

智能化软件工程全过程量化管理的 实验教学探索与实践

李英玲 王青 黄闽英

【摘要】高校的软件工程教学应紧贴业界发展趋势,强化学生的实际动手能力,培养面向企业需求的工程技术和管理人员;但是,当前软件工程实践教学过程中存在实验过程难以监管、工作量难以度量、作业质量难以保证、团队间缺乏交流和相互学习等问题。基于上述背景,提出面向工程实践的智能化软件工程实践全过程量化管理教学方案,实现全过程的数据收集、作业跟踪、质量监管与智能数据分析,打通“作业发布——需求分解与任务分配——代码/文档提交——持续集成——测试与缺陷管理——量化分析”的自动化全流程,支持大规模在线的协同开发和精细量化的实验课程全过程管理。以西南民族大学软件工程实验教学为例,验证了提出的智能化软件工程实践教学方案,能帮助学生培养良好的编程习惯和编写技术文档的能力,从而有效提升学生的实际工程能力,消除学生知识与工程应用之间的鸿沟,最终实现自动化、数字化和智能化的软件课程实践效能,并为数据驱动的教学过程改进提供数据支持。

【关键词】智能化软件工程 全过程管理 数字化

一、引言

随着云计算、虚拟化和微服务架构的普及,软件开发方式由传统的瀑布模型向以持续集成和持续交付为基础的 DevOps 转型,突出以生产为中心,强调更加智能和高效的管理。新一代的软件开发要求加强过程的管控,强调更加智能和高效的管理,这是国家的重大需求;与此同时,高校的软件工程专业教学也需要紧贴业界发展趋势,不仅需要引入新技术,同时还需要提高学生的动手能力,鼓励学生自主学习,培养面向企业需求的工程技术和管理人员,这对课程实践教学提出了更高的要求。^[1]当前,软件工程专业开设了较多实用课程(例如软件项目管理、软件工程课程设计)来帮助学生理解软件开发与项目管理的原理、方法和技术,但是传统软件工程教育经常存在重理论、轻实践的问题;另外,随着软件技术的快速发展,系统高度复杂,实践案例难以构建和共享,导致培养的学生实践能力不足、解决复杂问题的能力差等问题,难以满足企业的用人要求。因此,高校对软件人才的培养,应该融理论教学、实践于一体,

充分发挥师生双方的主动性和互动性,培养学生实战工程项目的策划、系统需求与架构设计、分支与协作、自动化集成测试等方面的能力。

一些 985 院校(如清华)采用实践开发驱动的软件工程教学,使得学生能够切身体会到实际软件开发过程中的困难,来理解软件工程的知识,取得了较好的效果,但是该方案对学生的实践动手能力有较高的要求,不适用于不同层次学校的课程^[2];也有研究者提出依托学科竞赛来提升学生的实践动手能力,但是也只是部分学生参与竞赛。^[3]软件工程实验教学环节对于培养学生的实践能力、创新能力非常关键,当前主流的在线学习网站,例如 MOOC 是面向大众的在线教育模式,能减轻教师理论知识教学的负担,从而腾出更多的精力解决学生遇到的问题^[4,5];但是,该平台只能满足大多数课程共有的需求,对于实践性极强的软件工程课程,学生们不能在 MOOC 平台完成大作业的代码、文档的提交及管理。受到 MOOC 的启发,国内外出现了许多在线学习网站,例如 Codecademy、Udacity、Pluralsight、实验楼等,主

收稿日期: 2022-09-06

基金项目: 四川省科技厅苗子工程重点项目“面向持续集成的测试用例智能优化方法研究”(2021JDRC0066);西南民族大学教育教学改革项目“基于持续集成和静态检测的智能化软件工程教学探索与实践”(2021ZD50);四川省 2021-2023 年高等教育人才培养质量和教学改革项目“基于‘点+面+向’的民族院校计算机人才多维度分层分类培养模式研究”(JG2021-401);教育部产学合作协同育人项目“校企联合智慧教学环境建设”(202102325055)

作者简介: 李英玲,西南民族大学讲师,工学博士;王青,中国科学院软件研究所互联网实验室主任、研究员、博士生导师;黄闽英,西南民族大学副教授。

要是为不同职业定制的学习平台,不支持对实践过程的全过程管理。^[6-10]已有的学生作业管理系统^[11-13],通常通过FTP、在线平台、邮件方式对实践作业成果进行统一管理,缺乏对作业实践过程的量化管理,导致作业存在抄袭、滥竽充数、指导老师无法及时评估作业质量等问题。因此,当前软件工程课程教学存在的最大问题在于没有统一的管理平台对实践作业的过程进行管理、不能对学生作业进行自动化检查、教师很难做到实时检查并反馈学生提交的作业,学生对企业的开发流程和开发要求更是不了解,导致培养的学生难以满足企业对工程技术和人才的要求。持续集成和静态分析技术可确保每个学生的作业在增量提交时,通过代码的静态检测和集成测试来自动检测提交作业的质量,从而及时地发现并反馈作业的问题。^[14]

为了满足软件工程专业课程实践教学的需求,本文提出智能化软件工程全过程量化管理的实验教学方案,实现全过程数据收集、作业跟踪、质量监管与智能数据分析,支持大规模在线的协同作业和精细量化的实验作业全过程管理。具体来讲,该平台参考知名软件企业(例如谷歌、微软、华为)和开源社区(例如Eclipse、Apache)的软件开发模式,实现对小组作业的需求分解、任务分配、小组成员产出(代码、图、文档等)提交、提交作业质量的静态分析与同行评审等全过程跟踪管理。

二、软件工程教学过程中存在的问题

软件工程人才培养是发展软件产业的重要抓手。软件工程具有强实践性、工程性与应用性等特征,对学生的实践能力、创新能力有非常高的要求,教育部《工程教育认证标准》明确提出,要培养学生的“实践和创新能力”,培养具有实践能力的应用型和技能型人才,特别是学生对复杂工程问题的认知和解决能力。^[15,16]但是,已有的软件工程实践教学还存在诸多问题。

(1) 培养的学生实践能力不足、解决复杂问题的能力差:软件工程教学普遍存在重理论、轻实践,忽视对学生工程能力提升和相应的创造能力的培养^[17];特别是缺少与新产业结合的项目,学生在解决复杂工程问题方面训练不足,导致学生的实际能力与企业需求之间存在一定落差。^[18]

(2) 实践课程的工作制品缺乏统一有效的管理:软件工程开设了大量与软件设计、开发、测试等相关的实践课程,这些课程要求学生完成软件设计、开发和测试等工作,产生大量设计文件、程序代码、测试用例及测试报告等文档,目前不同的

课程采用不同的方法分散存储,缺乏统一的制品管理平台,这种管理模式不利于形成文档间的关联性。而软件生产过程中前一阶段所产生的文档通常是下一阶段的输入和执行依据。但现有的实践制品管理模式,导致各课程形成的技术文档相互割裂,无法有效形成前后继关联,不利于学生理解软件生产全流程要素,以及开发各阶段的关联性。

(3) 课程实践过程监管困难,无法及时评估作业质量:目前软件行业在软件产品生产过程中普遍采用代码远程线上编写、编译、调试、提交和存储管理的模式,以便满足软件的跨地域、跨团队协作开发、软件版本控制等需求。目前计算机类专业编程课程作业的开发、编译、调试大部分是在本地开发环境中进行,最后通过人工方式进行代码集成,并提交给教师,代码的质量评价由教师最后统一评价;但在大班教学和缺乏助教的实际情况下,教师几乎不可能对每个学生的代码情况进行高质量的评价,学生即便按时提交了代码,也得不到即时的反馈,无法及时地纠错和改进,教学效果大打折扣。^[19]

(4) 学生工作量难以度量,滥竽充数难发现,团队间缺乏相互学习:已有的教学实践平台,例如头歌、超星等,在项目开发过程中,由于缺乏对作业过程的管理,每次考查只针对小组而非学生个人,难免在团队中存在浑水摸鱼的情况。同时,当前的教学方法,在项目开发过程中团队之间通常缺乏沟通和相互学习。

因此,针对软件工程实践教学过程中存在实验过程难以监管、工作量难以度量、作业质量难以保证、团队间缺乏交流和相互学习等问题,本文融理论教学、实践于一体,提出面向工程实践的智能化软件工程实践全过程量化管理教学方案,支持多人在线协同开发,实现全过程数据的收集、作业跟踪、质量监管与智能数据分析。

三、智能化软件实践全过程平台

(一) 功能设计

西南民族大学与中国科学院软件研究所开展深度合作培养软件工程人才,共同设计了智能化软件实践全过程量化管理平台(简称智能软件实践平台)。该平台覆盖软件研制全生命周期各个阶段,结合各院校软件工程实践课程需要,面向产学研定制开发的一体化综合管理平台。在教师布置课程作业→小组长对作业进行需求分解→小组长创建每个组员的任务→组员完成任务并提交成果→持续集成与静态检查、同行评审→教师查看作业统计信息。具体包括如下功能:

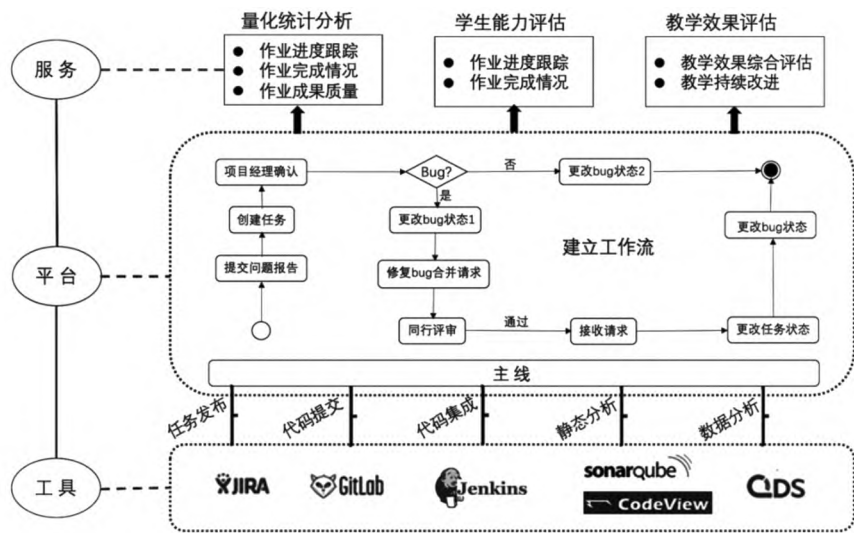
- (1) 实践作业管理功能:支持实践作业的新增、修改、查询、删除功能的管理,以及实践作业对应的需求、任务、缺陷、测试用例的数据统计图表的展示;支持实践作业动态的记录和展示,以及作业流程统一管理。
- (2) 需求管理功能:支持针对实践作业提需求,以及对需求的看板管理、新增、修改、查询、删除的功能;支持针对需求分配任务、提子需求、关联测试用例;支持评论需求、需求变更记录动态的记录和展示。
- (3) 任务管理功能:支持任务的看板管理,以及对任务的新增、修改、查询、删除;支持任务关联需求、评论任务、任务变更的记录和展示。
- (4) 源代码管理功能:支持源代码三区配置管理(产品库、受控库、开发库)和版本管理;支持分支的创建、修改、删除管理;能够显示每个学生提交代码的过程,包括提交时间、提交行数等,并将信息存入数据库;支持多个学生同时提交代码。
- (5) 持续集成与静态检测:在学生作业提交后,通过持续集成过程进行代码静态检查与同行评审,包括代码的规范性检查、注释统计等。同行评审支持学生之间的代码互评,以及教师对提交代码的评审;根据代码提交,支持查看同行评审详细记录。
- (6) 测试与缺陷管理:支持测试用例库的管理,包括根据需求编制测试用例,对测试用例进行新增、修改和删除等操作;支持缺陷关联测试计划,支持缺陷管理、缺陷跟踪、分配及状态的更新等操作。
- (7) 量化管理和数据分析:对实践作业进度和完成情况进行实时追踪与量化分析,并以可视化图表形式提供展示和导出功能;支持教学效果

综合评估,以支持教学的持续改进。

(二) 系统设计

总体架构如图 1 所示,工具层面通过抽象的数据总线,采用标准接口+服务注册的方式,实现工具之间数据的互联互通。平台层在工具的基础上,依托可定制的工作流,满足不同应用场景下的业务流转,以适配不同的管理流程。基于软件开发课程实践过程中的操作数据,提供智能数据分析服务,充分挖掘数据价值,提供全面的量化统计分析、学生能力评估和教学效果评估等特色服务。该平台是数据驱动的支持 DevOps 能力建立的软件课程实践过程和质量管理平台,提供全过程的制品跟踪、质量控制与智能数据分析。

该平台的技术架构由资源层、数据访问层、应用层、接口层、表示层五层组成。① 资源层提供系统运行需要用的环境,由运行环境、资源环境两部分组成,运行环境包括 Tomcat、Nginx 软件服务器以及 JDK1.8 组成,完成用户请求的响应和转发;资源环境由 Mysql5.7、Redis、ES 服务器组成,完成系统内缓存数据和结构化数据的存储工作。② 数据访问层由 Mybatis、SpringData 以及 Jedis 三个部分组成,完成了对系统内结构化数据和非结构化数据的处理工作。③ 应用层采用面向服务的软件架构(SOA):根据本项目公用性和基础性的特点,系统设计与开发过程中尽可能将系统提供对外服务的应用程序功能封装和发布为 Web 服务(Web Service),通过服务注册和服务目录,向服务消费者(各种组件或系统)提供 Web 服务,系统采用松耦合的方式实现集成,使系统功能服务具有可扩展性。④ 接口层用做请求处理和负载均衡,由 Nginx 反向代理、Token 验证两部分组成。⑤ 表示层负责系统页面的展示和管



理,由 HTML5、Vue、CSS、JS 等模块组成。

四、智能化软件工程实践课程设计

本文提出面向工程实践的智能化软件工程全过程量化管理的实践教学方案,实现对实验教学全过程的数据收集及跟踪管理,以实现自动化、数字化和智能化的软件课程实践效能和精细量化的教学过程管理。本方案的教学目标是:① 全员全过程参与。通过分组的项目开发,让学生深入理解软件工程的知识,体验软件开发的全过程;② 提升项目实践能力。在项目开发过程中,以企业的开发环境和技术流程的要求,通过代码静态检查和同行评审,要求学生养成良好编程习惯和编写技术文档的能力,以及对开发过程工具和流程的使用;③ 团队的协作开发。在实践教学过程中,每个学生在开发的每个阶段都承担不同的任务,成员之间需要密切合作,才能完成整个系统的交付(包括系统和技术文档);④ 教师实时监管各个小组的工作进展,不同小组之间可实现信息共享,查看其他小组的提交成果;⑤ 自动化地评估各小组实践作业完成情况,以及个人贡献。

面向工程实践的智能化软件工程实践教学包括以下几个阶段:

1. 教师课程准备阶段(第 1 周):教师对学生智能研发平台培训;提前准备好不同层次项目(包括企业类项目、科研类项目、简单应用系统),并介绍全过程管理的开发要求(例如任务分配要求、代码/文档提交要求)和验收标准(包括已完成系统、配套技术文档及成果演示)等。

2. 开发前准备阶段(第 2 周):学生自行组队,要求每个小组都包含不同基础的同学,尽量做到搭配均衡。团队成员充分讨论,推选组长和确定项目选题,并配置开发环境。

3. 开发阶段(第 3~15 周):① 作业发布。教师在班级发布小组作业,并给出不同层次难度的技术文档模板;② 需求分解与任务分配。各小组组长接收任务后,小组讨论对其进行需求分解,设计优先级,并对组员进行任务分配;③ 任务跟踪与代码提交。组长跟踪分配任务的完成情况,提醒组员按时完成,每个任务都要求有成果产出(例如文档、图片、代码),并提交到项目代码库;④ 测试计划与缺陷管理。根据项目的功能需求编写测试用例,并编写测试计划组织进行测试。当检测到缺陷时,需对其缺陷进行跟踪解决。

开发过程中,在需求、设计、编码 3 个阶段结束时,分别设计 3 个里程碑,各个小组需要对该阶段成果进行展示。

4. 测评阶段(第 16 周):基于软件工程实践

全过程数据的收集,利用智能数据处理技术,对实践过程数据进行分析与挖掘,平台自动对每个学生任务完成情况及完成质量、个人贡献等进行评估,教师对课程教学效果进行综合评估。

本文提出的软件工程实践教学方案,可支撑计算机类相关专业(例如计算机科学与技术、网络工程)的程序设计和应用软件开发等实践课程教学,可支持软件工程专业国家级一流本科专业、工程教育认证申请过程中所需的专业课程相关数据采集需求。

五、应用案例:西南民族大学——软件工程实验教学

2022 年上学期西南民族大学计算机科学与工程学院的软件工程 2019 级和 2020 级两个班级,共计 250 余名学生,基于上文提出的智能化软件工程实践课程方案,开设了软件工程实验课程,学生通过作业管理、需求分解、任务分配、源代码管理、持续集成、测试用例设计、缺陷跟踪管理等完成软件开发全过程的实践。

(一) 作业管理

作业管理包括新增作业、删除作业、查看作业详情等操作。

在当前软件工程实验教学中,共有 48 个小组,每个小组 25 人组成,根据给定的项目需求,自选题目完成项目的需求、设计、编码、测试等工作。下面以软件工程 2002 班的一组作业为例,该平台开发的“EduPass 派司作业管理系统”(简称派司作业系统),包括该小组的作业详情、需求管理、任务管理、源代码管理、测试及缺陷管理。

统计该实践作业的总体信息,包括总需求数、总任务数、总缺陷数、当前迭代、总测试用例等;可用看板的方式展示该系统的计划周期、项目动态、代码统计、源代码动态、需求任务与缺陷统计、测试用例统计。

(二) 需求管理

派司作业系统共创建了 25 个需求,设定了需求的优先级、跟踪需求的状态,并对每个需求分配任务。

(三) 任务管理

派司作业系统在开发过程中,共创建 73 个任务,并分配到每个组员;实现对任务的明细查询、跟踪任务的完成情况(是否超期、是否完成)。通过对需求的分解及任务的管理,有效地避免传统的分组实践作业中出现的滥竽充数问题。

(四) 源代码管理

基于持续集成、持续发布的开发模式,派司作业系统要求项目组成员频繁地提交作业成果到主

线代码库,每个任务都必须要有对应的成果产出与提交。在3个多月的开发周期内,共计128次代码提交记录,并通过持续集成、静态检测、同行评审等合并项目组代码库。

(五) 测试及缺陷管理

根据系统的功能模块,共设计了13个测试用例,对应编制4次测试计划进行迭代测试,共检测1个缺陷,并对缺陷进行跟踪修复。

(六) 量化管理

量化管理包括任务及状态统计、任务进度追踪、测试统计、缺陷统计、个人贡献报告自动生成、工作成果量化等功能。

六、智能软件工程实验教学实施成效

经过西南民族大学软件工程专业2019级和2020级学生的软件工程实验课程表明,本文提出的实验教学方案提高了学生对软件开发过程的理解,使其提前熟悉了企业的开发模式,有效地提升了学生的项目能力,取得了较好的教学效果,得到师生的一致好评。2022年下半年将推广该实验教学方案到更多的计算机类实验课程教学中。

1. 项目案例教学、工作任务驱动,在实践中培养学生的项目实践能力。教学过程中以学生为中心,以工作任务驱动、能力培养为主要目标,以实践项目为背景,采用实训的模式和理论实践一体化的教学模式,以任务为驱动,要求学生从理解企业需求开始,然后进行系统需求分析与设计、编码实现与测试;以企业项目交付的标准要求学生完成实践项目的开发,并在智能研发平台上实现全过程的跟踪,让学生提前熟悉企业的工作流程和要求。

2. 分组、分层次教学。基于民族学校的特色,在分组时,充分考虑到不同层次学生的搭配,为学生提供不同难度的项目和不同难度的技术文档模板,让学生选择适合个人能力的任务,使得不同层次的学生都有收获,逐步体验到学习的成就感。通过分组团队协作,培养学生的团队合作和共同解决问题的能力,从而培养为民族团结服务的有用人才,振兴少数民族地方经济。

3. 多元能力考核评价体系。本课程的评价在常规的教学评价(考勤、作业等)基础上,设计体现以能力为本位,以项目实践为主线,以学生动手实践能力为指导性纲要的教育理念,搭建企业智能研发平台,从任务发布、任务跟踪、工作量提交等过程度量学生的项目参与情况,以及产出的技术文档和系统度量团队的成果。突出过程与成果结合,强调理论与实践一体化评价,培养学生谦逊勤奋、诚实守信的“匠心”品质。

4. 改革课程教学,使课堂转变为“成果达成”的过程。“成果达成”是一个探究式学习的过程,使得学生能够主动获取知识、应用知识,并解决实际问题,重点培养学生的创新精神和实践能力,结合项目案例教学,解决企业实际问题。

七、结论

为了满足软件工程课程实践教学的需求,解决已有软件工程实践教学过程中存在的过程难以监管、工作量难以度量、课程评估难以保证、团队间缺乏相互学习等问题,本文提出智能化软件工程全过程量化管理的实践教学方案,支持对小组作业的需求分解、任务分配、小组成员工作制品提交(代码、图、文档等)、提交作业的静态分析与同行评审等全过程跟踪量化管理及数据收集,并利用大数据技术进行智能数据分析,从而支持精细化的实验课程全过程量化管理。

最后,以西南民族大学软件工程实验教学为例,验证了智能化软件工程实践教学方案,其可以帮助学生培养良好的编程习惯和编写技术文档的能力,从而有效提升学生的实际工程能力,最终实现自动化、数字化和智能化的软件课程实践效能,并为数据驱动的教学改进提供数据支持。

参 考 文 献

- [1] 雷蔚芳. 基于 Jenkins 的软件工程教育云平台考试作业管理子系统的设计与实现[D]. 南京: 南京大学, 2019.
- [2] 杨楠, 李童. 案例教学视域下软件工程“一体两翼”教学模式的构建与实践[J]. 高等工程教育研究, 2020(1): 177-181.
- [3] 梁旗军, 王凤斌, 樊鑫, 等. 软件工程创新实践班“五位一体”育人模式探究[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(1): 185-191.
- [4] 任静, 曹敬馨. MOOC 环境下计算机文化基础课程建设探究[J]. 微型电脑应用, 2019, 35(2): 27-29.
- [5] 马艳红. 软件开发实训教学平台设计[D]. 大连: 大连海事大学, 2010.
- [6] 谭斌. 基于 ASP.NET 的学生作业管理系统设计与实现[D]. 长沙: 湖南大学, 2018.
- [7] 朱志鹏, 代孟利, 张胜男. 基于智能终端学生作业管理系统的设计与实现[J]. 电脑知识与技术, 2020, 16(32): 76-77+89.
- [8] 王志文. 以创新创业能力培养为导向的多维度立体化工程实训平台建设[J]. 黑龙江科学, 2021, 12(11): 74-75.
- [9] 汪亚飞. 中职学校网络安全攻防实训平台的搭建尝试[J]. 网络安全技术与应用, 2021(6): 99-100.
- [10] 陈洪华. 基于教育信息化的大学课程实训平台系统设计[J]. 现代电子技术, 2021, 44(10): 52-56.
- [11] 王月, 张爱敏. 新工科高校智慧化语言技能提升实训平台建设研究[J]. 辽宁科技学院学报, 2021, 23(2): 23-24.
- [12] 赵威扬, 钟掖, 余萱, 等. 基于三层架构的信息技术人才实训平台的开发与设计[J]. 自动化技术与应用, 2021, 40(3):

- 166-168+175.
- [13] 云洁. 基于云计算的软件教学实训平台的设计与实现[J]. 数字技术与应用, 2021, 39(2): 136-138.
- [14] 张俊, 梁美英. 用于持续集成过程中的静态代码质量分析方法及计算设备: CN111414302A[P]. 2020.
- [15] 毛新军. 基于开源和群智的软件工程实践教学方法[J]. 软件导刊, 2020, 19(1): 1-6+286.
- [16] 曾明星, 徐洪智, 黄云, 等. 人工智能赋能实践教学: 软件工程“游泳池”实训空间设计与应用[J]. 现代远程教育研究, 2020, 32(4): 48-56.
- [17] 李巍, 廖雪花, 刘洪. 基于参与者互评模式的软件工程敏捷实践教学方案探索[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(8): 195-199.
- [18] 林菲, 龚晓君, 马虹. 新工科背景下软件工程专业创新实践体系构建[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(5): 181-183+219.
- [19] 白晓颖, 李山山, 李明杰, 等. 基于敏捷开发的软件工程实践教学探讨[J]. 实验技术与管理, 2018, 35(4): 6-11.

Exploration and Practice on Experimental Teaching of Intelligent Software Engineering with the Whole Process Quantitative Management

Li Yingling, Wang Qing, Huang Mingying

Abstract: The teaching of software engineering majors in universities should closely follow the development trend of the industry, strengthen the practical ability of students, and cultivate engineering techniques and management talents that can meet the needs of enterprises. However, there are some challenges in the current practical teaching of software engineering, e. g., it is difficult to supervise the process of practical work, measure the workload of students, and evaluate the quality of work; it is also a lack of that mutual learning and information sharing between groups. Therefore, this paper proposes a practical scheme of intelligent software engineering with the whole process quantitative management, which realizes the data collection of the whole process, task tracking, quality control and intelligent data analysis, and opens up the automatic whole process of “job release—requirement management and task assignment—code/document submission—continuous integration—testing and defect management—quantitative management”. This teaching scheme can support large-scale online collaborative development and quantitative management of the practice process. Taking the experimental teaching of software engineering in Southwest Minzu University as an example, it verifies the effectiveness of the practical teaching scheme, which can help students develop good programming habits and promote the ability to write technical documents, effectively improving the actual engineering ability of students, and eliminate the gap between students’ knowledge and engineering application requirements, so as to cultivate engineering technology and management talents meeting the needs of enterprises. Ultimately, the goal of the teaching scheme is to realize the automated, digital and intelligent effectiveness of software experimental courses, and also provide data support for continuous process improvement.

Key words: intelligent software engineering; whole process management; data-driven

(责任编辑 任令涛)