

# 山东省自然科学基金智慧计算联合基金项目指南

山东省自然科学基金智慧计算联合基金（简称“智慧计算联合基金”）由山东省科学技术厅与济南市科学技术局、高效能服务器和存储技术国家重点实验室依托单位浪潮集团有限公司共同设立。

智慧计算联合基金项目指南围绕云计算、大数据存储、人工智能与 FPGA 异构计算三个主要领域，共设立 16 个研究方向，拟通过“培育项目”和“重点支持项目”予以支持，其中培育项目经费支持额度为 10 万-20 万/项，资助期限为 2 年；重点支持项目经费支持额度 50 万-100 万，资助期限为 3 年。项目申报统一按指南二级标题(如 1.1)的研究方向进行，各方向拟支持课题数一般不超过 2 项，允许联合申报。

## 一、主要资助领域和研究方向

### 1. 云计算

预计到 2020 年，65~85%的应用将迁移到云环境。因此，云数据中心正在成为大多数应用的基础设施，需满足应用的多样性。随着大数据、人工智能等新型应用的快速发展，作为承担多样性应用负载的云数据中心需对多样性应用负载的多目标优化调度、资源弹性分配、网络自动优化配置，以及新型云服务器体系结构等展开研究，满足云计算环境的时间、成本等差异化需求，云计算架构的可扩展性、可靠性需

求，以及云计算平台的智能优化管理需求。

### 1.1 云平台智能调度算法

**研究内容：**研究容器、裸机、FPGA/GPU 虚拟机以及巨型虚拟机的统一管理技术和应用感知的智能调度算法，研究超大规模集群内资源使用动态负载均衡技术。研制原型系统，验证关键技术和方案的可行性。

**考核指标：**支持包括 FPGA、GPU 等异构计算设备、非易失内存等存储设备虚拟化，支持传统应用、云原生应用、大数据、深度学习、HPC 应用等负载的超融合调度，单个负载支持各类内存超过 2TB，物理核心数超过 500 个；发表 CCF-C 类及以上级别学术论文 3 篇，申请发明专利 3 项。

### 1.2 面向未来数据中心的 SDN 技术

**研究内容：**针对未来数据中心跨域、多种资源共存的复杂环境及应用需求，研究跨数据中心物理服务器、虚拟机和容器网络统一管理、多租户隔离、全局 QoS 控制和流量监控等软件定义网络技术。

**考核指标：**支持面向物理机、容器、虚拟机等资源的统一 SDN 网络模型，支持 L2-L7 层的虚拟化网络功能和服务链，兼容主流版本 OpenStack，数据中心内东西向数据传输率达到 10Gbps 以上；研制原型系统，输出关键技术和方案可行性报告；发表 CCF-C 类及以上级别学术论文不少于 2 篇，申请发明专利 2 项。

### 1.3 基于安全可靠服务器的虚拟化技术及虚拟化管理平台研究

**研究内容：**研究面向飞腾 CPU 等国产处理器芯片的主机虚拟化适配与优化技术，针对国产处理器不支持硬件虚拟化指令，通过开发软件虚拟化功能支持云计算应用模式。研究构建完善的虚拟机管理平台，进一步提升虚拟机创建、迁移、扩容以及其他操作的交互体验，进一步提高其稳定性和易用性。

**考核指标：**实现安全可靠云平台系统研制，支持龙芯、飞腾服务器作为计算节点运行虚拟机；支持虚拟机在全国产平台上的迁移、扩容、支持 VM HA；单集群支持 200 台服务器，可管理超过 2000 虚拟机；

支持中标麒麟、银河麒麟多款国产操作系统；支持东方通、人大金仓等国产数据库和中间件；

### 1.4 面向多元应用的云计算服务器技术研究

**研究内容：**研究融合架构服务器体系结构；研究异构多种加速器资源池实现与共享技术；研究可重构硬件加速器支持和优化技术；研究面向超大容量非易失内存的支持及应用技术；研究计算、存储、网络异构资源池调度与管理技术。

**考核指标：**研究面向支撑大规模云服务的融合架构服务器体系结构，突破混合存储、加速资源池、内部互连网络、多元应用的大规模云计算数据中心管理关键技术，研制一套高效能、

高并发处理能力的云计算服务器原型系统,发表 CCF-C 类及以上级别学术论文不少于 2 篇; 申请发明专利 2 项。

### 1.5 面向超算中心的容器云管理系统

**研究内容:** 针对超算中心在多业务环境下的资源弹性分配调度以及计算环境快速部署的问题开展科学研究,有效提高超算中心计算资源的使用率,降低管理难度。

**考核指标:** 实现不同计算业务计算资源的自动、弹性、动态按需分配; 采用容器技术实现不同计算环境的快速部署; 实现多种计算资源的统一管理以及容器化; 支持 AI,HPC 等业务类型; 计算资源管理规模 $\geq 3000$  节点, GPU 集群规模不低于 15000 张卡, 容器规模不低于 50000 个; 多容器部署时间 $\leq 1$  分钟; 支持 CPU, GPU, FPGA 等硬件资源; 内置常用的容器镜像,涵盖 AI,HPC 业务; 提交系统设计文档(总体架构设计,概要设计,详细设计)、系统安装包、系统完整代码、系统使用文档; 发表 CCF-C 类及以上级别学术论文不少 2 篇; 申请发明专利 2 项。

## 2. 大数据存储

未来几年,全球数据量将呈指数级增长。据国际数据公司(IDC)统计,全球数据总量预计 2020 年达到 44ZB,中国数据量将达到 8060EB,占全球数据总量的 18%。鉴于大数据存储的压力和挑战,针对非易失等新型存储器件和存储架构,开展存储体系架构、控制方法、智能管理等关键技术研究,形

成高可靠低延迟的混合异构存储解决方案。

## 2.1 3D QLC NAND 特性研究

**研究内容：**研究利用机器学习进行 NAND 特性分析的方法和算法；研究利用机器学习优化 NAND 寿命和保持力，研究 NAND 错误模型，提供错误处理算法，提高 SSD 的可靠性。

**考核指标：**提供测试设计文档；提供测试数据和报告（至少包含 3 项研究内容的 3 个测试结果）；提供延长 NAND 使用寿命 30%、环境温度 40°C 下掉电数据保持力 3 个月的算法全部代码及文档；；错误处理算法文档；发表 CCF-C 类及以上级别学术论文不少于 3 篇；申请发明专利 3 项。

## 2.2 超融合架构下数据算法

**研究内容：**研究超融合架构下的数据本地化分布算法；研究超融合架构下的数据均衡算法，在异构硬件和本地化分布的基础上，有效实现系统负载均衡；研究超融合架构下的混合异构节点 QoS 算法；研究基于超融合架构下的数据、服务迁移算法，保证服务不会中断、节点不瘫痪。

**考核指标：**系统平均数据访问延迟 us 级；系统切换，前端业务不受影响，切换时间不超过 2s；100TB 的存储设备加入集群，要在 15 分钟内完成集群重新配置、数据迁移并提供服务；交付混合节点的数据分布与 QoS 算法全部代码、详细设计文档、使用文档、测试报告、分析报告（包括与业界主流对比）、

仿真结果；发表 CCF-C 类及以上级别学术论文不少于 2 篇；申请发明专利 2 项。

### 2.3 分布式非易失混合存储系统

**研究内容：**研究分布式混合存储架构，集群容量可扩展至 EB 级，扩展模型要符合性能近线性增长；研究基于百 GB 传输的 RDMA 及 DPDK 优化技术，减少内存拷贝次数，缩短 I/O 栈；研究基于非易失存储混合存储介质的数据一致性问题；研究基于非易失存储介质的智能 QoS 优化方法；研究基于多级非易失存储介质数据存放策略、数据迁移与资源调度方法。

**考核指标：**节点间内存通信延迟不超过 10us，高负载内存通信延迟不超过 100us；单节点非易失内存容量不小于 1TB；数据访问延迟 us 级，请求中 80% 以上的数据不直接从 HDD 中读取。支持动态设置 QoS，并在 1 分钟内按照新值运行；Ops 及带宽限制的误差不超过 5%；发表 CCF-C 类及以上级别学术论文不少于 3 篇；申请发明专利 3 项；交付分布式非易失存储原型系统及详细设计文档、使用文档、测试报告。

### 2.4 存储智能管理技术

**研究内容：**研究存储磁盘故障预测技术，设计基于存储系统的磁盘及 SSD 的故障和寿命的智能预测算法；研究存储自动调优技术，能够结合应用场景，在存储默认配置和性能数据基础上，自动挖掘最优的存储配置，并主动推荐配置给

需要的存储系统；存储系统性能瓶颈分析预测技术，快速发现存储性能瓶颈状态并预测定位。

**考核指标：**故障预测技术：可以准确预测 45 天内的寿命和故障，在误差为正负一天的条件下，预测准确率应高于 90%，误报率低于 1%；性能瓶颈状态监测小于 10 分钟，定位准确率大于 80%；存储自动配置优化技术：在特定应用条件下，如 VDI、MySQL、ExchangeServer 等，自动优化后的存储系统 IO 性能应比默认配置提升 60%以上。要求交付以上 3 个关键技术的算法、原型系统、设计和测试文档；发表 CCF-C 类及以上级别学术论文不少于 3 篇；申请发明专利 3 项。

## 2.5 基于 PCIe 接口的 NVMe SSD 系统研究

**研究内容：**面向高速 SerDes 接口，研究基于 PCIe 界面的总线互联技术；适应超高速传输需求，研究多 channel 的数据并行传输机制；研究 LDPC 高效纠错码技术，实现对 3DTLC/QLC 等闪存数据保护；面向大容量闪存阵列存储，高性能服务器，研究高效磨损均衡算法、垃圾回收算法以及 FTL 管理技术；研究面向应用自适应的智能闪存管理等闪存控制器核心技术；研究基于固态存储的多核系统架构以及软硬一体化方案；研究 RAID 管理，DPI 通道保护以及针对存储数据的加密应用解决方案。

**考核指标：**开发一款 FPGA 应用于 SSD 的高速主控，接口界面支持 PCIe Gen4，并且向下兼容 Gen3/2/1；支持 8 通

道，根据配置分别适应双端口 x4 和单端口 x8 的应用场景；可外部控制 16 通道的多路并行闪存通道，支持 SLC/MLC/TLC/3D TLC/QLC 等主流和未来大容量闪存介质；持续读写速度可达 2400/1200MB/s，随机读写可达 300,000/150,000 的 IOPS。

### 3. 人工智能与 FPGA 异构计算

人工智能应用的计算密集特性和访存密集特性对硬件平台的计算能力提出了越来越高的要求，因此，开展基于 FPGA 平台的人工智能模型、算法优化、推理模型的自动映射技术，以及流数据处理平台的编程框架等方面的研究，对于挖掘现场可编程门阵列（FPGA）在能效、延迟和可重构等方面的优势，加速人工智能应用在 FPGA 异构加速平台上的部署，提升人工智能应用的用户体验和应用性能，降低用户使用和维护成本具有重要意义。

#### 3.1 基于 FPGA 的 LSTM 模型异构加速和模型自动映射技术

**研究内容：**研究基于 FPGA 的 LSTM 模型异构加速技术，以及 LSTM 模型到 FPGA 平台的自动映射与优化技术，以提升 LSTM 模型在 FPGA 板卡的部署效率、推理性能及能效比，主要研究内容包括：基于 FPGA 的 LSTM 模型加速引擎架构，LSTM 模型压缩和量化技术、LSTM 模型访存调度和优化技术、LSTM 模型自动编译和优化技术、LSTM 模型自动映射和快速部署技术等。



**指标要求：**实现基于 FPGA 的 LSTM 模型的自动映射和加速，保持精度损失在 1%以内，能效比是 NVIDIA T4 的 5 倍；支持 LSTM 模型的自动压缩和量化，模型压缩 20 倍及以上；支持主流深度学习框架（TensorFlow、MXNet、PyTorch 等）的 LSTM 模型到 FPGA 平台的自动映射与优化；至少实现两种 LSTM 模型的自动映射及其示范应用；发表 CCF-B 类及以上级别论文不少于 1 篇；申请发明专利 3 项。

### 3.2 视频编解码算法 IP 的研究

**研究内容：**面向主流的 H. 264、H. 265、AVS+ 等视频格式标准，研究 H. 264、H. 265、AVS+ 等协议的算法原理；基于 RTL 的视频编解码算法 IP 的硬件实现，完成视频编码、解码功能模块；基于 FPGA 的软硬件联合调试。主要研究内容包括：码流解析技术、熵编码技术、量化与变换技术、帧内预测技术、帧间预测技术、去块滤波技术等。

**指标要求：**支持 H. 264 BP/MP/HP、H. 265 Main Profile、AVS+ 视频标准的编解码；IP 最高支持 4K@60fps 或 8 路 1080P@30fps 视频解码；支持多种位深度和色度采样配置；提供系统级仿真验证环境；提供 FPGA 原型系统的验证方案，以及可行性验证数据；发表 CCF-C 类及以上级别论文不少于 1 篇；申请发明专利 3 项。

### 3.3 基于深度学习的视频推荐系统异构加速技术研究

**研究内容：**研究基于深度学习的视频推荐算法异构加速方案，提升大规模数据推荐系统的实时性和能效比，主要研究内容包括：基于深度学习的高质量实时推荐模型、百亿级推荐系统异构加速方案，以及基于深度学习的推荐系统的 FPGA 高效加速引擎。

**指标要求：**提供百亿级推荐系统 FPGA 异构加速方案及其可行性论证；实现至少两类深度学习推荐算法的异构加速及其示范应用，且与最新 CPU 型号相比，算法处理性能提升 10 倍，处理延迟降低 5 倍；发表 CCF-B 类及以上级别论文不少于 1 篇；申请发明专利 3 项。

### 3.4 OVS FPGA 加速技术的研究

**研究内容：**基于 FPGA 完成对 NFV 应用的卸载、加速，提高系统的网络吞吐量并降低网络延时，适应高速数据包处理应用场景，主要研究内容包括：虚拟交换、包过滤、入侵检测、安全隔离、QoS (Quality of Service) 等 NFV 场景的 FPGA 高效加速引擎技术，实现服务器 CPU 的加速和卸载。

**考核指标：**实现常用 NFV 功能的卸载和加速，与 CPU 实现相比，处理性能提升 10 倍，处理延迟降低 5 倍；加速引擎单卡支持双 100GB/40GB 网络接口；实现 100G 的 QoS 策略可配置，支持多队列的出口流量 (egress) 控制和接收分组 (ingress)

速率控制；发表 CCF-C 类及以上级别论文不少于 1 篇；申请发明专利 3 项。

### 3.5 基于 FPGA 分布式平台模型并行技术研究

**研究内容：**研究基于分布式 FPGA 平台的编程框架及模型并行策略，构建自动化模型拆分工具。研究在多 FPGA 节点环境下对目标网络进行模型并行的训练方法，研究复杂神经网络模型并行训练资源优化策略、调度方法及负载均衡机制，实现计算任务子项与 FPGA 计算单元的高效耦合。

**考核指标：**提供典型深度学习网络模型基于该工具自动拆分的示范应用。支持主流 DL 平台（TensorFlow 等）的训练模型到 FPGA 分布式平台的自动分配及高效耦合。要求 N 个计算节点性能比单 FPGA 有 N 倍提升，有行业推广价值；发表论文 CCF-B 类及以上级别论文不少于 1 篇；申请发明专利 3 项。

### 3.6 基于 FPGA 的金融风控系统研究

**研究内容：**面向证券期货行业，实现基于 FPGA 技术的快速风控，应用涵盖交易指令合规性检查，信用账户风险检查等业务。研究同时支持证券、期货风险检查引擎的 FPGA 方案，利用 FPGA 高性能网络接口，实现系统极速处理。研发高并发、低延迟、可灵活配置的多规则风险检查 IP 引擎。研发 FPGA 风控模型算法 IP 库，实现风险预测功能，提前预警。通过 FPGA 加速计算的应用，提升证券期货行业风控业务的实时性，实现比现有软件方案更快的风险控制。

**考核指标:**实现基于 FPGA 加速技术的风控系统原型设计, 代码设计。当日系统可处理 1600 万订单以上, 且系统性能不受任何影响。验证解决方案, 通过证券期货业务测试, 提供详细测试数据报告, 详述与软件方案比较的加速性能, 性能提升>20%以上; 申请发明专利 5 项。

## 二、申报要求及注意事项

1. 本联合基金**面向全国发布**, 欢迎符合条件的科研人员按照本指南范围和要求提出申请。对于合作申请的研究项目, 应在申请书中明确合作各方的合作内容、主要分工等。

2. 课题的组织实施应整合与集成全国相关领域的优势创新团队, 鼓励省内外单位开展协同创新。

3. 申请人应当严格按照《山东省自然科学基金项目资助经费管理办法》的要求, 认真如实编报项目资金预算。

4. 资助项目在执行期间取得的研究成果, 包括发表论文、专著、专利、奖励等, 必须标注“山东省自然科学基金智慧计算联合基金”资助、论文需将高效能服务器和存储技术国家重点实验室列为联合完成单位、专利需将山东海量信息技术研究院列为第一专利权人。

## 三、联系方式

山东省自然科学基金委办公室

联系电话: 0531-66777204

济南市科技局基础研究处

联系电话：0531-66608810

浪潮集团有限公司研发与技术管理部

联系电话：0531-86133376