



CRAD

第60卷 第5期 2023年5月
Vol.60 No.5 May 2023

计算机研究与发展

Journal of Computer Research and Development

专家评述

智能系统软件的机遇和挑战 李国良

亮点论文

机器学习方法赋能系统软件：挑战、实践与展望 唐楚哲 王肇国 陈海波

主办 中国科学院计算技术研究所 中国计算机学会 出版 科学出版社



计算机研究与发展

(Jisuanji Yanjiu Yu Fazhan)

第 60 卷 第 5 期 2023 年 5 月

目次

前沿亮点

- 评述 智能系统软件的机遇和挑战 李国良 (963)
- 论文 机器学习方法赋能系统软件: 挑战、实践与展望 唐楚哲, 王肇国, 陈海波 (964)

时间敏感嵌入式软件与系统专题

- 前言 陈铭松, 王泉, 郭兵, 邓庆绪, 张凯龙 (974)
- CPU-GPU MPSoC 中使用寿命驱动的 OpenCL 应用调度方法 曹坤, 龙赛琴, 李哲涛 (976)
- 异构多核全局限制性可抢占并行任务可调度分析 韩美灵, 孙施宁, 邓庆绪 (992)
- Mort: 面向实时数据分发和传输优化的依赖性任务卸载框架 殷昱煜, 苟红深, 李尤慧子, 黄彬彬, 万健 (1002)
- 实时计算机系统结构综述 龚小航, 蒋滨泽, 陈香兰, 高银康, 李曦 (1021)
- 时间和能量敏感的端—边—云车路协同系统资源调度优化方法 郑莹莹, 周俊龙, 申钰凡, 丛佩金, 吴泽彬 (1037)
- SAF-CNN: 面向嵌入式 FPGA 的卷积神经网络稀疏化加速框架 谢坤鹏, 仪德智, 刘义情, 刘航, 赫鑫宇, 龚成, 卢冶 (1053)
- 面向边缘计算的服务解耦与部署策略 李丽颖, 张润泽, 魏同权 (1073)
- ROS2 多线程执行器上 DAG 任务的优先级分配方法 纪东, 魏阳杰, 李宇溪, 王义 (1086)

人工智能

- 基于公共情感特征压缩与融合的轻量级图文情感分析模型 甘臣权, 付祥, 冯庆东, 祝清意 (1099)
- 利用混杂核模糊补互信息选择特征 袁钟, 陈红梅, 王志红, 李天瑞 (1111)
- 基于图神经网络的 OpenCL 程序自动优化启发式方法 叶贵鑫, 张宇翔, 张成, 赵佳棋, 王焕廷 (1121)

网络技术

- 基于混合计数布隆过滤器的高效数据名查找方法 许可, 李彦彪, 谢高岗, 张大方 (1136)
- 基于资源需求预测的动态服务功能链迁移方法 阳勇, 孟相如, 康巧燕, 陈港 (1151)

高性能计算

- 针对冗余零的跨平台细粒度性能分析技术 游心, 杨海龙, 雷克伦, 孔祥浩, 徐筠, 栾钟治, 钱德沛 (1164)
- 大规模海洋数据同化的并行优化 蔡迪, 洪学海, 肖俊敏, 谭光明 (1177)

编者专栏

《计算机研究与发展》编委会 (封底)

责任编辑: 沈宝丽 互校编辑: 黄冠华

JOURNAL OF COMPUTER RESEARCH AND DEVELOPMENT

Vol. 60 No. 5 May 2023

CONTENTS

Research Highlight

Perspective Opportunities and Challenges of Intelligent System Software *Li Guoliang* (963)

Paper Empowering System Software with Machine Learning Methods: Challenges, Practice, and Prospects
..... *Tang Chuzhe, et al.* (964)

Special Issue on Time Sensitive Embedded Software and Systems

Preface *Chen Mingsong, et al.* (974)

Lifetime-Driven OpenCL Application Scheduling on CPU-GPU MPSoC *Cao Kun, et al.* (976)

Schedulability Analysis of Parallel Tasks Under Global Limited Preemption on Heterogeneous Multi-Cores
..... *Han Meiling, et al.* (992)

Mort: A Dependent Task Offloading Framework Towards Real-Time Data Distribution and Transmission
Optimization *Yin Yuyu, et al.* (1002)

Survey of Real-Time Computer System Architecture *Gong Xiaohang, et al.* (1021)

Time and Energy-Sensitive End-Edge-Cloud Resource Provisioning Optimization Method for Collaborative
Vehicle-Road Systems *Zheng Yingying, et al.* (1037)

SAF-CNN: A Sparse Acceleration Framework of Convolutional Neural Network for Embedded FPGAs
..... *Xie Kunpeng, et al.* (1053)

Service Decoupling and Deployment Strategy for Edge Computing *Li Liying, et al.* (1073)

Priority Assignment Method of DAG Task on ROS2 Multithreaded Executor *Ji Dong, et al.* (1086)

Artificial Intelligence

A Lightweight Image-Text Sentiment Analysis Model Based on Public Emotion Feature Compression and
Fusion *Gan Chenquan, et al.* (1099)

Exploiting Hybrid Kernel-Based Fuzzy Complementary Mutual Information for Selecting Features
..... *Yuan Zhong, et al.* (1111)

Automatic Optimization Heuristics Method for OpenCL Program Based on Graph Neural Network
..... *Ye Guixin, et al.* (1121)

Network Technology

Efficient Name Lookup Method Based on Hybrid Counting Bloom Filters *Xu Ke, et al.* (1136)

Dynamic Service Function Chain Migration Method Based on Resource Requirements Prediction
..... *Yang Yong, et al.* (1151)

High Performance Computing

A Cross-Platform Fine-Grained Performance Analysis Technique for Redundant Zeros *You Xin, et al.* (1164)

Parallel Optimization for Large-Scale Ocean Data Assimilation *Cai Di, et al.* (1177)

~~~~~

Editorial Columns ..... (back cover)

《计算机研究与发展》第九届编委会

The 9th Editorial Board of Journal of Computer Research and Development

|       |                            |                                             |                   |
|-------|----------------------------|---------------------------------------------|-------------------|
| 主 编   | Editor-in-Chief            |                                             |                   |
|       | 徐志伟 Xu Zhiwei              |                                             |                   |
| 副 主 编 | Associate Editors-in-Chief |                                             |                   |
|       | 郑纬民 Zheng Weimin           | 吕 建 Lv Jian                                 | 钱德沛 Qian Depei    |
|       | 冯登国 Feng Dengguo           | 周志华 Zhou Zhihua                             |                   |
| 荣誉编委  | Honorary Members           |                                             |                   |
|       | 石纯一 Shi Chunyi             | 史忠植 Shi Zhongzhi                            | 陈国良 Chen Guoliang |
| 领域编委  | Leading Editors            |                                             |                   |
|       | 李华伟(体系结构)                  | Li Huawei(Computer Architecture)            |                   |
|       | 马华东(网络技术)                  | Ma Huadong(Networks Technology)             |                   |
|       | 陈恩红(人工智能)                  | ChenEnhong(Artificial Intelligence)         |                   |
|       | 秦志光(信息安全)                  | Qin Zhiguang(Information Security)          |                   |
|       | 李宣东(软件技术)                  | Li Xuandong(Software Technology)            |                   |
|       | 金海(并行与分布式计算)               | Jin Hai(Parallel and Distributed Computing) |                   |
|       | 彭宇新(应用技术)                  | Peng Yuxin(Application Technology)          |                   |

编 委 Members

|                   |                     |                    |
|-------------------|---------------------|--------------------|
| 曹军威 Cao Junwei    | 曹珍富 Cao Zhenfu      | 曹子宁 Cao Zining     |
| 车武军 Che Wujun     | 陈海波 Chen Haibo      | 陈 昕 Chen Xin       |
| 陈云霖 Chen Yunji    | 陈左宁 Chen Zuoning    | 崔 莉 Cui Li         |
| 窦 勇 Dou Yong      | 方滨兴 Fang Bingxing   | 冯志勇 Feng Zhiyong   |
| 高云君 Gao Yunjun    | 过敏意 Guo Minyi       | 侯丽珊 Hou Lishan     |
| 侯 锐 Hou Rui       | 黄 华 Huang Hua       | 黄刘生 Huang Liusheng |
| 黄莹菁 Huang Xuanjin | 蒋树强 Jiang Shuqiang  | 金澈清 Jin Cheqing    |
| 李肯立 Li Kenli      | 李仁发 Li Renfa        | 梁吉业 Liang Jiye     |
| 廖士中 Liao Shizhong | 林 闯 Lin Chuang      | 刘国华 Liu Guohua     |
| 刘 杰 Liu Jie       | 刘 挺 Liu Ting        | 刘志勇 LiuZhiyong     |
| 罗军舟 Luo Junzhou   | 吕建成 Lv Jiancheng    | 马晓星 Ma Xiaoxing    |
| 梅 宏 Meihong       | 孟祥旭 Meng Xiangxu    | 孟小峰 Meng Xiaofeng  |
| 苗夺谦 Miao Duoqian  | 欧阳丹彤 Ouyang Dantong | 任丰原 Ren Fengyuan   |
| 舒继武 Shu Jiwu      | 孙茂松 Sun Maosong     | 孙晓明 Sun Xiaoming   |
| 陶建华 Tao Jianhua   | 王兴伟 Wang Xingwei    | 王意洁 Wang Yijie     |
| 王永吉 Wang Yongji   | 吴 飞 Wu Fei          | 谢高岗 Xie Gaogang    |
| 徐明伟 Xu Mingwei    | 徐秋亮 Xu Qiuliang     | 薛向阳 Xue Xiangyang  |
| 杨 博 Yang Bo       | 杨学军 Yang Xuejun     | 于 戈 Yu Ge          |
| 于 剑 Yu Jian       | 詹乃军 Zhan Naijun     | 张广艳 Zhang Guangyan |
| 张敏灵 Zhang Minling | 张 伟 Zhang Wei       | 张悠慧 Zhang Youhui   |
| 张玉清 Zhang Yuqing  | 章 毅 Zhang Yi        | 赵险峰 Zhao Xianfeng  |
| 郑庆华 Zheng Qinghua | 周傲英 Zhou Aoying     | 周 昆 Zhou Kun       |
| 祝烈煌 Zhu Liehuang  |                     |                    |

青年编委 Youth Editors

|                   |                  |                 |
|-------------------|------------------|-----------------|
| 陈 恺 Chen Kai      | 郭嘉丰 Guo Jiafeng  | 何 源 He Yuan     |
| 李宇峰 Li Yufeng     | 李振宇 Li Zhenyu    | 刘知远 Liu Zhiyuan |
| 彭 鑫 Peng Xin      | 屈龙江 Qu Longjiang | 熊 虎 Xiong Hu    |
| 许长桥 Xu Changqiao  | 严 严 Yan Yan      | 张 蕾 Zhang Lei   |
| 庄福振 Zhuang Fuzhen |                  |                 |

CN 11-1777 / TP

国内邮发代号：2-654

国外发行代号：M603

定价：78.00元

国 内 外 公 开 发 行

万方数据

计算机研究与发展  
Jisuanji Yanjiu yu Fazhan  
(月刊, 1958年创刊)  
第60卷 第5期 2023年5月

|       |                                                                                                                                                                   |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 主 管   | 中国科学院                                                                                                                                                             |
| 主 办   | 中国科学院计算技术研究所<br>中国计算机学会                                                                                                                                           |
| 主 编   | 徐 志 伟                                                                                                                                                             |
| 编辑部主任 | 侯 丽 珊                                                                                                                                                             |
| 编 辑   | 《计算机研究与发展》编辑部<br>中国科学院计算技术研究所<br>地址：北京中关村科学院南路6号<br>邮政编码：100190<br>电话：+86-10-62620696(兼传真)<br>+86-10-62600350<br>E-mail: crad@ict.ac.cn<br>https://crad.ict.ac.cn |
| 出 版   | 科学出版社<br>地址：北京东黄城根北街16号<br>邮政编码：100717                                                                                                                            |
| 印刷装订  | 北京富泰印刷有限责任公司                                                                                                                                                      |
| 国内总发行 | 北京市报刊发行局                                                                                                                                                          |
| 订 购 处 | 全国各邮电局                                                                                                                                                            |
| 国外总发行 | 中国国际图书贸易集团有限公司<br>北京399信箱<br>邮政编码：100044                                                                                                                          |

Journal of Computer  
Research and Development  
(Monthly, Started in 1958)  
Vol.60 No.5 May 2023

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Supervised by   | Chinese Academy of Sciences                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Sponsored by    | Institute of Computing Technology,<br>Chinese Academy of Sciences<br>China Computer Federation                                                                                                                                                                                                                                |
| Editor-in-Chief | Xu Zhiwei                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Director        | Hou Lishan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Edited by       | Editorial Office of Journal of<br>Computer Research and Development<br>Institute of Computing Technology,<br>Chinese Academy of Sciences<br>Add: 6 Kexueyuan South Road,<br>Zhongguancun, Beijing<br>100190, China<br>Tel: + 86-10-62620696(also Fax)<br>+ 86-10-62600350<br>E-mail: crad@ict.ac.cn<br>https://crad.ict.ac.cn |
| Published by    | Science Press<br>Add: 16 Donghuangchenggen North<br>Street, Beijing 100717, China                                                                                                                                                                                                                                             |
| Printed by      | Beijing Futai Printing Co., Ltd.                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Distributed by  | Beijing Bureau for Distribution of<br>Newspapers and Journals                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Domestic        | All Local Post Offices in China                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Foreign         | China International Book<br>Trading Corporation<br>P.O.Box 399, Beijing 100044, China                                                                                                                                                                                                                                         |

ISSN 1000-1239

