

系统工程电子技术

第 43 卷 第 10 期

第 43 卷 第 10 期  
2021 年 10 月  
目 次

· 电磁散射与逆散射研究新进展专栏 ·

基于模式/区域分解的无人机集群电磁特性快速分析 .....  
..... 管 灵, 朱晨曦, 董纯柱, 殷红成 2697

雷达目标散射中心正向自动化建模方法研究与实现 .....  
..... 何思远, 朱凌昆, 刘 进, 边志丹, 张云华, 朱国强 2706

目标电磁散射的面中心立方体网格 FDTD 方法 .....  
..... 杨利霞, 汪刘丰, 陈 伟, 薄 勇 2718

典型植被的高效电磁全波分析方法研究 .....  
..... 何 姿, 操龙潜, 丁大志, 樊振宏, 陈如山 2725

复杂场景散射中心模型化与雷达成像应用 .....  
..... 陈彦锡, 郭琨毅, 殷红成, 盛新庆 2733

基于数值仿真的 X 波段极化 SAR 海杂波统计建模与特性分析 .....  
..... 杜延磊, 高 帆, 刘 涛, 杨 健 2742

RCS 测量中目标与金属支架间的耦合散射研究 .....  
..... 刘天金, 许小剑 2756

基于 Wishart 距离和超像素的极化 SAR 图像车辆检测 .....  
..... 代晓康, 殷君君, 杨 健 2766

基于注意力机制的堆叠 LSTM 网络雷达 HRRP 序列目标识别方法 .....  
..... 张一凡, 张双辉, 刘永祥, 荆 锋 2775

基于属性散射中心的 SAR 成像方法 ..... 段 佳, 曹兰英, 吴亿锋 2782

· 传感器与信号处理 ·

双基地雷达微动空间目标全极化回波仿真方法 .....  
..... 徐志明, 艾小锋, 周柯宏, 赵 锋, 肖顺平 2789

FDA-MIMO 雷达目标距离、角度及未知互耦参数估计 .....  
..... 乔理扬, 崔忠马, 杨贇秀, 舒 勤 2797

基于近似观测和最小熵约束的 SAR 稀疏自聚焦方法 .....  
..... 熊旭颖, 李 根, 马彦恒 2803

基于均匀圆阵伪协方差矩阵的单快拍测向方法 .....  
..... 汪 鹏, 熊 钊, 于俊鹏, 田 勇, 李万春 2812

高自由度低互耦的广义二阶嵌套 MIMO 雷达 DOA 估计 .....  
..... 张宇乐, 胡国平, 周 豪, 岳世杰, 赵飞龙 2819

基于地形遮蔽的自旋弹测高雷达回波建模与仿真 .....	王安吉, 曹菲, 许剑锋, 秦建强, 薛春岭	2828
基于 PRI 捷变的雷达通信一体化共享信号设计方法 .....	刘智星, 全英汇, 肖国尧, 邢孟道	2836
面向非协作多功能雷达的波形单元提取方法 .....	阳榴, 朱卫纲, 吕守业, 马爽	2843
基于辐射能量缩减约束的双机雷达协同目标跟踪方法 .....		
.....	孙萍, 汪飞, 窦山岳, 周建江, 陈军	2851
突出重点目标跟踪的分布式 MIMO 雷达阵元选取 .....	蒋春启, 郑娜娥, 左宗, 王盛, 陈翔	2860
基于回波预处理和相参积累的 C&I 干扰抑制算法 .....	张亮, 王国宏, 孙殿星, 于亦文, 张翔宇	2869

• 系统工程 •

基于功能依赖的网络信息体系建模及重心分析 .....	王哲, 李建华, 刘子杨, 康东	2876
基于 MBSE 的民机系统功能建模方法 .....	王文浩, 毕文豪, 张安, 范秋岑	2884
结冰条件下飞机全包线模态特性分析方法 .....	伍强, 徐浩军, 裴彬彬, 朱和铨, 武欣	2893
基于改进灰狼算法优化 SVR 的航天侦察装备效能评估 .....	韩驰, 熊伟	2902
知识牵引与数据驱动的兵棋 AI 设计及关键技术 .....	程恺, 陈刚, 余晓晗, 刘满, 邵天浩	2911
基于指标函数的舰载机机队回收调度优化研究 .....	万兵, 韩维, 梁勇, 苏析超	2918
IWSN 物理层防全双工攻击节点的多层 Stackelberg 博弈模型 .....	何崇林, 孙子文	2931

• 制导、导航与控制 •

基于双目视觉的空中加油锥套定位与对接控制 .....	张易明, 艾剑良	2940
卫星导航系统点波束功率增强信号参数优化设计 .....	吕志成, 李蓬蓬, 李立勋	2954
基于多尺度网格细胞的路径整合模型 .....	赵辰豪, 吴德伟, 韩昆, 朱浩男, 代传金	2961
弹目相对状态测量误差对拦截效果的影响分析 .....	张涛涛, 方登建, 李静, 申森	2968
横列式双旋翼矢量飞行器的改进 ADRC 姿态控制算法 .....		
.....	杨立本, 魏文军, 杨剑锋, 李泰国, 王栋	2976

• 通信与网络 •

可重构智能面辅助的低精度量化大规模 MIMO 系统的信道估计 .....	李彬睿, 张忠培	2984
基于 CRC 的 ASM 信号维特比纠错算法 .....	张培欣, 王建新, 任鹏, 杨树树, 宋海伟	2992
多载波 PSWFs-CPM 联合调制信号设计与分析 .....	杨大伟, 王红星, 张磊, 刘传辉, 康家方	3000
改进型正交多载波降噪差分混沌键控通信系统 .....	贺利芳, 吴雪霜, 张鹏, 陈俊	3008

• 可靠性 •

基于流量优化的可靠服务功能链部署方法 .....	阳勇, 孟相如, 康巧燕, 赵文文	3017
基于交互作用矩阵-多维云模型的飞机重着陆风险评估方法研究 .....		
.....	史佳辉, 徐吉辉, 陈玉金, 王晓琳	3026

# Systems Engineering and Electronics

Vol.43 No.10

October 2021

## CONTENTS

### New progress in electromagnetic scattering and inverse scattering

- Fast analysis of electromagnetic characteristics for UAV groups based on mode and domain decomposition .....  
..... *GUAN Ling, ZHU Chenxi, DONG Chunzhu, YIN Hongcheng* 2697
- Research and implementation of forward automatic modeling method for radar target scattering center .....  
..... *HE Siyuan, ZHU Lingkun, LIU Jin, BIAN Zhidan, ZHANG Yunhua, ZHU Guoqiang* 2706
- FDTD method of face-centered cube grid for electromagnetic scattering characteristics of object .....  
..... *YANG Lixia, WANG Liufeng, CHEN Wei, BO Yong* 2718
- Study on electromagnetic analysis of an efficient full-wave numerical method for typical vegetation .....  
..... *HE Zi, CAO Longqian, DING Dazhi, FAN Zhenhong, CHEN Rushan* 2725
- Scattering center modeling and radar imaging application in complex scenes .....  
..... *CHEN Yanxi, GUO Kunyi, YIN Hongcheng, SHENG Xinqing* 2733
- Statistical modeling and characteristic analysis of polarimetric SAR sea clutter at X-band based on numerical simulations .....  
..... *DU Yanlei, GAO Fan, LIU Tao, YANG Jian* 2742
- Research on interactions between target and metal pylon in RCS measurement .....  
..... *LIU Tianjin, XU Xiaojian* 2756
- Vehicle detection based on Wishart distance and superpixel in polarimetric SAR image .....  
..... *DAI Xiaokang, YIN Junjun, YANG Jian* 2766
- Radar HRRP sequence target recognition method of attention mechanism based stacked LSTM network .....  
..... *ZHANG Yifan, ZHANG Shuanghui, LIU Yongxiang, JING Feng* 2775
- Imaging algorithm for SAR based on attributed scattering center models .....  
..... *DUAN Jia, CAO Lanying, WU Yifeng* 2782

### Sensors and Signal Processing

- Simulation method of fully polarized bistatic radar echoes for micro-motion space targets .....  
..... *XU Zhiming, AI Xiaofeng, ZHOU Kehong, ZHAO Feng, XIAO Shunping* 2789
- Estimation of targets' range, angle and unknown mutual coupling parameters for FDA-MIMO radar .....  
..... *QIAO Liyang, CUI Zhongma, YANG Yunxiu, SHU Qin* 2797
- SAR sparse autofocusing method based on approximate observation and minimum entropy constraint .....  
..... *XIONG Xuying, LI Gen, MA Yanheng* 2803
- Single snapshot direction finding method with pseudo-covariance matrix based on uniform circular arrays .....  
..... *WANG Peng, XIONG Zhao, YU Junpeng, TIAN Yong, LI Wanchun* 2812
- DOA estimation of generalized two-level nested MIMO radar with high degree of freedom and low mutual coupling .....  
..... *ZHANG Yule, HU Guoping, ZHOU Hao, YUE Shijie, ZHAO Feilong* 2819
- Modeling and simulation of spin missile-borne altimeter echo based on terrain occlusion .....  
..... *WANG Anji, CAO Fei, XU Jianfeng, QIN Jianqiang, XUE Chunling* 2828
- Signal design method for integrated radar and communication based on PRI agility .....  
..... *LIU Zhixing, QUAN Yinghui, XIAO Guoyao, XING Mengdao* 2836
- Waveform unit extraction method for non-cooperative multi-function radar .....  
..... *YANG Liu, ZHU Weigang, LYU Shouye, MA Shuang* 2843

Dual airborne radar joint target tracking method based on constraint of radiant energy reduction .....	2851
..... <i>SUN Ping, WANG Fei, DOU Shanyue, ZHOU Jianjiang, CHEN Jun</i>	
Antenna selection of distributed MIMO radar on target tracking with key target highlighted .....	2860
..... <i>JIAN G Chunqi, ZHENG Na'e, ZUO Zong, WANG Sheng, CHEN Xiang</i>	
C&I jamming suppression algorithm based on echo preprocessing and coherent integration .....	2869
..... <i>ZHANG Liang, WANG Guohong, SUN Dianxing, YU Yiwen, ZHANG Xiangyu</i>	
<b>Systems Engineering</b>	
Modeling and center of gravity analysis for networked information system of systems based on function dependency .....	2876
..... <i>WANG Zhe, LI Jianhua, LIU Ziyang, KANG Dong</i>	
Function modeling method of civil aircraft system based on MBSE .....	2884
..... <i>WANG Wenhao, BI Wenhao, ZHANG An, FAN Qiucen</i>	
Analysis method of aircraft modal characteristics within the full envelope under icing conditions .....	2893
..... <i>WU Qiang, XU Haojun, PEI Binbin, ZHU Hequan, WU Xin</i>	
Operational effectiveness evaluation of space reconnaissance equipment based on SVR optimized by improved grey wolf optimizer .....	2902
..... <i>HAN Chi, XIONG Wei</i>	
Knowledge traction and data-driven wargame AI design and key technologies .....	2911
..... <i>CHENG Kai, CHEN Gang, YU Xiaohan, LIU Man, SHAO Tianhao</i>	
Research on optimization of carrier-based aircraft fleet recovery scheduling based on index function .....	2918
..... <i>WAN Bing, HAN Wei, LIANG Yong, SU Xichao</i>	
Multi-level Stackelberg game model against full-duplex attacking node in IWSN physical layer .....	2931
..... <i>HE Chonglin, SUN Ziwen</i>	
<b>Guidance, Navigation and Control</b>	
Positioning of aerial refueling drogue and docking control based on binocular vision .....	2940
..... <i>ZHANG Yiming, AI Jianliang</i>	
Optimization design of satellite navigation system spot beam power enhancement signal parameters .....	2954
..... <i>LYU Zhicheng, LI Pengpeng, LI Lixun</i>	
Path integration model based on multi-scale grid cell .....	2961
..... <i>ZHAO Chenhao, WU Deimei, HAN Kun, ZHU Haonan, DAI Chuanjin</i>	
Effect analysis of interceptor's relative state measurement error on interception efficiency .....	2968
..... <i>ZHANG Taotao, FANG Dengjian, LI Jing, SHEN Sen</i>	
Improved ADRC attitude control algorithm for tilting dual-fan vector aircraft .....	2976
..... <i>YANG Liben, WEI Wenjun, YANG Jianfeng, LI Taiguo, WANG Dong</i>	
<b>Communications and Networks</b>	
Channel estimation for reconfigurable intelligent surface assisted low-resolution quantized massive MIMO .....	2984
..... <i>LI Binrui, ZHANG Zhongpei</i>	
CRC based Viterbi error correction algorithm of ASM signals .....	2992
..... <i>ZHANG Peixin, WANG Jianxin, REN Peng, YANG Shushu, SONG Haiwei</i>	
Design and analysis of multi-carriers PSWFs-CPM joint modulation signal .....	3000
..... <i>YANG Dawei, WANG Hongxing, ZHANG Lei, LIU Chuanhui, KANG Jiafang</i>	
Improved quadrature multicarrier noise reduction differential chaos shift keying communication system .....	3008
..... <i>HE Lifang, WU Xueshuang, ZHANG Peng, CHEN Jun</i>	
<b>Reliability</b>	
Reliable service function chain deployment method based on traffic optimization .....	3017
..... <i>YANG Yong, MENG Xiangru, KANG Qiaoyan, ZHAO Wenwen</i>	
Research on risk assessment method of aircraft heavy landing based on interaction matrix-multidimensional cloud model .....	3026
..... <i>SHI Jiahui, XU Jihui, CHEN Yujin, WANG Xiaolin</i>	

# 《系统工程与电子技术》第九届编委会名单

## 编委会顾问

宋健 栾恩杰 张履谦 陈敬熊 钟山 刘永坦 张光义 姜景山 贲德 于本水 李伯虎 陈定昌  
毛二可 吴伟仁

## 编委会主任

宋晓明

## 编委会常务副主任

黄培康

## 编委会副主任

于全 何友 房建成 王永良 陆军 曹喜滨 段广仁 崔铁军 马杰 付梦印 姚郁 黎湘  
龙腾 姜斌 胡俊 李陟 于景元 王一然 汪寿阳 李啸龙

## 编委会委员(按姓氏笔画排序)

万国宾 万显荣 马建峰 王英瑞 王俊 王凌 王雪松 毛宏霞 邓维波 孔令讲 叶春茂 白智全  
丛爽 冯志华 司书宾 司光亚 匡勇 邢孟道 吕金虎 朱建军 刘少斌 刘向东 齐润东 江涌  
汤国建 汤斌 安建平 许小剑 孙长银 苏小红 杨光红 杨建宇 杨健 杨锋 杨嘉伟 李一兵  
李君龙 李登峰 李融林 李赞 吴志刚 吴淮南 何子述 位寅生 宋晋敏 张弓 张小飞 张安学  
张海峰 陈云翔 陈杰 陈曾平 陈增强 武楠 范文慧 郁文贤 周军 胡程 徐玖平 徐泽水  
徐胜元 殷红成 高会军 高晓光 高梅国 郭庆 郭崇慧 姬红兵 黄洪钟 龚春林 盛卫星 盛新庆  
常青 崔平远 崔利荣 康锐 梁宗闯 葛军 葛志强 董云峰 董沛武 曾志刚 雷虎民 廖桂生  
谭跃进 熊新平 樊治平 穆贺强 魏蛟龙

## 系统工程与电子技术

Xitong Gongcheng yu Dianzi Jishu

1979年创刊(月刊)(总第505期)  
第43卷 第10期 2021年10月

## Systems Engineering and Electronics

Started in 1979(Monthly)(Sum No.505)  
Vol.43 No.10 October 2021

主管单位: 中国航天科工集团有限公司  
主办单位: 中国航天科工防御技术研究院  
中国宇航学会  
中国系统工程学会  
北京航天情报与信息研究所

主编: 施荣

副主编: 林淑明

编辑出版: 《系统工程与电子技术》编辑部  
地址:北京142信箱32分箱  
邮编:100854  
电话:(010)68388406  
传真:(010)68766208  
网址:www.sys-ele.com  
电子信箱:xtgcydzjs@126.com

国内发行: 中国邮政集团有限公司北京市  
报刊发行局

国外发行: 中国国际图书贸易集团有限公司  
(北京399信箱,100048)

印刷单位: 北京空天文化传媒有限公司

Administrated by: China Aerospace Science and Industry Corporation Limited  
Sponsored by: Defense Technology Academy of  
China Aerospace Science and Industry Corporation Limited  
Chinese Society of Astronautics  
Systems Engineering Society of China  
Beijing Institute of Aerospace Information

Editor-in-Chief: SHI Rong

Associate Editor: LIN Shuming

Edited & Published by: Editorial Office of Systems Engineering and Electronics  
Add: P.O. Box 142-32, Beijing 100854, China  
Tel: (8610)68388406  
Fax: (8610)68766208  
Website: www.sys-ele.com  
E-mail: xtgcydzjs@126.com

Distributed by:

Domestic: Beijing Bureau for Distribution of Newspapers and Journals

Foreign: China International Book Trading Corporation  
(P.O.Box 399, Beijing 100048, China)

Printed by: Beijing Aerospace Cultural Media Co., Ltd.

本期责任编辑:展翼飞

ISSN 1001-506X  
CN 11-2422/TN

国内邮发代号 82-269  
国外发行代号 M4136

公开发行 国内定价:40.00元