

ISSN 1001-506X  
CN 11-2422/TN



# 系统工程与电子技术

Systems Engineering and Electronics

3

第44卷 第3期 2022年3月  
Vol.44 No.3 March 2022



- 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

# 系统工电子技

第44卷 第3期  
2022年3月

目次

## · 电子技术 ·

基于响应估计频域拟合的通道均衡方法 .....	汪争志, 杨志伟, 范志豪 713
基于遗传算法的相位调制波形智能优化 .....	孙剑炜, 王超, 施庆展, 任文博, 尧泽昆, 袁乃昌 722
动态超表面天线阵列混合发射波束成形 .....	陈玉香, 陈胜垚, 冉龙瑶, 席峰 730
基于神经网络的符号化飞行动作识别 .....	方伟, 王玉, 闫文君, 林冲 737
基于决策融合的多无人机协同目标检测识别算法 .....	李洪瑶, 李小强, 韩心中, 谢学立, 席建祥 746
用频装备强场电磁辐射效应等效试验方法 .....	卢新福, 魏光辉, 潘晓东, 万浩江, 孙江宁 755
脉冲噪声下基于 NAT 函数的 LFM 信号参数估计 .....	金艳, 赵大地, 姬红兵 762
辐射式仿真中 PCM 信号间歇收发回波重构方法 .....	谢艾伦, 刘晓斌, 赵锋, 艾小锋, 肖顺平 771

## · 传感器与信号处理 ·

基于稀疏重构的海杂波抑制和目标提取算法 .....	李文静, 李卓林, 袁振涛 777
收发分置雷达圆周栅栏覆盖的优化布站方法 .....	李海鹏, 冯大政, 周永伟, 董普靠, 张军 786
基于极化状态配置的宽带相控阵极化控制方法 .....	王占领, 庞晨, 殷加鹏, 李永祯, 王雪松 795
基于深度学习的 HRRP 识别姿态敏感性分析 .....	孙晶明, 虞盛康, 孙俊 802
高分辨 SAR 目标成像方向性结构特征增强 .....	杨磊, 张苏, 盖明慧, 方澄 808
基于 $P_{EV}$ 准则的不确定混合多传感器联盟求解 .....	谢家豪, 黄树彩, 韦道知, 张翌宇, 王文豪 819
基于像素向量消除的穿墙雷达杂波抑制算法 .....	王明泽, 李蔚, 马俊伟, 李相平 827
基于进化 PSO 算法的稀疏捷变频雷达波形优化 .....	杜思予, 全英汇, 沙明辉, 方文, 邢孟道 834

• 系统工程 •

武器装备运用知识框架及建模方法 ..... 罗弋洋, 赵青松, 李华超, 李 勇, 孙建彬 841

基于指派模型的导弹装备体系弹种优化设计 ..... 郭斐然, 于剑桥, 宋 豹 850

空中交通延误预测研究综述 ..... 王春政, 胡明华, 杨 磊, 赵 征 863

考虑随机冲击影响的多部件系统视情维修与备件库存联合优化 .....  
..... 李京峰, 陈云翔, 项华春, 王 健 875

强化学习中的策略重用:研究进展 ..... 何 立, 沈 亮, 李 辉, 王 壮, 唐文泉 884

基于着色 Petri 网的无人机侦察战术规划 ..... 张源原, 高 阳, 朱 鹏, 刘锦涛, 谷树山 900

基于本体的无人系统任务规划研究综述 ..... 庞维建, 李 辉, 黄 谦, 李 朋, 马贤明 908

针对要点防空模型的作战兵力优化研究 ..... 蔺向阳, 邢清华, 刘付显 921

• 制导、导航与控制 •

基于传热增广模型的轨迹优化与防热结构分析 ..... 张腾飞, 龚春林, 粟 华, 薛鹏飞 929

基于 LSTM 神经网络的短期轨道预报 ..... 张心宇, 刘 源, 宋佳凝 939

基于钟差检验的 GNSS 授时欺骗检测与识别 ..... 付 栋, 彭 竞, 马 明, 陈飞强, 欧 钢 948

弹性高超声速飞行器动态面制导控制一体化设计方法 .....  
..... 安 通, 王 鹏, 王建华, 汤国建, 潘玉龙, 陈海山 956

基于联邦滤波算法的无人机集群分层协同导航 ..... 谷旭平, 唐大全 967

基于多尺度光流融合特征点视觉-惯性 SLAM 方法 ..... 王通典, 刘洁瑜, 吴宗收, 沈 强, 姚二亮 977

有限过载的三维现实真比例导引的捕获区域 ..... 张锦林, 李 炯, 雷虎民, 李万礼, 唐 骁 986

• 通信与网络 •

可重构智能表面通信系统的渐进信道估计方法 .....  
..... 党 建, 李业伟, 朱永东, 郭荣斌, 张在琛, 吴 亮 998

基于时间反演的上行 NOMA 系统能效优化算法 ..... 陈善学, 吴生金, 谷博文 1007

VHF/UHF 通信电台接收链路中的干扰抑制合并方法 .....  
..... 吴 灏, 康 颖, 葛松虎, 李亚星, 孟 进 1014

基于无人机辅助边缘计算系统的节能卸载策略 ..... 余雪勇, 朱 烨, 邱礼翔, 朱洪波 1022

基于 WBP-CNN 算法的 LDPC 译码 ..... 刘恒燕, 张立民, 闫文君, 钟兆根, 凌 青, 梁晓军 1030

基于生成对抗与卷积神经网络的调制识别方法 ..... 邵 凯, 朱苗苗, 王光宇 1036

• 可靠性 •

基于确信可靠性理论的蠕变寿命模型应用研究 ..... 杨 晗, 王浩伟, 李清荣, 陈 敏, 彭 博 1044

基于 LSTM 分类器的航空发动机预测性维护模型 ..... 蔺瑞管, 王华伟, 车畅畅, 倪晓梅, 熊明兰 1052

基于时间序列数据扩增和 BLSTM 的滚动轴承剩余寿命预测方法 .....  
..... 孙世岩, 张 钢, 梁伟阁, 余 博, 田福庆 1060



# Systems Engineering and Electronics

Vol .44 No.3

March 2022

## CONTENTS

### Electronic Technology

- Channel equalization method based on response estimation and frequency domain fitting .....  
..... *WANG Zhengzhi, YANG Zhiwei, FAN Zhihao* 713
- Intelligent optimization of phase-modulation waveform based on genetic algorithm .....  
..... *SUN Jianwei, WANG Chao, SHI Qingzhan, REN Wenbo, YAO Zekun, YUAN Naichang* 722
- Hybrid transmit beamforming for dynamic metasurface antenna array .....  
..... *CHEN Yuxiang, CHEN Shengyao, RAN Longyao, XI Feng* 730
- Symbolized flight action recognition based on neural network .....  
..... *FANG Wei, WANG Yu, YAN Wenjun, LIN Chong* 737
- Cooperative object detection and recognition algorithm for multiple UAVs based on decision fusion .....  
..... *LI Hongyao, LI Xiaoqiang, HAN Xinzhong, XIE Xueli, XI Jianxiang* 746
- High intensity electromagnetic field radiation effect equivalent test method for spectrum -dependent equipment .....  
..... *LU Xinfu, WEI Guanghui, PAN Xiaodong, WAN Haojiang, SUN Jiangning* 755
- Parameter estimation of LFM signals based on NAT functions in impulsive noise .....  
..... *JIN Yan, ZHAO Dadi, JI Hongbing* 762
- Reconstruction method of PCM signal intermittent transmitting and receiving echo in radiation simulation .....  
..... *XIE Ailun, LIU Xiaobin, ZHAO Feng, AI Xiaofeng, XIAO Shunping* 771

### Sensors and Signal Processing

- Sea clutter suppression and target extraction algorithm based on sparse reconstruction .....  
..... *LI Wenjing, LI Zhuolin, YUAN Zhentao* 777
- Optimal placement method for bistatic radar on perimeter barrier coverage .....  
..... *LI Haipeng, FENG Dazheng, ZHOU Yongwei, DONG Pukao, ZHANG Jun* 786
- Polarization control method for wideband phased array based on polarization state configuration .....  
..... *WANG Zhanling, PANG Chen, YIN Jiapeng, LI Yongzhen, WANG Xuesong* 795
- Pose sensitivity analysis of HRRP recognition based on deep learning .....  
..... *SUN Jingming, YU Shengkang, SUN Jun* 802
- High-resolution SAR imagery with enhancement of directional structure feature .....  
..... *YANG Lei, ZHANG Su, GAI Minghui, FANG Cheng* 808
- Solution for uncertain hybrid multi-sensor alliance based on  $P_{EV}$  principle .....  
..... *XIE Jiahao, HUANG Shucui, WEI Daozhi, ZHANG ZhaoYu, WANG Wenhao* 819
- Clutter suppression algorithm based on pixel vector elimination in through -the-wall radar .....  
..... *WANG Mingze, LI Wei, MA Junwei, LI Xiangping* 827
- Waveform optimization for SFA radar based on evolutionary particle swarm optimization .....  
..... *DU Siyu, QUAN Yinghui, SHA Minghui, FANG Wen, XING Mengdao* 834

### Systems Engineering

- Framework and modeling method of weaponry utilization knowledge .....  
..... *LUO Yiyang, ZHAO Qingsong, LI Huachao, LI Yong, SUN Jianbin* 841

Optimal design of missile types in missile equipment system based on assignment model .....	850
..... <i>GUO Feiran, YU Jianqiao, SONG Bao</i>	
Review on air traffic delay prediction .....	863
..... <i>WANG Chunzheng, HU Minghua, YANG Lei, ZHAO Zheng</i>	
Joint optimization of condition-based maintenance and spare part inventory for multi-component system considering random shock effect .....	875
..... <i>LI Jingfeng, CHEN Yunxiang, XIANG Huachun, WANG Jian</i>	
Survey on policy reuse in reinforcement learning .....	884
..... <i>HE Li, SHEN Liang, LI Hui, WANG Zhuang, TANG Wenquan</i>	
UAV reconnaissance tactical planning based on colored Petri nets .....	900
..... <i>ZHANG Yuanyuan, GAO Yang, ZHU Peng, LIU Jintao, GU Shushan</i>	
Review on ontology-based task planning for unmanned systems .....	908
..... <i>PANG Weijian, LI Hui, HUANG Qian, LI Peng, MA Xianming</i>	
Research on optimization of combat force for key air defense model .....	921
..... <i>LIN Xiangyang, XING Qinghua, LIU Fuxian</i>	
<b>Guidance, Navigation and Control</b>	
Trajectory optimization based on heat-augmented model and analysis of thermal protection structure .....	929
..... <i>ZHANG Tengafei, GONG Chunlin, SU Hua, XUE Pengfei</i>	
Short-term orbit prediction based on LSTM neural network .....	939
..... <i>ZHANG Xinyu, LIU Yuan, SONG Jianing</i>	
GNSS time spoofing detection and discrimination based on clock bias hypothesis test .....	948
..... <i>FU Dong, PENG Jing, MA Ming, CHEN Feiqiang, OU Gang</i>	
Integrated guidance and control schemes for dynamic surface of flexible hypersonic vehicles .....	956
..... <i>AN Tong, WANG Peng, WANG Jianhua, TANG Guojian, PAN Yulong, CHEN Haishan</i>	
Hierarchical cooperative navigation of UAV swarm based on federated filtering algorithm .....	967
..... <i>GU Xuping, TANG Daquan</i>	
Visual-inertial SLAM method based on multi-scale optical flow fusion feature point .....	977
..... <i>WANG Tongdian, LIU Jieyu, WU Zongshou, SHEN Qiang, YAO Erliang</i>	
Capture region of 3D realistic true proportional navigation with finite overload .....	986
..... <i>ZHANG Jinlin, LI Jiong, LEI Humin, LI Wanli, TANG Xiao</i>	
<b>Communications and Networks</b>	
Progressive channel estimation method for RIS-assisted communication system .....	998
..... <i>DANG Jian, LI Yewei, ZHU Yongdong, GUO Rongbin, ZHANG Zaichen, WU Liang</i>	
Energy efficiency optimization algorithm for uplink NOMA systems with time reversal .....	1007
..... <i>CHEN Shanxue, WU Shengjin, GU Bowen</i>	
Interference rejection combining method in receive chain of VHF /UHF communication radio .....	1014
..... <i>WU Hao, KANG Ying, GE Songhu, LI Yaxing, MENG Jin</i>	
Energy efficient offloading strategy for UAV aided edge computing systems .....	1022
..... <i>YU Xueyong, ZHU Ye, QIU Lixiang, ZHU Hongbo</i>	
LDPC decoding based on WBP-CNN algorithm .....	1030
..... <i>LIU Hengyan, ZHANG Limin, YAN Wenjun, ZHONG Zhaoqin, LING Qing, LIANG Xiaojun</i>	
Modulation recognition method based on generative adversarial and convolutional neural network .....	1036
..... <i>SHAO Kai, ZHU Miaomiao, WANG Guangyu</i>	
<b>Reliability</b>	
Application research of creep life model based on belief reliability theory .....	1044
..... <i>YANG Han, WANG Haowei, LI Qingrong, CHEN Min, PENG Bo</i>	
Predictive maintenance model of aeroengine based on LSTM classifier .....	1052
..... <i>LIN Ruiguan, WANG Huawei, CHE Changchang, NI Xiaomei, XIONG Minglan</i>	
Remaining useful life prediction method of rolling bearing based on time series data augmentation and BLSTM .....	1060
..... <i>SUN Shiyan, ZHANG Gang, LIANG Weige, SHE Bo, TIAN Fuqing</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510期)  
第44卷 第3期 2022年3月

Systems Engineering and Electronics

Started in 1979(Monthly)(Sum No.510)  
Vol.44 No.3 March 2022

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：xtgeydzjs@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: xtgeydzjs@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:林淑明 李娟

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