

ISSN 1001-506X
CN 11-2422/TN



系统工程与电子技术

Systems Engineering and Electronics

11

第43卷 第11期 2021年11月
Vol.43 No.11 November 2021



- 美国工程索引 (EI) 收录
- 荷兰Scopus数据库收录
- 英国科学文摘 (INSPEC) 收录
- 日本科学技术振兴机构数据库 (JST) 收录
- 中文核心期刊要目总览收录
- 中国核心期刊 (遴选) 数据库收录
- 中国科技论文统计源期刊
- 中国科学引文数据库核心期刊

• 电子技术 •

基于八叉树优化的 MoM-PO/PTD 混合算法分析目标电磁散射及辐射问题	李弘祖, 郭立新, 董春雷, 孟 肖 3033
HRRP 稀疏自编码器深层特征与散射中心特征的关联性研究	霍超颖, 闫 华, 冯雪健, 殷红成, 邢笑宇, 陆金文 3040
铜基复合型四极轨道电磁特性仿真分析	李腾达, 冯 刚, 刘少伟, 时建明, 范成礼 3054
双线系统双探头大电流注入等效强场电磁辐射试验方法	孙江宁, 潘晓东, 卢新福, 万浩江 3064
用于方向回溯天线的 Costas 环相位共轭电路设计	陈茹萌, 张云华, 陈鹏烽, 陈海涛, 朱国强 3072
基于特征模理论的超宽带单极子天线设计	王 岩, 李奕欣, 王 昊, 丁振东, 陶诗飞 3078
基于复数卷积-残差网络的雷达杂波幅度统计模型分类	张 良, 杨 威, 李玮杰, 杨小琪, 刘永祥 3086
基于卷积神经网络的小型建筑物检测算法	赵若辰, 王敬东, 林思玉, 顾东泽 3098
基于几何精度稀释的矢量潜标最优布站	丁 超, 戴卫国, 王 森, 程玉胜 3107
直方图概率多假设跟踪方法技术综述	尹立凡, 张奕群, 王 硕, 孙承钢 3118

• 传感器与信号处理 •

频率捷变雷达波形对抗技术现状与展望	全英汇, 方 文, 沙明辉, 陈侠达, 阮 锋, 李兴华, 孟 飞, 吴耀君, 邢孟道 3126
基于复合频率编码的低截获概率波形簇设计	郝志梅, 孙进平, 罗美方 3137
基于高斯-勒让德积分的鲁棒波束形成算法	程永杰, 刘 帅, 张 雪, 金 铭 3144
基于频控阵的改进 ESB 波束形成算法	赵英健, 田 波, 王春阳, 宫 健, 谭 铭 3151
基于乘积调制的 SAR 灵巧干扰方法	黄大通, 邢世其, 李永祯, 刘业民, 肖顺平 3160
双曲调频波形抑制间歇采样转发干扰效果分析	张 彦, 叶春茂, 鲁耀兵, 陈学斌 3169

对机载预警雷达 STAP 的慢时调频干扰方法	陈小舟, 邢庆君, 张立东	3177
基于余弦幅度加权的低旁瓣多相位分段调制干扰方法		
..... 王宏艳, 降佳伟, 蒲娟, 吴彦鸿, 冉达		3185
杂波背景下机载雷达信号参数的射频隐身优化	于伟强, 汪飞, 孙萍, 周建江, 陈军	3194
基于卷积神经网络与注意力机制的 SAR 图像飞机检测	李广帅, 苏娟, 李义红, 李响	3202

• 系统工程 •

基于顺次分配机制的无人装备体系架构方案空间搜索方法		
..... 周鑫, 王维平, 朱一凡, 王涛, 井田		3211
基于作战环的不同节点攻击策略下的作战网络效能评估	杨圩生, 王钰, 杨洋, 唐亮	3220
基于体系结构设计的空战系统任务元模型建模	高悦, 茹乐, 迟文升, 周庆	3229
基于深浅层特征融合的舰船要害关键点检测算法	李晨瑄, 钱坤, 胥辉旗	3239
面向属性关联的区间犹豫模糊型 PROMETHEE 决策方法	江文奇, 降晓璐	3250
基于模型的飞控系统安全性分析研究	柯宇航, 李艳军, 曹愈远, 张兴成	3259
基于模型的飞机系统架构多视图表达方法	康文文, 李浩敏	3266

• 制导、导航与控制 •

非高斯环境下船变测量最大熵卡尔曼滤波方法	龙子旋, 周琪, 彭侠夫, 张霄力	3278
间歇通信条件下多无人机保性能编队追踪控制	权婉珍, 罗哲, 杨小冈, 韩心中, 席建祥	3288
多无人机协同探测快速目标的控制方法设计	符小卫, 陈子浩	3295
基于改进人工势场法的无人机航迹规划	韩尧, 李少华	3305
基于细菌觅食算法的多异构无人机任务规划	谷旭平, 唐大全	3312
基于滑模变结构制导律的捕获区分析	李万礼, 李炯, 雷虎民, 骆长鑫, 李世杰	3321
基于改进四元数阻尼误差模型的 SINS 初始对准算法	赵仁杰, 李开龙, 胡柏青, 田佳玉	3330

• 通信与网络 •

基于多智能体强化学习的动态频谱分配方法综述	宋波, 叶伟, 孟祥辉	3338
802.11ax 系统中基于 OFDMA 调度接入的公平性资源分配算法		
..... 陈发堂, 张志豪, 李贺宾, 梅志强		3352
基于卷积神经网络的串行空时分组码盲识别算法	张聿远, 闫文君, 张立民, 张媛	3360
基于 CWD 和残差收缩网络的调制方式识别方法	宋子豪, 程伟, 彭岑昕, 李晓柏	3371
基于移动汇聚节点的组网导航系统路由协议	顾昊伦, 赵国荣, 韩旭, 高超	3380
LLN 中基于移动节点邻居探测的高效路由寻路算法	姚玉坤, 何亮, 任智, 李维政, 周佳琦	3390

• 可靠性 •

高价值弹药可靠性综合评定方法研究	张雷雷, 解龙, 高旭, 孙天宇, 张峰	3399
基于比例加速退化建模的单台机载设备剩余寿命自适应预测		
..... 蔡忠义, 王泽洲, 陈云翔, 项华春, 王莉莉		3405

Systems Engineering and Electronics

Vol.43 No.11

November 2021

CONTENTS

Electronic Technology

- Analysis of electromagnetic scattering and radiation of targets by MoM-PO/PTD hybrid method based on octree optimization *LI Hongzu, GUO Lixin, DONG Chunlei, MENG Xiao* 3033
- Correlation research between deep features of HRRP sparse auto-encoder and scattering center features
..... *HUO Chaoying, YAN Hua, FENG Xuejian, YIN Hongcheng, XING Xiaoyu, LU Jinwen* 3040
- Simulation analysis of electromagnetic characteristics of copper-based composite quadrupole orbit
..... *LI Tengda, FENG Gang, LIU Shaowei, SHI Jianming, FAN Chengli* 3054
- Test method of bulk current injection into the equivalent high field electromagnetic radiation of two-wire system with two probes *SUN Jiangning, PAN Xiaodong, LU Xinfu, WAN Haojiang* 3064
- Design of Costas loop phase conjugate circuit for retrodirective antenna
..... *CHEN Rumeng, ZHANG Yunhua, CHEN Pengfeng, CHEN Haitao, ZHU Guoqiang* 3072
- Design of UWB monopole antenna based on characteristic mode theory
..... *WANG Yan, LI Yixin, WANG Hao, DING Zhendong, TAO Shifei* 3078
- Classification of radar clutter amplitude statistical model based on complex-valued convolutional-ResNet
..... *ZHANG Liang, YANG Wei, LI Weijie, YANG Xiaoqi, LIU Yongxiang* 3086
- Small building detection algorithm based on convolutional neural network
..... *ZHAO Ruochen, WANG Jingdong, LIN Siyu, GU Dongze* 3098
- Optimal disposition of vector submerged buoy array based on geometrical dilution of precision
..... *DING Chao, DAI Weiguo, WANG Sen, CHENG Yusheng* 3107
- A survey on histogram probabilistic multi-hypothesis tracker technique
..... *YIN Lifan, ZHANG Yiqun, WANG Shuo, SUN Chenggang* 3118

Sensors and Signal Processing

- Present situation and prospects of frequency agility radar waveform countermeasures
..... *QUAN Yinghui, FANG Wen, SHA Minghui, CHEN Xiada, RUAN Feng, LI Xinghua, MENG Fei, WU Yaojun, XING Mengdao* 3126
- Waveform cluster design of low probability of intercept based on compound frequency coding
..... *HAO Zhimei, SUN Jinping, LUO Meifang* 3137
- Robust beamforming algorithm based on Gauss-Legendre integral
..... *CHENG Yongjie, LIU Shuai, ZHANG Xue, JIN Ming* 3144
- Improved ESB beamforming algorithm based on frequency diverse array
..... *ZHAO Yingjian, TIAN Bo, WANG Chunyang, GONG Jian, TAN Ming* 3151
- Smart jamming method against SAR based on multiplication modulation
..... *HUANG Datong, XING Shiqi, LI Yongzhen, LIU Yemin, XIAO Shunping* 3160
- Hyperbolic frequency modulated waveform for interrupted sampling repeater jamming suppression
..... *ZHANG Yan, YE Chunmao, LU Yaobing, CHEN Xuebin* 3169
- Slow-time-frequency-modulation jamming method for STAP airborne early-warning radar
..... *CHEN Xiaozhou, XING Qingjun, ZHANG Lidong* 3177
- Multiple phases sectionalized modulation jamming method with low sidelobe based on cosine amplitude weighting
..... *WANG Hongyan, JIANG Jiawei, PU Juan, WU Yanhong, RAN Da* 3185
- RF stealth optimization of airborne radar signal parameters under clutter background
..... *YU Weiqiang, WANG Fei, SUN Ping, ZHOU Jianjiang, CHEN Jun* 3194

Aircraft detection in SAR images based on convolutional neural network and attention mechanism	LI Guangshuai, SU Juan, LI Yihong, LI Xiang	3202
Systems Engineering		
Unmanned equipment SoS architecture scheme space searching method based on the sequential allocated mechanism	ZHOU Xin, WANG Weiping, ZHU Yifan, WANG Tao, JING Tian	3211
Combat network effectiveness evaluation under different node attack strategies based on operation loop	YANG Weisheng, WANG Yu, YANG Yang, TANG Liang	3220
Task meta-model modeling of air combat system based on system architecture design	GAO Yue, RU Le, CHI Wensheng, ZHOU Qing	3229
Key-points detection algorithm based on fusion of deep and shallow features for warship's vital part	LI Chenxuan, QIAN Kun, XU Huiqi	3239
Interval hesitant fuzzy PROMETHEE decision method for attribute association	JIAN Wengqi, JIAN Xiaolu	3250
Research on model-based safety analysis of flight control system	KE Yuhang, LI Yanjun, CAO Yuyuan, ZHANG Xingcheng	3259
Multi-view representation method of aircraft system architecture based on model	KANG Wenwen, LI Haomin	3266
Guidance, Navigation and Control		
Maximum correntropy Kalman filter used for hull deformation measurement in non-Gaussian environment	LONG Zixuan, ZHOU Qi, PENG Xiafu, ZHANG Xiaoli	3278
Guaranteed-performance formation tracking control of multi-UAVs with intermittent communication	QUAN Wanzhen, LUO Zhe, YANG Xiaogang, HAN Xinzong, XI Jianxiang	3288
Design of control method for multi-UAV cooperative detection of fast target	FU Xiaowei, CHEN Zihao	3295
UAV path planning based on improved artificial potential field	HAN Yao, LI Shaohua	3305
Multi-heterogeneous UAV task planning based on bacterial foraging algorithm	GU Xuping, TANG Daquan	3312
Analysis of capture region based on sliding mode variable structure guidance law	LI Wanli, LI Jiong, LEI Humin, LUO Changxin, LI Shijie	3321
SINS initial alignment algorithm based on improved quaternion damping error model	ZHAO Renjie, LI Kailong, HU Baiqing, TIAN Jiayu	3330
Communications and Networks		
Review of multi-agent reinforcement learning based dynamic spectrum allocation method	SONG Bo, YE Wei, MENG Xianghui	3338
Fairness resource allocation algorithm based on OFDMA scheduling access in 802.11ax system	CHEN Fatang, ZHANG Zhihao, LI Hebin, MEI Zhiqiang	3352
Blind recognition algorithm of serial space-time block code based on convolutional neural network	ZHANG Yuyuan, YAN Wenjun, ZHANG Limin, ZHANG Yuan	3360
Modulation recognition method based on CWD and residual shrinkage network	SONG Zihao, CHENG Wei, PENG Cenxin, LI Xiaobai	3371
Routing protocol of networked navigation systems based on mobile sink	GU Haolun, ZHAO Guorong, HAN Xu, GAO Chao	3380
Efficient routing path finding algorithm based on mobile node neighbor detection in LLN	YAO Yukun, HE Liang, REN Zhi, LI Weizheng, ZHOU Jiaqi	3390
Reliability		
Research on synthetic reliability assessment method for high-value ammunition	ZHANG Leilei, XIE Long, GAO Xu, SUN Tianyu, ZHANG Feng	3399
Adaptive prediction of remaining useful lifetime for the single airborne equipment based on the proportional accelerated degradation modeling	CAI Zhongyi, WANG Zezhou, CHEN Yunxiang, XIANG Huachun, WANG Lili	3405

《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 吴淮宁 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 梁宗阁 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 506 期)
第 43 卷 第 11 期 2021 年 11 月

Systems Engineering and Electronics

Started in 1979 (Monthly) (Sum No. 506)
Vol. 43 No. 11 November 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：徐 珺

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