



中国科学院软件研究所

杰出青年人才发展专项计划中期考核报告

姓名	杨叶	课题名称	经验软件工程方法研究
资助金额	160 万	支持周期	2009.9-2013.9
资助类别		所在部门	基础软件中心

研究工作进展总体情况

（内容包括：已完成的科研目标、成果及其在该领域的应用和所处地位）

主要工作集中在经验软件工程的理论和方法领域，具体包括软件成本估算方法和技术、缺陷预测方法和技术、可信软件过程的模型及方法以及软件过程可信评估方法等。并致力于支撑工具的开发与实践。研究工作总体进展情况择要阐述如下：

1) 软件成本估算技术

过去的半个多世纪以来，软件成本估算一直是国际软件工程学术和产业界较为活跃的领域，已有大量的软件成本估算方法、模型和工具被提出。然而遗憾的是目前无论是国际上还是国内的软件产业界，软件估算大都处于凭个人经验和“拍脑袋”的模糊判断状态，估算误差很大，致使项目时间延误、人力增加和产品质量的无法保证。

本课题团队在 2007 年实施了针对中国软件产业成本估算现状的调研，分析了目前条件下开展软件成本估算的困难以及改进的方向。主要原因之一是大部分的软件成本估算模型需要软件规模作为输入，然而在项目初期软件的代码行或功能点是无法获得的。

针对此问题，申请者及其团队提出通过“细化因子”（Expansion Factor）来度量软件的细化抽象过程。细化因子的数量取决于需求可以表现出来的层次。通常情况下，如果一个项目需求可以分为 n 层，则细化因子会有 $n-1$ 个。两个相邻需求层次之间的细化因子可以定义为它们数量上的一个比率。通过对产业数据的收集和分析，我们建立一套面向网络应用类软件系统开发的软件“目标-能力-需求-用例”之间的细化因子的基准数据，支持在项目更早的时期进行规模估算，继而进行成本估算。该方法解决了传统软件成本估算方法在处理规模估计时的缺陷和不足等问题，既降低了软件规模估计的不确定性，又提高了软件成本估计的准

确度。

如何选择最佳的成本估算方法也是企业面临的难题。软件成本估算领域存在众多的软件成本估算方法依赖不同的前提假设、不同的估算技术，导致估算方法的预测性能在不同的数据集和场景下有较大的不确定，不同的研究报告在对比同类模型或方法的估算性能时常得出不同的结果。区别于试图选择最优的估算方法，本课题团队提出一种组合估算的策略，旨在将各子估算方法都作为有价值的信息，充分利用多个估算方法的差异性与互补性，采用集成的方式得到更具适应性更准确的估算结果。

目前研究人员面临的一个难题就是软件工作量历史数据中存在大量的缺失数据和不完整数据。缺失数据存在两种缺失机制：结构性缺失和非结构性缺失。前者指在数据收集的过程中，软件项目本来就不具备某种或某类特征；后者指软件项目存在数据收集过程中给定的项目特征，但实际数据测量不准确或者没有被收集上来。我们以 ISBSG 和 CSBSG 为研究对象，分析了软件工作量数据中的缺失机制，针对相应缺失机制下的缺失数据处理方法对缺失数据进行修正并进行软件项目工作量的预测。通过该方法，有效地改善了 ISBSG 和 CSBSG 数据在成本估算建模中的可用性和所训练模型的预测性能。

在应用支撑方面，我们充分认识到传统软件成本估算模型在数据收集、参数设定、模型校准等环节的复杂性，参考成本估算一般的生命周期，提出了经验库驱动的多层次的软件成本估算方法（EBAC），包括经验库模型与估算方法模型，分别对经验库与估算方法进行建模。EBAC 对估算生命周期的建模、应用、反馈三个阶段分别提供富含领域经验知识、用户友好界面和自动模型校准等辅助功能。目前该工具已经在包含中国日立研究院、国家开发银行、中科方德等多家企业在内的用户组织得到应用，提升了软件项目的可预测性和可控制性，同时对改进软件项目计划和管理过程起到了推动作用。

2) 基于软件经验库的软件过程知识的挖掘和分析技术

作为知识密集型活动，软件过程中产生和积累了大量的知识资产，如数据、文档、日志等；但这些资产没有统一的管理方式，存储、类型、形态不同，其隐含的过程行为本质，并不能直接被计算机所理解，进而无法为科学、合理地量化过程决策提供支撑和服务。这也是经验软件工程致力于解决的问题：从大量的软件开发过程资产中挖掘可重用的经验性知识，用于辅助软件项目的过程决策。

软件经验库研究在软件工程产业界和学术界受到了大量关注，它借鉴和吸收了知识管理

方面的思想，在软件组织内部存储，分享，交流和重用软件项目经验。对软件过程知识进行挖掘和分析反映了相关过程的共性特征，也反映了知识产生的具体环境约束条件下的某些个性特质，它们将过程行为抽象到一个理论模型甚至于数学模型，不仅使我们可以很好地理解过程的本质，还为软件过程的可信管理提供了基准数据。在我们前期工作中，为了更好地进行软件过程行为模式分析，我们提出了基于本体的软件经验提取方法，用于管理多种类型的软件过程数据，支持基于软件经验库的过程知识采集、挖掘、分析和管理的研

究。近年来开源软件的发展对整个软件行业发展产生了深远的影响。越来越多研究人员正在基于开源软件资产展开软件工程方面的学术研究，其中关于软件缺陷管理的研究是主要热点研究之一。Eclipse 项目发布前每天接近有 200 多个缺陷被提交，Debian 操作系统项目每天约有 150 个缺陷。如何有效地将缺陷分发给相关的开发者是最重要的问题之一，因为实际开发过程中发现缺陷报告被错误地分配，导致重复分配、浪费时间。解决这个问题将有利于减少人工分发决策负担、辅助开发人员及时修复缺陷。针对此问题，我们提出了一种基于历史缺陷报告及修复人员社会网络分析的方法，能将缺陷报告个性化地推荐给相关缺陷修复者的方法，从而对缺陷修复过程的决策提供智能辅助，大大缩减了缺陷修复周期。

3) 可信软件过程度量 and 评估模型及方法

规范化的软件过程管理和质量保障技术包括软件过程模型（如 CMMI/SPICE）、相关标准（如 ISO12207/ISO15504 等）和可信软件方法学 TSM，旨在为过程管理和改进提供参考模型和最低要求；以及从微观的角度研究软件过程的定义、建模、仿真、重用等，旨在建立具有可信性质保障的软件过程。

可信性要求软件产品在其全生命周期内的行为和状态都是可预测和可控的，这对面向传统质量属性和静态封闭开发环境的软件开发过程和技术提出了新的挑战。现有的软件过程技术，其目的都是希望满足预期的目标。但究竟需要怎样的证据才能证明过程是可信的、过程制品是可信的、演化和集成产品是可信的？要多少证据才是充分足够的？目前尚无成熟的研究成果。

针对此问题，本课题团队首先对大规模分布式可信软件的开发生产过程质量和产品质量的属性定义及相应的度量研究进行了广泛调研，进一步从过程实体、过程行为、以及过程产品三个维度研究可信过程的基本属性和度量体系，建立了支持过程改进和评估的可信软件过程模型和软件过程可信评价方法，支持系统地采集、分析可信证据，对软件可信提供全面客

观的预测、控制、保障和评价。这是国际上非常关注和重视的热点课题，目前国内外尚无非常成熟的研究成果。目前我们的部分研究成果已经集成到可信软件过程管理平台，在航天、航空、高铁、船舶等重大工程领域得到了较为广泛的应用。

4) 基于机器学习的软件工程预测模型的评价及优化方法研究

典型的软件工程预测模型如成本估算模型、缺陷预测模型等通常借助统计分析、机器学习、数据挖掘等技术来进行构建和维护，模型的性能往往依赖用来构建和维护模型的历史数据的质量。大量的实践和研究经验表明，现有的主要的成本估算模型和缺陷预测模型大多仅在同一组织内部或同一项目内部适用，在跨组织和跨项目应用场景下预测模型的精度会出现严重的下滑，即模型的泛化能力较低、稳定性较差。

针对这一问题，本课题团队对跨组织数据集的异构性和适用性进行了较为深入的研究，分析了跨项目缺陷预测的可行性，并构建跨项目缺陷预测训练数据的自动选择方法，相关结果已发表于 *Automated Software Engineering* 国际期刊；此外，我们分析了多组织成本估算数据集中的局部偏差现象，并提出有效的局部偏差处理方法，以保持参数模型的稳定性和一致性，相关结果已发表于第 10 届软件工程预测模型国际会议 PROMISE (International Conference on Predictive Software Models)，被评为“最佳会议论文”。

发表学术论文论著情况

围绕上述研究及相关工作，最近 2 年在国际、国内发表论文数十篇，编著论文集两部。

论文集：

1. He Zhang, Ye Yang, Reidar Conradi: EAST 2011 - Proceeding of the 1st International Workshop on Evidential Assessment of Software Technologies, In conjunction with ENASE 2011, Beijing, China, June 2011 SciTePress 2011
2. Jürgen Münch, Ye Yang, Wilhelm Schäfer: New Modeling Concepts for Today's Software Processes, International Conference on Software Process, ICSP 2010, Paderborn, Germany, July 8-9, 2010. Proceedings Springer 2010

期刊杂志论文：

1. Ye Yang, Zhimin He, Ke Mao, Qi Li, Vu Nguyen, Barry W. Boehm, Ricardo Valerdi: Analyzing and Handling Local Bias for Calibrating Parametric Estimation Models. Invited by Information Science and Technology, under second review. 2012.
2. He Zhimin, Shu Fengdi, Yang Ye, Li Mingshu, Wang Qing. An Investigation On The Feasibility Of Cross-project Defect Prediction. *Journal of Automated Software Engineering*, 19(2):167–199, 2012.
3. Wen Zhang, Ye Yang, Qing Wang: A Comparative Study of absent Features and

Unobserved Values in Software Effort Data. International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering 22(2): 185-202. 2012

4. Qi Li, Ye Yang, Mingshu Li, Qing Wang, Barry W. Boehm. Improving Software Testing Process: Feature Prioritization to Make Winners of Success-Critical Stakeholders. Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice, 2010.

主要会议论文:

1. Wen Zhang, Ye Yang, Qing Wang: On the Predictability of Software Efforts using Machine Learning Techniques. ENASE 2011: 5-14
2. Xinguang Chen, Fengdi Shu, Ye Yang: Software Effort Estimation Model based on Use Case Specification. ENASE 2011: 226-231
3. Wenjin Wu, Wen Zhang, Ye Yang, Qing Wang: DREX: Developer Recommendation with K-Nearest-Neighbor Search and Expertise Ranking. APSEC 2011: 389-396
4. Da Yang, Wenpei Liu, Qiang Cui, Juan Li, Ye Yang, Qing Wang: Modeling the Number of Active Software Users. ESEM 2011: 376-379
5. Dandan Wang, Qing Wang, Ye Yang, Qi Li, Haitao Wang, Feng Yuan: "Is It Really a Defect?" An Empirical Study on Measuring and Improving the Process of Software Defect Reporting. ESEM 2011: 434-443
6. Wen Zhang, Ye Yang, Qing Wang: Network analysis of OSS evolution: an empirical study on ArgoUML project. EVOL/IWPSE 2011: 71-80
7. Yan Ku, Jing Du, Ye Yang, Qing Wang: Estimating software maintenance effort from use cases: An industrial case study. ICSM 2011: 482-491
8. Qi Li, Barry W. Boehm, Ye Yang, Qing Wang: A value-based review process for prioritizing artifacts. ICSSP 2011: 13-22
9. Ye Yang, Lang Xie, Zhimin He, Qi Li, Vu Nguyen, Barry W. Boehm, Ricardo Valerdi: Local bias and its impacts on the performance of parametric estimation models. PROMISE 2011: 14
10. Wen Zhang, Ye Yang, Qing Wang: Handling missing data in software effort prediction with naive Bayes and EM algorithm. PROMISE 2011: 4
11. Hailong Wang, Juan Li, Qing Wang, Ye Yang: Quantitative Analysis of Requirements Evolution across Multiple Versions of an Industrial Software Product. APSEC 2010: 43-49
12. Jing Du, Ye Yang, Zhongpeng Lin, Qing Wang, Mingshu Li, Feng Yuan: A Case Study on Usage of a Software Process Management Tool in China. APSEC 2010: 443-452
13. Mei He, He Zhang, Ye Yang, Qing Wang, Mingshu Li: Understanding the Influential Factors to Development Effort in Chinese Software Industry. PROFES 2010: 306-320
14. Wen Zhang, Ye Yang, Qing Wang: Absent features or missing values? SEKE 2010: 6-11
15. Liu Yanbin; Yang Ye; Yang Qiusong; Li Mingshu. Driver: Diagnosing Runtime Property Violations Based On Dependency Rules. The 5th International Conference on Secure Software Integration and Reliability Improvement (SSIRI 2011): 194-201
16. 杜晶; 杨叶; 王青; 李明树. 基于证据的可信软件过程评估方法, 计算机科学与探索 5(6)。
17. Jia Chen, Ye Yang, Wen Zhang, Gregory Gay: Measuring the Heterogeneity of Cross-company Dataset. Proceedings of the 11th International Conference on Product Focused Software :55-58. 2010.

18. Zhimin He, Fengdi Shu, Ye Yang, Wen Zhang, Qing Wang. Data unpredictability in defect-fixing effort prediction. Proc of the 10th International Conference on Quality Software (QSIC2010). Zhangjiajie, China. 220-226 19. Haopeng Zhang, Fengdi Shu, Ye Yang, Qing Wang: A Fuzzy-Based Method for Evaluating the Trustworthiness of Software Processes. Proc. of ICSP 2010: 297-308. 20. Ekrem Kocagueneli, Gregory Gay, Tim Menzies, Ye Yang, Jacky Keung: When to Use Data from Other Projects for Effort Estimation. Proc. of Automated Software Engineering 2010. Antwerp, Belgium, 20-24 September 2010. 321-324 21. Di Wu, Qi Li, Mei He, Barry W. Boehm, Ye Yang, Supannika Koolmanojwong: Analysis of Stakeholder/Value Dependency Patterns and Process Implications: A Controlled Experiment. HICSS 2010: 1-10.
外部经费争取情况 ● 课题负责人：基于重用的软件开发项目的成本估算方法研究（国家自然科学基金面上项目），28 万 ● 课题负责人：面向 xxx 的软件成本估算与风险评估技术，30 万 ● 课题负责人：面向外包的软件成本估算模型及方法研究（日立中国研究院），22 万 ● 课题负责人：面向外包的软件成本估算及代码质量评价模型研究（国家开发银行），20 万 ● 课题负责人：面向 xxx 的软件工程支撑环境关键技术（国防预研项目），300 万 ● 课题负责人：xxx 型号管理体系研发课题（成都飞机设计研究所），22 万 ● 分课题负责人：可信软件理论、方法集成与综合试验平台（国家自然科学基金可信软件重大计划重点项目） ● 分课题负责人：核高基重大专项课题 1-4”开源操作系统内核分析和安全性评估” ● 课题技术骨干：可信软件过程管理与风险控制方法研究（国家自然科学基金可信软件重大计划重点项目） ● 课题技术骨干：支持可信软件过程管理的生产线（国家 863“高可信软件生产工具及集成环境”重大专项重点项目）
获表彰奖励情况 ● 2011 年，获中国科学院青年创新促进会资助 ● 2011 年，获 PROMISE 2011 最佳论文奖（第一作者） ● 2011 年，获 ENASE2011 最佳论文奖（第二作者） ● 2010 年，获 HICSS2010 最佳论文奖（第五作者） ● 2010 年，成果“需求演化建模方法和管理系统”获北京市科学技术二等奖（排名第七） ● 2009 年，获中国科学院软件研究所杰出青年人才资助 ● 2005 年，获 ISPA2005 最佳论文奖（第一作者）

经费使用情况
截止 2012 年 8 月，课题经费到款 1288697.15 元，课题支出款 1226081.83 元，其中包括差旅费 3709 元，国际合作费 28662.20 元，知识产权等费用 3000 元，其他合计 1190710.63 元。 结余 62615.32 元。
存在的问题、建议及其他需要说明的情况
暂无

备注：1、杰出青年人才入选者应实事求是地填写此报告，禁止弄虚作假；
2、此报告作为专项计划跟踪、管理的主要依据，报送人力资源处；
3、此报告将在所网站对外发布。