

Capacity Index System Research of Software Engineering Major based on TOPCARES-CDIO

Zhang Chong^{1,a,*}, Yan Debiao^{2,b} and Zhong Baocai^{3,c}

¹Chengdu Neusoft University, Chengdu, China

²Chengdu Neusoft University, Chengdu, China

³Chengdu Neusoft University, Chengdu, China

^azhangchong@nsu.edu.cn, ^bYandebiao@nsu.edu.cn, ^czhongbaocai@nsu.edu.cn

*Zhangchong, Chengdu Neusoft University, Chengdu, China

Keywords: CDIO, Software Engineering, Capacity Index.

Abstract. CDIO educational pattern is the latest achievement of the international engineering education reform. This paper obtains the capacity index system of software engineering major based on TOPCARES-CDIO (T-C) education idea according to the latest industry research. This system can be a very detail foundation for the personnel training program and course schedule making.

基于TOPCARES-CDIO的软件工程专业人才培养能力指标体系研究

张翀^{1,a,*}, 颜德彪^{2,b}, 仲宝才^{3,c}

¹成都东软学院信息与软件工程系, 成都, 中国

²成都东软学院信息与软件工程系, 成都, 中国

³成都东软学院信息与软件工程系, 成都, 中国

^azhangchong@nsu.edu.cn, ^bYandebiao@nsu.edu.cn, ^czhongbaocai@nsu.edu.cn

*中国四川省成都市都江堰青城山镇成都东软学院 张翀

关键词: CDIO, 软件工程, 能力指标

中文摘要. CDIO工程教育模式是近年来国际工程教育改革的最新成果,本文以具有中国特色的TOPCARES-CDIO(简称T-C)为基本教育理念,根据软件行业的最新调研结果,推导出软件工程专业在人才培养方面应具备的能力指标体系,从而为软件工程专业人才培养方案和课程体系的制订提供了详实的依据。

1. 引言

CDIO工程教育模式是近年来国际工程教育改革的最新成果,它是麻省理工学院和瑞典皇家工学院等四所大学组成的跨国研究机构于2000年提出的工程教育理念。CDIO代表构思(Conceive)、设计(Design)、实现(Implement)和运作(Operate),它以产品研发到产品运行的生命周期为载体,让学生以主动的、实践的、课程之间有机联系的方式学习工程。CDIO的理念不仅继承和发展了欧美20多年来工程教育改革的理念,更重要的是系统地提出了具有可操作性的能力培养、全面实施以及检验测评的12条标准¹。

大连东软信息学院基于“教育创造学生价值”的理念，借鉴CDIO工程教育模式、在继承CDIO的基础上，创造性地将CDIO中国化和本地化，在充分考虑学生、教师、产业和社会等利益相关者的需求基础上，结合中国高等教育的实际和IT行业的人才需求标准，针对学院IT专业的设置情况，对CDIO能力培养大纲做了继承基础上的创新，构建了具有东软特色的“TOPCARES-CDIO”²八大能力指标体系。

“TOPCARES-CDIO”(以下简称T-C)作为大连东软信息学院人才能力培养的基本理念，其每一个字母代表学生应当具备的一种能力，具体是指，T(Technical Knowledge and Reasoning)技术知识与推理能力，O(Open Minded and Innovation)开放式思维与创新，P(Personal and Professional Skills)个人职业能力，C(Communication and Teamwork)沟通表达与团队工作，A(Attitude and Manner)态度与习惯，R(Responsibility)责任感，E(Ethical Values)价值观，S(Social Value Created by Application Practice)实践应用创造社会价值³。该能力指标体系由8个一级指标，34个二级指标和126个三级指标组成。

成都东软学院从2010年就开始实施了T-C教学改革，实施“面向职业岗位的课程体系设计的反向推导流程”，即根据市场对IT人才的能力结构需求推导出专业的能力指标体系，从而作为人才培养方案及课程体系制订的依据。

2. 调研过程

下面以成都东软学院的王牌专业-软件工程专业为例来说明人才培养能力指标体系的构建过程，该过程共分五步完成。

第一步 相关专业、行业调研与分析。

我们首先对IT行业，尤其是软件开发行业的国际、国内、区域发展现状和未来发展趋势进行了调研，通过分析国家、部门、行业发展现状及对专业人才的需求等，形成了软件开发行业分析报告。由此我们得到的结论是：软件业不仅是全球整个信息通信技术产业中增长最快速的产业，也是创新最活跃的行业。我国的软件和信息技术服务业目前有近600万从业人员，在云计算、移动互联网、大数据、虚拟现实、人工智能等新技术驱动下，软件正以跨界融合的面貌出现在世人面前。而软件工程作为计算机领域发展最快的学科分支之一，得到了国家的高度重视。在所有软件开发类人才的需求中对Java工程师的需求达到全部需求量的60~70%。成都作为成渝经济区的代表，其信息服务业和软件业始终保持着快速发展的势头。

第二步 行业岗位分析。

这里主要是通过行业岗位群的描述对岗位能力进行结构分析。我们通过著名的智联招聘网站搜索到软件工程师相关的职位共55188个，其中成都6357个，北京23147个，上海13699个，深圳7903个，西安4082个。随后，我们从这些企业中选择了有代表性的50家企业进行了调研，我们对企业招聘中所提到的技术知识细节进行了详细的统计，如下：

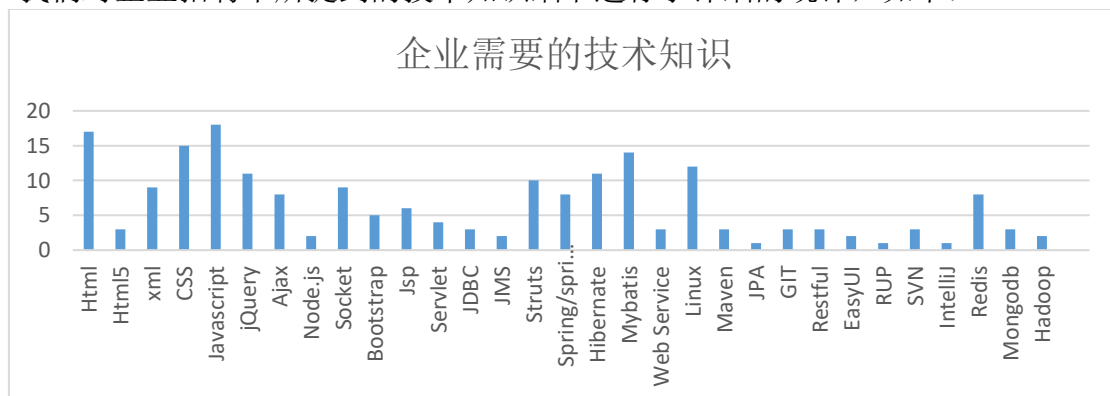


图1 企业招聘中需要的技术知识

从上图可以看到，以Html, Javascript ,css为代表的网页开发技术需求量依旧很大。在Java开源框架方面，Struts, Spring, Mybatis, Hibernate依然是主流，但Mybatis已赶超Hibernate。另外，Linux下的编程，以Redis为代表的云存储技术，Socket编程，以及jQuery等技术都越来越受到企业的青睐。

我们对企业的软素质需求方面也进行了分析，如下：

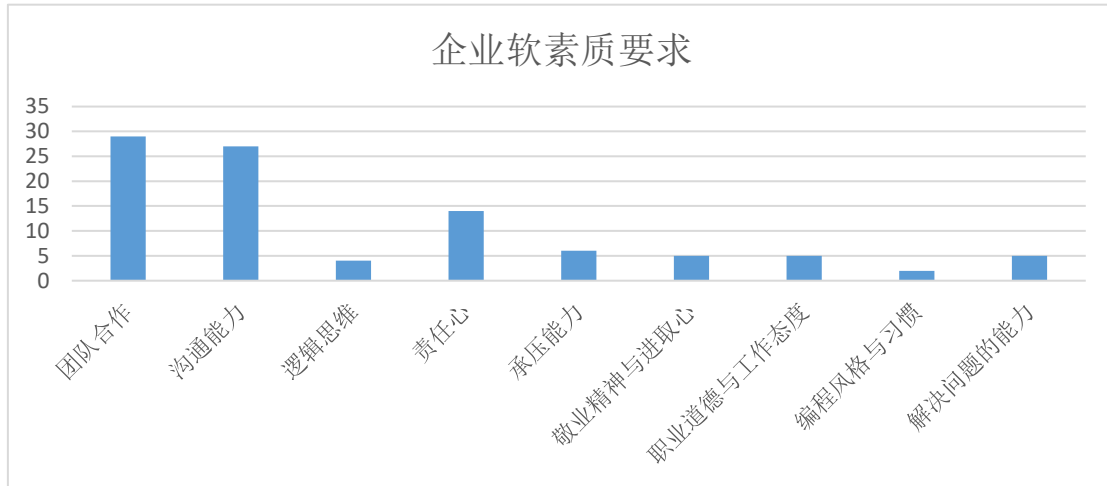


图2 企业对应聘人员的软素质要求

可以看到，企业最看重的求职人员的软素质分别是团队合作，沟通能力和责任心。然后我们又对岗位能力进行了分析，如下：

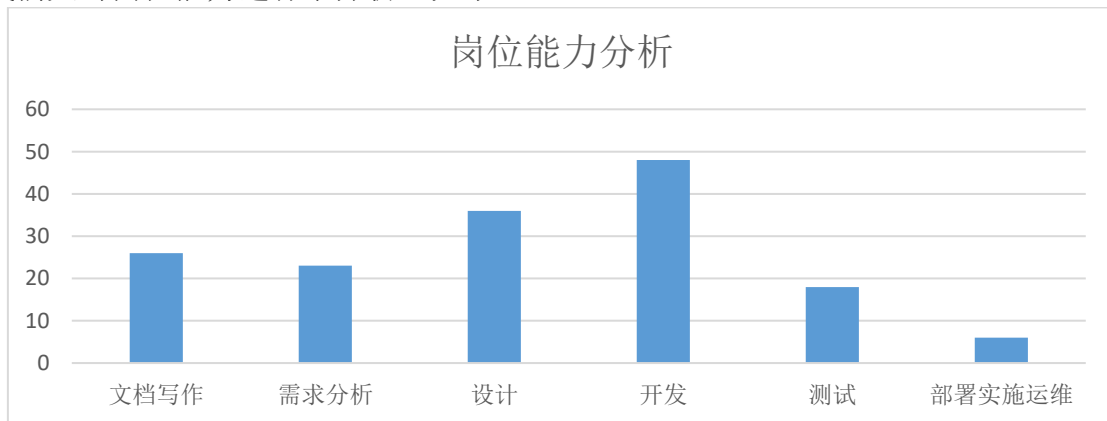


图3 企业的岗位能力需求

可以看到企业最看重员工的编码能力，其次是系统设计及文档写作能力。

以上只是我们对企业人才招聘要求分析统计的一个缩影，实际上我们根据T-C的能力指标体系，设计了更为精细的调查问卷以及更详细的能力分类分析，从而能够获得企业对人才更全面的需求信息。

第三步：人才培养定位对比分析。

我们选取了国内外以麻省理工大学、斯坦福大学、清华大学、南京大学等为代表的部分院校软件工程相关专业，详细分析了这些专业的人才培养目标及毕业标准，从而了解到主流大学对软件工程专业人才培养能力要求的总体趋势。

第四步：课程设置对比分析。

随后，我们又详细分析了国内、外典型大学、培训机构相关专业课程设置状况，对专业课、核心课等的课程目标、课程内容的基本要求等方面进行了对比分析，从而了解到各类大学、教育机构对软件工程专业人才培养方面更细节的能力和知识要求。

第五步：确定人才培养定位。

根据以上的调研结果，我们结合高等学校本科软件工程专业规范，最终确定软件工程专业培养目标为：培养具有扎实的现代软件工程基本理论，掌握通用软件及移动应用软件的分析、设计和开发方法，熟悉主流软件开发平台、工具和软件开发技术，具有较强的软件开发实践能力、技术创新能力和创业意识，具有较强的外语应用能力和团队协作能力，具有国际化视野和社会责任感，能适应技术进步、社会需求变化和区域经济发展的高素质软件工程专门人才⁴。

3. 结论

根据以上的行业企业，国内外高校专业课程体系的调研结果，我们在T-C及CDIO能力指标体系的基础之上，推导出软件工程专业的人才培养能力指标体系⁵如下：

表1： 《软件工程》专业人才培养核心能力指标

TOPCARES (1级能力指标)	TOPCARES (2级能力指标)	TOPCARES (3级能力指标)	核心能力指标说明
1 Technical knowledge and reasoning 技术知识与推理能力	1.1 相关科学知识	1.1.1人文社会科学知识	心理学，思想道德，法律等
		1.1.2自然科学知识	数学，物理等学科知识
		1.1.3 外语知识	英语相关知识
	1.2 专业基础知识	1.2.1专业基础知识	软件开发相关专业基础知识
1.3 专业知识	1.3.1 专业知识	软件开发相关专业基础知识	
2 Open thinking and innovation 开放式思维与创新	2.1 系统思维	2.1.1全方位思维	识别并定义一个系统、系统行为和系统单元，识别系统与外界的交互作用和对系统行为的影响
		2.1.2系统的显现和交互作用	讨论为定义系统和系统建模所需的抽象化，识别系统所表现的行为和功能特性（意向中和意向外的），识别系统单元间的重要接口
		2.1.3确定主次与重点	找出并区分与系统整体相关的全部因素
	2.2 批判性思维	2.2.1分析问题	分析系统所要解决的问题
		2.2.4找出有矛盾的观点、理论和事实	能找出问题中存在的矛盾
	2.3 创造性思维	2.3.1具有概念化和抽象化能力	识别项目功能、对象并进行抽象
	2.4 创新能力	2.4.1引进、消化、吸收再创新能力	针对具体的应用和实际的问题，能够运用所学知识对问题进行抽象，提取它的逻辑结构和存储结构。
		2.4.2集成创新能力	知识集成（个体知识到群体知识），技术集成（单项技术或系统到多项技术或系统的集成）
		2.4.3原始创新能力	创新研究方法，重视交叉学科上的创新研究
	3 Personal and professional skills 个人职业能力	3.1 推理和解决问题的能力	3.1.1发现问题和表述问题
3.1.2建模			UML建模，应用假设简化复杂的系统和环境，选择并应用概念性和定性模型
3.1.3估计与定性分析			估计量级、范围、趋势
3.1.5解决方法和建议			综合问题的解决方案，分析解决方案的关键结果和测试数据
3.2 实验和发现知识		3.2.2查询印刷资料和电子文献	应用图书馆工具（在线检索、数据库、搜索引擎等）检索并获取信息，主要信息的整理与分类，提取信息中重点和创新的内容
		3.2.3实验性的探索	构建课程实验，执行实验规定和实验步骤，执行实验测量，分析和报告实验数据，形成总结性建议
3.3 信息处理能力		3.3.1基本信息处理能力	文档处理能力（文字录入、word、ppt、excel），获取信息能力
		3.3.2信息再加工能力	评价信息能力，整合信息能力
3.4 时间和资源的管理能力		3.4.1讨论任务安排的主次	能有效的分清任务的主次
3.5 终身学习能力		3.5.1职业规划	讨论个人职业发展的愿景，认识自己所具备的职业能力范畴
4 Communication and teamwork		4.1 交流能力	4.1.3书面的交流
	4.1.4电子及多媒体交流		能制作电子演示材料，应用各种电子表达形式（图形、网页等）

沟通表达与团队合作		4.1.5 图表交流	能画草图和正式图纸；制作表图；解释正式技术图纸和图像效果。
		4.1.6口头表达和人际交流	能够使用适当的语言、风格、时间和流程准备报告和相应的支撑媒介，能有效回答问题
	4.2使用外语能力	4.2.1基本的听说读写	英语基本的听说读写能力
		4.2.2阅读、理解专业领域文献	查阅Java API文档的能力
	4.3 团队工作	4.3.1组建有效的团队	以小组为单位开展教学，明确任务和团队工作过程，分清团队的作用与责任
		4.3.2团队工作运行	实施计划和组织有效会议，实施有效交流（聆听、合作、提供和接受信息），进行正面和有效的反馈，实现项目的规划、安排和执行，形成问题的解决方案
4.3.3团队成长和演变		讨论阶段性小结、评估和自评的策略，认识保障团队运行和成长的技巧，解释团队交流和写作策略	
5 Attitude and manner 态度与习惯	5.1 个体性态度与习惯	5.1.2学习态度与习惯	项目开发中的学习态度与习惯
	5.2 职业态度与习惯	5.2.1敬业（自信、有激情、热爱事业）	有敬业精神
		5.2.3实事求是	在工作中实事求是
6 Responsibility 责任感	6.1 对自我的责任感	6.1.1对自己生命的责任	珍爱自己的生命
		6.1.2对自身健康的责任	珍惜自己的身体健康
		6.1.3对自我价值实现的责任	在项目开发中体现自我价值
	6.2 对他人的责任感	6.2.1对家庭的责任	承担自己在家庭中的责任
		6.2.2对他人的责任	承担项目中对他人的责任
	6.3 对职业的责任感	6.3.1职业道德、正直并勇于负责	具有职业道德
		6.3.2职业行为	能区分职责
	6.4 对社会的责任感	6.4.1社会公德	具有社会公德
6.4.2遵纪守法		在日常生活中遵纪守法	
7 Ethical values 价值观	7.1 个人价值观	7.1.1追求知识与真理	有浓厚的学习兴趣
	7.2 职业价值观	7.2.3个人与团队共同成长	项目开发中的团队与个人关系处理
	7.3 社会价值观	7.3.1坚持马克思主义指导思想	学习并信仰马克思主义
		7.3.2坚持中国特色社会主义共同理想	学习并信仰中国特色社会主义
		7.3.3坚持以爱国主义为核心的民族精神和以改革创新为核心的时代精神	具有爱国主义和民族自豪感
8 Social contribution by application practice (CDIO) 实践构思、设计、实现和运行 为社会的贡献	8.1 外部和社会背景环境	8.1.1工程师的角色与责任	接受工程职业的目标和角色，接受工程师的社会责任
		8.1.2工程对社会的影响	解释工程对现代文化下环境、社会、知识以及经济体系的影响
	8.2创业技能（创业过程和特征、与创业过程相关的行为）	8.2.1发现过程	评估创业机会、描述创意产生的方法、产生创意、确定创意的可行性
		8.2.4付诸实践过程	运用外部资源补充创业者的专门知识、评价风险机会、描述经营程序的使用
	8.3基本商业知识与技能	8.3.1商业基础（了解影响商业决策的基本商业观念）	商业观念、商业活动
		8.3.2经济学基础（了解创业/小企业所有权的经济原则和基本概念）	基础概念、成本利益关系、国际观念
	8.4商业技能	8.4.1财务管理	会计学、金融学、理财能力
		8.4.2人力资源管理	组织员工、配置员工、培训发展员工、激励员工、评估员工
8.5 行业应用环境	8.5.1行业基本规范	代码、图表、文档符合软件工程规范	
	8.5.2行业应用技术	Html5,JavaScript,JSP,Servlet,Java,Struts,Spring,Hibernate等行业技术的应用	

8.6 系统的构思与工程化	8.6.1 设立系统目标和要求	找出并分析顾客需求、解释系统目标和要求、识别表示目标和要求的语言/形式、解释初期目标（基于需求、机会和其他影响）、解释系统性能指标
	8.6.2 定义功能，概念和结构	确定必要的系统功能（以及系统的行为指标），区分高层次的构架形式和结构，讨论将构架形式分解为单元，给单元赋予功能并定义单元间的接口
	8.6.3 系统建模和确保目标实现	找出技术性指标的合理模型，讨论实施和运行的概念，讨论各种目标、功能、概念和结构间的取舍以及收敛所需的迭代
	8.6.4 开发项目的管理	解释配置管理和文档，讨论资源的估算和分配，描述发展的过程可能的改进
8.7 设计	8.7.1 设计过程	为系统目标和要求导出的每个单元或元件选择要求，在约束条件下实施适合的优化，进行迭代直至收敛，综合最终设计，能适应需求的变化
	8.7.2 设计过程的分段与方法	讨论适应特定开发项目的过程模型（自上而下模式、螺旋模式、并行模式等）
	8.7.3 知识在设计中的利用	实践创造性和批判性思维并解决问题，利用技术和科学知识，实践创造性和批判性思维并解决问题
	8.7.4 单学科设计	选择合适的技术、工具和过程，实施建模、模拟和测试，讨论设计的分析改进
8.8 实施	8.8.3 软件实现过程	解释将高层组成部分分解为模块设计（包括算法和数据结构），讨论算法（数据结构、控制流程、数据流程），描述编程语言，描述系统构建
	8.8.5 测试、证实、验证及认证	讨论测试和分析的程序，讨论证实系统性能达到要求，讨论验证性能达到客户要求
8.9 运行	8.9.1 运行的设计和优化	解释运行过程的架构和发展

以上推导出的软件工程专业三级T-C能力指标体系，具有8个一级指标，34个二级指标和55个三级指标，是根据以上的五步调研过程的分析结果，从原始的T-C及CDIO指标中提炼出来的。可以看到，推导出的能力指标体系覆盖了全部的T-C和CDIO的一级和二级指标，与CDIO工程教育的要求相吻合。目前，该能力指标体系已作为软件工程专业人才培养方案制订和课程体系设置的依据，并应用到成都东软学院中，随后我们将这些能力指标逐个映射到每门课程中，制订出软件工程专业课程体系，取得了良好的效果。

References

- [1] Gupeihua, Shenminfen, Rethinking Engineering Education, *Beijing higher education press*, pp. 30-32, 2009.
- [2] Wentao, Integrated Talent Training Pattern Research and Practice based on TOPCARES-CDIO, *Computer Education*, vol.11, pp. 23-25, 2010.
- [3] Dongwenliang, Guoquan, Liuhui, Sample Analysis of the Talent Training Target System building of the Applied Technology University: Take the building of TOPCARES-CDIO Capacity index system as example, *Modern Education Management*, vol.8, pp. 100-104, 2015..
- [4] Software Engineering Major Teaching Guidance Committee of Education Ministration, Software Engineering Major Specification, *Beijing higher education press*, pp. 7-8, 2011.
- [5] Kouyouzhi, Major Talent Training Program Design and Implementation based on TOPCARES-CDIO, *Education and Teaching Forum*, vol. 86, pp. 1-10, 2003.