码	F020502
接收部门	
收件日期	
接收编号	6187070724



国家自然科学基金 申 请 书

(2018 版)

资助类别:	面上项目		
亚类说明:			
附注说明:	常规面上项目		
项目名称:	基于显著性区域的图像融合方法研究		
申 请 人:	王书朋	电 话:	02985583165
依托单位:	西安科技大学		
通讯地址:	陕西省西安市雁塔路中段58号西安科技大学通信学院		
邮政编码:	710054	单位电话:	029-85583767
电子邮箱:	wang.shupeng@163.com		
申报日期:	2018年03月11日		

国家自然科学基金委员会



基本信息

申请人信息	姓名	王书朋	性别	男	出生年月	1975年10月	民族	汉族
	学位	博士	职称	副教授	每年工作时间（月）		8	
	是否在站博士后	否		电子邮箱	wang. shupeng@163. com			
	电话	02985583165		国别或地区	中国			
	个人通讯地址	陕西省西安市雁塔路中段58号西安科技大学通信学院						
	工作单位	西安科技大学/通信学院						
	主要研究领域							
依托单位信息	名称	西安科技大学						
	联系人	郑罡	电子邮箱	23570017@qq. com				
	电话	029-85583767	网站地址	www. xust. edu. cn				
合作研究单位信息	单位名称							
项目基本信息	项目名称	基于显著性区域的图像融合方法研究						
	英文名称	Research on saliency-based image fusion						
	资助类别	面上项目				亚类说明		
	附注说明	常规面上项目						
	申请代码	F020502. 计算机图像与视频处理						
	基地类别							
	研究期限	2019年01月01日 -- 2022年12月31日				研究方向：图像融合		
	申请直接费用	60. 4000万元						
中文关键词		图像融合；显著性区域；最优化；多尺度；重要性信度						
英文关键词		image fusion; saliency region; optimization; multi-scale; importance reliability						



中文摘要	<p>由于传感器物理特性的限制，单个传感器采集的图像往往并不能捕获场景的完备信息，要实现场景的正确感知和理解，图像融合是非常重要的关键技术。基于多尺度分析的图像融合方法在变换域中进行图像融合，但子带系数变换的影响难以控制和预测。基于稀疏表示的图像融合方法依赖于过完备字典，学习合适的字典本身也非常困难。基于深度学习的图像融合方法虽然能避免基于多尺度和稀疏表示方法的不足，但却需要设计和训练复杂的网络。本项目试图将显著性检测与图像融合综合起来考虑，研究空间域图像融合的策略，利用最优化方法设计融合规则。具体内容包括：图像显著性区域检测；不同图像间显著性差异的比较；一致性验证方法；设计图像融合规则。这一项目的成功实施，将对图像融合理论的发展产生积极影响，推动图像融合技术在医疗、安防、高性能成像等多个领域的应用。</p>
英文摘要	<p>Due to the limitation of the physical characteristics of the sensor, the image collected by a single sensor often cannot capture the complete information of the scene. To realize the correct perception and understanding of the scene, image fusion is a very important key technology. The multiscale based image fusion methods perform fusion rules in the transform domain, but the influence of transform coefficient is difficult to control and predict. The sparse representation based image fusion method rely on an overcomplete dictionary, but learning the dictionary itself is very difficult. Although deep learning based image fusion methods can avoid the disadvantages of multi-scale and sparse representation methods, however these need to design and train complex networks. This project attempts to integrate saliency detection and image fusion into consideration, study the spatial domain image fusion strategy, and use the optimization method to design fusion rules. The specific contents include: detection of image saliency; comparison of significant differences between different images; consistency verification method; design of image fusion rules. The successful implementation of this project will have a positive impact on the development of image fusion theory, and promote the application of image fusion technology in medical, security, high-performance imaging and other fields.</p>



项目组主要参与者（注：项目组主要参与者不包括项目申请人）

编号	姓名	出生年月	性别	职 称	学 位	单位名称	电话	电子邮箱	证件号码	每年工作 时间（月）
1	张释如	1965-07-04	女	教授	博士	西安科技大学	13389236845	zhangshiru@xust.edu.cn	610113196507042129	6
2	贺顺	1980-01-29	女	副教授	博士	西安科技大学	13572078013	heshun1212@163.com	43070319800129958X	6
3	孙晓云	1977-01-30	女	讲师	博士	西安科技大学	13991308906	sunxiaoyun@xust.edu.cn	610104197701306165	6
4	张恒	1990-12-19	男	硕士生	硕士	西安科技大学	18092853703	903689982@qq.com	610326199012191815	10
5	甄媚	1993-07-27	女	硕士生	学士	西安科技大学	18192090806	972602593@qq.com	13063719930727212X	10
6	赵瑶	1995-08-28	女	硕士生	学士	西安科技大学	18829348416	1782415770@qq.com	61012619950828562X	10
7	蒋艺	1994-03-28	女	硕士生	学士	西安科技大学	15029205707	1216575396@qq.com	610522199403287086	10

总人数	高级	中级	初级	博士后	博士生	硕士生
8	3	1				4



国家自然科学基金项目资金预算表（定额补助）

项目申请号：6187070724

项目负责人：王书朋

金额单位：万元

序号	科目名称	金额
	(1)	(2)
1	一、项目直接费用	60.4000
2	1、设备费	12.5000
3	(1)设备购置费	12.50
4	(2)设备试制费	0.00
5	(3)设备改造与租赁费	0.00
6	2、材料费	5.00
7	3、测试化验加工费	1.80
8	4、燃料动力费	0.00
9	5、差旅/会议/国际合作与交流费	16.10
10	6、出版/文献/信息传播/知识产权事务费	12.00
11	7、劳务费	8.00
12	8、专家咨询费	5.00
13	9、其他支出	0.00
14	二、自筹资金来源	0.0000



预算说明书（定额补助）

（请按《国家自然科学基金项目资金预算表编制说明》中的要求，对各项支出的主要用途和测算理由及合作研究外拨资金、单价 ≥ 10 万元的设备费等内容进行详细说明，可根据需要另加附页。）

1、设备费：12.50万元，其中

(1) 2.5万元，购置一台高性能仿真工作站戴尔Precision T7610用于性能仿真；

(2) 10万元，手持式红外热像仪FLIR E85 384 \times 288，带开发包；

2、材料费：5.00万元，购买用于算法分析及验证的数据；

3、测试化验加工费：1.80万元，计算、分析、验证等数据处理相关的附加费用；

4、燃料动力费：0万元；

5、差旅/会议/国际合作与交流费：16.10万元，其中

(1) 差旅费：4.50万元，用于出差调研差旅费，3000元/(人次) \times 15人次=4.5万元；

(2) 会议费：6.0万元，组织协调项目研究与学术讨论产生的会议费，4000元/(人次) \times 15人次=6.0万元；

(3) 国际合作交流费：5.6万元，用于项目组人员出国交流，包括：

出国合作交流往返机票费用，平均18000元/(人次) \times 2人次=3.6万元

住宿生活费10000元/(人次) \times 2人次=2.0万元

6、出版/文献/信息传播/知识产权事务费：12万元，其中

(1) 期刊论文审稿费与版面费8000元/篇 \times 8篇=6.4万元；

(2) 发表国际会议论文3篇注册费6000元/篇 \times 6篇=3.6万元；

(3) 专利代办与年费6000元/项 \times 2项=1.2万元；

(4) 查新检索2000元/年 \times 4年=0.8万元；

7、劳务费：8万元，参加项目的研究生的劳务费用5000元/(人 \times 年) \times 4人 \times 4年=8万元；

8、专家咨询费：5万元，专家咨询、专家评审等费用；邀请2名国外专家来华进行学术交流；

9、其他支出：0万元。



报告正文

(一) 立项依据与研究内容 (建议 8000 字以下):

1. 项目的立项依据 (研究意义、国内外研究现状及发展动态分析,需结合科学研究发展趋势来论述科学意义;或结合国民经济和社会发展中迫切需要解决的关键科技问题来论述其应用前景。附主要参考文献目录);

图像融合是将同一场景的两幅或多幅图像所包含的信息合并为单幅图像的方法,其中合并而成的图像称为融合图像,输入的图像称为源图像。源图像是由不同性质的图像采集设备或同一图像采集设备在不同参数条件下获得的,因此源图像中包含了同一场景的多种不同信息。图像融合的目的就是通过合并不同源图像中的信息,产生内容更丰富、表达更准确的融合图像。与单幅源图像相比,融合图像具有更适合人类视觉感知的特性,或者能够改进对特定问题的推理和决策性能。

由于传感器物理特性的限制,单个传感器采集的图像往往并不能捕获场景的完备信息,要实现对场景的正确感知和理解,图像融合是非常重要的关键技术。在许多应用场景中,例如医学诊疗、数码成像、军事安防、遥感图像处理等,图像融合技术都有着非常广阔的应用前景:

- ✧ 在医疗诊断领域,计算机断层扫描 (Computed Tomography, CT)、核磁共振成像 (Magnetic Resonance Imaging, MRI)、正电子发射断层扫描 (Positron Emission Tomography, PET) 是临床常用的检测方法^[1]。CT 扫描最适合对骨骼进行检测,具有最小的几何形变, MRI 对于器官的成像效果更好, PET 扫描分离癌症器官和正常器官最可靠。在癌症治疗中,最精确地定位癌症,避免正常器官受损的方法就是将不同的技术融合成像,使用所有信息准确地靶向癌症细胞。
- ✧ 在安防领域,通过融合多模态图像的信息,可以显著提高检测系统的有效性,同时减少虚警率^[2]。例如,长波红外图像在热探测方面性能优异,它不依赖于环境光,可以“看”到目标和背景在热辐射方面的差异。同时,短波红外摄像能够透过烟雾,并且捕获更多细节信息。融合长波红外和短波红外图像,能够显著提高目标的检测与识别的性能。
- ✧ 遥感成像技术包括了全色成像 (Panchromatic Image, PAN), 多光谱成像 (Multispectral, MS)、高光谱成像 (Hyperspectral, HS)、合成孔径雷达



(Synthetic Aperture Radar, SAR) 成像等多种方式, 它们分别针对电磁谱的不同频段。在许多应用中, 为了全面理解观测的地球表面区域, 仅仅分析一类图像源是不够的, 图像融合是集成不同频谱、空间、时间和辐射测量分辨率的传感器信息的最优选择^[3]。

- ✧ 高动态范围成像能够实现比普通数码图像技术更大的亮度动态范围, 产生与人眼视觉系统感知的真实世界相似的亮度范围。高动态范围摄像机是非常昂贵, 现在难以普及。使用图像融合技术就可以通过融合多重曝光图像的方法, 将使用普通摄像机拍摄的多幅图像合成为一幅具有高动态范围的图像^[4]。
- ✧ 由于光成像系统聚焦范围的限制, 并不是图像场景中所有目标都能够被清晰地显示。使用多聚焦图像融合, 可以将不同焦距采集的图像中的信息合并, 得到一幅具有全景对焦的图像^[5]。

图像融合作为一种高质量、低成本的成像技术, 自上世纪八十年代中期以来, 已经成为图像处理领域的研究热点。早期的图像融合方法直接在像素上通过平均或取最大的方式得到融合图像。这种方法非常简单, 缺点也很明显, 如融合图像对比度降低、对噪声敏感等。随着多尺度分析在图像处理中的成功应用, 研究者们开始将其引入到图像融合中。Burt^[6] 首先将多尺度分析方法引入图像融合, 提出使用 Laplacian 金字塔对源图像进行多尺度分解, 在每个尺度上通过“取最大”规则得到融合图像的金字塔分解系数, 最后重构出融合图像。不同的金字塔分解方法也可以应用于图像融合中, 如 ratio of lowpass 金字塔、梯度金字塔等。与金字塔分解相比, 小波变换具有紧支撑、方向选择性、正交性等优点, 能够更好地表示图像特征。Li 等人^[7] 提出基于小波变换的图像融合方法, 在小波域中使用图像融合规则, 然后使用小波逆变换重构出融合图像。相似地, Rogers 等人^[8] 提出了基于离散小波变换的图像融合方法。众所周知, 离散小波变换具有一些缺点, 如不具有平移变换、频率混叠、没有方向性^[9]。考虑到源图像的配准问题, 多尺度分解的平移不变性对于图像融合非常重要, 可以减少由此导致的伪迹。为了解决离散小波变换的问题, Lewis 等人提出了基于双树复小波的图像融合方法^[10]。双树复小波的优点是具有平移不变性和方向选择性。然而, 小波变换的一个重要限制是它们不能有效表示图像中的曲线和边缘。为了更有效地表示图像的空间结构, 一些新的多尺度几何分析技术被引入到图像融合方法中, 如 Nencini 等人^[11] 将 Curvelet 用于图像融合。Contourlet 是另一种成



功应用于图像融合的多尺度几何变换方法^[12]。Contourlet 变换使用 Laplacian 金字塔检测不连续的点,然后使用方向滤波器组将不连续的点连成线结构。虽然 Contourlet 变换能够有效表示图像的空间结构,然而由于该变换包含下采样步骤,因此不具备平移不变性^[12]。使用非下采样的 Contourlet 变换解决了上述问题,但也带来了更多的计算量。在 Contourlet 变换中,方向滤波器组是固定的,这限制了其表示复杂图像的能力。Wang Lei 等人^[13]提出采用 Shearlet 变换进行图像多尺度分解。与 Contourlet 相比,Shearlet 变换没有方向滤波器数量的限制,因此更加灵活。

在基于多尺度分解的图像融合方法中,对源图像的分解级数是关键设计参数。为了使多尺度分解能够表示和提取图像中的目标特征,分解级数应该根据目标的空间范围确定。然而,目标的尺寸无法事先获得,因此选择合适的分解级数成为一个难题。如果选择过大的分解级数,低通子带上系数的错误将会对融合图像产生严重影响。如果分解级数过小,源图像中的一些重要结构可能又丢失。

除了上述多尺度分解方法,一些边缘保留滤波器也被用于构造图像的多尺度分解,如 Marappan 等人^[14]使用双边滤波器融合红外和可见光图像。指导滤波器具有更好的边缘保留特性,也被用图像融合^[15](线性滤波器)。除了这些线性滤波器,一些具有良好边缘保留特性的非线性滤波器也可用于图像融合算法,如 anisotropic heat diffusion, log-Gabor 变换等^[16]。这类方法的优点是能够准确区分图像细节、边缘和空间结构。这一特性有助于减小融合图像中的光晕和混叠效应。

多尺度变换使用预先设定的基函数进行图像分解。由于基函数的限制,源图像中一些重要的图像特征无法表示或提取,使得图像融合的性能恶化^[5]。稀疏表示是一种新的图像表示方法。稀疏表示理论的主要思想是,图像可以表示为一个过完备字典中原子的线性组合,稀疏性表现为在线性组合中通常仅需要少量的原子就可以准确重构原始图像。与多尺度变换不同,稀疏表示中使用的字典可以从训练样本或输入图像中学习得到,它是一种数据驱动的表达方式,能够捕获图像的内在结构。稀疏表示使用过完备字典,字典中包含了更丰富的基原子,能够获得更加稳定的图像表示。基于稀疏表示的图像融合方法通常将源图像划分为相同尺寸的图像块,图像融合处理在图像块上进行^[17]。为了避免块效应,这些图像块往往相互重叠。与基于多尺度分解的图像融合方法相比,这



种方式对于错误匹配具有更好的鲁棒性。在传统的稀疏表示中，非零系数是随机出现的，并没有考虑图像的内在结构，即非零元素应该比较聚集。Li 等人^[18]提出群组系数表示模型，将系数系数具有群组结构这一先验知识集成到系数模型中，使系数表示中的非零系数集中出现而不是随机分布。

深度学习在计算机视觉和图像处理领域的成功应用已经证明其具有强大的特征提取和数据表示能力。这种能力也是图像融合算法非常需要的，它为图像融合问题提供了新的解决思路。Liu 等人^[19]将多聚焦图像融合问题看作两类分类问题，使用 siamese 卷积网络判决两幅内容相同、质量不同的图像聚焦的概率，然后使用融合规则得到与源图像相同尺寸的焦点图。该方法的优点是训练 CNN 网络能够直接生成输入图像到焦点图的映射，避免了人工设计活动水平测度和融合规则。Liu 等人^[20]进一步将多尺度分解与 CNN 网络结合，提出了一种更符合人眼视觉特性的多模态图像融合方法。Zhong 等人^[21]提出通过同时进行图像融合和图像超分辨率的方法。该方法首先对源图像进行上采样和非抽样小波分解，然后使用 SRCNN 模型增强高频图的空间分辨率，对增强后的高频分量和低频分量采用融合规则得到融合图像的高低频分解系数，最后重构出融合图像。虽然基于深度学习的图像融合方法避免了人工设计活动水平测度和融合规则的问题，但是却需要设计适合图像融合任务的复杂网络结构，这也是一项困难的任务。此外，训练深度学习网络需要大量的训练样本，如何构造合适的数据库也是一个需要解决的问题。

最近，直接在空间域进行图像融合的方法也受到了研究者的重视。这类方法不需要将输入图像变换到其他数据域，而是直接在源图像上应用融合规则。空间域图像融合方法可分为两类：像素级融合^[22]和区域级融合^[2]。像素级融合通过对源图像对应像素的加权平均得到融合图像。区域级融合将源图像分割为不同的区域，然后分别计算每个区域的活动水平，以区域为单位进行融合。

在上述方法中，基于多尺度分析的方法在变换域进行图像融合，子带系数的改变对于融合图像的影响是间接的，其影响的范围和效果也难以控制和预测。例如，低通子带系数的变化会影响大量像素值。基于稀疏表示的图像融合方法使用过完备字典得到图像更加稳定的表示，但是学习合适的字典本身就是一项困难的任务。基于深度学习的融合方法能够直接对源图像进行融合，避免了基于多尺度和稀疏表示融合方法的不足，但是却引入了新的难题，即如何设计适合图像融合任务的网络结构。此外，要训练深度学习网络需要大量的训练样本，



并且这些样本必须覆盖图像融合问题中的各种可能情况。构造足够的训练样本也是一项非常困难的事情。

图像融合的目的就是将多个源图像中的重要信息以合理的方式在一幅图像中表示。因此，图像融合的两个关键问题就是：如何确定重要信息的位置以及如何将重要信息合并为一幅图像。多尺度方法和稀疏表示方法都试图寻找一个能够更好处理上述问题的图像表示空间，但是这些图像表示方法带来好处的同时也引入了新的复杂性，对融合效果产生了不利影响。基于深度学习的融合方法能够在空间域直接进行图像融合，但是深度网络的设计和训练都过于复杂。笔者认为，图像中重要信息的位置在空间域有最精确的表示，因此在空域进行图像融合应是合理的方式。虽然空间域中的像素容易受到噪声的干扰，但是图像中的显著区域确实稳定的。基于图像显著区域的图像融合，应该是更好的图像融合方案。本项目认为将显著性检测与图像融合综合起来考虑，研究空间域图像融合的策略，对于融合方法的性能提升十分重要。

由于技术和制造成本的限制，使用单个传感器的成像系统存在的主要问题是难以获得更高质量的图像，或者在一幅图像中无法得到场景的完整表示。对于许多应用，利用互补图像和先进的信号处理技术很有可能解决这一问题。但是图像融合技术的研究尚有许多不足，提升空间很大。这一项目的成功实施，将对图像融合理论的发展产生积极影响，推动图像融合技术在医疗、安防、高性能成像等多个领域的应用。

参考文献

- [1] Zandieh, S., et al., *Image fusion between 18F-FDG PET and MRI in cardiac sarcoidosis: A case series*. Journal of Nuclear Cardiology, 2016: p. 1-7.
- [2] Bavirisetti, D.P. and R. Dhuli, *Two-scale image fusion of visible and infrared images using saliency detection*. Infrared Physics & Technology, 2016. **76**: p. 52-64.
- [3] Masi, G., et al., *Pansharpening by Convolutional Neural Networks*. Remote Sensing, 2016. **8**(7): p. 594.
- [4] Kalantari, N.K. and R. Ramamoorthi, *Deep high dynamic range imaging of dynamic scenes*. Acm Transactions on Graphics, 2017. **36**(4): p. 1-12.
- [5] Zhang, Q., et al., *Sparse Representation based Multi-sensor Image Fusion for Multi-focus and Multi-modality Images: A Review*. Information Fusion, 2017.
- [6] Burt, P.J., *The Pyramid as a Structure for Efficient Computation*. 1984: Springer Berlin Heidelberg. 6-35.



- [7] Li, H., B.S. Manjunath, and S.K. Mitra. *Multi-Sensor Image Fusion using the Wavelet Transform*. in *IEEE International Conference on Image Processing*. 1994.
- [8] Rogers, S.K. and L.R. Myers, *Perceptual-based hyperspectral image fusion using multiresolution analysis*. *Optical Engineering*, 1995. **34**(11): p. 3154-3164.
- [9] Li, S., et al., *Pixel-level image fusion: A survey of the state of the art*. *information Fusion*, 2017. **33**: p. 100-112.
- [10] Lewis, J.J., et al., *Pixel- and region-based image fusion with complex wavelets*. *Information Fusion*, 2007. **8**(2): p. 119-130.
- [11] Nencini, F., et al., *Remote sensing image fusion using the curvelet transform*. *Information Fusion*, 2007. **8**(2): p. 143-156.
- [12] Zhang, Q. and X. Maldague, *An adaptive fusion approach for infrared and visible images based on NSCT and compressed sensing*. *Infrared Physics & Technology*, 2016. **74**: p. 11-20.
- [13] Wang, L., B. Li, and L.F. Tian, *Multi-modal medical image fusion using the inter-scale and intra-scale dependencies between image shift-invariant shearlet coefficients*. *Information Fusion*, 2014. **19**(1): p. 20-28.
- [14] Marappan, S., *Combining Bilateral Filtering and Fusion of Visual and IR Images*. *Journal of Network & Information Security*, 2015. **2**(1).
- [15] Li, S., X. Kang, and J. Hu, *Image fusion with guided filtering*. *IEEE Transactions on Image Processing A Publication of the IEEE Signal Processing Society*, 2013. **22**(7): p. 2864.
- [16] Wang, Q., et al., *Robust multi-modal medical image fusion via anisotropic heat diffusion guided low-rank structural analysis*. *Information Fusion*, 2015. **26**(C): p. 103-121.
- [17] Yang, B. and S. Li, *Multifocus Image Fusion and Restoration With Sparse Representation*. *IEEE Transactions on Instrumentation & Measurement*, 2010. **59**(4): p. 884-892.
- [18] Shutao, L., Y. Haitao, and F. Leyuan, *Group-sparse representation with dictionary learning for medical image denoising and fusion*. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 2012. **59**(12): p. 3450-3459.
- [19] Liu, Y., et al., *Multi-focus image fusion with a deep convolutional neural network*. *Information Fusion*, 2017. **36**: p. 191-207.
- [20] Liu, Y., et al. *A medical image fusion method based on convolutional neural networks*. in *International Conference on Information Fusion*. 2017.
- [21] Zhong, J., et al. *Image Fusion and Super-Resolution with Convolutional Neural Network*. in *Chinese Conference on Pattern Recognition*. 2016.



- [22] Liu, Y., S. Liu, and Z. Wang, *Multi-focus image fusion with dense SIFT*. Information Fusion, 2015. **23**(C): p. 139-155.

2. 项目的研究内容、研究目标，以及拟解决的关键科学问题（此部分为重点阐述内容）；

2.1 研究目标

本项目研究的目标是结合显著性区域检测，在空间域中探讨图像融合问题的理论和方法。

2.2 研究内容

- 1、对于输入的源图像，提取图像中的显著区域。讨论在多尺度空间显著性检测的方法；讨论多幅图像显著性区域分割的一致性问题。
- 2、比较不同源图像之间的显著性差异。图像融合需要将源图像中最重要的信息放置到融合图像中，因此需要讨论在相同空间区域处不同源图像所包含信息的显著性程度的比较方法；讨论根据源图像显著性差异生成权重图的方法。
- 3、在显著性检测存在误差的情况下，讨论如何通过一致性验证方法避免在融合图像中产生伪影现象。
- 4、设计图像融合规则，在融合图像中强调显著性目标。
- 5、搭建图像融合实验平台，对上述方法进行实验验证。

2.3 拟解决的关键科学问题

- 1、源图像中显著性区域检测问题。为了满足图像融合的需要，显著性检测方法需要准确定义显著性区域边缘；能够避免纹理和噪声的干扰；能够检测出面积较大的显著区域。
- 2、显著性检测在不同源图像中分别进行，如何比较不同图像中的显著性测度。
- 3、如何结合不同尺度上的显著性检测结果设计融合规则，使融合图像边缘与输入图像保持。
- 4、如何结合邻域信息设计融合规则，使得在融合图像中显著性目标被最大程度地突出。



3. 拟采取的研究方案及可行性分析（包括研究方法、技术路线、实验手段、关键技术等说明）；

3.1 研究方法

本项目首先从图像显著性区域检测问题出发，探讨稳健的显著性区域提取方法。在此基础上，讨论相同空间位置、不同源图像的显著性程度比较方法。研究在显著性区间检测不准确和包含误差的情况下，通过一致性验证校正错误的方法。研究利用上下文信息设计融合规则的问题。将要用到的分析工具包括图像处理方法、计算机视觉理论、概率论、最优化方法等。

3.2 技术路线

1、首先探讨图像显著性区间检测与提取问题，研究多尺度显著性检测方法。这一研究将有助于获得更加稳定和准确的显著性区域。

2、考虑比较不同图像间显著性程度差异的方法。这一研究将使用重要性信度表示显著性程度，在概率论框架内处理显著性差异比较问题。

3、研究在显著性区域检测不准确和包含误差的情况下，通过一致性验证过程校正错误的方法。这一研究将使用边缘保留滤波器，获得与图像边缘保持一致的显著性区域边界。

4、考虑结合多尺度显著性检测结果设计融合规则的方法，研究显著性沿尺度方向上关系。

5、考虑结合空间相关性设计融合规则的方法，研究使显著性目标被最大程度强调的融合规则。

6、建立图像融合实验平台，针对提出的图像融合方法进行仿真和实验研究，进一步检验所提方法的有效性。

3.3 可行性分析

从项目的整体方案来看，基于显著性的图像融合方法具有抗噪声和抗配准错误的优点，符合当前主流技术的发展。具体每个子模块看，对于图像显著性检测算法的研究，已有大量文献和成果。本项目的主要工作集中在选取或者改进较为成熟的方法，以适合图像融合应用的特殊需要。对于不同图像的显著性程度比较问题，可以在概率框架下讨论，即将显著性测度转化为重要性信度，利用概率分析的方法处理，应该说比较可行。对于图像融合规则的设计问题，



本项目考虑利用最优化理论等数学分析方法求解，得到最优融合规则，应该是可行的。对图像融合问题的初步研究成果也证明了这一思路的可行性。总之，本项目拟采取的研究方案和技术路线是切实可行的，我们必将会高质量地完成所承诺的研究任务和内容。

4. 本项目的特色与创新之处；

本项目的特色是在概率论框架下分析显著性测度，将不同图像间的显著性测度比较问题转化为重要性信度的比较问题。同时，将图像融合规则设计问题转化为最优化问题，避免了启发式的设计方法。

本项目的创新之处有如下几点：

- 1、将显著性测度转化为重要性信度，利用概率理论分析比较不同图像间显著性的差异。
- 2、研究显著性在尺度和空间上的相关性，提高了显著性检测的稳定性和准确性。
- 3、利用最优化方法设计融合规则。

5. 年度研究计划及预期研究结果（包括拟组织的重要学术交流活动、国际合作与交流计划等）。

先讨论图像显著性区域检测问题，寻求一些启发性的结果。然后结合这些结果，再考虑显著性的尺度和空间相关性问题，通过一致性验证进一步改善检测性能。最后，考虑融合规则设计问题。具体计划如下：

2019 年 1 月~2019 年 12 月

- ✧ 研究图像显著性检测和基于显著性的图像融合方法。
- ✧ 安排 2 人次国际学术交流，完成 1-2 篇论文。

2020 年 1 月~2020 年 12 月

- ✧ 研究图像显著性一致性验证方法。
- ✧ 完成 1-2 篇论文。

2021 年 1 月~2021 年 12 月

- ✧ 研究显著性在尺度和空间上的依赖关系及其推理方法。
- ✧ 完成 1-2 篇论文。

2022 年 1 月~2022 年 12 月

- ✧ 研究使用最优化方法设计融合规则的问题。
- ✧ 安排 1 人次国际学术会议，完成论文 1-2 篇。



◇ 撰写报告，梳理成果，组织项目的结题报告。

预期的研究成果、考核指标及提供成果的形式

- 1、将发表本领域 SCI、EI 检索论文 5~8 篇文章，其中，国内外主流 SCI 期刊检索论文 3~5 篇，申请发明专利 1~2 项。
- 2、提交基于显著性图像融合方法的设计方案和性能仿真研究报告。
- 3、培养研究生 4 名。

(二) 研究基础与工作条件

1. 研究基础（与本项目相关的研究工作积累和已取得的研究工作成绩）；

本项目申请者及项目组主要成员多年从事与本项目相关的研究工作，已有相当的积累。在模式识别、图像处理方面具有较强的科研力量，并有较好的科研实践。申请者和课题组其他成员曾多次参加省自然科学基金、工业科技攻关、省教育厅科学研究计划、碑林区科技计划等项目的研究和开发。这些项目取得的研究成果为本项目的顺利开展奠定了良好的研究基础。我们对国内外图像融合领域的研究现状有深入的了解和丰富的资料。在图像处理与特征提取、目标建模、最优化方法等方面具备坚实的研究基础，同时也做了大量的仿真。

2. 工作条件（包括已具备的实验条件，尚缺少的实验条件和拟解决的途径，包括利用国家实验室、国家重点实验室和部门重点实验室等研究基地的计划与落实情况）；

本课题组可用研发场地 200 余平米，配备有 20 多台计算机，包括 Matlab、OpenCV 等图像处理仿真软件平台；具有良好的网络环境，可以查阅包括 IEEE/IEE 全文数据库、德国 Springer 全文电子期刊、美国博硕论文文摘数据库（PQDD-B）等各类网上电子资源；课题组成员包括教授和副教授等具有高级职称的科研人员，具有较高的理论水平和丰富的科研经验。

因此，课题组具备了开展并顺利完成该项目研究所需的基础和条件。

3. 正在承担的与本项目相关的科研项目情况（申请人和项目组主要参与者正在承担的与本项目相关的科研项目情况，包括国家自然科学基金的项目和国家其他科技计划项目，要注明项目的名称和编号、经费来源、起止年月、与本项目的关系及负责的内容等）；



无

4. 完成国家自然科学基金项目情况（对申请人负责的前一个已结题科学基金项目（项目名称及批准号）完成情况、后续研究进展及与本申请项目的关系加以详细说明。另附该已结题项目研究工作总结摘要（限 500 字）和相关成果的详细目录）。

无

（三）其他需要说明的问题

1. 申请人同年申请不同类型的国家自然科学基金项目情况（列明同年申请的其他项目的项目类型、项目名称信息，并说明与本项目之间的区别与联系。

无

2. 具有高级专业技术职务（职称）的申请人或者主要参与者是否存在同年申请或者参与申请国家自然科学基金项目的单位不一致的情况；如存在上述情况，列明所涉及人员的姓名，申请或参与申请的其他项目的项目类型、项目名称、单位名称、上述人员在该项目中是申请人还是参与者，并说明单位不一致原因。

无

3. 具有高级专业技术职务（职称）的申请人或者主要参与者是否存在与正在承担的国家自然科学基金项目的单位不一致的情况；如存在上述情况，列明所涉及人员的姓名，正在承担项目的批准号、项目类型、项目名称、单位名称、起止年月，并说明单位不一致原因。

无

4. 其他。

无



王书朋 简历

西安科技大学，通信学院，副教授

教育经历（从大学本科开始，按时间倒序排序；请列出攻读研究生学位阶段导师姓名）：

(1) 2004.3 - 2009.3, 西安电子科技大学, 模式识别与智能系统, 博士, 导师：姬红兵

(2) 2000.9 - 2003.7, 西安科技大学, 通信工程, 硕士, 导师：李国民

(3) 1996.9 - 2000.7, 西安科技大学, 通信工程, 学士, 导师：

科研与学术工作经历（按时间倒序排序；如为在站博士后研究人员或曾进入博士后流动站（或工作站）从事研究，请列出合作导师姓名）：

(1) 2003.7-至今, 西安科技大学, 通信学院, 副教授

曾使用其他证件信息（申请人应使用唯一身份证件申请项目，曾经使用其他身份证件作为申请人或主要参与者获得过项目资助的，应当在此列明）：

主持或参加科研项目（课题）及人才计划项目情况：

1. 陕西省教育厅, 16JK1490, 超光谱图像并行压缩感知重构算法的研究, 2016/06-2017/12, 2万元, 在研, 参加

2. 陕西省教育厅专项, 11JK1019, 高动态范围红外图像的可视化技术研究, 2011/07-2013/07, 2万元, 已结题, 主持

3. 陕西省自然科学基金项目, 2011JQ8037, 基于三维变换的超光谱图像高效压缩编码技术研究, 2011/07-2014/07, 4万元, 已结题, 参加

4. 陕西省教育厅科学研究计划项目, 11JK1012, 超光谱图像高效压缩编码技术研究, 2011/07-2014/07, 2万元, 已结题, 参加

5. 陕西省自然科学基金, 2007F04, WORD文档信息隐藏和安全性问题关键技术研究, 2008/01-2009/12, 3万元, 已结题, 参加

6. 陕西省教育厅专项基金, 08JK357, 文档信息安全的数字水印技术研究与实现, 2008/01-2009/12, 2万元, 已结题, 参加

代表性研究成果和学术奖励情况（每项均按时间倒序排序）

（请注意：①投稿阶段的论文不要列出；②对期刊论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、期刊名称、发表年代、卷（期）及起止页码（摘要论文请加说明）；③对会议论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、会议名称（或会议论文集名称及起止页码）、会议地址、会议时间；④应在论文作者姓名后注明第一/通讯作者情况：所有共同第一作者均加注上标“#”字样，通讯作者及共同通讯



作者均加注上标“*”字样，唯一第一作者且非通讯作者无需加注；⑤所有代表性研究成果和学术奖励中本人姓名加粗显示。)

按照以下顺序列出：①10篇以内代表性论著；②论著之外的代表性研究成果和学术奖励。

一、10篇以内代表性论著

(1) Wang ShuPeng^{(#)(*)}, Stripe noise removal for infrared image by minimizing difference between columns, Infrared Physics & Technology, 2016. 夏季, 77: 58~64
(期刊论文)

(2) Wang ShuPeng^{(#)(*)}; Zhang Shiru; Liu NiZhuang, Kalman Filter for Stripe Non-uniformity Correction in Infrared Focal Plane Arrays, International Symposium on Computer, Consumer and Control, 2016. 07. 04-2016. 07. 06 (会议论文)

(3) 王书朋^{(#)(*)}; 高腾, 基于双边滤波器的红外图像条纹噪声消除算法[🔒], 红外技术, 2014. 9, (09): 728~731 (期刊论文)

二、论著之外的代表性研究成果和学术奖励

(1) 王书朋^{(#)(*)}, 一种红外图像条纹噪声消除方法, 2015. 03. 18, 中国, 20151011922 8. 7 (专利)

(2) 王书朋^{(#)(*)}, 一种焊缝的定位方法, 2015. 03. 11, 中国, 201510106889. 6 (专利)



除非特殊说明，请勿删除或改动简历模板中蓝色字体的标题及相应说明文字

参与者 简历

张释如，西安科技大学，通信与信息工程学院，教授

教育经历（从大学本科开始，按时间倒序排序；请列出攻读研究生学位阶段导师姓名）：

2000/8-2005/12，西安电子科技大学，信号与信息处理，博士，导师：易克初

1990/3-1993/7，西安电子科技大学，通信与电子系统，硕士，导师：刘少亭

1983/8-1987/7，西北电讯工程学院，电磁场工程，学士，导师：宫德明

科研与学术工作经历（按时间倒序排序；如为在站博士后研究人员或曾进入博士后流动站（或工作站）从事研究，请列出合作导师姓名）：

1. 2004/12-至今，西安科技大学，通信与信息工程学院，教授

2. 1999/11-2004/12，西安科技大学，通信与信息工程学院，副教授

3. 2014/2-2015/1，台湾勤益科技大学，客座教授

4. 2008/5-2009/11，美国伊利诺伊大学香槟分校，访问学者

曾使用其他证件信息（申请人应使用唯一身份证件申请项目，曾经使用其他身份证件作为申请人或主要参与者获得过项目资助的，应当在此列明）

曾用名：张敏瑞 身份证

主持或参加科研项目（课题）及人才计划项目情况（按时间倒序排序）：

1. 碑林区科技计划项目，GX1418、家用脉象保健仪的开发、2014/01-2015/12、2万元、已结题、主持。

2. 陕西省教育厅专项基金项目，12JK0501、基于水印的数字电视版权保护及计时收费系统、2012/07-2014/06、2万元、已结题、主持。

3. 陕西省教育厅专项基金项目，08JK357、文档信息安全的数字水印技术研究、2008/01-2009/12、2万元、已结题、主持。

4. 陕西省自然科学基金项目，2007F04、WORD文档信息隐藏和安全性问题关键技术研究、2008/01-2009/12、3万元、已结题、主持。

5. 陕西省教育厅专项基金项目，05JK260、文档认证的数字水印解决方法研究、2005/07-2007/06、2.1万元、已结题、主持。

6. 陕西省自然科学基金项目，2004F10、中英文文本水印算法及其关键技术研究、2005/01-2006/12、1.5万元、已结题、主持。

7. 陕西省教育厅专项基金项目，02JK151、倒谱域数字水印新算法研究、



2003/01-2004/12、1.8万元、已结题、主持。

8. 陕西省自然科学基金项目, 2002F32、基于非线性理论的数字水印新算法研究、2002/01-2004/12、1.5万元、已结题、主持。

9. 西安市科技厅科技攻关项目, GG200232、非线性信号处理方法在数字水印技术中的应用研究、2002/06-2004/12、3.0万元、已结题、主持。

代表性研究成果和学术奖励情况（每项均按时间倒序排序）

（请注意：①投稿阶段的论文不要列出；②对期刊论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、期刊名称、发表年代、卷（期）及起止页码（摘要论文请加以说明）；③对会议论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、会议名称（或会议论文集名称及起止页码）、会议地址、会议时间；④应在论文作者姓名后注明第一/通讯作者情况：所有共同第一作者均加注上标“#”字样，通讯作者及共同通讯作者均加注上标“*”字样，唯一第一作者且非通讯作者无需加注；⑤所有代表性研究成果和学术奖励中本人姓名加粗显示。）

按照以下顺序列出：①10篇以内代表性论著；②论著之外的代表性研究成果和学术奖励。

一、期刊论文

(1) **Shi-Ru Zhang[#]**, Ming-Jen Chang, Ya-Jing Chaung, and Shyr-Shen Yu^{*}.

Color Texture Enhancement Scheme for Retinal Images, Journal of medical imaging and health informatics, 2017, 7(3): 515-522 (SCI收录)

(2) **张敏瑞[#]**, 路陈红, 易克初, 一种基于伪随机序列水印的二维倒谱域图像水印算法, 西安电子科技大学学报, 2006, 33(6): 858-861, 916. (EI收录)

(3) **M.-R. Zhang[#]**, G.-C. Shao and K.-C. Yi, T-matrix and its applications in image. Electronics Letters, 2004, 40(25):1583-1584 (SCI、EI 收录)

(4) **Zhang Min-rui[#]**, Lu Chen-hong, YI Ke-chu, “A Novel Transform Domain Image Watermark”, Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering, July 2004, vol. 29, No.3, pp179-182 (SCI、EI 收录)

(5) **张敏瑞[#]**, 易克初, 倒谱域音频与图像水印算法, 西安电子科技大学学报, 30(6):730-733+738, 2003 (EI收录)

(6) **张敏瑞[#]**, 易克初, 卫星交换一码分多址技术, 西安电子科技大学学报,



2002 29(2): 169-171+177 (EI收录)

(7) 张敏瑞[#], 信道估计非迭代算法的进一步研究, 电子学报, 1995, 23 (12): 29-32(EI收录)

二、会议论文

(1) **Shi-Ru Zhang[#]**, Qing-Fu Sun, Human Pulse Recognition based on Convolutional Neural Networks, International Symposium on Computer, Consumer and Control, Xi'an, P.R. China , 2016.7.4-6 (Best paper awards、EI收录)

(2) **Shi-ru Zhang[#]**, Zhan Yao, Xiao-chun Meng, Chen-Chung Liu. New Digital Text Watermarking Algorithm Based on New-defined Characters, International Symposium on Computer, Consumer and Control, Taichung city, Taiwan. 2014.6.10-12 (EI 收录)

(3) **Min-rui Zhang[#]**, Yangmei Zhang, Color Image Watermarking Algorithm in Cepstrum Domain, 2009 IEEE International Conference on Intelligence and Security Informatics, Dallas, Texas, 2009.6.8 -11, (EI 收录)

三、专著

四、授权发明专利

1) 张释如、暴宇、李小娜、王菲菲、贺顺, 一种全息3D立体显示装置及方法, 2018. 02. 14(授权通知), 中国, ZL201710343916. 0

2) 暴宇、张释如、崔星, 一种三维照片采集方法及采集系统, 2017. 06. 16, 中国, ZL201610091065. 0

3) 暴宇、崔星、张释如, 智能终端阵列同步工作系统及其工作方法, 2017. 06. 16, 中国, ZL201610091168. 7

4) 张释如、孟晓春, 文本文档数字水印的嵌入和提取方法, 2016. 03. 30, ZL 201310256732. 2

5) 张释如、杨金才、姚展、孟晓春, 用word文档进行保密通信的方法, 2015. 01. 21, ZL 201110396024. X

6) 张释如、杜芳辉, 郭维, 基于水印的数字电视计时收费及版权保护方法, 2014. 09. 03, 中国, ZL201210249386. 0

7) 张释如、姚展、杨金才, 一种word文档的防篡改保护方法, 2014. 05. 21, ZL 201110399059. 9



8) 张释如、姚展、孟晓春、杨金才, 一种word文档版权保护的方法,
2014.04.02, 中国, ZL201110399405.3

五、会议特邀学术报告

六、其他成果(请按发表或发布时的格式列出)

七、获得学术奖励

1. 张释如(1/4), WORD文档信息隐藏和图像水印新方法研究, 西安市人民政府, 西安市科学技术奖, 三等奖, 2015

(张释如、柏均、姚展、郝艳华)

2. 张敏瑞(1/4), 基于非线性理论的图像水印新方法研究, 陕西省教育厅, 陕西高等学校科学技术奖, 三等奖, 2006

(张敏瑞, 路陈红, 易克初, 柏均)



除非特殊说明，请勿删除或改动简历模板中蓝色字体的标题及相应说明文字

参与者 简历

贺顺，西安科技大学，通信与信息工程学院，副教授

教育经历（从大学本科开始，按时间倒序排序；请列出攻读研究生学位阶段导师姓名）：

1. 2010/09—2015/12，西安电子科技大学，电子工程学院，博士，欧阳缮
2. 2002/09—2005/06，桂林电子科技大学，信息与通信学院，硕士，王卫东
3. 1998/09—2002/07，桂林电子科技大学，信息与通信学院，学士，邓小芳

科研与学术工作经历（按时间倒序排序；如为在站博士后研究人员或曾进入博士后流动站（或工作站）从事研究，请列出合作导师姓名）：

1. 2016/11—至今，西安科技大学，通信与信息工程学院，副教授
2. 2008/11—2016/10，西安科技大学，通信与信息工程学院，讲师

曾使用其他证件信息（申请人应使用唯一身份证件申请项目，曾经使用其他身份证件作为申请人或主要参与者获得过项目资助的，应当在此列明）

无。

主持或参加科研项目（课题）及人才计划项目情况（按时间倒序排序）：

1. 桂林电子科技大学“认知无线电与信号处理”重点实验室基金项目，CRKL160206，基于低频MIMO阵列的井下探测方法研究，2016/10—2018/09，5万，在研，主持
2. 陕西省教育厅专项，2013JK1051，基于LF-UWB雷达的矿井涌水区域精细探测方法研究，2013/07—2015/09，2万，已结题，主持
3. 国家自然科学基金青年科学基金项目，61102115，基于ULF信号的矿井涌水预警技术研究，2012/01—2014/12，25万，已结题，参加

代表性研究成果和学术奖励情况（每项均按时间倒序排序）

（请注意：①投稿阶段的论文不要列出；②对期刊论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、期刊名称、发表年代、卷（期）及起止页码



(摘要论文请加以说明)；③对会议论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、会议名称(或会议论文集名称及起止页码)、会议地址、会议时间；④应在论文作者姓名后注明第一/通讯作者情况：所有共同第一作者均加注上标“#”字样，通讯作者及共同通讯作者均加注上标“*”字样，唯一第一作者且非通讯作者无需加注；⑤所有代表性研究成果和学术奖励中本人姓名加粗显示。)

按照以下顺序列出：①10篇以内代表性论著；②论著之外的代表性研究成果和学术奖励。

一、期刊论文

(1) **He Shun**^(#), Yang Zhiwei^(*), Liao Guisheng, DOA estimation of wideband signals based on iterative spectral reconstruction, Journal of Systems Engineering and Electronics, 2017, 28 (6) : 1039-1045

(2) **He Shun**^(#), Yang Zhiwei^(*), Liao Guisheng, Adaptive Reduced-Rank Beamforming Method Based on Knowledge-Aided Joint Iterative Optimization, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2016, 13 (10) : 1582-1586

(3) 贺顺^{(#)(*)}, 杨志伟, 欧阳缮, 廖桂生, 虚拟孔径扩展的机载多通道雷达动目标检测, 系统工程与电子技术, 2015, 37 (10) : 2244-2249

(3) 贺顺^{(#)(*)}, 杨志伟, 欧阳缮, 廖桂生, , 迭代自适应收缩加权融合的波束形成方法, 信号处理, 2015, 31 (07) : 757-762

(4) 贺顺^{(#)(*)}, 杨志伟, 张娟, 徐青, 自适应加权修正的强弱信号 Capon 谱估计方法, 系统工程与电子技术, 2013, 35 (05) : 905-908

(5) 贺顺^{(#)(*)}, 杨志伟, 廖桂生, 迭代子空间跟踪和结构约束的自适应波束形成算法, 信号处理, 2012, 28 (02) : 226-231

(6) 贺顺^(#), 杨志伟^(*), 徐青, 张娟, 分布式卫星 SAR 面目标径向速度估计方法, 西安电子科技大学学报, 2011, 38 (04) : 129-132+142

二、会议论文

(1) **He Shun**^(#), Yang Zhiwei^(*), Liao Guisheng, Adaptive Reduced-rank Beam-forming Method using Joint IterativeOptimization, APSAR2015, Singapore, 2015.9.1-2015.9.4

(2) **He Shun**^{(#)(*)}, Li Guoming, Astructure-based subspace fitting approach interference rejection in movinguniform linear array, 2014 IEEE China Summit



International Conference on Signal and Information Processing, xian, 2014.7.7-2014.7.9

(3) He Shun^{(#)(*)}, Yang Zhiwei, Liao Guisheng, Ouyang Shan, Modified direct data domain approach without space-time aperture loss, proceedings of 2011 international conference on radar, CHENGDU, 2011.10.24-2011.10.27

三、授权发明专利

(1) 贺顺^(#), 李国民, 张释如, 侯颖, 正交化搜索的邻近强弱信号波达角估计方法, 2017. 10. 13, ZL201510157624. 9

(2) 贺顺^(#), 李国民, 张释如, 侯颖, 运动平台下基于流行分离的共形阵列稳健估角方法, 2017. 05. 24, ZL201510157622. X

(3) 贺顺^(#), 李国民, 基于迭代收缩加权融合的自适应空滤波方法, 2017. 03. 01, 中国, ZL201410746866. 7

(4) 贺顺^(#), 张释如, 李国民, 基于联合交替优化的降秩波束形成方法, 2017. 02. 22, 中国, ZL201410787113. 0

(5) 贺顺^(#), 李国民, 张释如, 侯颖, 王瑜, 基于张量积的 UHF 波段多通道雷达径向度检测方法, 2016. 05. 18, 中国, ZL201410079277. 8

(6) 贺顺^(#), 张释如, 李国民, 侯颖, 王瑜, 基于迭代谱重构的宽带信号波达方向估方法, 2014. 9. 10, 中国, ZL201310039711. 5



除非特殊说明，请勿删除或改动简历模板中蓝色字体的标题及相应说明文字

参与者 简历

孙晓云，西安科技大学，通信学院电子信息科学系，讲师

教育经历（从大学本科开始，按时间倒序排序；请列出攻读研究生学位阶段导师姓名）：

2010/03-2015/07，西安理工大学，自动化学院电气系，博士，导师：同向前

2001/09-2004/07，西安交通大学，电信学院控制工程系，硕士，导师：蔡远利

1993/09-1996/07，西安航空技术高等专科学校电气工程系，大专

科研与学术工作经历（按时间倒序排序；如为在站博士后研究人员或曾进入博士后流动站（或工作站）从事研究，请列出合作导师姓名）：

2007/10-至今，西安科技大学，通信学院电子信息科学系，讲师

曾使用其他证件信息（申请人应使用唯一身份证件申请项目，曾经使用其他身份证件作为申请人或主要参与者获得过项目资助的，应当在此列明）

无

主持或参加科研项目(课题)及人才计划项目情况(按时间倒序排序)：

1. 陕西省自然科学基金面上项目，2017JM5065，柔性直流输电换流器故障保护及故障诊断算法研究，2017/01-2018/12，3万，在研，主持

2. 陕西省教育厅专项基金，15Jk1477，新能源技术中柔性直流输电系统故障保护及诊断技术，2015/06-2017/07，2万，在研，主持

3. 西安科技大学博士启动基金，2017QDJ006，柔性直流输电换流器故障诊断与故障保护技术研究，2017/03-2019/05，1万，在研，主持

4. 西安科技大学培育基金，201163，柔性直流输电技术故障诊断方法研究，2011/03-2013/03，0.4万，已结题，主持

5. 高等学校博士学科点专项科研基金项目，20126118110009，风光发电并网功率波动的抑制方法研究，2012/06-2015/06，12万，在研，参加；

6. 陕西省科技计划工业攻关，2010K09-09，电压源换流器关键应用技术研究开发与开发，2010/06-2013/06，6万，已结题，参加；

代表性研究成果和学术奖励情况（每项均按时间倒序排序）

（请注意：①投稿阶段的论文不要列出；②对期刊论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、期刊名称、发表年代、卷（期）及起止页码



(摘要论文请加以说明)；③对会议论文：应按照论文发表时作者顺序列出全部作者姓名、论文题目、会议名称(或会议论文集名称及起止页码)、会议地址、会议时间；④应在论文作者姓名后注明第一/通讯作者情况：所有共同第一作者均加注上标“#”字样，通讯作者及共同通讯作者均加注上标“*”字样，唯一第一作者且非通讯作者无需加注；⑤所有代表性研究成果和学术奖励中本人姓名加粗显示。)

按照以下顺序列出：①10篇以内代表性论著；②论著之外的代表性研究成果和学术奖励。

一、期刊论文

- (1) 孙晓云[#], 高鑫, 刘延华, 柔性直流输电换流器故障特性分析及诊断研究, 电力系统保护与控制, 2017, 45 (2) : 75 ~84
- (2) Sun Xiaoyun, Characterization of IGBT Open -Circuit Fault Based on VSC-HVDC Systems, International Review of Electrical Engineering, 2015, 10 (3) : 329 ~335
- (3) 孙晓云[#], 同向前, 高鑫, 柔性直流输电系统中IGBT阀的故障诊断方法研究, 电工技术学报, 2014, 29 (8) : 235 ~241
- (4) 孙晓云[#], 同向前, 高鑫, VSC-HVDC系统中IGBT的开路故障特性分析, 高电压技术, 2014,40 (8) : 2541 ~2549
- (5) 孙晓云[#], 同向前, VSC-HVDC系统功率开关管故障特性分析与诊断, 高压电器, 2013, 49 (9) : 28 ~35
- (6) 孙晓云[#], 同向前, 尹军, 电压源换流器高压直流输电系统中换流器故障仿真分析及其诊断, 2012, 38 (6) : 1383 ~1390

二、会议论文

Sun Xiaoyun[#], Tong Xiangqian, Fault Diagnosis for VSC-HVDC Using Wavelet Transform, APPEEC2012-Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, Shanghai, China, 2012



附件信息

序号	附件名称	备注	附件类型
1	Stripe noise removal for infrared image by minimiz		代表性论著
2	基于双边滤波器的红外图像条纹噪声消除算法		代表性论著
3	Kalman Filter for Stripe Non-uniformity Correction		代表性论著
4	一种焊缝的定位方法		专利
5	一种红外图像条纹噪声消除方法		专利

NSFC 2018

**签字和盖章页(此页自动生成, 打印后签字盖章)**

接收编号: 6187070724

申请人: 王书朋

依托单位: 西安科技大学

项目名称: 基于显著性区域的图像融合方法研究

资助类别: 面上项目

亚类说明:

附注说明: 常规面上项目

申请人承诺:

我保证申请书内容的真实性。如果获得资助, 我将履行项目负责人职责, 严格遵守国家自然科学基金委员会的有关规定, 切实保证研究工作时间, 认真开展工作, 按时报送有关材料。若填报失实和违反规定, 本人将承担全部责任。

签字:

项目组主要成员承诺:

我保证有关申报内容的真实性。如果获得资助, 我将严格遵守国家自然科学基金委员会的有关规定, 切实保证研究工作时间, 加强合作、信息资源共享, 认真开展工作, 及时向项目负责人报送有关材料。若个人信息失实、执行项目中违反规定, 本人将承担相关责任。

编号	姓名	工作单位名称 (应与加盖公章一致)	证件号码	每年工作 时间(月)	签字
1	张释如	西安科技大学	610113196507042129	6	
2	贺顺	西安科技大学	43070319800129958X	6	
3	孙晓云	西安科技大学	610104197701306165	6	
4	张恒	西安科技大学	610326199012191815	10	
5	甄媚	西安科技大学	13063719930727212X	10	
6	赵瑶	西安科技大学	61012619950828562X	10	
7	蒋艺	西安科技大学	610522199403287086	10	
8					
9					

依托单位及合作研究单位承诺:

已按填报说明对申请人的资格和申请书内容进行了审核。申请项目如获资助, 我单位保证对研究计划实施所需要的人力、物力和工作时间等条件给予保障, 严格遵守国家自然科学基金委员会有关规定, 督促项目负责人和项目组成员以及本单位项目管理部门按照国家自然科学基金委员会的规定及时报送有关材料。

依托单位公章

日期:

合作研究单位公章1

日期:

合作研究单位公章2

日期: