

新工科背景下软件安全性分析课程改革与实践

牛伟纳^{1,2}, 张小松^{1,2}, 陈厅^{1,2}

(1. 电子科技大学 计算机科学与工程学院(网络空间安全学院), 四川 成都 611731;
2. 电子科技大学(深圳)高等研究院, 广东 深圳 518000)

摘要: 在新工科背景下,为解决软件安全性分析课程教学过程中存在的问题,借助企业真实项目构建课内知识实践化体系,形成课内课外相结合以及理论实践多维融合的产学研融合教学模式。该教学模式以实践视角为切入点,采用以练促学、学以致用、用必以德三位一体的混合式任务驱动教学方法,同时优化考核评价指标体系。目前,该教学模式已面向电子科技大学网络空间安全专业进行了3个学期的教学实践,从选课学生与授课组专家反馈以及课程目标达成情况来看,教学效果明显,有效提升了学生的自主学习能力、分析与解决实际问题能力以及拓展创新能力。

关键词: 新工科;教学实践;任务驱动;产学研融合

DOI: 10.11907/rjdk.241319

中图分类号: G420

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号: 1672-7800(2024)008-0049-07



Software Security Analysis Course Reform and Practice under the Background of Emerging Engineering Disciplines

NIU Weina^{1,2}, ZHANG Xiaosong^{1,2}, CHEN Ting^{1,2}

(1. School of Computer Science and Engineering (School of Cyberspace Security), University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China; 2. Institute for Advanced Study, University of Electronic Science and Technology of China (Shenzhen), Shenzhen 518000, China)

Abstract: In the context of new engineering disciplines, in order to solve the problems in the teaching process of software security analysis courses, a practical system of in class knowledge is constructed with the help of real enterprise projects, forming a teaching model that combines in class and out of class learning, as well as multi-dimensional integration of theory and practice, integrating industry, academia and research. This teaching model takes a practical perspective as the starting point, adopting a hybrid task driven teaching method that combines practice to promote learning, application of learning, and application to morality. At the same time, the assessment and evaluation index system is optimized. At present, this teaching mode has been applied to the network space security major at the University of Electronic Science and Technology of China for three semesters of teaching practice. From the feedback of selected students and teaching group experts, as well as the achievement of course objectives, the teaching effect is obvious, effectively enhances students' self-learning ability, ability to analyze and solve practical problems, and ability to expand innovation.

Key Words: emerging engineering education; teaching practice; task-driven; industry-academia-research integration

0 引言

随着全球科技与产业革命的持续推进,第四次工业革

命正在蓬勃发展^[1]。国家重要战略如“中国制造2025”“互联网+”和“一带一路”等,对我国高等教育改革发展提出了新的要求。在这种背景下,建设“新工科”成为当务之急和长远之策^[2-3]。随着新工科建设中“问产业需求建专

收稿日期: 2024-03-29

扫描二维码阅读全文:



基金项目: 国家自然科学基金面上项目(62372086);教育部产学研合作协同育人项目(230706043253737)

作者简介: 牛伟纳(1990-),女,博士,CCF高级会员,电子科技大学计算机科学与工程学院(网络空间安全学院)副教授、硕士生导师,研究方向为网络与软件安全;张小松(1968-),男,博士,CCF会士,电子科技大学计算机科学与工程学院(网络空间安全学院)教授、博士生导师,研究方向为信息技术与网络安全;陈厅(1987-),男,博士,电子科技大学计算机科学与工程学院(网络空间安全学院)教授、博士生导师,研究方向为软件与区块链安全。本文通讯作者: 张小松。

业”以及“问技术发展改内容”理念的不断贯彻落实,相关人才知识体系更新势在必行^[4]。

近年来,国内信息化管理水平不断提升,计算机软件成为人们日常生活和工作中不可或缺的组成部分。然而,恶意软件泛滥以及用户使用不当造成的安全风险严重影响了计算机系统的安全稳定运行,软件安全性问题成为当前亟需解决的重大难题之一,加强相关专业人才培养迫在眉睫。软件安全性分析作为计算机专业的一门重要课程,主要研究软件开发与运行过程中可能出现的安全漏洞及相应的预防措施。在传统的软件安全性教学范式中,理论知识的传递往往占据主导地位。然而,新工科教育理念更加重视实践操作与创新思维的培养^[5-6]。其中实践教学发挥着理论与应用之间桥梁的作用,是培养学生创新能力的关键,学校需据此重新审视并调整软件安全性分析课程的教学策略^[7]。

1 相关研究

软件安全性分析课程的教学目标为使全面了解软件安全的基本概念和原理,培养其对软件安全问题的敏感性和责任心,使其深入掌握软件安全性分析方法,并具备解决实际生活中软件安全问题的能力^[8-9]。在新工科教育背景下,该课程展现出以下几个显著特征:①跨学科性质。该课程融合了计算机科学、网络工程、信息安全等多个学科领域的知识与技能,学生需能从多角度全面审视软件安全方问题;②实践导向。该课程强调实践性教学,通过模拟真实的攻击与防御场景,使学生能够应对实际工作中的各种挑战;③面向未来。在新技术不断涌现的背景下,该课程内容应紧跟时代步伐,涵盖最新安全威胁、漏洞以及防御技术,确保学生在毕业后依然能够有效应对新型安全威胁^[10-11]。

目前,许多教育界人士对计算机软件相关课程教学进行了研究,取得了一定成果,但仍存在一些问题需要解决^[12-15]。

1.1 填鸭式教学,缺乏引导

软件安全性分析课程具有理论性强、实践性强、内容更新迅速的特点。目前该课程多为填鸭式教学模式,缺乏对学生深层次理解与独立思考能力的引导与培养。鉴于软件安全性分析课程要求学生掌握诸多操作技能,教学过程中很容易集中灌输具体的技术和工具使用方法,而忽略了对学生批判性思维的培养。此外,软件安全领域发展迅速,相关教学资源极易过时。在有限的教学时间内,教师可能更倾向于讲解书本上的知识,而忽略了向学生传递前沿研究信息,导致其在面对不断变化的行业环境时缺乏必要的适应能力和自学能力。

1.2 理论内容过于突出,实践操作不足

尽管教师通过问题导入、提问互动、布置课后作业等

方式强化理论知识教学,但学生在学习过程中仍容易产生倦怠感,表现为学习主动性和积极性缺乏,需要通过实践操作巩固和加深对理论知识的理解,如需熟练掌握各种主流软件安全分析工具,包括 JTEST、WinRunner、WEBLODE 等。

1.3 忽视思政教育

传统的软件安全性分析课程教学通常着重于知识与技术的传授,未将学生的爱国精神、敬业精神、工匠精神等社会主义核心价值观培养纳入重点,这可能会导致学生对软件安全问题的重大影响缺乏深刻认识。因此,软件安全分析课程教学不仅应关注学生学术水平的提高,而且应重视学生综合素质的培养,尤其是提升其社会责任感和职业道德素养,这样才能确保未来的软件安全工程师在面对可能威胁个人隐私、商业机密或国家安全的问题时能够秉持正确的价值观和道德观。

1.4 评价方式单一,重结果轻过程

现有“平时表现成绩+期末考试成绩”的评价方法存在一定局限性,难以全面准确地反映学生的学习效果。这种评价体系通常依赖于少数几次考核,可能会导致反馈不及时,教师对学生的状况了解不足,难以根据反馈结果及时调整和优化教学方法。需要引入多元化评价方式,如项目作业、小组讨论、持续的课堂表现评估等,以全面反映学生的学习进度和对知识点的掌握程度。如此以来,不仅有助于教师更准确地掌握学生的学习状况,而且能够激励学生整个学期中保持长久的学习动力和较高的参与度。

为解决软件安全性分析课程教学中存在的问题,电子科技大学借助企业真实项目构建课内知识实践化体系,形成课内课外相结合以及理论实践多维融合的产学研融合教学模式,构建了更加符合行业发展趋势的软件安全人才培养方案。

2 面向新工科人才培养的特色化课程体系构建

根据新工科人才培养理念与要求,电子科技大学系统梳理了软件安全性分析课程的知识逻辑体系,构建了以项目为实践导向的多学科融合模块化课程体系,以适应当前和未来行业的需求。电子科技大学计算机科学与工程学院(网络空间安全学院)建立了以学生为主体的网络空间安全实验室,形成了“产学研结合、自主研学、资源共享”的新工科技创新人才培养实践教学体系,具体如图1所示。通过校企导师的引导,学生可以接触到真实的工程案例,如软件漏洞分析、网络攻防对抗等,以及优质的科研成果。该课程体系“强化学科交叉、重创新实践”,不断更新教学内容,确保其与学科前沿、工程实践、科研课题同步。教学团队结合实验室资源现状,采用线上线下一体化混合式实验教学模式,设计了包括开源软件、算法模型、常用实验工具在内的多样化实验,实现了课程教学与实验教学的有机结合。

同时,通过项目式学习与课外竞赛培养学生的实践能力和创新意识。

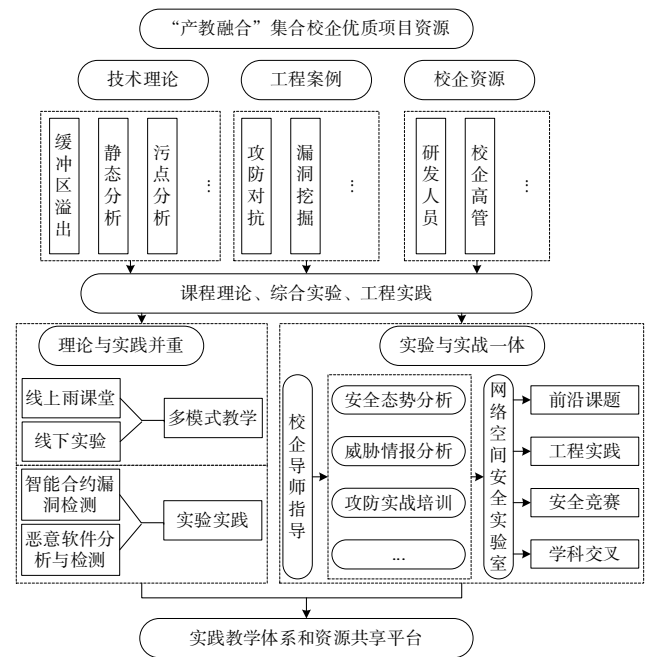


Fig. 1 Teaching system of software security analysis course in the context of emerging engineering
图1 新工科背景下软件安全性分析课程教学体系

3 三位一体混合式任务驱动教学改革

电子科技大学提出“以练促学、学以致用、用必以德”三位一体的课程教学改革理念,具体如图2所示。这一理念的核心在于将练习、实践、应用以及思政紧密结合,形成一个有机整体。其中,以练促学倡导通过动手实践加深学生对理论知识的理解与掌握,这不是简单重复的练习,而是通过亲身实践达到深层次的知识内化;学以致用强调知识与实际应用紧密结合,鼓励学生将所学理论知识应用于解决实际问题;用必以德强调应注重培养学生的职业道德和社会责任感。这意味着学生不仅要学会如何使用知识,还要明白何时以及为何使用这些知识,思考其对社会可能产生的影响。三位一体的教学改革理念不仅关注知识传授与技能培养,而且重视学生全面素质的提升,可以培养出专业技术精湛、道德品质高尚的复合型人才。

3.1 以练促学:教学方式创新与优化

为提高学生的学习兴趣,将课程理论知识模块化、明细化,同时引入以往教学中遇到的问题,引导学生带着问题进行探索学习。

软件安全性分析课程的理论知识被划分为8个模块:软件安全概述、软件测试基础、缓冲区溢出、Web安全、软件安全性静态分析、软件安全性动态分析、动态污点分析技术、软件安全性自动化分析技术。课堂讲授不再是知识点的机械陈述,而是以问题为导向,从理论出发联系实际,

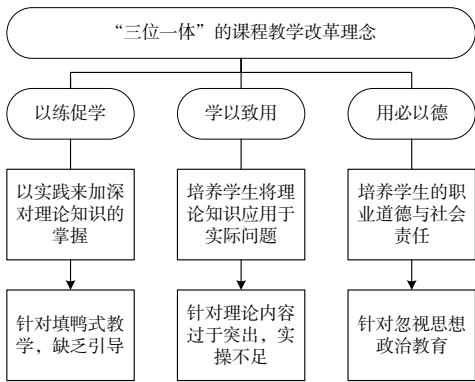


Fig. 2 Trinity teaching reform concept
图2 三位一体教学改革理念

加深学生对晦涩理论知识的理解。知识模块化和问题导向的教学思路有助于加快教学进度,压缩理论课学时,使学生们在较短时间内建立起软件安全知识体系。

根据前几届学生在该课程中遇到的问题,将班级划分为若干个讨论小组。在掌握基础知识的情况下,每个小组完善解决问题的前置步骤,形成纸质版方案,并不断迭代优化,增加课堂习题检测环节,摒弃以往课上学习、课后做题的习惯,趁热打铁,为每个模块设置相应的课堂习题,以此检验学生对知识的吸收与运用情况。习题由小组成员合作完成,有利于培养团队协作能力^[6]。

问题解决方案由教师按照思路、可行性、结果、分工进行综合评分,同时由不同小组轮流评分。以2号小组的《高流量下的网站安全策略》为例,如表1所示,教师评分为89分,评价内容包括方案的创新性、逻辑性、全面性、可行性、实际效果及团队分工情况。表2为其他小组的评分,同样从这几个方面进行打分。教师评分占50%,各小组评分的平均分占50%,最终2号小组的最终成绩为89.81。该评分标准清晰且全面,每个项目都有评分细则,能客观准确地反映学生的知识运用水平。此外,在试题库中导入问卷星、雨课堂等工具,方便教师随时进行课堂测验。通过问卷星完成随堂测试分析,利用雨课堂投屏功能将学生的答案投影到屏幕上,供大家集中研讨。教师的课程教案要注明教学重点和难点,设置师生互动、知识拓展环节,开展期末课程总结与教学反思,梳理教学疏漏。

3.2 学以致用:真实项目助力教学

为有效解决课程理论内容过于突出而实践操作不足的问题,教师可在授课过程中巧妙融入实践应用场景。首先,依托现有协同创新中心搭建产学研平台,鼓励合作单位将其实际产品或项目需求引入到课堂、实训以及科研育人计划中来^[16]。如此以来,学生不仅能够更好地理解理论知识,而且能在实践中加以应用,帮助合作单位解决实际问题,达到“借智”的效果。

为进一步加强产学研交流,学校计划与绿盟科技、安恒信息、四叶草信息等知名安全公司合作建立人才共培体系。这种合作不仅包括课堂教学,而且涉及课外的实训项

Table 1 Teacher scoring criteria

表1 教师评分细则

分

评分项目	评分标准	评分细则	得分	小计
思路	创新性(10)	利用多种分布式技术	8	22
	逻辑性(10)	逻辑清晰,步骤合理	9	
	全面性(5)	考虑到高并发和安全性	5	
可行性	技术可行性(15)	技术方案可实现	13	21
	资源需求(10)	资源需求合理	8	
	效果(15)	达到预期效果	14	
结果	效率(10)	系统响应速度快	9	28
	可持续性(5)	方案可持续使用	5	
	团队协作(10)	团队配合默契	9	
分工	任务分配(10)	每个成员均有参与	9	18
总计			89	

Table 2 Group scoring

表2 小组评分

分

小组编号	思路 (25)	可行性 (25)	结果 (30)	分工 (20)	总分 (100)
小组1	23	22	27	19	91
小组3	22	21	26	18	87
小组4	24	23	29	20	96
小组5	22	20	28	18	88
小组6	23	22	27	19	91
小组7	21	21	28	19	89
小组8	24	23	29	20	96
小组9	22	20	27	18	87

目和科研活动。通过这种深度融合,学生可以在真实的工作环境中积累经验,提高实际操作能力。

在课程设计方面,以“历史”“产品”“系统”等软件发展历程为主线进行授课,使学生在有明确的方向感和目标感。鼓励学生在课堂上大胆质疑,培养其批判性思维^[17]。在此基础上,教师可引入学术论文中的 Rebuttal

环节,鼓励学生小心求证,形成教学与科研的闭环。Rebuttal是指在学术论文审稿过程中,作者针对审稿人的评论和建议进行回应与辩护的环节。通过这一过程,作者可以解释、澄清或反驳审稿人的意见,以证明其研究的合理性和有效性。在课程中引入 Rebuttal 环节旨在通过模拟学术论文答辩的方式培养学生严谨的学术态度,增强其面对质疑的信心和解决问题的能力。

总体来说,通过依托产学研平台、引入实际项目需求、加强与行业知名企业合作、优化课程设计以及鼓励学生质疑求证等一系列措施建立的产学研共培体系(见图3)能有效解决理论教学与实践脱节的问题,全面提升学生的综合能力。

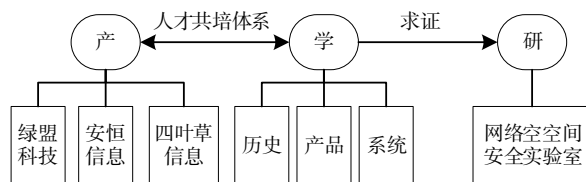


Fig. 3 Industry-university-research co-culture system

图3 产学研共培体系

3.3 用必以德:深挖思政元素

如图4所示,建立政课融合教学体系,通过实践操作、国内外研究现状及发展态势分析、国内外重大安全事件案例学习等方式将思政元素融入到教学各个环节,培养学生的工匠精神、法律道德意识以及家国情怀。

在工匠精神培养方面,通过对缓冲区溢出这一典型漏洞的分析检测,引导学生树立工匠精神,强调在软件开发和安全性分析过程中细致、耐心和追求卓越态度的重要性。

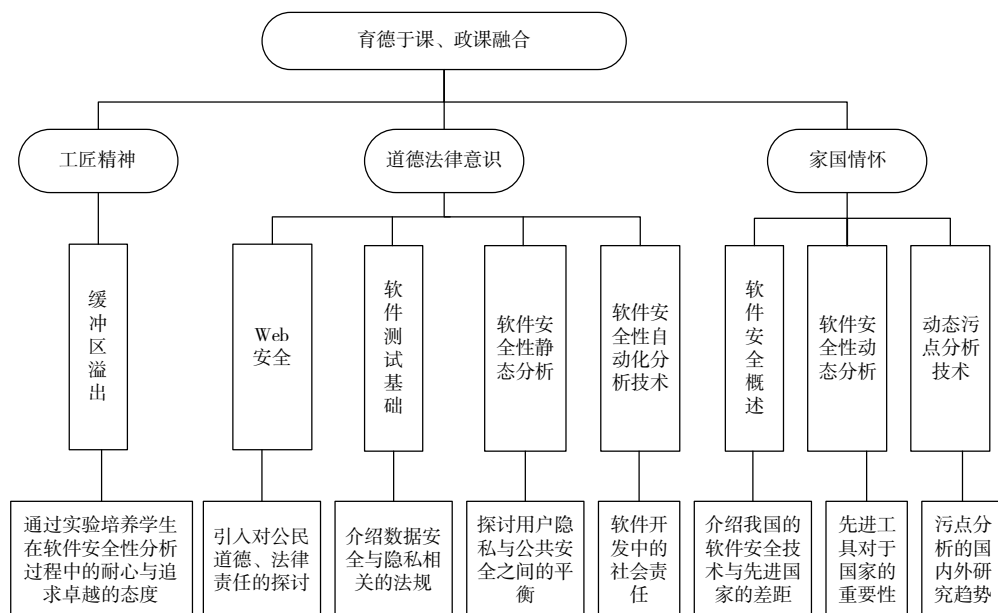


Fig. 4 Integrated teaching system of politics and lessons

图4 政课融合教学体系

在道德法律意识培养方面,将具体的课程模块与相关道德法律相结合。例如,Web安全讨论的是保护数据和系统免受黑客攻击的问题;软件测试是对软件质量进行判断与评估的过程,目的是查找软件运行过程中可能出现的错误。在讲解Web安全、软件测试等相关背景时引入与数据隐私和安全有关的法规,使学生意识到保护个人、组织合法权益的重要性。静态分析是一种在不执行程序的情况下对平台后端代码进行分析的方法;软件开发自动化测试是相对手工测试而存在的方法,主要通过软件测试工具实现。在课程中引入软件漏洞造成的事故案例强调静态测试、软件自动化测试的重要性,引导学生认识到软件开发中的社会责任。成为一名遵纪守法的软件工程师,守护软件安全,就是在为国家安全作贡献。

在家国情怀培养方面,通过分析国内外研究现状及发展态势,向学生介绍我国在软件安全分析技术方面的需求以及与先进国家的差距,鼓励学生树立起奋起直追的信念。例如,动态分析是一种在程序运行时分析软件行为的方法。向学生介绍一些国际先进的软件安全动态分析工具,以及部分国外企业通过专利和技术积累形成的垄断壁垒,使学生意识到开发国产自主先进分析工具的重要性,培养其为国奉献的情操。

4 实验教学设计

针对传统软件安全分析教学内容与实际信息安全行业发展相脱离的现状,电子科技大学以行业发展态势为指导,根据“新工科”建设和产学研融合的要求,从学生主体认知特点出发组织软件安全性分析实验教学,具体如图5所示。实验依托于多样化安全案例,按照“宽深结合+层次递进”的原则对不同知识点进行交叉学习。学生通过参与、互动、协作等模式完成实验内容,不仅提高了实际操作能力,而且巩固了对软件安全知识的理解,有助于其更好地适应信息安全行业的实际需求,为未来的职业生涯打下坚实基础。

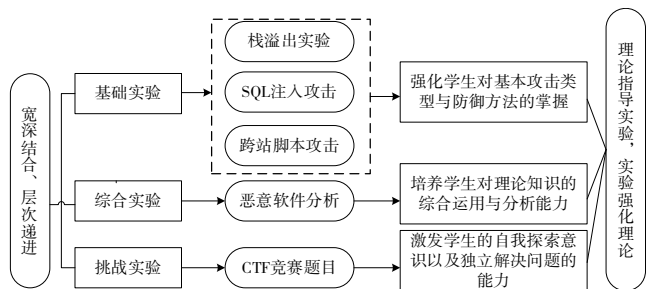


Fig. 5 Experimental design of software security analysis course

图5 软件安全性分析课程实验设计

根据难易程度,实验内容分为基础、综合、挑战3个等级。其中,基础实验包括栈溢出、SQL注入攻击以及跨站脚本攻击。通过栈溢出实验学习并理解栈溢出漏洞的原理,以及如何利用这种漏洞进行攻击,进而学会如何防范

这种类型的攻击。通过SQL注入攻击实验设计一个简单的Web应用程序,包含用户身份验证系统,并在其中故意引入SQL注入漏洞,帮助学生理解SQL注入的原理、认识SQL注入的危害、掌握基本的SQL注入技术、学习防范SQL注入的方法。通过跨站脚本攻击实验创建一个包含用户输入的Web应用,演示如何在未经过滤的输入中进行跨站脚本攻击,帮助学生理解跨站脚本攻击的原理、认识跨站脚本攻击的危害、掌握基本的跨站脚本攻击技术、学习防范跨站脚本攻击的方法。基础实验可以加强学生对基本攻击类型与防御方法的掌握。

综合实验为恶意软件分析实验,学生需要在虚拟环境中分析恶意软件样本的基本信息,包括文件系统、注册表、网络活动等,可帮助其理解恶意软件的类型、学习基本的恶意软件分析技术、分析恶意软件的传播途径并掌握相应的防范措施。综合实验可以提高学生对理论知识的综合运用与分析能力。

挑战实验为CTF(Capture The Flag)竞赛题目。CTF的前身为黑客之间的网络技术比拼游戏,起源于1996年第四届DEFCON极客大会。最初的CTF比赛没有明确的比赛规则,没有专业搭建的比赛平台与环境,由参赛队伍自行准备比赛目标,并尝试攻破对方提供的比赛目标,且组织者大多是一些非专业的志愿者。现代CTF竞赛由专业队伍负责比赛平台、命题、赛事组织以及自动化积分系统。参赛队伍需提交参赛申请,由DEFCON会议组织者们进行评选,主要题型涉及常见的Web漏洞,如跨站脚本攻击、代码执行、上传漏洞等。挑战实验可以培养学生的团队协作意识,激发其创新热情。以上3种实验由易至难,可适应不同层次学生的学习需求。

5 教学评价方法改革

针对传统课程评价方式单一、重结果轻过程导致无法全面评价学生学习效果的问题,将“平时成绩+期末成绩”的评价方法改为“过程性考核+终结性考核”的评价方法,具体如图6所示。过程性考核由平时成绩和实验成绩构成,终结性考核由期末成绩构成。平时成绩主要考察课堂知识点的理解与掌握程度,主要形式为线上雨课堂、出勤签到、课堂表现以及小组展示;实验成绩主要考察学生对软件常见攻击的掌握情况,主要形式为实验报告、程序检查(含调试)和实验结果检查。终结性考核主要考察学生对软件安全性分析基本概念、攻击类型及防御措施等的掌握情况,方式为书面闭卷考试。

6 课程改革效果

软件安全性分析课程是电子科技大学计算机科学与工程学院(网络空间安全学院)网络空间安全专业的重要

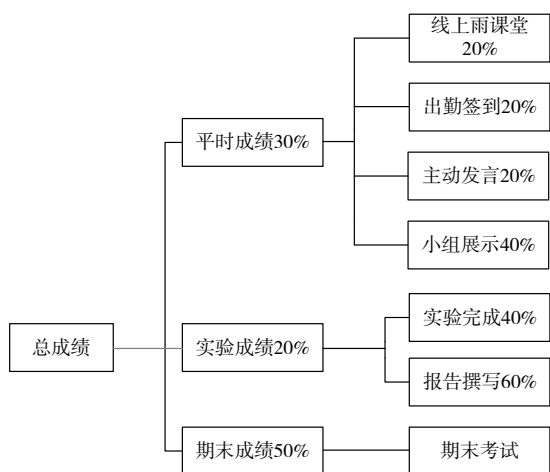


Fig. 6 Diversified course assessment and evaluation methods

图6 多元化课程考核评价方法

学位课程,也是计算机科学与技术专业的选修课程。对近3年学习该课程学生的成绩进行统计分析,结果见表3、图7。其中,2020-2021学年没有进行课程改革,从2021-2022学年起进行了全面改革。可以看出,90分以上的学生由2020-2021学年的6人增至2022-2023学年的13人,弃考人数也在逐年下降,说明学生对这门课的接受程度在逐年提升。

Table 3 Student performance statistics in the past 3 years

表3 近3年学生成绩统计

学年	平均分	90分 以上	80-89 分	70-79 分	60-69 分	60分以下(不 含0分)	0分
2020-2021	66	6 7%	39 47%	8 10%	15 18%	2 2%	13 16%
2021-2022	71	10 14%	26 37%	21 30%	3 4%	1 2%	9 13%
2022-2023	75	13 33%	17 43%	4 10%	0 0%	0 0%	6 15%

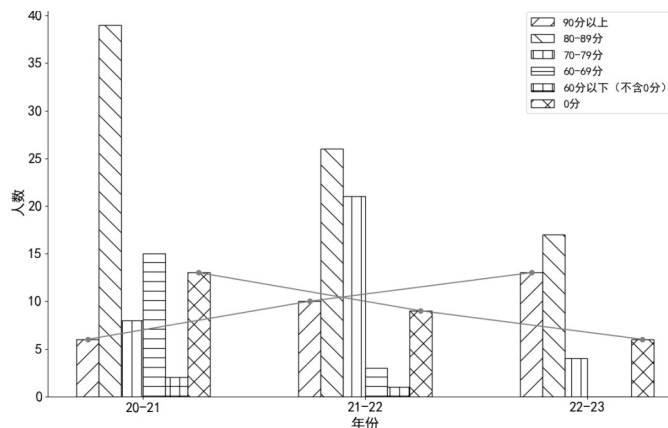


Fig. 7 Changes in student grades

图7 学生成绩变化

随着教学改革的深入,学生们在CTF竞赛中屡创佳绩,荣获“第七届西湖论剑·中国杭州网络安全技能大赛”三等奖、“铸剑杯”全国大学生网络安全攻防竞赛一等奖、“华为杯”第二届中国研究生网络安全创新大赛实网对抗

赛二等奖、第七届“蓝帽杯”全国大学生网络安全技能大赛总决赛二等奖。

7 结语

软件安全性分析的重要性不仅仅体现在保护个人隐私、防范网络攻击、维护商业机密等方面,更在于其对于科技领域可持续发展的基础性支撑作用。因此,培养具备软件安全意识和技能的工程师对于推动科技领域的有序健康发展至关重要。本文在新工科背景下提出以练促学、学以致用、用必以德三位一体的混合式任务驱动教学方法,通过课内课外相结合以及理论实践多维融合的产学研合作教学模式有效提高了学生对软件安全性分析相关理论知识的掌握程度,提升了其实践动手能力,培养出的人才更加满足行业需求,就业竞争力进一步提高。然而,课程改革实施过程中遇到了资源配置不均、企业参与度不足等问题。未来将从以下4个方面深化改革:一是资源整合。优化学校和企业的资源配置,确保学生有足够的实践机会;二是教学创新。进一步探索与推广混合式教学和翻转课堂等创新教学模式,提高教学效果;三是健全评价机制。建立完善的教学评价和反馈机制,及时调整教学内容和方法;四是建立稳定的校企合作关系,确保企业能够持续参与教学改革与学生培养。

参考文献:

- [1] MA B, YE Z M, YANG Y X. Chinese-style modernization and the fourth industrial revolution: risks and responses [J]. Journal of Shandong University (Philosophy and Social Sciences), 2023(1):11-19.
马奔,叶紫蒙,杨悦兮. 中国式现代化与第四次工业革命:风险和应对[J]. 山东大学学报(哲学社会科学版), 2023(1):11-19.
- [2] WU A H, HOU Y F, YANG Q B, et al. Accelerate the development and construction of new engineering disciplines to proactively adapt to and lead the new economy [J]. Higher Engineering Education Research, 2017(1):1-9.
吴爱华,侯永峰,杨秋波,等. 加快发展和建设新工科主动适应和引领新经济[J]. 高等工程教育研究, 2017(1):1-9.
- [3] XIE Y, WANG J W, TANG Z H. Construction and research on software engineering course group for software engineering major under the background of new engineering [J]. Journal of Hunan University of Engineering, 2019, 29(4):109-113.
谢雅,王京文,唐志航. 新工科背景下软件工程专业软件工程课程群构建与研究[J]. 湖南工程学院学报, 2019, 29(4):109-113.
- [4] LIAO Y, ZHOU S J, TANG Y. Construction of core curriculum system for software engineering majors oriented to new engineering disciplines [J]. Higher Engineering Education Research, 2022(4):10-18.
廖勇,周世杰,汤羽. 面向新工科的软件工程专业核心课程体系建设[J]. 高等工程教育研究, 2022(4):10-18.
- [5] QI S M, GONGYE X Y. Research on the software engineering practice teaching system for new engineering disciplines [J]. Software Guide, 2020, 19(12):113-116.
齐苏敏,公冶小燕. 面向新工科的软件工程实践教学体系研究[J]. 软件导刊, 2020, 19(12):113-116.

- [6] LIU B C. Problem-based learning model in American research universities [J]. China Higher Education Research, 2004(10):61-63.
刘宝存. 美国研究型大学基于问题的学习模式[J]. 中国高教研究, 2004(10):61-63.
- [7] LI Q. Ideas on the reform of task-based teaching model based on process improvement [J]. Higher Education Forum, 2016(2):37-38,43.
李钦. 基于过程改进的任务型教学模式改革设想[J]. 高教论坛, 2016(2):37-38,43.
- [8] SUN D W, ZHANG Y Q. Analysis on the training model of computer system thinking ability under the background of new engineering [J]. Computer Education, 2020(7): 94-97.
孙大为, 张玉清. 新工科背景下计算机系统思维能力培养模式探析[J]. 计算机教育, 2020(7): 94-97.
- [9] ZHAO M F. Deepening the integration of industry and education and promoting the spirit of craftsmanship: taking Qinghai Communications Vocational and Technical College as an example [J]. China Tuijiu, 2018(4): 65-66.
赵明芳. 深化产教融合弘扬工匠精神: 以青海交通职业技术学院为例[J]. 中国土族, 2018(4):65-66.
- [10] CHEN Z G, SHI J J, KUI X Y. Discussion on the construction of national first-class undergraduate major in software engineering under the background of "double first-class" construction [J]. Chinese University Teaching, 2022(6):27-40.
陈志刚, 石金晶, 奎晓燕. “双一流”建设背景下软件工程国家级一流本科专业建设思路探讨[J]. 中国大学教学, 2022(6):27-40.
- [11] YANG S X, LAN H, CAI Q. Exploration and practice of cultivating computer majors under the background of new engineering [J]. Computer Education, 2021(6):47-51.
杨书新, 兰红, 蔡虔. 新工科背景下的计算机类专业人才培养探索与实践[J]. 计算机教育, 2021(6):47-51.
- [12] CAI Z H, HE L, YE G, et al. Exploration of the "knowledge transfer+problem-oriented" teaching model in the computer systems curriculum group [J]. Computer Education, 2023(10):121-125.
蔡朝晖, 贺莲, 叶刚, 等. 计算机系统课程群的“知识迁移+问题导向”教学模式探索[J]. 计算机教育, 2023(10):121-125.
- [13] LIU W L, WU Y J, FU Y G, et al. Exploration of the practical teaching reform of algorithms and data structures under the background of new engineering [J]. Computer Education, 2021(7): 73-76.
刘莞玲, 吴英杰, 傅仰耿, 等. 新工科背景下算法与数据结构实践教学改革探索[J]. 计算机教育, 2021(7):73-76.
- [14] REN Y, WANG L N, DU J, et al. Research on the teaching model reform of computer network courses based on the OBE concept [J]. China Modern Educational Equipment, 2023(5): 146-148.
任颖, 王丽娜, 杜晶, 等. 基于OBE理念的计算机网络课程教学模式改革探究[J]. 中国现代教育装备, 2023(5):146-148.
- [15] ZHAO J S, YANG B H. Exploration of software analysis and modeling course teaching from a practical perspective under the background of new engineering [J]. Computer Education, 2023(10):149-153.
赵金帅, 杨保华. 新工科背景下基于实践视角的软件分析与建模课程教学探索[J]. 计算机教育, 2023(10):149-153.
- [16] YANG J K, WANG L K, WANG G Z, et al. Exploration of the teaching model for thin film physics and technology courses based on industry-university-research collaboration: a case study of Changchun University of Science and Technology [J]. Higher Education Journal, 2024, 10(7): 102-105.
杨继凯, 王连锴, 王国政, 等. 基于产学研协同育人的薄膜物理与技术课程教学模式探索——以长春理工大学为例[J]. 高教学刊, 2024, 10(7):102-105.
- [17] RUAN Q, WEN F F, GU M Z, et al. Research on teaching reform of information literacy to cultivate complex thinking: a case study of "information literacy and practice" course at Zhejiang University of Finance and Economics [J]. Journal of Academic Libraries, 2024, 42(2): 52-63.
阮琪, 温芳芳, 顾明哲, 等. 培养复杂思维的信息素养教学改革研究——以浙江财经大学“信息素养与实践”课程教学改革为例[J]. 大学图书馆学报, 2024, 42(2):52-63.

(责任编辑:尹晨茹)