

附件 1

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、浪潮集团有限公司（高效能服务器和存储技术国家重点实验室依托单位）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“重点支持项目”和“培育项目”予以支持，其中重点支持项目设置 9 个研究方向，资助期限为 3 年，经费支持额度一般不超过 100 万/项，（研究方向 1.1、3.1 项目经费支持额度不超过 200 万/项）；培育项目设置 7 个研究方向，资助期限为 2 年，经费支持额度一般不超过 15 万/项。项目申报名称与研究方向名称需保持一致，各研究方向拟支持项目一般不超过 2 项，允许联合申报。

一、云计算

（一）重点支持项目

1.1 基于国产处理器的多路高端服务器技术研发

研究内容：面向关键行业业务系统应用，研究基于国产处理器的安全可靠的国产多路服务器，研究多路国产处理器

互联体系技术、国产高速 IO 扩展技术、高速电信号传输与仿真分析技术、大功率电源设计技术。

考核指标：研制 1 款基于国产处理器的多路服务器样机，多处理器间协议路由接口速率 ≥ 16 Gbps ，对外端口通道数 ≥ 64 、接口速率达到 64GB/s。

1.2 新一代高密度云计算服务器

研究内容：针对更高性能和密度、更低整体功耗、更简化部署的高密度云计算服务器的发展趋势，研究新一代云计算服务器高密度设计、高速系统链路可靠性设计技术、计算节点资源集中管理技术等、基础固件技术等。

考核指标：单机可支持 8 个计算节点；单节点支持 16 个 DDR4 DIMMs；单节点支持最大 6 个 PCI-E 插槽；支持 NUMA-Balanced 设计；支持供电、散热等系统采用共享冗余设计；电源转换效率 $\geq 94\%$ ；支持硬件资源监控和管理技术；支持能耗监测和管理技术；申请发明专利不少 5 篇。

1.3 面向大规模集群的大数据容器化管理及资源调度技术

研究内容：针对超大规模大数据集群管理成本高，运维难度大、资源利用率低、多租户资源隔离不足等问题，研究路由联邦技术、大数据混合调度及资源隔离技术、基于公平调度、优选调度、主资源调度的成组调度算法，研究实现大

数据批处理、流处理、高阶数据分析任务统一调度、生命周期管理和多租户隔离。

考核指标：支持超大规模集群管理优化技术，大数据存储和计算支持 10 个集群联邦；支持多集群管理，支持同组件多版本共存/升级，支持存储计算资源多租户管理，支持组件定制化监控；资源利用率整体提升 30%，在多任务并发抢占资源情况下，资源调度效率整体提升 30%。

1.4 基于国产交换芯片的开放网络交换平台

研究内容：针对大型云服务厂商的网络虚拟化、通道池化和流量可视化诉求，研究基于国产交换芯片的开放网络交换平台方案，构建自主的交换芯片标准芯片抽象接口，能够与开源 SONiC 网络平台进行兼容，从而开发出满足大型 CSP 厂商需求的基于国产交换芯片的交换机，在交换机单机可以实现完善的转发平面和控制平面分离，支持热重启机制，在交换机重启时转发流量不中断，并且可以实现对交换机网络流量的延时、丢包和 buffer 信息的可视化。

考核指标：构建完成基于国产交换芯片的标准芯片抽象接口，并能够与开源版本实现兼容；支持交换机热重启流量切换小于 100ms；支持流量可视化分析；申请专利不少于 5 篇。

（二）培育项目

1.5 量子云基础设施研究

研究内容：研究理论层面的新一代面向量子-经典融合计算云架构，研究高性能、用户友好的新型量子云平台。

考核指标：完成量子-经典融合计算云架构的理论模型和原型系统，研制在仿真环境下提供运行的带宽限制、资源浪费等关键技术的案例；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至少 1 篇；申请发明专利 3 篇。

1.6 面向多业务需求的云计算平台网络传输优化机制研究

研究内容：针对云计算平台中多样化应用的迥异需求，研究面向差异化业务需求的多目标自适应网络传输调度机制；研究时延敏感业务需求的云端网络传输智能调度技术，研究多目标优化场景中的云端网络传输效率与公平性竞争模型。

考核指标：实现不同性能需求的应用在云计算平台下的智能传输调度，实现保障时延敏感业务的网络传输方案；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（或国内计算机领域顶级学报）学术论文不少 2 篇；申请发明专利 2 篇。

二、大数据存储

（一）重点支持项目

2.1 基于分布式的支持联盟链的区块链存储

研究内容：面向区块链应用，研究结合联盟链的非中心化存储，提供数据服务，实现单一个体或组织无法控制整个存储；实现分散式、高可靠、可自愈、不可篡改、加密安全性、隐私保护等特性；研究跨域的数据快速恢复，实现跨机房的稳定性。

考核指标：满足研究内容中三个以上特征，为联盟链服务，不会因为单一联盟链成员节点的存储设备出故障或被侵入，导致数据丢失和不可用或隐私泄露。4 节点以上的联盟链存储集群提供 1000 以上 Tps。发表 CCF B 类及以上论文 2 篇，专利 2 项，交付软件或 Demo 原型的源码。

2.2 面向分布式文件存储平台的智能缓存技术

研究内容：研究混合应用场景下负载模式的动态识别挖掘技术，研究基于 I/O 负载模式的读数据智能化缓存系统框架；研究基于数据挖掘技术的缓存预取方法；研究 I/O 行为预测模型，构建基于负载行为的写缓存策略库与动态机制；研究多层次多粒度的缓存协同与动态反馈调节方法。

考核指标：动态识别挖掘技术适应存储系统在线连续运行、动态反馈，负载模式挖掘分析开销在 20 微秒级别，缓存预取命中率>60%，相比原生系统，缓存命中率提升 10-20%、读带宽提升 30%、写性能提升 20%。交付相关算法全部代码、

详细设计文档、测试分析报告；发表 CCF-C 类及以上级别学术论文不少于 1 篇；申请发明专利 2 项。

（二）培育项目

2.3 面向流程对象的流式大数据存储技术的研究

研究内容：流程对象的数据具有流式大数据的基本特征，通过聚类 and 关联规则等相关技术，研究索引关系以压缩数据存储量；基于聚类的动态更新方法，研究流式数据的快速更新；研究流式数据的降维、动态聚类和增量关联规则发现。

考核指标：有效压缩流式大数据的存储量，空间代价降低 75%以上；项目形成研究报告、软件及其著作权、论文、申请发明专利、人才培养。

三、人工智能与 FPGA 异构计算

（一）重点支持项目

3.1 人工智能计算模型综合分析平台研究

研究内容：围绕人工智能领域算法模型、大规模节点和参数的复杂数据关系，研究 AI 算法的大数据分析数学模型和大规模复杂数据关系的分析关键技术；研究深度神经网络内部各个节点之间的关联关系，层间依赖关系的数理分析；研究各层计算路径的权重图谱、条件触发器设计、数据提取与在线注入等特征统计与分析方法、数学模型；开发人工智能算法综合分析平台。

考核指标：实现真实卷积神经网络应用场景下，对至少 2 亿个连接、5 千万个参数和 50 万个神经元的 AI 计算全流程数据提取；实现不低于 3 种权重图谱分析、两种条件触发器、两种在线注入功能的综合平台；提供各算子层间的大数据依赖关系及其数学模型的分析报告、软件实现。提供针对重大装备领域 AI 设备的模型可评测度分析报告。至少发表高水平论文 2 篇、发明专利 2 项。

3.2 高效深度学习训练计算架构研究

研究内容：基于深度学习网络训练速度慢的问题，研究高效深度学习训练操作共性，以及深度学习模型训练优化技术，研究核心模块微架构、数据存取调度、高效编译器等软硬件技术，研究从硬件微架构到应用层的全栈式高效深度学习训练方案，从多个层面优化人工智能训练效率，研究该方案在 FPGA 平台的原型系统验证。

考核指标：研制支持 CNN 训练与 RNN 训练的高效深度学习训练计算架构设计；研制支持 2 种以上主流深度学习框架的专用指令集设计及高效编译器；研制通过功能验证与性能验证的 FPGA 原型验证系统，实现两种常见网络结构（CNN、RNN 至少各一种）的训练计算，核心模块运行频率>500MHz。交付提交系统设计文档（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 6 项。

3.3 面向人工智能训练的海量数据高性能分布式处理系统

研究内容：基于大规模数据中心的人工智能训练场景，研究包含海量小文件的训练数据高性能分布式处理技术，研究面向人工智能训练负载特性的海量小文件数据集群内分发、高性能缓存、数据一致性校验等关键技术，实现海量训练数据的高性能处理。

考核指标：研制海量数据高性能分布式缓存系统；支持大规模分布式人工智能训练场景；实现缓存持久化功能；兼容 NFS、BeeGFS、HDFS 等文件系统；申请发明专利>10 项。

（二）培育项目

3.4 面向人工智能数据隐私的安全技术研究

研究内容：为支撑人工智能安全体系建设，建立多领域技术融合，研究复杂人工智能系统面临的新型安全威胁及相应的安全防护机制；研究安全加固的人工智能系统构建及性能优化技术。

考核指标：融合人工智能、密码学和高效能计算技术，提供不少于 2 种针对人工智能系统的新型攻击及相应防护措施；构建基于 FPGA 的数据安全验证与系统性能优化平台，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 类及以上学术论文 2 篇，申请发明专利 4 项。

3.5 基于眼动分析的人体负荷状态评估方法的研究

研究内容：研究面向深度学习的 FPGA 异构计算架构，实现眼动视频的实时处理和视觉动向的实时检测；运用眼动参数结合认知机理进行人体负荷状态的建模研究，研究人体疲劳程度、工作技能水平的实时评价体系和方法。

考核指标：基于 FPGA 异构计算平台实现实时眼动跟踪，跟踪效率达到每秒 30 帧以上，眼动参数提取的准确率达到国内领先水平；提供人体负荷状态评估原型系统 1 套；发表 SCI 或 EI 收录论文 4-6 篇，申请发明专利 4 项。

3.6 基于 CNN 和 FPGA 的视频场景推理模型的异构加速技术研究

研究内容：研究基于 CNN 的视频场景理解的推理模型及其 FPGA 异构加速技术，包括：基于常识推理的视频场景理解 CNN 模型，CNN 模型的压缩和 FPGA 异构加速方案，以及模型到异构计算平台的自动映射架构。

考核指标：CNN 模型压缩 20 倍及以上；支持 CNN 模型到 FPGA 异构计算平台的自动映射；实现两类视频场景推理模型的异构加速及应用，处理性能提升 10 倍；发表 CCF-C 类及以上级别论文不少于 2 篇；申请发明专利 2 项。

3.7 基于 FPGA 的目标检测加速技术

研究内容：研究基于 FPGA 的视觉目标检测加速技术，提升目标检测系统的实时性和能耗比，包括：视觉传感器的

高速读取方案、图像预处理增强方案，基于 FPGA 实现目标检测神经网络的搭建，算法在异构处理器架构上的拆分与部署。

考核指标：实现能耗比是 NVIDIA Jetson 嵌入式处理平台的 4 倍以上，支持主流的深度学习框架（TensorFlow、Pytorch 等），目标检测满足实时性应用需要；发表 CCF-C 类及以上级别论文不少于 1 篇，申请发明专利>1 篇。

四、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、任务目标等。

2. 课题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，科学合理编报项目资金预算。

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。

五、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