

基于开源生态与超算平台的项目驱动型实训教学探索——以信息与计算科学专业为例

王爽, 李金, 赵庆利, 殷艳敏*

山东建筑大学理学院, 山东济南, 中国

*通讯作者

【摘要】为了解决信计专业传统课程中开源工具与高性能计算实践脱节的问题, 本文介绍一个专业实训课程, 通过校企合作让学生在两周实训期内掌握基于开源平台与超算平台的编程能力。课程采用学校企业双导师制, 依托济南超算研究院提供的并行机群环境, 以项目驱动方式串联 Trame、Python、机器学习、并行编程等内容。通过分组教学和汇报交流, 学生在开源环境配置、模拟结果可视化、并行程序设计 with 机器学习算法调优等方面取得了成效, 学会了通过分组合作系统性地解决问题, 体会了实际工程项目实施过程中涉及的职业素养和文化精神。学生反馈在面对新技术时不再感到畏惧, 而是充满探索的欲望。该课程的运行可以有效提升学生的计算思维与工程实践能力, 为同类专业实训课程提供了可复制的范式。

【关键词】信息与计算科学专业; 专业实训; 校企合作; 开源编程; 超算平台

【基金项目】山东建筑大学教学改革研究项目“数智赋能的信息与计算科学专业产学研协同育人机制研究与实践”(项目编号: XJG2024007)、山东省本科教学改革研究项目重点项目“大学数学“学-赛-研-创”四维融合赋能创新型人才培养的研究与实践”(项目编号: Z2025222)、山东省本科教学改革研究项目重点项目“数字赋能构建“三维五融”大学数学课堂教学改革与实践”(项目编号: Z2023236)。

1. 引言

数字化转型与高性能计算普及的时代需求对信息行业人才提出了三个要求: (1) 具有面向开源的编程环境, 能够独立建构从计算到展示的软件产品的能力; (2) 具有面向分布式计算、并行计算环境的高性能计算能力; (3) 会用人工智能算法进行 AI 创新, 加速 AI 算法发展的能力。然而目前信息与计算科学专业传统课程体系对开源工具 (Python、Linux 生态) 和并行编程 (MPI、OpenMP、CUDA) 覆盖不足, 学生面对真实科研和工程计算任务时上手困难。

信息与计算科学专业实训课程是信计专业学生在完成专业基本知识和基本技能基础上设置的一门集中性实践课程。目前实践教学存在着重理论验证、轻工程化部署, 缺少工程级的大规模计算实战的短板。实践技能培养没有依赖高性能计算资源, 国产超算平台的开放资源没有被普通院校利用为教学资源, 学生技能与就业需求不匹配。刘红毅^[1]指出基于学科竞赛搭建实训平台, 包括高性能 GPU 云计算硬件设施及正版科学计算软件全部面向全校校师生开放, 实现资源的有效共享。章迪平^[2]提出利用校外实习基地、政

府或合作企业的资源, 实现各方优质资源共享。陈小敏等^[3]指出要通过全过程的工程创新实践强化学生的创新思维和能力, 整合课程体系, 摆脱传统学科分割, 转向以软件平台与设计流程为核心的教学模式。沈洪雷等^[4]以实际工程应用为主线, 构建课程体系, 以“共建-共享-共融”为目标, 完善课程考核评价机制。梁茹冰等^[5]建议实践教学中建设和维护好教学实践基地能为学生提供较为稳定的实践项目, 这些实践项目应源于教学实践基地和实习企业。校企合作契机源于企业提供真实算力环境、工程案例与技术导师, 弥补学校资源的时空限制。以项目实训的方式开展教学, 课程的实施可以对所学知识和技能进行综合、扩展和提升, 也可以对特定领域或技术进行深入训练。

本文将山东建筑大学信息与计算科学专业与济南超算研究院共同构建的专业实训课程为例, 介绍校企共建的两周综合实训课程的整体设计、实施过程、特色与成效。本实训项目由专业教师和济南超算研究院共同制定、符合信计专业人才培养目的, 采用校内集中实训的形式, 由企业工程师和专业教师共同教学和评价, 所有项目皆来源于工程

实际。通过专业综合实训，学生要掌握主流的高性能计算机群系统，熟悉并行计算框架和操作语言；掌握开源编程语言，能够进行前端设计和后端数据库建设；掌握机器学习算法，能够进行数据处理、计算和优化算法。同时理解这些技术相关的工程应用背景、经济文化影响，体会实际工程项目实施过程中涉及的职业素养和企业文化精神。

2.课程定位与目标

2.1 实训课程核心目标

该专业实训课程是学生在完成大学三年专业课程后，在大三下学期的最后两个教学周进行的为期 14 天的实训活动。学生有一定的专业基础知识和能力，实训课程教学时间有限。因此需要明确课程教学目标，拆分工业级问题为相对独立的项目支撑教学目标。同时挖掘真实工程问题所涉及的信计专业基础课程知识点，将其与学生已完成的基础课程相关联，做到内容可衔接、工作量可实现、能力可提升。在此基础上，优选具有人工智能应用场景的真实工程问题作为实训案例，从真实问题和真实数据入手，创设教学环境，整合教学内容。按照“能力目标-项目实施-知识基础”三层递进，将工程问题拆解为四大模块：

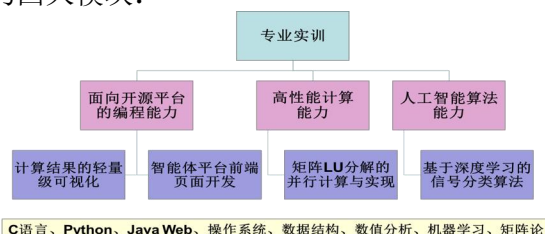


图 1.专业实训的“能力目标-项目实施-知识基础”三层递进

能力目标（1）：让学生利用开源平台全面参与 APP 开发和网页开发的全流程，包括需求分析、功能设计、代码开发、软件测试等，全面培养软件开发和架构设计等能力。能够独立完成静态网页的搭建与动态功能的实现，能够使用前端技术与后端 API 进行数据对接，实现完整业务流程。提升问题分析与调试能力，能够排查前端常见错误并优化代码性能。

能力目标（2）：掌握超算平台架构、作业调度系统与远程开发流程。培养学生的并行算法设计与优化能力，针对矩阵 LU 分解问题设计出高效的并行算法，并通过不断优化提升算法性能。锻炼学生的问题分析与解决能力，当在实验过程中遇到算法效率低

下、程序运行错误等问题时，能够独立分析问题根源并提出解决方案。

能力目标（3）：理解一个特定领域的数字信号特征，并根据特征空间构建机器学习算法进行信号分类。收集并理解相关领域的信号处理算法的基本原理和适用场景。学会配置必要的 Pytorch 开发环境和工具，可以进行信号处理的机器学习算法集成和测试。

最终培养团队协作意识与工程规范意识，适应真实项目的开发流程。

2.2 校企协同的课程体系设计

2.2.1 模块化内容架构

采用探究式学习方法，学生以项目的形式完成四个模块的实训成果，各模块内容与实践要求如下：

模块 A：计算流场的轻量级可视化

巩固计算机图形学相关理论知识；了解科学计算基本流程及数据可视化方法；了解计算流体力学基本概念；了解前端开发技术；通过项目实践加深对数据结构的理解。了解 Trame 框架，掌握科学计算的数据可视化流程；基于 Python 语言调用前端框架进行网页设计；了解 VTK 数据结构及调用方法；参与科学计算 APP 开发的全流程。

模块 B：智能体平台前端页面开发

完成标准格式的前端页面搭建，并进行与后端 API 接口的联动，将该项目的功能以页面的方式在 WEB 端展示给用户。熟悉并掌握 HTML 语言、CSS 语言、JavaScript 语言，能够使用 HTML 语言搭建网页内容，使用 CSS 语言搭建网页布局，使用 JavaScript 语言控制网页行为。熟悉并掌握一款前端开发工具。熟悉并掌握与后端接口对接获取数据联动能力。

模块 C：矩阵 LU 分解的并行计算与实现

掌握将复杂矩阵分解为下三角矩阵（L）和上三角矩阵（U）的基本原理，明晰其在简化线性方程组求解及其他矩阵运算中的重要性。学生能够透彻了解并行计算的基本概念、模型和算法设计原则，理解并行计算机系统的体系结构与工作原理，从而建立起矩阵 LU 分解并行算法的完整理论认知体系。使学生熟练掌握并行计算机系统的操作与编程环境，熟悉使用相关编程语言（如 C、C++等）和并行编程框架（如 OpenMP、MPI 等）进行矩阵 LU 分解并行算法的编码实现。

模块 D：基于深度学习的信号分类算法
 对深度学习技术进行理论回顾，重点理解卷积神经网络、生成对抗网络、注意力机制和残差神经网络等模型的原理与应用。成功安装 Pytorch 环境，掌握使用 Pytorch 进行机器学习训练的流程。对给予的信号数据集进行机器学习训练，优化参数，提高算法性能。

2.2.2 平台资源与环境搭建

算力来源于济南超算研究院提供的商业超算试用账号、基于云平台的虚拟集群。开发工具配置基于 Python、Pytorch 环境、Trame、Vscode 开发工具、Node.js。数据可视化基于 TensorBoard、Matplotlib。性能监控基于 NVIDIA System Management Interface。

教学资料库基于校企联合编写的《矩阵 LU 分解的并行计算与实现-20250619》、《灵犀易算云-Slurm 简明使用手册》、案例代码仓库（GitHub 上开源），以及网络资源《从零开始安装 Pytorch-CSDN 博客》、《Cuda 和 Cudnn 的安装教程-CSDN 博客》、Trame 官方网站和 Vue 官方文档。

模块 D 提供两类工业级信号数据集：HTRU 数据集，包含 1,196 张脉冲星候选体图像和 89,996 张非脉冲星图像。FAST 数据集，包含 601 张脉冲星候选体图像和 15,000 张非脉冲星图像。

同时为学生提供专业实训教学大纲、任务书和指导书。

3.教学实施过程

3.1 校企二元协作模式

通过专业课教师和济南超算研究院工程师的多番讨论，确定融合进阶式教学模式，即（1）内容融合进阶，从教学案例到上机操作，确保教学内容既保持学术前沿性，又紧贴工程实际与产业需求。（2）模式融合进阶，教学目标从“知识传授”向“能力提升”进阶，将学生创新与开源环境、超算平台相结合，引导学生主动探索、协作攻关，变被动接受为主动建构。（3）端口融合进阶，通过课堂学习和上机操作，课内资源和网络资源，项目式讨论和个人汇报相融合，引导学生从问题出发进行探究式学习，鼓励学生个性化的展示和奇思妙想，尊重多样性答案，实现课堂教学与上机操作的深层交融。

学校教师负责课程整体设计、理论讲授、进度把控与考核评价。企业工程师提供真实工程案例、超算运维经验、技术讲座与

线上/线下答疑，参与项目考核评价和答辩评审。通过课前共同备课，实训中每日例会同步，课后反馈实现协同共育机制。



图 2.融合进阶式教学模式

3.2 教学日程与进度安排

第一周首先用两天时间进行课堂教学，面向全体学生细致讲解 4 个模块的工作内容，搭建完整的知识体系。然后按照学生意愿进行分组，每个学生选择 1 个模块的工作。接着用三天时间分组进行上机实验，安装编程环境、参考文档查阅。第二周用五天时间进行上机实践，学生在工程师指导下进行功能设计、界面设计、代码实现、调试运行和功能实现。期间学生进行实训报告文档编写并录制讲解视频。最后一天 4 个模块组学生集中登台进行成果展示和作品汇报。通过这种“总分总”的教学模型，学生不仅能够了解到工程级问题研发的全流程，而且能够专注在自己感兴趣的领域躬身实践。具体进度安排如下：



图 3.专业实训课程进度安排

4.考核机制与教学效果分析

4.1 多元化考核设计

每个实践模块都有具体的结果要求，每位学生需要单独提交实验报告和十分钟的讲解视频。成绩由专业教师和企业工程师共同评定，每个部分的具体要求根据不同模块而不同。

表 1.模块 B 智能体平台前端页面开发成绩评价标准

评分维度	权重	评分说明
网页结构完整性（HTML）	20%	标签使用规范，结构清晰，语义化良好
页面样式与布局（CSS）	20%	布局合理，响应式设计完整，视觉美观
页面交互功能（JavaScript）	20%	功能完整，逻辑清晰，用户体验良好
前后端数据交互能力	20%	接口调用正确，数据展示

		与更新无误
项目完成度与创新性	10%	是否实现预期功能，是否具有拓展意识
报告质量与演示表现	10%	文档结构完整，表达清晰，演示流畅

表 2.模块 D 基于深度学习的信号分类算法成绩评价标准

评分维度	权重	评分说明
上机操作表现	30%	成功安装 Pytorch 环境、数据库，并进行一次训练。根据操作的规范性、问题解决的及时性和有效性进行评分。
源码质量	30%	选择一种生成\分类算法并完成注释，并对其中的流程进行分析。对采用的机器学习算法进行解释。对参数进行修改，训练得到结果。
书面报告质量	40%	报告需要包含记录环境安装流程；对使用的算法进行分析与注释；记录一组的训练结果。 对代码参数进行调试，记录调试过程和结果提升效果。 书面报告内容完整，实验结果、瓶颈分析与解决过程内容合理；文字表述、图表数据准确，文字表述简洁明了、专业规范。实验总结与体会要结合自身实验过程，体现对知识的掌握和实践能力的提升。

4.2 教学效果与反馈

在解决传统实训痛点的同时，该课程显著提升了教学水平和人才培养质量。对比实训前后学生对开源环境、并行编程、超算使用的能力显著提升。通过教师指导，学生能够对实际的工程数据完成从采集、分析到调试计算的全过程操作，并通过开源编程语言进行结果展示。以项目四为例，学生自主设计了多尺度通道空间注意力机制，将多项技术有机结合构建了完整的图像分类识别方法，在多个数据集上达到精准分类，将机器学习算法性能提升了 10.3%，加速比、问题规模等客观指标均有好的表现。学生对课程内容实用性非常满意，认为培养了他们面向前沿科学问题的研究能力和工程实践技能，为后续学术研究奠定基础。大多数学生认为实训项目让他体验了完整的项目开发流程，学会了系统性地解决问题，在面对新技术时不再感到畏惧，而是充满探索的欲望。学生反馈“从最初的遇到问题就慌张，到现在能够冷静分析日志、查阅资料、设计解决方案”，认为这种能力的成长是普通课堂所无法实现的。企业对学生工程规范、学习能力、交付质量等表现也给予了积极肯定，所完成的成果能够直接帮助企业提升性能、解决问题。

通过对比实施专业综合实训课程前后两

届学生的毕业去向，也可以看到该课程在培养学生能力方面的积极作用。如图 4，开展实训的毕业生读研究生的人数增长一倍，自由职业人数下降一倍。对比图 5，未开展实训的毕业生读研究生和进入信息行业工作的人数占总人数的 56.7%，开展实训后的毕业生读研究生和进入信息行业工作的人数占总人数的 70.3%。说明该实训课程有效地提升了信计专业毕业生符合数字化转型与高性能计算普及时代需求的能力。

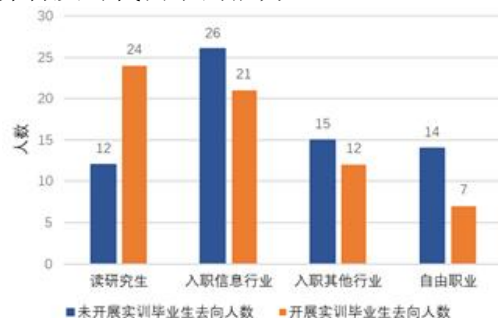


图 4.开展实训前后毕业生去向人数对比

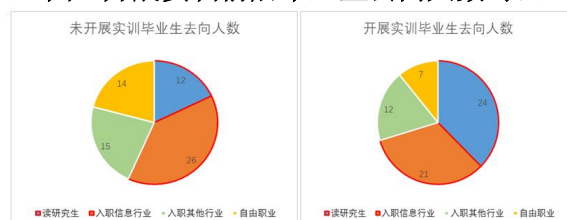


图 5.开展实训前后毕业生去向占比

5. 结论

本文提出的专业实训课程解决了信计专业传统课程中开源工具与高性能计算实践脱节的问题，通过校企合作两周时间让学生集中突破工具壁垒与并行思维，通过分组实践达成传统课程难以实现的“全流程”实践目标。实现真实环境下的“双平台”融合，在开源编程环境与高性能超算集群上进行教学，消除了从课堂到工程的距离感。企业不止是资源提供方，更深度参与课程设计、实施与评价，形成“资源共享—人才共育—成果反馈”的可持续机制。本文工作对信息与计算科学专业以及其他理工科专业的实践教学改革提供了参考。

参考文献

- [1] 刘红毅. 大数据时代背景下信息与计算科学专业多学科交叉融合人才培养模式探索[J]. 办公自动化, 2023, 28(24):56-58.
- [2] 章迪平. 应用型本科院校高质量实践教学体系构建与实施--以信息与计算科学专业为例[J]. 大学教育, 2024(7):14-17.

- [3] 陈小敏, 吴涓, 徐春宏. 校企合作工程教育人才培养的实践与思考——基于东南大学的案例[J]. 实验室研究与探索, 2017, 36(07):168-171+268.
- [4] 沈洪雷, 刘峰, 江昌勇等. 应用型高校校企合作培养体系构建与实践——以材料成型及控制工程专业为例[J]. 装备制造技术, 2023, 337(01):225-228.
- [5] 梁茹冰, 蔡贤资, 张连宽. 高校拔尖创新人才培养模式研究与探索——以信息与计算科学专业为例[J]. 大学教育, 2026(2):120-124.