



2024年 第1期

江苏省计算机学会通讯

COMMUNICATIONS OF THE JSCS

——“神经连接”脑机接口疑云笼罩

——“投喂”大模型如何规范授权

江苏省计算机学会常务理事单位

南京信息工程大学计算机学院、网络空间安全学院

南京信息工程大学计算机学院、网络空间安全学院的前身是创建于1984年的南京气象学院计算机软件教研室，2006年成立计算机与软件学院，2021年发展壮大为计算机学院、软件学院、网络空间安全学院，2022年软件学院独立运行。历经近40年的持续发展，学院在人才培养、学科建设和科学研究等各方面都取得了较好的发展，2023年5月起在环境优美的临江楼办公，在校生2500余人，其中硕、博研究生近700人。

学院汇聚了一支年龄结构合理、学术水平高、责任感强的师资队伍。学院现有教师100多人，教授31人，副教授32人，博士生导师19人，硕士生导师60余人。拥有海外院士2人，国家级人才4人，省级人才5人，江苏省“333工程”培养对象等人才40余人次。拥有全国高校黄大年式教师团队、中国气象局特色团队、江苏省高校优秀科技创新团队、江苏省双创计划团队、江苏省“六大人才高峰”等5个省部级以上创新团队。

学院拥有完整的本科、硕士和博士人才培养体系。现设有计算机科学与技术、物联网工程、信息安全等3个本科专业，拥有计算机科学与技术一级学科博士点、信息安全二级学科博士点、电子信息专业学位硕士点（计算机技术、网络与信息安全两个方向，包括中外合作办学）。学院“传感网与现代气象装备”“物联网技术与装备”“计算机科学与技术”为江苏省优势学科。计算机科学在全国第四轮学科评估中，获得B等级，2017年5月计算机科学进入ESI排名全球前1%。计算机科学与技术、物联网工程2个专业均为国家级一流本科专业建设点，并通过了国家工程教育专业认证。“软科中国大学专业排名”中，学院3个专业获得了2A1B的优异成绩。

学院拥有教育部数字取证工程研究中心、江苏省大数据分析技术重点实验室、教育部互联网创新应用示范基地、江苏省网络监控工程中心等省部级平台9个。依托科研平台，学院坚持“四个面向”深入开展科学研究，重点聚焦人工智能、网络空间安全等前沿领域的关键问题，逐步形成了机器学习与多媒体分析、智能感知、计算机视觉、大数据分析、数字取证、数据安全、服务计算等优势研究方向，同时也拓展了人工智能与气象、医学等学科交叉研究领域。近5年，承担国家重点研发计划项目、国家自然科学基金重点项目等国家级项目100余项，到账经费超过2亿元，发表高水平学术论文800余篇，授权专利400余项，获江苏省科学技术奖、教育部自然科学奖等省部级奖10余项。

学院秉承“厚基础、强实践”的人才培养理念，坚持理论与实践结合，为国家经济建设和气象事业发展输送了大量优秀的人才。培养的学生具有扎实的基础知识、宽广的知识面、较强的动手能力、良好的适应能力、朴实肯干的品质和较强的创新意识，普遍受到用人单位的好评。近年来，高质量就业率始终保持在95%以上，学生积极参与互联网+、挑战杯、数学建模、软件杯、蓝桥杯等学科竞赛，屡创佳绩，获得百余项国家级、省部级奖项。毕业生广泛分布在互联网大厂公司、知名大学、党政机关、气象部门及各行业信息化建设部门。学院始终坚持开放办学、联合办学理念，与腾讯、奇安信密切合作、联合培养拔尖2.0本科生，与爱尔兰东南理工大学联合培养硕士研究生，与密歇根州立大学共同建有“中美计算机科学研究中心”。

迈入新发展阶段，贯彻新发展理念，构建新发展格局。展望未来，计算机学院将深入学习贯彻习近平新时代中国特色



社会主义思想，宣传落实党的二十大精神，全面贯彻党的教育方针，以立德树人为根本，以内涵发展、高质量发展为永恒主题，以服务支撑国家和地方创新驱动发展为战略导向，服务学校“一流特色研究型大学”战略目标，秉承“笃行以生为本、厚植大学精神”办学宗旨，踔厉奋发，笃行不怠，着力培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人，为全面建设社会主义现代化国家、实现中华民族伟大复兴的中国梦提供有力支撑、作出更大贡献。



江苏省计算机学会通讯

COMMUNICATONS OF THE JSCS



顾问委员会

主任：周志华

副主任：武港山 耿新 胡江溢

李斌 夏士雄 李凡长

陈兵 詹永照 程光

委员：罗军舟 肖亮 申富饶

陶先平 吉根林 胡孔法

张道强 黄强 邓建明

编委会

主编：路通

副主编：聂长海 张洁

编委：钱柱中 游辉敏 石克

地址：中国江苏省南京市栖霞区

仙林大道 163 号

邮编：210023

电话：025-89680909

邮箱：jscs@nju.edu.cn

教学成果

01 | 计算机系统能力培养与教学方法创新实践 | 汪亮

08 | 拔尖人才培养创新与实践 | 付章杰

政策解读

11 | 关于加快工业软件自主创新的若干政策措施

学术交流

17 | 面向边缘智能应用的协同推断加速方法研究与实现 | 王慧田

21 | 样本筛选噪声标记学习方法研究 | 杨浩

26 | 基于结构化卷积与图神经网络的高光谱图像分类 | 刘启超

会员风采

31 | 践行科研初心 探索智能未来 | 李文斌

34 | 在“密码学与隐私保护”的科研道路上努力前行 | 韩金广

科学普及

36 | “神经连接”脑机接口疑云笼罩

38 | “投喂”大模型如何规范授权

科创成果

41 | 工业大数据安全检查平台 | 常州信息职业技术学院

会员单位简介

49 | 星融元公司介绍

55 | 云上华安公司介绍



计算机系统能力培养与教学方法创新实践

——南京大学汪亮副教授

简介

在教学过程中，课程团队开展教学研究，面向计算机系统基础课程的编程实践教学，提出了基于学习过程数据挖掘的教学内容重构和模式创新方法，构建了技术体系并取得了良好的应用效果。

针对传统教学过程中缺乏对学生学习过程定量、持续观察，主要依赖教师经验和直觉开展教学和教改工作这一挑战性问题，提出记录、分析学习过程数据形成客观依据，科学指导教学过程管理和内容重构的创新型教学模式。通过对学生学习过程中的行为数据进行持续收集并开展定量分析，有效发现教学设计不合理的环节，针对性进行课程内容重构；通过对比不同学生的行为和进度数据发现学习异常的学生，配合辅导员共同辅导，取得了良好效果。

基于学习是一种复杂的心智活动这一科学认识，针对传统教学过程中对学生学习状态认知不深入的问题，开展教育心理学和计算机跨学科研究，基于复杂学习过程中的心智状态模型，运用机器学习智能方法对学习行为数据进行挖掘，以非侵入的方式对学生在学习过程中的心智状态开展持续识别，透过表象，有效揭示学习过程中的深层心智发展规律，指导教学过程改进。

以上述方法和技术为核心，构建了智能教学平台并应用于计算机系统基础的编程实践教学过程中，通过对学习过程数据进行分析 and 挖掘，形成了数据驱动的教学模式创新方法体系，科学地指导了教学内容重构并取得了良好的效果。相应成果发表论文 5 篇，登记软著 1 项，构建综合教学与教辅平台 1 个，个人和所在团队获得奖励 6 次。

主要解决的教学问题及解决教学问题的方法：

本成果提出基于学习过程数据挖掘的教学内容重构和教学模式创新方法，构建了相应技术体系和平台，有效解决了下列教学过程中的挑战性问题：

1. 教学和教改依靠教师的主观经验和直觉，缺乏客观过程数据支撑

在传统的教学过程中，教师主要依赖其教学经验以及对教学过程的理解，在有限的学生反馈（如，教学评估结果、学业成绩统计等）基础上，以经验直觉和主观理念为主导进行教学内容设计、开展教学过程管理和推动教学改革。该方法高度依赖教师对教学和学生学习过程的主观理解，难以采用更为科学的方法对教学过程进行分析并进行内容重构和改进。其中，一项核心原因是客观学习过程数据的缺失。

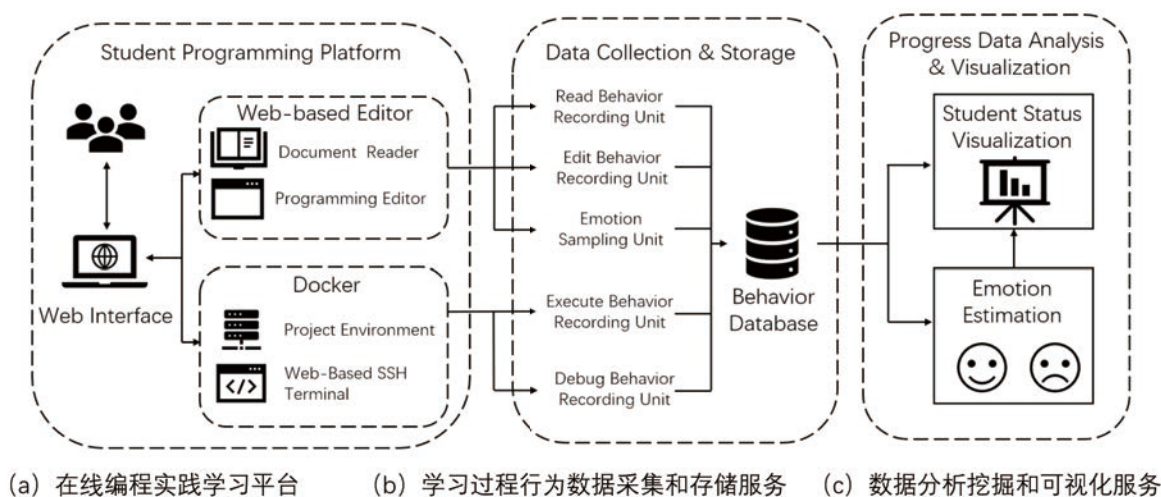


图 1 学习过程行为数据采集和分析方法技术体系与平台设计

针对这一问题，本成果围绕计算机系统课程编程实践教学的内容，提出对学生的行为数据进行持续观察和记录，进而开展数据驱动的教学过程分析，运用客观数据指导教学内容设计和重构。如图 1 所示，本成果依托自主构建的在线编程学习平台，对学生在学习过程中包括代码阅读、编辑、测试执行、调试，以及情绪反馈进行持续采集，并对数据进行分析挖掘和展示形成了对学生学习过程的深入、全面、客观的记录。同时，为保护学生隐私，在记录时我们对具体的行为内容（如键盘的具体按键信息）进行了模糊处理。

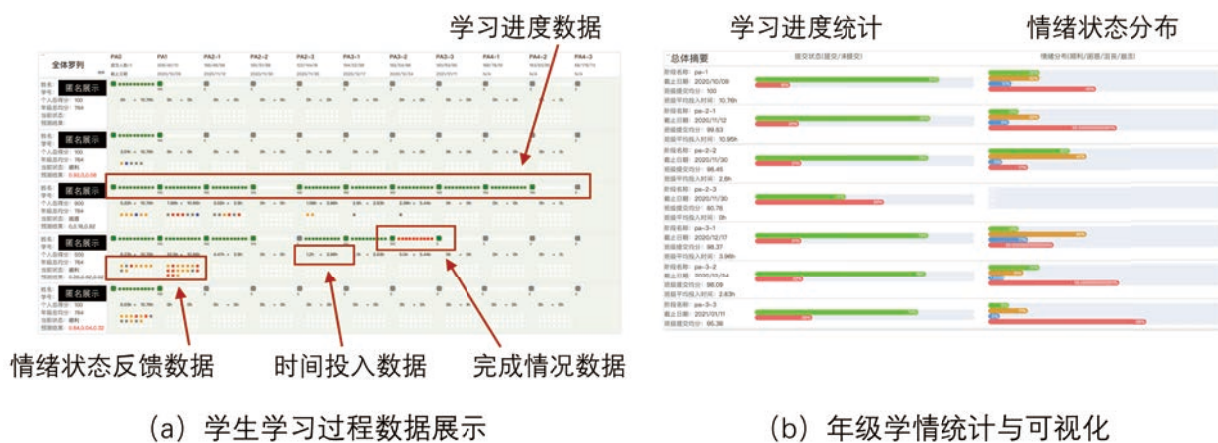


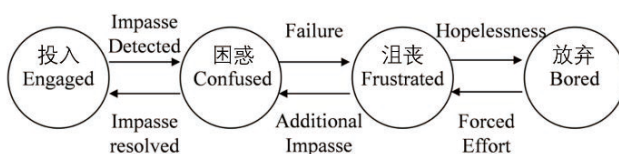
图 2 学习行为过程数据可视化

如图 2 所示，通过对采集的学习行为过程数据进行展示和分析，能够帮助教师实时掌握各个学生和整个年级的学习情况，依据客观数据开展教学过程管理和内容重构。

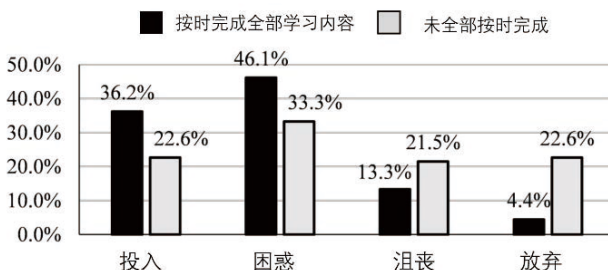
2. 对学生学习状态认知片面不深入，缺乏对其心智状态的深入理解

在传统计算机学科相关教学过程中，除知识点的掌握以外，难以对学生学习心智状态，以及其在课业以外的在校生活中的思想和情绪状态进行深入了解。针对这一问题，本成果通过开展教育心理学和计算机科学跨学科研究，以如图 3(a) 所示的复杂学习和认知过程中的情绪状态模型为基础，刻画学生的学习情绪状态。同时通过对情绪的持续观察，反映出学生在课程学习以外的思想和情绪变化。

如图 3(b) 所示，实证研究结果表明，积极的学习情绪（投入和困惑）与按时完成全部学习内容这一较好的学习效果间存在正相关。反之，对于学习成效不佳的同学，则明显更多地体会到包括沮丧和放弃在内的负面情绪。依据相关理论，当出现较为严重的负面情绪时，难以依靠学生自身摆脱困境，或反映出其在学习生活过程中遇到了挫折，教师和辅导员有必要进行干预。



(a) 复杂学习过程中心智状态对应的情绪模型



(b) 情绪与学习成效间关联关系实证研究结果

图 3 复杂学习过程中的情绪状态建模和学习成效间关联关系

为此，本成果研发了如图 4 所示的学生学习过程行为数据采集和情绪采样平台，通过研发基于随机森林等机器学习方法的学生情绪识别方法，实现了以数据驱动、实时、非侵入的方式识别学生的学习情绪。如图 5 所示，实验结果表明，该系统对学生情绪识别的准确率达到了 72.06%。

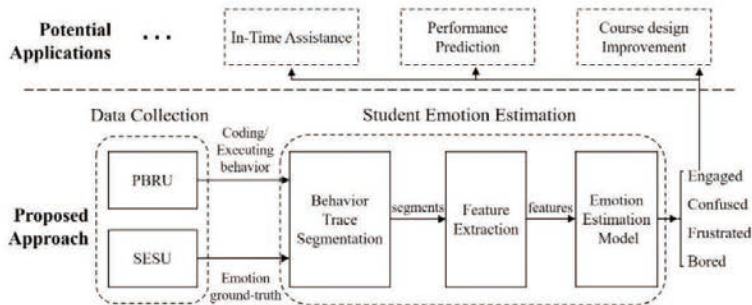


图 4 学习情绪数据采集和识别系统图

		识别情绪结果			
		投入	困惑	沮丧	放弃
真实情绪标签	投入	110	37	6	2
	困惑	28	157	17	8
	沮丧	11	33	73	8
	放弃	4	12	10	114

图 5 混淆矩阵准确率 72.06%

这一技术为教学团队持续掌握学生学习状态、预判学习成效、分析学习难点、及时主动发现学习存在困难的同学起到了积极的作用。也为我们从思想和心理上关爱学生，引导其身心健康发展起到辅助作用。

3. 教学模式创新方法应用推广困难，缺乏先进技术和工具支撑

本成果提出的基于学习过程数据的教学过程管理和内容重构这一教学模式的创新方法不仅包括上述先进的理念和方法，同时包含了完整的教学教辅平台和工具集。运用机器学习和人工智能技术对行为和情绪数据进行深入挖掘、识别，具有较强的先进性和可操作性。以数据为驱动，实现教学过程和内容的评估 - 重构 - 反馈闭环。能够有效克服传统教学模式创新过程中，理念先进但落地推广困难的问题。

创新点

本成果的核心创新点是“以学习过程数据挖掘为基础的教学内容重构和模式创新”，具体如下。

1. 新方法，学习过程数据采集和分析：在方法上，本成果通过对学生学习过程中的行为数据进行持续的采集和分析，通过采用量化统计、数据挖掘、可视化展示等多种方法对所采集到的学习过程行为数据进行分析。相较传统教学过程依靠教师主观经验和直觉的方法，本成果所提出的学习过程数据采集和挖掘方法能够更为有效地为科学、准确地评估教学过程、重构教学内容提供数据和方法支撑。通过对学生整体和个体进行宏观状态统计和微观过程分析，实现对学生学习过程的全面、深入的感知和评估，为更为细致的教学过程管理奠定了数据和方法基础。

2. 新视角，学习情绪状态建模、感知和识别：在认知视角上，本成果突破传统以知识掌握为主的学习状态认知方法，以教育心理学相关理论为依据，提出从情绪状态认知学生学习状态的新视角，与学生的学习成效之间形成有效关联，对教学效果具有较好的预见性，同时能够反映其在学习生活中的思想和心理变化。提出基于学习行为数据，运用数据挖掘和机器学习方法的学习情绪持续识别技术体系，实现了以非侵入方式对学生学习情绪的准确、实时、持续识别。为主动、深入理解学生学习状态，提升教学质量，促进学生思想和身心健康起辅助作用。

3. 新模式，数据支撑的教学过程评估、内容重构与反馈：在上述方法和视角创新的基础上，本成果提出并实现了以数据为支撑的教学过程评估、内容重构和持续反馈闭环的创新型教学模式。通过对学习过程中的行为和情绪状态进行分析，主动实现对教学过程中的不合理环节的发现和归因，指导内容重构；通过对持续采集数据并开展对比分析，对教学内容重构的效果进行持续反馈形成闭环，改善了传统教学内容设计和教改过程反馈不及时甚至开环无反馈的模式，能够取得良好效果。

最后，上述创新点均以新型教学教辅平台的形式在教学过程中得以应用，对计算机系统基础的实践教学和教改起到了关键支撑作用。

成果的推广应用效果

以下按照推广应用的总体情况、应用情况和效果、推广应用情况和师生们的反馈评价对成果的推广应用效果进行介绍。

1. 推广应用的总体情况



```

1 #ifndef __REG_H
2 #define __REG_H
3
4 #include "nemu.h"
5
6 // define the structure of registers
7 typedef struct
8 {
9     // general purpose registers
10    struct
11    {
12        struct
13        {
14            struct
15            {
16                uint32_t _32;
17                uint16_t _16;
18                uint8_t _8[2];
19            };
20            uint32_t val;
21        } onef;

```

(a) 在线实践学习平台和行为数据采集

```

iver/ide/cache.o
gcc -m32 -MMD -Wall -Werror -march=i386 -fno-builtin -fno-omit-frame-pointer -fno-stack-protector -I./include -I./include -I./lib/newlib/include -c -o src/irq/irq_idt.o src/irq/irq_idt.c
gcc -m32 -MMD -Wall -Werror -march=i386 -fno-builtin -fno-omit-frame-pointer -fno-stack-protector -I./include -I./include -I./lib/newlib/include -c -o src/irq/irq_idt259.o src/irq/irq_idt259.c
gcc -m32 -MMD -Wall -Werror -march=i386 -fno-builtin -fno-omit-frame-pointer -fno-stack-protector -I./include -I./include -I./lib/newlib/include -c -o src/irq/irq_handle.o src/irq/irq_handle.c
gcc -m32 -MMD -Wall -Werror -march=i386 -fno-builtin -fno-omit-frame-pointer -fno-stack-protector -I./include -I./include -I./lib/newlib/include -c -o src/lib/serial.o src/lib/serial.c
gcc -m32 -MMD -Wall -Werror -march=i386 -fno-builtin -fno-omit-frame-pointer -fno-stack-protector -I./include -I./include -I./lib/newlib/include -c -o src/lib/serial.o src/lib/serial.c
gcc -m32 -MMD -Wall -Werror -march=i386 -fno-builtin -fno-omit-frame-pointer -fno-stack-protector -I./include -I./include -I./lib/newlib/include -c -o src/lib/printk.o src/lib/printk.c
gcc -m32 -MMD -I./include -I./include -c -o start/start.o start/start.S
ld -text=0x20000 -m elf_i386 -o start -o kernel start/start.o ./src/irq/irq_idt.o ./src/irq/irq_idt259.o ./src/serial/serial.o ./src/memory/memory.o ./src/memory/memory.o ./src/memory/memory.o ./src/main.o ./src/driver/ide/dma.o ./src/driver/ide/ide.o ./src/driver/ide/disk.o ./src/driver/ide/cache.o ./src/irq/irq_idt.o ./src/irq/irq_idt259.o ./src/irq/irq_handle.o ./src/lib/serial.o ./src/lib/printk.o src/memory/mm_malloc.o ../lib/newlib/libc.a
objcopy --remove-section .note.gnu.property kernel
objcopy: kernel: warning: empty loadable segment detected at vaddr=0x040114, is this intentional?
objcopy -B -O binary kernel kernel.img
make[1]: Leaving directory '/home/pa031221097/pa2020_fall/kernel'
pa031221097@114.212.10.207:~$

```

(b) 在线测试环境和学习成效统计

```

File Edit View Search Terminal Help
libs/newlib/include -I./src/typing/include -c -o src/typing/game.o src/typing/game.c
gcc -m32 -MMD -Wall -Werror -fno-builtin -fno-omit-frame-pointer -fno-stack-protector -I./include -I./include -I./lib/newlib/include -I./src/typing/include -c -o src/typing/draw.o src/typing/draw.c
gcc -m32 -MMD -Wall -Werror -fno-builtin -fno-omit-frame-pointer -fno-stack-protector -I./include -I./include -I./lib/newlib/include -I./src/typing/include -c -o src/typing/keyboard.o src/typing/keyboard.c
gcc -m32 -MMD -Wall -Werror -fno-builtin -fno-omit-frame-pointer -fno-stack-protector -I./include -I./include -I./lib/newlib/include -I./src/typing/include -c -o src/typing/effect.o src/typing/effect.c
ld -melf_i386 -Text=0x000000 -e game_init.o game src/common/main.o src/common/device/font.o src/common/device/time.o src/common/device/palette.o src/common/device/audio.o src/common/device/video.o src/common/lib/syscall.o src/typing/game.o src/typing/draw.o src/typing/keyboard.o src/typing/effect.o ../lib/newlib/libc.a
dd if=/dev/null of=game seek=2048
0+0 records in
0+0 records out
0 bytes copied, 0.000554264 s, 0.0 kB/s
cat 'find ./data/typing -type f | sort' >> game
make[2]: Leaving directory '/home/user/pa2018_fall/game'
make[1]: Leaving directory '/home/user/pa2018_fall'

```

(c) 心智情绪状态采样和识别分析



(d) 数据分析和可视化平台

图 6 学习行为与情绪数据分析综合教学教辅平台

本成果综合相关方法和技术，构建了如图 6 所示的综合教学教辅平台，在南京大学计算机科学与技术系《计算机系统基础》课程上开展了应用，并在包括南京航空航天大学 and 晓庄学院进行了试点推广，取得了良好的效果，获得了师生的积极、正面评价。

2. 应用情况和效果

挖掘行为数据，发现教学设计不合理环节，重构内容效果显著。如图 7 所示，在教学过程中，通过行为统计数据发现学生在横轴所示的 31 项课程编程实践任务中的投入不均衡：如图 7 中蓝色、橘色和灰色曲线所示，我们发现在以往的教学过程中前 6 次实践任务在代码阅读时间投入、编辑时间投入、代码编辑距离和测试次数上显著高于其余任务，第 15 次实验的代码编辑量出现显著高峰，而其余部分实验任务则近乎不需要投入。从此行为数据中，我们可以发现教学内容设计存在不合理之处。

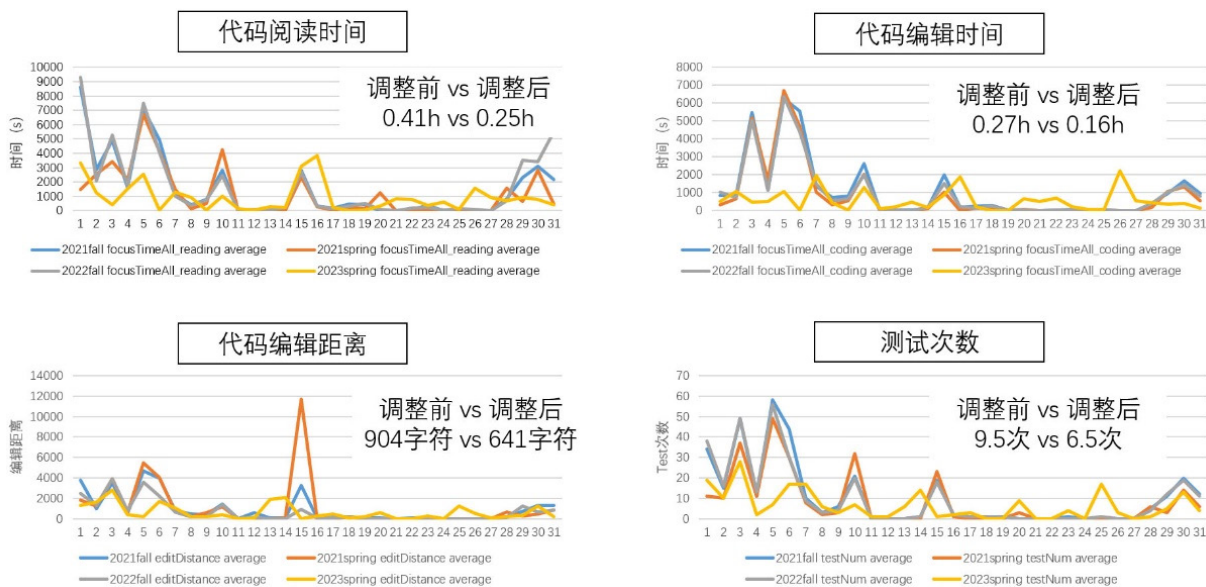


图 7 依据行为数据，进行教学内容重构的反馈效果

对上述现象进行分析，我们发现问题的根源在于实验任务的顺序编排不合理，未遵循循序渐进，由简及难的过程。因此，如图 7 黄色曲线所示，在最新的一个学期，我们仅对实验任务的次序进行了调整就取得了良好的效果。从反馈得到的行为数据可以发现，在各项行为指标上，学生的投入都趋于“平滑”和“顺畅”。从每个任务的代码阅读时间、代码编辑时间、代码编辑距离、测试的次数都出现明显的下降，取得了显著的效果。

发现情绪异常学生，化被动为主动促进教学，关爱学生。通过对学生在学习过程中的情绪进行持续识别，我们可以有效发现长期体验到沮丧和放弃负面情绪的学生。同时，我们也发现体验到负面情绪的学生往往不能或羞于主动寻求教师的帮助。将情绪识别结果和行为数据进行结合，我们可以精准发现学习困难的学生并进行主动关注。

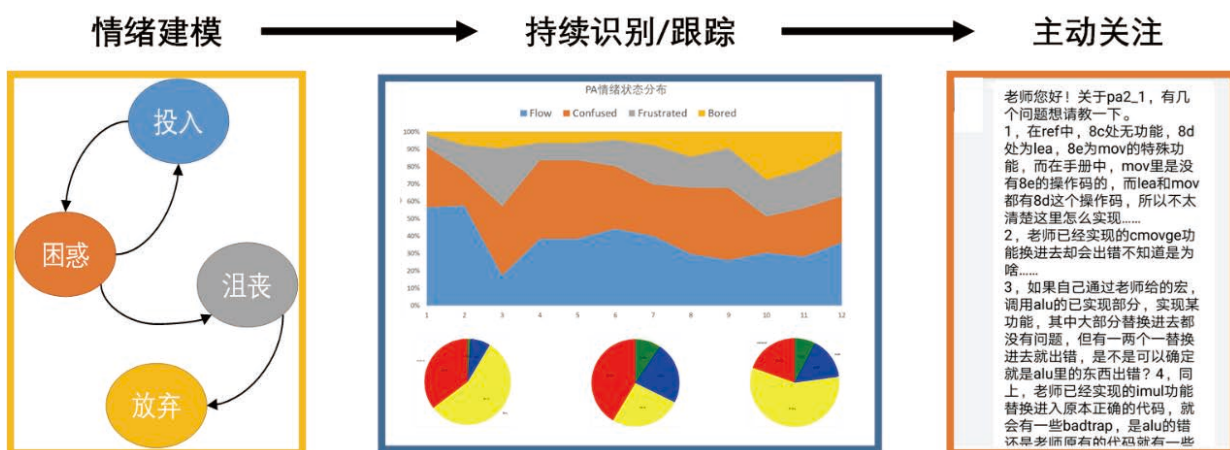


图 8 持续识别学习情绪、主动关注学习困难学生引导其提问取得显著效果



如图 8 所示，通过主动关注学习困难，但又不主动寻求帮助的学生，我们成功引导学生集中表述其遇到的问题，并帮助其脱离困难回到正常的学习轨道。在关心其课程学习状态的同时，通过分析学生的情绪状态及其变化情况，能够帮助我们了解学生在日常生活学习过程中的思想和身心状态，更好地关爱同学们，助其健康成长。

3. 推广应用情况

本成果所提出的包括“学习过程行为数据挖掘教学辅助方法”和“学习过程情绪采集和分析教学新模式”在内的创新型教学理念、方法和模式在南京航空航天大学 and 晓庄学院开展了应用推广试点，取得了良好效果，得到了教授们的积极评价。

4. 反馈评价

我们也邀请以往的课程学生、目前的助教对内容重构前后的变化进行了评价。我们同时邀请了包括年级辅导员、任课教师对我们的教学平台进行了反馈与评价。

我们同时邀请了课程的其他教师和年级辅导员对如图 6 所示的教辅平台进行了反馈和评价。课程的授课教师和年级辅导员都对教辅平台进行了积极评价，并且给出了建设性的意见。

总体而言，本成果推广应用情况良好，在实践中取得了较好的应用效果，有望进一步推广应用。

学会动态

2024 年 1 月 2 日在南京大学召开了江苏省计算机学会第八届常务理事会第十次会议，包括理事长、副理事长在内的常务理事们、监事长、工委负责人、学会秘书处成员出席了会议。



拔尖人才培养创新与实践

——南京信息工程大学付章杰教授

简介

努力建设一流专业与一流课程，并在拔尖人才培养和创新创业方面取得突出成果。

(1) 专业建设

作为专业负责人，带领信息安全专业入选 2021 年度江苏省一流本科专业；计算机专业入选 2022 年江苏省基础学科拔尖学生培养计划 2.0 基地。

(2) 课程建设

作为课程负责人，《数据挖掘与安全》获批 2022 年江苏省产教融合型一流课程。

(3) 创新创业与竞赛指导

指导本科生团队获 2022 年第八届中国“互联网+”大赛全国金奖，第七届“互联网+”全国铜奖，省一等奖 2 项；指导学生获全国大学生信息安全竞赛一等奖、大学生区块链安全隐私技术与创新应用竞赛全国一等奖、中国研究生网络安全创新大赛二等奖；指导学生主持国家级、省级大学生创新创业训练计划项目 2 项；省级优秀本科毕业设计 1 项；荣获第八届“互联网+”大赛全国“优秀创新创业导师”、省级“优秀指导教师”；全国大学生信息安全竞赛“优秀指导教师”等荣誉称号。

(4) 立德树人与人才培养

指导本科生梁秀健获共青团“中国大学生自强之星”、教育部-华为“智能基座未来之星”、省“优秀学生干部”等荣誉称号，两获“国家励志奖学金”。与奇安信集团、腾讯公司合作，发起建立拔尖实验班“信息安全奇安信实验班”、“腾讯实验班”，培养拔尖人才。

(5) 产教融合与平台建设

2019 年牵头申请并获批“数字取证教育部工程研究中心”，2023 年 9 月通过验收；2023 年发起并主办全国第一个数字取证领域实战竞赛“盘古石杯”全国电子数据取证大赛，参赛人数超过 3000 人；2022 年发起并承办首届全国大学生区块链安全隐私技术与创新应用竞赛，2023 年主办第二届，在业界引起较大影响；主办 2022 年中国大学生计算机设计大赛；主持教育部产学合作协同育人项目 1 项。



主要解决的教学问题及解决教学问题的方法：

问题 1：信息安全学科“弯道超车”跨越式发展的需要与传统大而全培养方案的矛盾

新兴学科的孕育发展，通常凝结着强烈的国家意志和社会期待，肩负国家在该领域实现“弯道超车”、“换道超车”的重任。对于信息安全学科而言，必须在学术界和产业界形成“压强突破”，用领跑的思维在核心技术领域和人才培养方面获得突破性进展，实现网络安全与信息化领域“一体之两翼，双轮之驱动”的国家战略目标。传统大而全、按部就班的培养模式无法匹配这种跨越式学科发展的需要，必须从培养方案的顶层设计上，把准学科发展脉搏、前瞻学科发展趋势，多学科交叉融合，培养满足日新月异的未来学科发展的拔尖创新人才。

问题 2：培养目标的多元化与单一实现机制的矛盾

各高校在拔尖人才的培养上都注意到了培养目标的多元化，即学科背景多元、素质结构多元、发展方向多元。但是这种目标的多元化却受到实现机制单一化的制约，具体表现在：选拔标准单一，以学业成绩为主要标准，通过“优中选优”的考试配合“动态选拔”筛选学生，难以吸收有学科特长的、偏科的“偏才”和“怪才”；师资配备标准单一，尚未形成行业专家成为拔尖学生导师队伍的机制，学生难以获得富有一线实战经验的行业专家直接指导；评价标准单一，考试成绩和科研成果仍是拔尖创新人才培养成效的主要评价标准，对培养战略和管理人才的鼓励不足。我们不但需要培养“技术+工程”人才，更需要“技术+战略”和“技术+管理”的领导人才。需要在培养实现机制上寻求突破，切实满足多元化培养目标。

问题 3：重“全面发展”轻“个性化发展”的矛盾

普遍认为，拔尖创新人才作为全面发展的人才，应具有广博的知识基础、综合的素质结构和无限的发展可能。但是过度强调“全面发展”、面面俱到，磨平了拔尖创新人才培养的特色，造成学生学习“泛而不精”，人才培养“平而不尖”等问题。“全面发展”与“专业拔尖”之间的内在矛盾，在本科有限的学制和拔尖创新人才的培养过程中被进一步放大，形成了现实可见的冲突，可能抑制那些技能突出、个性鲜明的网络安全“偏、怪”之才的发展。

解决方法：

从人才的知识智能、工具实践、精神情感、表达能力和社会交往这五个发展维度，采取“五育并举”的模式，研究和实践有效的培养机制和创新实践模式。具体举措包括：

- 1) 前瞻布局学科交叉趋势和产业需求，优化培养方案设计。以产教融合为路径，与头部企业共建拔尖实验班，培养“智慧+”信息安全优秀人才。
- 2) 建设“科教产教”双融合的创新实践平台。基于取证中心建设，以科研反哺教学，提供优质的高阶挑战性案例；发起主办多项一流学科竞赛，为人才培养提供更多的创新机遇、竞技空间和交流学习机会。
- 3) 五育并举探索多元人才培养机制。在建设一流课程和一流专业过程中，扭转传统的“知识+技能”二维培养思路，鼓励人才多维度全面发展；在“全面”和“拔尖”之间寻找平衡，为学生创造更多的“自主型”学习和发展机会，以“不教”促进学生的“个性化发展”，同时注意强化“偏科”人才在其他能力维度存在的不足；利用竞赛平台和双创空间，引导领导型、管理型人才发展。

创新点

1) 内容创新，以超前布局学科交叉支撑跨越式发展需求

前瞻布局培养方案，多学科交叉融合，以人工智能 + 信息安全为突破点，优化培养方案，深化课程建设，将科研成果与校企合作成功提炼为优质教学案例，在双创培养中进行综合能力训练，以满足信息安全学科跨越发展对未来人才能力与素质的需求。

2) 机制创新，以五育并举多维发展培养个性化拔尖人才

科学构建信息安全学科特色的知识能力素质模型，五育并举，鼓励多维度全面发展，为人才的全面、有效发展提供保障，帮助那些“偏怪”之才全面发展；鼓励自主型发展，充分发挥学生的内驱力，有利于人才的“个性化”发展。

3) 模式创新，以学术引领集成训练培养多样性创新人才

以科研平台、双创竞赛平台、产教融合案例共同支撑一流课程建设，形成基础理论集成训练、工程开发实践锻炼、实践技能综合演练为一体，学术型与应用型培养相互促进、多样发展的“技术 + 战略”、“技术 + 管理”、“技术 + 工程”人才培养新模式。

江苏省计算机学会关于常态化开展“走进企业”活动的通知

为了增强学会、高校与企业之间的交流与合作，江苏省计算机学会创办了“走进企业”这一品牌活动。通过对企业的走访，创造更多企业与学界的对话机会和空间，增进相互之间的了解，为其合作向纵深发展奠定基础，学会在此过程中也充分凸显了桥梁纽带作用。为了更好地了解企业的科技创新实力，促进校企协同创新进一步发展，进一步推进江苏省计算机科学技术进步，江苏省计算机学会计划常态化开展“走进企业”活动，现向各单位正式开展活动征集，活动内容包含但不限于以下几类：参观、研讨、讲座、培训等。

申请单位可按要求填写《江苏省计算机学会“走进企业”活动申请表》（附件）并加盖单位公章，将扫描版材料发送至学会指定邮箱（邮件标题形式为：“走进企业”申请 + 申请单位名称）。

<https://table.nju.edu.cn/dtable/forms/bd820351-a93b-410b-9a98-0b6775205049/>

学会在接收到申请表 7 个工作日内，给予是否采纳答复。确认采纳申请后，学会秘书处会与申请单位联络人进一步沟通确认活动方案、邀请专家、活动预算等细节内容，并按计划组织活动。

联系方式：

游辉敏 13770795243；

石克 18114472513 025-86635622；

严诚 13851415447；

电子邮箱：jscs@nju.edu.cn





关于加快工业软件自主创新的若干政策措施

一、《若干政策措施》编制背景是什么？

软件是新一代信息技术的灵魂，是制造强国、网络强国、数字中国建设的关键支撑。党中央、国务院高度重视软件产业健康发展，2020年，国务院发布《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的若干政策》；2021年，工信部发布《“十四五”软件和信息技术服务业发展规划》。从全省来看，加快工业软件自主创新对于我省统筹发展和安全，深入推进新型工业化，打造具有全球影响力的产业科技创新中心和具有国际竞争力的先进制造业基地，建设制造强省、网络强省、数实融合强省具有重要意义。为深入贯彻落实国家关于软件产业发展的决策部署，更好发挥我省软件名城名园建设优势，进一步推动我省工业软件自主创新，制定《若干政策措施》。

二、《若干政策措施》主要内容有哪些？

《若干政策措施》主要包括六个部分 19 项针对性支持举措。

第一部分是增强工业软件创新能力，包括加快关键核心技术攻关，建立省市区联动、“拨投贷保”支持机制，鼓励工业领军企业和工业软件企业组建创新联合体，实施基础软件和工业软件供需结对攻关、产学研联合攻关。支持大型制造企业、重点用户和软件企业共建软件应用创新中心、软硬件适配测试中心、软件“中试验证”平台等高水平创新平台。推动开源技术创新，鼓励建设、招引自主开源软件创新平台，建立开源软件项目“白名单”制度，将开源贡献度纳为项目评审、职称评价、奖学金评选的重要参考项，择优支持开源技术商业化创新项目。第二部分强化应用牵引发展效能，包括更好发挥智改数转网联和信创市场牵引作用，支持各级政府以政府采购或补贴方式，通过云服务平台推广一批优质通用、小快轻准的工业软件及配套服务，低价或免费向中小微企业开放。鼓励用户单位开放场景，对于主动开放信息技术应用创新场景、取得先试先用示范成效的重点行业用户可给予奖励。每年选树 10 项信创标杆工程、推广优质信创解决方案和应用示范案例 100 项。每年推广优秀工业软件产品和应用解决方案、首版次软件产品 100 项以上，支持自主创新软件产品首购首用。第三部分梯度培育软件企业主体，包括分类分策培育头雁型软件企业、省规划布局内重点软件企业和专精特新软件企业，引导有条件的科研院所和大中型工业企业注册成立或投资成立独立法人的软件企业。支持消费端新型操作系统、新型工业操作系统、图数据库、云数据库、人工智能芯片配套软件等领域的

创新企业和项目，加快优质软件企业“引进来”“走出去”步伐。积极支持软件企业发行多语种版本、建立测试认证国际互认体系，开拓国内、国际新市场。第四部分加快软件名城名园建设，包括建立软件名城名园创建指导协调工作机制和省级中国软件名园培育库，重点发展工业软件，统筹推进信息技术应用创新。鼓励有关设区市设立软件产业类专项资金，鼓励引导政府投资基金投早、投小。第五部分提供优质人才资源支撑，包括加大复合型软件人才梯队培养力度，加强省内高校软件类交叉学科建设，高标准打造国家特色化示范性软件学院，鼓励软件企业与高等院校、职业院校等深化合作，共建联合实验室和实训基地、高技能人才培养基地，共同编制教材、联合开展实训教学、人才资质认证。加强高端紧缺软件人才引进，通过省人才服务体系等加强对软件人才的支持和服务。第六部分完善软件产业发展环境，包括依托“数字工信”平台强化产业运行监测。引导社会资本加大投入，鼓励金融机构针对软件企业特点创新金融产品和服务。强化软件标准化体系建设和知识产权全链条保护，支持举办各类产业交流活动。

三、《若干政策措施》主要突出哪些特点？

（一）突出落实国家决策部署。全面落实国家软件战略和国家关于软件产业高质量发展的相关规划，结合我省产业基础、特色优势，围绕高质量发展现实需要，采取系统性举措，加快提升软件产业基础高级化和产业链现代化水平，努力将我省打造成工业软件创新发展高地，为国家软件产业高质量发展大局贡献更多江苏力量。

（二）突出发挥优势强化创新引领。聚焦提升基础软件和工业软件供给能力、做大做强软件产业总目标，充分发挥我省拥有3个中国软件名城和25家省级以上软件园区的先发优势，把软件名城名园建设作为重要抓手，强化我省制造业智改数转网联和信息技术应用创新的应用牵引作用，为关键软件强链补链延链营造更优发展环境和创新生态。

（三）突出加大政策支持合力。《若干政策措施》不仅集成了省有关部门支持软件产业的政策措施，更进一步加大了财政资金和金融资本推动软件产业高质量发展的支持力度，创新提出了省市区联动、从关键技术攻关到应用推广成果转化的“拨投贷保”支持机制，围绕打造软件名企、名品、名牌、名人、名展、名赛，形成引导创新链、资金链、人才链向产业链高效汇聚的政策合力。

四、《若干政策措施》实施有效期有多长？

自印发之日起实施，实施有效期至2028年12月25日。如本政策措施与我省其他同类政策有重复的，按照“从优、就高、不重复”的原则予以支持。

关于加快工业软件自主创新的若干政策措施

为深入贯彻党的二十大精神，认真落实习近平总书记关于新型工业化的重要论述和对江苏工作重要讲话精神，全面实施国家软件发展战略，持续开展关键核心技术攻关，培育壮大工业软件生态体系，深化软件名城、名园建设，有效提升我省工业软件自主创新能力，加快推动基础软件和工业软件产业高质量发展，制定以下政策措施。

1、增强工业软件创新能力

（一）加快关键核心技术攻关。根据产业重大需求制定年度关键核心技术攻关目录和重点项目储备库，建立省市区联动、“拨投贷保”支持机制，鼓励工业领军企业和工业软件企业组建创新联合体，实施基础软件和工业软件供需



结对攻关、产学研联合攻关。支持企业申报国家项目，省级、市级财政有关专项资金可对牵头承担项目的软件企业给予协同支持。（省工业和信息化厅、省科技厅，各市、县（市、区）人民政府按职责分工负责。以下均需各市、县（市、区）人民政府落实，不再列出）

（二）建立高水平创新平台。加快建设产业基础共性技术平台，支持大型制造企业、重点用户和软件企业共建软件应用创新中心、行业性或区域性集成验证中心（含面向应用场景的软硬件适配测试中心、软件“中试验证”平台）等。支持南京软件谷、南京江北新区、苏州工业园区、无锡经济开发区等重点园区在集成电路、国防电子、高端装备和船舶、航空、石油化工等关键应用领域建设工业软件创新中心。省级财政相关专项资金对符合条件的国家级、省级各类软件应用创新中心、集成验证中心、检验检测公共服务平台、联合实验室、密码创新应用基地、信息技术应用创新产业生态基地等建设和运营给予择优支持。（省工业和信息化厅、省发展改革委、省科技厅、省市场监管局、省教育厅按职责分工负责）

（三）支持开源技术创新。鼓励各地建设、招引自主开源软件创新平台，扶持基于自主基础软件的开源社区运营，举办开源技术交流活动，建立开源软件项目“白名单”制度，营造开源开放的技术产品创新和应用生态。将开源贡献度纳入项目评审、职称评价、奖学金评选的重要参考项。鼓励基于开源技术的商业运营，省级财政相关专项资金可对符合条件的具有基础、核心意义的开源技术商业化创新项目给予择优支持。（省工业和信息化厅、省科技厅、省教育厅、省人力资源社会保障厅按职责分工负责）

2、强化应用牵引发展效能

（四）拓展智改数转网联应用场景。鼓励软件企业、数字化服务平台企业积极参与制造业智改数转网联，支持打造工业软件研发运行一体化平台，加快云化工业软件和行业专用工业软件发展，对于服务智改数转网联绩效领先的工业软件企业给予奖励。支持各级政府以政府采购或补贴方式，通过云服务平台推广一批优质通用、小快轻准的工业软件及配套服务，低价或免费向中小微企业开放。支持建设工业数据可信系统，促进工业数据资产流通，省级财政相关专项资金按照地级市推广费用总额给予最高不超过 50% 奖补。支持工业企业主动开放应用场景，为国产工业软件提供更为广泛的应用市场。（省工业和信息化厅、省财政厅按职责分工负责）

（五）支持重点行业创新应用。积极引导金融、政务、交通、医疗、教育、水利、住建、生态环境等重点领域用户支持信息技术应用创新，每年验证推广以自主基础软件为核心的信息技术应用创新解决方案和应用示范案例 100 项，选树 10 项信息技术应用创新标杆工程，参与编制行业信息技术应用创新建设指南和行业信息技术应用创新产品图谱。对于主动开放信息技术应用创新场景、取得先试先用示范成效的重点行业用户可给予奖励。（省地方金融监管局、省政务办、省交通运输厅、省卫生健康委、省教育厅、省水利厅、省住房城乡建设厅、省生态环境厅等按职责分工负责）

（六）支持创新产品首试首用。每年发布推广优秀工业软件产品和应用解决方案、首版次软件产品 100 项以上，支持关键领域“补短板”的攻关成果和首版次软件优先纳入应用推广指导目录，鼓励全社会首购首用、推广应用。机关事业单位、国有企业以及省、市重大工程、重点应用系统建立率先采购优质创新软件产品和信息技术服务的激励机制，建立企业使用财政资金采购安全性存疑软件产品的说明制度和重大事项约谈机制。省级财政相关专项资金对优质首版次软件开发企业按照不超过年度首版次软件开票销售额 20%、最高 300 万元给予奖补。（省工业和信息化厅、省财政厅、

省国资委等按职责分工负责)

3、梯度培育软件企业主体

(七) 加大培育生态主导型企业力度。每年分类分策培育头雁型软件企业、省规划布局内重点软件企业和专精特新软件企业不少于 300 家。积极引导有条件的科研院所和大中型工业企业注册成立或投资成立独立法人的软件企业。有条件的地方和软件园区对首次进入中国软件业务收入 100 强企业、国家鼓励的重点软件企业、新上市挂牌的软件企业，业务收入上门槛的软件企业可设立 200 万元至 1 亿元的分档奖励政策。承担国家和省重大任务的工业软件和信息技术应用创新企业使用省、市算力基础设施的费用按成本补偿或非盈利性原则收取。(省工业和信息化厅负责)

(八) 鼓励孵化前沿技术创新企业。鼓励各级政府和软件园区结合本地实际，加快推动物联网、云计算、大数据、5G/5G-A、元宇宙、人工智能等新兴技术，以及 6G、量子信息、卫星互联网、类脑智能等前沿技术向产业化方向发展，支持消费端新型操作系统、新型工业操作系统、图数据库、云数据库、人工智能芯片配套软件等领域的创新型企业 and 项目。(省发展改革委、省科技厅、省工业和信息化厅、省通信管理局按职责分工负责)

(九) 加强国内国际合作。培育招引具有自主核心技术的产业链领航企业，在项目用地、环境容量、能耗指标、人才引进等方面给予支持。积极引进国家重要开源组织、质量评测和投融资、产权交易、人才培训、商业文娱等产业链生态服务机构。积极支持软件企业发行多语种版本，建立测试认证国际互认体系。(省工业和信息化厅、省发展改革委、省科技厅、省财政厅、省自然资源厅、省税务局、省生态环境厅、省委人才办按职责分工负责)

4、加快软件名城名园建设

(十) 更新完善软件名城名园规划政策。省制造强省建设领导小组定期发布“软件产业高质量发展紫金指数”，建立软件名城、名园创建指导协调工作机制。各设区市政府及时制定、更新支持中国软件名城、软件名园建设的政策措施，将发展工业软件列入重点工作任务，统筹推进以自主基础软件为核心的信息技术应用创新，深入开展软件名园建设，每个设区市结合本地实际至少支持建立 1 个特色化基础软件或工业软件重大创新平台。(省制造强省建设领导小组各成员单位按职责分工负责)

(十一) 加大软件名城名园建设扶持力度。设立省级中国软件名园培育库，定期开展创建工作评估，对于成效突出的软件园区依据年度创建工作进度和实际绩效给予分档奖励。省级财政对获得“中国软件名城”称号的设区市政府给予切块资金支持，每个“中国软件名城”3 年内至少争创 1 个“中国软件名园”，对获得“中国软件名园”称号的园区，给予一次性资金奖励。省级财政切块和奖励资金可与市级、区级财政专项资金叠加使用，主要用于打造江苏软件名企、名品、名牌、名人、名展和名赛。获得“中国软件名城”称号的设区市政府设立软件产业类专项资金，重点支持工业软件自主创新和信息技术应用创新。发挥政府投资基金作用，制定科学的考核评价体系，鼓励引导政府投资基金投早、投小。(省工业和信息化厅、省发展改革委、省科技厅、省财政厅按职责分工负责)

5、提供优质人才资源支撑

(十二) 加大复合型软件人才梯队培养力度。支持软件产业领军人才、青少年信息技术应用创新人才培养，全面



推动国产软件进校园、进课堂，建设一批国产软件教学实验室。鼓励省内高校加快软件工程相关学科交叉融合发展，对国家特色化示范性软件学院给予强化支持。建立工业软件和信息技术应用创新专业人才职业发展通道，制定高技能人才评价标准。支持重点软件企业设立博士后站，按每人 30 万元标准遴选资助一批国内外优秀博士来我省从事博士后研究。鼓励软件企业与高等院校、职业院校、技工院校深化合作，支持校企共建联合实验室和实训基地、高技能人才培养基地，共同编制教材、联合开展实训教学、人才资质认证，实施数字经济卓越工程师培训项目，统筹推动数字技能人才产业园建设，相关人才培养绩效纳入软件名城、软件名园培育评价指标。（省委人才办、省教育厅、省人力资源社会保障厅、省工业和信息化厅、省发展改革委、省科技厅、省财政厅按职责分工负责）

（十三）加大高端紧缺软件人才招引力度。鼓励海内外高层次、高技能人才团队来苏创新创业，支持申报国家、省重点人才计划，支持龙头骨干企业牵头组建人才攻关联合体，对符合条件的给予最高 1500 万元经费支持。建立健全“苏畅”人才服务体系，落实企业人才政策服务专员制度，加强人才引进的经费保障和配套支持，按有关规定提供安居保障、子女教育、健康医疗等方面的优惠政策和特色服务。加大人才安全保护力度，建立快速响应机制，为有需要的人才及其配偶、子女提供出入境便利、涉外法律服务等。鼓励各级政府和软件园区对承担工业软件、基础软件等关键软件重大技术攻关的高端人才、核心团队给予重点支持，对顶尖团队采取“一事一议”的方式给予支持。（省委人才办、省科技厅、省工业和信息化厅、省人力资源社会保障厅、省财政厅、省住房城乡建设厅、省教育厅、省卫生健康委、省公安厅、省司法厅、省外办按职责分工负责）

6、完善软件产业发展环境

（十四）建立协同发展机制。在省制造强省建设领导小组下设立软件产业专项小组，协调指导软件产业高质量发展工作，各级政府和软件园区同步建立跨部门沟通协调机制，确保软件企业所得税和软件产品增值税等税收优惠政策应享尽享。（省制造强省建设领导小组各成员单位按职责分工负责）

（十五）引导社会资本投入。制定《优质软件产品重点投资目录》，实施“软件产业金融一体化”专项试点，探索建立软件成果转移转化的全链条金融服务体系。持续做优“苏信贷”等普惠金融产品及服务，鼓励金融机构围绕软件企业的业务和资产构成特点，创新提供软件企业适用的金融产品。引导银行、融资担保公司、保险公司等金融机构以及创业投资基金、股权投资基金等各类基金机构共同组建关键软件基金俱乐部，支持软件企业通过对外股权收购、增资扩股、股权置换等方式加速关键软件研发创新。（省财政厅、省地方金融监管局、金融监管总局江苏局、江苏证监局、省工业和信息化厅按职责分工负责）

（十六）强化标准体系建设。支持企业（组织）主导和参与制修订工业软件领域国际、国家或行业标准，推广软件开发成本度量规范。对于主导制修订国际标准或国家标准的，制定发布江苏省地方（团体）标准经考评为优秀的，获得中国标准创新贡献奖和江苏省标准创新贡献奖的，每个企业（组织）给予不超过 50 万元奖励。对获得中国质量奖、中国质量奖提名奖和江苏省省长质量奖、江苏省省长质量奖提名奖的单位，分别给予 300 万元、200 万元、100 万元、30 万元奖励。（省市场监管局、省财政厅按职责分工负责）

（十七）强化知识产权全链条保护。加强基础软件、工业软件核心技术知识产权储备和战略布局，对获得中国专利金奖、银奖、优秀奖的，分别给予 100 万元、50 万元、20 万元奖励；获得江苏专利金奖、银奖、优秀奖、发明人奖的，分别给予 30 万元、20 万元、10 万元、2 万元奖励。支持各级政府和软件园区为软件技术专利申请、软件著作权登记

提供便利化服务，将符合条件的企业纳入专利快速预审通道，推动软件正版化，积极打击基础软件、工业软件盗版侵权等违法行为，提升知识产权创造、运用、保护、管理和服务能力。（省知识产权局、省财政厅、省新闻出版局按职责分工负责）

（十八）强化产业运行监测。进一步完善软件和信息技术服务业运行监测统计工作制度，强化行业运行监测统计工作的专职人员和工作经费保障。加快建设“数字工信”平台，为软件与信息服务业产业集群数据统计分析提供支撑。（省工业和信息化厅、省统计局按职责分工负责）

（十九）支持举办各类产业交流活动。持续办好中国工业软件供需大会、中国（南京）软博会、工控中国大会、“中国软件杯”大学生软件设计大赛等重大软件产业交流活动。支持各级政府、软件园区组织软件企业赴海外开拓市场，设立海外研发中心，参与国际技术交流合作。（省商务厅、省财政厅、省工业和信息化厅、省科技厅按职责分工负责）

本政策措施自印发之日起实施，实施有效期至2028年12月25日。如本政策措施与我省其他同类政策有重复的，按照“从优、就高、不重复”的原则予以支持。

江苏省计算机学会关于组织开展计算机行业科技成果评价（鉴定）工作的通知

根据《中共中央办公厅、国务院办公厅关于印发〈中国科协所属学会有序承接政府转移职能扩大试点工作实施方案〉的通知》（厅字[2015]15号）以及《省委办公厅、省政府办公厅关于印发〈江苏省科协所属学会有序承接政府转移职能扩大试点工作实施方案〉的通知》（苏办[2015]34号），科协所属学会要“以服务科技发展、科学决策为目标，以客观中立、开放实用为导向，充分发挥科技社团在科技评价中独立第三方作用，推动建立健全科技评估制度，提供宏观层面的战略评估，促进科技评价的公平、公开和公正，形成决策、执行、评价相对分开的运行机制”。2016年8月国家科技部正式废止《科学技术成果鉴定办法》，相继发布了《关于改进科学技术评价工作的决定》和《科学技术评价办法》。根据规定，今后各级科技行政管理部门不得再自行组织科技成果评价工作，科技成果评价工作委托专业评价机构进行。

因此，为进一步承接政府职能，推动科技创新，培育高水平科技成果，促进科研成果转化，江苏省计算机学会按照《江苏省计算机科学技术成果评价管理办法》规定，组织开展计算机行业科技成果评价（鉴定）工作。

江苏省计算机学会联系人

石克 025-86635622、18114472513

电子邮箱：jscs@nju.edu.cn



通知详情请扫描
下方二维码。



面向边缘智能应用的协同推断加速方法研究与实现

——2023年江苏省计算机学会优秀硕士学位论文

作者：王慧田

单位：东南大学

指导老师：东方

论文摘要

随着人工智能技术的快速发展，以深度神经网络为代表的智能算法成为了如今终端智能应用产品的关键技术支撑，在图像分类、自然语言处理、视频分析等领域得到了广泛地研究与使用。此类应用中深度神经网络的推断过程通常具有任务密集型与计算密集型特点，需要消耗大量的资源。然而，多数终端设备计算能力较弱难以支撑模型推断，而传统的云计算模式存在高延迟通信瓶颈，无法满足智能应用的低时延需求。

为解决现有计算模式的不足，边缘智能作为一种新型的智能计算范式在近几年备受关注。边缘智能通过利用边缘计算的优势，将智能服务从云端迁移至网络边缘执行，提高服务的响应速度与可靠性。借助边缘智能框架加速深度神经网络推断，现有工作主要围绕模型优化与协同推断优化展开研究。然而，在模型优化方面，模型压缩方法易造成不可逆的准确率损失，而现有的模型提前退出方法虽保证了准确率却无法适应数据复杂程度分布的多样性，由此导致大量的模型计算冗余；在协同推断方面，现有方法存在节点之间大量的数据同步通信，在动态网络环境下易产生性能瓶颈，同时，有限的边缘节点资源与终端异构的环境特点对协同推断加速技术提出了更严峻的挑战。

针对以上问题，本硕士论文围绕边缘智能应用场景，将多出口深度神经网络（Multi-exit DNN）引入端边协同推断模式，利用模型提前退出特性，分别从模型出口设置与任务卸载决策展开优化，具体包括三个部分：

(1) 针对数据分布多样性引起的模型计算冗余问题，提出了一种数据感知的 Multi-exit DNN 出口选择机制，在保证可靠的准确率前提下，通过采集模型各出口的样本退出概率分布与模型各层计算量分布信息，自适应地选择符合数据分布的最优出口设置（包括出口位置与数量），实现最小化 Multi-exit DNN 的计算量。

(2) 针对终端异构性、网络动态性与边缘资源有限性问题，提出了一种端边协同推断的模型切分与资源分配联合优化机制，通过结合 Multi-exit DNN 的特性，并根据模型计算特点、网络环境和设备资源约束，为异构终端提交的推断任务实现自适应地模型切分与资源分配联合决策，降低任务平均执行时间，提高协同推断效率。

(3) 基于上述理论成果，设计并实现了面向边缘智能应用的协同推断加速原型系统，系统采用端边协同模式，

完成了终端层与边缘层的核心功能模块开发，并在边缘计算环境下进行系统部署与运行测试，验证了系统对边缘智能应用的性能提升效果。

综上，本文针对边缘智能应用场景中的深度神经网络推断加速问题进行了理论与系统实现。实验结果表明，本文所提机制有效地提高了模型推断速度，并能良好地适用于异构终端与动态网络环境。本文的理论成果与原型系统有助于推进人工智能算法在边缘计算场景中的应用部署，为构建边缘智能生态系统提供支持。

专家推荐语

近年来，随着人工智能与物联网等技术的不断发展，工业界和学术界越来越多地关注如何将人工智能应用在物联网场景进行落地以实现AIOT。其中由于物联网终端算力及端云链路瓶颈，难以实现高精度、低延时的深度学习模型推理，严重阻碍了人工智能应用落地的步伐。本硕士论文正是围绕这样一个重要科学问题展开研究工作。为了实现高精度低延时的模型推理，本硕士论文分别从模型优化以及计算优化两个层面具体展开。（1）在模型优化层面，创新的利用简单样本无需经过完整模型即可完成推理这一特性，自适应地为模型设置多个提前退出出口，并保证出口个数与位置的最优性，以实现模型计算量的优化。据我们所知，该项工作是国内外首次详细分析求解模型多出口最优位置与个数的文章，为模型轻量化的研究提供了新的有效思路。（2）在计算优化层面，充分利用端边协同的思想，将模型出口设置、资源分配以及模型切分进行联合优化求解，根据端边计算资源负载、网络动态性等因素在端与边之间自适应划分模型推理任务，以实现端边协同的高效模型推理。该项工作是所有模型推理加速工作中首次考虑将模型出口、资源分配以及模型切分三维进行联合优化求解的工作。在两个理论工作基础上，该硕士论文还基于真实的异构端边云环境，设计并实现了面向边缘智能应用的端边云协同推断加速系统，为模型高精度低延时推理做出了系统性的贡献。

此外，依托实验室承担的多个重点项目（重点研发项目“面向工业互联网的智能云端协作关键技术及系统”、科技创新2030-“新一代人工智能”重大项目课题“感知智能驱动的端边云融合计算”、中移动研究院合作项目“动态网络下边缘智能云边端协同任务调度技术研究”），本硕士论文的理论研究与系统研发成果成功应用于钢铁行业轧钢排产、自动驾驶目标识别以及中移动端边云平台上，有效支撑了相关模型算法的高精度低延时推理，并通过了第三方评测，取得了较好的经济社会效益。

论文看点

以深度学习为代表的智能算法成为了如今终端智能应用产品的关键技术支撑，在图像分类、自然语言处理、视频分析等领域得到了广泛地研究与使用。为了推动人工智能应用落地，边缘智能通过利用边缘计算的优势，将智能应用从云端迁移至网络边缘执行，提高服务响应速度与可靠性。然而，深度神经网络推断需要消耗大量计算资源，现有模型优化算法易造成不可逆的准确率损失或难以消除模型计算冗余；现有协同推断框架存在节点之间大量的数据同步通信，在动态网络、异构终端设备以及有限的边缘节点资源环境下将产生严重的性能瓶颈。

为满足高精度低时延的应用需求，本硕士论文将多出口深度神经网络与“端-边”协同推断模式相结合，根据边缘智能应用场景的任务需求，重点解决模型出口设置问题与任务计算卸载决策问题，以实现边缘计算环境下的自适应协同推断加速。本文相关研究工作面临着如下挑战：（1）如何确定 Multi-exit DNN 最优出口设置以满足数据分布的



多样性；（2）如何优化任务卸载决策以适应边缘计算环境的复杂性。

针对以上挑战，本硕士论文的总体目标是研究面向边缘智能应用的协同推断加速方法，通过降低深度神经网络计算量，合理划分计算任务和资源比例，充分协同终端与边缘节点的计算资源，从而降低多终端的任务平均执行时间，实现协同推断加速。

（1）数据感知的 Multi-exit DNN 出口选择机制

为适应数据分布与模型结构的多样性，本研究 Multi-exit DNN 的出口设置优化问题，综合考虑出口数量与位置对模型计算开销的影响，提出一种数据感知的 Multi-exit DNN 出口选择机制；通过刻画模型各出口的提前退出概率和模型各层计算量的分布特征实现数据感知信息采集，设计基于双向动态规划的最优出口选择算法，在指数级的解空间内实现自适应地选择最优出口设置，确定模型出口的数量与位置，达到整体计算开销最小化；理论证明出口选择算法的最优性，并分析算法时间复杂度。在公开的数据集与深度神经网络上验证该机制对模型推断的加速效果。

（2）端边协同推断的模型切分与资源分配联合优化机制

针对边缘计算环境下异构设备对资源的需求差异性与网络动态性，本研究利用 Multi-exit DNN 进行端边协同推断的任务卸载优化问题，综合考虑模型提前退出机制对计算开销与数据通信开销的影响，提出一种端边协同推断的模型切分与资源分配联合优化机制；通过刻画模型特点与动态环境特征，设计基于深度强化学习的模型切分与资源分配联合优化算法，对各个终端提交的推断任务实现自适应地模型切分位置与资源分配比例联合决策，降低任务平均执行时间，提升端边协同推断速度。在网络动态与终端异构的边缘计算环境下验证该机制的有效性与优越性。

（3）面向边缘智能应用的协同推断加速系统

基于上述理论研究成果，本文设计并实现了面向边缘智能应用的协同推断加速系统，系统采用端边协同执行模式，边缘服务器利用 Docker 技术搭建一个虚拟化支撑平台用于进程资源管理，多台异构终端在 LAN 侧接入边缘服务器，端边均部署 PyTorch 框架支撑深度学习计算。本系统通过 Multi-exit DNN 模型优化模块实现自适应地优化模型出口选择，通过端边协同推断联合优化模块实现自适应地优化模型切分与资源分配决策，以此提升边缘智能应用的执行效率。在此基础上，基于树莓派、英伟达 Jetson NANO、TX2 等异构终端设备以及东南大学大数据中心等真实硬件环境进行系统部署。

作者简介



王慧田，毕业于东南大学计算机科学与工程学院，于 2022 年 6 月获硕士学位，研究生导师为东方教授。读研期间主攻边缘计算与边缘智能领域中的模型推理加速难题，共发表相关论文 4 篇，其中以通讯作者发表一篇 CCF-A 类期

刊 TMC (JCR 一区, 影响因子 7.9), 以第一作者发表一篇 CCF-C 类会议 ICPADS2019, 以及合作发表 CCF-B 类会议 ICDCS2021、CCF-C 类会议 ICPADS2021 各一篇。另获得国家发明专利授权 1 项、受理 2 项。在校期间获东南大学一等学业奖学金、乐鑫奖学金等多次校级奖励, 毕业论文《面向边缘智能应用的协同推断加速方法研究与实现》被评为东南大学优秀硕士学位论文。

团队介绍: 东南大学边缘计算与边缘智能研究小组是江苏省网络与信息安全重点实验室下的研究团队之一, 在实验室主任罗军舟教授的带领下, 小组负责人东方教授于 2022 年入选国家级青年人才计划, 任东南大学青年首席教授。目前研究小组中包括正高级职称人员 2 人, 副高级职称人员 3 人, 博士生和硕士生 50 余人。边缘计算与边缘智能研究小组主要包含边缘计算与边缘智能、深度学习执行优化、虚拟化资源管理、数据中心网络、面向工业互联网的智能云端协作、智能算法的软硬件协作等研究方向。团队近年来主持 / 参与多项国家级、省部级项目和校企合作项目, 包括国家自然科学基金项目、科技创新 2030-“新一代人工智能”重大项目、国家重点研发计划项目、中移动研究院合作课题、华为合作课题等。团队成果已在 IEEE/ACM TON、IEEE TMC、IEEE TSC、INFOCOM、WWW、ICNP、ICDCS、ICPP、CLUSTER 等国际国内重要期刊及会议上发表论文百余篇。此外, 团队还密切关注成果的转化应用: (1) 在钢铁制造领域, 将成果在南钢滚期排产、能源管理领域进行应用落地, 重点解决钢铁制造过程中由于数据传输与处理不及时导致的生产效率低、能源消耗高等问题, 实现成材率提升 1.6%、故障率降低 10%、煤气放散率下降 20 倍, 累计新增产值超 2.7 亿元; (2) 在空间探测科学大数据处理领域, 将成果应用于诺贝尔奖获得者丁肇中教授领导的 AMS 物理实验, 实现科学数据的端云低延时传输、高效能计算, 将 PB 级数据的查询处理由原来的分钟级降低到秒级, 累计贡献超 1.1 亿 CPU 核小时的计算服务, 已成为世界范围内 AMS 实验最主要的数据处理中心之一。为 AMS 实验取得阶段性成果做出了极为重要的贡献, 为我国开展大型空间科学实验提供了重要参考。

学会动态

1 月 9 日, 学会秘书长金莹、秘书处严诚一行应邀赴苏州市计算机学会和苏州城市学院开展调研交流活动, 苏州市计算机学会副理事长赵志宏、秘书长王涛等相关人员出席会议, 苏州市计算机学会秘书长王涛主持交流研讨会。





样本筛选噪声标记学习方法研究

——2023 年江苏省计算机学会优秀硕士学位论文

作者：杨浩

单位：东南大学

指导老师：张敏灵

论文摘要

近几年来，深度神经网络已经在图像分类、语义分割等众多任务上取得了十分不错的效果。深度神经网络训练往往依赖于大量高质量标注样本，即样本的标记信息是准确且完整的。然而，在现实生活中，由于人工标注成本较高，模型经常需要在包含大量噪声样本的数据集上训练。样本筛选噪声标记学习旨在通过算法筛选出含噪数据集中的干净样本和噪声样本，再对其分别利用以提升模型的鲁棒性。本文对样本筛选噪声标记学习方法进行研究，主要做了两方面工作。

一方面，大量研究表明，即使训练数据中包含噪声样本，深度神经网络也可以将全部数据拟合，导致模型泛化性能变差。为防止模型拟合噪声样本，本文提出了一种基于动态损失阈值的样本筛选噪声标记学习方法 DLT。通过在训练过程中记录每个样本的损失值并计算动态损失阈值，将当前训练样本的损失值与计算所得损失阈值进行比较，筛选干净样本进行模型训练。在多个图像分类数据集上的实验结果表明，DLT 方法相对于已有方法取得了较为显著的性能提升。

另一方面，通过引入自训练半监督学习技术，本文提出了结合未标记数据的样本筛选噪声标记学习方法 SemiDLT。该方法将模型找出的噪声样本视为无标记数据，去除其标记信息，同时将模型找出的干净样本视为有标记数据。未标记数据由模型为其生成伪标记，并使用 Mixup 进行数据增强，通过交叉熵和均方误差构建损失函数，为样本筛选噪声标记学习提供了一个新的解决方案。在多个公开数据集上的实验结果表明，SemiDLT 方法可以有效利用未标记数据提升模型性能。

论文共含四章。第一章介绍噪声标记学习的背景、研究现状以及待解决的问题；第二章介绍基于动态损失阈值的样本筛选噪声标记学习方法 DLT；第三章介绍结合未标记数据的样本筛选噪声标记学习方法 SemiDLT；第四章总结全文。

专家推荐语

专家推荐语

噪声样本学习是机器学习领域的重要研究方向，以往研究表明，即使训练数据中包含噪声样本，深度神经网络也可以将全部数据拟合，导致模型泛化性能变差。本文工作围绕该问题开展研究，首先利用滑动窗口的思想计算动态损失阈值并提出了一种基于动态损失阈值的样本筛选噪声标记学习方法 DLT；其次，通过引入自训练半监督学习技术，将模型找出的噪声样本视为无标记数据，去除其标记信息，并使用数据增强，通过交叉熵和均方误差构建损失函数，进一步取得了业界领先的效果。

具体来说，论文针对标记噪声学习进行算法的研究与设计，其主要内容包括：

1、提出了一种基于动态损失阈值的样本筛选噪声标记学习方法 DLT。通过在训练过程中记录滑动窗口内每个样本的损失值并计算动态损失阈值，将当前训练样本的损失值与计算所得损失阈值进行比较，剔除噪声数据、筛选干净样本进行模型训练，有效减缓模型过拟合噪声样本的问题。同时设计递减式筛选比例，随着训练的进行，筛选比例逐渐减小，最后计算干净和噪声样本在训练前期和后期的损失差值，使用二分量高斯混合模型对其拟合，本文还提出了一种估计样本噪声率的方法。

2、提出了结合未标记数据的样本筛选噪声标记学习方法 SemiDLT。该方法以自训练的方式将模型找出的噪声样本视为无标记数据，去除其标记信息，同时将模型找出的干净样本视为有标记数据。再配合半监督学习技术，以自训练的方式通过模型对未标记数据生成伪标签，同时使用 Mixup 进行数据增强，通过交叉熵和均方误差构建损失函数，为样本筛选噪声标记学习提供了一个新的解决方案。

3、在多个公开图像分类数据集上的实验结果表明，DLT 和 SemiDLT 方法相对于已有方法取得了较为显著的性能提升，验证了方法对噪声标记的鲁棒性和泛化性，并且在真实噪声数据集上也取得了业界领先的效果，最后通过多组消融实验进一步探究了每一个组件对提出方法的重要性。

基于上述工作，申请人以第一作者身份发表《IEEE Trans. KDE》论文 1 篇（CCF-A 类），以共同作者身份发表 IJCAI' 23 论文 1 篇（CCF-A 类）、《IEEE Trans. CYB》论文 1 篇。此外，申请人参与研制的含噪多标记学习方法已申请国家发明专利。

论文结构完整，表达清晰，对所研究的问题分析论述充分，算法设计具有创新性，描述详尽，实验效果显著且稳定，具有重要的理论与应用价值，特此推荐。

论文看点

机器学习作为人工智能的主要研究领域，旨在通过大量数据训练模型，从而让机器对未知的情况做出类似于人类的判断，已经在近几年取得了长足的进步。深度学习作为机器学习的子领域，一般由多层的卷积神经网络（Convolutional Neural Network, CNN）或循环神经网络（Recurrent Neural Network, RNN）等其他模块组成，它们对输入进深度学习模型的图片或文字提取局部特征或序列信息，从而获得一个参数化的特征表示。通过提前设定好



的损失函数，深度学习通过反向传播技术更新模型中每一层的参数表示，进而更新整个模型。在当今的互联网时代，随着计算机硬件算力的提升以及数据量规模的指数型增长，深度学习已经被验证在图像分类、目标检测、语义理解等多个任务上取得了非常不错的效果。

传统的深度学习方法之所以能取得很好的性能，都是基于监督学习的框架，即在标记 (label) 信息准确且无歧义的大规模数据集上经过多轮训练。然而在现实生活中，为数据人工标注的成本很高，标记的准确性很难保证，同时任务需求、标记粒度以及下游用例也会随着训练过程不断改变，上述原因使得获取样本的强监督信息变得非常困难。因此，深度学习如果能够利用弱监督学习的相关技术，将是一种非常可取的解决方案。

通常情况下，弱监督学习可分为以下三种类型。第一种是不完整监督 (Incomplete Supervision)，这种情况下一般只有训练集的一个子集是有标记的，子集规模通常较小，而剩余的大量训练样本都只有特征，没有标记。这种情况在很多实际任务中都比较常见。例如，在图像分类任务中，样本的真实标记是由人工标注的，虽然在互联网上获取大量图像很容易，但是由于人力成本的原因，只能对一小部分图像进行标注，而大部分图像是没有标记的。针对不完整监督学习，两种典型的学习框架是主动学习 (Active Learning) 和半监督学习 (Semi-supervised Learning)。第二种是不确切监督 (Inexact Supervision)，即只给出训练样本的粗粒度标记。同样以图像分类任务为例，我们希望标注一张图像中的每个对象，但是通常只能得到图像级的标记，而无法确切地得到图像中每一个对象的标记。针对不确切监督学习，典型的学习框架是多示例学习 (Multi-instance Learning)。第三种是不准确监督 (Inaccurate Supervision)，即所给出的标记不总是真实标记。以图像标注任务为例，当图像标注者处于粗心或疲惫的状态时，或者遇到本身就很难分类的图像，在这种情况下很有可能得到的是有噪声样本的数据集。对此类问题进行研究称作噪声标记学习 (Learning with Noisy labels)。

在现有的噪声标记学习方法中，基于修改样本标记的方法往往需要一部分干净样本辅助训练，这使其在现实应用中受到了一定的约束。基于修改损失函数的方法虽然一般都有理论证明其对含噪数据集是鲁棒的，但是有研究表明其在训练时会有欠拟合的表现，模型性能没有达到最优。近期有大量研究基于样本筛选的方法，通过干净和噪声样本在神经网络的拟合过程中表现出的不同特性对其分辨，并且通过实验验证了这一类样本筛选方法相比于其他方法性能的优越性。

尽管现有的样本筛选噪声标记学习方法已经取得了很多成果，但他们都或多或少有着一些缺点。Decoupling, O2U, Co-teaching 等方法将噪声样本筛选出来后，仅在模型认为的干净样本上进行训练，这降低了样本的利用率，当样本噪声率很大时，使用这些方法将只有会很少一部分样本参与训练。M-correction, DivideMix 等方法虽然对干净和噪声数据进行了区别处理，然而其训练过程较为复杂，训练时间较长，在大规模数据集上存在难以训练的问题。

除此之外，很多样本筛选噪声标记学习方法，比如 O2U, Co-teaching 等都需要已知噪声率作为前提。一般来说，样本的噪声率很难直接获得，往往需要采样一部分数据再交给人工标注，从而得到原始数据集的一个近似噪声率，这有时也需要大量的标注者，标注代价比较高。目前还没有简单高效的方法可以对样本噪声率直接估计。

基于以上几点有待解决的问题，本文的贡献如下：

提出了一种基于动态损失阈值的样本筛选噪声标记学习算法 DLT。通过在训练过程中记录每个样本的损失值并计算出动态损失阈值，再将当前训练样本的损失值与计算得到的损失阈值进行比较，损失值较小的样本模型认为有较高的可能是干净样本，反之则认为其是噪声样本。之后，模型仅在干净样本上训练即可。同时通过计算干净和噪声样本

在训练前期和后期的损失差值 (Loss Difference) ，本文还提出了一种估计样本噪声率的方法。

提出了一种结合未标记数据的样本筛选噪声标记学习算法 SemiDLT。当模型通过计算动态损失阈值筛选出噪声样本后，舍弃其噪声标记将其看做是未标记数据，再配合半监督学习技术，以自训练的方式通过模型对未标记数据生成伪标签后，利用 Mixup 对其进行数据增强，再和模型筛选出的干净样本一同参与训练，进一步提升模型性能。

设计了大量实验，通过在两个人工合成噪声的图像数据集 CIFAR-10、CIFAR-100 和两个真实的大规模含噪图像数据集 WebVision、Clothing1M 上的实验结果对比和分析，证明了本文提出的样本筛选噪声标记学习方法以及样本噪声率估计方法的有效性和泛化性，并进一步通过消融实验探究了每一个组件对其的重要性。

本文共分为四个章节，各章内容如下：

第一章介绍了噪声标记学习的研究现状以及有待解决的问题，阐述了本文的研究动机和研究内容。

第二章首先介绍样本筛选噪声标记学习的相关概念，然后详细介绍基于动态损失阈值的样本筛选噪声标记学习算法 DLT，并提供了一种估计样本噪声率的方法，接着给出了此算法在公开数据集上的实验设置和结果分析，最后进行小结。

第三章首先介绍半监督学习的相关概念，然后详细介绍结合未标注数据的样本筛选噪声标记学习算法 SemiDLT，接着给出了此算法在公开数据集上的实验设置和结果分析，最后进行小结。

第四章对全文内容进行了总结，并提出了后续工作的方向。

作者简介



杨浩，男，中共党员，分别于 2019 年和 2022 年在东南大学计算机科学与工程学院获得学士和硕士学位。本科期间学习成绩优异，后作为推免生进入东南大学 PALM 实验室，师从张敏灵教授。研究生期间，参与实验室 2 个科研项目，作为第一作者发表 IEEE-TKDE (CCF-A 类期刊) 1 篇，以共同作者身份发表 IJCAI' 23 (CCF-A 类论文) 1 篇，IEEE-TCYB (CCF-B 类期刊) 1 篇，申请国家发明专利 2 项。曾获 2021-2022 年度国家奖学金、学业一等奖学金，并当选 2022 年度江苏省优秀毕业生，荣获多次东南大学优秀共产党员、东南大学优秀学生干部、东南大学三好学生等称号。



指导老师



张敏灵，东南大学计算机科学与工程学院教授，院长。主要研究领域为机器学习、数据挖掘。现任中国人工智能学会机器学习专委会副主任、江苏省人工智能学会副理事长等。现任《中国科学：信息科学》、《IEEE Trans. PAMI》、《ACM Trans. IST》、《Frontiers of Computer Science》、《Machine Intelligence Research》等期刊编委。应邀担任 ACML、PAKDD 指导委员会委员，PRICAI/CCF-ICAI/CCFAI 等国内外学术会议程序主席，以及 KDD/IJCAI/AAAI/ICDM 等国际会议领域主席或资深程序委员 60 余次。曾获 CCF - IEEE CS 青年科学家奖（2016）、国家杰出青年科学基金（2022）等。

学会动态

1月6日，第三届“嵌入式人工智能实践课程改革研讨会”在南京集成电路培训基地成功召开。本届研讨会由江苏省计算机学会嵌入式系统与物联网专委会、电子工业出版社主办，南京优奈信息科技有限公司（苏嵌教育）、江苏润和软件股份有限公司、上海市电子学会 RISC-V 产教融合专委会、杭州硬十科技共同承办，数字制造产教融合联盟协办。本届研讨会由苏嵌教育总经理林新华主持。



基于结构化卷积与图神经网络的高光谱图像分类

——2023年江苏省计算机学会优秀博士学位论文

作者：刘启超

单位：南京理工大学计算机科学与工程学院

指导老师：肖亮

论文摘要

遥感高光谱图像是包含丰富的辐射、空间以及光谱信息的“图谱合一”立方体数据，是多种信息的综合载体。由于能够在像素级区分地物类型，高光谱技术已广泛应用于环境监测、地质勘探等领域。其中，精确分类高光谱图像中的每个像素是此类应用的基础。然而，受限于高昂的标注成本，高光谱图像分类任务中的监督样本通常较少；同时，受光照环境、混合像元、高维冗余信息等因素影响，高光谱数据存在明显的类间距离小、类内距离大的问题，严重限制了有限样本下高光谱图像的分类精度。为了充分利用高光谱图像的内在结构信息以进一步提升对地观测能力，本文以深度学习理论为基础，结合地物的结构先验知识，探索了一系列高光谱图像的深度结构化空谱建模与分类方法，主要包括以下五点：

(1) 针对由标注样本较少导致的网络难以训练及性能退化严重的问题，提出了一种用于小规模样本下高光谱图像分类的空谱卷积稠密网络方法。高光谱图像维度普遍较高而训练样本往往有限，神经网络通常难以高效地学习不同地物的空谱结构特征。所提方法通过将常规卷积分解为光谱一维卷积与空间二维卷积的方式解耦高光谱图像的“空谱”结构，在保持特征判别性的同时大幅度减少参数，有助于小样本下的网络训练。稠密连接的引入使得网络能够生成由浅入深的稠密分层特征，缓解梯度消失的同时实现特征复用。此外，不同于基于局部图像块的传统网络方法，该算法以大尺寸图像为输入，能够避免因小图像块切分导致的空间信息利用不足的问题，亦使之具备全像素并行分类能力，在提升分类精度的同时大幅缩减推理耗时。实验结果表明，该方法在小规模样本下具有良好的分类性能，同时其在线分类时间短，远小于同类方法。

(2) 针对由卷积核形状固定导致的高光谱图像中跨类别边缘区域存在较高分类误差的问题，提出了一种形状自适应卷积的高光谱图像深度分类方法。常规卷积网络中的卷积核由于缺乏形状自适性，导致难以建模不同地物的复杂结构，在分类地物边界区域时容易造成过平滑。所提方法通过利用子网络从高光谱图像中抽取地物的分布模式，刻画



不同空间位置处的地物结构，并以此引导卷积核动态地改变形状，使其具有自动适配不同地物结构的能力，进而抑制跨类别边界的不规则性和不可预测性并提高跨类别区域的特征学习。实验结果表明，在跨类别边缘区域，所提出的内容引导卷积算法能够根据地物的空间结构自适应调整核形状，在卷积过程中自动适配不同地物的结构模式，具有优秀的细节保持分类能力。

(3) 针对卷积神经网络难以建模高光谱图像中不同地物间的依赖关系并导致其空间结构信息利用不充分的问题，提出了一种联合卷积神经网络与图神经网络的异构深度网络方法。卷积神经网络一般用于处理欧氏结构数据，而图神经网络则用于非欧结构数据的建模与特征学习，二者在数据结构上存在固有矛盾。所提方法通过建立图节点与图像像素间的映射关系，将卷积神经网络与图神经网络整合到同一网络框架中，能够同时利用卷积网络与图网络建模高光谱图像中不同地物的欧氏域以及非欧域空谱结构，并提取其像素级和超像素级互补特征。最后通过融合两种不同结构的特征，所提方法能够同时学习不同地物的长-短距离空间拓扑依赖关系，从而促进地物的结构表征与识别。实验结果表明，欧氏域像素级特征与非欧域超像素级特征具有良好的互补性，所提方法具有优异的分类精度和推理速度。

(4) 针对基于单一尺度超像素分割的图神经网络无法充分表征高光谱图像复杂空间拓扑结构的问题，提出了一种高光谱图像分层超像素结构化的图 U-Net 分类方法。为了降低图神经网络的计算量，高光谱图像通常被预处理为基于特定超像素分割的图，致使其空间拓扑结构的建模被限制在同一尺度，进而导致其空谱结构表征不充分。所提方法通过逐步合并相邻超像素来构建从细到粗的分层分割，然后将其转换为分层图，建立了高光谱图像在不同尺度上的拓扑结构。同时，基于分层超像素间的合并关系构建了池化和反池化函数，能够将特征在相邻层级的图之间互相传递，从而使得不同层级的图能够在单一网络框架中协同工作，在不同层级的图上学习不同尺度的互补特征。实验结果表明，通过由细到粗地提取分层多尺度特征再由粗到细地融合它们，所提方法能够获得相较于单一尺度的图网络更高的分类性能以及鲁棒性。

(5) 针对图神经网络难以应用于大尺寸高光谱图像的问题，提出了多尺度聚合图卷积的高光谱图像判别分类网络方法。为了捕捉不同地物间的长距离依赖关系，图神经网络通常工作在基于全图超像素分割的大图上。在面对大尺寸高光谱图像时，过大的图导致难以计算。所提方法通过在大图上采样待分类像素的相关节点和对应的边以将其分解为若干子图，进而能够以批次计算的方式处理任意规模的高光谱图像。为充分利用子图所涵盖的拓扑信息，提出的多尺度聚合图卷积算法能够在每一层变换中提取并融合子图的多尺度特征。此外，还提出了用于提升高光谱深度特征表达紧凑性的判别分类器，通过计算类级特征表达，显式度量类间及类内距离，能够引导网络学习更具鉴别性的样本特征嵌入。实验结果表明，所提方法具有优异的批次分类精度，同时，判别分类器亦能够促进特征的紧凑性表达并进一步提升分类性能。

专家推荐语

该论文针对高光谱图像的深度结构化空谱建模与分类方法展开深入研究，并取得了如下创新性成果，包括：

- 1) 提出了一种空谱分离卷积的高光谱图像稠密特征提取与分类方法。该方法通过将三维卷积核分解为一维核与二维核的方式缩减参数规模，提高了小样本下的高光谱图像分类性能；
- 2) 提出了一种形状自适应卷积的高光谱图像深度分类方法。该方法通过动态改变卷积核形状，使之适配不同地

物结构，提高了跨类别区域的特征学习能力；

3) 提出了一种欧氏域和拓扑域特征融合的高光谱图像分类方法。该方法联合卷积网络与图网络协同提取互补特征，提高了高光谱图像的分类精度和推理速度；

4) 提出了一种高光谱图像分层超像素结构化的图 U-Net 分类方法。该方法通过学习分层图上的多尺度拓扑特征，提高了高光谱图像分类的精度和鲁棒性；

5) 提出了一种多尺度聚合图卷积的高光谱图像判别分类网络方法。该方法将大图分解为若干子图并分批学习，提高了大尺寸高光谱图像的分类精度。

该系列成果较好的推动了高光谱图像处理领域的发展，尤其是推进了图神经网络在高光谱图像分类方面的应用，所涉及的发表论文 Google Scholar 引用 240 余次。其中单篇最高引用达 135 次，且连续两年（2022-2023）入选 ESI 高被引论文。该博士学位论文已入选南京理工大学 2023 年校级优秀博士学位论文，并推荐申报江苏省计算机学会优秀博士学位论文。

论文看点

高光谱图像分类是一系列对地探测任务的重要环节之一，对任务执行以及决策部署起着重要的指导作用。本文围绕着高光谱图像的结构先验知识，依托深度学习理论，开展了一系列有限样本条件下的高光谱图像结构化建模方法研究及其分类应用。具体工作包括：

(1) 第二章提出了一种空谱分离卷积的高光谱图像稠密特征提取与分类方法。针对高光谱图像标注样本少和传统深度模型参数量大之间的矛盾，提出了将常规卷积分解为光谱一维卷积与空间二维卷积的方式解耦高光谱图像的“空谱”结构，以较少的参数量同时提取其空谱特征，降低了深度网络对大量训练样本的依赖性。同时，稠密连接的引入使得网络能够生成由浅入深的稠密分层特征，有效缓解了梯度消失并提升特征利用率。此外，不同于基于局部图像块的传统网络方法，该方法通过采取大尺寸图像作为输入，避免了因小图像块切分导致的空间信息利用不足的问题，亦使之具备全像素并行分类能力，在提升分类精度的同时大幅缩减推理耗时。在 Indian Pines、University of Pavia 以及 Salinas 数据集上的实验表明，所提方法具有优异的分类性能，且推理耗时远小于其它同类方法。

(2) 第三章提出了一种形状自适应卷积的高光谱图像深度分类方法。由于常规卷积神经网络中的核形状通常为固定方形，导致其在建模不同结构（形状）的地物方面存在固有局限性，例如在跨类别边缘区域，由于形状固定核无法适配不同地物间的不规则边界，导致了较高的分类误差。为了解决这个问题，提出了一种新颖的内容引导卷积，其可以根据高光谱图像中的地物空间分布自适应地调整卷积核形状，以适配不同区域不同形状的地物目标。同时，提出利用子网络模块自动从训练样本中提取高光谱图像的地物分布模式，以形成端到端分类模型。由学习到的地物分布模式刻画不同空间位置处的地物结构，并以此引导该位置处的卷积核形状，所提方法具有自动适配不同地物结构的能力。在合成数据集、Indian Pines、Kennedy Space Center 以及 University of Pavia 数据集上的实验表明，该方法能够有效抑制跨类别边界的不规则性和不可预测性，从而提高跨类别区域的特征学习。

(3) 第四章提出了一种联合欧氏域与拓扑域的高光谱图像分类网络方法。与使用固定模板的传统卷积神经网络相比，图神经网络可以显式地建立相邻地物间的相关性，并对任意不规则的图像区域进行灵活卷积。然而，为了降低



计算复杂度并促进地物的语义结构学习，图网络通常工作在基于超像素而非像素的节点上，导致无法捕捉到像素级的空谱特征。为了缓解该问题，提出了一种异构深度网络，其中卷积网络分支和图网络分支分别对小尺度规则区域和大尺度不规则区域进行特征学习，并分别输出像素级和超像素级互补的空谱特征。为了解决面向欧氏结构数据的卷积网络和面向拓扑结构数据的图网络在数据表示上的不兼容性，还提出了图编-解码器以在图像像素和图节点之间互相传递特征，从而使卷积网络和图网络能够在同一框架中协同工作。此外，通过将图编-解码器集成到网络中，并从训练数据中学习自适应图边权重，能够进一步促进节点特征的学习，提升图结构对不同高光谱图像的适应性。在 Indian Pines、University of Pavia 以及 Salinas 数据集上的实验表明，所提方法具有显著优越的分类性能，同时其训练以及测试时间亦短于对比方法。

(4) 第五章提出了一种高光谱图像分层超像素结构化的图 U-Net 分类方法。由于图神经网络的计算复杂度较高，高光谱图像通常需要被预处理为基于超像素分割的图，导致其空间拓扑结构的建模被限制在了同一尺度。为了充分挖掘高光谱图像的拓扑结构信息，提出了一种分层超像素结构化的图 U-Net，以在不同层级的图上学习不同尺度的空谱特征。具体而言，通过逐步合并高光谱图像中的相邻地物区域来构建由细到粗的分层分割并将之转换为多级图，能够以多尺度的方式建立地物间的拓扑关系。同时，基于分层超像素之间的合并次序建立的池化和反池化函数，能够将节点特征在不同图间自由传递，从而使不同层级的图能够协同工作，共同建模高光谱图像的多尺度拓扑结构。与直接拼接或加和不同尺度特征的融合方式不同，该方法是以由粗到细的渐进方式逐步融合不同尺度特征，这可以缓解特征间的尺度冲突并生成像素级细致特征。通过在 Indian Pines、University of Pavia、Salinas、Botswana 以及 Kennedy Space Center 数据集上的大量实验证明，所提方法具有优异的分类性能以及鲁棒性。

(5) 第六章提出了一种多尺度聚合图卷积的高光谱图像判别分类网络方法。基于图神经网络的高光谱图像分类方法通常建立在以整幅图像的超像素分割为基础的图结构上，导致图的规模随图像尺寸的增大而增大，进而限制了其适用范围。经观察，浅层图神经网络即能够较好地分类高光谱图像，而其中图节点的接受域通常也仅限于局部区域。受此启发，提出了利用局部子图来建模高光谱图像的局部拓扑结构，并联合卷积网络协同提取待分类像素的局部空谱特征，进而能够以批次的方式处理任意规模的高光谱图像。此外，为了提升高光谱深度特征表达的紧凑性，还提出了判别分类器。不同于传统 Softmax 分类器，判别分类器通过建立类级特征表示，能够显式度量样本的类间及类内距离，并以此建立正则损失以引导网络提取地物的紧凑特征表示并提升分类鲁棒性。在 University of Pavia、Salinas 以及 Kennedy Space Center 数据集上实验表明，相比于同样基于批次处理方式的网络方法，所提出的方法具有优异的分类性能。

作者简介



刘启超，男，分别于 2015 年、2022 年取得南京理工大学计算机科学与技术专业工学学士、工学博士学位，目前为南京理工大学师资博士后。入选 2022 年江苏省卓越博士后。主持中国博士后科学基金面上项目、江苏省自然科学基金青年项目等合计 2 项。获 2020 年中国地质调查局地质科技二等奖 1 项、2021 年自然资源部国土资源科学技术二等奖 1 项；授权发明专利 5 项、软件著作权 2 项。主要从事遥感图像智能解译等方面的研究工作，对无人机遥感数据获取与处理、高光谱图像内容理解与分析等方面有着丰富的实践经验。近五年累计发表学术论文近 20 篇，其中以第一作者身份在遥感、人工智能领域顶级国际期刊和会议，如 IEEE TGRS、IEEE TNNLS 等，发表多篇学术论文，含 ESI 高被引一篇。

学会动态

2024 年 1 月 12 日，由江苏省计算机学会主办、江苏省计算机学会网络空间治理专委会承办的第三届数字取证与分析技术研讨会 (DFA 2024) 在南京圆满落幕。网络空间治理专委会主任蒋平，专委会秘书长王新猛，20 余位专委会委员，以及来自全国公安、检察、司法、市场监管等单位的近 500 名嘉宾参会。金莹秘书长，南京市司法局党组副书记、副局长徐晓洁等领导出席会议并致辞，会议由南京警察学院杨一涛教授主持。





践行科研初心 探索智能未来

——2023 年江苏省青年科技奖获得者李文斌

个人简介

李文斌，博士，南京大学计算机科学与技术系特任副研究员，南京大学紫金学者。2017 年至 2019 年期间，曾在美国罗切斯特大学计算机科学系进行访问和合作研究。入选“中国人工智能学会第九届中国科协青年人才托举工程项目”，获评江苏省计算机学会优秀博士学位论文、江苏省双创博士等荣誉，获得“中国人工智能学会 - 华为 MindSpore 学术奖励基金”、“四季青 -- 青年论坛科学白洞项目”、“南京市留学人员科技创新项目”支持、获 CCF AI 2023 优秀论文奖。主要研究方向为新型机器学习与计算机视觉，重点研究样本和标记稀缺场景下的新型机器学习理论与方法。近五年来，在包括 IEEE TPAMI、TIP、TMLR、TNNLS、NeurIPS、CVPR、ICCV、AAAI、IJCAI 等人工智能与计算机视觉领域旗舰期刊和会议共发表论文 40 余篇，其中 IEEE 汇刊杂志文章与 CCF-A 类推荐国际会议文章 28 篇，影响因子 10 分以上期刊文章 7 篇，第一作者文章 12 篇。截至 2023 年 12 月，Google 学术累计引用量超 1400 余次，CVPR 2019 的第一作者工作 DN4 单篇引用率 485，AAAI 2019 的第一作者工作 CovaMNet 单篇引用率 200。担任 ACCV 2022 出版主席、WACV 2023/2024 领域主席、江苏省人工智能学会机器学习专委会秘书长、中国人工智能学会机器学习专委会 / 智能服务专委会委员。



坚守初心，科学研究求实创新

李文斌坚守科研初心，在“机器学习”、“计算机视觉”领域作出重要的学术贡献，入选“中国科协青年人才托举工程”。近年来以“开放场景下的新型机器学习理论与方法”研究为中心，重点解决开放场景下“样本稀缺”和“标签稀缺”等问题，特别是在度量学习和小样本学习领域取得一系列研究成果。提

出局部表征与局部度量的小样本方法体系，掀起了小样本局部表征研究的热潮。开源了统一的小样本学习算法框架 LibFewShot, 为小样本学习领域中算法对比采用统一框架、统一设置、实现公平对比等提供便利。该框架开源之后，迅速得到机器之心、Cver 计算机视觉、忆臻、Twitter Trending Papers 等多个公众号、自媒体宣传报道，目前该框架在 GitHub Star 数量 755。



图 1 小样本学习算法框架 LibFewshot

知行合一，教学科研相辅相成

李文斌积极承担本科课程教学任务，以教学促进科研，以科研支撑教学。在南京大学计算机系和软件学院承担了《机器学习新进展》、《机器学习》和《数据科学应用方向综合实践》等本科生课程，在课程评价中均获得优异成绩，相关教学论文荣获“第四届全国大学生创新创业实践联盟年会优秀论文二等奖”。指导选修《机器学习》课程的三位本科生同学参加第五届全球校园人工智能算法精英大赛分别获得省赛一等奖和全国总决赛二等奖。目前，主持国家自然科学基金青年基金 1 项，江苏省面上基金 1 项，参与国家自然科学基金重大项目 1 项。围绕小样本学习、持续学习和对抗学习开展新型机器学习理论与方法的研究，同时将前沿进展融入教学，开设了《机器学习新进展》相关课程，在教学科研上都取得一定进展。



图 2 第五届全球校园人工智能算法精英赛省赛一等奖和国赛二等奖

立德树人，培优育才砥砺前行

李文斌注重传播弘扬“要做学问先做人”、“学以致用、以学报国”的理念，倡导端正学术态度，坚持“爱国、求实、奋进”的育人观，以“做大先生”的高标准要求自己，以“为国育才”的出发点培养人才。现已指导多名本科生完成毕业设计和大学生创新训练计划项目，协助指导 6 名博士以及 8 名硕士生



相关学术会议和期刊上共计发表 15 篇学术论文，其中 CCF-A 类 9 篇，CCF-B 类 6 篇。此外，指导 4 名研究生参加华为杯第二届中国研究生人工智能创新大赛获得全国一等奖，同时本人也荣获优秀指导教师奖；指导 2 名研究生参加第一届 TPU 编程竞赛，分别斩获全国一等奖和二等奖。此外，2022 年担任南京大学-江苏万维艾斯联合建立的江苏省研究生工作站副站长，协助负责校企研究生培养工作。在此基础上，李文斌还担任了江苏省人工智能学会机器学习专委会秘书长、中国人工智能学会机器学习专委会 / 智能服务专委会，以及 TPAMI、ICML/NeurIPS/ICLR 等一流国际会议的程序委员会委员，为机器学习和计算机视觉等相关领域的科研发展、人才培养以及学术平台的建设持续做出贡献。



图 3 优秀指导教师奖和指导学生获 TPU 编程竞赛一等奖

学会动态

2024 年 1 月 12 日—14 日，江苏省计算机学会职业教育工作委员会第一次学术会议在南京信息职业技术学院圆满召开。本次会议以“标准引领 数字赋能”为主题，成立了标准研制、数据资产、大模型软件开发、增值评价研究四个工作组，会上各工作组分别就标准研制方法、数据资源资产化、AI 赋能职业教育增值评价等热点问题展开研讨。58 名职业教育工作委员会委员参会。



在“密码学与隐私保护”的科研道路上努力前行

——2023年江苏省计算机学会优秀科技工作者韩金广研究员

个人简介

韩金广，东南大学网络空间安全学院研究员，密码科学与技术系系主任，博士生导师。2013年在澳大利亚卧龙岗大学获博士学位。曾在英国贝尔法斯特女王大学、萨里大学从事教学、科研工作。曾获“江苏省六大人才高峰”、国际会议 ACISP 最佳论文等荣誉。主要研究领域为密码学与隐私保护。目前在密码学和信息安全领域期刊、会议上发表论文 50 余篇，包括 IEEE TDSC、IEEE TIFS、IEEE TPDS、IEEE TC、IEEE TSC、ESORICS 等。应邀担任《Soft Computing》、《Security and Communication Networks》、《International Journal of Applied Cryptography》、《Journal of Blockchain Applications and Secure Computing》编委，担任《IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing》、《Future Generation Computer Systems》、《International Journal of Information Security》、《International Journal of Foundations of Computer Science》等期刊客座编委。担任国际会议 ProvSec' 16、FCS' 19、SPNCE' 20 程序委员会主席，担任 ICC' 23、ISC' 22、PST' 21、ESORICS' 20、ICICS' 19 等 100 多个国际会议程序委员会委员。ACM 高级会员、IEEE 高级会员、英国高等教育学会会士、中国密码学会区块链专委会委员、中国密码学会大数据与人工智能安全专委会委员、江苏省网络空间安全学会理事、江苏省计算机学会区块链专委会委员。



勇攀高峰，科研取得丰硕成果



韩金广在密码学、隐私保护、访问控制、云计算领域取得丰硕成果。近年来，从具有隐私保护的访问控制和隐私计算两个方面分别对用户的个人身份信息和敏感数据进行保护，探索可问责的具有隐私保护的系统，平衡隐私保护与可问责性之间的关系，取得了一系列的研究成果。在 IEEE TIFS、IEEE TDSC、IEEE TPDS、ESORICS 等信息安全和密码学著名期刊、会议上发表相关学术论文 50 余篇。主持国家自然科学基金 3 项，江苏省自然科学基金 1 项，国家重点研发计划子课题 1 项。

韩金广注重理论研究与实际应用相结合，将密码学技术应用于电子票务系统、数据库系统、单点登录系统、云计算等，根据实际需求，设计具有隐私保护的系统。相关研究成果申请发明专利 10 余项，授权 4 项。

立德树人，潜心育人

韩金广尊重学生人格，理解学生差异，因材施教，做学生的良师益友。注重培养学生的创新思维能力，鼓励学生提出创新观点。指导学生完成创新实践，让学生在学习过程中感悟道理，依靠自己的力量获取知识、体验创新的愉悦。工作以来共指导 20 多名博士 / 硕士研究生，担任东南大学“本科优秀生导师”。另外，韩金广担任 2022 年金砖国家职业技能大赛“网络安全赛项”首席专家、2023 年江苏省网络安全知识竞赛（决赛）裁判长，为网络安全知识宣传普及、人才培养以及学术交流做出贡献。

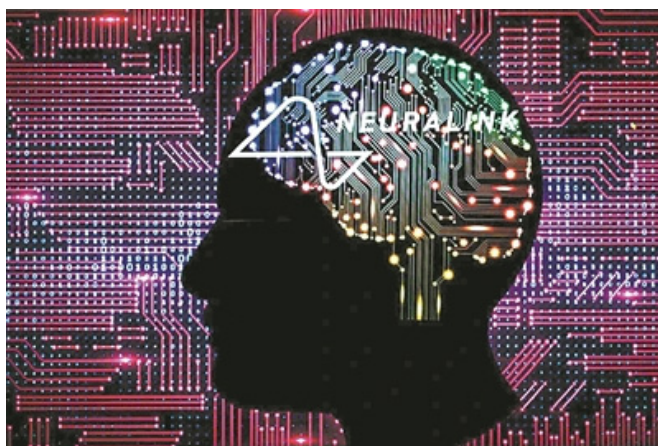
学会动态

2024 年 1 月 15 日，江苏省计算机学会老科学家委员会，在南京南瑞路的凤凰环球酒店西苑饭庄金陵厅召开了迎新春座谈会。参加的有部分老科委成员，省学会秘书处的同志，共 20 多人。



“神经连接”脑机接口疑云笼罩

——创新性、安全性和保密性受质疑



2月20日，埃隆·马斯克在社交媒体X上表示，首位植入“神经连接”公司大脑芯片的人类患者成功地利用意念控制了电脑鼠标。对此，英国《自然》网站报道，有研究人员认为，这不是一项重大创新之举。同时，他们对该设备的安全性和保密性表示质疑。

美国贝勒医学院神经外科医生萨迈尔·谢斯表示，该公司“只分享他们想公开的部分”，而“社会上对此存在很多担忧”。

深圳华大生命科学研究院脑科学主任科学家、研究员刘石平在接受科技日报记者采访时表示，目前的脑机接口（BCI）技术还处于研究初级阶段，为了安全性，参与者应该保持公开透明的研究态度。

信息不透明遭非议

去年8月，发表在《自然》杂志上的两项研究表明，以高性能BCI形式植入大脑的人工智能（AI）能解码大脑信号，并为失去自然沟通能力的人提供声音。《自然》网站报道称，预计“神经连接”很快就能复刻其中的一些成果，但由于信息公开有限，外界很难估计其进展。

“神经连接”公司还生产了一款外科手术机器人，用于将BCI设备植入大脑。但公司尚未证实该系统是否用于第一例人类植入手术。此外，尽管该公司的志愿者招募手册说，由于某些原因而四肢瘫痪的人“可能符合（招募）条件”，但关于首个接受移植的患者的细节却很少。

研究人员认为，在这个阶段，更重要的是设备和手术的安全性。尽管“神经连接”已在网上发布了手术视频，但



人们对该系统在临床上的首次应用一无所知。

美国趣味科学网报道称，一些科学家对这种缺乏透明度的做法感到不安。共享临床试验信息非常重要，因为这有助于其他研究人员了解与其研究相关的领域，并能改善患者护理。

刘石平指出，最大的担忧就是该技术目前的保密性。BCI 技术参与者应该保持公开透明的研究态度，这不仅是为了研究的安全性，也是为了整个领域的共同进步。

“滴水式”透露信息引不满

《科学美国人》杂志报道称，美国布朗大学 BCI 专家约翰·多诺霍表示，他并不喜欢马斯克在社交平台上一点一点“滴水式”透露信息的做法。

趣味科学网援引生物伦理智库黑斯廷斯中心研究人员的警告称，马斯克“通过新闻稿发布科学信息的做法虽然越来越常见，但这并不是科学”。他们建议，不要依赖与研究成果有巨大经济利益关系的人作为唯一的信息来源。此外，“神经连接”的私募股权模式可能引发利益冲突。比如，在公司停止运营的情况下，患者福利和支持的问题仍然存在。

刘石平表示，像目前这样仅通过一个人模糊的描述来判断试验的进展，显然是不利于整个行业发展的。

距实现重大突破尚有距离

美国凯斯西储大学的 BCI 研究员博鲁·阿吉博耶认为，人类用意念控制鼠标并不是什么新鲜事。2004 年，第一个接受长期 BCI 植入的人就成功做到了这一点，而非人灵长类动物这样做的时间甚至更早。

执行这种任务也不需要来自单个神经元的数据。纽约 BCI 初创公司 Synchron 的设备放置在脑血管中，可记录神经元群体的平均放电，还可实现鼠标控制和左键点击功能；甚至外部的、基于头皮的记录系统也可为用户提供基本的鼠标控制。

刘石平表示，“神经连接”公司目前在 BCI 领域的贡献是值得肯定的。但是，他并不认为该公司这项技术是 BCI 技术的重大突破，因为它的软硬件并没有突破现有的 BCI 范式。

“通俗来说，他们的方法还是老办法，只不过是在工程技术上比别家更强。这里说的强也只是相对的，相比于生物大脑。”刘石平说，“‘神经连接’公司硬件的密度和数量仍然远远不足，软件算法的效率和真实大脑相比更是天差地别。”

刘石平认为，当前限制 BCI 技术发展的一个重要因素可能还在于人们尚无法理解大脑的工作方式。因此，BCI 真正的重大突破应该是基于神经生物学上对大脑工作方式理解的突破，继而对 BCI 软硬件工作方式进行革新，使得它与生物大脑的工作方式更相似。

“投喂”大模型如何规范授权

——生成式人工智能训练数据陷入版权争端



在 2023 世界设计之都大会上，主展馆的生成式人工智能展区受到众多观众、业内人士及媒体的关注。

近日，美国媒体《纽约时报》把 OpenAI 及其投资方微软公司告上法庭，指控二者未经授权就使用该媒体的数百万篇文章来训练人工智能大模型，要求被告销毁相关数据并对媒体损失负责。今年 1 月，OpenAI 对此做出辩诉，称其训练是合理使用，且它们已提供了退出的选择。

这一争端引发了公众对于大模型训练数据版权的关注。我国法律如何看待大模型训练数据的版权情况，如何对大模型使用数据进行有效治理？2 月初，记者采访了相关专家。

训练数据面临较高法律风险

大模型的训练数据究竟是哪儿来的？

去年，OpenAI 首席执行官萨姆·奥尔特曼接受采访时表示，他们花费了大量的精力整合不同来源的数据，包括开源信息数据库、通过合作获得的数据以及互联网数据。但对于具体数据集的来源和细节，OpenAI 尚未公开发布。

北京交通大学法学院副院长郑飞告诉记者，生成式人工智能的数据来源可以分为外界生产数据和自生产数据。其中，外界生产数据来源包括公共数据、数字图书馆、信息库、网络信息等，来源方式包括自行收集、公共下载、第三方购买、爬取、模拟生产等。自生产数据则来源于生成式人工智能应用时产生的相关数据。

郑飞指出，使用外界生产的数据通常面临着较高的法律风险。目前，OpenAI 已经被多次指控侵犯著作权。早在



去年9月，美国作家协会就组织包括电视剧《权力的游戏》原著作者在内的17位作家向法院提起诉讼，指控OpenAI在未经许可的情况下批量复制了他们受版权保护的作品。

外界生产的数据中，还有一类是开源数据。那么使用开源数据是否意味着可以规避法律风险？

开源通常意味着免费，但免费并不意味着可以随意使用。”在郑飞看来，开源数据并不意味着可以完全规避风险。“许多开源数据虽然不存在著作权财产权保护问题，但会涉及署名权、修改权等人身权问题。以开源软件为例，所有的开源许可证均要求保留版权声明，在版权声明中列明开源软件的名称、作者或版权所有者的姓名或名称，以表明其身份。”郑飞说。

郑飞进一步解释，按照我国著作权法的相关条款，如果使用者在使用开源软件时不保留版权声明，不表明作者身份，违反许可证要求，就可能侵犯开源软件权利人的署名权。

北京智源人工智能研究院副院长兼总工程师林咏华也曾表示：“用于AI大模型训练的开源数据必须是合法地从公开或可公开获得的资源中收集的数据。”

侵权认定存在难点

针对生成式人工智能带来的法律风险，各国都在陆续出台、完善相关的政策法规。我国在去年7月公布的《生成式人工智能服务管理暂行办法》中，明确提到生成式人工智能服务提供者应当依法开展预训练、优化训练等训练数据处理活动，使用具有合法来源的数据和基础模型；对于其中涉及知识产权的，不得侵害他人依法享有的知识产权。

与之配套的是我国关于知识产权的相关法律法规。郑飞以著作权法为例向记者解释：“当前我国著作权法第24条以列举形式规定了合理使用的12种具体情形，以及‘其他情形’的兜底条款。生成式人工智能数据训练难以归属为12种具体列明的合理使用情形。至于兜底条款，从司法实践和法条解释的角度来说，也缺乏判例和法理依据支持。因此，目前不侵害知识产权获取数据的方式仅有授权，包括单独授权、集体授权、开放授权等。”

当前大语言模型的训练数据规模已达千亿甚至万亿级别，但针对大模型训练数据侵犯知识产权的判例却寥寥无几。郑飞表示，大模型是新生事物，针对大模型的侵权认定仍存在较多难点。

首先是发现。生成式人工智能的侵权不同于传统的网络侵权。它生成的内容是向特定用户提供的，本身并不具有直接公开性。因此，版权人如何发现自己的原创内容可能被大模型训练所使用，是首要问题。

其次是举证。大模型输出的内容是经过深度学习后输出的内容。这是机器内部的行为，具有一定的隐蔽性。对于版权人来说，难点是如何找到有力的证据，证明自己的原创内容被运用于训练AI。

最后是比例。相比于大模型训练数据侵犯知识产权，人们更为熟知的是一些小说作者抄袭其他书籍的案例。这些案例中，无一例外提到了抄袭内容比例。因此，对大模型侵权的认定，同样也需要证明两者之间的相似程度。

《纽约时报》诉OpenAI侵权案中，列出了多达100个证据，证明ChatGPT输出内容与《纽约时报》新闻内容高度相似。因此，这也被一些人认为是“迄今为止指控生成式人工智能构成侵权的最佳案例”。

利益平衡是关键

面对生成式人工智能带来的种种侵权风险，如何借助法律进行有效治理？专家认为，有几种常见的治理途径。

一是制定新的侵权责任法律。近年来，人工智能侵权责任立法不断被提及。事实上，不只人工智能冲击着现有侵权责任法，区块链、元宇宙也普遍面临新的侵权责任问题。“这一解决途径也存在问题。因为专门立法周期较长，难以配适日新月异的数字技术发展速度。”郑飞说。

二是创设单行监管条例。郑飞介绍，国家网信办自创设以来，就承担着监管职能，并不断根据技术发展动向及时进行单行条例立法。“特别是近年来在互联网算法、深度合成、推荐算法等方面都发布了不同程度的监管条例，为互联网行业合规经营设置了主要依据。”

其他方式还包括，在已有的侵权责任法律体系中添加关于人工智能责任的相关条款，为人工智能设计者和提供者添加特殊的条款来进行强调和补足；对现在已有的条款进行解释等。“就 AI 技术的发展水平及其当下立法技术成熟度而言，采取‘传统法律修正’模式是一种可行的方式。”郑飞说。

需要注意的是，对于新兴技术，法律治理的目的并不在于“禁止”，而是在于推动技术的合规发展、合法使用。北京大学法学院教授张平曾指出，我国目前的生成式人工智能技术创新还处在初级阶段，法律法规的制定应当给科技创新留有一定的发展空间，需要采取开放包容的规范原则。

大模型想要更“聪明”，就必须通过大量数据来强化学习。因此，如何平衡各方利益、寻求合作共赢是关键。正如郑飞所说：“人工智能训练数据合法性问题，本质上是个人利益与公共利益冲突的体现。如果缺少利益平衡原则，在利益分成时容易产生分歧。”

郑飞提出，版权集团或版权的集体管理组织可以通过集体授权的方式有效解决训练数据的权利许可问题，也可以通过知识共享许可协议搭建开源数据库，为大模型训练方提供权利许可便利。大模型训练方则可以为版权方提供更加优质、低费用的生成式人工智能接入服务，推动出版行业升级。

目前，大模型方正在与出版行业积极寻求合作。有消息称，OpenAI 正在与数十家出版商洽谈内容授权协议。去年 12 月，OpenAI 宣布与德国媒体巨头阿克塞尔·施普林格达成了“里程碑式”合作。根据协议，OpenAI 将付费使用施普林格旗下出版物的内容，施普林格将提供其媒体品牌的内容，作为 OpenAI 大型语言模型的训练数据。

学会动态

2024 年 1 月 13-15 日，由江苏省计算机学会应用型本科高校专家委员会主办，金陵科技学院承办，南京秉蔚信息科技有限公司协办的 2024 年寒假大数据技术与项目实践高级师资培训（以下简称“培训”）在金陵科技学院计算机与工程学院成功举办。本次培训共有近 30 名来自江苏和安徽地区的应用型高校教师的参与。





工业大数据安全检查平台

——2023 年度江苏省计算机学会科学技术奖一等奖

基本情况:

项目名称: 工业大数据安全检查平台

完成人: 杨诚、吴敏君、杨青丰、汤燕、虞菊花、李建新、胡丽英、徐美芳、乔虹、刘思雨、周海飞

完成单位: 常州信息职业技术学院

项目简介:

当前,中小型制造企业生产线差异大、设备种类多、生产模式、制造工艺各异,生产过程中会产生物质流、能量流、信息流等大量多源异构数据,同时中小型制造企业数据计算和处理节点少、云端运维能力弱,导致企业实施生产线数字化、应用智能化过程中遇到诸多问题。中小企业设备接入技术难度较高,国外装备接口封闭,国内设备协议复杂,老旧设备占比超过 60%;大范围设备接入工作量过大,长三角制造业企业数量庞大,且工厂设备协议、接口千差万别,难以快速实现大范围、大批量快速设备上云全覆盖。2016 年起,学院国家优秀教学团队负责人,黄大年式教学团队成员,国家网络安全资源库负责人杨诚牵头攻关中小制造业企业上云“最后一公里”难题,在工信部工业互联网创新发展项目和国家重点研发项目的支持下,建立了“工业大数据应用技术与教学研究中心”,一举突破中小制造业企业数据安全检察技术瓶颈,取得理想效果。项目首创的工业互联网异构数据的边缘计算关键技术达国内领先水平。

1. 研究了一种通用的工业生产数据统一采集框架,采用模块化设计方法,将数据采集、运算、处理和信息传输等不同板块的自由配接,实现了多种数据接口、采集速率和传输方式的适配,以保证采集终端不受任何协议、接口、控制系统限制;保证其适用于所有企业、任何设备。本技术最终实现老旧设备数据接入,较传统单一接口数据接入率提高 70%,设备可接入率达 95% 以上。

2. 提出了多源异构工业生产数据获取与融合技术。研发基于 GPRS/3G/4G/5G/北斗/WIFI/RF 的远程数据采集终端,对设备生产数据的实时采集、数据打包、远程发送,自主完成故障预警、数据加密、身份验证等功能,消除信息孤岛,实现系统间数据联通共享,使得生产数据在生产过程中快速、平稳采集,从而实现 100% 的数据传输准确率。

3. 设计了多维度工业生产大数据结构化描述与语义关联。针对物联网大数据的时域特征、频域特征与时频特征组成的多维联合特征,搭建多维度数据语义描述模型,研究基于多维度语义描述方法。通过各类特征之间信息的相互补充,对多维联合特征进行降维,减少信息的冗余,实现工业数据 100% 准确解析。

4. 开发了智能运维分析系统。依托已有的跨企业、跨行业的工业互联网体系，建立基于行业特征、产业层级等多参数聚合的统计学模型，搭建灵活的计算平台，实现计算和存储的一体化，进行数据挖掘与分析，实现产品 / 设备状态监测、健康及故障诊断、预测分析、预防性管理等远程的监控与运维，目前平台接入企业超过 2000 家，接入工业设备超过 40000 多台。项目申请专利 65 项，授权国内发明专利 17 项，实用新型专利 28 项，获得软件著作权 31 项，参与制定国家标准 7 项，主持制定团体标准 15 项。在本领域重要论文 34 篇，出版教材 4 部。项目突破了中小制造业上云最后一公里技术瓶颈，解决了我国制造业企业信息化改造存在的实际问题，成果应用于 2000 多家中小制造业企业，新增产值 28.2 亿余元，新增利润 2.5 亿余元，新增税收 0.28 亿余元。

主要科技创新

本项目在国家工信部项目资助基础上，与企业联合，自筹经费，攻关中小企业数据采集关键技术及装备，从新技术、新工艺到新装备，自主创新，突破了系列技术难题。创新研究了一种通用的工业生产数据统一采集框架，提出了多源异构工业生产数据获取与融合技术，设计了多维度工业生产大数据结构化描述与语义关联，开发了智能运维分析系统，完成数据信息粒化、同化处理，形成统一标准，实现工业生产现场设备状态监测、预测分析、预防性管理等远程的生产监控与运维。项目攻关了中小制造业企业数据采集“最后一公里”难题，建立了“工业大数据应用技术与教学研究中心”，一举突破中小制造业企业上云和数据安全技术瓶颈，取得理想效果。项目首创的工业互联网异构数据的边缘计算关键技术技术达国内领先水平。

项目建设以满足中小制造业企业设备生产数据采集为目标，有力支撑中小制造业企业制造模式。平台主要可划分为边缘层，平台层以及应用层三方面。



图 1 平台架构



图 1 为项目平台架构，边缘层作为最靠近操作终端的设施，具有规模广、结构差异大的特点，主要功能包括设备管理、资源管理、运维管理等，通过高性能计算芯片、轻量化计算方法以及实时操作系统等先进技术，对海量工业数据进行先处理和预处理，在降低网络开销的同时提升平台响应速度。平台层基于通用 PaaS 叠加大数据处理、工业数据分析、工业微服务等创新功能，构建可扩展的开放式云操作系统。它的根本是在边缘层上构建了一个扩展性强的支持系统，为工业应用或软件的开发提供了良好的基础平台，同时，平台层拥有更强的数据处理能力，可以进行高效的机理建模、模型训练、分析等工作。应用层是工业互联网平台的关键部分，该层形成满足不同行业、不同场景的工业 SaaS 和工业 App，形成工业互联网平台的最终价值。应用层不但提供了设计、生产、管理、服务等一系列创新性业务应用，也构建了良好的工业 App 创新环境，使开发者基于平台数据及微服务功能实现应用创新。

一、关键技术

1. 电子传感器器件嵌入式技术

目前工业设备几乎都含有电机，通过多种技术手段，将电机运行数据采集设备集成在电机接线盒内，可解决 70% 以上工业设备数据采集。采用金属板将接线盒内的空间分为上下两个独立的空间，并对多传感器数据采集电路进行了特殊设计，从而采集电机相关数据，进而采集设备相关数据。基于当前工业设备，研发了工业级智能网关，结合常州信息职业技术学院工业大数据中心平台，内置设备通讯协议，实现远程采集数据。开发了通信“四码合一”系统，通过扫码进行安装，实现信息采集。

图 2 为电机传感器嵌入示意图，通过增加了电路板层和布局，提高信号路径的抗干扰能力以及电源回路的耦合滤波作用，合理安排强电回路和多传感器数据采集设备在空间上的分布和装配，消除机械振动对设备工作的可靠性带来的影响；为降低电机温度的升高对数据采集的影响，采集前端电路还增加了温度补偿功能。经过大量前期的基础性测试，测试结果显示了所设计的数据采集设备具有很好的测试性能和稳定的可靠性。

图 3 为学校自主研发的工业级智能网关，为 RJ-45 网口、RS232 或 RS485 的 PLC、触摸屏等产品提供远程下载程序和远程数据采集功能。

图 4 为学校开发的通信“四码合一”系统系统，根据预置的策略定期生成与发布源设备凭证数据块，采集终端在对设备工作数据进行采集、上传的同时，该数据块所附着设备在平台的唯一编码、设备拥有者在平台的唯一编码、采集装置在平台的唯一编码及设备在生产商处的唯一编码，这四种编码关联程度极高，都将作为设备的身份数据。此外，结合数据采集时的地理位置与时间，并且考虑到数据的安全性，采用加密方法中的散列算法融合上述所有数据进行上传，将可以保证最终工业设备数据的真实性。

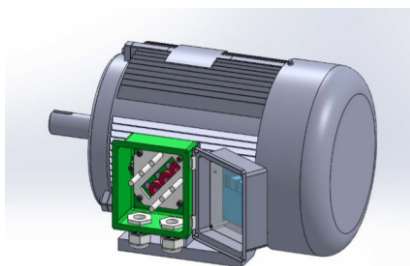


图 2 传感器件嵌入式技术



图 3 工业级智能网关



图 4 四码合一

2. 异构数据获取融合技术

综合考虑多源异构数据的时域特征、频域特征与时频特征组成的多维联合特征，通过各类特征之间信息的相互补充，实现数据的准确解析。对特定数据进行时域、频域特征以及时频特征的提取，构建数据的多维联合特征。采用基于动态遗传算法的特征选择方法，实现多维联合特征的选择，基于主成分分析法（PCA）的特征融合方法对多维联合特征进行降维，减少信息的冗余。对数据特征值进行聚类分析，利用基于深度卷积神经网络的深度学习对数据特征进行分类处理，通过特征信号分类判断设备类型及加工类型，实现设备数据的正确识别，从而实现真正意义上的多维度数据采集。图 6 为多维数据算法采集模型。

图 5 为异构数据转化解析技术示意图，通过信号解析实现设备生产数据的实时采集、数据打包、远程发送，自主完成故障预警、数据加密、身份验证等功能，通过多源异构设备信号的转化解析技术直接采集设备信号，分析其信号指征，实现了从设备信号到离散数据解析通道，把“数据采集”分割成了“前台信号采集、后台数据解析”两大模块，把大量工作移植到后台，实现了前台装机的极度简化，数十倍提高了效率。

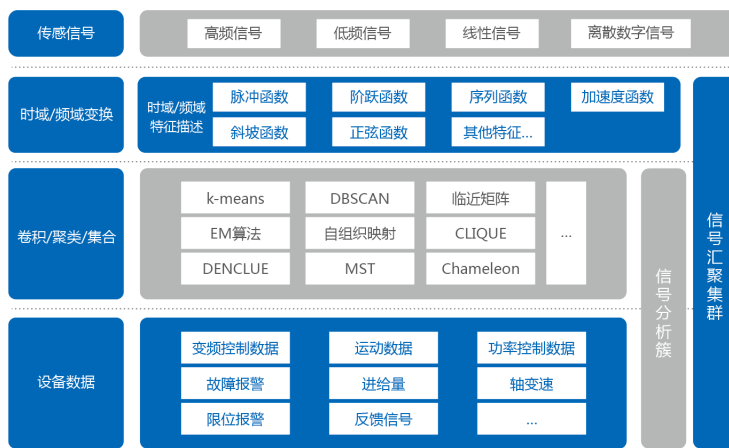


图 5 异构数据转化解析技术示意图

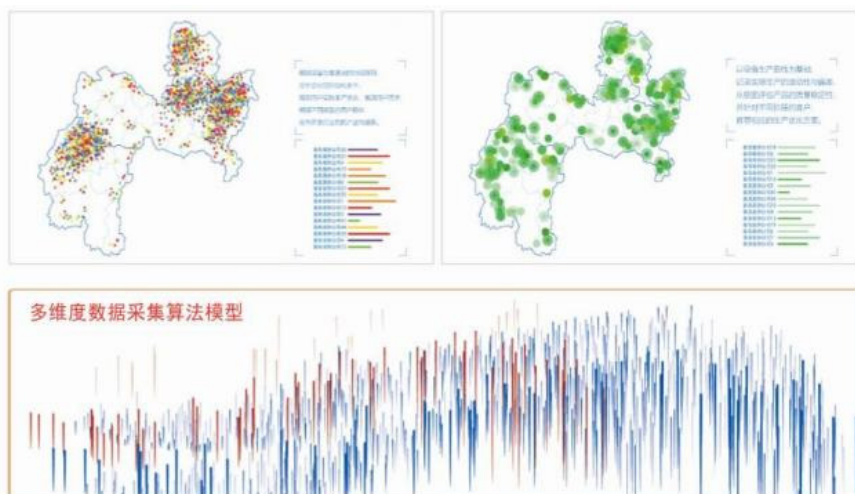


图 6 多维数据采集算法模型

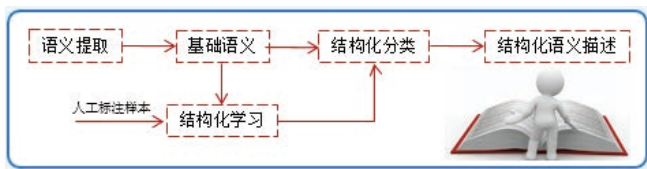


图 7 结构化描述与语义关联技术

3. 数据结构化描述与语义关联技术

研究多模态数据的语义描述模型和基于多类的语义描述方法，根据不同类型工业设备的差异性，以设备为中心区分不同类型的工业设备的数据；考虑同类型设备的数据除去相似点，其数据本身在语义关联的大小、频率、中心性等方面将存在差异，进一步以数据为中心区分不同类型的工业设备数据，实现语义对齐与知识融合，为后面的数据存储、检索及应用提供支撑。图 7 为技术实现过程。

图 8 为学校自主开发数据蜂巢技术，该技术依托开创性数据通信方式，进一步拓展的 3D 数据结构，专门容纳离散性异构数据；将 3D 数据压缩为三维空间模型；通过 GPU 服务器对空间图形对其进行三维解析，最终实现数据三维模型可视化。



图 8 数据蜂巢技术

4. 多平台算法模型研制

研发了包括安全预警模型，法务确权模型，环保监控模型，生产监控模型，信用评估模型，知识频谱映射模型等，将采集的数据成果经过算法无缝匹配到工业企业数据库中，推动工业企业产品、技术升级。图 9 为典型的 6 种平台模型。



图 9 平台模型

5. 基于多维力量度算法

采用同构处理器集中式的规模化运算，计算负载时间开销与处理器数量关系，基于平台中计算资源结构复杂，边缘计算中异构的节点性能往往难以通过处理器主频等简单手段进行量化，相同的计算任务在不同处理器中执行的时间开销难以保障，由此可导致控制节拍下的配置参数错误等系统故障。平台下的任务执行时间受处理器结构，带宽、缓存等瓶颈资源的综合影响。平台在进行卸载和迁移操作前，需要根据各节点的实际负载和资源结构进行分析，以确保任务部署后的最坏执行时间满足其实时性需求，并通过现有虚拟化和实时演算技术提供资源的按需分配、动态配置、负载预测等技术支持。图 10 为多维资源量化示意图。

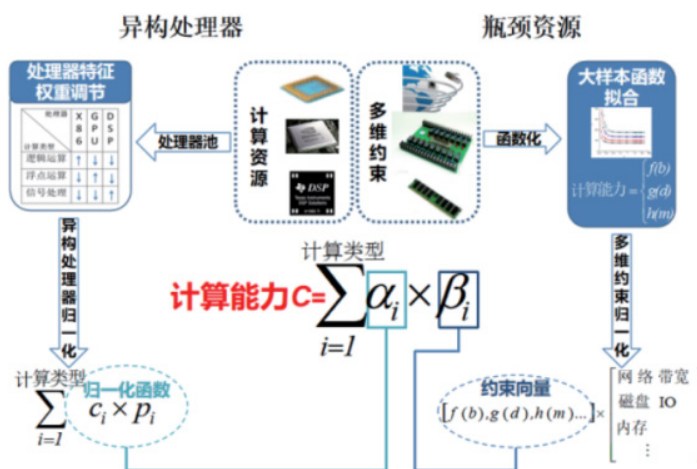


图 10 多维资源量化

二、主要科技创新点

创新点一：项目以工业设备电控信号 / 数据采集分析为核心，研究了一种通用的工业生产数据统一采集框架，采用模块化设计方法，将数据采集、运算、处理和信息传输等不同板块自由配接，构建精准、实时、高效的数据采集互联体系，实现了多种数据接口、采集速率和传输方式的适配，以保证采集终端不受任何协议、接口、控制系统限制；保证其适用于所有企业、任何设备。攻关中小制造业企业上云“最后一公里”难题，一举突破中小制造业企业上云技术瓶颈，关键技术技术达国内领先水平。

创新支持：

验收报告，检测报告，查新报告；

专利：“电子信息设备”（ZL201810826064.5）

“柔性通信装置”（ZL201810487759.5）

创新点二：项目提出了多源异构工业生产数据获取与融合技术。该技术采用信息熵与条件熵理论来度量不同数据采集渠道（如 GPRS/3G/4G/5G/北斗/WIFI/RF 等）的稳定性；引入“时空散度”的概念来度量数据获取的空间均匀性，并设计支持实时更新的任务在线分配算法来保证多渠道采集过程的高效性。对设备进行边缘数据信号实时采集和预处理、数据打包、远程发送，自主完成故障预警、数据加密、身份验证等功能，消除信息孤岛，实现系统间数据联通共享。



创新支持：

检测报告，查新报告，国家标准；

专利：“用于服务评价的便携式电子设备及评价系统（ZL201610274132.2）

创新点三：项目设计了多维度工业生产大数据结构化描述与语义关联。针对物联网大数据的时域特征、频域特征与时频特征组成的多维联合特征，提出基于语义概念相似性网络的大规模结构化学学习算法，以及基于无监督深度学习的多模态数据语义对齐方法。引入深度学习算法，挖掘适合大规模工业生产数据的高层次特征表示和自适应概念，实现基于深度学习的无监督语义模型提取。兼顾计算和网络资源以及数据传输的有效性，形成云端和边缘计算资源的合理和优化配置。通过各类特征之间信息的相互补充，对多维联合特征进行降维，减少信息的冗余，实现数据的准确解析。

创新支持：

检测报告，查新报告，国家标准；

专利：“通信配件”（ZL201611040744.1）

“移动通信套件”（ZL201611043780.3）

创新点四：项目开发了智能运维分析系统。项目采集了工业企业核心设备的实时生产数据，结合平台软件和边缘计算能力，建立基于行业特征、产业层级等多参数聚合的统计学模型，搭建灵活的计算平台，实现计算和存储的一体化。分析系统通过对比交叉分析，对企业经营状态和设备运行绩效产出定性、定量分析结论，实现产品 / 设备状态监测、健康及故障诊断、预测分析、预防性管理等远程的监控与运维，帮助企业建立设备管理和现场协同能力，洞察设备运行状态。

创新支持：

检测报告，查新报告，国家标准，

专利：“移动通信终端”（ZL201810485598.6）

三、与当前主要国内外同类技术的主要参数、效益、市场竞争力的比较

项目创新的工业互联网异构数据的边缘计算等技术，成功突破了困扰中小制造业企业面临的上云瓶颈，项目数据采集许可表明，本项目 2000 多家中小企业反馈采集的数据质量高，本项目技术见表 1。

表 1 典型系统对比

		龙头企业平台			本项目
		海尔	徐工信息	阿里云	常信院
基础情况	连接设备数（万）	71w	70w	14w	4w
	数字模型数	1539	474	40+	100+
	工业 APP	2379	1542	450+	500+
	活跃用户	6.3w	13.5w	1000+	2000+
	活跃开发者	5336	3113	19000+	8000+
评价说明		世界级工业互联网平台	国家级工业互联网平台	行业级工业互联网平台	区域级工业互联网平台

说明：

1. 表一为几家企业工业互联网平台能力典型对比结果，数据来源 2019 年 7 月，中国工业新闻网《国家级工业互联网双跨平台（公示）能力分析》；
2. 近年来，项目成果逐渐转变为生产力，2021 年，2022 年新增产值近 20 亿，预计后两年新增产值可达 30 亿。
3. 本项目创新技术相比龙头企业技术，技术应用已延伸至长三角区域的建设，后期将辐射至全国，建立推广应用。包括制造、环保、消防等领域，在相关产业的升级和发展中将显现越来越大的市场竞争力。

学会动态

为促进国产嵌入式软件人才培养，建设国产嵌入式软件人才生态，培养国产嵌入式软件人才。由江苏省计算机学会主办、上海睿赛德电子科技有限公司与苏州大学共同承办的嵌入式及嵌入式操作系统师资培训于 2024 年 1 月 24 日在苏州大学落下帷幕。来自全国近五十多位嵌入式领域的老师参与并圆满完成此次培训任务。





会员单位简介

——星融元公司介绍



公司介绍

星融元是业界领先的开放网络解决方案供应商，成立于 2017 年，目前在中国 7 个城市设有研发中心和办事处。公司通过基于 SONIC 的云原生网络操作系统软件和低时延可编程网络交换机硬件，推出了包括云网承载、云网边界、云网编排、云网卸载、云网可视等应用场景的系列化网络产品。为公有云和运营商提供自主可控、安全高效、容量可横向扩展至 PB 级别的虚拟化网络交换平台；为私有云、存储、安全、高性能计算、智慧园区等生态伙伴提供中立开放、功能易扩展、以应用场景为中心的网络拓展能力；同时也为高校、科研机构等提供 P4 可编程交换平台、算网融合可编程交换平台、DPU 智能网卡等产品。



星融元公司累计申请发明专利 40 余件、软件著作权 60 多件，专利授权数量一直持续增长。星融元公司是国内最早参与 SONiC 社区的云网络公司之一，在企业级 SONiC 发行版社区贡献度排名中位居全球前三。星融元公司属于 ONF、ODCC 以及中国开源云联盟等国内外多家开源社区及联盟的成员单位，也是国家级高新技术企业和双软企业。

核心技术：

1、云原生、热恢复、多芯片、跨场景的网络操作系统



云原生：AsterNOS 基于云原生架构设计，功能容器，将每个模块实现了容器化封装（如果要升级，只需替换容器；想换一种控制面工具，例如把 FRR 换成 GoBGP，也只需换个容器；如果要为交换机添加新功能，新增一个容器即可），加速业务功能的开发迭代速度，从以前的以年或季度为周期，降低到以周为迭代周期。

热恢复：支持不中断系统的情况下，实时升级现有业务功能，做到真正热升级；当某一业务发生故障时，得益于系统容器化的隔离特性，不会影响到其他业务正常运行，仅需要下线故障容器，启用修复后的新容器即可，可以保障业务“永远在线”。

多芯片：AsterNOS 扩展增强交换机抽象接口 --SAI 接口，可以适配多个业务主流厂商交换芯片，如 Broadcom、Marvell (Innovium)、Intel (Barefoot)、英伟达 (Mellanox)、以及信创芯片。

跨场景：AsterNOS 基于不同客户场景进行了功能特性的丰富，实现了场景驱动（私有云、公有云、算力/存储/安全承载、企业及智慧园区、可视网络等）特性的优化与增加，如 ARP-to-HOST、带内网络遥测（INT）、Voice VLAN、BGP EVPN Multihoming、思科风格命令行等，满足不同场景部署的需要。

2、把数百台节点虚拟化成一台设备的分布式算法



借助于我们高密度、大容量的盒式设备，可以将禁锢在机箱内的 CLOS 架构分布到网络中，将网络的规划、部署、调整、优化等的主动权交还给用户，从而大幅降低建设成本，提升可扩展性，基于我们专利的分布式算法，可以轻松实现千万级虚拟机规模的网络部署。

分布式算法主要体现在三个方面：

数据面：支持专利的分布式路由算法 PICFA，将所有交换机能力整合为一个超级的“分布式虚拟路由表”，支持大规模组网扩展。在部署了 PICFA 的云网络中，所有租户的所有虚拟网络信息被动态、智能、均衡地分布在全网的所有 Spine 和 Leaf 交换机上，充分利用所有交换机的所有表项空间，由此，单台网络设备的 FIB 容量不再成为云的容量限制，虚拟机数量获得量级的提升，服务器计算力被充分利用。

控制面：采用 ARP 转主机路由的去堆叠方案，将路由分布到全网，Leaf 仅保留直接接入 VM 的 MAC 表项，降低表项空间要求。Leaf 交换机以上均采用 L3 路由，Leaf 交换机仅需保存直接接入的虚机的 MAC 表项，有效的降低了 Leaf 交换机上的表项空间要求，也从另一个角度解决了 Leaf 交换机表项空间不足的问题。

管理面：全网统一配置模板，支持 ZTP 零配置上线，即插即用，提高运维效率，全网两个配置模板（Spine、Leaf），设备上线即插即用。

3、高密度、高速信号单板设计开发和制造工艺



高速、高密链路技术：支持高密度高速端口设备设计，1U 设备支持 32 个 400GE 端口，2U 设备支持 64 个 200GE 端口；采用传输效率更高的高价调制技术 PAM4 编码，支持最多 256 个 56Gbps PAM4 Serdes。

高密 PCB 板设计：单板超过 10 万 PIN、PCB 层数 ≥ 26 层，当前业内仅个位数厂家能达到上述工艺设计要求。

低功耗设计：采用超低损耗的高端 M7 基板，采用低功耗芯片和低功耗光模块（如 QSFP-DD）。

应用场景介绍

1、高性能私有云网络解决方案



在高性能的私有云网络中，采用 Spine-Leaf 弹性易扩展架构，通过 BGP EVPN、VXLAN 等技术，将云中租户的虚拟网络和分布式网络功能网关从计算空间中卸载出来，直接承载在交换机之上，让这部分被释放的服务器计算力可以用于创建 / 承载更多业务的虚拟计算节点，从而提高服务器 CPU 计算力的使用效率。同时，交换机提供了思科风格命令行以及 Rest API 接口，在不改变用户原有习惯的条件下简化运维。依托于系统“高内聚，低耦合”特性，能够和用户一同定义产品，打磨更贴合用户实际需求的功能，让网络能够不断的适应业务的变化。

2、低时延网络解决方案

人工智能训练 **机器学习** **高性能计算** **分布式存储**

HPX (100G/400G) 系列交换机 全云网融合网络

Smart-Node Smart-Node Smart-Node Smart-Node

Servers & Storage

CX-N 系列交换机提供媲美 B 的性能，可从容替代 B 交换机

分布式存储场景测试结果		Mellanox SB7700 100G IB 交换机	Asterfusion CX532P-N 低时延以太网交换机
Latw (时延测试-4k 随机读)		141.79us	132.84us
Latw (时延测试-4k 随机写)		79.67us	71.6us
4kx-2 吞吐量 (服务器 IOPS)		2548k	2633k
4kx-2 吞吐量 (服务器 IOPS)		850k	916k

HPX 系列		Mellanox SB7700 100G IB 交换机			Asterfusion CX532P-N 低时延以太网交换机		
HPCC 应用	Test1[sec]	Test2[sec]	Test3[sec]	Test4[sec]	Test1[sec]	Test2[sec]	Test3[sec]
WRF	1105.72	1069.36	1162.68	1108.25	1134.64	1128.35	1134.64
LAMMPS	330.47	335.58	332.46	332.83	341.25	347.19	342.61

供货周期短 兼容性好 售后服务好 性价比高



基于 HPC 高性能计算的网路需求和 RDMA 技术的分析和理解，使用星融元 CX-N 系列超低时延交换机，为高性能计算提供真正意义上的低时延、零丢包、高性能的无损以太网络。整体方案采用 CX-N 系列交换机组成，超高性价比，port to port 最低时延 400ns 的转发时延，全速率下（10G-400G）转发时延相同。

使用 RoCE v2，降低传输协议时延：在几类 RDMA 网络中，RoCE v2 的性能较好，部署成本低，星融元 CX-N 系列低时延交换机搭建的超低时延无损以太网能够很好的承载 RoCE v2，并基于此打造一张低时延、零丢包、高性能的 HPC 高性能计算网络。

超低时延交换芯片，降低网络转发时延：星融元 CX-N 系列云交换机，具备业界领先的超低时延能力，可满足高性能计算三大典型场景的低时延网络的需求以及对紧耦合场景中“对于各计算节点间彼此工作的协调、计算的同步以及信息的高速传输有很强的依赖性”提出的超低时延需求。使用 CX-N 系列云交换机搭建的高性能计算网络，可大幅降低业务的处理时延，提升计算性能。

使用 PFC 高优先级队列，提供无损网络：PFC 是暂停机制的一种增强，PFC 允许在一条以太网链路上创建 8 个虚拟通道，为每条虚拟通道指定一个优先等级并分配专用的资源（如缓存区、队列等等），允许单独暂停和重启其中任意一条虚拟通道而不影响其他虚拟通道流量的传输，保证其它虚拟通道的流量无中断通过。这一方法使网络能够为单个虚拟链路创建无丢包类别的服务，使其能够与同一接口上的其它流量类型共存。

使用 ECN 拥塞算法，消除网络拥塞：ECN(Explicit Congestion Notification，显式拥塞通知)是构建无损以太网的重要手段，能够提供端到端的流量控制。通过使用 ECN 功能，网络设备一旦检测到出现了拥塞，会在数据包头的 ECN 域进行标记。被 ECN 标记过的数据包到达它们原本要到达的目的地时，拥塞通知就会被反馈给流量发送端，流量发送端再通过对有问题的网络数据包进行限速来回应拥塞通知，从而降低网络延迟与抖动，进而提升高性能计算集群的性能。

3、流量采集网解决方案

The diagram illustrates the Asteria flow collection network solution, structured into three layers: **应用层 (Application Layer)**, **流量采集层 (Flow Collection Layer)**, and **业务层 (Business Layer)**. The application layer includes components like 流量分析 (Flow Analysis), 入侵检测 (Intrusion Detection), NPM, APM, 态势感知 (Situation Awareness), and 上联行为审计 (Upstream Behavior Audit). The flow collection layer features 精准流量分发 (Precise Traffic Distribution), 全网网络流量探针 (Full-network traffic probes), and 流量探针 (Flow probes). The business layer is divided into 生产环境 (Production Environment), 测试环境 (Test Environment), 办公环境 (Office Environment), 外联环境 (External Environment), and 运营中心 (Operations Center). The diagram also highlights the Asteria brand and a clear deployment plane (清晰的部署平面).

- 独立部署，弹性伸缩，满足不同规模的客户应用场景
- 线速的基本汇聚分流，丰富的深度业务处理特性
- 全栈全线可编程，快速支持新特性，应对新需求
- 整网设备统一配置，策略快速下发和变更，简化运维

© 2023 Asterfusion confidential. All rights reserved. 15

随着业务的增长，业务网络的网络监控、安全合规、数据分析和挖掘日渐成为客户网络建设中重要的一个组成部分，传统孤岛式分散部署、单点采集的方案给客户网络部署和运维带来了极大的挑战。而将流量采集网作为独立于业务网、管理网之外的“第三张网”建设也已经成为行业共识。

第一，通过可视网络矩阵统一采集来自不同网络分区的流量，并通过矩阵进行报文的预处理，定制化输出不同流量到各个分析系统，可有效避免传统孤岛式部署采集带来的资源浪费和管理维护复杂等问题。

第二，星融元全系列可视设备可以实现线速的基本汇聚分流和隧道处理、报文截短功能；带深度业务处理的设备还支持全行业性能最高最丰富的报文去重、脱敏、关键字匹配等深度业务处理特性。

第三，全系列产品采用可编程交换芯片，提供不妥协性能的灵活性，在做到线速的基本汇聚分流的同时，可以灵活快速的支持新协议，应对新场景，缩短新业务上线周期。

第四，所有可视设备由AFC-NPB 集群管理平台统一纳管，由AFC实现全网设备配置的下发，设备状态的管控，可以简化运维管理成本，提高运维工作效率。

单位信息

联系人：张强

联系电话：18061250105

Email 地址：zhangqiang@asterfusion.com

公司官网：<https://asterfusion.com/>

学会动态

1月27-28日由全国高等院校计算机基础教育研究会青少年信息与智能教育专委会指导，全国工商联教育商会主办，江苏省计算机学会和安徽省计算机学会支持、主办的“2023全国青少年信息机器人科技素养实践活动”在成都新津区圆满举行。本次活动旨在促进青少年信息学发展，赋能青少年提升机器人信息素养。吸引了来自全国16个地级市，共计近1200名参赛选手在这场大赛里展开激烈角逐，百余名教练老师参加了此次大赛。





会员单位简介

——云上华安公司介绍



公司介绍

南京云上华安科技有限公司（以下简称为“云上华安”），是一家专注于“软件质量与安全测试”及“硬件虚拟化”技术的创新企业。其团队成员来自于蚂蚁金服、华为等综合性科技企业，毕业于北京大学、东南大学、墨尔本大学等国内外知名高校，在操作系统、硬件虚拟化、安全攻防等领域有着丰富的经验和业界领先的技术成果与能力，致力于为客户提供安全、稳定、高效的解决方案和技术服务。



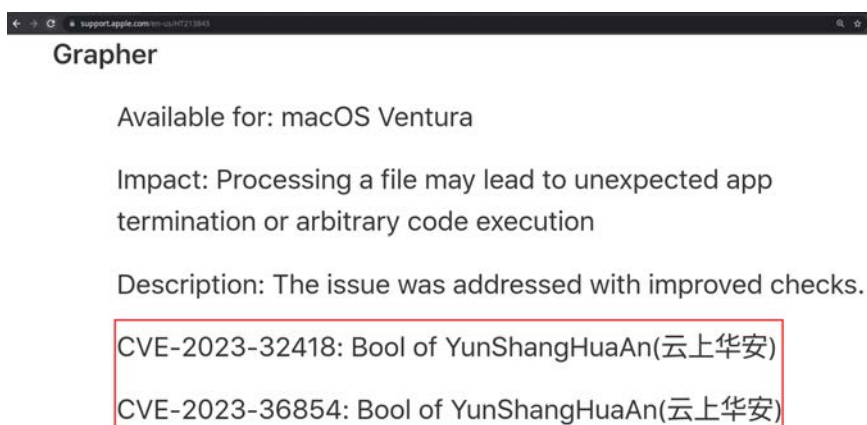
云上华安的产品生态涵盖了六大主力产品：布尔黑盒智能模糊测试平台（基于变异）、青藤黑盒智能模糊测试平台（基于生成）、鹰眼覆盖率实时监控平台、云龙虚拟化引擎、风虎智能漏洞挖掘平台和女娲静态分析平台，构筑出以“软件质量与安全测试”及“硬件虚拟化”为核心的双重阵地。其产品生态为众多领域提供高效、精准的解决方案，

为航空航天、工业控制、国防军工、通用软件等诸多重大基础设施领域保驾护航。

云上华安团队具备业界领先的软件质量与安全测试技术，其自研的产品以优越的运行效率和强大的缺陷检测能力著称，能够灵活应用于各类复杂的测试场景，用户体验感好，使用门槛低，帮助企业和组织提前解决、消除潜在的质量问题与安全风险。

针对物联网领域的软件质量与安全测试，考虑到硬件设备昂贵、嵌入式系统和芯片种类繁多等痛点，云上华安团队以硬件虚拟化技术为基座，对目标物联网设备进行近乎原生的仿真运行，打破了硬件限制，使目标系统能够脱离硬件进行安全 and 质量测试。另外硬件虚拟化技术还适用于代码开发与测试、靶场、蜜罐和科研教育等多元化场景。

云上华安多次获得 Google、Microsoft、Apple 等顶级厂商的致谢，并为国内多所高校及政企等重要客户提供技术服务。经江苏省科学技术厅审核，云上华安荣获“科技型中小企业”称号。我们坚信，通过不懈的努力和创新，云上华安将成为软件安全和虚拟化领域的领导者。



特色与优势

极具创新性和竞争力的产品

公司产品生态涵盖了六大主力产品，具有极高的技术壁垒，覆盖航空航天、工业控制、国防军工、通用软件等诸多重大基础设施领域。

业界领先的漏洞挖掘能力

团队发现了 Google、Microsoft、Apple 等主流基础软件厂商多个严重漏洞，以及 Siemens、Schneider、Wind River 等工控厂商多个严重漏洞，影响全球数亿台设备。

顶级会议中稿及技术分享

团队多次中稿工业界安全顶会 BlackHat，并获得 ICML 最佳论文奖等学术界荣誉。

代表工业界与学术界顶尖水平的创始团队

团队成员来自于蚂蚁金服、华为等综合性科技企业，毕业于北京大学、东南大学、墨尔本大学等国内外知名高校，在操作系统、硬件虚拟化、安全攻防等领域有着丰富的经验和业界领先的技术成果与能力。



产品介绍

1、布尔黑盒智能模糊测试平台（基于变异）

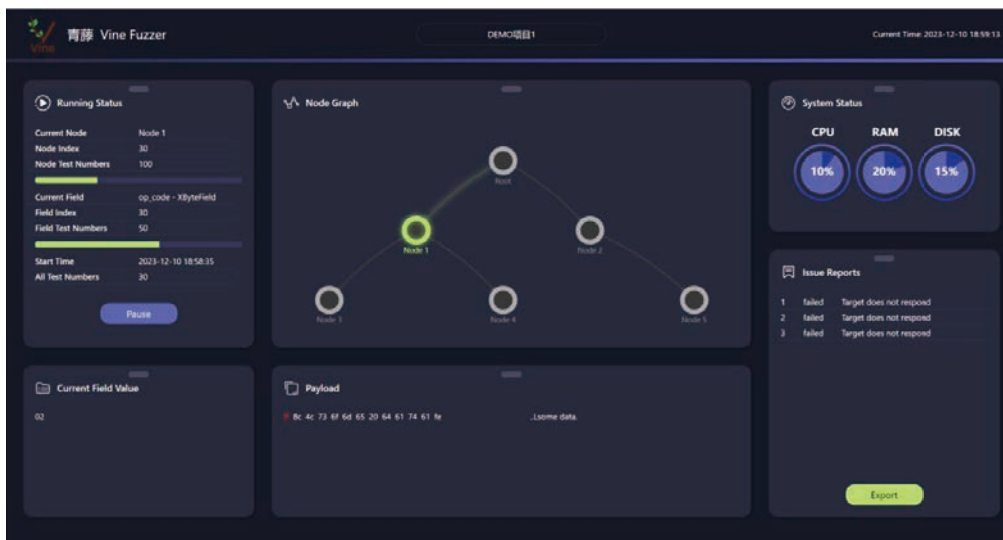
布尔是一款基于变异的黑盒模糊测试平台，支持 Windows、MacOS、Linux、麒麟、统信等主流及国产操作系统，支持 x86 和 ARM 硬件架构。布尔在无源码和有源码两种场景下均具备对复杂程序（多进程多线程）深度测试的能力；结合云上华安自研的覆盖率实时监控平台鹰眼，布尔还能够基于覆盖率反馈引导测试，提升代码覆盖率，强化发现缺陷的能力。

```

2023-08-08 00:43:18.976 - 84944 - bool.logger - INFO - Verbosity set to 3.
2023-08-08 00:43:18.983 - 84944 - bool.engine - INFO - 4 corpus files have been read.
2023-08-08 00:43:18.983 - 84944 - bool.engine - INFO - bool engine started.
2023-08-08 00:43:19.148 - 84947 - bool.logger - INFO - Verbosity set to 3.
2023-08-08 00:43:19.148 - 84947 - bool.coolie - INFO - Set monitor module to llbd.
2023-08-08 00:43:19.150 - 84947 - bool.coolie - INFO - Set mutator module to bitmut.
2023-08-08 00:43:19.166 - 84947 - bool.coolie - INFO - Set scheduler to bool_scheduler.stochastic.
2023-08-08 00:43:19.166 - 84947 - bool.coolie - INFO - Init seed file /Users/g197302/Library/Containers/com.apple.TextEdit/Data/tmp/seeds/5871ed349c378e65f6915605f75a005.xml.
2023-08-08 00:43:19.167 - 84947 - bool.coolie - INFO - Init seed file /Users/g197302/Library/Containers/com.apple.TextEdit/Data/tmp/seeds/6762a971fe819630534e065d728f600.xml.
2023-08-08 00:43:19.167 - 84947 - bool.coolie - INFO - Init seed file /Users/g197302/Library/Containers/com.apple.TextEdit/Data/tmp/seeds/6186750b41204460a604fed68dc34.xml.
2023-08-08 00:43:19.167 - 84947 - bool.coolie - INFO - Init seed file /Users/g197302/Library/Containers/com.apple.TextEdit/Data/tmp/seeds/1d256994005cf64640a604dc7933b641d.xml.
2023-08-08 00:43:19.168 - 84947 - bool.coolie - INFO - coolie_2 is starting 0th test.
2023-08-08 00:43:19.168 - 84947 - bool.coolie - INFO - Select seed file /Users/g197302/Library/Containers/com.apple.TextEdit/Data/tmp/seeds/6186750b41204460a604fed68dc34.xml.
2023-08-08 00:43:19.170 - 84947 - bool.mutator.bitmut - DEBUG - Select range: [1, 16], flip_count: 9.
2023-08-08 00:43:19.171 - 84947 - bool.monitor.base - DEBUG - ["/usr/bin/llbd", "--no-llbinit", "--arch", "arm64", "-o", "run", "-o", "register read", "-o", "thread backtrace -c 512", "-s", "session save /Users/g197302/Library/Containers/com.apple.TextEdit/Data/tmp/coolie_2/llbd.llg", "-o", "continue", "-o", "quit", "--", "/System/Applications/TextEdit.app/Contents/MacOS/TextEdit", "/Users/g197302/Library/Containers/com.apple.TextEdit/Data/tmp/coolie_2/coolie_2_mutated.xml"]
2023-08-08 00:43:29.177 - 84947 - bool.monitor.base - DEBUG - Timeout, kill monitor session.
2023-08-08 00:43:29.212 - 84947 - bool.monitor.llbd - DEBUG - kill program TextEdit, pid: 84901, sid: 84948.
2023-08-08 00:43:29.427 - 84947 - bool.coolie - INFO - coolie_2 is starting 1th test.
2023-08-08 00:43:29.427 - 84947 - bool.coolie - INFO - Select seed file /Users/g197302/Library/Containers/com.apple.TextEdit/Data/tmp/seeds/cf62a771fe819630534e065d728f600.xml.
2023-08-08 00:43:29.439 - 84947 - bool.mutator.bitmut - DEBUG - Select range: [1, 16], flip_count: 2.
2023-08-08 00:43:29.442 - 84947 - bool.monitor.base - DEBUG - ["/usr/bin/llbd", "--no-llbinit", "--arch", "arm64", "-o", "run", "-o", "register read", "-o", "thread backtrace -c 512", "-s", "session save /Users/g197302/Library/Containers/com.apple.TextEdit/Data/tmp/coolie_2/llbd.llg", "-o", "continue", "-o", "quit", "--", "/System/Applications/TextEdit.app/Contents/MacOS/TextEdit", "/Users/g197302/Library/Containers/com.apple.TextEdit/Data/tmp/coolie_2/coolie_2_mutated.xml"]
2023-08-08 00:43:39.447 - 84947 - bool.monitor.base - DEBUG - Timeout, kill monitor session.
2023-08-08 00:43:39.484 - 84947 - bool.monitor.llbd - DEBUG - kill program TextEdit, pid: 85002, sid: 84994.
2023-08-08 00:43:39.702 - 84947 - bool.coolie - INFO - coolie_2 is starting 2th test.
2023-08-08 00:43:39.702 - 84947 - bool.coolie - INFO - Select seed file /Users/g197302/Library/Containers/com.apple.TextEdit/Data/tmp/seeds/5871ed349c378e65f6915605f75a005.xml.
2023-08-08 00:43:39.740 - 84947 - bool.mutator.bitmut - DEBUG - Select range: [1, 16], flip_count: 6.
2023-08-08 00:43:39.748 - 84947 - bool.monitor.base - DEBUG - ["/usr/bin/llbd", "--no-llbinit", "--arch", "arm64", "-o", "run", "-o", "register read", "-o", "thread backtrace -c 512", "-s", "session save /Users/g197302/Library/Containers/com.apple.TextEdit/Data/tmp/coolie_2/llbd.llg", "-o", "continue", "-o", "quit", "--", "/System/Applications/TextEdit.app/Contents/MacOS/TextEdit", "/Users/g197302/Library/Containers/com.apple.TextEdit/Data/tmp/coolie_2/coolie_2_mutated.xml"]
2023-08-08 00:43:49.796 - 84947 - bool.monitor.llbd - DEBUG - Kill program TextEdit, pid: 85041, sid: 85032.
2023-08-08 00:43:50.006 - 84947 - bool.coolie - INFO - coolie_2 is starting 3th test.
2023-08-08 00:43:50.006 - 84947 - bool.coolie - INFO - Select seed file /Users/g197302/Library/Containers/com.apple.TextEdit/Data/tmp/seeds/1d256994005cf64640a604dc7933b641d.xml.
2023-08-08 00:43:50.014 - 84947 - bool.mutator.bitmut - DEBUG - Select range: [1, 16], flip_count: 1.
2023-08-08 00:43:50.016 - 84947 - bool.monitor.base - DEBUG - ["/usr/bin/llbd", "--no-llbinit", "--arch", "arm64", "-o", "run", "-o", "register read", "-o", "thread backtrace -c 512", "-s", "session save /Users/g197302/Library/Containers/com.apple.TextEdit/Data/tmp/coolie_2/llbd.llg", "-o", "continue", "-o", "quit", "--", "/System/Applications/TextEdit.app/Contents/MacOS/TextEdit", "/Users/g197302/Library/Containers/com.apple.TextEdit/Data/tmp/coolie_2/coolie_2_mutated.xml"]
  
```

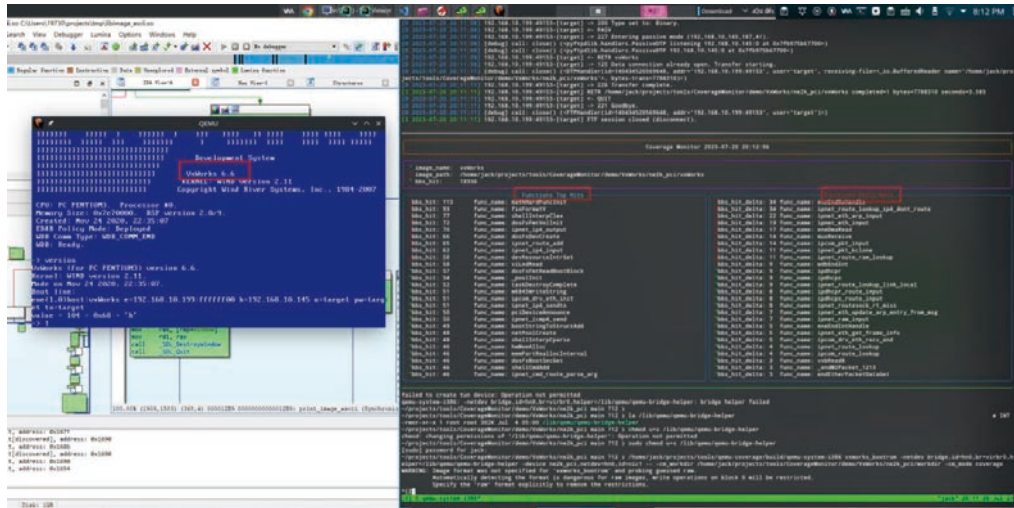
2、青藤黑盒智能模糊测试平台（基于生成）

青藤是一款基于生成的黑盒模糊测试平台，支持 Windows、MacOs、Linux、麒麟、统信等主流及国产操作系统，支持 x86 和 ARM 硬件架构。青藤支持测试近百种协议和文件格式，此外，还提供了灵活的语法来开发测试套，相较于业界其它类似的商业产品，测试人员能够极大提升测试套开发效率，降低开发与测试成本。



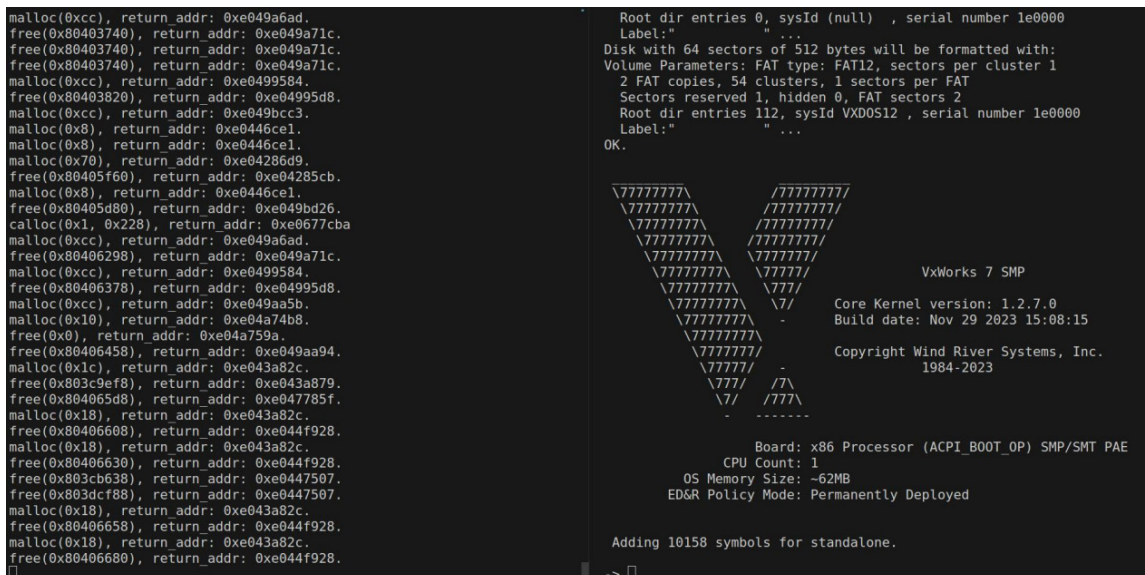
3、鹰眼覆盖率实时监控平台

鹰眼是一款适用于各类操作系统的覆盖率实时监控平台，适用于安全研究、软件测试和结果评估等场景，支持通用操作系统：Windows、Linux、麒麟和统信，支持嵌入式系统：VxWorks、FreeRTOS、OneOS 等。鹰眼支持实时捕获和可视化行级、函数级、代码基本块级多粒度的代码覆盖率；同时，鹰眼强化了各类系统下的缺陷检测和根因定位能力。



4、云龙虚拟化引擎

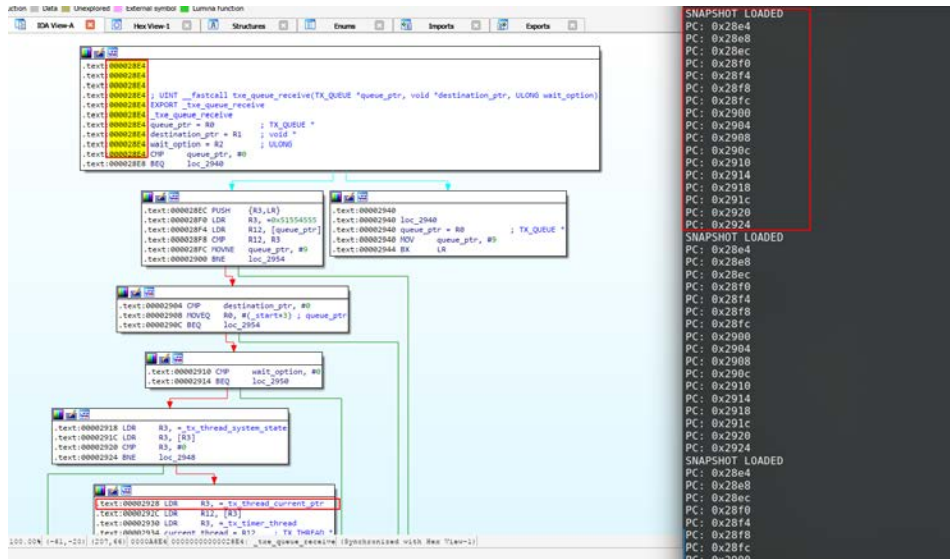
云龙是一款支持多种架构、芯片和操作系统的自主研虚拟化引擎，提供脱离硬件模拟运行操作系统或固件的能力，目前已支持多款业界主流和国产芯片的仿真，如 STM32 等。此外，云龙虚拟化引擎还提供了打桩、全系统调试、覆盖率收集、FastSnapshot 等原子技术能力。除了软件质量与安全测试，云龙引擎还可为代码开发和测试、靶场、蜜罐和科研教育等多元化场景提供技术能力。





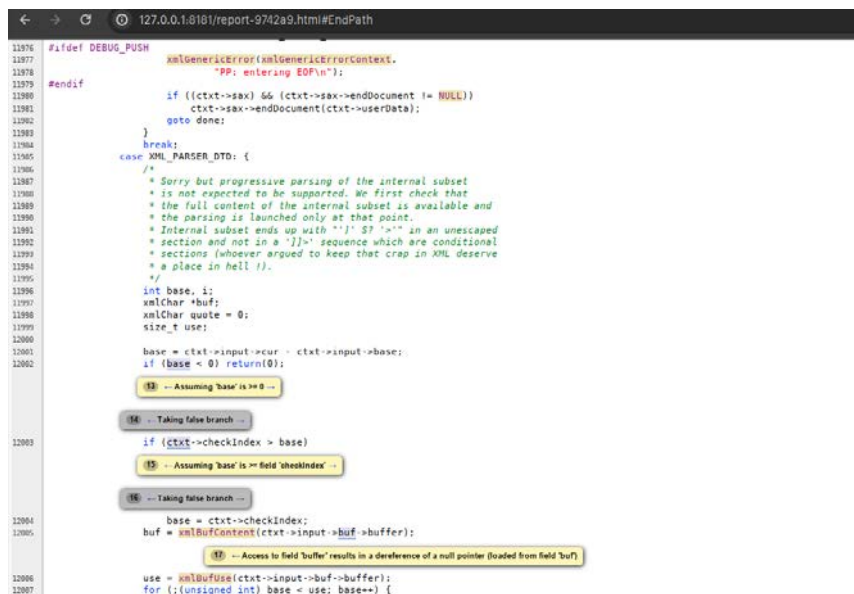
5、风虎智能漏洞挖掘平台

风虎是一款以云龙虚拟化引擎为基座、覆盖率反馈模糊测试技术为驱动的灰盒模糊测试平台，支持测试所有云龙虚拟化引擎能够仿真运行的系统。针对 IoT 设备系统的测试，提供了硬件加速、缺陷监控强化、FastSnapshot 等原子技术能力，可以测试系统的任意状态点；针对通用操作系统的测试重点提供了大型 GUI 程序和复杂协议栈测试的技术能力。



6、女娲静态分析平台

女娲是一款全面支持 C/C++、Java 等多种语言的源码静态分析平台，为各类复杂的嵌入式系统、移动应用以及 Web 应用场景而设计，支持在不改变原生构建链或进行二次构建的情况下，对原生构建进行监控进而生成缺陷分析报告。



单位信息

单位联系人：王禹涛

联系人电话：1876701086

Email: wangyutao@ysha.cloud

单位地址：南京市江北新区华创路 68 号景枫乐创中心 b2 座 1310 室

学会动态

在春节来临之际，“GPU 发展新形势下的破局之路”圆桌论坛暨江苏省计算机学会高性能计算专委会迎新春圆桌会议于 2024 年 1 月 30 日在南京成功举行。来自江苏省内高校以及联想集团、信同诚、奥工科技、杰世欣、南京移动等企业的专家和代表们参加了此次会议。

正如大家所知，当前全国范围内 GPU 芯片资源短缺的形势对我们的科研和业务带来了巨大挑战，在此次圆桌会议上，我们以“GPU 发展新形势下的破局之路”为主题，共同探讨解决方案，汇集各方智慧，寻找应对这一挑战的有效策略。会议分为上、下半场两个部分，由高性能计算专委会秘书长盛乐标主持。





简介

江苏省计算机学会常务理事单位

常州大学计算机与人工智能学院、阿里云大数据学院、软件学院简介

计算机与人工智能学院、阿里云大数据学院、软件学院于 2017 年成立，形成了常州市人民政府、阿里云计算有限公司、北京中软国际、慧科教育集团、昆仑数智科技有限责任公司、常州大学校、政、企多方共建、产教融合、协作育人的办学特色和支撑人工智能、大数据、行业特色化软件等人才培养、社会服务的办学优势。2020 年，学院成功入选江苏省首批重点产业学院建设点；2021 年，学院成功入选国家首批现代产业学院。

学院设有计算机科学与技术系、软件工程系、数学与应用数学系、数据科学与大数据技术系、人工智能系、基础课部、大数据实验中心、农业信息化技术研究院。学院现有教职员工 150 余人，教授 15 人，副教授 30 人，具有博士学位教师 90 人，青年教师中具有博士学位达 100%，有江苏省“333 工程”培养对象 2 人，江苏省“青蓝工程”培养对象 7 人，36 名教师有海外研修 1 年以上经历。学院教师主持国家自然科学基金项目 30 余项，获得省部级或行业类科技奖励 20 余项，获国家级教学成果奖二等奖 1 项，省级教学成果特等奖 1 项、二等奖 2 项，出版国家级规划教材、省级重点教材 5 部，获江苏省首批本科一流课程 2 门，获批包括教育部新工科项目在內的省部级教研课题 10 多项，完成近 20 项教育部高教司产学研合作协同育人项目。此外，合作企业有 70 余人参与学院学生培养和社会服务工作。

学院现有计算机科学与技术一级学科硕士点，2017 年全国第四轮学科评估结果为 C+，2019-2022 连续四年入选“软科”中国最好学科，连续入选“十三五”、“十四五”江苏省重点学科。其中，计算机科学与技术、软件工程专业入选国家一流本科专业建设点，数学与应用数学专业入选江苏省一流本科专业建设点；计算机科学与技术专业分别于 2016 年和 2019 年通过中国工程教育专业认证（有效期分别为 3 年和 6 年），软件工程专业通过 2022 年中国工程教育专业认证（有效期为 6 年）；计算机科学与技术专业 2022 年入选江苏省产教融合型品牌专业、江苏省“十四五”高校国际化人才培养品牌专业，软件工程、数据科学与大数据技术、人工智能专业入选江苏省“嵌入式”人才培养项目；计算机科学与技术教研室入选 2022 年江苏高校省级优秀基层教学组织。

学院拥有包括江苏省石油化工过程关键设备数字孪生技术工程研究中心、常州市城市大数据分析与应用技术重点实验室、常州市过程感知与互联技术重点实验室等科研平台，拥有阿里云本地版实验沙箱平台、阿里云实验教学平台和丰富的校、政、企合作教学实践基地。

学院现有在校生 2000 余人，其中研究生 220 余人、国际交流生近 100 人，国内学生来自于全国 20 多个省、市和自治区。近年来，学院指导学生在全国“互联网+”、“挑战杯”、“创青春”竞赛中，获国赛铜奖 3 项、三等奖 1 项，在中国研究生数学建模、全国大学生数学建模竞赛中，获国家一等奖 17 项、二等奖 47 项，在 ACM 程序设计大赛、蓝桥杯、江苏省大学生程序设计竞赛等大赛中，获奖 130 余项。近三年来，学院有 80 多名同学成功考取包括昆士兰大学、利兹大学、中国科学技术大学、武汉大学、南京航空航天大学等国内外知名高校研究生，毕业生就业率稳定在 98% 左右。