

基于过程管理的软件工程课程实践教学探究

季晓君

(南京理工大学紫金学院 计算机与人工智能学院, 江苏 南京 210023)

摘要: 针对软件工程课程实践环节学生缺乏有效过程管理指导、实施效果不佳的问题, 结合PSP和TSPi, 设计适应应用型本科院校的软件工程课程实践训练过程指南。为个体过程管理与改进设置了基本的时间进度管理和代码质量管理机制, 为团队过程管理与改进设置了基本的团队建设机制。该指南可用以指导为期11周左右、团队形式、迭代方式完成的一个中小规模软件项目的完整开发。实施结果表明, 学生团队合作效率和个体工作效能均有显著提升。所总结的实施经验可为教师使用该指南提供有益参考, 指南的实施也可为学生后续课程实践环节中持续的过程管理与改进训练建立良好的起点。

关键词: 软件工程; 实践教学; 过程管理; 实践指南; 应用型本科院校

DOI: 10.11907/rjdk.231668

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



中图分类号: G642

文献标识码: A

文章编号: 1672-7800(2024)008-0112-06

Research on Practical Teaching of Software Engineering Course Based on Process Management

Ji Xiaojun

(School of Computer and Artificial Intelligence, Nanjing University of Science and Technology Zijin College, Nanjing 210023, China)

Abstract: Considering its poor effect and shorting of good process management in the practice of software engineering course, Combining PSP and TSPi, a guide of process monitoring and improvement is designed for application-oriented institutes. Elementary time management, schedule management and code quality management mechanisms are set for personal software process management. Elementary teaming mechanisms are set for team software process management. The guide is designed for an 11-weeks, working-in-team and iterative development for small and medium scale project. Application of the guide indicates that, students teaming and productivity are improved effectively. Experience of the guide's application offers a good reference for its further using. The guide also constructs a good start point for students' persistent process monitoring and improvement in subsequent courses.

Key Words: software engineering; practice teaching; process management; practice guide; application-oriented institutes

0 引言

掌握基本的软件工程相关方法、过程和工具, 培养良好的软件工程能力和素养, 是当下计算机应用类本科人才培养的重要目标^[1]。在当前实施应用型本科教育的各类院校中, 软件工程课程基本已经定位成计算机类相关专业的专业基础, 甚至是专业核心课程。为了使学生在一个学期的课程学习过程中较好地理解和吸收这些知识, 软件工

程课程授课过程中大都遵循“学中做, 做中学”的理念, 以大作业或者课程设计的形式, 以一个小型项目开发为引领, 开展伴随课程的实践训练^[2-3]。实践训练与理论讲授并重, 已经成为软件工程课程开设的常态。

然而, 在部分应用型本科院校课程设置中, 软件工程课程开设时, 学生在实践过程中往往由于经验不足和缺乏详尽的规程引导, 而容易出现各种混乱失序, 甚至是项目不能按时完成, 导致实践过程收获有限, 学生对于项目开发产生挫败感。如何提升该课程实践训练质量一直都是

收稿日期: 2023-09-03

扫描二维码阅读全文:



基金项目: 南京理工大学紫金学院教育教学改革与研究课题(ZJ202406JXGGY07)

作者简介: 季晓君(1979-), 女, 博士, CCF会员, 南京理工大学紫金学院计算机与人工智能学院副教授, 研究方向为软件工程、形式化验证、机器学习。

课程教学研究的重难点之一^[4-6]。

《个体软件过程》和《团队软件过程导论》是卡内基梅隆大学软件工程研究所(SEI)研究员Humphrey为初学软件工程课程的大学生们编写的教科书,在计算机科学和软件工程导论课程中使用,重点介绍软件开发人员个体和团队如何通过过程管理与改进实现规范且高效的软件开发^[7,8]。其中,结合大量资深软件工程人员的经验分别设计了一套个体实施软件工程的实践指南PSP(Personal Software Process)和一套团队实施软件工程的实践指南TSPi(Introduction to the Team Software Process),学生和教师可按照该指南开展工程实践。这两本教材对应的课程在美国几十所大学开设后,统计发现,学生开发软件产品总的缺陷减少了58%,测试阶段发现的缺陷减少了71.9%,生产率提高了20.8%,获得了非常好的授课效果^[9]。

PSP和TSPi虽然在其早期教学中取得了良好效果,但它们分别是两门独立的课程,需要两个学期的时间进行学习,因此无法直接适用于软件工程课程的实践训练环节。此外,PSP和TSPi分别产生于20世纪末和21世纪初,其中介绍的部分实践方法已不适应软件工程领域当前发展水平,一些实践工具也显得陈旧复杂。同时,PSP和TSPi中仍然不乏大量宝贵的经验和方法得到当前软件工程领域研究人员和开发者的重视和推崇。更为重要的是,其中对于各种方法和过程的介绍既简单易读又全面详尽,非常适合初学者作为入门指引。

综上所述,提炼出PSP和TSPi中好的方法和经验,结合软件工程课程实践训练的课程目标和实施条件,设计学生可以有效参照实施的过程管理和改进方案,为学生的实践训练提供具体的规程指导,将有望极大改善实践训练效果。本文在软件工程课程实践训练环节中结合PSP和TSPi,设计适应当前计算机应用类本科院校的软件工程课程实践训练过程指南,指引教师和学生开展相关实践。

1 研究现状

岳川等^[10]将软件工程课程中的实践理论与实际相结合,构建了模拟企业真实软件开发的教学实践环境,采用敏捷开发方法组织学生的项目开发,并让教师以技术总监身份加入学生项目团队,指导学生的技术和管理,尤其是团队管理方面,包括组会召开、项目计划制定与实施、人员分配、风险管理等。但是,该工作未能针对学生的项目实践过程提出系统的指导方案。

张聚礼等^[11]将混合式教学模式应用于软件工程课程理论与实践教学,针对该课程理论和实践不同步的问题,将该课程实践教学通过课外延伸和提早开展以尽可能保持与理论教学同步。该研究中虽然提出使用TSP(Team Software Process)作为实践环节的指导,但是未考虑学生个体过程改进,也未说明繁杂的TSP如何优化裁剪以应用于

学生项目。

汪璟玢等^[4]提出以面向产出为导向的软件工程实践课程教学思路,围绕教学目标,以能力递进为原则组织教学和考核内容,安排了从阅读思考、个人编程、结对编程、团队项目、GitHub实战到最后 $\alpha+\beta$ 冲刺的若干从易到难的实践课题,使学生最终达成课程所需培养的能力目标。实践过程中,借助“博客园”线上平台实现师生交流和部分过程评价。该工作的重点在于通过实践内容设置确保学生实践环节能力目标的有效达成,虽然也要求学生实施某些软件过程管理和改进的方法,比如践行编码规范等,但整体而言对于学生实践环节的过程管理和改进没有进行系统思考 and 设计。

韩万江等^[6]在学校标准化校企实验室中,基于标准化过程管理、“做中学”和“基于项目教育和学习”等理念开展软件工程实践类人才培养模式探索,既将过程管理和改进方法应用于培养模式的设计优化,也将其应用于学生实验项目。但是,该校企实验室主要承担软件测试人才培养任务,该工作对于过程管理和改进的探索并未扩展到软件生命周期的其它环节。

Dongsun等^[12]在嵌入式软件设计课程中引入一套软件工程教育工具集(包括PSP和TSP作为其中的过程管理工具),旨在提升学生软件工程课程实践环节的质量和效率。该研究中,PSP和TSP主要以表单的形式要求学生记录过程数据并利用这些数据评估和改进个体和团队的软件过程管理。实践结果表明,学生最终认可这些过程管理工作后期带来的效益,但是该工作对于PSP和TSP在课程中的详细使用方案并未进行系统阐述。

总体而言,国内院校,尤其是应用型本科院校,软件工程专业在软件工程课程实践环节鲜有系统考虑学生个体和团队过程管理与改进的问题,虽然有部分PSP或TSP的应用,但是基本没有系统的研究和设计。国外院校较早将PSP和TSPi应用于软件工程课程实践环节,但是他们的应用场景、具体需求及培养目标与国内应用型本科高校差异较大。

2 PSP与TSPi

2.1 PSP

PSP提出了若干原则,用于个体软件开发持续改进自身的专业技能,开发高质量的软件。包括:①软件工程师应当为他们从事的所有开发活动记录日志,有助于自我改进;②应当对自己的开发活动进行度量,包括从事各类任务所花费的时间、产生的bug数目和类型、修复bug的时间等;③对工作进行估算和规划;④定义明确的里程碑并努力达成;⑤避免作出不合理的承诺;⑥了解自己当前的表现,了解自己的优势和弱点,了解自己需要从哪些方面进行改善;⑦了解自己的编程风格以及它可能对各种度量

标准的影响;⑧持续改进自己的专业技能。

PSP还提供了实践上述原则的具体方法,包括跟踪、度量和分析自己工作的具体指南和工具。重要工具包括:①周活动总结表:按照各种任务在一周内的时间投入情况进行总结,是对周时间日志的总结、统计,既可用于软件工程师的自我时间管理,也可用于下一步的阶段计划和产品计划制定;②作业编号日志:对时间记录日志里一个作业各分散处理时间的汇总,总结每个已经完成作业的起始时间和所花费时间等数据,可用于下一步阶段计划和产品计划制定;③项目进度表:利用 Gantt 图制定项目进度计划,并跟踪项目进度;④项目计划总结表:结合活动历史日志,制定项目计划,估算相关数据,然后跟踪填入实际过程数据,并在项目结束时进行数据统计汇总,涉及内容包括程序规模、开发时间、缺陷引入和排除等;⑤缺陷记录日志:根据缺陷分类统计自己在分析、设计、实现和测试等阶段引入的缺陷数据,并将其作为自身个体过程改善的依据;⑥代码复查脚本:结合缺陷日志信息开展代码复查检查。

2.2 TSPi

TSPi 是基于团队软件过程 TSP 而设计,是 TSP 的简化版,支持中小型团队以小增量、迭代、敏捷方式开发软件系统,重点关注过程、产品和团队协作方面的培养。TSPi 系统论述了如何以开发团队的形式进行软件开发,并对具体过程作出了具体而详尽的指导,包括小组研究周期安排、小组角色划分、成员之间的协调、进度管理、质量控制以及需要注意的事项等。

在团队建设方面,TSPi 指导团队完成建设的基本步骤包括:①设定目标:让每个团队成员都参与目标设定,便于整个团队就目标达成一致,向着共同目标努力;②分配团队成员角色和职责:角色包括团队领导、开发经理、计划经理、质量和过程经理、支持经理;TSPi 还给每个角色划定了具体职责,通过角色和职责划分避免团队开发过程中由于职责不清导致的混乱;③制定开发计划:团队讨论确定开发周期的划分、每个周期需要完成的产品功能、预期规模、遵循的工作过程等;④确定团队沟通机制:TSPi 主要是通过每周团队例会的形式解决沟通问题。

在团队角色职责定义方面,TSPi 给出了如下职责分配方案:①团队领导目标:建立并保持一个高效的团队;激励全体团队成员努力完成项目工作;解决所有团队成员带来的问题;确保指导教师全面了解团队进展情况;有效行使团队会议协调人的职责;②开发经理目标:开发出优良的产品;充分利用团队成员的技能 and 能力;③计划经理目标:为团队和每个团队成员制定出一个完整、精确和准确的计划;每周准确地报告团队的工作状态;④质量和过程经理目标:保障所有团队成员正确地报告和合理地使用 TSPi 过程数据;保障团队严格遵循 TSPi 质量计划并开发出高质量的产品;所有团队审查要合理地管理和报告;正确地报告

所有团队会议并将会议报告归档在项目资料库中;⑤支持经理目标:保障团队使用合适的工具和方法以支持他们的工作;保障没有授权通过的变更不能纳入到基线化的产品中;保障所有的团队风险和问题被记录在问题跟踪系统中,并每周汇报;保障团队达到他们开发阶段的服用目标。

3 基于过程管理与改进的实践教学设计

3.1 基本设计定位

该指南的设计定位于伴随软件工程课程的大作业类实践,为期 11 周左右(一个学期以内),学生以 4~6 人团队形式,采用迭代方式完成一个中小规模软件项目的完整开发。项目规模以学生 5 人组 9 周(每人每周平均 10 小时工作时间)能够完成为宜。教师课内提供有限时间指导和讲评(启动 45 分钟,以后每周 15 分钟),大部分实践需要学生课外自主执行(课外时间预计每人每周 10 小时)。

在很多应用型院校课程设置中,软件工程与方法学课程开设时,学生虽然已经完成了编程语言、数据结构、操作系统等计算机基础课程的学习,但是工程经验仅仅局限于完成小规模算法编程类作业这样的层次,大都还没有经历过完整的系统开发过程。因此,指南的设计主要致力于引入基本的个体和团队过程管理与改进实践,使得学生通过这些基本训练践行初步过程管理规范,建立初步过程管理理念,为后续更为深入和复杂的课程实践打下基础,也为今后专业学习和职业生涯中持续的过程改进建立起点。

3.2 实践课程启动准备

时长为两周,主要活动包括:教师布置实践课题任务、学生阅读 PSP 和 TSPi 的指定章节、教师指导学生协商组建小组。

实践课题要求学生采用增量迭代开发的方式进行,任务规模的选择考虑适用于 4~5 人开发小组在两个迭代周期(两个周期分别分配 5 周和 4 周的实施时间)能够完成大部分工作任务。这样的设计可以比较好地配合大约 11 周“软件工程”理论课程的学习,使得理论和实践课程同期开始、同期结束。

在第一轮迭代开始之前,安排两周时间布置学生自主阅读 PSP 和 TSPi 的核心章节。考虑到软件工程课程实践环节的目标定位和时间限制,以及 PSP 和 TSPi 教材本身简洁易懂的特点,采用学生自主阅读结合教师课堂抽查讨论的方式实施。

3.3 个体过程管理设计

结合上述基本设计定位,以及 PSP 自身内容的特点,指南在个体过程管理和改进方面主要设置了如下实践:

(1)利用个人周课程任务表进行个人时间管理。要求学生根据实践课程任务安排和团队任务分配情况,每周提前列出每天待执行的相关活动和预计的时间花费,并在周末总结中填写实际时间花费和时间管理方面的总结及

改进。

(2)计划进度管理。根据实践课程任务安排和团队任务分配,制定自己的周计划,并采用甘特图跟踪计划执行情况。

(3)代码质量管理。①编码规范:要求根据自己使用的编程语言参考学习业内的编码规范,比如Google的开源项目编码规范,并遵照规范编写代码;②缺陷记录日志:记录缺陷类型、状态等信息,作为后续改进的基础;③代码复查检查表:在代码编写完成后、编译和测试前,按照代码复查检查表对代码先行检查,提升代码质量。

除上述措施外,还要求每个成员每轮迭代结束时从上述方面对个人工作进行总结,提出下一步整改目标。

3.4 团队过程管理设计

从TSPi中引入团队建设相关机制,让各开发团队实践团队建设的基本步骤和方法。学生团队开发经验相关培训较少,这类培训和实践较易实现,而且往往容易使学生较快获得切实的成就感。

(1)团队启动。第一轮迭代前需要启动团队建设。教师首先介绍团队角色组成和每种角色的基本职责、承担角色的能力要求。角色包括团队领导、开发经理、计划经理、质量和过程经理、支持经理。指导教师首先根据大家推选结合个人自愿原则选择出各团队的团队领导和开发经理,其中具有一定工程经验的学生承担开发经理角色,具有一定组织能力学生承担团队领导的角色。其次,根据强弱搭配、尊重个人意愿的原则,由团队领导、开发经理和学生班长协商选择其它成员组成团队(每个团队4~6人)。接下来,由团队自己组织学习和召开第一次团队会议。

(2)阶段性总结和检查。包括周总结和检查、迭代总结和检查、最终总结和检查。在最终检查验收阶段,教师检查各组最终提交的制品,并以抽查答辩方式验收各组最终工作并评价打分。

(3)最终软件制品提交。①项目的需求规格说明文档、设计文档、测试文档、用户手册;②每个人的周课程任务表、缺陷记录日志、代码复查检查表;③小组整个项目的总结报告。

3.5 脚本设计

设计该指南脚本时,暂时舍弃了一些实施起来复杂度和难度较高的过程管理方法,主要采用初级个体管理机制和基本团队建设机制。计划在后续软件工程课程设计和其它课程实践环节中逐步引入高级的过程方法。同时,受时间限制,设计中也未要求进行角色交换。指南缩略版如图1所示,受篇幅所限这里只展示了核心架构。

4 实施效果

截至目前,已经将该指南应用于2个学期(分别为2021年秋和2022年秋)的实际课程实施中。图2和表1对

比了这2个学期与采用指南之前1学期(2020年秋)的成绩分布(按组打分)。相比于未采用指南的2020年秋季学期而言,2021年首次将指南应用于大作业实践后,70~90分以及90分以上的小组成绩比例显著升高,同时60~70分数段显著下降。2022年,学生由于受到两年网课影响而编程能力下降,导致成绩相比2021年有所降低,甚至还有一组由于系统未完成而未能及格,但是高分段和低分段的总成绩仍然显著优于2020年,70~90分的中间段也与2020年基本持平。总体来看,按指南实施后,学生大作业实践课程成绩显著提升,指南的应用取得了初步成效。

4.1 实施效益

同时,在2021和2022年2个学期授课过程中,通过收集学生反馈,并结合授课教师在课程实施过程中的观察分析,总结得出以下若干指南实施效益:①通过每周例会组织小组成员充分交流,集思广益,有利于很多复杂问题处理。比如:小组集体仔细研读原始需求文档,利用集体智慧克服需求信息复杂性;由于理论课程尚在进行中,因此一些概念、方法、过程尚未学习,部分小组能够积极查找资料,组群分享资料,大家感受到团队互助的幸福;②在指南的启发下,大部分团队会积极主动探索团队建设的方法、技巧;③相对于无序的团队合作,TSPi的团队建设机制使得学生体会到了明确的职责划分所带来的团队工作的秩序感;④虽然实践环节在软件工程课程的最终成绩中占比不高(学校设置为占课程总分中的20%),但是由于实践环节采用组内明确分角色合作形式(由于某个人没有完成好自己的工作而影响整个小组的成绩,对个人会形成一定压力),整组打分,以及周周讲评的方式,有效提升了各小组的竞争意识。一旦某一组成绩不太理想,下一组大都能够看到明显改进;⑤在指南未尽之处,学生们常常也能秉持指南所倡导的过程管理和改进理念不断优化工作流程。比如,部分小组最初是团队每周固定时间集中工作,但发现多人沟通协作效率不高,于是专门就此协商改进;⑥积极践行理论课程中介绍的方法、工具,比如尽早让客户试用并提供反馈。

4.2 实施经验

通过2学期的指南实践,总结出以下实施经验:

(1)小组人员配置上,除团队领导和开发经理是综合个人能力确定的外,在其余2~4名组员分配上,需要避免技术上过于弱的学生集中在一个团队的情况。可能是由于共同兴趣爱好导致的群集效应,在指导教师不干预的情况下,上述情形发生的概率较高。2022年成绩未及格的小组便是属于这种情形。

(2)往往一开始就不能够按指南实施、按进度执行、出现进度拖拉的团队,最后开发项目失败的概率较高。因此,对于这样的团队,教师在课程初始应加以识别,后续加强检查督促,通过外在压力促使他们跟上进度,避免他们陷入自我彻底放弃的状态。

类目		实施内容
目的		指导一个学生团队实践软件产品开发,包含教师和学生脚本
入口准则		1. 本实践作为软件工程课程的补充,同期开设 2. 为期 11 周左右 3. 教师课内提供基本指导,提供相关资料 4. 学生团队 4~6 人 5. 学生有小程序编写经历
概述		本过程用于 2 个迭代周期内以学生团队形式在教师指导下开展一个中小型的软件项目开发
周次	步骤	详细说明
1	预备 1	学生阅读 PSP1-14 章,完成“个人周课程任务表” 教师讲解本指南流程
2	预备 2	学生阅读 TSPi 的第 1-3 章、16-18 章,完成“个人周课程任务表” 在教师指导下完成团队组建
3	启动	教师布置项目任务 学生阅读 TSPi 的 11-15 章、4-5 章,然后完成角色分配 小组召开第一次组会,制定两轮迭代的计划安排,各角色结合自己职责对小组提出相关工作要求 完成“个人周课程任务表”
4	第一轮迭代需求和设计阶段	阅读 TSPi 第 6、7 和 9 章 分析第一轮迭代的需求,形成需求文档 设计系统测试计划并形成文档 完成第一轮迭代的高层设计,形成设计文档 设计系统集成计划 召开组会,制定新一周的计划,总结前一周的工作 周末以小组形式提交周总结(内容参见模板)
5	第一轮迭代实现阶段	阅读 TSPi 第 8 章 完成系统第一轮迭代的开发 完成单元测试,形成测试文档 召开组会,制定新一周的计划,总结前一周的工作 周末以小组形式提交周总结(内容参见模板)
6	第一轮迭代测试阶段	构建、集成并进行第一轮迭代的系统测试,形成测试文档 完成用户手册开发 召开组会,制定新一周的计划,总结前一周的工作 周末以小组形式提交周总结(内容参见模板)
7	第一轮迭代总结	阅读 TSPi 第 10 章 召开组会,讨论本轮迭代总结和第二轮迭代的改进设想 完成迭代总结和所有本轮迭代要求的软件制品并提交 教师对本轮迭代中小组工作进行评价打分
8-11	第二轮迭代需求和设计阶段、项目总结	略

Fig. 1 Scripts of guide(abbreviated version)

图1 指南实施脚本(缩略版)

(3)系统开发中代码和文档同等重要,但是学生往往轻视文档开发。因此,在每周、每轮迭代和最终评价考核时都需要给予文档考核一定的权重,促使学生重视。

(4)为每周、每轮迭代和最终作品提交预设明确的时间点,并对于未能按时提交给予一定成绩上的惩罚。因为无法按时提交是管理失序的表现,可在考核上作为一个重点。

(5)在最终项目总结中,要求学生对于后续课程实践

中如何更有效地提升自己的过程能力给出计划目标,有利于学生持续贯彻过程管理的理念。

5 结语

在软件工程领域,个人或一个组织的软件开发能力很大程度上取决于其过程能力,其过程能力越成熟,则生产能力就越有保证。有效的过程可以标准化工作,提高可重

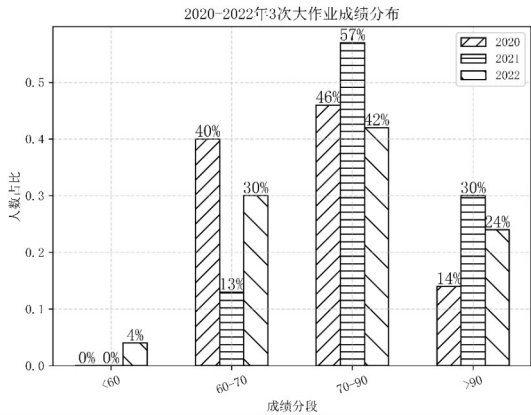


Fig. 2 Comparison of 2020–2022 semester’s score distributions

图 2 2020–2022 年 3 学期大作业成绩分布比较

Table 1 Comparison of 2020–2022 semester’s score distributions

小组成绩分布	2020 秋	2021 秋	2022 秋
<60 分占比	0	0	4
60–70 分占比	40	13	30
70–90 分占比	46	57	42
>90 分占比	14	30	24

用性,改善项目维护^[3]。高效的过程管理和改进能力是培养高质量软件工程人员的重要目标。

软件工程课程大作业实践本身作为课堂外的伴随练习,缺乏有效果的过程管理往往导致实施效果不佳。本文基于 PSP 和 TSPi 进行裁剪、定制,设计了一个配套的个体和团队过程管理和改进实施指南。实际课程实践结果表明,该指南能够有效提升学生实践课程的成绩、收获和体验,课程改革取得了较为显著的成效。

对学生软件实践过程管理能力的培养不是一次实践课程就能够完成的,需要持续、多阶段、渐进的进行。因此,下一步计划在此工作基础上,将这种过程管理和改进的模式进一步拓展到后续专业课程的各种实践中,尤其是课程设计、毕业设计环节。针对后续各种实践设计相应的过程管理和改进指南,渐进培养学生良好的工程过程能力,培养高素质的软件工程人才,更好地满足应用型本科高校培养高素质应用型人才的需要。

参考文献:

[1] HUAN Z L, YU P Y, ZHU X C, et al. Exploration and practice of personalized talent training model in software engineering under the background of new engineering [J]. Journal of Higher Education, 2020 (25) : 158–160, 164.
邰正良, 禹朴勇, 朱向彩, 等. 新工科背景下软件工程专业个性化人才培养模式探索与实践[J]. 高教学刊, 2020(25): 158–160, 164.

[2] WANG K F, LIANG H F, FAN H H. Research on practical teaching of software engineering based on project [J]. Journal of Jiangsu University of Technology, 2017, 23(6) : 89–93.
汪克峰, 梁洪峰, 范洪辉. 基于项目模式的软件工程专业实践教学的研究[J]. 江苏理工学院学报, 2017, 23(6): 89–93.

[3] LIU K, BAO Q. Exploration of cultivating practical abilities in the course of software engineering from an innovative perspective [J]. Journal of Higher Education, 2020(34) : 37–40.
刘坤, 包琼. 创新视角下《软件工程》课程实践能力培养的探索[J]. 高教学刊, 2020(34): 37–40.

[4] WANG J F, ZHANG J X. Exploration of output oriented software engineering practice course teaching [J]. Computer Education, 2022, 20 (4) : 194–200.
汪璟玢, 张璟璇. 面向产出的软件工程实践课程教学探索[J]. 计算机教育, 2022, 20(4): 194–200.

[5] QIS M, GONGYE X Y. Research on practical teaching system of software engineering for new engineering course [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] HAN W J, SONG M Q. Discussion on cultivation of software engineering-type talents [J]. Computer Engineer & Science, 2011(3) : 66–69.
韩万江, 宋茂强. 软件工程实践类人才培养模式的探索[J]. 计算机工程与科学, 2011(3): 66–69.

[7] HUMPHREY W S. Introduction to the personal software process [M]. Translated by WU C Y, CHE X D. Beijing: Posts & Telecom Press, 2001.
Humphrey W S. 个体软件过程[M]. 吴超英, 车向东, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2001.

[8] HUMPHREY W S. Introduction to the team software process [M]. Translated by WU C Y, SHI C Z, WANG H. Beijing: Posts & Telecom Press, 2011.
Watts S. Humphrey. 团队软件过程[M]. 2版. 吴超英, 师春泽, 汪浩, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2011.

[9] ROMBACH D, MUNCH J, OCAMPO A, et al. Teaching disciplined software development [J]. Journal of Systems & Software, 2008(5) : 747–763.

[10] YUE C, ZHANG J, LIU T L. Research and practice on the integration of theory and practice teaching method in software engineering courses [J]. Journal of Higher Education, 2022(5) : 62–70.
岳川, 张健, 刘桃丽. 理论实践融合教学法在软件工程课程中的研究与实践[J]. 高教学刊, 2022(5): 62–70.

[11] ZHANG J L, KE M. Research and practice of theory practice integration teaching method in software engineering course exploration and practice [J]. Policy & Scientific Consult, 2019(10) : 130–132.
张聚礼, 柯铭. 混合式教学在《软件工程》课程理论和实践教学中的探索与实践[J]. 科学咨询, 2019(10): 130–132.

[12] DONGSUN K, SUNTAE K, SEOKHWAN K, et al. Software engineering education toolkit for embedded software architecture design methodology using robotic systems [C]//Beijing: 15th Asia–Pacific Software Engineering Conference, 2008.

(责任编辑: 孙 娟)