

面向软件工程教育的大数据与在线系统

刘 强¹ 王千祥² 谢 涛³

¹清华大学

²北京大学

³美国伊利诺伊大学

关键词：软件工程教育 在线系统 软件教育大数据

软件工程教育

目前，软件工程教育已经有了较为清晰的课程体系以及教学特色，并有广泛的研究领域和研究方向^[1]。其体系的建立始于20世纪70年代末期，美国在制定研究生教育计划时采纳了电气电子工程师学会计算机协会(IEEE-CS)提出的制定软件工程教程的建议，为软件工程教育打下了基础。之后，软件工程教育得到了美国卡耐基梅隆大学软件工程研究所的支持。1993年，IEEE-CS和美国计算机学会(ACM)成立了IEEE-CS/ACM联合指导委员会，致力于将软件工程设为一个专业。随后，该指导委员会被软件工程协调委员会SWECC替代，开发了软件工程职业道德规范、本科软件工程教育计划评价标准、软件工程知识体系。2004年，软件工程协调委员会推出了软件工程知

识体系、软件工程教育知识体系的最终文件版本，标志着软件工程学科在世界范围内正式确立^[2]。

在软件工程教育发展过程中，许多软件工程教育团体开展了有意义的研究和推动工作。比较有影响的软件工程教育国际会议包括软件工程教育和培训会议CSEE&T、计算机科学教育会议SIGCSE、计算机科学教育创新与技术会议ITiCSE、国际计算机教育研究会议ICER、IEEE教育前沿会议IEEE FIE、美国工程教育协会ASEE年会等。

面临的问题

目前，国内高等院校的软件工程教育更多地沿用了传统计算机教育的方法。依然采用过去以教为中心的方式，许多课程注重讲授软件开发不同阶段的知识，学生只是记住一些概念和理论，

很难将所学的知识应用于实际开发过程中。课程实验项目开发采用经典的瀑布式开发过程，在很大程度上与现代软件工程实践相脱离。尤其在当前信息过剩的时代，丰富的网络资源使知识不再稀缺，课堂不再是获取知识的重要途径，将简单的知识传递的学习过程转变为学习者构建自己知识经验的过程。因此，软件工程教育需要改革现有的教育模式，将工程融入到软件工程教育中。

当前软件工程教育面临的主要问题：

1. 软件开发学习的结果与过程很少被记录下来，这不利于教育过程的改进。

2. 目前的教育系统很少区分学习个体，导致缺乏个体相关的数据，系统难以提供个性化的指导。

3. 软件开发作品是否成功往往受到用户、平台和发布时间等多种因素的影响，因此很难对不

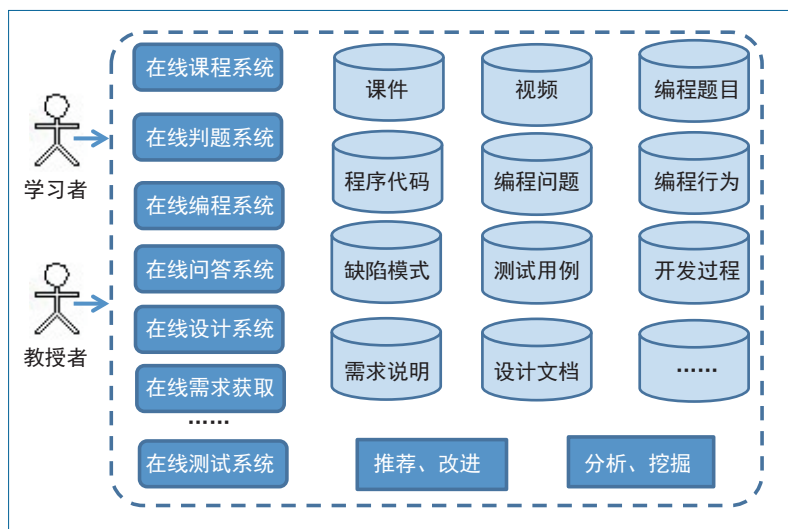


图1 软件工程教育相关的各类数据与在线系统

同的软件作品进行量化评价。

4. 软件开发是一个团队分工协作的过程，目前的体系中很少有学习支持系统能够让学生充分理解不同角色的分工和团队合作的重要性，以培养在实际项目开发过程中与其他成员协同工作的能力。

面向软件工程教育的大数据

随着云计算与大数据时代的到来，出现了大量的在线系统，随之也产生了大量的数据。对这些数据的深入分析与挖掘可以对人们的决策、行为产生巨大的影响，甚至有人认为目前人类社会的发展已经由动力驱动转变为数据驱动。在这样的背景下，教育正在发生着一场新的革命，软件工程专业教育也面临着类似的机遇和挑战。

许多在线系统给软件工程教

育相关的各种数据的获取和利用带来了方便。软件工程教育涉及的数据有：

课件 PPT 文件以及辅助学习软件、动画等。

视频 录制的讲课视频，为学生提供了远程教学、非课堂式的学习方式。

编程题目 用于测试学习效果各类题目，例如选择题、判断题等等。对于编程类课程，往往特指一些算法与数据结构设计相关的题目。

编程问题 学习过程遇到的问题，反映了学习的难点，是需要着重讲解的教学内容。

程序代码 程序作业质量的自动评价至今仍然是一个有挑战性的问题。

缺陷模式 学生提交的作业中包含的各类缺陷，反映了学习存在的问题，也是将来教学过程中需要着重关注的地方。

编程行为 学习活动记录，

例如视频点击行为、作业浏览行为、编程行为等等。

测试用例 用于自动判断所提交程序的正确性。许多程序代码中也可以包含类似的测试用例。

需求说明 需求说明是针对具体实际项目的，而编程题目往往是针对某个算法的。

设计文档 解决问题的思路，是问题求解的重要步骤，也是很容易被忽视的内容。

开发过程 教学过程中的一些宏观数据，例如视频学习过程、作业完成过程等等。

面向软件工程教育的在线系统

在线系统包括：课程系统、程序评判系统、程序开发系统、提问系统、需求获取、设计以及在线测试等等。尽管在线系统目前尚处于以支持基本学习过程为主的阶段，但由于这些系统自动地记录了大量的相关数据，因此在如何分析所获取的数据，并提供有价值的反馈、推荐等方面，仍将发挥巨大的作用。

在线课程管理系统

这类系统是为支持通用课程发展起来的，其中最著名的是美国康奈尔大学于1997年开始研发的 Blackboard(<http://www.blackboard.com/>)。除了提供内容资源（可下载的课件、视频等）管理外，Blackboard 还支持在线交流和考核数据管理。全球已有

4000多所学校安装和使用了该课程管理系统。

大规模开放在线课程 MOOC 采用云计算架构,将以视频为主的学习资源集中在一起,在提高视频质量的同时更加强调交互,而且可以完成自动评判学生作业的功能,以评估学习效果。MOOC 突破了以往网络教学的不足,在课程数目、参与学生数量上都有质的飞跃。

MOOC 的出现也给软件工程教育带来巨大影响,除了共性视频、题目之外,大量的程序作业甚至程序中包含的缺陷等等对于改进教学方式、调整教学重点等都有意义。

在线程序评判系统

在线程序评判系统 (online judge, OJ)^[3] 是能够在线评判程序是否正确的系统,该系统最初使用于 ACM-ICPC 国际大学生程序设计竞赛的自动判题和排名。目前在线程序评判系统也用于编程类课程中,例如 C 语言、算法设计、数据结构等等,以支持对编程作业甚至考试作业的自动批改。用户可以在线提交程序的源代码,系统对源代码进行编译和执行。用户程序执行的结果将被在线程序评判系统捕捉并保存,然后转交给一个裁判程序。该程序用于比较用户程序的输出数据和标准输出样例的差别,或者检验用户程序的输出数据是否满足一定的逻辑条件。之后系统返回一个评判结果,是否通过、错误、

超时等。在线程序评判系统主要关注题目及对应的程序,并不关注程序的开发过程。

国内起步最早的在线程序评判系统是浙江大学于 2003 年开发的 ZOJ(<http://acm.zju.edu.cn/onlinejudge/>)。北京大学的 POJ(<http://poj.org/>) 于 2004 年建立,程序提交量长期在国内领先,迄今已经提交了 800 多万个程序,衍生了用于教学的“编程网格”(<http://programming.grids.cn/programming/>) 等系统。另外,杭州电子科技大学的 HDOJ(<http://acm.hdu.edu.cn/>) 近年来发展也很快,程序提交数目于 2014 年 1 月率先冲破 1000 万大关。

在线程序评判系统上积累了大量与题目相关的程序提交,为软件工程教育提供了很好的基础。首先,通过针对某个题目统计中学生最容易犯的错误,教师可以在授课过程中有针对性地进行讲解;其次,对于部分的错误程序提交,系统可以进行深入分析,以发现错误,并将可能出错的地方反馈给程序员。

在线编程系统

在线编程系统 (online programming, OP) 是随着软件即服务 (software as a service, SaaS) 技术的不断成熟而逐步发展起来的。该系统有时也被称为“在线集成开发环境”,具有与传统集成开发环境类似的编辑、编译、调试、分析等功能。与传统集成开发环境相比,在线编程环境的

主要优势包括:(1)降低了编程门槛,人们不用在本地安装软件,通过浏览器就可以编写程序,开发软件;(2)随时随地编程,所有代码在云端,只要能上网,就能继续编程。与在线程序评判系统相比,在线编程系统不与编程题目直接相关,不仅关注编写的代码,更关注代码的编写过程。当然,这两类系统实际上可以集成到一起,共同为程序员提供一个理想的编程能力提升环境。国际上最著名的在线编程系统是成立于 2010 年的 Cloud9(<https://c9.io/>),其它面向初学者的在线编程系统有 CodeCademy(<http://www.codecademy.com/>) 等等。

目前的在线编程系统多数是与教育相关的,并且多数引入了寓教于乐的方式。这主要体现在两个方面:用简单易学的编程语言来开发游戏软件;把学习编程的过程设计成玩游戏的过程。对于第一方面,微软研究院的 TouchDevelop^[4,5](<https://www.touchdevelop.com/>) 是一个有代表性的编程语言及支持系统。TouchDevelop 早期版本支持在智能手机小屏幕上编程,最近扩展到支持通过浏览器来编程(平板电脑、笔记本电脑、台式机)。TouchDevelop 的语言设计以及编程界面使得用小屏幕智能手机也能方便编程。同时,它还提供了强大的编程库以方便访问手机上的传感器数据以及其它比如歌曲等资源。对于第二方面,微软研究院的 Pex4Fun^[6]([44](http://</p></div><div data-bbox=)

pex4fun.com/) 是一个有代表性的基于游戏的在线编程系统。一个被创建的游戏包含两部分：一个玩者不可见的秘密函数以及一个玩者可见的玩者函数（一个空的函数或者秘密函数的错误版本）。玩者的游戏任务是修改玩者函数使其和秘密函数的程序行为一致。可想而知，在没有任何提示的情况下，这个游戏任务是无法完成的。为了给玩者提供提示，Pex4Fun 在玩者点击标有 Ask Pex! 的按钮后，会提供一组精选的输入和输出值，来告知在输入值为多少时这两个函数输出一致及其输出值，在输入值为多少时这两个函数的输出不一致及其输出值。玩者在这些提示下渐进地修改玩者函数使其逼近秘密函数，直至和秘密函数的行为一致后为取胜。这样的游戏形式锻炼了玩者的多项技能，比如抽象能力、调试能力、程序理解能力等。从 2010 年暑假 Pex4Fun 发布至今，Ask Pex! 按钮的点击数已超过 140 万次。Pex4Fun 为多所大学课程采用，且为多项编程竞赛所采用。

北京大学于 2009 年开始 POP(PKU Online Programming) 系列系统的研制^[7,8]。POP 目前能够支持 Java、C/C++、HTML、PHP 等主流编程语言，除了提供基本的在线编辑、编译、调试等功能外，还提供错误提示、相似度检测、过程录制与回放等新特征。通过与在线程序评判系统“编程网格”、在线课程管理系统 Cours-

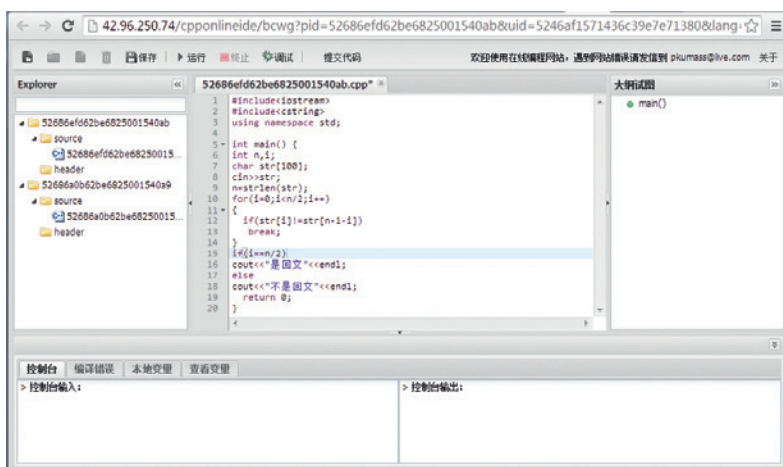


图2 利用 POP 编写“回文判读”程序

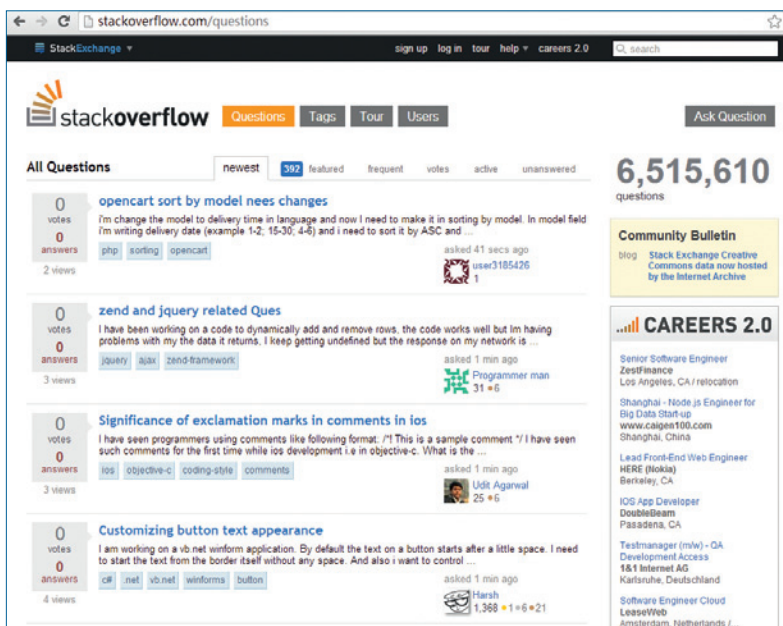


图3 Stackoverflow中的问题

era 等进行集成，POP 为许多高校的编程类课程提供了支持。目前已经支持的课程包括北京大学的《编译实习》《Java 程序设计》《Java 高级技术》《计算概论》《文科计算机》以及北京工业大学、南开大学、天津大学等兄弟院校的一些课程，还有 Coursera 上的 MOOC 课程《计算概论》、《数据

结构与算法》等等。

在线编程系统不仅给编程人员提供了更方便的练习编程环境，还有助于对程序甚至程序员编程行为的大量收集。这对于分析程序员的编程特点与习惯，甚至心理过程都具有价值。

在线程序问答系统

学习过程中遇到的问题能否得到及时解答是影响学习效果的重要因素。从基本的社区论坛出发,目前互联网上已经出现了许多专门针对人们经常遇到的问题进行人工解答的系统。Stackoverflow(<http://stackoverflow.com/>)是国际上最具影响力的与程序相关的IT技术问答网站,构建了一个软件专家云集的社区。该系统目前已经积累了600多万条与程序开发相关的问题,其中大部分提问都在较短时间内得到了专业的回答。

目前,大量的代码池(例如Github:<https://github.com>)、问题追踪系统(例如Bugzilla:<http://www.bugzilla.org>)都积累了与软件开发相关的数据。尽管这些系统不是直接为教育建立的,但通过对这些系统所涵盖数据的自动挖掘,并与在线程序问答系统进行结合,将给编程人员的能力提升提供十分重要的基础。

值得关注的若干研究问题

大数据的价值在于如何挖掘、利用所积累的各种数据。从软件工程教育和大数据角度,我们认为如下内容值得关注:

基于大数据的软件评判方法 在线程序评判主要是看程序是否能通过预先准备好的所有测试用例。在实际学习过程中,需要更细致的评判方式。例如:思路是否正确、输入输出格式是否

有错误、错误的严重程度等等。这些都是测试难以胜任的,因此能否通过对现有大量提交程序的分析,给出更细致的评判?

基于大数据的编程学习推荐方法 个性化的学习路线规划对于高效的学习非常重要。在获取了大量个体学习过程数据之后,系统有可能对这些数据进行分析,进而向所有个体推荐个性化学习的路线规划。

基于大数据的软件开发能力评估方法 对于软件项目的实施而言,开发人员是否能够胜任项目的要求对项目按期完成十分重要。目前,编程人员软件开发能力的评估需要较长时间的人工调查才能获得,而且可信性有限。如果基于在线系统,获取开发人员在不同时期的学习过程数据甚至参与项目经历方面的数据,并以为依据推测其开发能力,则有可能在人员开发能力的自动评估方面取得进展。

基于大数据的程序问题自动解答方法 目前的问答系统主要是依靠有热情的高端人员提供高质量的回答。从降低人力成本的角度出发,由系统对部分问题进行自动解答是否存在可能?一方面,由于一些问题之间的相似程度较高,对相似问题的解答有可能非常相似;另一方面,对于那些有关错误程序代码的问题,如果能获知程序拟实现的功能,就可以通过搜索实现相同功能的代码,找出程序中包含的错误。■



刘 强

CCF高级会员。清华大学副教授。主要研究方向为软件测试、数据处理、移动开发等。liuqiang@mail.tsinghua.edu.cn



王千祥

CCF高级会员、CCF软件工程专委会秘书长。北京大学教授。主要研究方向为互联网环境中的软件工程、系统软件。wqx@pku.edu.cn



谢 涛

美国伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校副教授。主要研究方向为软件工程、软件分析与测试、软件解析学等。taoxie@illinois.edu

参考文献

- [1] 刘强. 软件工程教育的发展. 中国计算机学会通讯, 2010, 6(1).
- [2] ACM&IEEE. Computing Curricula, Software Engineering 2004: Curricula Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Software Engineering. IEEE Computer Society and Association for Computing Machinery. Piscataway, NJ: IEEE CS Press.
- [3] S. Lin, Q. Zhang, and W. Li. A programmer self-training system with programming skill evaluation and personalized task recommendation. In *Proc. of IEEE*, 2013, 112~117.
- [4] N. Tillmann, M. Moskal, J. de Halleux, and et al.. TouchDevelop: Programming

CCF YOCSEF

“社交网络中的隐私保护”报告会在京举办

2014年2月28日, CCF YOCSEF在北京举办了“社交网络中的隐私保护”报告会, 有来自全国学术界、企业界感兴趣人士100余人参加。AC委员谢幸和祝烈煌主持报告会。

报告会邀请了香港浸会大学教授**徐建良**、北京理工大学副教授**张华平**、奇虎360公司总法律顾问**傅彤**、中科院软件所副研究员**张敏**作了报告。徐建良在“移动社交网络中的位置隐私保护”的报告中, 介绍了位置隐私的保护方法。张华平在“微博的大数据挖掘: 知著-见微-晓意”的报告中, 介绍了如何在大量的有价值微博博主的数据支撑下, 采用大数据搜索与挖掘的技术手段, 系统地建立个体与群体用户行为模式分析的模型。傅彤以互联网公司实际业务操作为案例, 分析互联网业务中用户个人信息收集的必要性判断、提示用户的方法、获取用户授权的方式、个人信息处理与加工的规范、用户个人信息的存储与安全防护以及用户个人信息的更正与销毁等问题, 并分享了实际操作经验。

CCF分部4~5月活动计划

4月

日期	分部	主题
5日	济南	物联网专业培养模式与课程建设专题讲座
6日	上海	Entitlements Summit学术研讨会
10日	合肥	信号与图像处理专题报告会
15日	郑州	CCF走进高校之郑州大学
18日	深圳	中兴m-m方案与开放式青年创业平台报告会
19日	武汉	CCF走进武汉市民——为市民普及IT和计算机相关知识学术报告会
19日	西安	MOOC与CCF走进民办高校
19日	天津	环渤海计算机学院院长、系主任论坛

cloud-connected mobile devices via touchscreen, *In Proc. of ONWARD*, 2011, 49~60.

[5] N. Tillmann, M. Moskal, J. de Halleux, et al.. The future of teaching programming is on mobile devices. *In Proc. of ITiCSE*, 2012, 156~161.

[6] N. Tillmann, J. de Halleux, T. Xie, et al.. Teaching and learning programming and software engineering

5月

日期	分部	主题
10日	合肥	移动互联网下的体育健康沙龙
10日	济南	先进制造学术研讨会
10日	郑州	河南计算机产业发展机遇研讨会
14日	长沙	会员CLUB
16日	重庆	软件人才培养政府、高校、企业联动会
16日	天津	大数据与信息安全
17日	杭州	城市感知计算学术研讨会
17日	深圳	CCF走进企业—华为专场
20日	哈尔滨	计算机教育的现状和未来报告座谈会
24日	上海	上海卓越青年科学家论坛
30日	武汉	第九届程序设计华中北区大学生邀请赛
31日	深圳	网络信息安全报告会

via interactive gaming. *In Proc. of ICSE SEE*, 2013, 1117~1126.

[7] W. Ling and Q. Wang. CEclipse: An online IDE for programming in the cloud. *In Proc. of SERVICES*, 2011, 45~52.

[8] Q. Wang, W. Li, and T. Xie. Educational programming systems for learning at scale. *In Proc. of Learning @ Scale WiP*, 2014.