



2024年 第2期

江苏省计算机学会通讯

COMMUNICATIONS OF THE JSCS



—— 探索计算机系统教学改革之路

—— 加快构建适应新质生产力的科技人才体系

江苏省计算机学会常务理事单位

江南大学人工智能与计算机学院

江南大学人工智能与计算机学院成立于 2020 年 3 月, 办学历史可追溯到 1994 年设立的计算机应用专业。学院秉持江南大学“彰显轻工特色, 服务国计民生; 创新培养模式, 造就行业中坚”的办学理念。始终坚持立德树人根本任务, 秉持“善人善工、创智创能”的人才培养理念, 落实“学生中心、产出导向、持续改进”的人才培养机制, 培养具有国际视野, 能够解决计算机领域复杂工程问题的创新型人才。

学院具有完善的本、硕、博人才培养体系, 建有“软件工程”一级学科博士学位授权点, “轻工信息技术”二级学科博士学位授权点, “计算机科学与技术”、“软件工程”一级硕士学位授权点, “电子信息”专业硕士学位授权点(软件工程、计算机技术、人工智能等三个方向)。学院面向计算机科学与技术(首批国家级“一流本科专业”建设点、国家级特色专业建设点、国家级专业综合改革试点、江苏省品牌专业、江苏省产教融合品牌专业、通过工程教育认证)、人工智能(首批江苏省“一流本科专业”建设点、江苏省特色专业)两个本科专业招生。2024 年起, 学院与神威·太湖之光超级计算机的申威 CPU 研制单位合作, 在计算机科学与技术专业单独成立申威创新班, 面向全国招生, 为国家自主可控战略与申威自主可控事业培养优秀创新人才。目前学院共有学生 2400 余人, 其中本科生 1600 余人, 硕士研究生 800 余人, 博士研究生 50 余人, 留学生 20 余人。

学院学科优势与特色明显, 建有科技部中英人工智能联合实验室、教育部人工智能国际合作联合实验室、康养智能化技术教育部工程研究中心、人机融合软件与媒体技术江苏省高校重点实验室、江苏省模式识别与计算智能工程实验室、江苏省人工智能国际合作联合实验室、Josef Kittler 人工智能研究院等国家级、省部级科研平台。

学院现有在编教职工 100 余人, 专任教师 70 余名, 其中教授 21 人, 博士生导师 16 人。专任教师包括英国皇家工程院院士 1 人, 国家级青年人才 1 人, 教育部新世纪人才计划 4 人, IAPR Fellow、AAIA Fellow 2 人次, 江苏省“333 高层次人才培养工程”一层次培养对象 1 人、二三层次培养对象 8 人, 江苏省杰青、优青基金 2 人, 江苏省高校优秀科技创新团队 1 个、江苏高校青蓝工程优秀教学团队 1 个, 其他“双创计划”等省级人才项目 18 人次。

近三年来, 学院注重夯实科学研究基础, 充分依托科研平台和科研团队, 产教深度融合, 科研创新能力与产业服务水平全面提升。学院牵头承担国家重点研发计划项目、国家重点研发计划国际合作项目、国家自然科学基金国际合作项目、国家自然科学基金联合重点项目、国家重点研发计划课题等重要纵向课题, 以及国家自然科学基金面上项目、国家自然科学基金青年项目、江苏省自然科学基金等国家及省部级项目 30 多项, 获得江苏省科学技术二等奖、中国商业联合会科学技术特等奖等多项科研奖励, 申请和授权国内外发明专利、软件著作权 400 余项, 在 IEEE TPAMI、TFS、TNNLS、TIP、TKDE、TEVC、TCYB、软件学报、通信学报、CVPR、ICCV、AAAI、ICDE 等顶级期刊与会议上发表高水平学术论文 200 余篇。

学院十分重视国际学术交流与合作, 持续与英国皇家工程院院士英国萨里大学 Josef Kittler 教授、美国凯斯西储大学医学院 Raymond F. Muzic, Jr. 教授、香港理工大学计算机系钟富礼教授等国际知名专家团队建立了长期的国际合作关系与法国国家信息与自动化研究所 (INRIA) 爱尔兰都柏林大学等院所签署了本科生及研究生交流互访和升学深造协议。Josef Kittler 教授曾获江苏省国际科技合作奖、中国政府友谊奖。学院承担了国家留学基金委创新型人才国际合作培养项目并获得滚动支持。

学院与无锡市合作密切, 建有无锡市先进计算与新兴软件产业学院, 协助无锡市申获 IEEE 智慧城市试点计划(亚洲唯一), 与国家超算无锡中心、无锡先进技术研究院、华云数据、曙光云、中船奥兰托等企事业单位建有校外实践基地。学院连续 14 年承办中国大学生服务外包创新创业大赛(A 类比赛)。



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

江苏省计算机学会通讯

COMMUNICATIONS OF THE JSCS

学生记者团专栏

01 | 探索计算机系统教学改革之路——袁春风教授专访

教学成果

04 | “科研顶天”与“工程落地”并驾齐驱,探索系统性科研人才培养新模式 | 王帅

政策解读

06 | 工业领域数据安全能力提升实施方案(2024—2026 年)全文及解读

学术交流

20 | 云存储中数据完整性审计技术研究 | 王珏

23 | 基于标记分布学习的 K 近邻分类 | 王靖

30 | 面向超声造影的动态灌注表征学习 | 万鹏

会员风采

33 | 科研路上披荆斩棘,做“智能原生物联网”开拓者 | 王帅

36 | 在“感知视觉”的科研道路上奋勇向前 | 田春伟

科学普及

39 | 加快构建适应新质生产力的科技人才体系

42 | 畅通教育、科技、人才良性循环

45 | 南京大学:培养智能时代的高素质劳动者

科创成果

48 | 面向复杂交通的软件质量保障技术研究及应用

会员单位简介

54 | 星融元公司介绍

60 | 无锡达内高慧强学科技有限公司

61 | 数智碳链公司介绍

66 | 中软国际教育科技集团介绍

70 | 南京得塔软件自主研发了 Data Cloud PaaS (DCP) 平台介绍



探索计算机系统教学改革之路

——袁春风教授专访

记者：王益兵

袁春风，南京大学二级教授，CCF 杰出教育奖、教育部 - 华为智能基座优秀教师奖、宝钢优秀教师奖、全国系统能力培养突出贡献奖获得者。目前任教育部“101 计划”《计算机系统导论》课程建设及其虚拟教研室负责人。在相关领域承担科研项目 50 多项，发表科研论文 100 多篇，两次获江苏省科技进步二等奖。获国家级教学成果一等奖、二等奖各 1 项、江苏省教学成果特等奖 2 项；主持国家精品课程和国家精品资源共享课各 1 门；主持国家级线上一流课程 2 门、江苏省精品课程和线下一流课程各 1 门；主编国家级规划教材 1 套、江苏省精品教材和培优教材各 1 本、江苏省重点建设教材 2 本；主持的两门网络课程分别获得江苏省优秀多媒体课件特等奖和江苏省“松下杯”网络课件大赛一等奖。

在第一届江苏省计算机系统能力培养教师发展论坛暨 JSCS 计算机系统结构专委会委员代表大会议中，袁春风教授作了题为《计算机系统类课程之间的关联关系及教学方案探讨》的报告，并进行了题为《用一门课讲清楚“从晶体管电路到中央处理器”》和《用一门课讲清楚“hello 进程的前世今生”》的讲座。

在报告中，袁教授围绕计算机系统类课程之间的关联关系及教学方法展开，深入阐述了计算机系统各层次内容之间的紧密联系。她详细探讨了具体的计算机系统类课程体系总体框架，以及相关各门课程的教学内容和实验方案，并给出多种方案供参会教师共同探讨。

袁教授还以“数字逻辑与计算机组成”和“计算机系统基础”两门课程为例，分享了她在课程改革中的宝贵经验。在《用一门课讲清楚“从晶体管电路到中央处理器”》的讲座中，她介绍了将“数字逻辑”与“计算机组成”合并成一门课的思路，通过自底向上的教学模式，从基础器件逐步引导学生理解 CPU 设计与操作。而在《用一门课讲清楚“hello 进程的前世今生”》的讲座中，她采用自顶向下的教学方法，从程序员视角出发，讲解了 hello.c 从编译到执行的全过程，帮助学生深入理解程序、编译器、汇编器、链接器、指令集架构、基本运算电路、存储体系和 I/O 机制之间的关联。

通过这些讲座和报告，袁教授展示了南京大学在计算机系统教育方面的创新实践，也为其他高校提供了宝贵的经验和借鉴。她的教学理念和方法极大地促进了学生的系统思维能力和实际操作能力的培养，为中国计算机系统教育的发展做出了卓越贡献。

会后，我们有幸采访到了袁教授，就计算机系统教学相关问题进行探讨。

Q1：您长期从事计算机系统课程的教学改革与创新工作，取得了非常多的成就，可谓是中国计算机系统教育领域的先行者、拓荒者，您目前也是教育部“101计划”《计算机系统导论》课程建设及其虚拟教研室负责人，您能否介绍一下您的教学理念，并分享一些在课程改革实践中取得的成果和经验呢？

袁春风教授：

我的教学理念主要是以学生的需要作为出发点。教学过程中会有学生觉得学习这些课程对于以后的工作或者研究没有帮助，我最初对此也很苦恼，后来学习国外先进经验时发现，这些课程其实非常有意义，可以将程序与底层的硬件关联起来，后来就开始在南大尝试进行课程改革，从学生的需求出发，从程序员的视角出发，用系统的、联系的观点进行计算机系统的教学，将程序背后的运行机制展示给学生，帮助学生培养计算思维、系统思维。同时，学生掌握了程序运行的底层逻辑之后，能更明白如何去编写高质量代码、如何高效地调试、如何对代码进行优化。

Q2：您在报告中提到了计算机系统类课程之间的关联关系，并给出了多种计算机系统能力培养实施方案，您能介绍一下整体框架的设计思路吗？推进课程改革的过程中有什么难点吗？

袁春风教授：

我们设计这些方案的出发点是合理规划课程体系，分析课程知识点的重复度，避免重复教学，确保知识点的连贯性和系统性。例如，在计算机学科“101计划”的12门课程中，“计算机系统导论”课程与“计算机组成和系统结构”课程的知识点重合度较高，同时开设这两门课会导致教学资源浪费，因此需要合理规划课程体系，给出相关课程的多种不同的规划方案。这样，各校可以根据其培养目标和实际情况，找到适合自己学校的一种方案。

进入智能化大数据时代后，计算机类专业人才培养课程体系中必定要加入更多的并行处理、智能计算等方面的课程内容，因此，必须对传统课程体系进行改革，通过摒弃过时的内容，合并重组课程内容并重新设置课程体系，以达到在不增加总学时的前提下在教学中增加反映学科发展的新内容。因此，与传统课程体系相比，我们规划的关于计算机系统能力培养的教学实施方案，考虑了以下几个方面：（1）增加一门或多门贯穿计算机系统核心层的计算机系统导论课程，从程序员的视角出发，使学生能够理解程序行为背后的逻辑；（2）改革传统的数字逻辑电路和计算机组成原理课程教学内容，以CPU设计为主线，将程序、指令、电路串联起来，合并和重组课程，以较少的课时达到更高的学习目标；（3）增加大数据并行处理、智能计算系统等更高阶的系统类课程。

推进课程改革的难点在于各校的实际情况不同，需要因地制宜地调整课程设置，并且需要教师的支持和领导的重视。

Q3：您是如何想到将“数字逻辑”与“计算机组成”合并成一门课的，这种自底向上的教学模式对于学生计算机系统能力培养有什么好处吗？

袁春风教授：

随着时代的发展，原有的课程体系无法支撑现在的人才培养的需求，需要对原有课程推陈出新，特别是随着EDA



软件的出现以及芯片设计技术的发展，传统的基于中小规模集成电路设计场景的课程内容必须与时俱进，在课程教学中摈弃陈旧的内容；另一方面，传统课程体系中这些课程的内容存在重复和衔接不顺的问题。合并后，我们可以通过统一的逻辑，将从数字逻辑到计算机组成的内容自然地串联起来，保证了课程内容的连贯性，使学生能够从底层硬件到高层应用逐步理解计算机系统。这种自底向上的教学模式有助于学生从二进制编码、CMOS 晶体管、门电路、功能部件、运算器、程序和指令，最终到 CPU，无死角地从计算机系统底层按顺序逐步向上构建计算机系统整机概念，从而建立扎实的计算机系统基础知识，为更好地理解复杂系统的内部工作原理打下基础。

Q4：“计算机系统基础”课程的教学安排与“数字逻辑与计算机组成”恰好相反，采用自顶向下的模式，这是出于何种考虑呢？

袁春风教授：

“计算机系统基础”课程实际上就是计算机学科“101 计划”中的计算机系统导论课程，该课程以可执行文件的生成和加载、进程的正常执行和异常处理、应用程序中的 I/O 操作的底层实现机制为线索，重点构建高级语言程序到功能部件之间的系统级关联知识体系。该课程采用自顶向下的教学模式，从程序员的视角出发，首先针对 C 语言程序中变量和常量的机器级表示、表达式中的运算的底层实现、各类语句和过程调用的机器级表示，以及多模块链接生成可执行文件等介绍可执行文件的生成，这部分相当于进程的“前世”；然后再介绍可执行文件加载成为进程，以及进程执行过程中的存储器访问、异常 / 中断处理和程序中 I/O 操作的底层实现，这部分相当于进程的“今生”。因此，这种教学模式是本课程教学内容和教学思路所确定的，学生也很喜欢这种从程序员视角进行讲解的方式，可以带着程序中的实际问题，深入到系统底层进行探究，并使用工业界流行的程序开发和调试工具进行实际操作从而提高了学生的学习兴趣和主动性。

通过“数字逻辑与计算机组成”自底向上的教学过程和“计算机系统基础”自顶向下的教学过程，使学生构建了完整的计算机系统学习路径，更好地理解和掌握支撑高层应用程序的底层系统软件及硬件之间的协同工作原理，形成全面的知识体系。

袁春风教授对于计算机系统教学独到而深刻的理解为我们提供了一个极具价值的视角。她对于计算机教育充满了深厚的情怀和坚定的使命感，几十年如一日地深耕在教学领域。她始终致力于将理论知识与实际应用紧密结合，以系统的观点全面串联课程内容，力求培养学生的整体系统思维和解决实际问题的能力。她强调教学的实际意义，注重从程序员的视角出发，让学生理解程序背后的软 / 硬件协作机制。这种以学生为中心、注重实践应用的教学理念和精神，是实现南京大学“办中国最好的本科教育”目标的最坚实支撑，引领和激励着无数学生在计算机领域不断探索和前行。相信在袁教授的引领下，中国计算机教育能发展得越来越好，培养出更多优秀人才！

“科研顶天”与“工程落地”并驾齐驱，探索系统性科研人才培养新模式

——东南大学王帅教授

简介

随着新一轮科技革命和产业变革蓬勃发展，我国科技和教育正处于由大到强的关键阶段，对基于产教融合的工程技术人才需求迫切。习近平总书记在中央人才工作会议上的重要讲话中强调：“要培养大批卓越工程师，努力建设一支爱党报国、敬业奉献、具有突出技术创新能力、善于解决复杂工程问题的工程师队伍”。为回答好这一重要的时代命题，研究团队开展了深入地探索与实践，提出了“科研顶天”与“工程落地”并驾齐驱，系统推进科研人才培养的总体工作思路，充分发挥高校理论深度和产业需求宽度的优势，为党和国家培养工程技术领域高层次复合人才。

推进“科研顶天”，着重开展基础理论研究，面向前沿领域开拓创新，发表高水平学术成果。为满足创新人才培养体系改革需求，面向学生创新能力及创新思维的培养，研究团队梳理了国内外现有的研究生创新能力培养经验，研究并提出了基于DSPMI创新分类的创新能力培养模式，依托具体项目设计了基于PSOCM框架的创新培养机制。结合实际研究生教学案例进行应用实践，切实加强了学生的创新能力及创新思维。

推进“工程落地”，着眼国家需求构建高效实用的应用系统，以重大工程攻关项目为依托进行科研成果转化。在培养过程中，着重解决企业的实际工程技术问题，围绕企业实际运营过程中面临的技术难题，培养学生将理论知识创造性地运用于真实工程项目的能力。研究团队通过与国内知名开展工程硕博士联合培养，切实引导研究生在企业开展应用实践。

推进“科研顶天”与“工程落地”并驾齐驱，研究团队基于多年研究生培养经验，总结出“问题定义”、“问题评估”、“现有方案评估”、“新方案设计”、“线下评估”、“方案上线”、“线上评估迭代”和“成果产出”八个步骤，推动实现工程硕博士在科研前沿和工程实践的协同产出，最终探索出系统推进科研人才培养的新模式。

主要解决的主要解决的教学问题：

研究生教育是最高层次的教育，肩负着为建设国家培养拔尖人才的重要使命。如何保证并提高培养的质量，尤其是培养出兼具科研创新能力和工程实践能力的复合型人才，已成为高校的一项重要课题。科研创新和工程实践都是检验研究生综合素质的重要组成部分，也是培养高层次人才的重要指标，关系到我国“人才强国”和国家经济转向高质



量发展战略的实施。研究团队结合研究生培养的实践经验，提出以“‘科研顶天’与‘工程落地’并驾齐驱，系统推进科研人才培养”的总体工作设想，聚焦解决如下研究生培养过程中的问题：

(1) 重业务流程，轻深度探索，学生创造力不能适应未来产业可持续发展要求的问题。具体表现为企业在学生的培养过程中过于注重完成具体任务指标与经济效益，对关键科学问题凝练及关键技术突破往往深度不足，培养过程中未能充分发挥高校的技术创新优势。

(2) 重技术驱动、轻目标导向，学生所研究的技术不能满足实际产业发展需求的问题。具体表现在高校的研究多数是技术驱动和论文导向，而目标导向和问题导向的研究相对较少，在培养过程中未能充分发挥高校和企业联合培养的综合优势。

解决教学问题的方法：

针对“重业务流程，轻深度探索”这一问题，研究团队调研发现，随着我国各大高校研究生的招生规模不断扩大，对培养质量的要求也越来越受到社会各界的关注，多数高校缺乏对研究生科研创新能力的培养，导致其创新能力不足，主要表现为：(1) 原创性成果转化率较低，难以被广泛推广和应用；(2) 高质量毕业论文或学术论文数量较少，且总体质量不高；(3) 科研实践参与度较低，发现新问题、提出新方法等方面的思维和能力欠缺。这样的现状既不利于我国“创新驱动发展”的宏观战略，也与我国经济发展转向高质量发展阶段的人才需求背道而驰。为了培养研究生的创新精神和能力，研究团队从创新的概念和界定入手，独创性地提出了基于 DSPMI 和 PSCOM 的研究生创新能力培养模式，其主要思路可以概括为“一大纲、一主干、多模式”。

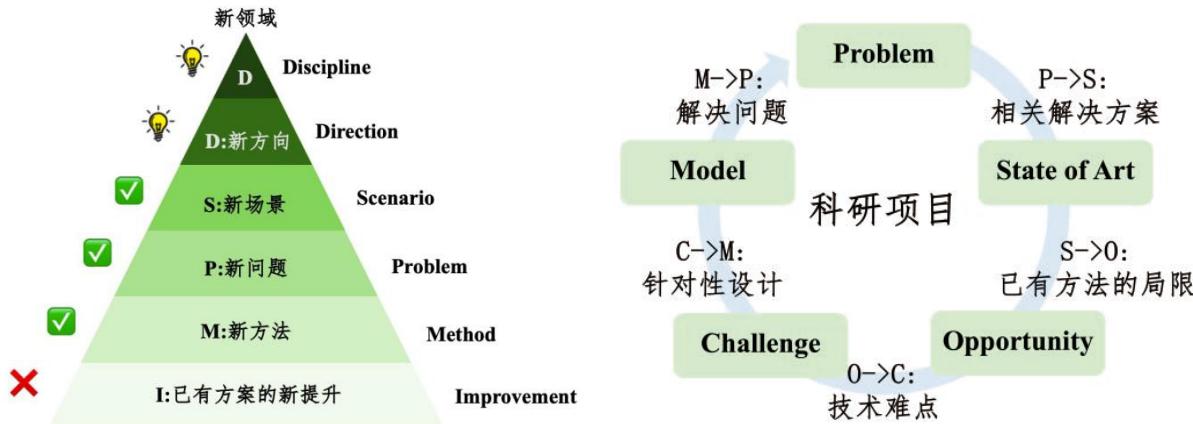


图 1 基于 DSPMI (左图) 和 PSCOM (右图) 的研究生创新能力培养模式

一大纲为基于 DSPMI (Discipline, Direction, Scenario, Problem, Method, Improvement) 的创新分类模式，该模式针对创新体系进行清晰明了的结构分析，将创新划分为新学科、新方向、新场景、新问题、新方法和新改进六个层次，使研究生可以对创新有清晰地认知并以此为纲，有的放矢地进行高效创新。同时，阐明每一层创新价值意义，

鼓励学生向更高层次的创新发起冲击。第一层创新为开创一个新的领域，是最高层次的创新，例如开创网络研究领域；第二层创新是已有领域下的探索出新的方向，例如开创网络领域中的无线传感器网络方向；前两类创新模式是高屋建瓴的开创性工作，对于老师和学生的要求较高。对前两层创新的讲解和分析可以使学生知晓何为前沿创新，激励学生在研究生涯中朝着此方向前进。

第三层创新是在已有领域方向下提出值得探究的新场景，例如基于无线传感器网络方向提出低占空比无线传感器网络场景，新场景的提出往往伴随着一系列亟待解决的新问题，这些问题会带来很多科研思考和社会效益。第四层创新是基于已有场景提出新的问题，例如低占空比无线传感器网络场景中的时间同步问题；第五层创新是基于已有问题提出新解决方案，例如针对时间同步问题，提出一种线性回归的方法来补偿偏移。这三类创新是研究生在科研过程中可以通过努力到达的创新层次。对于第六层创新，即基于现有解决方案提出的新改进，因为此类创新容易被认为在已有工作上进行修修补补，不容易体现研究贡献，所以在研究生培养过程中应尽可能避免学生陷入到该思路中。因此，在DSPMI创新分类模式下，鼓励学生进行前五层，主要是第三、四、五层创新，同时避免第六层创新，争取获得创新性科研成果。

一主干为以具体项目为依托的基于PSOCM (Problem, State of Art, Opportunity, Challenge, Model) 框架的创新培养机制，从项目的研究问题、现有工作及其局限性、机遇、挑战和模型五个方面科学定位创新目标。研究生在基于DSPMI的创新分类思想进行自由选题后，可针对选定的问题运用PSOCM框架进行具体实践。在实际运用中体现为在学生构思项目内容时，需要按PSOCM架构来思考研究内容，首先，需求确定具体要解决的问题内容，明确问题的输入输出以及此问题的研究意义；其次，对研究项目相关领域的最先进工作进行充分调研及分类，明确以往工作存在的局限性，探索自己问题与以往工作的区别和创新之处；再次，思考当前场景下具备哪些机遇可以解决目前研究存在的局限性；然后，虽然机遇可以解决局限性，但也往往带来新的技术难点和挑战，所以需要明确在研究过程中实际的挑战，有助于后续针对这些挑战进行模型设计；最后，根据上述对于研究问题的详细思考，设计相应的解决方案。通过PSOCM机制，可以在实践中切实促进研究生创新思维和创新能力培养。

“多模式”为在具体指导过程应当采取形式多种多样、内容自由开放的培养策略，例如指导老师每周与学生开展一对一对研讨、组织前沿论文知识集体分享，定期开展个人工作总结汇报等形式，在这些过程中主动鼓励学生自由探索，激发学生研究热情，引导学生做出有价值、创新性的工作。在科研过程中，鼓励学生通过系统实现感受实践的具体过程，通过实际操作获得更深的理解和心得。定期开展团队内部的工作交流和团队间的项目竞赛，激发学生的科研积极性，实现个人价值和团队目标的双重提升。

针对“重技术驱动、轻目标导向”这一问题，研究团队提出通过问题定义、问题评估、现有方案评估、新方案设计、线下评估、方案上线、线上评估迭代和科研论文开展有目标性的科研探索与工程实践，实现以开创新领域、新方向为目标，以研究新场景、新问题、新方法为抓手，以实际业务的痛点中为突破口，解决符合工程需求的具体科学问题。为了切实提高研究生的工程实践能力，在八个步骤的培养过程中，每个步骤都设有具有明确的任务和目标，实现从初始阶段到最终评估的全方位指导。

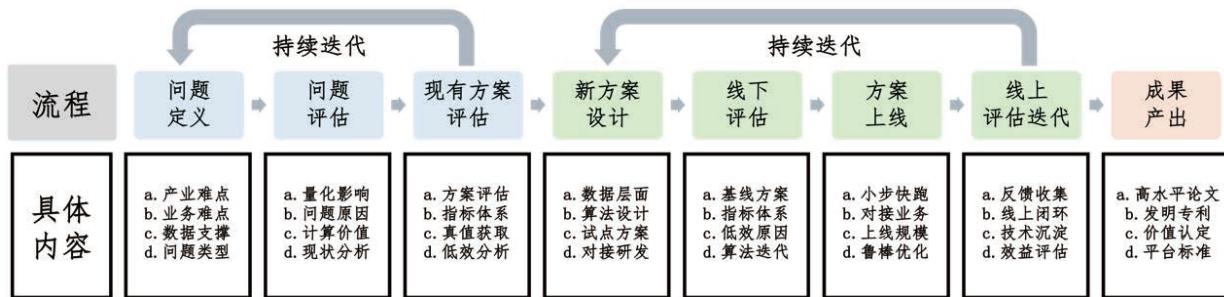


图2 “科研顶天”与“工程落地”并驾齐驱的复合型人才培养方法

在问题定义阶段，研究生需要对当前的产业难点和业务痛点进行深入调研和分析，通过实际搜集的各项数据信息作为支撑，实现对问题的量化估计与定性分析，进而确定研究问题的内核与类型划分。在问题评估阶段，需要进一步通过多个专项指标来量化评估工程的影响，基于具体指标详细分析问题的可能原因。既实现从宏观上对问题研究价值与意义的把控，又要对问题的实际价值进行可量化的评估与计算，在此基础上实现对研究现状的全盘分析。在现有方案评估阶段，需要研究生能够对工程方案进行全面的审查和评价，建立科学的指标体系作为评估的基础，客观地评价方案的优劣，为决策提供数据支持。此外，还需要保证获取各项指标数值的真实性，避免主观臆断和误差。在前三个阶段中主要开展的是问题定义和方案评估工作，在该过程将培养研究生系统性地开展研究问题的定义和评估，将研究问题的设计从基于理论空想转变基于客观现实，从业务场景、客观指标、量化数据的方式开展脚踏实地的问题研究，在研究方案评估时更多考虑技术可行性、成本效益、社会环境影响等多方面因素，有利于培养工程思维和解决问题的能力。

在新方案设计阶段，要求研究生具备处理和分析大量数据的能力，基于数据分析为新方案设计提供客观支持。其次，需要研究生能够选择、设计和优化合适的算法方案，不断进行改进和调整以满足实际需求，并通过试点验证其可行性和效果。最后，与专业的研发团队进行紧密对接，确保新方案的顺利实施和推进。

在线下评估阶段，研究生需要提前设计充分、合理的基线方案，用于客观地评估新方案的实际效果，这些基线方案的建立应当全面地考虑到当前行业标准、技术水平以及可行的对照方案。同时构建完善的指标体系，量化地评估方案的各项效果，例如技术性能、成本效益、用户体验等多个维度。评估的目的是为了发现问题的原因，尤其是要对方案实施中出现的低效或问题进行分析，并找出根本原因，在此基础上才能提出相应的改进措施。最后通过反复的评估和算法迭代与优化，不断优化方案以适应实际需求。

在方案上线阶段，研究生可以采取小步快跑方式开展方案上线，通过将整体方案拆分为小的可执行步骤逐步实现并上线，这种方式可以及时发现和解决问题，降低项目风险，同时也能够更好地适应需求变化和快速迭代。在方案上线时，研究人员还需要能够有效对接业务需求，确保设计方案能够真正解决实际业务问题。同时将方案从小范围上线逐步扩展到更大规模，确保方案能够满足不断增长的业务需求。最后，在方案上线后还需要进行不断的鲁棒性优化，保证系统在各种异常情况下仍能够稳定运行。

在线上评估迭代阶段，需要研究生主动地收集用户和相关利益方的反馈，及时获取用户对产品或解决方案的评价

和建议，指导后续的迭代和改进。进而能够将用户反馈迅速转化为产品或方案的改进措施，并及时上线实施，形成一个闭环的迭代循环。在这样长期实践过程中，研究人员需要系统总结和沉淀所学到的技术和经验，将解决方案的设计思路、技术方案、实施过程、问题解决方法等内容进行文档化和整理，以便将来的类似项目能够借鉴和参考，同时也能够促进团队内部的技术积累和分享。最后，研究生还要能够对上线产品或方案的效益进行评估和分析，综合评估产品或方案的效果，发现其中的优势和改进空间，为下一轮迭代提供有力支持。

在最后的成果产出阶段，研究生需要能够对前面七步实践过程进行深入研究、分析和总结，提炼出有价值的理论成果或实践经验，并将其撰写成高水平的学术论文、申请发明专利、实现对成果价值的认定和评估并具备制定、完善标准的能力，以便将来能够为行业发展和技术进步做出贡献。

通过上述的八项详细的培养步骤，将能够实现对研究生科学创新与工程实践能力的综合培养，全方面展现培养兼具科研与工程的人才工作内容与背后逻辑，探索出系统性推进科研人才培养的新模式。人才培养的新模式。

创新点

研究团队提出从“科研顶天”、“工程落地”作为培养研究生的总体考虑，实现两者“并驾齐驱”，即培养既“科研顶天”又“工程落地”的高层次复合型研究生人才。一方面，提出了基于 DSPMI 的研究生创新能力培养模式，执行以具体项目为依托的 PSOCM 培养机制，从方法论到实践过程切实提升研究生的创新能力。另一方面，开创了基于八个步骤的科研人才培养的新模式，实现对研究生在科研创新和工程实践的全流程指导。具体来说：

1. 本成果开创性地从创新理论这一研究点出发，基于不同层次的创新概念（DSPMI：新学科、新方向、新场景、新问题、新方法、新改进），带领研究生分别处在不同的层级进行思考，从多方面多角度进行理解和探索。
2. 本成果首次地提出了以具体项目为依托的 PSOCM 培养机制，将理论上的概念对应到具体的科研项目中，以实际工作展现各个创新层次的不同之处。
3. 本成果首次地提出了系统性科研人才培养的新模式，从问题定义、问题评估、现有方案评估、新方案设计、线下评估、方案上线、线上评估迭代和成果产出八个步骤开展科学实践，切实提高研究生人才独立开展科学研究和解决技术问题的创新实践能力。

具体落实

在“科研顶天”创新能力的培养实践过程中，指导学生深入理解 DSPMI 创新分类理念及重要性，指导学生自主探索具体的研究课题，并根据 DSPMI 理念确定创新方向；采用和学生每周一对一讨论的方法，进一步在项目研究过程中把控整体创新导向，在实践中引导学生加强对 DSPMI 分类的创新思想的理解和运用能力；同时基于 PSOCM 培养机制，定期进行项目阶段性总结汇报，根据项目具体进展提出针对性建议；组织前沿论文知识集体分享会，帮助学生快速准确地了解相关研究领域的前沿成果，并结合 DSPMI 创新分类理念进一步加强对于自身项目的认知。做到 DSPMI 创新分类思想和 PSOCM 实践流程贯穿学生整体研究过程。通过课程研讨与实践、师生一对一讨论、前沿论文知识分享、个人工作总结汇报等培养形式，建立平等、紧密的师生关系，营造良好的创新环境。



在此基础上进一步落实“科研顶天”与“工程落地”并驾齐驱，研究团队依托东南大学“国家卓越工程师学院”以及当前校企联合培养实体平台，实现科研人才的“全链条设计、全要素配置、全过程培养”。与国防科技大学、罗格斯大学、京东、阿里巴巴、中国移动等国内外知名高校和企业开展工程硕博士联合培养工作，使研究生在真环境中研究真问题、开展真科研、产出真成果，目前已经累计联合培养博士 15 名，硕士 58 余名；建立完善的指导机制，联系联培企业在业务体量、落地宽度、技术深度等多个维度针对工程硕博士定制技术价值评估标准，以更好的引导工程硕博士适应工学联合培养模式；积极开展国际交流合作，通过组织学生赴国外交流学习，同时邀请国际顶尖科研人才和国内领军企业一流工程师开展教学指导，与海外名校和创新领军企业建立协同育人关系，拓宽工程硕博士的前沿意识和国际视野，为培养造就工程技术领域高层次复合人才奠定基础。

截至目前，研究团队已经累计培养硕博士 73 名，在国内外顶级期刊、会议发表论文 40 余篇，其中包括中国计算机学会推荐 A 类论文 20 余篇。团队中的学生队伍先后有 7 人获国家奖学金、2 人获校长奖学金、9 人获研究生一等奖学金。因为教学成果突出，获得国家级教学成果二等奖和东南大学优秀班主任标兵等荣誉。累计指导学生 60 人次参加“互联网+”大学生创新创业大赛，获得国家铜奖 1 次，江苏省金奖 1 次，银奖 3 次，获江苏省“互联网+”大学生创新创业大赛优秀指导教师荣誉称号。

学会动态 ●

省科协学会部走访省计算机学会交流工作

3 月 11 日，省科协学会学术部工科一片联系人、三级调研员杨剑来江苏省计算机学会走访交流工作。学会金莹秘书长、张洁副秘书长以及秘书处相关人员参加了本次座谈会。

金莹秘书长介绍了学会 2023 年特色亮点工作和 2024 年工作计划。她表示，学会发展离不开省科协的领导，需要学习贯彻省科协关于学会发展的最新精神和要求。学会今年将进行换届工作，提出了学会工作中亟需解决的一些问题，希望得到省科协学会学术部的指导与支持。



工业领域数据安全能力提升实施方案 (2024—2026年)全文及解读

——中华人民共和国中央人民政府官网

一、《实施方案》出台的背景和目的是什么？

数据是数字经济时代的关键新型生产要素，与国家经济运行、社会治理、公共服务等方面密切相关，保障数据安全已成为事关国家安全与经济社会发展的重大问题。2023年9月，全国新型工业化推进大会召开，推动新型工业化发展迈向新征程，工业领域数字化、网络化、智能化加速提质升级，在促进工业数据流通共享和开发利用的同时，伴随而来的大规模数据泄露、勒索攻击等风险形势日趋严峻，工业企业数据安全意识和能力普遍薄弱、地方主管部门监管工作缺抓手缺队伍、技术产品和服务供给不足等问题亟待研究解决。总体看，加强数据安全保障是新型工业化发展绕不过的坎，是推进新型工业化行稳致远的基础和前提。

党中央、国务院高度重视数据安全和新型工业化工作，习近平总书记多次作出重要指示，强调要“把安全贯穿数据治理全过程”“把必须管住的坚决管到位”“统筹发展和安全，深刻把握新时代新征程推进新型工业化的基本规律”。《数据安全法》《工业和信息化领域数据安全管理办法（试行）》等法律政策陆续出台，为工信领域数据安全监管和保护工作提供了指导和依据。为贯彻落实习近平总书记重要指示精神和党中央、国务院决策部署，将法律政策要求在工业领域再细化、再落实，切实提出符合行业特色、针对突出问题的任务举措，有效促进工业领域数据安全保护水平跃升，我部研究起草了《实施方案》，分步骤、有重点地指导各方扎实推进工业领域数据安全工作。

二、《实施方案》的定位和目标是什么？

《实施方案》是指导未来三年工业领域数据安全工作的纲领性规划文件，以“到2026年底基本建立工业领域数据安全保障体系”为总体目标，分别从企业侧、监管侧、产业侧等方面明确各工作目标，致力于实现企业保护水平大幅提升、监管能力和手段更加健全、产业供给稳步提升：一是从行业数据安全意识和能力普及覆盖考虑，提出基本实现各工业行业规上企业数据安全要求宣贯全覆盖。二是紧抓重点企业和规上企业，实现数据分类分级保护的企业超4.5万家，至少覆盖年营收在各省（区、市）行业排名前10%的规上工业企业。三是标准先行、树立典型。立项研制国家、行业、团体等各类标准规范不少于100项，对企业履行数据安全保护责任义务加强细化标准指导。面向不少于10个重点行业遴选典型案例不少于200个，强化优秀应用实践的引领带动作用。四是加大人才培养，实现培训覆盖3万人次、培养人才超5000人。



三、《实施方案》的主要内容是什么？

《实施方案》坚持统筹发展和安全，坚持底线思维和极限思维，坚持目标导向和问题导向，以构建完善工业领域数据安全保障体系为主线，以落实企业主体责任为核心，以保护重要数据、提升监管能力、强化产业支撑等为重点，从总体要求、重点任务、保障措施三方面提出主要内容：一是总体要求方面，明确了指导思想、基本原则和总体目标，在总体目标中细化了各项关键任务指标。二是重点任务方面，围绕提升工业企业数据保护、数据安全监管、数据安全产业支撑三类能力，明确提出 11 项任务。其中，关于提升工业企业数据保护能力，提出了增强安全意识、开展重要数据保护、强化重点企业管理、深化重点场景保护 4 项任务；关于提升数据安全监管能力，提出了完善政策标准、加强风险防控、推进技术手段建设、锻造监管执法能力 4 项任务；关于提升数据安全产业支撑能力，提出了加大技术产品和服务供给、促进应用推广和供需对接、健全人才培养体系 3 项任务。三是保障措施方面，围绕《实施方案》落地实施的保障需求，提出了加强组织协调、加大资源保障、强化成效评估、做好宣传引导 4 项工作。

四、《实施方案》明确如何提升工业企业数据保护能力？

工业企业是履行数据安全保护责任和义务的主体。《实施方案》重点明确了提升工业企业数据保护能力的四项关键举措：一是增强数据安全意识，通过法律政策和标准宣贯培训等工作，普及提高企业安全意识。从明确责任人、建立健全管理体系和工作机制、配足岗位和人员队伍、定期开展教育培训等方面压实企业主体责任。引导企业将数据安全管理要求融入本单位发展战略和考核机制，同步推进业务发展和数据安全工作。二是开展重要数据保护，指导存在重要数据的企业落实建立健全管理制度、识别报备重要数据、实施分级防护、定期开展风险评估、开展风险事件监测与应急处置等要求，对重要数据进行重点保护。三是强化重点企业数据安全管理，滚动编制工业领域数据安全风险防控重点企业名录，对名录内企业既要督促其着重提升风险监测、态势感知、威胁研判和应急处置等能力，又要发挥各级技术力量加强技术支持。四是深化重点场景数据安全保护，聚焦数据处理场景、典型业务场景、易发频发风险场景和数据要素大规模流通交易场景，制定系列实践指南，指导企业精准施策。

五、《实施方案》明确监管部门如何提升数据安全监管能力？

健全完善数据安全政策标准、技术手段、工作队伍等是提升监管能力的重要基础。《实施方案》从当前数据安全监管急需出发，重点明确了提升监管能力的四项关键举措：一是完善数据安全政策标准，具体包括建立健全政策制度、完善全流程监管机制、研制重点急需标准等任务，并鼓励地方积极制定相关政策。二是加强数据安全风险防控，在做好风险信息报送与共享、组建风险分析专家组、动态管理风险直报单位库、建立重大风险事件案例库、加强风险提示等常态化工作基础上，打造“数安护航”专项行动和“数安铸盾”应急演练 2 个品牌活动，有效提升风险事件防范和处置水平。三是推进数据安全技术手段建设，统筹建设工业和信息化领域数据安全管理平台，加快推进“部 - 省 - 企业”三级监测应急等技术能力建设和协同联动。建立工业领域数据安全工具库，为高效开展监管和保护工作提供规范化、便捷式工具服务等支撑。四是锻造数据安全监管执法能力，明确提出规范事件调查程序，丰富取证方法和手段，完善执法流程机制和加强执法案例宣介与警示教育。推动地方主管部门将数据安全纳入行政执法事项清单，打造专业化、规范化监管执法队伍。

六、《实施方案》明确如何提升数据安全产业支撑能力？

强大的数据安全技术、产品、服务和人才等产业支撑能力，是开展数据安全工作的重要保障。《实施方案》推动政产学研用各方协同提升数据安全产业支撑能力，重点从以下三方面布局未来三年产业发展：一是加大技术产品和服务供给，提出共性技术优化升级、关键技术攻关和产品研发、新型安全架构设计、供给模式创新等任务。二是促进应用推广和供需对接，通过试点应用一批先进技术产品、打造一批解决方案、遴选推广一批典型案例以及组织一批沙龙等活动，充分盘活利用数据安全产业供需双方资源，激发产业创新活力。三是建立健全人才培养体系，围绕教材课程开发、人才资格认定、丰富人才培养形式、培养复合型管理人才与实战型技能人才、加强人才激励等方面不断培养壮大数据安全人才队伍。

七、下一步如何推进《实施方案》落地见效？

下一步，要充分发挥部、省、企业、行业组织、专业机构、高等院校、安全企业等各方力量，协同扎实推进《实施方案》落实落细。一要开展宣贯培训。分片区组织开展政策宣贯，面向地方工信主管部门、工业企业等做好政策文件重点、要点解读，切实提升行业数据安全保护意识和工作水平。鼓励各行业、各地区、各有关企业结合实际开展系列宣贯培训活动，加快将政策文件要求传达到位、落实到位。二要抓好组织实施。紧扣《实施方案》要求，分解形成工业领域数据安全工作年度计划，明确各方任务分工，每年滚动跟踪检查工作进展、总结评估工作成效，对工作不力的加强督导落实，对表现突出的予以表扬激励。督促指导各有关单位细化制定本单位工作方案，加强责任落实，加大资金、人员等各类资源的投入力度，高质量完成各项目标任务。三要加强典型引领。及时总结各单位在《实施方案》落地推进过程中的优秀经验做法，遴选推广典型案例，树立行业标杆。引导各行业、各地区结合实际创新建立工作模式、组织开展特色活动，持续深入挖掘优秀实践并加强宣传普及。

工业领域数据安全能力提升实施方案（2024—2026年）

数据作为新型生产要素，是数字化、网络化、智能化的基础，已快速融入生产、分配、流通等各环节，保障数据安全，事关国家安全大局。为贯彻落实习近平总书记关于数据安全的重要指示精神和党中央、国务院决策部署，推动《中华人民共和国数据安全法》《中华人民共和国网络安全法》《工业和信息化领域数据安全管理办法（试行）》等在工业领域落地实施，加快提升工业领域数据安全保护能力，助力工业高质量发展，夯实新型工业化发展的安全基石，制定本方案。

一、总体要求

（一）指导思想

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，全面贯彻落实党的二十大精神，坚定不移贯彻总体国家安全观，坚持统筹发展和安全，坚持底线思维和极限思维，坚持目标导向和问题导向，以构建完善工业领域数据安全保障体系为主线，以落实企业主体责任为核心，以保护重要数据、提升监管能力、强化产业支撑等为重点，提高数据安全治理



能力，促进数据要素安全有序流动和价值释放，为加快推进新型工业化，建设制造强国、网络强国和数字中国提供坚实支撑。

（二）基本原则

统筹推进，重点突破。加强顶层谋划，系统推进数据安全组织架构、政策制度、管理机制、标准规范、技术手段建设和产业发展工作。以强化重点行业、重点企业、重要系统平台、重要数据保护为切入点，以点带面促进整体保护水平提升。

政府引导，协同共治。综合运用正向激励和反向约束等方式，选树标杆典型，强化监管执法，压实企业主体责任。充分发挥行业协会、龙头企业、专业机构、高等院校等各方力量，形成数据安全协同治理的良好局面。

场景牵引，分业施策。摸清数据处理重点环节风险易发场景的特点规律，紧贴业务场景数据保护需求，强化科学防控。结合行业特色、数据特征等，差异化指导、精准化施策，加速提升行业数据安全管理水。

创新驱动，技管结合。不断创新管理模式、技术、产品与服务，适应新时期工业领域数据安全保护新形势、新特点和新需求。注重“以技管数”手段建设和运用，与日常监管形成合力。

（三）总体目标

到 2026 年底，工业领域数据安全保障体系基本建立。数据安全保护意识普遍提高，重点企业数据安全主体责任落实到位，重点场景数据保护水平大幅提升，重大风险得到有效防控。数据安全政策标准、工作机制、监管队伍和技术手段更加健全。数据安全技术、产品、服务和人才等产业支撑能力稳步提升。

- 基本实现各工业行业规上企业数据安全要求宣贯全覆盖。
- 开展数据分类分级保护的企业超 4.5 万家，至少覆盖年营收在各省（区、市）行业排名前 10% 的规上工业企业。
- 立项研制数据安全国家、行业、团体等标准规范不少于 100 项。
- 遴选数据安全典型案例不少于 200 个，覆盖行业不少于 10 个。
- 数据安全培训覆盖 3 万人次，培养工业数据安全人才超 5000 人。

二、重点任务

（一）提升工业企业数据保护能力

1. 增强数据安全保护意识。加大数据安全法律法规和政策标准宣贯培训力度，提高各行业企业数据安全意识。督促企业依法依规落实数据安全主体责任，压实各单位法定代表人或主要负责人数据安全第一责任，建立健全数据安全管理体系和工作机制，配足数据安全岗位和人员队伍，定期开展数据安全教育培训。引导企业贯彻发展与安全并重原则，将数据安全管理要求融入本单位发展战略和考核机制，加强数据安全工作与业务发展同谋划、同部署、同落实、同考核。
2. 开展重要数据安全保护。指导企业建立健全数据分类分级保护等安全管理制度，定期梳理识别重要数据和核心数据，形成目录并及时报备。督促重要数据和核心数据处理者明确数据安全负责人和管理机构，落实数据分级防护要求，每年至少开展一次数据安全风险评估，及时发现整改安全隐患，按要求报送评估报告。指导企业加强重要数据和核心数据安全风险监测与应急处置，及时报告重大风险事件。推动各行业企业加强商用密码应用保护数据安全。
3. 强化重点企业数据安全管理。遴选掌握关键核心技术、代表行业发展水平、关系产业链安全稳定或关乎国家安

全的企业，滚动编制工业领域数据安全风险防控重点企业名录。将名录内企业作为数据安全监管重点，督促其在落实数据安全要求基础上，着重提升风险监测、态势感知、威胁研判和应急处置等能力。发挥部省两级主管部门作用，统筹各方数据安全监测预警手段和技术力量，加强技术支持，协同做好企业数据安全保护。

4. 深化重点场景数据安全保护。指导企业围绕数据汇聚、共享、出境、委托加工等重点数据处理场景，排查数据安全保护薄弱点，实施贴合行业特点的数据保护措施。聚焦供应链上下游协作、服务外包、上云上平台等典型业务场景，厘清多主体数据安全责任界面和衔接模式，建立全链条全方位数据安全保护体系。针对勒索病毒攻击、漏洞后门、人员违规操作、非受控远程运维等易发频发风险场景，加强风险自查自纠，采取精准的管理和防护措施。面向数据要素大规模流通交易典型场景，打造一批安全解决方案。

专栏 1 数据安全保护筑基工程

1. 夯实数据分类分级基础。分行业分领域研究制定重要数据和核心数据识别细则，形成“1+N”的工业领域数据分类分级规范体系，科学指导各行业落地实施。持续迭代重要数据和核心数据目录，逐步摸清行业重要数据规模、分布、处理等情况，明确行业重点保护数据对象。

2. 编制数据保护实践指南。结合重点数据处理场景、典型业务场景、易发频发风险场景等数据安全保护需求和难点，研究制定工业领域数据安全保护实践系列指南，为企业数据保护和风险防范提供实操参考。面向数据出境需求较大的重点行业，分类制定数据出境安全指引，指导企业依法依规开展数据出境安全评估。

3. 分业推进数据安全保护能力跃升。在有序推进宣贯培训、分类分级保护等工作基础上，立足钢铁、汽车、纺织、集成电路等行业实际，聚焦重点场景、重点环节、重要系统平台、重要数据等，进一步加强行业数据安全主体责任落实和保护力度，实现行业数据安全保护能力整体跃升。

（二）提升数据安全监管能力

5. 完善数据安全政策标准。建立健全工业领域数据安全管理制度，推动出台风险评估实施细则、应急预案、行政处罚裁量指引等政策文件。持续完善重要数据识别、备案、分级防护、风险评估等全流程监管机制，加强监督检查。组建工业领域网络与数据安全行业标准化组织，发布数据安全标准体系建设指南，加快研制重要数据识别、安全防护、风险评估、产品检测、密码应用等亟需标准。鼓励地方参照制定本地区数据安全政策。

6. 加强数据安全风险防控。完善工业领域数据安全风险信息报送与共享工作机制，组建数据安全风险分析专家组，动态管理风险直报单位库，协同加强地方力量，常态化开展风险监测、报送、预警、处置等工作。摸排数据安全风险事件特点和规律，建立重大风险事件案例库，加强案例剖析和风险提示。面向重点行业开展“数安护航”专项行动，定期组织“数安铸盾”应急演练，提升事件快速反应、规范处置、协同联动水平。

专栏 2 打造数据安全风险防控品牌

1. “数安护航”专项行动。分行业、分批次集中开展数据安全风险排查和防范，聚焦数据泄露、篡改、滥用、违规传输、非法访问、流量异常等突出风险，利用企业自查、远程检测、现场诊断等手段，针对性增强风险应对处置能力。

2. “数安铸盾”应急演练。面向重点行业，模拟勒索病毒攻击、供应链攻击等易发典型数据安全风险事件，组织开展全要素、全流程应急演练，持续优化事件响应流程和机制，锻炼培养一批应急支撑队伍。

7. 推进数据安全技术手段建设。统筹建设工业和信息化领域数据安全管理平台，建立工业领域数据安全工具库，形成集数据资源管理、态势感知、风险信息报送与共享、技术测试验证、事件应急响应等功能于一体的技术能力，加



强与网络安全技术、密码技术手段协同。推动有条件的地方、行业、企业等加快建立数据安全风险监测与应急处置等技术手段，强化“部-省-企业”技术能力三级联动，不断提升技术保障水平。

专栏 3 数据安全技术保障工程

1. 统筹建设工业和信息化领域数据安全管理平台。建立完善工业领域数据安全监测、信息报送与共享、应急管理和安全评估等系统功能，强化风险统一汇集、分析、研判和通报，支撑事件应急处置、辅助决策、跟踪追溯等工作，提供风险评估、出境安全评估、防护能力评估等服务，覆盖不少于 20 个省级（行业级）节点和 500 个企业节点。
2. 建立工业领域数据安全工具库。围绕数据分类分级、安全防护、检测评估、合规检查、应急处置、攻击追溯、密码应用等方面，研发一批规范化、便携式的工具，为高效开展数据安全监管和保护工作提供支撑。
8. 锻造数据安全监管执法能力。规范数据安全事件调查处置程序，丰富取证方法和手段。加快完善数据安全执法流程和工作机制，推动地方工业和信息化主管部门将数据安全纳入本地区行政执法事项清单，指导各行业、各地方依法严格处置违法行为，加强执法案例宣介与警示教育。建立健全数据安全违法违规行为投诉举报机制，多渠道收集违法违规线索。加大监管执法人员培训力度，推动地方工业和信息化主管部门强化数据安全监管力量，打造专业化、规范化监管执法队伍。

（三）提升数据安全产业支撑能力

9. 加大技术产品和服务供给。加强工业数据智能分类分级、工业数据库审计、低时延加密传输等共性技术优化升级。加大适配工业业务场景和数据特征的轻量级数据加密、隐私计算、密态计算等关键技术攻关。支持使用商用密码技术保障工业领域数据安全。围绕工业数据泄露、窃取、篡改等风险，推动流量异常监测、攻击行为识别、事件追溯和处置等产品研发。加强面向工业云、工业大数据、工业互联网平台等新兴应用的数据安全架构设计。支持工业领域数据安全“产品+服务”供给模式创新。

10. 促进应用推广和供需对接。加大多方安全计算、数据防勒索、数据溯源、商用密码等技术产品在工业领域的试点应用。组织遴选一批在各行业具有广泛应用价值的通用数据安全技术和产品，打造一批面向行业、面向场景、面向中小企业的数据安全解决方案，形成一批工业领域数据安全典型案例，分行业、分地区开展宣传推广。推动各行业利用主题沙龙、路演等渠道开展数据安全技术产品和服务供需对接活动。发挥数据安全产业公共服务平台作用，强化信息共享、资源对接等服务。

11. 建立健全人才培养体系。面向不同行业、岗位、层级数据安全工作需求，推动专业化、特色化数据安全教材课程开发，规范化开展职业人才资格认定。支持产学研用各方加强合作，依托培训中心、实训基地、网络学习平台等联合培养复合型管理人才和实战型技能人才，通过技能竞赛、技术交流、学习进修、岗位练兵等形式持续促进人才知识更新和能力提升。鼓励工业企业建立健全数据安全绩效评价机制，加强数据安全人才激励。

三、保障措施

- （一）加强组织协调。工业和信息化部加强工作统筹，做好与国家数据安全工作协调机制的衔接。各地工业和信息化主管部门负责组织实施本地区实施方案。鼓励各地结合实际制定细化工作方案，加强与相关部门合作，确保目标

任务落实。充分发挥高校、科研院所、第三方机构等在实施方案宣贯、手段建设指导、技术交流合作、成果应用推广等方面的专业作用，引导企业加强数据安全能力建设。

（二）加大资源保障。统筹利用现有资金渠道，加大工业领域数据安全工作投入，支持关键核心技术攻关和公共服务平台建设。深化产融合作，支持数据安全企业参与“科技产业金融一体化”专项，通过国家产融合作平台获得便捷高效的金融服务。鼓励各地将数据安全纳入地方工业领域数字化转型发展相关规划，在支持数字化、网络化、智能化等项目时，同步明确数据安全要求。引导企业在信息化建设中为数据安全防护安排一定比例资金。

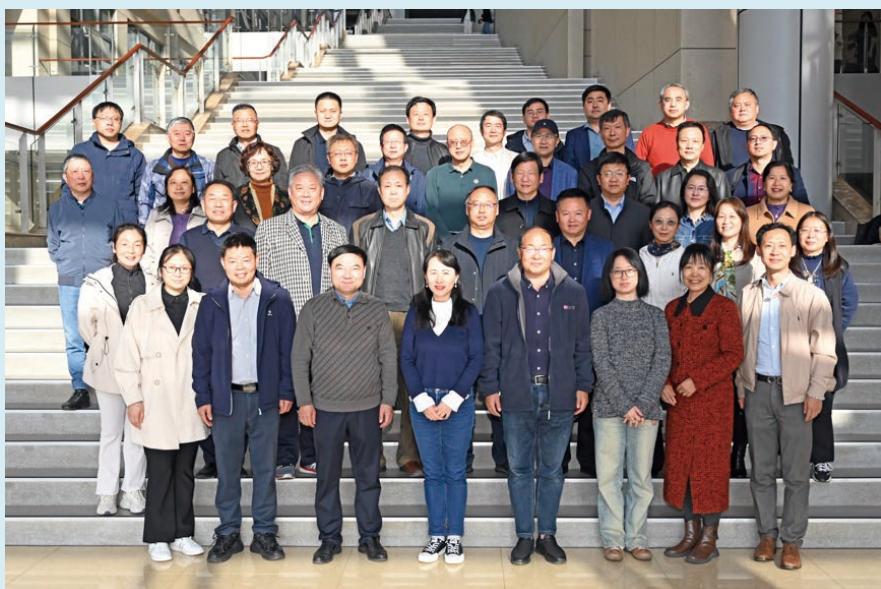
（三）强化成效评估。各行业、各地区及时跟踪调度实施方案落实情况，总结经验做法，评估工作成效，加强沟通交流，及时报告重大进展情况或问题。工业和信息化部对工作推动有力、取得明显成效的地区、企业和单位予以表扬，对优秀经验做法加强提炼总结和推广应用。

（四）做好宣传引导。综合利用产业活动、国际合作等方式，宣传普及工业领域数据安全理念和举措，提高地方、企业和公众对工业领域数据安全的认可度。充分调动行业协会、学会、产业联盟等力量，引导企业加强自律、凝聚共识，营造行业数据安全保护良好氛围。

学会动态 ●

“新大陆杯”2024年江苏省大学生计算机设计大赛执委会/专家委工作会议在宁召开

2024年3月29日，江苏省大学生计算机设计大赛执委会、专家委40多位领导专家们集聚南京医科大学江宁校区召开了“新大陆杯”2024年江苏省大学生计算机设计大赛（以下称为“省赛”）执委会/专家委工作会议。





基于标记分布学习的 K 近邻分类

——2023 年江苏省计算机学会优秀博士论文奖

作者：王靖

指导老师：耿新教授

单位：东南大学计算机科学与工程学院

论文摘要

K 近邻算法是一个简单且高效的机器学习算法，自从提出以来就受到了研究人员的广泛关注，并已经成功应用到了多个领域，包括数据挖掘、计算机视觉、自然语言处理、以及生物学等。K 近邻算法是一种懒惰学习算法，没有训练过程，只需要保留整个训练集数据用于预测过程。在预测时，给定一个测试示例，首先找到该示例的 K 个最近邻，并通过投票的方式决出预测标记。因此，该算法至少存在三个关键的挑战，包括存储开销大、预测代价高、以及 K 值选择难。尽管现有工作已经提出了许多改进的 K 近邻算法，但是鲜有能够同时解决以上三个挑战。本文的研究动机是解决以上提到的 K 近邻算法的所有挑战。

本文借助归纳学习并首次将标记分布学习这一新型机器学习范式应用到了 K 近邻分类中，能够同时解决了 K 近邻算法的三个挑战。具体工作如下：

1) K 近邻标记分布学习。提出了两个新的 K 近邻分类算法 KNN-LDL 与 $K^*NN-LDL$ 。在训练阶段，KNN-LDL 利用标记分布学习算法学习训练示例的 K 近邻标记分布；在预测阶段，KNN-LDL 直接利用学得的标记分布学习模型进行预测，无需保留训练集数据也无需进行 K 近邻搜索。此外， $K^*NN-LDL$ 进一步考虑了 K 值选择。首先，该算法自适应地为每个训练示例选择不同的 K 并生成 K^* 近邻标记分布。接着，该算法学习 K^* 近邻标记分布得到一个标记分布学习模型，并直接利用该模型进行分类预测。因此， $K^*NN-LDL$ 算法可以同时解决 K 近邻分类算法的三个挑战。实验结果验证了 KNN-LDL 取得了与 K 近邻分类算法可比的分类性能，显著降低了存储开销与预测过程时间开销，并且 $K^*NN-LDL$ 取得了更好的分类结果。

2) 重加权大间隔 K 近邻标记分布学习。改进了 KNN-LDL 与 $K^*NN-LDL$ 算法并设计了两个新的 K 近邻分类算法 KNN-LDLRWLM 与 $K^*NN-LDLRWLM$ 。KNN-LDL 与 $K^*NN-LDL$ 直接利用标记分布学习模型进行分类，忽略了标记分布学习与分类目标存在不一致性。标记分布学习旨在学习整个标记分布，而分类只关注于标记分布中描述度最高的标记，这可能导致学到的标记分布学习模型具有次优的分类性能。为了解决这个问题，KNN-LDLRWLM 与 $K^*NN-LDLRWLM$

设计了一个重加权机制并在标记分布学习中引入大间隔。实验结果表明了 KNN-LDLRWLM 与 K^*NN -LDLRWLM 取得了更好的分类性能。

3) K 近邻标记分布学习机。进一步改进前面提出的算法并提出了两个新的 K 近邻分类算法 KNN-LDLM 与 K^*NN -LDLM。首先，提出了标记分布间隔理论用于建立标记分布学习与分类的关系。接着，KNN-LDLM 与 K^*NN -LDLM 根据该理论直接优化分类 0/1 损失，既避免了学习目标不一致性又提高了分类性能。理论分析结果证明了提出的算法具有更紧的泛化误差界。其次，实验结果表明了 KNN-LDLM 与 K^*NN -LDLM 比前面设计的算法取得了更优的分类性能。

专家推荐语

K 近邻算法简单且高效，具有广泛应用。然而，传统 K 近邻算法存在存储开销大、预测代价高、近邻数选择难三个固有挑战。现有工作已经提出了较多改进的 K 近邻算法，但大多只针对其中一个或两个挑战，鲜有能够同时解决以上三个挑战。针对上述问题，论文首次将标记分布学习这一新的学习范式引入到 K 近邻分类中，利用标记分布学习改进传统 K 近邻算法。论文将 K 近邻算法的本质归咎为 K 个近邻的类别构成标记分布，创新性地利用标记分布学习算法学习 K 近邻标记分布。论文基于标记分布学习设计了三个改进的 K 近邻算法，在保证了 K 近邻分类算法泛化性的同时成功解决了三个固有挑战，并可应用在大规模数据集上，取得了突出的研究成果，具有显著的理论创新与算法创新。此外，论文还拓展了标记分布学习理论，提出了标记分布分类学习理论，填补了标记分布学习研究中的一个重要理论空白，为后续基于标记分布学习的研究建立了理论基础，并对标记分布学习算法的设计有重要的理论指导意义。最后，论文在高水平学术论文发表方面也取得了显著成效。

论文看点

1、针对 K 近邻算法存在的存储开销大、预测代价高、近邻数选择难三个挑战，提出基于标记分布学习算法学习 K 近邻标记分布，设计了两个改进的 K 近邻算法 KNN-LDL 与 K^*NN -LDL 算法，在显著降低存储开销与预测代价的情况下实现近邻数的自适应选择。

2、针对以上改进的 K 近邻算法在学习 K 近邻标记分布时可能忽略真实的标记，导致算法分类精度下降，引入了重加权与大间隔机制，提出了具有强泛化性能的 KNN-LDLRWLM 与 K^*NN -LDLRWLM 算法，进一步提升了算法的分类精度。

3、针对分类与标记分布学习的优化目标不一致性问题，提出了标记分布间隔理论，并基于该理论设计了直接优化 0/1 损失的 KNN-LDLM 与 K^*NN -LDLM 算法。理论分析结果证明了这两个算法具有更紧的泛化误差界，并在实验中也取得了更优的分类精度。

K 近邻标记分布学习

针对 K 近邻算法的三个挑战，研究人员已经提出多个改进方案。然而这些改进的 K 近邻算法大多只针对一个或两个挑战，并不能同时解决以上提到的三个挑战，甚至针对其中一个挑战的改进算法有可能加剧其它挑战。本文摒弃了



既有改进算法的思路，从 K 近邻分类算法的本质出发，即非参数估计，提出了 K 近邻标记分布学习，主要受到以下两点观察启发：首先，K 近邻分类算法本质上是一种非参数估计方法，统计 K 个近邻的类别频率分布作为条件概率分布的估计；其次，标记分布学习旨在学习一个从示例到标记分布的映射函数，而 K 近邻类别频率分布可看作标记分布，因此标记分布学习算法可直接学习 K 近邻类别频率分布。K 近邻标记分布学习的基本思路是为 K 近邻算法添加一个训练过程，让参数模型（即标记分布学习模型）“学会”非参数估计，并在预测过程中直接利用学得的参数模型进行分类预测。因此，训练过程完成后无需再进行 K 近邻搜索也无需保留训练数据。

算法的训练过程根据每个训练示例的 K 个近邻的类别标记生成 K 近邻标记分布，如图 1 所示，对于每个训练示例，首先找到其在训练集中的 K 个近邻，接着统计 K 个近邻的类别的频率，从而生成该训练示例的 K 近邻标记分布。其次考虑到 K 值选择问题，提出了自适应 K 近邻标记分布生成，如图 2 所示。对于每个训练示例，持续增加 K 值并计算近邻标记分布直到收敛。具体地，从最小的 K_{min} 开始以固定步长持续增加直至最大的 K_{max} ，计算对应的 K 近邻标记分布；给定一个阈值，选取 Jeffrey 散度判断 K 近邻标记分布是否收敛；当收敛时，选取连续的两个 K 近邻标记分布的平均值进行平滑，生成 K^* 近邻标记分布。接着，利用既有的基于最大熵的标记分布学习算法直接学习生成的 K 近邻标记分布与 K^* 近邻标记分布，分别提出了两个 K 近邻标记分布学习算法 KNN-LDL 与 $K^*NN-LDL$ 。

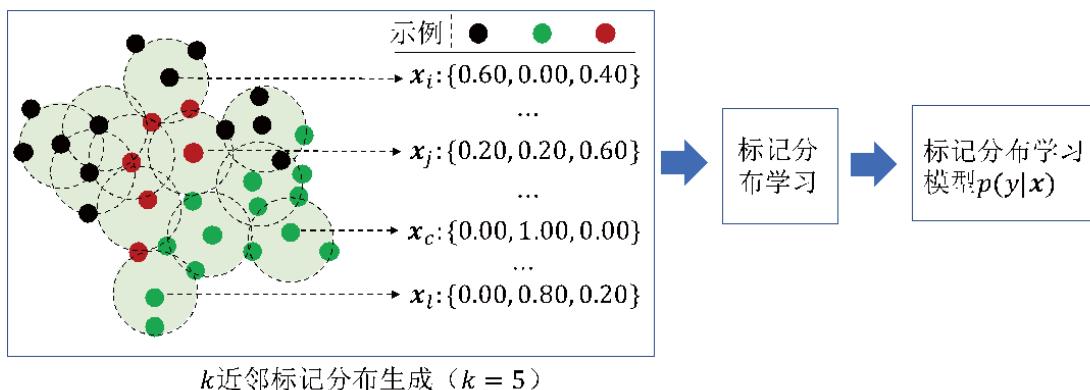


图 1 K 近邻标记分布生成示意图

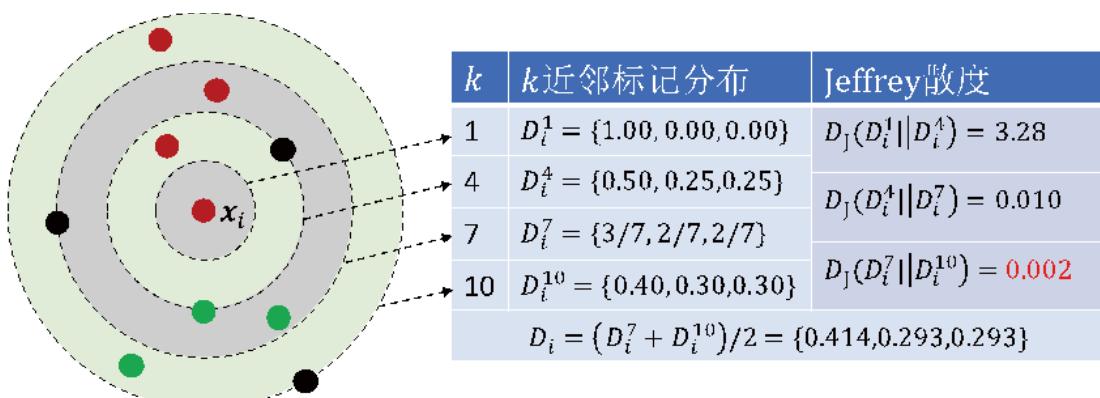


图 2 自适应 K 近邻标记分布生成

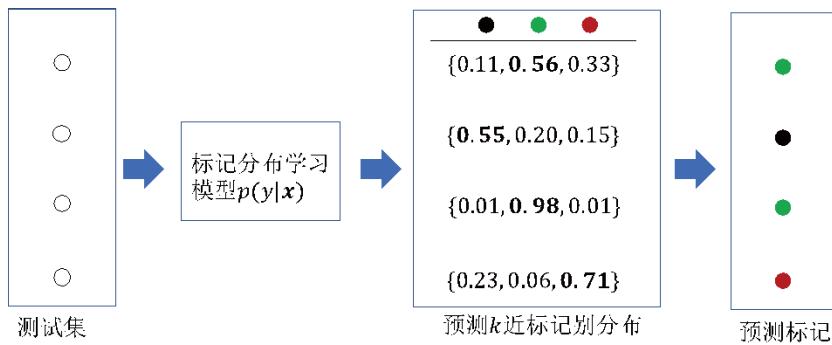
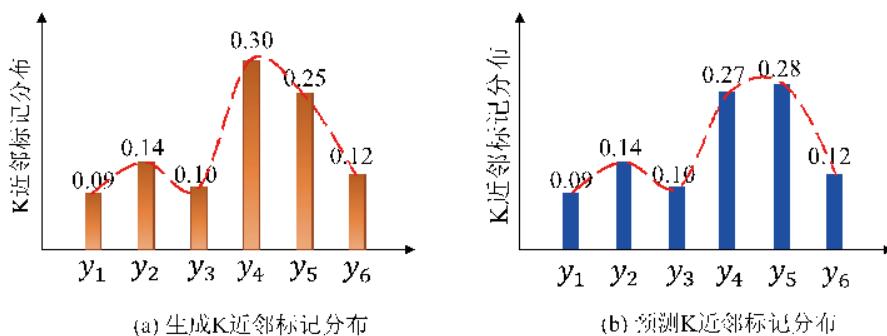


图 3 预测过程示意图

KNN-LDL 与 K^* NN-LDL 的训练过程学得标记分布学习模型已经“学会”非参数估计，可直接用于预测过程。如图 3 所示，给定一个测试示例，首先基于训练过程学得的标记分布学习模型直接预测其 K 近邻标记分布，接着选取其中最大的类别作为预测类别。因此，整个预测过程无需存储训练集也不需要进行 K 近邻搜索。其次，考虑到 K^* 近邻标记分布生成过程能够自适应地为每个训练示例选择合适的 K 值，因此提出的 K^* NN-LDL 算法能够同时解决 K 近邻算法存在的三个挑战。实验结果验证了 KNN-LDL 取得了与 K 近邻分类算法可比的分类性能，并且显著降低了存储开销与预测过程时间开销；其次， K^* NN-LDL 因为引入了自适应 K 值选择机制，取得了更好的分类结果，甚至会超过 K 近邻算法的分类精度。

重加权大间隔 K 近邻标记分布学习

尽管 K 近邻标记分布学习算法 K^* NN-LDL 能够同时解决 K 近邻分类算法面临的三个挑战，但是直接利用既有标记分布学习算法学习 K^* 近邻分布，未考虑到分类与标记分布学习目标的不一致性。具体地，标记分布学习（训练过程）的目标在于学习整个标记分布，而分类（预测过程）只关注描述度最高的标记，这可能导致学得的模型虽然能够较好地预测标记分布，但是在用于分类测试时具有较差的分类精度。对于 KNN-LDL/ K^* NN-LDL 而言，虽然学得的模型能够较好地预测 K 近邻标记分布 / K^* 近邻标记分布，但是在用于测试分类时可能存在次优的分类精度。如图 4 所示，预测 K 近邻标记分布与生成的 K 近邻标记分布之间的 KL 散度仅为 0.003，即预测标记分布接近真实的标记分布。然而，真实的标记为 y_4 ，预测的标记为 y_5 ，分类过程产生了错误。

图 4 K 近邻标记分布学习面临学习目标不一致性示例



针对以上问题，设计了重加权与大间隔机制，在学习 K/K^* 近邻标记分布的同时更加关注特定分布以及标记，从而提高算法的分类性能。两个机制的描述具体如下：

1) **重加权机制**：研究发现对于整体分布不太均匀的 K 近邻标记分布（例如单峰分布），真实标记（即最高标记）描述度占比较高且与其它标记的描述度差的多，不易被超过，此时分类的容错度较高，学习目标不一致性不容易发生。相反，对于整体分布较为均匀的 K 近邻标记分布，真实标记的描述度与其它标记的描述度差的不多，容易被超过。因此，此时分类的容错度低，学习目标不一致性更容易发生。综上，从分类角度出发，均匀 K 近邻标记分布比不均匀 K 近邻标记分布更难学。为了提高 K 近邻标记分布学习算法的分类性能，学习过程应该更加关注整体分布较为均匀的 K 近邻标记分布。信息熵可以用来衡量 K 近邻标记分布的整体趋势：整体分布越均匀信息熵越大，反之则信息熵越小。因此，本文借助信息熵对示例进行加权，对于一个特定的训练示例，其权值等于对应的 K/K^* 近邻分布的信息熵。

2) **大间隔机制**：为了提升分类性能，需要在学习整体 K/K^* 近邻标记分布时更加关注于真实的标记（即最高标记）。为此，本文在预测 K/K^* 近邻标记分布中引入大间隔，使得预测标记分布中真实标记的标记描述度比其它标记高一个间隔。

本文在 K 近邻标记分布学习算法 KNN-LDL 与 $K^*NN-LDL$ 中引入重加权与大间隔机制，进一步提出了重加权大间隔 K 近邻标记分布学习算法 KNN-LDLRWLM 与 $K^*NN-LDLRWLM$ 。实验结果验证了重加权与大间隔机制有助于解决学习目标不一致性，提高了既有标记分布学习算法的分类精度；此外，KNN-LDLRWLM 与 $K^*NN-LDLRWLM$ 算法分别取得了比 KNN-LDL 与 $K^*NN-LDL$ 更优的分类性能。

K 近邻标记分布学习机

上面提出的重加权大间隔 K 近邻标记分布学习设计了一个重加权的启发式机制，并引入大间隔机制来缓解分类与标记分布学习目标的不一致性。进一步，本文提出 K 近邻标记分布学习机算法，构建了标记分布间隔理论，并基于该理论直接优化 0/1 损失，从而提升算法的分类精度。

标记分布间隔理论：给定一个标记分布，标记分布间隔定义为最高标记与次高标记的描述度的差。例如给定标记分布 $[0.5, 0.1, 0.3, 0.1, 0.1]$ ，标记分布间隔为 0.5（最高标记描述度）减去 0.3（次高标记描述度）等于 0.2。标记分布间隔的物理意义在于反映了最高标记与剩余标记是否分的开，即标记分布间隔越大，分的越开，反之则分的越不开。基于该定义，构建了标记分布间隔理论：给定一个标记分布，当预测的标记分布与其的绝对值距离小于等于标记分布间隔时，则预测的标记分布中最高标记即为真实的标记，也就是说此时的分类损失等于 0。

标记分布间隔理论给出了分类正确的充分条件，即预测的标记分布与真实标记分布的绝对值距离小于等于标记分布间隔。基于此，本文定义了两个损失函数：- 不敏感损失与自适应间隔损失，在学习 K 近邻标记分布过程中直接优化 0/1 损失，提出了 K 近邻标记分布学习机算法 KNN-LDLM 与 $K^*NN-LDLM$ ，解决了标记分布学习与分类的优化目标不一致的问题，并进一步提升了算法的分类精度。理论分析结果证明了 K 近邻标记分布学习机算法具有更紧的泛化误差界。其次，实验结果表明了 KNN-LDLM 与 $K^*NN-LDLM$ 比前面设计的算法取得了更优的分类性能。

总结与展望

本文针对 K 近邻分类算法存在的存储开销大、预测代价高、以及 K 值选择难三个挑战，以及改进的 K 近邻算法

的不足，将标记分布学习这一新型机器学习范式应用到了 K 近邻分类，同时解决了 K 近邻分类算法面临的三个挑战。具体工作如下：

1) 研究提出了 K 近邻标记分布学习算法 KNN-LDL，借助标记分布学习算法学习 K 近邻标记分布，并在预测阶段直接利用学得模型进行预测，无需存储训练数据也不需要进行 K 近邻搜索。此外，还提出了 $K^*NN-LDL$ 算法，引入了 K^* 近邻标记分布生成过程，能够自适应地为每个示例生成最优的 K^* 近邻标记分布。因此， $K^*NN-LDL$ 能够同时解决 K 近邻面临的三点挑战。实验结果验证了 KNN-LDL 取得了与 K 近邻分类算法可比的分类性能，显著降低了存储开销与预测过程时间开销，且 $K^*NN-LDL$ 取得了更好的分类精度。

2) 研究提出了重加权大间隔 K 近邻标记分布学习算法 KNN-LDLRWLM 与 $K^*NN-LDLRWLM$ ，通过引入重加权与大间隔机制，缓解了标记分布学习与分类目标的不一致性，提高了算法的分类精度。实验结果表明了 KNN-LDLRWLM 与 $K^*NN-LDLRWLM$ 取得了更好的分类性能。

3) 研究提出了 K 近邻标记分布学习机算法 KNN-LDLM 与 $K^*NN-LDLM$ ，构建了标记分布间隔理论，并基于该理论在标记分布学习过程中直接优化 0/1 损失，既避免了标记分布学习与分类目标的不一致性，又提高了算法的分类性能。实验结果验证了 KNN-LDLM 与 $K^*NN-LDLM$ 取得了最优的分类精度。

尽管本文工作能够同时解决 K 近邻分类所面临的三个挑战，但是也存在着一些不足。例如 K 近邻标记分布生成过程的计算复杂度较高为 $O(n^2)$ ，在处理大规模数据时需要较长的计算时间，将成为本文算法的性能瓶颈。此外，本文工作中的标记分布学习过程完全独立于 K 近邻标记分布生成过程，忽略了 K 近邻标记分布中可能存在的特殊结构，例如稀疏性、多峰等，而基于通用的标记分布学习算法直接进行学习可能导致学到的模型具有的次优的性能。将来工作将着重考虑这两点问题。

作者简介



王靖，于 2021 年 12 月在东南大学获得软件工程博士学位，现为东南大学计算机科学与工程学院助理研究员，长期从事机器学习、数据挖掘领域研究，研究成果发表于 IEEE TPAMI、IEEE TNNLS、ICML、AAAI、IJCAI 等国际机器学习领域会议和期刊。获得江苏省优秀博士学位论文奖、吴文俊优秀博士学位论文（提名）奖，主持国家自然科学基金一项、江苏省自然科学基金一项。Email: wangjing91@seu.edu.cn

团队介绍：“模式学习与挖掘实验室”（简称 PALM）隶属于新一代人工智能技术与交叉应用教育部重点实验室，实验室主任耿新教授是东南大学首席教授、东南大学研究生院常务副院长、国家杰出青年科学基金获得者。目前实验室中包括 5 位教授、13 位副教授、1 位讲师、以及 3 位助理研究员。团队成员近年来入选国家杰青 2 人、青年长江学



者 1 人、国家优青 2 人、江苏省杰青 1 人，形成了一个结构合理、锐意创新、朝气蓬勃的学术梯队。PALM 近年来承担了大量科研项目，包括 2 项国家重点研发计划课题、2 项国家杰青项目、2 项国家优青项目、8 项国家自然科学基金面上项目、14 项国家自然科学基金青年基金项目等国家级项目，累计纵向科研经费超过 2300 万，此外，还和联想、华为等企业展开产学研合作，累计横向科研经费到账超过 1000 万。已发表 TPAMI、TKDE、TIP、ICML、NeurIPS、CVPR、IJCAI、AAAI 等人工智能顶级期刊 / 会议论文 130 余篇。培养的研究生已获博士学位的 9 人，已获硕士学位的 94 人，其中 1 人获中国计算机学会 (CCF) 优秀博士论文奖，2 人获江苏省优秀博士论文奖，4 人获江苏省优秀硕士论文奖。

学会动态 ●

全国青少年人工智能教育行业发展大会在上海盛大召开

为全面贯彻 2024 两会精神，鼓励更多青少年在电子、信息和人工智能等高新领域进行学习、探索、研究和实践，加强省市间交流，2024 全国青少年人工智能教育行业发展大会于 4 月 1 日在上海世博展览馆成功举行，本次大会是依托于江苏省计算机学会主办的 2023 江苏青少年人工智能教育行业发展大会而发起的全国性的行业发展交流大会，由全国工商联教育商会、全国高等院校计算机基础教育研究会共同主办。来自全国人工智能教育行业的专家、老师 400 多人在上海参加了本次会议，同时 5.3 万人次线上参会。



科研路上披荆斩棘，做“智能原生物联网”开拓者

——2023年江苏省计算机学会青年科技奖获得者王帅教授

个人简介

王帅，东南大学青年首席教授，博士生导师，计算机工程系系主任，入选国家级青年人才项目。担任中国计算机学会大数据专家委员会执行委员、物联网专委会执行委员等。曾获得中国电子学会优秀科技工作者、ACM南京分会新星奖等荣誉。主要研究领域为智能原生物联网，在 NSDI、MobiCom、SenSys、ACM SIGKDD、IEEE RTSS、IEEE TMC、WWW、IEEE TKDE、UbiComp 等国内外知名期刊和会议上发表论文 90 余篇，其中第一作者 / 通讯作者 50 余篇。主持国家科技创新 2030 重大项目课题 1 项、某国家级智能专项 1 项、国家重点研发计划项目子课题 1 项、国家自然科学基金项目 2 项以及国家级青年人才项目 1 项。



开拓创新，新领域结出新成果

针对物联网设备逐步拥有基础 AI 计算能力的新趋势，王帅带领研究团队提出“智能原生物联网”的新型范式。从人工智能原生的角度重新思考传统物联网的感知 - 传输 - 计算架构，将人工智能技术作为基础性构成要素深度融合至物联网的体系设计中。攻关智能原生的多模态融合感知、跨技术通信和云边端协同计算的基本原理与关键核心技术，相关工作取得了一系列研究成果，在国内外知名期刊和会议上发表论文 90 余篇，包括 CCF A 类论文 40 余篇，获得 RTSS 杰出论文奖、WWW 最佳论文提名奖、ICNP 最佳论文



候选奖、SpaCCS 最佳论文奖、ISPA、ICA3PP 最佳学生论文奖以及电子学会物联网专委会优秀论文奖等奖项。相关研究成果被马里兰大学、苏黎世联邦理工学院的《Networked Embedded Systems》《Smart City and Big Data》等课程引入教材。

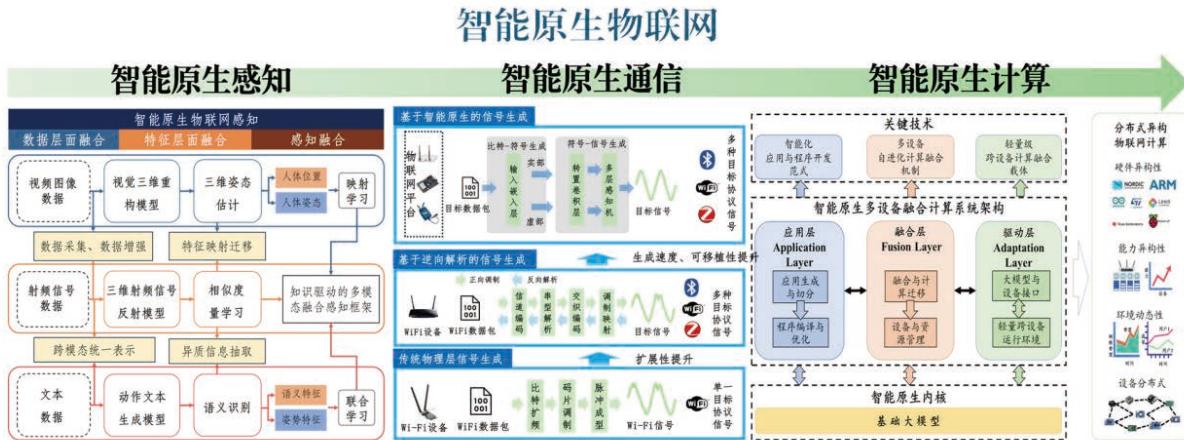


图 1 智能原生物联网

知行合一，新研究孵化新应用

王帅积极推进研究成果转化实际应用，面向国家建设应急物资物流保障体系的重大需求，解决城市协同管理与智慧物流物资调配优化过程中存在的多项技术难题，与京东、中天互联等知名开展深入合作，将“智能原生物联网”的研究成果应用于智慧工业、智慧城市、智慧物流等领域，积极推动应用落地。相关技术产出已成功应用于国家级应急资源管理综合平台、京东物流应急物流管理规划平台、浙江省瓶装燃气供应链实时监测、苏州市城市地下管廊运营等诸多业务场景中，大幅降低了平台的运营成本、提高了物流智能化程度和智能化调度效率、增强了国家对应急物资需求的预测和调度能力，在江苏省疫情、台风灾害等应急事件时的灾情演化推演、物资供需预测、物流供应保障等方面中发挥了重大作用。



图 2 智能原生物联网的部署应用：国家应急资源管理平台（左）、京东应急物流平台（右）

立德树人，新理念培育新人才

王帅秉持“思政引领·科研顶天·工程落地”育人理念，聚焦国家战略需求，深化产教融合，为党和国家培养工程技术领域高层次复合人才。在科研上鼓励同学追求“科研顶天”，潜心开展物联网基础理论研究，向前沿领域开拓创新。在实践上引导同学着眼国家需求，构建高效实用的物联网应用系统，以重大工程攻关项目为依托实现“工程落地”。工作以来培养硕、博士 73 人，指导学生斩获“互联网+”大学生创新创业大赛国家铜奖 1 次、江苏省金奖 1 次、银奖 3 次，获江苏省“互联网+”大学生创新创业大赛优秀指导教师荣誉称号。进行有针对性的课程教学，面向本科生开设基础理论课程，扎实学科基础；面向研究生开设前沿研讨课程，引导科学探索。因为教学成果优异，曾国家级教学成果奖二等奖、东南大学优秀班主任标兵等荣誉。



图 3 国家级教学成果奖二等奖

学会动态

福建省计算机学会副理事长刘漳辉一行到我会交流座谈

4月26日上午，福建省计算机学会副理事长、法人代表，福州大学计算机学院刘漳辉一行到我会进行交流座谈。本次交流活动围绕青少年人工智能与科技教育发展建设、国际合作交流、青少年科技人才培养等方面进行深入交流和探讨。江苏省计算机学会秘书处和青少年信息与智能教育专委会相关人员参与座谈。





云存储中数据完整性审计技术研究

——2023年江苏省计算机学会优秀博士论文奖

作者：王珏

指导老师：吕建

单位：南京大学计算机科学与技术系

论文摘要

近年来，智能手机飞速发展，成为了日常工作、生活不可或缺的工具，而运行在其上的移动应用也拥有了大量的用户。移动应用具有有别于传统软件的特性，即以图形界面为中心、事件驱动、环境感知，并且执行机制复杂。同时，随着移动应用的飞速发展，其规模与复杂度快速增长，且版本迭代迅速。这一发展趋势为移动应用的质量保障带来了巨大的挑战。

为了保证用户体验，开发者必须充分保障发布的移动应用的质量。目前，工业界普遍采用人工测试的方法来保障移动应用的质量，这一方法需耗费大量人力、时间等测试资源，且易于出错，在现代移动应用规模与复杂度快速增长、且迭代迅速的这一发展趋势下，已无法有效保障移动应用的质量。因而，如何自动化测试移动应用，检测其潜在的缺陷，以替代人工测试保障移动应用质量，是一项具有现实意义的研究课题。移动应用的自动测试为一动态过程，且依赖于两个关键技术，即缺陷自动触发与缺陷自动判定。

目前，已有许多工作专注于移动应用自动测试这一课题，其中大部分工作专注于缺陷自动触发这一关键技术。然而，移动应用中存在一类深层逻辑缺陷，即隐藏较深的由于代码逻辑错误导致的应用功能性（functional）缺陷。这类深层逻辑缺陷的“深层”主要体现在多事件到达深层状态、外部环境数据深层传递、及内部多执行流深度耦合。由于其深层的特性，深层逻辑缺陷难以被自动测试工具触发。同时，逻辑缺陷触发时的症状也不尽相同，许多逻辑缺陷不会导致移动应用崩溃，而是表现为其他症状，如图形界面显示错误等。这一类非崩溃的逻辑缺陷，很难在没有人工参与的情况下自动判定。

基于此，本文围绕移动应用深层逻辑缺陷的自动检测，开展了以下工作：深入进行现有工作调研。本文首先进行了系统且深入的文献调研，收集已有的移动应用自动测试相关工作进行分析。对于针对缺陷自动触发的工作，我提出一个统一的描述框架，从三个维度描述每份工作，并讨论比较他们的贡献与优缺点。对于针对缺陷自动判定的工作，我同样对这些工作进行系统化分类，并讨论其贡献与不足。基于这些分析讨论，我得出了这两个关键技术邻域的一些

发展趋势和挑战。

针对深层逻辑缺陷的特征提出一系列移动应用深层逻辑缺陷自动触发方法。为了应对深层逻辑缺陷多事件到达深层状态特性带来的挑战，我发现探索应用深层状态的长且有意义的事件序列往往由一组执行应用基础功能的短事件序列片段组合形成。基于这一观察，我提出了 ComboDroid 框架，并对应实现全自动及半自动两个版本的原型工具，成功触发了真实世界应用中前所未知的深层逻辑缺陷。同时，为了应对环境数据深层传递特性为深层逻辑缺陷自动触发带来的挑战，我提出一种基于模型的传感器数据更新事件生成方法，以模拟外部运行环境。我使用这一方法方法扩展安卓应用能耗缺陷自动检测工具 GreenDroid，并成功检测到了 GreenDroid 无法识别的真实世界应用中的能耗缺陷。最后，为了应对深层逻辑缺陷多执行流深度耦合特性为深层逻辑缺陷自动触发带来的挑战，我提出基于数据依赖的内部执行流调度生成方法，以触发涉及并发的深层逻辑缺陷，并相应实现原型工具 AATT+，其在实验中成功触发了真实世界应用中的前所未知的并发缺陷。

针对非崩溃逻辑缺陷的特征提出一系列移动应用非崩溃逻辑缺陷自动判定方法。针对非崩溃逻辑缺陷的症状特征，我提出通过向种子事件序列中插入不影响其原有的图形界面效果的独立事件序列片段生成变异事件序列，并通过比较变异运行轨迹与其对应的种子运行轨迹，识别其中的独立元素性质违反，从而自动判定被触发的非崩溃逻辑缺陷。同时，针对非崩溃逻辑的统计特征，我提出通过扩展种子事件序列触发应用正常或异常的行为，并通过聚类算法相应识别异常行为。我分别将这两个方法实现为原型工具 Genie 与 Odin。实验结果显示，这两个方法均能够有效识别被触发的非崩溃逻辑缺陷，且具有互补的效果。

形成一个完整的移动应用深层逻辑缺陷自动检测工具。我借助上述技术，形成了一个完整的移动应用深层逻辑缺陷自动检测原型工具 Borr。同时，为了探索人工指导对移动应用深层逻辑缺陷自动检测技术的提升效果，我分别实现了全自动版本原型工具 Borrα 与在缺陷触发过程中借助少量人工指导的半自动版本原型工具 Borrβ。实验结果表明，Borr 的全自动及半自动版本相比其中的单个工具本身，能够更有效的触发并识别应用中潜在的深层逻辑缺陷，且其半自动版本 Borrβ 借助少量人工辅助，能够显著取得更好的效果。

专家推荐语

伴随移动互联网的发展，终端移动应用的质量与体验至关重要。王珏的博士论文在移动应用测试方面形成了较为完成和系统性的工作，包括基于移动应用深层逻辑缺陷触发的特征与挑战，提出了相应的三种缺陷自动触发方法。实验表明，上述三种方法可有效触发深层逻辑缺陷，并发现移动应用的难点质量问题。进一步提出了两项移动应用非崩溃逻辑缺陷的自动判定方法，实验表明，上述方法可有效识别非崩溃逻辑缺陷，并以此发现了多个前所未知的隐藏缺陷。王珏实现了覆盖测试用例生成与测试预言的完整系统，综合实验表明该原型工具能发现深层逻辑缺陷，并以更短的时间开销接近人类测试专家的水平。

王珏的论文同时兼具创新性、系统性和实用价值，同时受到了学术界和工业界的认可。其研究框架与观点论文发表于 CCF-A 类期刊《中国科学：信息科学》，技术论文发表于 ICSE、ESEC/FSE、OOPSLA 等 CCF-A 类重要会议，获得 Chinasoft 原型系统竞赛三等奖，专利“提高安卓应用测试覆盖率的测试用例分解组合方法和系统”在华为公司完成成果转化，估值 80 万元。



论文看点

过去 10 年，移动应用与移动互联网从根本上改变了我国人民的生活和消费模式，成为数字经济主战场的重要支柱。然而，相关产业的高速发展却带来了软件维护与质量保障迟滞落后的问题，轻则影响用户体验，重则威胁用户财产安全。

王珏的论文针对移动应用质量保障的难题，形成了一系列原创性技术，覆盖缺陷暴露（测试输入生成）和判定（测试预言）的全流程，系统性地为移动应用测试问题提供了新比较基准、新方法、新思路，并给出了完整的原型工具实现（获得 Chinasoft 原型系统竞赛三等奖），将相关技术整合为完整“开箱即用”工具，代码量约为 2.4 万行，并获得经同行评议的 Artifact Evaluation 徽章。研究框架与观点论文发表于 CCF-A 类期刊《中国科学：信息科学》、技术论文发表于 CCF-A 类软件工程领域旗舰会议 ICSE、ESEC/FSE 等，实现了成果在关键企业的落地转化。

王珏博士学位论文的主要技术贡献有：

1. 针对深层逻辑缺陷特征的自动缺陷触发方法。相比已有最好技术，ComboDroid 工具在大型应用上取得了多达 11.85% 的测试覆盖率提升，在被广泛应用的测试对象中找到前所未知的缺陷，并且能够结合少量人类领域知识，实现与人类专家相当甚至超过人类测试专家的表现。相关工作发表于软件工程研究领域 CCF-A 类旗舰会议 ICSE20，现已成为移动应用测试输入生成领域的代表性工作之一，被广泛用于比较基准。

2. 针对非崩溃逻辑缺陷特征的移动应用非崩溃逻辑缺陷自动判定方法。针对非崩溃逻辑缺陷的症状特征，分别提出通过向种子事件序列中插入独立事件序列片段，并通过比较运行轨迹自动判定非崩溃逻辑缺陷的方法，与针对非崩溃逻辑的统计特征，提出通过扩展种子事件序列通过聚类算法识别异常行为的方法，均能有效识别被触发的非崩溃逻辑缺陷，且具有互补的效果。相关工作发表于程序设计语言和软件工程领域 CCF-A 类重要会议 OOPSLA21 和 ESEC/FSE22，是世界上首次解决移动应用测试预言问题的原创探索性工作。

3. 移动应用深层逻辑缺陷的样本数据集。收集整理了开源社区受欢迎的真实世界移动应用上 52 个可复现的深层逻辑缺陷，并在此基础上设计实现了一套可统一评估自动检测工具缺陷检测效果的中间件，是世界上首个针对自动测试工具的缺陷检测能力，具有基础事实（ground-truth）的样本数据集。

王珏的系列工作也引起了业界的关注，相关专利“提高安卓应用测试覆盖率的测试用例分解组合方法和系统”已获授权，并完成了在华为技术有限公司的成果转化，技术估值约 80 万元人民币。

移动应用深层逻辑缺陷的自动触发技术

由于这一类逻辑缺陷深层的特性，他们难以被现有技术自动触发。深层逻辑缺陷的深层，是由于移动应用的特性，即以图形界面为中心、事件驱动、环境感知、及执行机制复杂导致的，主要体现在三个方面。

多事件到达深层状态。由于移动应用以图形界面为中心、事件驱动的特性，其存深层状态，需要长且有意义的事件序列按特定顺序执行应用多个功能才能到达。若深层状态相关代码存在逻辑错误，则会导致应用存在深层逻辑缺陷。

外部环境数据深层传递。由于移动应用环境感知的特性，外部环境数据在被接收后可能会被暂时存储，随后在深层状态被使用。若其中相关代码存在逻辑错误，如在深层状态预期读取使用的外部环境数据之前并未被存储，则会导致应用存在环境数据相关的深层逻辑缺陷。

内部多执行流深度耦合。由于移动应用执行机制复杂的特性，其在处理每个事件输入时，会涉及多个进程与线程

共同执行，这些进程与线程之间会存在大量的数据依赖关系。另外，处理不同事件的线程与进程也可能存在依赖，且可能被同时执行，如前一事件设置的定时任务线程在应用处理后一事件时被触发并同时执行。若这些相关代码存在涉及并发的逻辑错误，如未保证数据访问应具备的原子性等，则会导致应用存在并发相关的深层逻辑缺陷。

由于上述深层特性，深层逻辑缺陷往往隐藏在应用状态空间的深处，且需要特定的外部环境与内部执行流调度才能够触发，因而为缺陷自动触发技术带来挑战。

为了应对深层逻辑缺陷多事件到达深层状态特性带来的挑战，本文发现探索应用深层状态的长且有意义的事件序列往往由一组执行应用基础功能的短事件序列片段组合形成。基于这一观察，本文提出了 ComboDroid 框架，将生成长且有意义的事件序列这一任务分解为由获取用例和枚举 combos 组成的迭代循环，并对应实现全自动及半自动两个版本的原型工具。实验结果表明，全自动版本的 ComboDroid α 相比已有技术能够平均多覆盖约 4.6% 的代码，并成功触发 4 个前所未知的深层逻辑缺陷。同时，借助较少的人工，半自动版本 ComboDroid β 能够花费较少时间获得与测试专家相近的效果（仅相差 3.2% 的代码覆盖率）。

为了应对深层逻辑缺陷环境数据深层传递特性带来的挑战，本文提出一种基于模型的传感器数据更新事件生成方法，为每类传感器数据建立依照真实世界规律的正常模型与依照常见错误类型的错误模型，并依照两个模型生成基本符合真实世界规律，但存在短时错误的传感器数据，以模拟应用外部运行环境。本文使用基于模型的传感器数据更新事件生成方法扩展安卓应用能耗缺陷自动检测工具 GreenDroid，同时扩展更新其运行控制器中的 AEM 与应用框架接口模拟，使其支持新版本安卓应用。实验结果显示，本文的扩展工具 E-GreenDroid 能够在保留 GreenDroid 原有效果的同时检测到 4 个新版本安卓应用中 GreenDroid 无法检测的能耗缺陷。这一效果提升主要来源与本文的基于模型的传感器数据更新事件生成方法，证明其有效性。

为了应对深层逻辑缺陷多执行流深度耦合特性带来的挑战，本文提出本文的基于数据依赖的内部执行流调度生成方法，以触发涉及并发的深层逻辑缺陷。本文的方法首先在预处理阶段借助 E-GreenDroid 生成系统执行应用监听器代码的运行轨迹，并通过分析这些运行轨迹识别其中存在冲突访问点的冲突任务与相关事件。本文接着借助这些信息在生成阶段的一个深度优先状态探索中生成包含调度事件的事件序列枚举不同的冲突访问点执行顺序。本文的原型工具 AATT+ 相比已有技术能够更有效地触发真实世界应用中的潜在并发缺陷，其中包括 4 个前所未知的缺陷。

移动应用逻辑缺陷的自动判定技术

深层逻辑缺陷触发时的症状也不尽相同，同样为缺陷自动判定技术带来挑战。许多深层逻辑缺陷不会导致移动应用崩溃，而是表现为其他症状，如图形界面显示错误等。这一类非崩溃的逻辑缺陷，现有缺陷自动判定技术主要借助人工给定的判定标准进行自动判定。然而，由于真实开发过程中频繁的需求变更、快速的开发节奏，开发者很少会维护详细的功能需求，因而往往无法提供有效的判定标准。因而，目前开发者和测试人员只能依靠昂贵的人工检查来判定测试过程中触发的非崩溃深层逻辑缺陷。

基于移动应用中非崩溃逻辑缺陷在症状与统计上的特征，提出了两类非崩溃逻辑缺陷自动判定方法。的基于症状特征的移动应用非崩溃逻辑缺陷自动判定方法，通过向种子事件序列中插入不影响其原有的图形界面效果的独立事件序列片段生成变异事件序列，并通过比较变异运行轨迹与其对应的种子运行轨迹，识别其中的独立元素性质违反，从



而自动判定被触发的非崩溃逻辑缺陷。本文这一方法的原型工具 Genie，成功的 12 个真实世界的大型安卓应用上检测到了 34 个前所未知的非崩溃逻辑缺陷，这些缺陷是复杂的且存在时间较长。

基于统计特征的移动应用非崩溃逻辑缺陷自动判定方法，通过扩展校准后的种子事件序列触发应用正常或异常的行为，并通过聚类算法挖掘其中的 may belief，并相应识别异常行为。本文将这一方法实现为一个端到端的针对安卓应用的全自动工具 Odin。实验结果显示，Odin 成功报告了 21 个真实世界应用中的 40 个非崩溃逻辑缺陷，其中 5 个为前所未知的缺陷，并且这作为两份探索性的工作，本节中介绍的方法为自动判定移动应用非崩。

溃逻辑缺陷提供了可能的新方向，即化用蜕变测试 [128] 及“bugs as deviant behavior”思想 [53]，针对非崩溃逻辑缺陷独特的特征进行判定。在这一基础上，许多新的技术可以被用来提升这两个方法的效果，如使用考虑应用图形界面语义的元素独立关系识别算法增强 Genie 的效果，或使用图形界面以外的应用运行轨迹信息进行种子事件序列校准与 may belief 挖掘以提升 Odin 的效果等。些缺陷中很大一部分无法被 Genie 自动判定。

总结与展望

随着移动应用的快速发展，其规模与复杂度快速增长，且版本迭代迅速。为了保证用户体验，开发者必须充分保障发布的移动应用的质量。目前，工业界普遍采用人工测试的方法来保障移动应用的质量，这一方法需耗费大量人力、时间等测试资源，且易于出错，在现代移动应用规模与复杂度快速增长、且迭代迅速的这一发展趋势下，已无法有效保障移动应用的质量。因而，如何自动化测试移动应用，检测其潜在的缺陷，以替代人工测试保障移动应用质量，是一项具有现实意义的研究课题。特别的，移动应用中存在一类深层逻辑缺陷，即隐藏较深的由于代码逻辑错误导致的应用功能性 (functional) 缺陷，难以自动触发。同时，逻辑缺陷触发时的症状也不尽相同，许多逻辑缺陷不会导致移动应用崩溃，而是表现为其他症状，如图形界面显示错误等。这一类非崩溃的逻辑缺陷，很难在没有人工参与的情况下自动判定。本文调研了现有的研究工作，分析其特点与不足，并针对现有技术的特点与不足，以及移动应用中深层逻辑缺陷的特性，提出了一套有效的移动应用深层逻辑缺陷的自动触发与自动判定技术。具体工作如下：

针对深层逻辑缺陷的特征提出一系列移动应用深层逻辑缺陷自动触发方法。为了应对深层逻辑缺陷多事件到达深层状态特性带来的挑战，本文发现探索应用深层状态的长且有意义的事件序列往往由一组执行应用基础功能的短事件序列片段组合形成。基于这一观察，本文提出了 ComboDroid 框架，将生成长且有意义的事件序列这一任务分解为由获取用例和枚举 combos 组成的迭代循环，并对应实现全自动及半自动两个版本的原型工具。实验结果表明，全自动版本的 ComboDroid α 相比已有技术能够平均多覆盖约 4.6% 的代码，并成功触发 4 个前所未知的深层逻辑缺陷。同时，借助较少的人工，半自动版本 ComboDroid β 能够花费较少时间获得与测试专家相近的效果（仅相差 3.2% 的代码覆盖率）。同时，为了应对深层逻辑缺陷环境数据深层传递特性带来的挑战，本文提出一种基于模型的传感器数据更新事件生成方法，为每类传感器数据建立依照真实世界规律的正常模型与依照常见错误类型的错误模型，并依照两个模型生成基本符合真实世界规律，但存在短时错误的传感器数据，以模拟应用外部运行环境。本文使用基于模型的传感器数据更新事件生成方法扩展安卓应用能耗缺陷自动检测工具 GreenDroid [33]，同时扩展更新其运行控制器中的 AEM 与应用框架接口模拟，使其支持新版本安卓应用。实验结果显示，本文的扩展工具 E-GreenDroid 能够在保留 GreenDroid 原有效果的同时检测到 4 个新版本安卓应用中 GreenDroid 无法检测的能耗缺陷。这一效果提升主要来源

与本文的基于模型的传感器数据更新事件生成方法，证明其有效性。最后，为了应对深层逻辑缺陷多执行流深度耦合特性带来的挑战，本文提出本文的基于数据依赖的内部执行流调度生成方法，以触发涉及并发的深层逻辑缺陷。本文的方法首先在预处理阶段借助 E-GreenDroid 生成系统执行应用监听器代码的运行轨迹，并通过分析这些运行轨迹识别其中存在冲突访问点的冲突任务与相关事件。本文接着借助这些信息在生成阶段的一个深度优先状态探索中生成包含调度事件的事件序列枚举不同的冲突访问点执行顺序。本文的原型工具 AATT+ 相比已有技术能够更有效地触发真实世界应用中的潜在并发缺陷，其中包括 4 个前所未知的缺陷。

针对非崩溃逻辑缺陷的特征提出一系列移动应用非崩溃逻辑缺陷自动判定方法。针对非崩溃逻辑缺陷的症状特征，本文提出通过向种子事件序列中插入不影响其原有的图形界面效果的独立事件序列片段生成变异事件序列，并通过比较变异运行轨迹与其对应的种子运行轨迹，识别其中的独立元素性质违反，从而自动判定被触发的非崩溃逻辑缺陷。本文这一方法的原型工具 Genie，成功的 12 个真实世界的大型安卓应用上检测到了 34 个前所未知的非崩溃逻辑缺陷，这些缺陷是复杂的且存在时间较长。同时，针对非崩溃逻辑的统计特征，本文提出通过扩展校准后的种子事件序列触发应用正常或异常的行为，并通过聚类算法挖掘其中的 may belief，并相应识别异常行为。本文将这一方法实现为一个端到端的针对安卓应用的全自动工具 Odin。实验结果显示，Odin 成功报告了 21 个真实世界应用中的 40 个非崩溃逻辑缺陷，其中 5 个为前所未知的缺陷。同时，这两个工具具有互补的效果，在 10 个真实世界大型应用上合计报告了 32 个非崩溃逻辑缺陷，其中 Genie 与 Odin 分别单独报告了 14 与 8 个。

移动应用深层逻辑缺陷的样本数据集。收集整理了开源社区受欢迎的真实世界移动应用上 52 个可复现的深层逻辑缺陷，并在此基础上设计实现了一套可统一评估自动检测工具缺陷检测效果的中间件，是世界上首个针对自动测试工具的缺陷检测能力，具有基础事实（ground-truth）的样本数据集。

作者简介



第一作者：王珏，华为软件工程应用实验室高级工程师，主要研究方向为移动应用开发于质量保障、程序分析和测试。

E-mail:dz1633011@smail.nju.edu.cn



指导老师：



吕建，南京大学计算机科学与技术系教授，博士生导师，主要研究方向为软件自动化、面向对象语言与环境和并行程序的形式化方法。

E-mail: lj@nju.edu.cn

学会动态 ●

江苏省大学计算机课程虚拟仿真实验创新教学研讨会圆满召开

为深入贯彻落实党的二十大报告中关于“推进教育数字化”的重要部署，不断加深信息技术与教育教学深度融合，深入推动高校计算机实验教学改革与创新，进一步提升江苏省大学计算机实验课程高质量的教学工作，江苏省计算机学会于4月26日在南京召开了江苏省大学计算机课程虚拟仿真实验创新教学研讨会，来自南京大学、淮阴工学院、南通大学、江苏海洋大学、盐城工学院、宿迁学院和上海交通大学出版社等高校和企业的代表参加了本次会议。



面向超声造影的动态灌注表征学习

——2023 年江苏省计算机学会优秀硕士学位论文

作者：万鹏

单位：南京航空航天大学

指导老师：张道强

论文摘要

由癌症发生发展机制可知，血管生成是肿瘤生长、侵袭的基础，是评估肿瘤恶性程度、转移复发可能性的重要依据。超声造影 (Contrast-enhanced ultrasound, CEUS) 是目前唯一能够实时动态显示肿瘤微循环的影像技术，增强并显示肿瘤滋养血管分布及实质血供状态。血流灌注的动力学变化反映了肿瘤内部及周边组织癌细胞分布、血管生成及坏死情况。当前超声影像组学分析主要集中在二维静态超声，对动态超声造影中反映肿瘤病理特性的灌注特征挖掘有限。本文以动态灌注特征挖掘与融合为线索，提出了一系列基于机器学习算法的动态灌注表征学习方法，应用于组织血供评估和肿瘤定性诊断。动态灌注表征学习方法使得深度挖掘造影增强特征成为可能，并进一步提高超声造影临床诊断效能。本文主要研究内容包含以下四个方面：

(1) 针对肝脏不规则、周期性运动干扰，本文提出了基于运动估计的呼吸补偿方法 (Motion estimation-based respiratory compensation, RCME) 消除邻近组织回声干扰，用于定量评估造影增强水平随时间变化模式。为了有效表征肝脏及周边组织运动信息，所提出的方法首先应用最优传输理论，对常规灰阶超声图像中解剖组织灰度强度及位置联合建模，通过最优匹配映射估计肝脏运动信息。然后利用稀疏子空间聚类建模连续运动矩阵的多子空间结构，通过聚类提取参考位置超声造影子序列。与当前流行的运动校正算法相比，本文提出的方法能够更有效地补偿肝脏不规则运动，提高临床血供定量评估的可靠性，为后续挖掘动态灌注模式奠定基础。

(2) 针对肿瘤内部异质增强、周边浸润生长挑战，本文提出了动态灌注表征聚合网络 (Dynamic perfusion representation and aggregation network, DpRAN)，自动定位显著增强模式并融合全局增强特征，应用于动态超声造影病灶识别。为了有效表征不同时间尺度增强特征，所提出的方法引入灌注激励门建模相邻帧间造影增强形态变化，联合静态增强模式充分挖掘病变与正常组织间灌注差异。同时，本文采用分割置信度估计策略自动鉴别显著增强模式，并以此为引导信号聚合全局增强信息。与当前主流静态或动态分割算法相比，本文提出的 DpRAN 模型取得了更优异



的病灶识别性能，结果证明该模型能够有效挖掘病灶和正常组织动态灌注差异。

(3) 针对血供速率变化复杂、结构功能相似性不一致问题，本文提出了基于传输的解剖 - 功能度量学习方法 (Transport-based anatomical-functional metric learning, T-AFML)，联合度量常规灰阶超声和对比增强超声影像学相似性，辅助临床疾病诊断。为了有效表征解剖 - 功能超声影像特征并度量相似性，所提出的方法引入时序约束最优传输，联合增强时间、空间差异及先验诊断价值自动对齐局部增强时刻，比较增强差异并融合为全局灌注相似性度量。同时，本文采用基于模态选择的集成机制融合多模态相似性度量融合不同模态超声相似性度量。本文在肝癌患者数据集上验证模型，T-AFML 模型取得了更高的诊断准确性和敏感性，证明了该模型能够基于双模超声造影有效度量患者相似性。

(4) 针对增强形态多样性高、时空演化模式复杂带来的挑战，本文提出了层次化时间注意力网络 (Hierarchical temporal attention network, HiTAN)，融合诊断先验构建适用于超声造影的深度灌注分析模型。为了深度表征增强形态及其演化模式，所提出的方法通过门控循环单元显示建模不同层次诊断任务间依赖关系，并将增强表征学习和层次化结节识别集成到统一的框架中。其中，局部到全局时间聚合算子将全局增强特征嵌入局部关键增强模式，动态灌注信息融合延层次化预测路径展开。本文在甲状腺结节数据集上验证模型性能，与主流动态影像分析方法相比，本文提出的 HiTAN 模型取得了更可靠的甲状腺结节病理分型预测，证明了该模型能够有效挖掘与病理相关联的增强动力学特征。

专家推荐语

随着人工智能技术的不断发展，智慧超声诊疗成为临床和学术界研究热点之一。融合深度学习的智能超声辅助诊断技术有望提高诊断准确率、降低误诊率、缩短报告时间，满足日益增长的临床需求。超声造影 (Contrast-enhanced ultrasound, CEUS) 通过注入超声造影剂，显著增强来自肿瘤微血管的血流信号，以实时、动态的方式评估肿瘤生物学特性，广泛应用于多器官病变诊断等。近年来，深度学习方法很大程度上提高了超声造影诊疗效能。但与常规超声影像类似，超声造影仍然存在呼吸运动干扰、空时演化模式挖掘难等问题，本文以动态灌注特征挖掘与融合为线索，提出了一系列基于机器学习算法的动态灌注表征学习方法，应用于组织血供评估和肿瘤定性诊断。具体包括：1) 针对肝脏不规则、周期性运动干扰，论文提出了基于运动估计的呼吸补偿方法，消除邻近组织回声干扰，用于定量评估造影增强水平随时间变化模式；2) 针对肿瘤内部异质增强、周边浸润生长挑战，论文提出了动态灌注表征聚合网络，自动定位显著增强模式并融合全局增强特征，应用于动态超声造影病灶识别；3) 针对血供速率变化复杂、结构功能相似性不一致问题，论文提出了基于传输的解剖 - 功能度量学习方法，联合度量常规灰阶超声和对比增强超声影像学相似性，辅助临床疾病诊断；4) 针对增强形态多样性高、时空演化模式复杂带来的挑战，论文提出了层次化时间注意力网络，融合诊断先验构建适用于超声灌注增强形态表征及其动态演化模式建模；

作为一名年轻的学者已取得了较为突出的科研成绩，而其研究方向——超声灌注影像分析和疾病辅助诊断也具有重要的科学意义和应用前景。综上所述，推荐和支持万鹏博士申请江苏省计算机学会优秀博士生学位论文。

论文看点

随着人工智能技术的不断发展，智慧超声诊疗成为临床和学术界研究热点之一。融合深度学习的智能超声辅助诊断技术有望提高诊断准确率、降低误诊率、缩短报告时间，满足日益增长的临床需求。超声造影 (Contrast-enhanced ultrasound, CEUS) 通过注入超声造影剂，显著增强来自肿瘤微血管的血流信号，以实时、动态的方式评估肿瘤生物学特性，广泛应用于多器官病变诊断等。近年来，深度学习方法很大程度上提高了超声造影诊疗效能。但与常规超声影像类似，超声造影仍然存在呼吸运动干扰、空时演化模式挖掘难等问题，本文以动态灌注特征挖掘与融合为线索，提出了一系列基于机器学习算法的动态灌注表征学习方法，应用于组织血供评估和肿瘤定性诊断。具体包括：1) 针对肝脏不规则、周期性运动干扰，论文提出了基于运动估计的呼吸补偿方法，消除邻近组织回声干扰，用于定量评估造影增强水平随时间变化模式；2) 针对肿瘤内部异质增强、周边浸润生长挑战，论文提出了动态灌注表征聚合网络，自动定位显著增强模式并融合全局增强特征，应用于动态超声造影病灶识别；3) 针对血供速率变化复杂、结构功能相似性不一致问题，论文提出了基于传输的解剖 - 功能度量学习方法，联合度量常规灰阶超声和对比增强超声影像学相似性，辅助临床疾病诊断；4) 针对增强形态多样性高、时空演化模式复杂带来的挑战，论文提出了层次化时间注意力网络，融合诊断先验构应用于超声灌注增强形态表征及其动态演化模式建模；

作为一名年轻的学者已取得了较为突出的科研成绩，而其研究方向——超声灌注影像分析和疾病辅助诊断也具有重要的科学意义和应用前景。综上所述，推荐和支持万鹏博士申请江苏省计算机学会优秀博士学位论文。

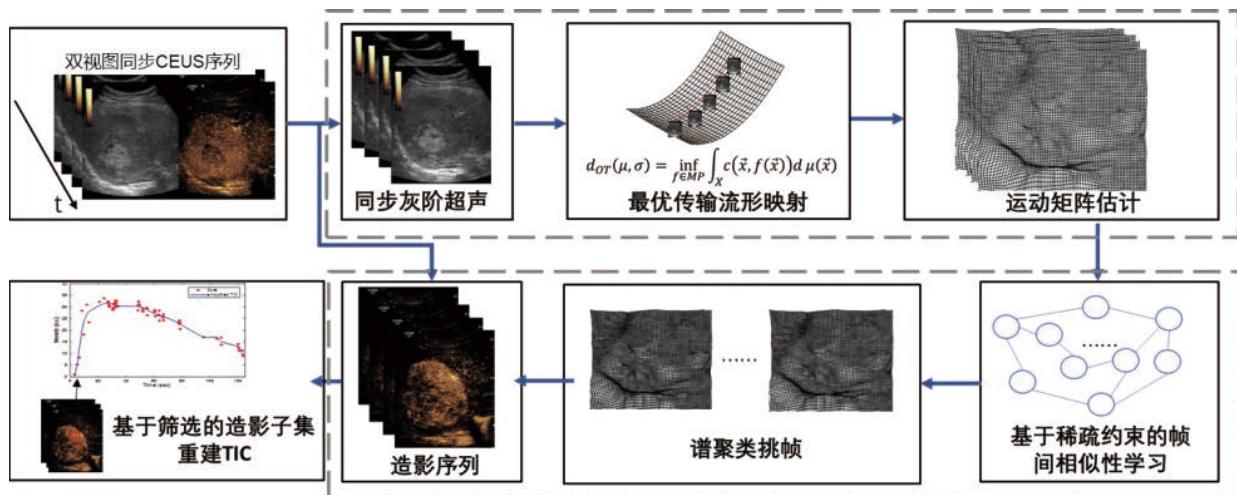


图 1 基于运动估计的肝脏呼吸运动补偿

2) 针对肿瘤内部异质增强、周边浸润生长挑战，本文提出了动态灌注表征聚合网络，自动定位显著增强模式并融合全局增强特征，应用于动态超声造影病灶识别。为了有效表征不同时间尺度增强特征，所提出的方法引入灌注激励门建模相邻帧间造影增强形态变化，联合静态增强模式充分挖掘病变与正常组织间灌注差异。同时，本文采用分割置信度估计策略自动鉴别显著增强模式，并以此为引导信号聚合全局增强信息。与当前主流静态分割算法相比，本文提出的 DpRAN 模型取得了更优异的病灶识别性能，结果证明该模型能够有效挖掘病灶和正常组织动态灌注差异。

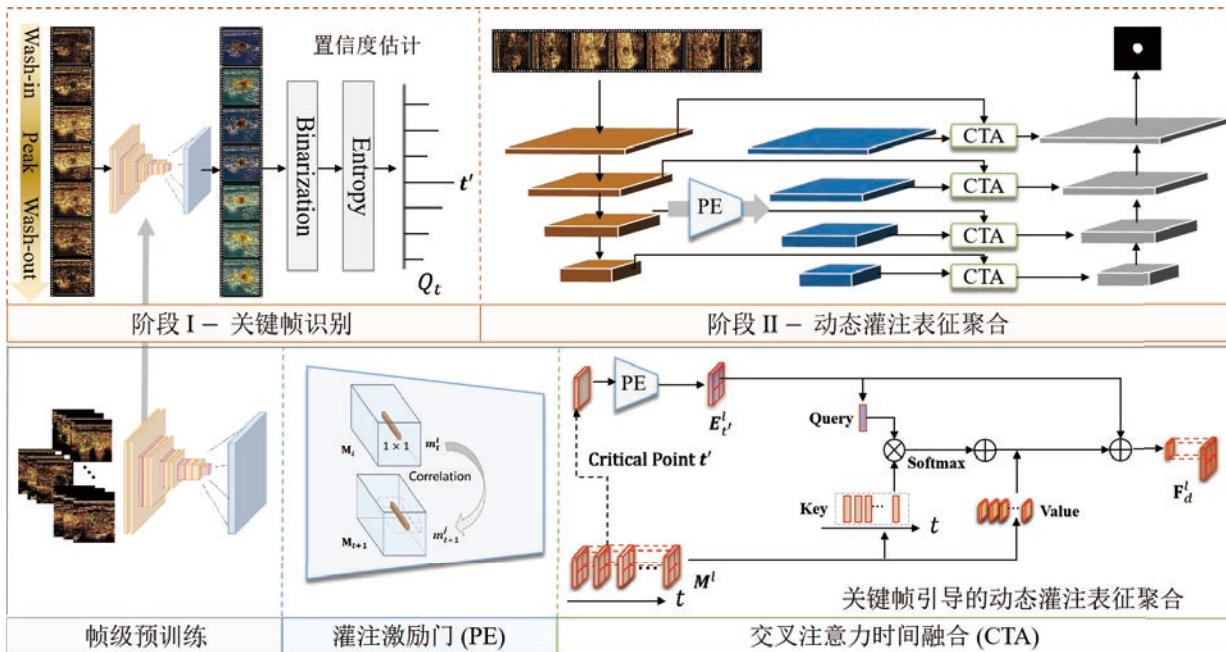


图 2 基于置信度估计的动态灌注表征聚合网络

3) 针对血供速率变化复杂、结构功能相似性不一致问题,论文提出了基于传输的解剖 - 功能度量学习方法,联合度量常规灰阶超声和对比增强超声影像学相似性,辅助临床疾病诊断;为了有效表征解剖 - 功能超声影像特征并度量相似性,所提出的方法引入时序约束最优传输,联合增强时间、空间差异及先验诊断价值自动对齐局部增强时刻,比较增强差异并融合为全局灌注相似性度量。同时,本文采用基于模态选择的集成机制融合多模态相似性度量融合不同模态超声相似性度量。本文在肝癌患者数据集上验证模型, T-AFML 模型取得了取得诊断精度和敏感性达 88% 和 86%, 证明了该模型能够基于双模超声造影有效度量患者相似性。

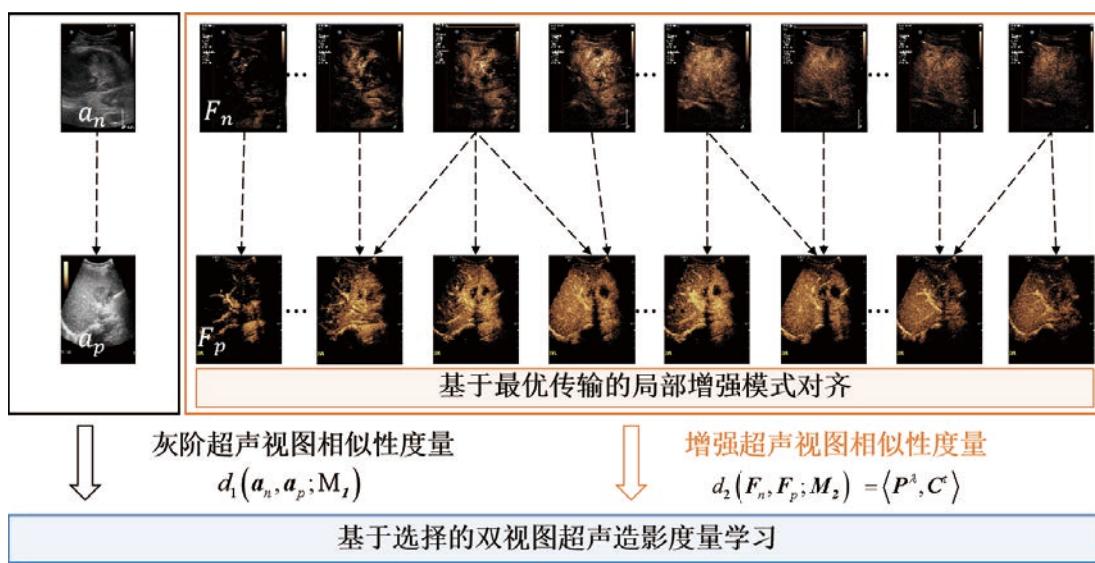


图 3 基于时序最优传输的双视图超声造影表征学习

4) 针对增强形态多样性高、时空演化模式复杂带来的挑战,论文提出了层次化时间注意力网络,融合诊断先验构应用于超声灌注增强形态表征及其动态演化模式建模;为了深度表征增强形态及其演化模式,所提出的方法通过门控循环单元显示建模不同层次诊断任务间依赖关系,并将增强表征学习和层次化结节识别集成到统一的框架中。其中,局部到全局时间聚合算子将全局增强特征嵌入局部关键增强模式,动态灌注信息融合延层次化预测路径展开。本文在甲状腺结节数据集上验证模型性能,与主流动态影像分析方法相比,本文提出的 HiTAN 模型取得了更可靠的甲状腺结节病理分型预测,在 4 种结节分型识别任务中取得诊断精度约 80%,其中恶性结节诊断敏感性达 85%。证明了该模型能够有效挖掘与病理相关联的增强动力学特征。

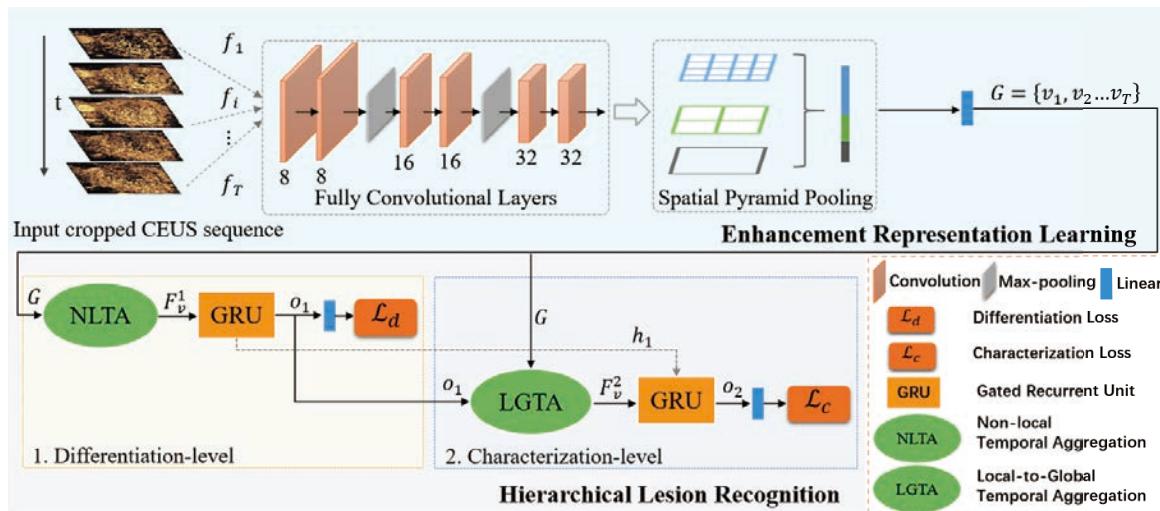


图 4 基于层次化时间注意力的动态灌注融合网络

作者简介



万鹏,毕业于南京航空航天大学计算机科学与技术学院,于 2022 年 9 月获博士学位,研究生导师为张道强教授。主要研究方向为机器学习,最优传输理论及医学图像智能分析。目前以第一及共同作者发表 SCI/EI 论文共 13 篇,其中以第一作者发表 SCI 一区 2 篇、SCI 二区 2 篇等共 6 篇学术论文,包括医学影像方法学顶级期刊 IEEE Transactions on Medical Imaging (中科院一区, top, IF: 11.037)、IEEE Transactions on Biomedical Engineering、IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control (超声领域唯一 Trans 期刊) 等国际知名期刊、以及国际医学影像顶级会议 MICCAI 2021 和 IEEE ISBI 2020,拥有超声图像分析授权专利 3 项,荣获首届 ICMA Fellowship 奖,中国大陆地区 3 名获奖者之一。



团队介绍:南航“脑科学与类脑智能”创新团队是国内领先、国际知名的人工智能和脑科学交叉研究团队。近五年来,本创新团队在张道强教授带领下,在脑科学与类脑智能及应用方面开展了大量的探索工作。在国家重点研发计划课题、国家自然科学基金(重点/优青/面上)、英国皇家学会—国家自然科学基金委“牛顿高级学者基金”、江苏省杰出青年基金、工信部脑机专项课题等资助下,深入研究新型智能影像分析理论与方法及其在脑疾病早期诊断和脑解码中的应用,取得了具有国际影响的学术成果和特色鲜明的应用成果。

学会动态 ●

江苏省计算机学会青少年信息与智能科技传播专家服务团赴新加坡交流

为贯彻落实国家关于科普和科学素质建设的重要部署,在教育双减中做好科学教育“加法”,激发青少年好奇心、想象力、探求欲,助力青少年科学素质提升,2024年4月18日上午,江苏省计算机学会金莹秘书长带领江苏省计算机学会青少年信息与智能科技传播专家服务团共赴新加坡,对新加坡国立大学、新加坡PSB学院进行考察,就青少年人工智能教育、科技活动开展等方面进行交流,希望通过多方合作,共同推进青少年科学素养提升,打造多元化合作新篇章。



在“感知视觉”的科研道路上奋勇向前

——2023年江苏省计算机学会青年科技奖获得者田春伟副教授

个人简介

田春伟，西北工业大学副教授，入选斯坦福大学评选的2022和2023年全球前2%顶尖科学家榜单、多项省级高层次人才、多项市级人才、2022省人工智能学会优秀博士论文、2021年深圳市CCF优秀博士学位论文、2022年哈尔滨工业大学优秀博士学位论文。研究方向为视频/图像复原和识别、图像生成、深度学习等。在IEEE TNNLS、IEEE TMM、IEEE TSMC、IEEE TGRS、IEEE TIV、IEEE TCSVT、Pattern Recognition、Neural Networks、Information Sciences、Information Fusion和ICASSP等国际期刊和国际会议上发表论文70余篇。6篇ESI高被引论文，3篇ESI热点论文、4篇顶刊封面论文、5篇国际超分辨领域Benchmark List、1篇论文技术被美国医学影像公司购买商用、1篇论文技术被日本工程师应用于苹果手机上等。担任CAAI Transaction on Intelligence Technology, Dense Technology等多个SCI期刊的编委。担任国家自然基金评审专家、上海市科技专家、甘肃庆阳市数字经济发展专家、苏州市网络与信息化专家、苏州人工智能学会理事、全国研究生教育评估监测专家库专家等。



开拓创新，新领域结出新成果坚守初心，力争科研学术取得突出成果

田春伟致力于“图像复原与识别、图像生成、深度学习”，入选斯坦福大学评选的2023和2022年全球前2%顶尖科学家榜单、多项省级/市级人才。近年来，通过“感知思想”、“信号处理技术”、“图像处理知识”和“深度学习理论”来引导卷积神经网络，解决图像复原、图像识别等任务。发表学术论文70余篇。6篇ESI高被引论文，3篇ESI热点论文、4篇顶刊封面论文、5篇国际超分辨领域Benchmark List、1篇国际信号处理学会的Blog论文。

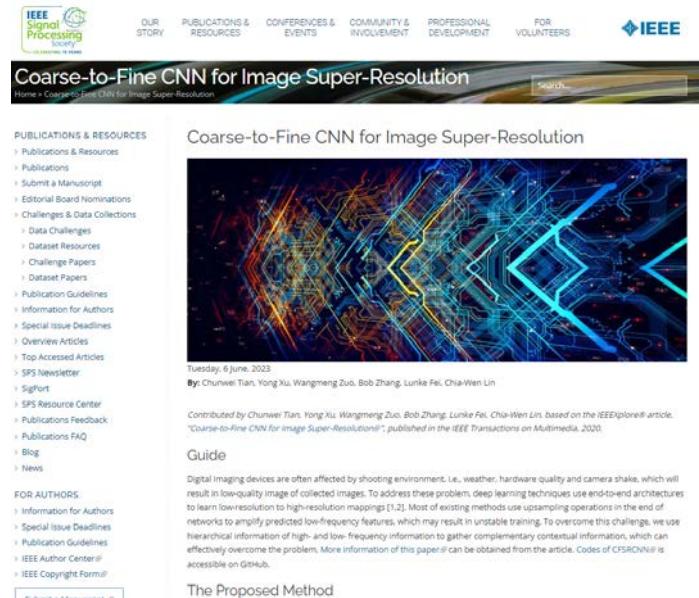


图 1 国际信号处理学会 Blog 论文

三实一新，研究成果落地转化

田春伟积研究成果向实际应用转化。以实际需求为出发点，结合硬件平台的负载能力，研制了基于结构信息的图像复原方法，相关研究成果已被美国医学影像公司购买和商用、被日本工程师应用于苹果手机上、受邀集成和运行在隶属于国家实验室（鹏城实验室）的中国高质量人工智能平台 iHub 和国际知名机器学习平台 Profillic 上。

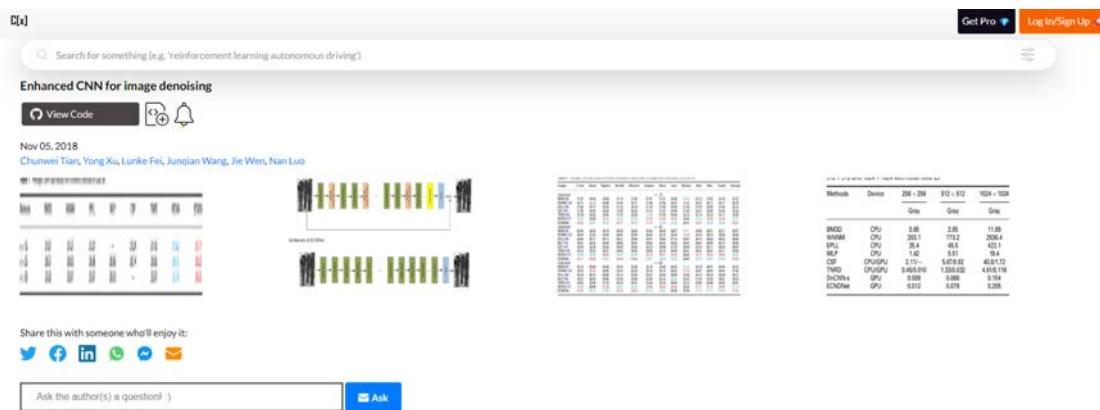


图 2 研究成果应用在 Profillic 平台前端展示界面

立德树人，传播科技

田春伟注重传播弘扬“规格严格，功夫到家”的科研理念，秉承着“公诚勇毅”观念来培养学生的科学精神和独立思考能力，倡导端正学术态度，以务实的“科研过程”来培养人才。工作以来共指导 20 多名博士 / 硕士研究生，培养的研究生获得“ESI 高被引论文”、“ESI 热点论文”、“国家奖学金”、“季文美奖学金”、“西北工业大学优秀研究生”、国际会议 ICCSI 2023 的“最佳演讲奖”等荣誉。在此基础上，田春伟还积极参与科普活动，其在山东省威海一中，河北邯郸一中，江苏省沙溪高级中学进行科普，并获得 2022 年中国科协科普日先进科普活动、2022 年中国一级学会中国图象图形学会科普先进工作者。



图 3 科普成效

学会动态

“华为杯” 2024 江苏省大学生程序设计大赛在南京大学圆满落幕。

2024 年 5 月 11 日 -12 日，“华为杯” 2024 江苏省大学生程序设计大赛在南京大学圆满落幕。此次大赛由江苏省计算机学会主办，南京大学计算机学科承办，华为技术有限公司全程赞助。来自江苏省内外 50 余所高校 / 中学的近 800 名优秀学生参加了本次大赛，经过 5 个小时激烈角逐，比赛于 12 日下午落下帷幕。正式比赛后，组织方在南京大学仙林校区恩玲剧场隆重举行大赛闭幕式暨颁奖典礼。





加快构建适应新质生产力的科技人才体系



来源：科技日报

习近平总书记在中央政治局第十一次集体学习时强调，要按照发展新质生产力要求，畅通教育、科技、人才的良性循环，完善人才培养、引进、使用、合理流动的工作机制。要根据科技发展新趋势，优化高等学校学科设置、人才培养模式，为发展新质生产力、推动高质量发展培养急需人才。要健全要素参与收入分配机制，激发劳动、知识、技术、管理、资本和数据等生产要素活力，更好体现知识、技术、人才的市场价值，营造鼓励创新、宽容失败的良好氛围。科技创新是发展新质生产力的核心要素。人才是科技创新的内在动力，是发展新质生产力的重要支撑。

当前，我国在量子计算、人工智能、大数据、6G、生物技术、新能源等领域的发展处于世界前列，拥有超大规模市场优势、庞大的科技人才队伍和相对完整的产业体系，科研投入持续加大，基础研究和应用研究不断强化。但是客观来看，在推动新质生产力发展当中仍存在一些需要着力解决的问题：一是现代化产业体系中部分关键领域、核心技术科技人才不足，原创性、颠覆性科技创新能力还不够强；二是科技创新体系尚不完善，高层次人才特别是复合型人才短缺，教科研一体化发展仍有提升空间；三是现有科技人才培养机制并不能完全适应新质生产力发展要求，一定程度上影响了创新活力和效率。因此，建议从以下三方面推进相关工作，加大科技人才培养力度，着力解决制约新质生产力发展的体制机制障碍，以人才为支撑推动新质生产力快速发展。

加快现代化产业科技人才队伍建设

新质生产力有别于传统生产力，是新质态的生产力，核心是构建以战略性新兴产业和未来产业为主的现代化产业

体系。加快形成新质生产力，要培育建设一支熟练掌握高精尖技术和现代化产业技能的科技人才队伍，促进科技创新效率质的提升。

一方面，要根据现代化产业发展需要，积极培育战略性新兴产业和未来产业紧缺科技人才。加强战略性新兴产业和未来产业建设，从根本上改变传统生产力发展的基本逻辑，是推进中国式现代化的重要抓手，也是形成新质生产力的重要着力点。要将科技人才发展与产业发展布局同步规划，围绕重点领域、聚焦关键核心技术和颠覆性技术创新等重大科技方向，坚持项目牵引，培养造就战略科技人才梯队。发挥重大人才项目聚才用才的引领作用，加大对战略性新兴产业、未来产业急需紧缺人才的培育力度，打造发展新质生产力的中坚力量。

另一方面，着力推进新旧动能转换，有效发挥科技人才在现代产业智能化、绿色化、融合化方面的重要作用。新质生产力是以科技创新为主导的生产力。要通过创新整合、淘汰陈旧落后产能，不断优化科技人才结构和资源配置，构建高质量现代化产业体系。围绕人工智能、双碳循环、物联网、云计算、智能制造、工业互联网等先进技术领域，重视卓越工程师和高技能人才培养，锻造一批技术创新能力突出、善于解决复杂工程问题、凝聚工匠精神的复合型工程技术技能人才。建立与现代化产业相对接的职业教育体系，有效满足未来产业对高素质劳动者的需求。

深化科技人才体制机制改革

人才是形成新质生产力最活跃、最具决定意义的能动主体。要通过体制机制改革创新，集聚新型生产要素，加大紧缺型、复合型、交叉融合型科技人才培养，畅通教育、科技、人才良性循环，加快形成与新质生产力发展需求相适应的人才结构。

一方面，现代化产业建设离不开教育、科技、人才的有力支撑，政府、高校、科研机构和企业等社会各主体需发挥协同作用。要进一步推动产学研“三位一体”融合发展，尤其是北京、上海等高校资源密集的人才高地，要针对产业发展需求，调整学科设置和实践教育导向，推动跨领域跨组织跨学科协同创新。聚焦产业链重点领域和薄弱环节开展关键技术攻关，使基础研究、技术攻关和产业化紧密连接，形成一个完整的科技成果转化链，建立健全转化接力机制，以变革性技术赋能衍生新兴产业。科研机构和头部企业要面向前沿技术，为科技人才开拓创新提供技术支持和成果转化平台，探索科技人才参与政府决策的机制和渠道，鼓励人才依据专业特点和产业发展自主选择科研方向及组建创新团队，积极探索交叉融合、产业协同育人新模式，将人才优势转化为创新发展优势。

另一方面，进一步完善创新体制机制，统筹基础研究与关键核心技术攻关，积极培养基础研究、跨学科及应用研究等复合型人才。要加大对基础研究和原始创新的支持力度，着力提高人才自主培养质量，培养大批高端复合型青年科技人才后备力量，建立“基础研究专项”奖励机制，完善潜在顶尖人才的发现、培养和跟踪机制。为青年科技人才提供持续稳定支持和服务，使他们能在国家重大科技任务、核心技术攻关等领域中“挑大梁”“当主角”。

营造科技人才良性发展的生态环境

在新质生产力形成过程中，技术革新和市场需求的变化将以前所未有的速度不断演化，新一轮“工业革命”已经来临，构建起能够持续适应现代化产业发展的人才创新生态系统显得尤为关键。

一方面，要完善科技人才评价和考核机制，充分激发人才的创新活力和创造潜能，为新质生产力的发展提供持续稳定人才支撑。要充分发挥政府、市场、产业组织多元评价主体作用，进一步破“四唯”，突出品德、能力和业绩评价，为科研人员“减负松绑”，鼓励、引导科技人才敢于开拓创新、担当重任，推动高等院校和科研院所的考核评价机制与产业化发展的核心需求合理匹配，营造“尊重人才、成就人才”的良好生态环境。



另一方面，要完善人才培养使用、合理流动的工作机制，优化长效激励机制，为人才成长和发展提供宽松环境和广阔空间。要全面创造良好的创新创业环境，激发科技人才创新活力，围绕重点核心技术攻关领域，依托重大项目组建专项科研团队，给予充分研究和财务自主权。加大对承担前瞻性、战略性、基础性等重点科技任务的人才激励力度，重视以知识价值、能力和创造为导向的收入分配政策，探索实行弹性工资和绩效工资等薪酬激励方式，做好培养人才、吸引人才、留住人才的全链条保障，以人才可持续发展模式大力推进新质生产力快速形成。

学会动态 ●

江苏省高校计算机学科第六届教职工乒乓球团体赛在南京落下帷幕

2024年4月27日江苏省高校计算机学科第六届教职工乒乓球团体赛在南京邮电大学仙林校区开赛，本届赛事由江苏省计算机学会主办，南京邮电大学计算机学院/软件学院/网络空间安全学院承办。来自省内高校的计算机学科院系代表队及外省联合代表队共20支参赛队伍170余教师参加了此项赛事。

经过一天紧张激烈而和谐有序的比赛，各队顽强拼搏，赛出了较高水平和良好风尚。最终南通大学代表队、金陵科技学院代表队、江苏大学代表队分获冠亚季军，宿迁学院代表队和省外联合代表队并列获得第四名，获得第五至第八名的代表队依次为南京信息工程大学、扬州大学、江苏第二师范学院和南京理工大学。赛事最后由江苏省计算机学会副理事长武港山、江苏省计算机学会秘书长金莹、赛事组委会主任陶先平、赛事组委会委员张功萱、赛事组委会委员王洪元、南京邮电大学计算机学院/软件学院/网络空间安全学院党委副书记/副院长刘星分别为各获奖队颁发奖杯奖牌。



畅通教育、科技、人才良性循环



来源：科技日报

习近平总书记在主持中央政治局第十一次集体学习时强调，要按照发展新质生产力要求，畅通教育、科技、人才的良性循环，完善人才培养、引进、使用、合理流动的工作机制。教育、科技、人才是我国全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑。推进教育、科技、人才“三位一体”融合发展，构建良性循环，不仅是强化资源协同配置、推动新质生产力升级迭代的坚实基础，也是开辟新领域新赛道、塑造新动能新优势、支撑新质生产力快速发展的重要引擎。

对推进“三位一体”提出新要求

新质生产力是创新起主导作用，摆脱传统经济增长方式、生产力发展路径，具有高科技、高效能、高质量特征，符合新发展理念的先进生产力质态。教育是发展新质生产力的重要基础，科技是发展新质生产力的核心要素，人才是发展新质生产力的第一资源，三者环环相扣、密不可分。发展新质生产力要将教育、科技、人才一体推进，形成强大合力，这对我国教育、科技、人才布局提出了全方位、深层次的新要求。

一是要求以现代化教育造就拔尖创新人才。为实现这一目标，一方面，需要有效对接新质生产力的发展需求，以服务重大科技创新为导向开展教育工作，尤其要培养重点领域紧缺人才；另一方面，要发挥教育的引导作用，通过打通政产学研机制堵点，引导更多具有创新潜力的高素质人才投身创新实践。

二是要求以战略型、领军型人才引领创新。人是生产实践和科技创新的承担者，生产力的进步归根到底有赖于人



的发展。新质生产力以高科技、高效能、高质量为重要特征，要求以更高素质的人才为第一资源，引领科技创新发展。通过显著增强高水平拔尖人才在重点领域科技创新中的引领性、支撑性，促进一流人才为解决新质生产力的实际问题、关键问题做出引领性贡献，形成人才与科技的有益互动。

三是要求以自主式、颠覆式创新驱动发展。新质生产力强调技术革命性突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级，更大程度地要求重大科技成果与诸多产业要素结合，从而促进生产力产生深刻变革。特别是要集中力量发展新能源、新材料、先进制造、电子信息等战略性新兴产业，积极培育未来产业，以颠覆性科技和前沿技术催生对经济社会发展具有质变意义的新产业、新模式、新动能。

需打通教育、科技、人才循环堵点

新质生产力对教育、科技、人才提出的新要求，意味着推动三者实现“创新驱动发展、人才引领创新、教育造就人才”这一良性循环的必要性。要彻底转变过去教育、科技、人才条块化、分散化、单一化的发展模式，塑造各显所长、各尽其能的循环优势。尽管我国在深化教育领域综合改革中取得重要进展，在科技人才体制机制改革中取得长足进步，但仍存在短板，阻碍我国新质生产力发展。

一方面，重点领域的高层次人才供给不足，是制约我国新质生产力发展的主要阻碍。现阶段我国新一代人工智能、智能制造、新材料等重点领域的人才总量稳步提升，国际科技论文发表量和发明专利授权量居世界前列，但高层次人才的培养速度尚不能满足旺盛的人才需求。根据教育部、人力资源和社会保障部、工业和信息化部联合发布的《制造业人才发展规划指南》预测，到2025年，全国制造业重点领域人才缺口将接近3000万人，缺口率达48%。高层次人才的数量缺口大、引进难度大、利用效率低、流失速度快等问题依旧存在。这在一定程度上限制了我国在重大原创技术创新和超前技术布局上的步伐。

另一方面，近年我国在基础研究投入、科研评价体系建设等方面取得长足进步，但要快速培养一批有能力驾驭复杂创新项目、推动科技成果转化的复合型人才，仍存在挑战。新质生产力强调颠覆性的科技创新，迫切需要培养既精通核心技术又具有全局观念、前瞻思维的人才。然而，我国高等教育仍然存在教学模式单一、内容不够前沿等问题，教育更新速度跟不上科技迭代速度，导致自主培养的相当一部分人才难以直接满足新兴产业布局和关键核心技术攻关的现实需求。

大力培养重点领域战略人才力量

打通教育、科技、人才一体化堵点，塑造良性循环，大力培养国家重点领域科技创新的战略人才力量，具体可从以下三方面发力。

一是立足新质生产力的建设要求，进一步推动激发创新能动性的科技人才体制机制改革。首先，进一步落实经费包干制，将分配科研经费、选择技术路线的决定权留给科研人员。其次，推动建立分层分类的人才评价制度，综合考虑原创性代表作评价、学术共同体评价、任务委托方评价、市场价值评价等评价方式，重点探索鼓励基础研究的长周期、连续性的资助机制。同时，简化科研管理流程，最大限度减少对科研活动的干扰，保障人才专注于科技创新本身。

二是遵从战略新兴产业和未来产业发展要求，建设培养拔尖创新人才的现代化教育体系。一方面，坚持以科技发展的客观需求为牵引，鼓励育人主体面向国家重大战略需求加快基础学科、交叉学科、新兴学科建设。探索构建高校与企业、科研院所、行业机构联合选聘导师、联合培养人才、共认拔尖人才的合作机制，通过组建联合实验室、产业人才创新基地、现代产业学院，将顶尖科技资源转化为顶尖育才资源。另一方面，着力建设专注于原始创新的育人主体，

全面彰显高校和科研院所在基础研究、重大原始创新中的重要引领地位。通过加快建设大型科学装置、设立基础研究中心和合作实验室，为更多优秀人才提供合作研发、高水平成果培育及转化的平台，为新质生产力体系建设提供科学技术支撑和服务。

三是聚焦世界重要人才中心和创新高地部署，畅通教育、科技、人才要素的跨区域循环通道。加快打造教育、科技、人才资源从高地区域向周边区域的辐射机制，以“东数西算”等区域协调工程为重要契机，鼓励地区间共享教育资源、推动人才“异地筑巢”、设立创新联络小组，构建高端人才资历互认、人才社保资料便捷快转、技术畅通传播的跨区域循环通道。通过教育、科技、人才的区域协同，发挥我国人才中心和创新高地的引领作用，促进多地因地制宜发展新质生产力。

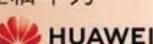
学会动态 ●

共话新质生产力——江苏省计算机学会高性能计算专委会走进华为江苏总部

“运力、算力、存力”（三力）作为“新质生产力”的重要组成部分，是支撑科技创新与发展的重要底座，更是激活区域数据要素潜能、驱动经济社会数字化转型升级的重要引擎。

为贯彻落实习总书记在全国两会期间对江苏提出的“成为发展新质生产力的重要阵地”的指示精神，2024年4月19日，江苏省计算机学会高性能计算专委会一行20余人走进华为江苏区域总部，参观华为江苏硬核科技对话室并开展技术交流活动，了解与学习华为在ICT根技术领域的持续创新能力和成功实践，共同探讨江苏“三力”与新兴产业和未来产业发展的新趋势、新挑战和新机遇，为华为更好地服务江苏高质量发展建言献策。

热烈欢迎江苏省计算机学会高性能计算专委会领导一行莅临华为

2024/04/19  HUAWEI





南京大学：培养智能时代的高素质劳动者

来源：科技



我国正加快布局建设未来产业，而人才是培育发展未来产业的基础。作为人才培养的主阵地，高校应如何科学设置院系、创新课程体系，为未来产业发展提供有力的人才支撑？据此，本报推出“向未来育人才”特别策划，报道高校顺应产业发展需求、瞄准科技前沿、培养未来人才的探索和实践。

Sora 的出现让人们惊讶于人工智能的无限可能，同时也引发了无限遐想：人工智能，这个人类文明的产物，将带领人类走向何处？

从 2024 年 9 月起，南京大学（以下简称南大）每位大一新生都将与人工智能“短兵相接”，去探索这个问题的答案。近日，南大宣布，将在 2024 年秋季学期面向全体本科新生正式开设人工智能通识核心课，并同步推出系列人工智能素养课程和前沿拓展课程。这一做法开创了全国高校的先河。

2024 年政府工作报告提出“积极培育新兴产业和未来产业”“深化大数据、人工智能等研发应用”。布局未来产业、加快发展新质生产力，高校的人工智能通识教育又将如何为其提供支撑？

从三个维度开展教育教学

“南大启动建设‘1+X+Y’三层次人工智能通识核心课程体系，以 1 门必修的人工智能通识核心课、X 门人工智能素养课和 Y 门各学科与人工智能深度融合的前沿拓展课为基础，从知识、能力、价值观与伦理三个维度开展教育教学。”南大本科生院院长王骏介绍，课程体系中的“能力”，侧重培养学生运用人工智能工具，以及将其与其他专业学科深度融合的能力，更注重实践应用，引导学生在应用中创新创造，培养学生创新能力和终身学习能力，以应对未来智能

社会可能出现的各种复杂问题。

王骏说的“应对未来”，从南大近年来对人工智能教育的布局中可见一斑。

2018年，南大率先成立人工智能学院，并发布了全国首份《人工智能专业人才培养方案》。2022年，南大在苏州校区新设智能科学与技术学院、智能软件与工程学院，进一步提升和拓展人工智能人才培养的能力。

“在更广范围内开展人工智能素养和能力培养已成为时代发展的迫切需要。”中国科学院院士、南京大学党委书记谭铁牛认为，面对人工智能丰富的跨学科内容和不同专业学生多样化的学习需要，力图用一门课程来达成所有通识教育目标较为困难。而通过多门选修课程的简单组合，也无法满足不同专业学生全面发展的需要。因此，课程体系在培养学生具备人工智能核心素养基本要求的同时，兼顾不同学生的个性化需求，逐步提升学生的素养和技能，以更好地适应人工智能时代的发展。

大学的课程体系将如何为未来产业的发展提供支撑？王骏表示：“未来产业发展，关键在人才。我们希望通过开展人工智能通识教育，拓展人工智能专业教育，扩大人工智能教育的受众，促进人工智能与其他专业的融合，为新质生产力的发展培养更多新时代劳动者。”

提升对人工智能的全面认知

自2018年教育部印发《高等学校人工智能创新行动计划》以来，国内不少高校已经建成人工智能学院或人工智能研究院。

2022年，南大人工智能学院的首届72名本科生和33名硕士生已经顺利毕业。数据结构与算法分析、概率论与数理统计、智能硬件与新器件、智能应用建模、神经科学导论……翻看他们的课程表，一系列专业课程令人目不暇接。

那么，即将开设的人工智能通识教育与人工智能专业教育有何区别？

谭铁牛表示，人工智能通识素养不同于人工智能专业要求。通识素养是作为智能时代的劳动者应当了解和掌握的基本知识、技能，涉及如何看待人工智能和人类社会的关系、如何从发展的角度看待人工智能技术，以及如何运用相对成熟的人工智能技术改进工作等。而人工智能专业教育更多偏重人工智能技术的发展和创造，涉及更为精深的多学科专业知识和技能，目标是培养人工智能理论与技术的创造者和发明者。这两者并不是泾渭分明的，而是密切相关的。

“人工智能专业的学生需要接受相应的通识教育来提升对人工智能的全面认知。人工智能通识教育不仅可以吸引更多的优秀人才深度参与、推动人工智能的学习和研究，也能引导其他专业的学生更好地运用人工智能来推动时代进步。”谭铁牛说。

课程体系面向全校新生开设。这意味着包括文科生在内的不同专业背景的学生都有机会接触前沿技术。如何更好满足文理科学生的发展需要？

谭铁牛表示，人工智能已无处不在，即使在人文社科领域也有了很多成功的应用。智能化时代，每个人都应掌握基本的人工智能知识与技能。学校会兼顾学生的背景和兴趣，以个性化教学培养学生的专业素养，而不是要求每一位学生都成为人工智能专家。

王骏介绍，人工智能通识核心课不是一门程序设计加强课。学校会通过课程设计和人工智能工具的赋能，满足学生的学习需求。南大希望通过不同层次的课程，让学生找到自己感兴趣的方向，为学生的未来发展提供有力支撑。目前，考虑到实际存在的差异，学校也会通过先修课等多种方式为相应的同学提供学习支持和帮助。

多方合作探索课程开发



在南大的人工智能通识核心课程体系中，学生是否有机会使用前沿的人工智能大模型进行实践？

王骏表示，实践是人工智能通识教育体系中重要的组成部分。学校在各个层次的课程中都会有相应的实践内容，包括运用大模型的实践，但不限于此。

“我们希望在提升学生对人工智能认识的同时，也能够更好地运用新型工具改进他们的学习。学校目前已经与相关机构、企业进行接洽，希望探索出能更好地适配课程需要、提升学生能力的内容与技术，让实践内容成为人工智能素养教育中重要的有机组成部分。”王骏说。

通识课程的开设，可以培育更多优秀人才来深度参与、推动人工智能的学习和研究。担纲这些课程的教师们又该如何遴选？

“教授通识课程的教师通常需要有广阔的视野和对人工智能的深入理解。我们鼓励全校文理工医各个学科的老师广泛参与，而不限于人工智能、计算机、软件等人工智能相关学科，同时不设年龄、资历和职称限制，更关注教师对人工智能的认知，以及应用人工智能开展科学研究与教学的能力。”王骏告诉记者，目前，谭铁牛、南大计算机系主任兼人工智能学院院长周志华都主动申请为学生们上通识课。

当前，人工智能正在渗透进入千行百业，每个行业的应用场景千差万别，对人工智能技术的需求也各有特色。如何在通识课程中培养学生在细分行业的应用眼光和能力？

“人工智能通识教育是推动人工智能专业与其他专业深度融合发展的一个举措。我们希望在各个学科领域培养懂人工智能、可以和人工智能专业技术人士对话的拔尖创新人才。”王骏说。

学会动态

5月16日，江苏省计算机学会老科学家委员会一行10余人走进南京晓庄学院开展科技服务活动。参加本次活动的有邓建明、陈汉武、傅德胜、秦军、孙志挥、王和珍、张云鹤、宗平等来自南京大学、东南大学、南京邮电大学、南京理工大学、南京信息工程大学的计算机各学科领域的老专家。南京晓庄学院校党委副书记易永建、江苏省计算机学会秘书长金莹出席活动并致辞，南京晓庄学院信息工程学院/人工智能学院的领导班子成员和师生代表参加了活动。



面向复杂交通的软件质量保障技术研究及应用

——2024 年江苏省计算机学会科学技术奖二等奖

基本情况：

项目名称：面向复杂交通的软件质量保障技术研究及应用

完成人：周骏贵、何兴华、陈振宇、荣鼎慧、谢佩章、端震、张日民、何洪宁

完成单位：南京市产品质量监督检验院（南京市质量发展与先进技术应用研究院）、苏交科集团股份有限公司、南京大学、江苏苏测检测认证有限公司

项目简介：

中共中央、国务院《交通强国建设纲要》、国家市场监管总局《“十四五”市场监管现代化规划》指出要适应科技革命和产业变革新趋势，推动大数据、互联网、人工智能等新技术与交通行业深度融合，发挥国家质量基础设施（NQI）在交通强国建设中的支撑作用，解决交通领域“卡脖子”质量共性技术问题，不断提升交通信息基础设施建设自主可控能力。本项目基于多项国家级、省部级科技项目的研发，面向交通领域，研究复杂系统软件质量控制关键技术，解决信息采集标准和规范不健全、数据信息互联互通不充分、复杂系统软件测试技术及国产化适配认证技术缺乏等问题，并将研究成果创新性地应用于产业链强链补链以及各类交通工程中，填补了国内该研究领域的空白，彰显了国家质量基础设施（NQI）在交通强国建设中的支撑作用，有效推动了质量强国建设。

1. 研发了面向复杂系统软件多项共性关键测试技术、工具及标准。

针对交通领域软件质量问题，创新性地研发了基于混合策略的测试数据生成方法、用于软件开发的缺陷预测方法、GUI 程序测试用例扩增方法等多项安全攸关软件系统的构造与质量保障方法；研发了用于移动应用合规性检测、隐私信息保护的安全检测技术、工具及标准。基于这些核心关键共性技术，形成了集软件功能、性能、信息安全测试于一体的综合交通软件测试技术。

2. 建立了面向交通领域的数据采集规范、质量管理及数据分析平台。

建设数据采集、数据治理、数据安全技术规范，针对不同应用领域，建立标准数据格式，推动不同平台之间的数据共享。构建一体化的交通建设工程质量检验检测信息管理系统，利用信息化手段提升和加强检测资源的共享与利用，提高检测的整体水平和质量管理能力。应用大数据分析技术，构建道路运输安全风险监测预警系统，实现道路交通运输安全的动态监测、风险评估和预测预警等。

3. 研发了软件信息技术应用创新产品自动化适配技术。



基于国产硬件、操作系统、数据库、中间件等关键产品，构建国产化的测试环境和测试实验室场地，运用开源工具 GUITEST 和国产性能测试工具 PerformanceRunner 创建了适用于国产化产品适配的自动化测试场景，对交通领域的多种组合进行匹配测试，对系统级性能效率、稳定性、可靠性以及易用性等进行分析验证，为交通领域信息基础设施建设及相关产业链自主可控提供质量保障。

基于以上关键技术的研发以及工程应用，2017 年 -2022 年，为南京市多条轨道交通建设、江苏省“两客一危”车辆管理、多条高速公路国产自主可控信息系统建设等重点工程提供了整体质量解决方案。该项目获得授权专利 10 件，发表论文 5 篇，牵头起草标准 5 项，软件著作权 10 项。通过复杂系统软件质量控制技术的研发及应用，推进数据资源赋能交通等领域发展，提升交通信息基础设施建设自主可控能力，为交通领域及相关行业的高质量发展贡献了一份力量。

主要科技创新

中共中央、国务院《交通强国建设纲要》、国家市场监管总局《“十四五”市场监管现代化规划》指出要适应科技革命和产业变革新趋势，推动大数据、互联网、人工智能等新技术与交通行业深度融合，发挥国家质量基础设施 (NQI) 在交通强国建设中的支撑作用，解决交通领域“卡脖子”质量共性技术问题，不断提升交通信息基础设施建设自主可控能力。

“十三五”以来，项目组通过国家重点基础研究发展计划（973 计划）《安全攸关软件系统的构造与质量保障方法研究》、国家质检总局科技项目《城市轨道交通建设工程材料质量管理精准化体系（信息系统）研究》等多项国家、省部级科技项目的支撑，深入研究城市治理有关交通领域软件质量关键技术，研发了信息采集标准和规范，解决了交通数据信息互联互通不充分的问题；建立了综合交通软件测试技术体系，保障了交通领域复杂系统软件的质量；首创了国产信息技术应用创新产品自动化适配技术，并为国产化应用系统建设提供适配保障，为打破国际 IT 巨头垄断国内交通信息基础设施提供了多项创新性技术。研究成果已广泛应用于产业链强链补链以及各类交通工程中，填补了国内该研究领域的空白，彰显了国家质量基础设施 (NQI) 在交通强国建设中的支撑作用，有效推动了质量强国建设。

具体创新点如下：

创新点一：研发了面向复杂系统软件多项共性关键测试技术、工具及标准

交通信息系统的建设和运行事关道路交通安全、人民生命财产安全，因此对该领域复杂系统软件的可靠性、安全性等要求远远高于一般应用软件。本项目针对交通信息系统的特，研究了综合交通软件测试技术，解决了样本数量不足、测试效率不高、信息安全风险等关键技术问题。

1) 高可靠性、高拓展性的测试数据生成方法

针对测试样本不足导致的潜在风险，结合随机策略、动态符号执行和搜索策略建立数据生成流程，形成了一个可以利用多种技术的优点而进行的高可靠性、高拓展性的测试数据生成方法。

2) 隐私保护的安全检测技术

针对采集数据互联网存在安全漏洞的问题，研发了可自动识别移动应用与不可信的第三方服务器的通信技术，方便确认隐私信息收集责任主体，用于移动应用合规性检测，以及隐私信息保护的安全检测。

3) 软件开发的缺陷预测技术

针对软件开发迭代过程中可能导致的系统级缺陷，研发了可以检测出每个源代码文件关联的开发者交流链接缺乏的数量，作为衡量文件网络不一致性的指标，还可以给出文件缺乏的开发者链接，并同时给出每一条链接缺乏的原因，减少软件开发过程中的系统级缺陷。

4) 综合软件质量保障技术研发及云测试平台建设

面向交通领域信息化系统，基于多项核心关键共性技术，最终形成了集软件测试、信息安全测试、网络可靠性测试、性能测试于一体的综合交通软件测试技术，同时开发了多个测试工具，搭建了云测试平台（见图 1）。



图 1 云测试平台

创新支持：

论文，专利，国家标准。

专利：

一种用于软件开发的缺陷预测方法 ZL201410710095.6

一种基于混合策略的测试数据生成方法 ZL201410709716.9

一种 app 隐私数据收集的第三方服务器识别方法 ZL202110203313.7

一种基于测试代码片段相似性的测试程序抄袭检测方法 2018105612233

一种功能粒度上基于语义信息的源代码相似度评估方法 2019109519971

一种结合群体智能与机器智能增强移动应用测试的方法 201910952056X

基于符号执行的 GUI 程序测试用例扩增方法 2014107099836

创新点二：建立了面向交通领域的数据采集规范、质量管理及数据分析平台

智慧交通的基础是实现道路、桥梁、隧道、港口、航道等各种交通基础设施与车辆、船舶等运载装备运行状态的感知与互联互通，本项目建设了数据采集规范，解决各类数据定义没有规范可循的难点，为智慧交通的建设打下坚实基础；针对交通建设工程质量提升，规范并统一了标准数据接口，研发了建设工程质量通用管理平台，提高检测的整



体水平和质量管理能力；针对交通运行管理，建成了交通安全智能分析平台，构建了针对智慧交通的全生命周期的质量管理技术及工程应用。

1) 交通领域标准化数据接口，打通数据节点

本项目搭建了智能交通系统通用接口管理平台（见图 2），形成数据采集规范、数据治理规范、数据安全技术规范，为管好数据、用好数据、用活数据提供理论依据和标准规范。以两客一危为例，对在运营的两客一危车辆运营平台的功能、性能、接口等指标进行标准符合性测试。该平台的建设可助力基础设施、运输装备、运输服务、行业治理深度融合，为构建实时感知、瞬时响应、智能决策的现代化智能交通体系提供质量保障。

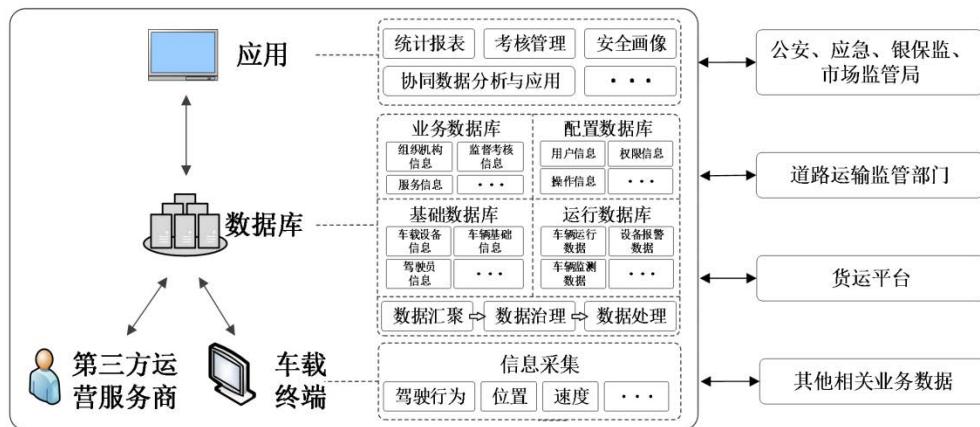


图 2 智能交通系统通用接口管理平台

2) 建设工程质量通用管理平台

针对城市轨道交通建设过程中诸多施工质量问题及安全运营维护的特殊性，本项目构建一体化的城市轨道交通质量管理平台（见图 3），利用信息化手段提升和加强检测资源的共享与利用，提高检测的整体水平和质量管理能力，推进地铁施工、运营、维护等各个部门管理效能进一步提高，实现自动化、流程化、标准化、可溯源、数据共享、互联互通的管控一体化平台。



图 3 城市轨道交通质量管理平台

3) 建成了交通安全智能分析平台

通过大数据分析技术，从多元融合的高速公路安全风险相关数据中挖掘道路运输过程中风险指标，基于此构建高速公路安全风险实时评估预测模型，搭建交通安全智能分析平台（见图 4），从而加强对高速路网、路段安全风险的动态监测预警与风险研判能力，提升高速公路行业安全事故风险的事前监管与主动防范水平，为保障道路运输安全提供科学指导。

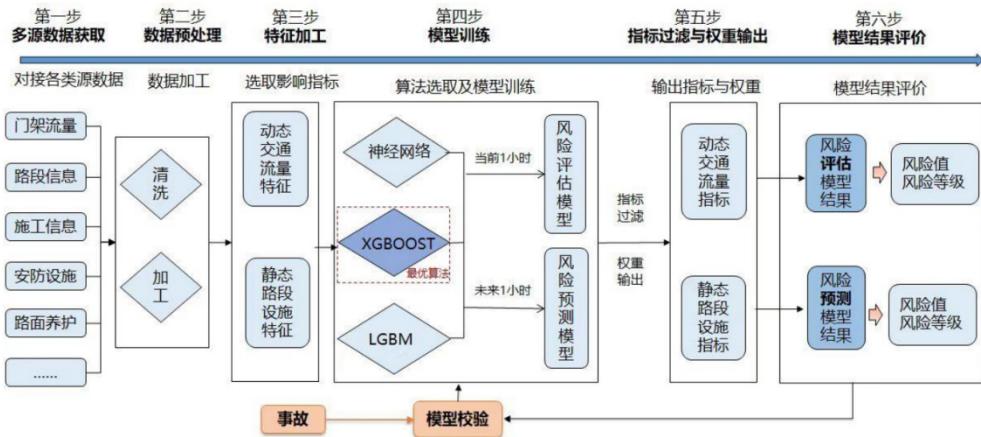


图 4 交通安全智能分析平台

创新支持：

论文，专利，标准。

一种用于车船用户画像的采集装置 202122240452.5

一种路基施工防护装置 CN202020182992.5

一种利于路基施工期沉降测量的装置 CN202020182980.2

创新点三：研发了软件信息技术应用创新产品自动化适配技术

信息技术应用创新发展是目前的一项国家战略，也是当今形势下国家经济发展的新动能。发展信创是为了解决本质安全的问题，信创产业发展已经成为经济数字化转型、提升产业链发展的关键。交通是国产自主可控的重要战场，是事关国计民生的大事。本项目依托南京市信创适配保障中心（南京市产品质量监督检验院（南京市质量发展与先进技术应用研究院）承担），首创了国产自主可控适配评价关键技术，并在此基础上开展了国产自主可控标准认证，为交通领域的自主可控提供了坚实基础。

1) 首创国产自主可控适配评价适配关键技术

针对信创产品，建立了组合适配评价模型，在评价模型的基础上，建立了评价指标体系，对各个指标权重进行了赋值，建立了评价指标维度，并最终得到系统的最终评价。依据此评价，对各类交通信息系统进行评估，并选择最佳的国产系统组合，为交通国产自主可控化打下坚实基础。

2) 研发了国产自主可控标准认证关键技术



本项目针对服务器、操作系统、数据库、中间件、应用系统等现阶段主要国产自主可控产品进行整体组合适配测试，并依据研发的认证规则对信创产品的组合进行认证。联合信创龙头企业及相关用户单位，共同开展信创相关标准研制与推广，协助企业提升交通领域信创产品的组合适配性能。

推广应用情况、社会效益

推广应用情况

本项目围绕面向复杂交通领域的软件质量保障技术，包含了软件共性关键测试技术及工具的研发、建设工程质量标准化数据接口及通用管理平台、交通领域国产自主化适配通用技术三个方面进行了多年的深入研究及应用，南京市产品质量监督检验院国家软件产品质量检验检测中心应用该项目成果技术产生了一系列的交通领域质量保障包含软件测试、咨询、标准、监理等相关技术应用，有力保障了交通领域的软件质量，进而降低了安全事故风险。

本项目自 2014 年建设国家软件产品质量检验检测中心开始进行技术的研发，持续的服务了诸如江苏省交通运输厅、江苏省交通运输综合行政执法监督局、常州市高速公路管理有限公司、南京长江第四大桥有限责任公司、江苏宁沪高速公路股份有限公司、南京地铁集团有限公司、江苏沿江高速公路有限公司、江苏驭道数据科技有限公司等一批地铁、公路、桥梁、交通建设集成单位，通过本项目的成果应用，及时发现一批系统级缺陷，同时提高安全防范能力，提升工程建设质量，保障民生安全。

社会效益

(1) 通过国产自主可控适配技术的研发，突破交通领域卡脖子的关键技术难题

通过复杂交通领域国产自主化适配技术的研发，开展交通领域国产自主化产品组合适配测试和信创产品组合适配认证，支撑国产自主可控，打破交通领域卡脖子。

(2) 通过复杂交通技术应用，提升了道路交通安全，保障民生健康

研究成果在交通基础设施、运输装备及服务、行业治理中获得应用，为构建实时感知、智能决策的现代化智能交通体系提供质量技术保障。

会员单位简介

——星融元公司介绍



星融元公司介绍

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。

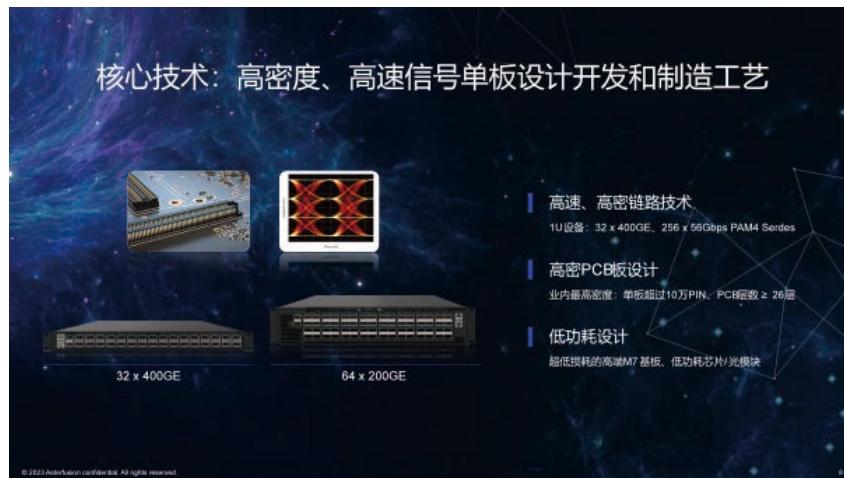
分布式算法主要体现在三个方面：

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



基于 HPC 高性能计算的网络需求和 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，会在数据包的 IP 头部 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





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/>

会员单位简介

——无锡达内高慧强学科技有限公司

简介

无锡达内高慧强学科技有限公司是高慧强学旗下面向江苏省高校业务的运营服务提供商，服务国家创新驱动发展战略，致力于“产教融合，校企合作”，推动多元主体下新工科和新文科生态体系建设，培养适应新时代经济发展的创新技术人才的专业机构。

以新工科和新文科专业为基础，面向全国高校，整合达内教育集团和途为科技的资源和模式，提出教育服务“十三条”，从师资培养、课程体系建设、人才培养方案修订、协同育人基地搭建、就业创业指导以及产学研服务平台等方面为高校提供多维度一体化教育教学服务。以“共建专业”“共建实习实训基地”“共建产业学院”等模式为合作载体，构建校企优质教育资源与产业资源和海外资源的融合与对接平台，助力中国产教融合新发展，为高等教育改革与创新贡献企业力量。

公司自成立以来，吸引了来自海内外的优秀人才，组建了由国内外科学家、资深技术专家、精英工程师组成的核心团队，依托集团强大的影响力已与省内 20 余所院校建立密切合作关系。



会员单位简介

——数智碳链



数智碳链

公司介绍

数智碳链是一家以国内工工信领域顶尖的科研机构和知名高校为坚实支撑，在开源鸿蒙、数据要素、绿色低碳、智改数转等前沿领域为客户提供高价值服务的公司。

鸿蒙系统目标是面向全场景、全连接、全智能时代基于开源的方式，搭建一个智能终端设备操作系统的框架和平台，促进万物互联产业的繁荣发展。面对日益严峻的人才需求挑战，公司联合业界头部企业，通过校企合作，共同培养开源鸿蒙方向的信创人才，助力产业快速发展，推动鸿蒙生态发展。



同时为企业和政府机构提供全面的数据资产管理、安全保护以及分析可视化等服务。以“国际化框架”+“标准化实践”+“数字化工具”为依托，把可信数据技术与“产品+双碳”紧密融合，为企业提供碳数据采集、分析和管理的整套方案与工具，助力企业实现碳减排数字化，推动能源效率提升。通过数智化与集成服务，以智改数转咨询、诊断、软硬件开发和系统集成为基础，帮助企业提高业务效率和创新能力。

数智碳链还为企业提供咨询、培训、认证服务，助力企业提升政策、技术和标准应用水平，并获得相关资质。此外积极开发相关创新技术，与企业共同探索新的商业模式，不断开拓新领域。

服务与资质：

为企业提供高价值服务

公司积极与业界头部企业进行合作，协助高校完善鸿蒙课程体系，并共同制定人才培养方案。通过师资培训、实训室建设、专业共建、产教融合等人才培养模式，提升学生的开发能力，拓宽其就业渠道。结合自身能力聚拢产业资源，打造政府、学校、企业多方融合的市级新一代信息技术公共实训中心，整合鲲鹏、鸿蒙、大数据、人工智能等新一代信息技术产业资源，为区域产业升级培养数字产业人才。

通过碳数据的采集、分析和管理工作，进行标准制定、平台搭建、技术咨询，从而推动能源效率的提升；帮助企业更好地了解自身的碳排放情况，制定减排计划，使企业达成双碳开发与交易、荣誉与资质评定，从而促进企业产品的碳减达标、销售或出口。

充分帮助企业更好地管理和利用数据，优化数据流程与合作，确保高质量数据获取，加强数据安全技术，提供全面的隐私保护方案；帮助企业更好地响应市场需求和客户需求，为政府和社会提供更好的公共数据服务。

通过数智化与集成服务，以智改数转咨询、诊断、软硬件开发和系统集成为基础，帮助企业提高业务效率和创新能力。

高质量的资质与荣誉

公司先后加入中国信息通信研究院数字安全护航计划，成为中国人工智能产业发展联盟（AIIA）及其数据委员会政务应用推进组成员单位、开鸿智谷（开源鸿蒙）合作伙伴、全国信息技术标准化技术委员会大数据标准工作组成员单位、江苏省储能协会理事单位、江苏省计算机学会会员单位，参编由中国节能协会发布的三个绿色低碳领域的团体标准：《单位碳排放产出效益评价指南》、《低碳企业评价技术通则》、《零碳产品评价技术规范》，参与起草由国家工业信息安全发展研究中心牵头，中国电子商会标准化工作委员会发布的《生成式人工智能数据应用合规指南》团体标准、由中国认证认可协会发布的《企业碳信息合规披露与评价指引》团体标准。

销售产品 & 平台介绍：

1、OpenHarmony 实验箱与人才培养服务

在鸿 OS 应用开发实验箱：赋能高校软件类专业教学，为全国首个支持鸿蒙端到端编程技术栈的实验箱。

在鸿 OS 应用开发实验箱采用一体化设计，为高等院校提供整体解决方案；集成显示屏、多种传感器、输出模块、内置无线键盘、鼠标；基于国产芯片，内置 OpenHarmony 操作系统标准版本，支持采用 DevEco Studio for OpenHarmony 开发应用；开箱即用，操作简单，适合课堂高校教学；可直接完成鸿蒙应用开发编程、物联网、人工智能初步、开源操作系统等教学实验，适应于软件技术 / 工程、移动应用、物联网、计算机科学与技术等专业。



在鸿 OS 设备开发实验箱：赋能高校物联网等专业教学。产品由硬件箱体、配套软件、配套课程组成，是一款面向高校软硬件开发相关专业教学用实验箱产品，用于 OpenHarmony 分布式设备日常教学、实训教学以及 OpenHarmony 轻量设备应用开发一体化开发教学。

“在鸿 OS 设备实验箱”配备 24 个案例设备，满足工业制造、交通物流、智能家居、医疗等行业丰富的场景案例开发，还可自由组合任意案例设备的功能版块，实现多设备协同的综合智能场景。



人才培养模式：

专业共建：

依托拓维信息在 IT 领域 28 年的技术沉淀和卡位，引入企业项目案例，与学校共同制定人才培养方案，通过师资互聘互用，打造信创产业人才生态。

产业学院：

岗课赛证深度融合，建立创新人才培养模式、提升专业建设质量、开发校企合作课程、打造实习实训基地、建设高水平教师队伍、搭建产学研服务平台、打通产业链就业通道。

新一代信息技术公共实训中心：

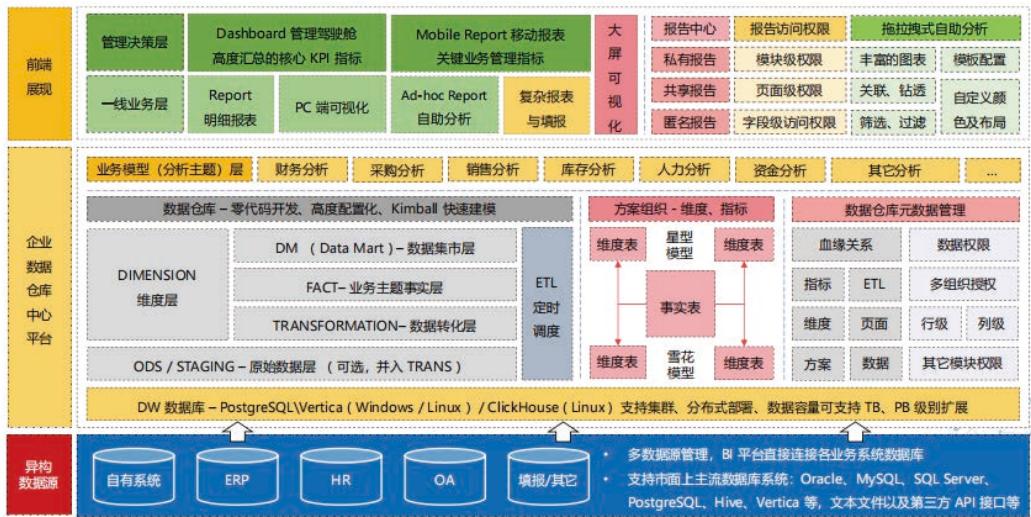
结合自身能力聚拢产业资源，打造政府、学校、企业多方融合的市级新一代信息技术公共实训中心，整合鲲鹏、鸿蒙、大数据、人工智能等新一代信息技术产业资源，为区域产业升级培养数字产业人才。

2、数据分析可视化平台

数据分析可视化平台提供一套完整的由数据仓库、查询报表、数据分析等组成的数据平台 + 数据类技术解决方案。将企业中不同业务系统（ERP、CRM、OA 等）中的数据进行打通并进行有效的整合。利用合适的查询和分析工具快速准确的提供数据分析，为企业提供决策支持。

数据分析可视化平台具有一站式、企业级的特点，能够同时解决企业级数据仓库建设、数据填报、BI 分析、中国式报表和指标管理问题。包括低代码核心数据仓库平台、BI 可视化自助分析、中国式自由报表、数据补录填报平台、数据调度管理平台、指标管理平台。

平台可以有效协助企业解决诸如数据孤岛、数据分散、信息孤岛、管理决策周期长、时效性差、决策执行无法有效跟踪等问题。企业通过使用平台可以缩短决策周期，降低人力、时间和决策成本，形成全视角的经营管理模式。



企业级 BI 分析平台架构图



3、汽车行业碳服务平台 (AICP)

碳排放核算需要数字化工具，碳数据需要跨边界可信，AICP 是全球性的行业级碳服务平台，帮助主机厂与供应商在 AIAG 碳倡议框架下管理双碳活动、展示减碳效果。AICP 基于 Web3.0 技术的可信标签解决方案，专注于为跨界共享场景提供“3T”数据（Trusted 可信任、Transparency 可见性、Traceability 可追溯），与 AIAG（汽车工业行动集团，全球最大汽车行业组织，拥有行业技术唯一规范和标准的版权）合作，将可信数据技术运用在“汽车 + 双碳”领域。

AICP 为汽车供应链碳排放核算建立指引、流程规范与 PCR（产品分类规则，指导特定产品品类的碳足迹核算）。基于汽车行业惯例，从实践总结标准、以标准指导实践。发挥汽车行业作为供应链“链长”的作用，推动碳标准、数据与认证的国际互认，打破非关税贸易壁垒；指导汽车供应链以“同一流程”逐步实施规范的双碳活动。

AICP 平台为企业提供“面向行业”的碳足迹解决方案，产出国际互认可信碳标签 - 汽车行业的“数字产品护照”，提高汽车企业产品在国际市场上的竞争力。



企业级 BI 分析平台架构图

单位信息

公司：江苏数智碳链科技有限公司

电话：13382085152

邮箱：shaofengming@jssztl.com

网址：jssztl.com

微信公众号：JSSZTL

公司地址：江苏省南京市鼓楼区南瑞路 6 号 4 栋 602

会员单位简介

——中软国际教育科技集团



公司介绍

中软国际教育科技集团（简称中软国际教育）作为中软国际人才生态的重要组成部分，面向高校、企业、政府提供丰富的人才培养及人才综合服务，助力人才生态圈的建立。业务板块包括：校企合作、IT 人才线下培训业务、在线教育业务、大赛竞赛业务、政企服务业务以及教育赋能业务。



中软国际教育人才培养领域以新一代信息技术为核心，涉及云计算、大数据、物联网、人工智能、可信软件开发、智能硬件、移动开发、虚拟现实、互联网应用开发、网络安全、软件测试、交互设计等 12 个主流方向，并结合交通、金融、农业、医疗、制造等行业应用场景研发了 100+ 实训案例、50+ 新技术课程；拥有 90+ 行业技术专家、100+ 创



业导师、300+ 专职项目经理。强大的资源研发能力及师资团队，为高质量的 IT 人才培养服务提供有力的支撑保障。致力于为国家、社会、企业、高校提供最专业的全方位的人才培养解决方案。积极探索新时代下产教融合新模式、新思路、新方法，为实现新时代信息技术产业 IT 人才培养贡献力量。

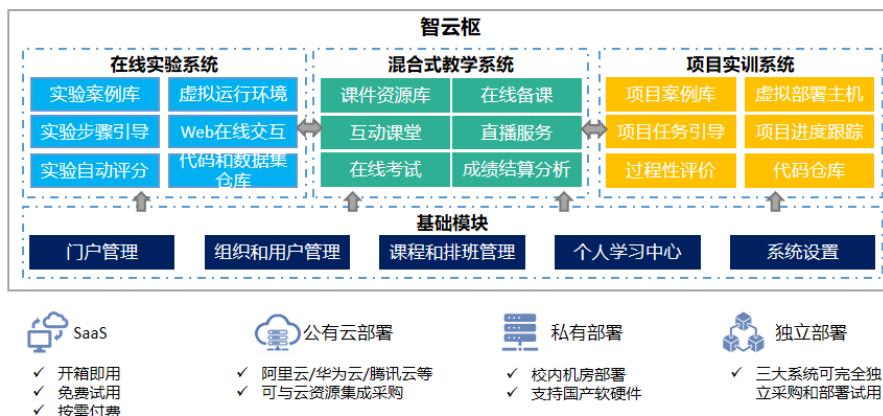
特色及优势

- (1) 真实的企业环境
- (2) 真实的项目经理
- (3) 真实的项目案例
- (4) 真实的工作压力：
- (5) 真实的就业机会

产品介绍

智云枢 - 教学 & 实验 & 实训

完全融合在线教学、在线实验、在线实训，一站式支撑OMO教学模式落地实施。



智云研 - 翼起科研 / 竞赛平台



- 平台SaaS化部署，搭建高校研发能力与产业大数据合作桥梁；建立以数据集、算法模型为代表的高校微成果的“展示、对接、交易”平台
- 提供数据集托管服务，算力分配服务，数据集及算法模型交易服务，依托NFT数字证书技术保障知识产权安全，相关流程可追溯
- 涵盖“医疗健康、商业金融、工业、农业、科研、教育、交通、环境、能源等13大领域数据集”。3.0版本不低于30,000个数据集
- 提供支持多种主流开发语言的Jupyter环境及适配教程，并可实现数据资源、算力资源与模型算法的开放共享，提升资源使用效率，促进跨学科科研协作。
- 面向G端、B端、C端用户，设立不同维度的使用场景，从计次付费到平台部署，以及数据集、算法模型来源的多样性，技术交易的安全性，促进科研项目跨学科合作，实现平台从商业到资源的可持续化发展。

智云牒 - 职业能力认证中心



01 全面的认证培训授权
400+合作授权
IT、金融、信创等领域权威认证

03 多元学习模式
线上直播
精彩视频课程

05 灵活的组合模式
SaaS版灵活应用
部署版专有服务

02 数字化认证平台
考前辅导、考试认证、证书管理
认证能力匹配

04 专业考试系统
AI人脸识别
360度监考系统

06 权威人岗匹配
考纲能力拆解
动态匹配招聘需求

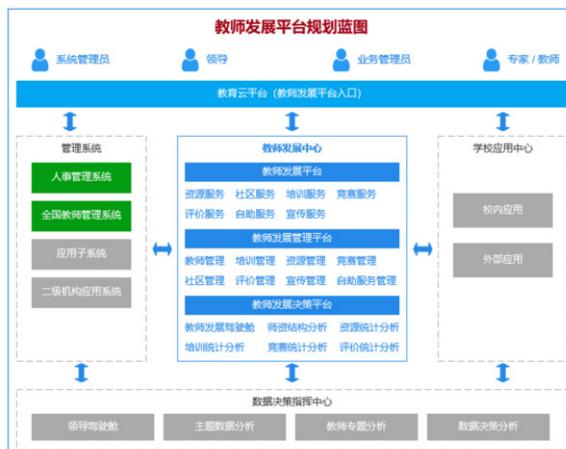
智云职 - 宅客学院



- 平台定位：以科学的**能力测评**，海量岗位数据分析匹配，通过对**力检验**，能力提升、**精准匹配**用人企业，为技术求职者提供可信赖持续的**职业成长陪伴平台**，为企业用**人解决方案**，为高校提供**数字生涯训练平台**
- 面向学**生**业服务：职位-能力测评-职位推荐-课程引导-认证引导-精准推荐-面经
- 面向企**业**人服务：人才推荐 /双选会/岗前培养
- 面向高校的职业生涯训练服务：学子信息化管理-数字生涯训练...，学子跟踪平台（校友会），双选会



智云赋 - 教师发展平台



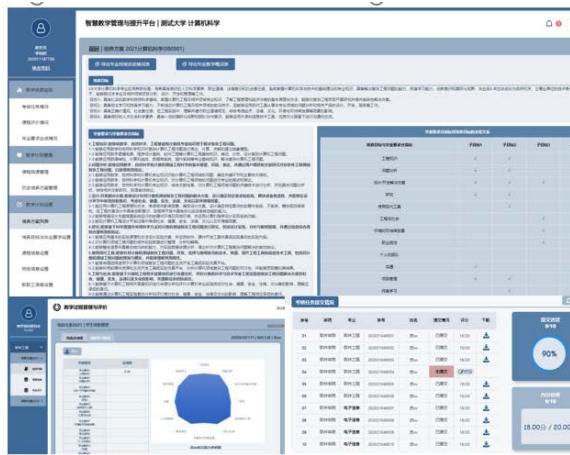
建设

- 对**副教师系统**，实现本地人事系统与全国教师系统的**融合互通**。
- 对**市发展平台**，提供教师主动获取知识、提升能力的办法和途径，有效解决教师在工作**遇到**的问题和困难，**快速提升**新教师**教学能力**。
- 建**... 市发展管理平台**，通过信息化手段，**实现管理流程化**，定制化产生各维度的教师统计分析与报表。
- 建设教师发展决策平台，利用人工智能，大数据技术，进行数据分析挖掘，**支撑管理决策**，**持续优化管理过程**。
- 利用人工智能技术，自动获取和积累资源，**不断提升平台价值**。

建设



智云衡 - 教学质量综合评价系统



- 构建课程目标-专业目标（毕业要求）-培养目标和课程能力-综合能力（专业目标）-就业能力的2映射关系体系
- 知识教学与能力培养并重，增设学生**知识、素质和能力多阶段综合评价**，贯彻项目式学习，丰富学生工程能力体系和实战经验。
- 学生综合能力评价模型汇集众多知识域的工程能力，采用深度挖掘方法实现**学生的综合能力画像**，检验学习效果和目标达成，为教学效果评价和改进提供决策依据
- 与企业岗位招聘和能力需求平台直接对接，通过**学生综合能力评价和企业岗位能力需求的智能模糊匹配模型**，实现个性化就业推荐，提升就业质量和效率。
- 教学过程和成果数据深度分析，形成**教学效果与缺陷的全方位评价报告**，为专业战略发展提供决策依据，实现持续改进的良好循环。
- 符合**专业工程认证规范**，为工程认证提供课程评价、毕业要求达成、教学质量监控和持续改进等直接依据和量化数据。
- **与在线课程平台、教务管理系统协同**，实现数据共享与汇集处理

智云才 - 产业数字人才公共服务平台



- 构建课程目标-专业目标（毕业要求）-培养目标和课程能力-综合能力（专业目标）-就业能力的2映射关系体系
- 知识教学与能力培养并重，增设学生**知识、素质和能力多阶段综合评价**，贯彻项目式学习，丰富学生工程能力体系和实战经验。
- 学生综合能力评价模型汇集众多知识域的工程能力，采用深度挖掘方法实现**学生的综合能力画像**，检验学习效果和目标达成，为专业教学效果评价和改进提供决策依据
- 与企业岗位招聘和能力需求平台直接对接，通过**学生综合能力评价和企业岗位能力需求的智能模糊匹配模型**，实现个性化就业推荐，提升就业质量和效率。
- 教学过程和成果数据深度分析，形成**教学效果与缺陷的全方位评价报告**，为专业战略发展提供决策依据，实现持续改进的良好循环。
- 符合**专业工程认证规范**，为工程认证提供课程评价、毕业要求达成、教学质量监控和持续改进等直接依据和量化数据。
- **与在线课程平台、教务管理系统协同**，实现数据共享与汇集处理

单位信息

单位联系人：袁建龙

联系人电话：15996651766

Email: yuanjianlong@csiet.com

单位地址：北京市亦庄经济开发区信创园 B 区 8 号楼 20 层

会员单位简介

——南京得塔软件自主研发了 Data Cloud PaaS (DCP) 平台



公司介绍

南京得塔软件自主研发了 Data Cloud PaaS (DCP) 平台，基于前沿的“AI + 云原生”技术，采用微服务的架构实现了应用的快速组装，并融合了 AI 大模型的自然语言理解能力，形成对应的 AI Agent，通过自然语言对话即可轻松完成服务器级别的复杂操作。DCP 平台通过结合“AI + 云原生 + 行业级解决方案”的方式，显著提高了项目产出速度，并形成了一套基于“AI + 云原生”技术的项目交付最佳实践，致力于成为世界一流的行业云平台服务提供商。

目前我司深耕交通行业，基于 DCP 平台已经构建了网约车大数据监管、综合交通监测与指挥调度中心 (TOCC) 、城市级智慧停车、桥梁结构健康监测、桥梁数字化养护管理、基于三维数字化智慧公路综合管理、以及城市生命线综合管理等行业解决方案。

為學深知書有味



南京审计大学

计算机学院 School of Computer Science 智能审计学院 School of Intelligence Audit

科技强审 智创未来

简介

江苏省计算机学会理事单位

南京审计大学计算机学院（智能审计学院）

计算机学院（智能审计学院）是南京审计大学唯一的工科学院，围绕“科技强审”战略与数字化时代国家治理体系和治理能力现代化建设需求，依托学校“大审计”平台学科与行业优势，强化现代信息技术与审计交叉融合，致力于培养掌握计算机审计、信息系统审计、大数据审计、区块链审计等现代审计技术方法的高层次复合型数字化审计人才。

计算机学院（智能审计学院）拥有江苏省审计信息工程重点实验室、江苏省审计大数据工程实验室、江苏省审计技术研发军民融合创新中心、江苏省现代智能审计一体化应用技术工程研究中心、江苏省审计信息工程与技术协同创新中心等省部级审计科研机构，依托审计行业资源优势组建审计科学与技术研究院和粤港澳大湾区审计研究院，科研团队围绕“科技强审”核心技术，开展审计技术研发，形成丰硕成果。相关研究成果与发明专利已在国家审计机关、军委审计署、地方政府、国有大中型企业等部门和领域得到广泛应用。

学院设有5个本科专业和2个硕士点：计算机科学与技术（计算机审计方向）、信息管理与信息系统（信息系统审计方向）、软件工程（区块链审计方向）、数据科学与大数据技术（大数据审计技术方向）、人工智能等专业，以及计算机科学与技术学术学位授权点、计算机技术专业硕士点。其中计算机科学与技术专业为国家一流本科专业建设点、江苏省产教融合品牌专业建设点；信息管理与信息系统专业为国家一流本科专业建设点、江苏省品牌特色专业；软件工程专业为江苏省一流本科专业建设点、江苏省卓越工程师教育培养计划2.0专业建设点。计算机科学与技术为江苏省“十三五”“十四五”重点建设学科。

计算机科学与技术专业（计算机审计方向）。围绕数字化环境下审计技术方法应用需求，将计算机理论技术与审计实务结合，培养掌握扎实的计算机理论功底、精湛的计算机审计技术，具备审计平台工具研发、审计数据分析处理能力的数字化审计人才。依托独有的审计行业资源，本专业十余名教师先后赴政府机关、国有银行、大型央企进行计算机审计，积累丰富经验，形成了国内高校独一无二的计算机审计教学团队。

信息管理与信息系统专业（信息系统审计方向）。在培养学生掌握现代信息管理技术和知识能力的基础上，依托学校审计学科特色加强专业交叉融合，面向国家治理体系建设和信息系统安全及风险管理需求，创新信息系统审计特色人才培养模式，面向审计行业培养掌握信息系统开发建设、运营管理、风险控制、审计鉴证能力的复合型IT治理与审计人才。

软件工程专业（区块链审计方向）。专业将审计理论与软件工程实践相结合，紧密围绕数字化时代可信软件研发与安全鉴证能力培养需求，将审计思维贯穿于软件开发生命周期全过程，培养具备系统工程思维，拥有高安全性与高可靠性的可信软件设计、开发和实施能力及审计鉴证能力的复合型人才。