

ISSN 1001-506X
CN 11-2422/TN



系统工程与电子技术

Systems Engineering and Electronics

2

第45卷 第2期 2023年2月
Vol.45 No.2 February 2023

ISSN 1001-506X



- 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

系统工程与电子技术

张立华

第 45 卷 第 2 期
2023 年 2 月

目 次

万方数据

· 电子技术 ·

单变量序列数据分类方法综述	
..... 张 晔, 侯 毅, 欧阳克威, 周石琳	313
基于 L 型级联互素阵列的多目标源载频和到达角联合估计	
..... 赵雪成, 黄翔东, 马金英	336
基于可调 Q 因子小波变换的海杂波抑制算法	
..... 张俊玲, 董 玫, 陈伯孝	343
低信噪比下非冗余阵列的无网格 DOA 估计	
..... 王 宁, 吕晓德, 李苗苗	352
大型障碍物影响下航向信标敏感区的划设	
..... 倪育德, 于颖丽, 刘瑞华, 秦 哲, 王 凯	360
联合纯四元数与字典学习的彩色图像去噪方法	
..... 曾拥华, 马均瑶, 黄朝燕, 冒智慧, 武婷婷	373
反临与反导预警探测特征比较	
..... 郑建成, 曲智国, 谭贤四, 王京阳, 李陆军	379

· 传感器与信号处理 ·

认知 MIMO 雷达发射波形与接收滤波器联合优化设计方法	
..... 邱祥风, 姜卫东, 张新禹, 霍 凯, 刘永祥	386
基于合作目标的外辐射源雷达发射站直接定位	
..... 饶云华, 朱华梁, 郑志杰	394
载频-重频联合捷变雷达目标参数估计方法	
..... 刘智星, 全英汇, 沙明辉, 方 文, 高 霞, 邢孟道	401
基于调制谱超分辨重构的微多普勒参数估计	
..... 赵庆媛, 赵志强, 叶春茂, 鲁耀兵	407
基于 LSTM 和残差网络的雷达有源干扰识别	
..... 邵正途, 许登荣, 徐文利, 王晗中	416
海面背景下弱目标 RCS 估计及特性分析	
..... 黎 鑫, 夏晓云, 张玉石, 水鹏朗	424

• 系统工程 •

共建共享双层策略驱动的复杂装备组合优化求解	陈子夷, 豆亚杰, 徐向前, 谭跃进, 杨克巍, 姜 江	431
基于模糊约束的贝叶斯网络参数学习	茹鑫鑫, 高晓光, 王阳阳	444
考虑盲区的多移动传感器地面目标检测跟踪调度方法	张昀普, 单甘霖, 黄 燕, 付 强	453
舰载机模块化弹药调度方案优化设计	吕晓峰, 杨东泽, 马 羚	465
基于神经网络的时变参数系统仿真优化方法	吴诗辉, 周 宇, 李正欣, 刘晓东, 贺 波	472
空中目标编队自动分析挖掘算法	徐秋坪, 周洁静, 季 海, 耿 明, 乐园园	481
面向中小型碎片的卫星自主观驱规划仿真研究	廖 鹤, 许志豪, 王晓丹, 王代薪	490

• 制导、导航与控制 •

基于 LMD-WSVD 的半球谐振陀螺混合去噪方法	常龙康, 魏健雄, 于 飞, 张国昌, 高 伟, 郝 强	497
基于 LSTM 与 1DCNN 的导弹轨迹预测方法	宋波涛, 许广亮	504
改进 A* 算法的机器人能耗最优路径规划方法	张浩杰, 张玉东, 梁荣敏, 杨甜甜	513
基于改进粒子群优化极限学习机的弹丸参数辨识	夏悠然, 管 军, 易文俊	521
考虑阻力系数时变的下压段半解析时间预测方法	崔正达, 魏明英, 李运迁	530
基于零控脱靶量的大气层外拦截中制导方法研究	赵 蒙, 端军红, 王明宇, 殷双斌, 鲁 娜	538
针对机动目标的三维实时滚动优化制导策略	杨秀霞, 姜子劼, 张 毅, 王 聪	546

• 通信与网络 •

5G-TSN 系统下的高精度时间同步	李晓辉, 王先文, 樊 韬, 张 峰, 刘佳文, 万宏杰	559
多音干扰下 Nakagami-m 信道传输 Link16 数据链的性能分析	宁晓燕, 王 影, 孙志国, 罗海玲	566
子任务调度和时延联合优化的 MEC 卸载方案	陈 韩, 张 晶, 董 俊, 董 洁	572
面向用户最大覆盖的多空中基站布局方法	胡焰智, 章锋斌, 田 田, 陈启航	580
利用联合特征参数的卫星单-混信号调制识别	龚 佩, 李天昀, 章昕亮, 寸陈韬	589

• 可靠性 •

设备部件延寿的灰色多指标畸变预测模型	李 强, 刘思峰	597
人机环耦合效应下卫星天线装配概率风险分析	曾 婷, 高 帅, 孙富强, 赖小明, 李 云, 李孝鹏	606
基于混合 Gamma 分布的机载产品可靠性建模	李军亮, 祝华远, 王 正, 王利明, 张鑫磊	614

Systems Engineering and Electronics

Vol .45 No.2

February 2023

CONTENTS

Electronic Technology

Survey of univariate sequence data classification methods	
..... ZHANG Ye , HOU Yi , OUYANG Kewei , ZHOU Shilin	313
Joint carrier frequency and DOA estimation for multiple target sources using L-shaped unfolded co-prime array	
..... ZHAO Xuecheng , HUANG Xiangdong , MA Jinying	336
Sea clutter suppression algorithm based on tunable Q-factor wavelet transform	
..... ZHANG Junling , DONG Mei , CHEN Baixiao	343
Gridless DOA estimation for non-redundant array at low SNR	
..... WANG Ning , LYU Xiaode , LI Miaomiao	352
Setting the sensitive area of localizer under the influence of large obstacles	
..... NI Yude , YU Yingli , LIU Ruihua , QIN Zhe , WANG Kai	360
Color image denoising method combining prue quaternion and dictionary learning	
..... ZENG Yonghua , MA Junyao , HUANG Chaoyan , MAO Zhihui , WU Tingting	373
Comparison of early warning detection characteristics between anti-near-space and anti-missile	
..... ZHENG Jiancheng , QU Zhiguo , TAN Xiansi , WANG Jingyang , LI Lujun	379

Sensors and Signal Processing

Joint optimization design method for cognitive MIMO radar transmit waveform and receive filter	
..... QIU Xiangfeng , JIANG Weidong , ZHANG Xinyu , HUO Kai , LIU Yongxiang	386
Direct position determination of transmitter based on cooperative target in passive radar	
..... RAO Yunhua , ZHU Hualiang , ZHENG Zhijie	394
Target parameter estimation method for frequency agility and pulse repetition frequency agility radar	
..... LIU Zhixing , QUAN Yinghui , SHA Minghui , FANG Wen , GAO Xia , XING Mengdao	401
Micro-Doppler parameter estimation based on super-resolution modulation spectrum reconstruction	
..... ZHAO Qingyuan , ZHAO Zhiqiang , YE Chunmao , LU Yaobing	407
Radar active jamming recognition based on LSTM and residual network	
..... SHAO Zhengtu , XU Dengrong , XU Wenli , WANG Hanzhong	416
RCS estimation and characteristic analysis of weak target under sea background	
..... LI Xin , XIA Xiaoyun , ZHANG Yushi , SHUI Penglang	424

Systems Engineering

Combinatorial optimization solution of complex equipment driven by contribution and sharing two -tier strategy ...	
..... CHEN Ziyi , DOU Yajie , XU Xiangqian , TAN Yuejin , YANG Kewei , JIANG Jiang	431
Bayesian network parameter learning based on fuzzy constraints	
..... 万方数据 RU Xinxin , GAO Xiaoguang , WANG Yangyang	444

Multiple mobile sensors scheduling method for ground target detection and tracking considering blind zone	<i>ZHANG Yunpu, SHAN Ganlin, HUANG Yan, FU Qiang</i>	453
Optimal design of modular ammunition scheduling scheme for carrier-based aircraft	<i>LYU Xiaofeng, YANG Dongze, MA Ling</i>	465
Approach to simulation optimization of time-varying parameters system based on neural network	<i>WU Shihui, ZHOU Yu, LI Zhengxin, LIU Xiaodong, HE Bo</i>	472
Automatic analysis and mining algorithm of air target formation	<i>XU Qiuping, ZHOU Jiejing, JI Hai, GENG Ming, LE Yuanyuan</i>	481
Autonomous satellite observation and removal planning simulation for small and medium -sized debris	<i>LIAO He, XU Zhihao, WANG Xiaodan, WANG Daixin</i>	490

Guidance , Navigation and Control

A hybrid denoising method for hemispherical resonant gyroscope based on LMD-WSVD	<i>CHANG Longkang, WEI Jianxiong, YU Fei, ZHANG Guochang, GAO Wei, HAO Qiang</i>	497
Missile trajectory prediction method based on LSTM and 1DCNN	<i>SONG Botao, XU Guangliang</i>	504
Energy-efficient path planning method for robots based on improved A* algorithm	<i>ZHANG Haojie, ZHANG Yudong, LIANG Rongmin, YANG Tiantian</i>	513
Projectile parameter identification : extreme learning machine optimized by improved particle swarm	<i>XIA Youran, GUAN Jun, YI Wenjun</i>	521
Semi-analytical encounter time estimation method in dive phase with time-varying drag coefficient	<i>CUI Zhengda, WEI Mingying, LI Yunqian</i>	530
Research on midcourse guidance method of extra-atmospheric interception based on zero effort miss	<i>ZHAO Meng, DUAN Junhong, WANG Mingyu, YIN Shuangbin, LU Na</i>	538
Three dimensional real-time rolling optimal guidance strategy for maneuvering targets	<i>YANG Xiuxia, JIANG Zijie, ZHANG Yi, WANG Cong</i>	546

Communications and Networks

High-precision time synchronization of 5G-TSN system	<i>LI Xiaohui, WANG Xianwen, FAN Tao, ZHANG Feng, LIU Jiawen, WAN Hongjie</i>	559
Performance analysis of Nakagami-m channel transmission Link16 under multi-tone interference	<i>NING Xiaoyan, WANG Ying, SUN Zhiguo, LUO Hailing</i>	566
MEC offloading scheme based on joint optimization of subtask scheduling and delay	<i>CHEN Han, ZHANG Jing, DONG Jun, DONG Jie</i>	572
Multi-UAV-BS layout approach for maximum coverage of users	<i>HU Yanzhi, ZHANG Fengbin, TIAN Tian, CHEN Qihang</i>	580
Modulation recognition for satellite single-mixed signals using joint characteristic parameters	<i>GONG Pei, LI Tianyun, ZHANG Xinliang, CUN Chentao</i>	589

Reliability

Grey multi-index distortion prediction model of equipment component life extension	<i>LI Qiang, LIU Sifeng</i>	597
Probabilistic risk analysis of satellite antenna assembly considering man-machine-environment coupling effect ...	<i>ZENG Ting, GAO Shuai, SUN Fuqiang, LAI Xiaoming, LI Yun, LI Xiaopeng</i>	606
Reliability modeling of airborne products based on mixed Gamma distribution	<i>LI Junliang, ZHU Huayuan, WANG Zheng, WANG Liming, ZHANG Xinlei</i>	614

《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 521 期)

第 45 卷 第 2 期 2023 年 2 月

Systems Engineering and Electronics

Started in 1979(Monthly)(Sum No. 521)

Vol. 45 No. 2 February 2023

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: xtgydzjs@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: xtgydzjs@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.

责任编辑: 李颖 吴晓倩

执行编辑: 崔思琦 尹悦 徐珺 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