

基于并行 Boosting 算法的雷达目标跟踪检测系统设计

蔡 轶¹, 蔡万勇²

(1. 空军预警学院 教研保障中心, 武汉 430010;

2. 空军预警学院 雷达士官学校, 武汉 430010)

摘要: 目前的雷达目标跟踪检测系统跟踪路线与实际路线相差较大, 泛化误差率高; 基于并行 Boosting 算法设计了一种新的雷达目标跟踪检测系统, 硬件内部引入数据多处理器, 对收集的雷达位置数据集中处理, 连接 I/O 接口, 配置数据过滤器, 将雷达位置信息数据的状态参数录入过滤器元件中; 在软件部分, 利用并行 Boosting 算法的内部学习融合方式调节不同的雷达目标跟踪系统状态, 通过信息处理、航迹分析、落脚点判断来整合相应的跟踪检测信息, 构建检验方程式防止外来无关数据的侵扰, 最终得到雷达目标跟踪数据操作状态, 完成目标跟踪检测; 实验结果表明, 基于并行 Boosting 算法的雷达目标跟踪检测系统设定的检测路线与实际路线吻合度高达 99.21%, 泛化误差远远低于传统目标跟踪检测系统, 实用性更强。

关键词: 并行 Boosting 算法; 雷达目标; 目标跟踪; 跟踪检测; 检测系统

Design of Radar Target Tracking Detection System Based on Parallel Boosting Algorithm

Cai Yi¹, Cai Wanyong²

(1. Teaching Research Guarantee Center, Air Force Early Warning Academy, Wuhan 430010, China;

2. Radar NCO School, Air Force Early Warning Academy, Wuhan 430010, China)

Abstract: The current radar target tracking detection system has a large difference between the tracking route and the actual route, and the generalization error rate is high. Based on the parallel Boosting algorithm, a new radar target tracking and detection system is designed. The data multiprocessor is introduced in the hardware to process the collected radar position data centrally, connect the I/O interface, configure the data filter, and convert the radar position information data. The state parameters are entered into the filter element. In the software part, the internal learning fusion method of the parallel Boosting algorithm is used to adjust the status of different radar target tracking systems, and the corresponding tracking detection information is integrated through information processing, track analysis, and landing point judgment, and a test equation is constructed to prevent the intrusion of extraneous extraneous data. Finally, the operation status of radar target tracking data is obtained, and target tracking detection is completed. The experimental results show that the detection route set by the radar target tracking and detection system based on the parallel boosting algorithm matches the actual route up to 99.21%, the generalization error is far lower than the traditional target tracking and detection system, and the practicability is stronger.

Keywords: parallel boosting algorithm; radar target; target tracking; tracking detection; detection system

0 引言

微电子的发展使雷达技术愈加成熟, 目前的雷达探测器包含了红外光、紫外光、激光等多重手段协作, 使雷达跟踪监测功能更加完善。在现代战争中, 雷达目标跟踪系统已经成为必不可少的工具, 其内部具备多功能的能力能够在短时间内实现不同搜索模式/跟踪模式的目标扫描, 对于战场指挥员有极大的帮助^[1-3]。

在不同的应用环境下对应的应用技术也不同, 例如数据融合技术、专家系统技术、模糊理论技术等等, 融合上

述技术建立的雷达目标跟踪检测系统在检测能力上具有很大的提升, 然而却面临着两大问题, 分别是全面性问题和规则库管理问题^[4-5]。如何满足大数据量和高实时性两大要求, 已经成为当前雷达领域迫切需要解决的问题^[6-7]。

本文深入探讨了并行 Boosting 算法, 在此基础上设计了一种基于并行 Boosting 算法的雷达目标跟踪检测系统, 通过 RADAR 数据集测试系统的实际工作效果, 与同类算法相比, 该算法的识别效率很高, 由此证明系统具备可行性。

1 基于并行 Boosting 算法的雷达目标跟踪检测系统硬件设计

作为一种有效的分类器融合方法, Boosting 算法使用内部分类算法来产生一系列基本的基本分类器, 对每一个基

收稿日期:2020-06-18; 修回日期:2020-07-20。

作者简介:蔡 轶(1979-),女,湖南长沙人,硕士,讲师,主要从事军事运筹学、计算机科学与技术方向的研究。

本分类器的培训依赖于之前生成的分类器分类结果, 利用训练集上基值分类器误码率来调整训练样本, 采用加权投票的方法确定单个基值分类器的概率分布。在分类器研究中, 稳定性是分类器性能的重要指标, 分类器稳定性, 是指分类系统在某些参数(结构、尺寸等)的干扰下, 仍能保持一定的性能, 这一性能又称鲁棒性。所以, 设计一种鲁棒性更强的分类器, 对提高分类器的泛化能力十分重要^[8-9]。

并行 Boosting 所采用的基本学习算法是训练多个弱分类器, 通过融合来提高分类精度, 在分类器不稳定情况下, 该算法能有效地提高分类精度^[10-13]。非稳定性算法和稳定性算法取得的计算效果不同, 非稳定性算法是指对样本变化非常敏感的算法, 即训练样本变化很小就会引起分类器变化很大, 比如, 神经网络和决策树都不稳定; 稳定性算法受影响较小, 但有时会降低分类精度, 因为存在大量的不稳定分类算法组成的基本分类器, 所以这种方法能够提高非稳定学习算法的分类精度^[14]。

本文根据系统硬件的数据整合格式挑选合适的处理机制进行硬件处理操作, 设置数据多处理器, 对收集的数据集中处理, 连接 I/O 接口, 将数据转化头传输至中心芯片系统中, 按照芯片系统的内部整合管理操作实现对基础雷达目标数据的追踪, 配置审核芯片, 接通 USB 数据端口, 将网络数据传导至审核芯片中, 并检验跟踪控制器的位置参数, 时刻调整位置参数系数, 确保数据信息操作的安全性与可行性, 并构建相应的数据多处理器内部结构图。

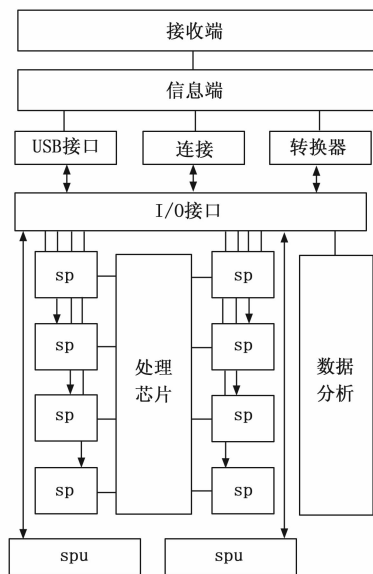


图 1 数据多处理器内部结构图

在完成对目标数据的处理后, 配置数据过滤器, 过滤初始实验参数, 保留与系统操作相关性较强的二次过滤参数, 将过滤器的接口联通至转换器接口处, 调配接口信息数据, 将信息数据的状态参数模拟录入过滤器元件的记录

中心中^[15]。加大整体硬件运算速率, 将实现过滤的数据整合存储至硬件数据空间, 实现对跟踪检测系统硬件的设计操作。

2 基于并行 Boosting 算法的雷达目标跟踪检测系统软件设计

在实现对系统硬件的设计后, 利用不同的算法操作模型整合算法操作信息, 并结合算法解析与中心调整操作, 匹配算法内部调控空间, 将数据组信息划分为统一存储模块中实现数据内部存储, 利用并行 Boosting 算法的内部学习融合方式调节不同的雷达目标追踪系统状态, 通过不断的系统自主完善装置整合相应的跟踪检测信息, 联合数据投票规则, 将不符合系统操作的规则数据清除至系统操作空间外, 并防止外来无关数据的侵扰, 并构建软件设计流程图如图 2 所示。

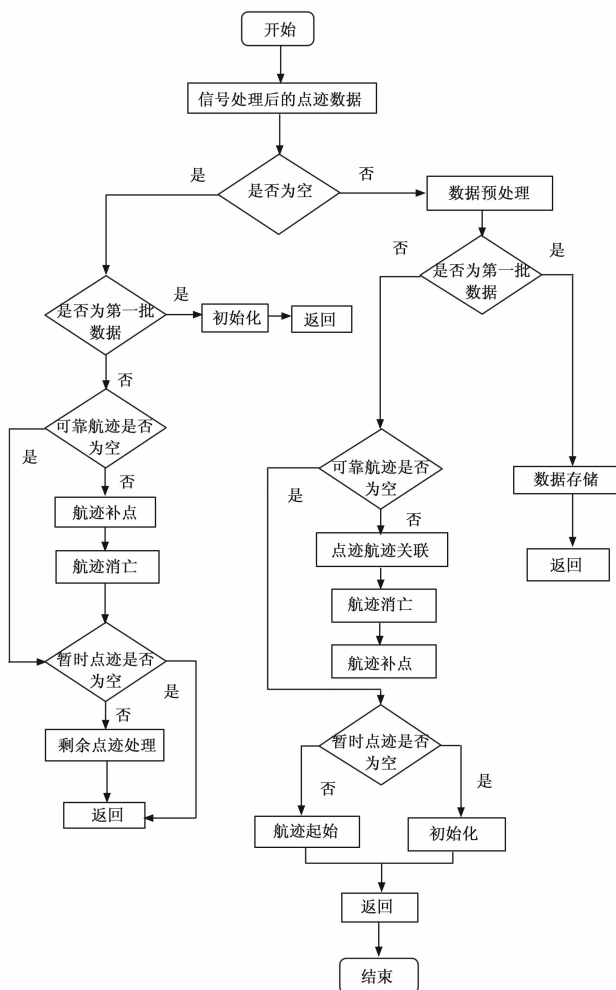


图 2 软件设计流程图

加强数据化管控力度, 研究相关雷达目标之间的数据跟踪检测差异性, 并计算差异值数据, 设置如下的数据计算公式:

$$R_i = \frac{\sum_{k=1}^n R_{ik} V_{ik}}{\sum_{k=1}^n V_{ik}} \quad (1)$$

式中, R_i 表示为计算的差值数据代表参数, V 为象征性数据跟踪检测指数, k 为操作的基础范围数据, i 为方向角标。在实现上述内部操作后, 调整算法软件应用程序空间配置, 将空间数据混乱的部分清除, 并构造内部调整系统, 利用系统的中心调整性能采集相关系数较大的空间数据, 标准化改造并行 Boosting 算法的学习研究曲线。对应雷达跟踪目标的目标位置分析位置函数的数据落脚点, 同时合理规划不同区域间的数据差异值, 按照差异值的信息范围集中加强对算法简化的处理力度, 简便操作流程, 缩短操作所需时间, 进而获取有效率更高的跟踪检测数据结果, 利用选取的指数参数构建软件设计改造模型公式精准掌控雷达目标的检验对象:

$$K = \sqrt{S - T^2} + \frac{p - o}{N} \quad (2)$$

式中, K 表示为软件改造模型参数, S 表示为软件内部空间区间数据, T 表示为研究时间范围, N 表示为需进行操作的数据总体数量, p 表示为相关流程操作函数, o 表示为内部调控系统数据。由此, 获取系统软件操作所需的内部数值, 不断结合相关程度较高的系统操作雷达目标数据, 并检验目标数据存在的合理性, 构建检验方程式:

$$L = (n - g^{0.5}) \cdot \sqrt{\frac{q^3}{a}} \quad (3)$$

L 作为检验的中心参数而存在, n 表示为内部系统所需的内部数值, g 表示为目标数据空间占比系数, q 表示为数据合理性函数, a 表示为数据相关程度数值。根据以上研究调节最终的数据操作状态, 并获取软件系统设计的关键信息参数, 达到对系统软件设计的目的。

3 实验与研究

3.1 实验步骤与方法

在上述内容中, 本文从不同方面介绍了并行 Boosting 算法的雷达目标跟踪检测系统设计操作, 按照操作标准简化实验研究处理, 并构建相应的实验操作平台, 对该系统设计的性能进行检验:

1) 本文利用参数调整的方法确定实验研究参数数据, 根据图像查找理论寻找与检测系统相匹配的操作图像, 标记图像信息, 在图像中心构造检测数据点, 并匹配数据点功能结构空间, 利用结构的合理性划分不同的实验操作任务点。

2) 将总的处理分类器数量除以剩余处理分类器数量作为训练样本参数, 不断审核收集的数据信息操作状况, 并对状态信息进行集中化调整, 分配不同的雷达目标, 汇聚同一种群的雷达目标信息, 标记存储空间位置, 在分布式的实验环境下调节雷达信息信号接收状态, 控制处理数据处于可操作范围内。选取三分之二的的数据作为训练样本数

据, 并提出样本数据训练的参考数值, 利用不同的参考数值差异提高算法跟踪检测的有效性。

3) 处理训练数据, 由于在分布式实验环境下, 跟踪目标的查找速率将随着空间范围的缩小而减少, 为此, 本文适当缩减实验操作时间, 控制查找速率处于可支配地位, 同时转变雷达目标的位置信息, 将所有位置信息转移至跟踪检测系统数据库中, 等待系统的进一步检验操作, 并设置编程操作码进行数据编程操作。

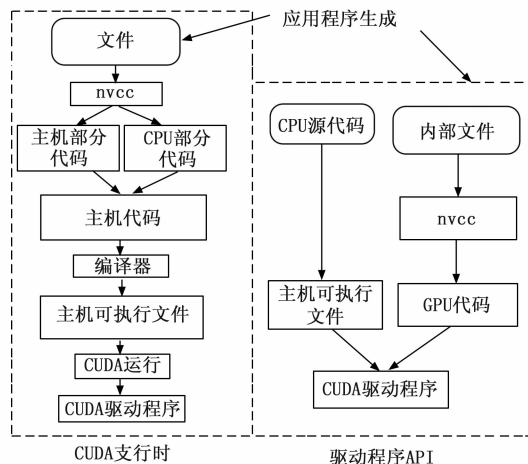


图 3 编程流程图

3.2 实验对象及参数

在达到以上实验操作标准后, 利用实验操作的信息构建实验参数数据, 控制雷达发电站的信号发射频率, 并传导精准的跟踪检测指令于中心系统中, 构建 ENU 坐标系与雷达目标坐标系的直角坐标关系图。

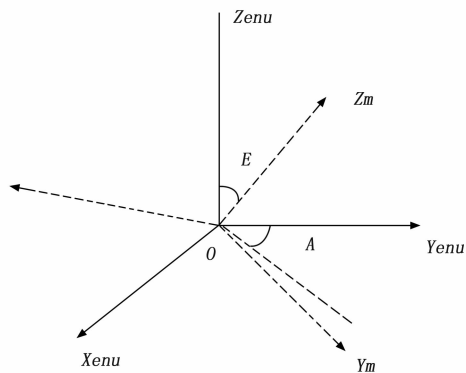


图 4 直角坐标系图

获取实验参数如表 1 所示。

表 1 实验参数 1

实验发电站项目	参数
转速	5 s/圈
PRF	1.75 kHz
距离分辨率	200 m
方位分辨率	4.5°

3.3 实验结果与分析

利用发电站方位参数对比跟踪检测目标的移动路线状况, 匹配相关操作数据, 设置共同的实验信息系统, 以基于 GUP 的雷达目标跟踪检测系统和基于路线选择的雷达目标跟踪检测系统作为实验对比方法, 实验对比图如图 5 所示。

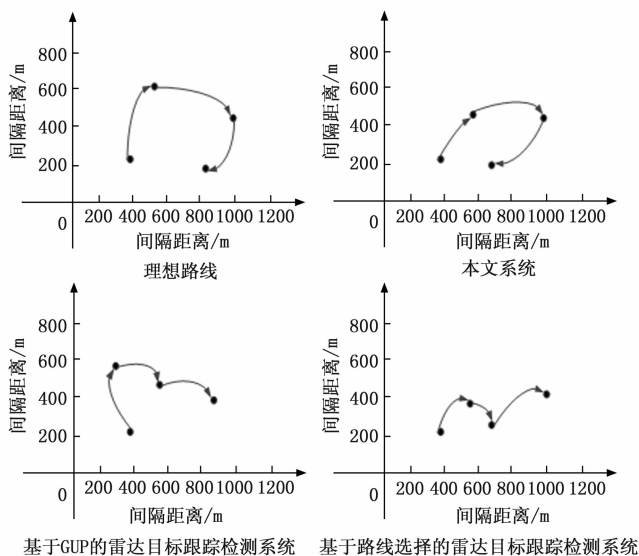


图 5 目标跟踪检测路线对比图

根据上述图示可以分析出, 本文基于并行 Boosting 算法的雷达目标跟踪检测系统设计的目标跟踪检测路线更加接近理想路线状况, 基于 GUP 的雷达目标跟踪检测系统设计的目标跟踪检测路线比较符合理想路线状况, 而基于路线选择的雷达目标跟踪检测系统设计的目标跟踪检测路线与理想路线相差较大。

造成此种差异的原因在于传统基于 GUP 的雷达目标跟踪检测系统集合了不同的系统软件信息, 将系统的应用程序性能开发到最大程度, 并调配系统检控装置, 确保目标跟踪的安全性, 提升操作的有效率, 减少不必要的操作浪费, 进而获取更高的跟踪检测结果。基于路线选择的雷达目标跟踪检测系统设计虽匹配了相关操控数据, 但对于内部系统的结构形式掌握程度较低, 未达成系统的内部连接需求, 导致其跟踪检测的跟踪检测路线与理想路线相差甚远。而本文系统调整了算法内部信息系统的的数据归类程度, 合理规划统一种群信息内的数据, 并调整不同数据的存储状态, 分配中心传导数据空间, 将硬件系统信息与软件系统信息相结合, 传导联合数据, 巩固不同跟踪检测操作间的数据关系, 控制目标位于系统检验的标准路线中, 获取效果较佳的目标跟踪检测路线。在完成首次系统实验对比后, 将符合系统整合的数据全部录入目标跟踪检测空间中, 等待二次实验研究的开展。调节检测后的信息状态, 将数据系统空间恢复至初始状态, 并查找状态信息数据, 构建相对应的二次实验参数表 2 所示。

在表 2 中, 对接收站的状况进行管理, 跟踪雷达目标处理系统的点迹, 追踪点迹信息, 将符合信息操作的点迹数据统一录入至目标跟踪检测空间内部, 并设置数据监管程序, 减少操作数据与无关数据的接触量。检测数据发出电波的状况, 主导中心电波信息, 并在达到实验研究的基础操作后, 展开数据强化实验操作:

表 2 实验参数 2

实验接收站项目	参数
方位视场	45°
系统采样率	5 MHz
距离分辨力	220 m
方位分辨力	0.88°

1) 标准化管理雷达目标位置, 并定位位置信息, 清除地面遮挡物, 保证信号的同向接收。转变跟踪检测画面, 利用编程码将画面数据转化为代码公式, 直观地反映实验研究的效果, 构建平面边界 A, 最小边界值为 h_1 , 构建平面边界 B, 最小边界值为 h_2 , 且 $h_1 < h_2$, 设置其泛化误差图如图 6 所示。

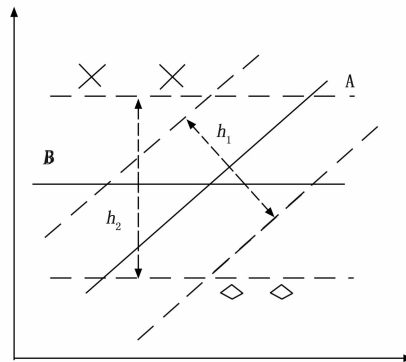


图 6 泛化误差图

2) 本系统的跟踪目标间的距离间隔为 200 m, 测量三圈点数据, 记录测量的结果, 修正并行 Boosting 算法, 整合算法接触空间, 改变算法调配的方向, 过滤与跟踪检测目标起始点角度不符的数据, 坚持目标的追踪状态, 固定此刻的算法目标, 并加以内部检验操作, 同时对此时的雷达目标信息进行位置定位操作, 设置位置坐标图如图 7 所示。

3) 管理算法关联系数, 整理系数相关性, 利用相关性较高的目标参数追踪雷达目标, 并检验不同目标参数的操作结果, 获取所需的实验结果数据, 构建如图 8 所示的实验对比图示。

在图 8 中可以得出, 基于路线选择的雷达目标跟踪检测系统设计的目标跟踪检测图像清晰度较大, 基于 GUP 的雷达目标跟踪检测系统设计的目标跟踪检测图像清晰度较小, 而本文基于并行 Boosting 算法的雷达目标跟踪检测系统设计跟踪检测

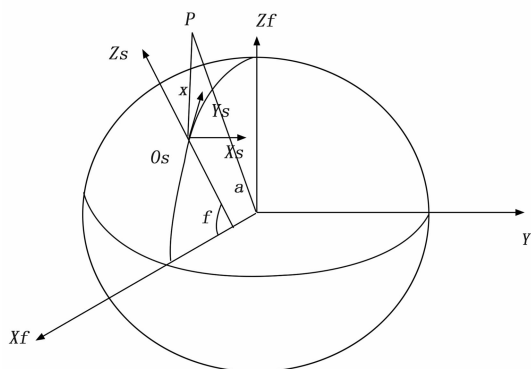


图 7 位置坐标图

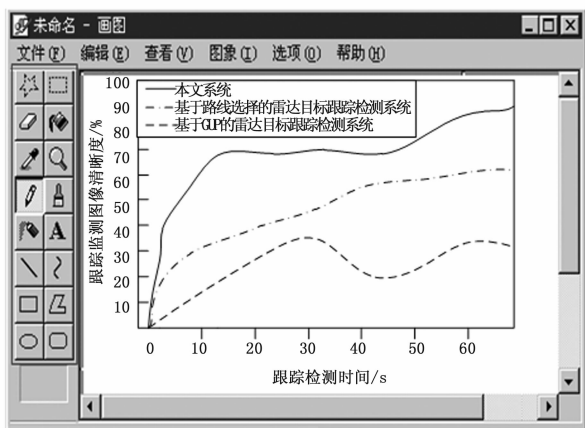


图 8 跟踪监测图像清晰度对比图

图像清晰度均高于其他两种传统系统。由于本文在目标跟踪检测的同时匹配关联度较高的操作数据，减缓硬件系统与软件系统间的操作矛盾，联合同向性检验操作，提取雷达目标信息，获得初始操作数据，跟踪检测系数较为精准，且设置图像反应度较为清晰的内部系统装置，具有良好的跟踪监测图像清晰度。传统基于路线选择的雷达目标跟踪检测系统设计掌控了不同状态下的目标数据信息，构建了数据传输通道，并扩展通道数据吸纳容量，保证雷达目标数据的完整录入，在路线的管理中集合中心信息，提升路线图像的反应清晰度，获取清晰度较高的跟踪检测图像。

综上所述，本文系统设计更好的结合了系统内部空间控件，联系系统硬件结构与软件流程，扩展跟踪监测范围，具有良好的跟踪检测效果，跟踪检测路线理想。

4 结束语

本文在传统航天器目标跟踪控制系统设计的基础上提

(上接第 65 页)

[9] 刘火良, 杨 森. STM32 库开发实战指南 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.

[10] 李志明, 檀 用, 徐石明, 等. STM32 嵌入式系统开发实战指南 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2013.

出了一种新式基于图像轮廓检测的航天器目标跟踪控制系统设计, 实验结果表明, 该系统设计的设计效果明显优于传统系统设计的设计效果, 结合了系统硬件装置与软件程序的优势, 减缓系统内部矛盾, 具有较高的系统整合性, 能够在较高程度上完善系统设计, 获得更好的操作结果数据, 具有更为广阔的发展前景。

参考文献:

[1] 田泰方, 张 群, 陈怡君, 等. 基于二维资源管理的多功能雷达任务调度算法 [J]. 航空学报, 2018, 39 (12): 295-305.

[2] 金 莉, 宋万杰, 施治国. 基于 CUDA 架构的混合测向算法研究 [J]. 雷达科学与技术, 2018, 16 (2): 19-24.

[3] 朱永成, 潘继飞, 金天祥, 等. 基于小样本脉冲序列匹配的重点雷达目标快速识别 [J]. 火力与指挥控制, 2018, 43 (5): 131-135.

[4] 许 红, 袁华东, 谢文冲, 等. 角闪烁下基于变分贝叶斯-交互式多模型的目标跟踪 [J]. 电子与信息学报, 2018, 40 (7): 1583-1590.

[5] 孙致月, 赵世明, 陈 翊. 雷达/红外复合制导并行仿真系统控制策略设计 [J]. 红外技术, 2018, 40 (5): 91-95.

[6] 李启蒙, 李仕春, 秦宇丽, 等. 绝对测温转动拉曼激光雷达分光系统设计及性能 [J]. 物理学报, 2018, 67 (1): 153-162.

[7] 李 杰, 赵毅强, 叶 茂, 等. 机载激光测深雷达中大动态范围信号的多通道处理技术 [J]. 光子学报, 2018, 47 (3): 120-126.

[8] 武军安, 郭 锐, 刘荣忠, 等. 用于弹载线阵激光雷达的卷积神经网络目标识别 [J]. 光子学报, 2019, 48 (7): 210-220.

[9] 刘 阳, 周海京, 郑宇腾, 等. 高性能计算在目标电磁散射特性分析中的应用 [J]. 电波科学学报, 2019, 34 (1): 3-11.

[10] 郭 戈, 王兴凯, 徐慧朴. 基于声呐图像的水下目标检测、识别与跟踪研究综述 [J]. 控制与决策, 2018, 33 (5): 141-157.

[11] 蒲鹤升, 谭泽富, 谭瑗军, 等. 边坡监测雷达快速预处理的 FPGA 实现 [J]. 雷达科学与技术, 2019, 17 (2): 99-105.

[12] 胡新梅, 张世仓. 外辐射源无源定位目标航迹批处理算法 [J]. 光电与控制, 2018, 25 (6): 11-14.

[13] 张莉莉. 舰船交通管理系统信息融合系统中的云计算应用 [J]. 舰船科学技术, 2018, 40 (4): 47-49.

[14] 葛志闪, 鲜 宁, 王津申, 等. 二维海面上三维电大尺寸舰船目标电磁散射仿真 [J]. 北京航空航天大学学报, 2018, 44 (11): 2299-2304.

[15] 李宗凌, 汪路元, 禹霁阳, 等. 星载 SAR 在轨成像及舰船目标检测方法 [J]. 航天器工程, 2018, 27 (6): 41-47.

[11] 董文润, 黄书成. CPU 卡预付费多声道超声波流量计的研究 [J]. 仪器仪表用户, 2020, 27 (9): 14-17.

[12] 刘 宛, 董金宁, 池思慧, 等. 基于 CFA 的巴特沃斯低通滤波器设计和仿真 [J]. 湖北大学学报 (自然科学版), 2019, 41 (3): 313-317.