

# 软件工程经济的研究及发展趋势

方海光<sup>1,2</sup>, 高新岩<sup>2</sup>, 陈 澎<sup>1,2</sup>

(1. 四川师范大学计算机软件实验室, 成都 610068; 2. 中国科学院成都计算机应用研究所, 成都 610041)

**摘要:** 软件工程经济是近年来出现的崭新的研究方向, 是软件工程和经济学相互融合深入的产物。该文从总体上讨论了软件工程经济的概念、软件工程经济在软件产品价值中的关系以及和经济学研究的关系, 描述了当前应用的模型分类和具有代表性的模型, 以及关于软件工程经济的未来研究内容、研究趋势整体框架和分层结构。

**关键词:** 软件工程经济; 评估模型; 未来框架; 分层结构

## Research and Review of Software Engineering Economics

FANG Haiguang<sup>1,2</sup>, GAO Xinyan<sup>2</sup>, CHEN Peng<sup>1,2</sup>

(1. Laboratory of Computer Software, Sichuan Normal University, Chengdu 610068;

2. Chengdu Institute of Computer Applications, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041)

**【Abstract】** Software engineering economics(SEE) is a new research direction for researchers, which is an integration of software engineering and economics, an enhancement or an extension of them. The notion and the relationship between SEE and software product value research as well as the economics research are discussed. Some recent research developments models and technologic classification are surveyed. And further research content, research trends framework and hierarchy structure are presented.

**【Key words】** Software engineering economics; Estimation model; Trend framework; Hierarchy structure

软件工程经济定义了软件成本单元、单元之间的转移关系、单元组合模式和约束关系, 以及指导其形成和变化的原理和规律。软件工程经济主要考虑软件工程行为和那些造成软件产品多样化的因素, 以及软件和劳动力、资本和产品的关系。

最早的有关软件工程经济学的有意义的应用研究是1965年SDC对169个软件项目的104个属性的研究, 虽然其模型描述并不准确, 但是开创了有关软件成本的探究, 随后产生了一系列可行的经典模型<sup>[3]</sup>。Boehm于1981年提出了包含微观经济的主要概念和技术(生产函数、经济测量、净值、边际分析、现值、统计决策理论)应用到软件决策案例分析的模型; Phister于1979年提出了计算机设备和服务的成本评估、关联和成本比较的详细纲要; Kleijnen于1980年提出了应用信息经济学技术作为计算机相关的决策; Godlieb于1985年提出了经济学技术管理计算机中心和相关的采购, 以及软件战略管理决策<sup>[5]</sup>。

软件工程经济可以看作是信息经济的分支和经济的子领域。其最初的研究是有关广告和寻价, 以及软件开发中的投资经济和全部知识工业经济<sup>[2]</sup>。软件工程经济观点不仅提出了产品结构 and 生产效率问题, 同时也重新考虑了软件产品对于外部环境的反应问题。因此, 软件工程经济主要考虑软件工程行为和内部环境以及外部环境的交互关系。

### 1 软件工程经济的描述

软件的开发在多方面体现了经济的驱动因素。软件工程经济的研究试图通过发现更好的经济模型来描述因素和指导开发。当前软件工程经济的研究侧重于成本和进度的评估和控制, 但仍然缺乏整体价值的描述。而且, 需要经济模型、工具和方法去更好地解释如何设计软件产品、软件系统和软

件开发项目, 以此为基础寻找软件价值的最大化。这种经济的观点具有改善软件开发各部分的潜力, 将加速信息发展的很多重要目标。

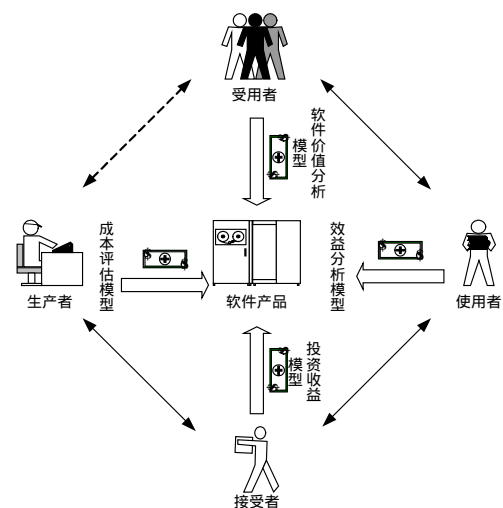


图1 软件工程经济在软件产品价值中的模型

值得补充的是, Hitt和Brynjolfsson在其研究软件系统回报获取价值中给出了证据, 证明软件技术回报并不总是会通过接受者和使用者生产能力及收益率相关的指标来体现, 另外一部分转移到了软件技术的受用者身上<sup>[4]</sup>。评估软件系统对于受用者的价值具有同等重要的意义, 这也是当前软件工

**基金项目:** 国家“973”计划基金资助项目(CB318003, CB030602)

**作者简介:** 方海光(1975—), 男, 博士生, 主研方向: 软件工程经济学, 人工智能; 高新岩、陈 澎, 博士生

**收稿日期:** 2005-10-12 **E-mail:** fanghaiguang@hotmail.com

程经济忽略的部分。综上所述，软件工程经济在软件产品价值中的模型主要有以下 4 方面(如图 1)：软件生产者的成本评估分析；软件接受者的投资收益和多目标决策分析；软件使用者的软件产品效益分析；软件受用者的软件价值分析。

实际上，很多软件工程技术隐含地体现了经济的因素。软件风险管理以购买信息减少风险，采用统计决策理论来说明行为截止约束的问题。迭代和进化的开发模型采用风险和产价值因素来逐次增加容量。如果说软件产品是一个组织重要的商业资产，那么对其进行经济分析就是组织的重点方向。针对软件过程的各阶段都可以对其进行度量 and 数据提取，采用经济学方法对其进行分析，二者的相互结合如图 2 所示。

需求	设计	编码	测试	安装 培训	运行 维护	移植
软件工程规律、方法、模型、工具						
时间、进度、费用、资源度量						
经济学方法						
成本效益分析	边际分析	现值分析	风险分析	其它分析		

图 2 软件工程经济与经济学的研究层次关系

软件工程行为新的研究方法对于传统微观经济学中的以下两个假设提出了挑战：(1)内部组织与软件工程行为和生产决策无关；(2)William 于 1981 年提出的“冷淡”假设，即认为软件产品的某些特征一定是反竞争行为的结果。一个软件产品的特征可能是效率或技术市场统制力量或二者共同决定的。软件工程经济的观点并不是要取代软件工程和经济的古典理论。相反，它是对传统方法的一种补充，它提到了许多传统方法没有涉及的问题。传统概念和分析工具与新概念的综合不仅是可能的，而且有很大成效。它扩展了软件工程的研究范围，使经济学能较好地应用于理解软件的运作方式。

## 2 应用现状及代表性模型

当前软件工程经济的研究主要集中在软件的成本估算方面。成本算法模型提供了对工作量和进度的直接估算，主要有两种方法：(1)采用数学模型形成估算方程，该方程以影响开发成本的某些项目因素作为输入，输出是一个项目开发的估算工作量和进度。COMOMO 模型是应用最为广泛的一个典型例子；(2)采用知识为目标的研究，依据一定的规则对软件经验数据进行分类，为每一种类型提供工作量或工作进度的特征值作为参考因素，这样可以测量出来自于软件和信息技术的项、产品、组合以及产业的有意义的价值增加水平。

从应用的技术上来看，软件工程经济评估的分类为：基于模型的技术，如 SLIM，COCOMO，Checkpoint，SEER；基于经验的技术，如 Delphi；基于动力系统的技术，如 Abdel Hamid-Madnick；基于退化的技术，如 OLS，Robust；基于综合贝叶斯规则技术，如 COCOMO，Reliability Growth Models；其它的还有基于规则技术、基于面向学习的神经网络和基于实例的技术等。当前具有代表性的模型有以下几种。

### (1)COCOMO 81 模型

结构化成本模型(Constructive Cost Model)是由 Boehm 在 1981 年首先提出的，此模型能帮助评估者更好地理解软件本身的复杂性。其基本思想是以一系列输入量为基础(如与软件的规模相联系或影响生产率的其它一些成本驱动因素)来导出软件开发所需的人力费用等。其子模型有 3 个：基本模型(basic model) 中级模型(intermediate model)以及详细模型(detailed model)，分别对应精确度的不同要求。

### (2)COCOMOII 模型

USC-CSE，UCIrvine 的 IRUS 和 COCOMOII 项目组织(COCOMOII Project Affiliate Organizations)联合推出的 COCOMO II，反映 COCOMO81 以来软件开发实践变化修订后的成本估算模型。COCOMO II 模型包括 3 个子模型，依照其可信度逐次提高的顺序分别是“应用构成(applications composition)”、“早期设计(early design)”以及“后体系结构(post-architecture)”模型。COCOMO II 模型通常泛指其通用的理论形式，而特定的开发机构都有相应的特定产品称谓。每年度都公布新的标准，以适应软件发展的最新趋势。

### (3)IBM 模型

1977 年，Walston 和 Felix 总结了 IBM 联合系统分布(FSD)负责的 60 个项目的数据。其中各项目的源代码行数为 400~467 000 行，开发工作量为 12PM~11 758PM，共使用 29 种不同语言和 66 种计算机。利用最小二乘法拟合，得到一系列计算公式。IBM 模型是一个静态单变量模型，它利用已估算的特性，例如源代码行数，来估算各种资源的需要量。模型一般是在可收集到足够有效的历史数据局部环境中推导出来的。

### (4)Putnam 模型(SLIM)

1978 年 Putnam 提出了一种动态多变量模型——SLIM 模型。它假定在软件开发的整个生存期中工作量有特定的分布。这种模型是依据在一些大型项目(总工作量达到或超过 30 个人/年)中收集到的工作量分布情况而推导出来的，也可以应用在一些较小的软件项目中。SLIM 模型可以导出一个软件方程，把已交付的源代码行数与工作量和开发时间联系起来。

### (5)Jensen 模型

Jensen 模型与 Putnam 的 SLIM 模型相似，只是其中有关产品、个人和计算机因素对不同的软件产品的调整因素不同。

### (6)Bailey-Basili 模型

John Bailey 和 Vic Basili 推出描述开发本地资源评估模型的产生过程。其过程分为 3 步：计算环境等式；判定实际项目数据与环境等式评估的差别因素；用模型预测新的项目。环境等式或者基线关联由来自于 NASA SEL 数据库中的 18 个数据点来确定。如果更多的数据可用作改进模型结构，则将会有更准确的预测。该模型可用来预测新项目。

### (7)Checkpoint 模型

Checkpoint 是由 Capers Jones 工作组开发的基于知识的软件项目评估模型。它有上千个软件项目数据，重点在可以改善软件质量和生产率的 4 个方面：技术，开发过程，人员管理和环境。其主要输入是功能点或特征点。

### (8)PRICE-S 模型

PRICE-S 模型最初作为 RCA 内部评估模型，部分用作 Apollo 登月计划。其于 1977 年发布作为主要的模型应用在 NASA 等项目上。模型包括 3 个针对开发和支持计算机系统的子模型来评估成本和进度：获得子模型，规模子模型和生命周期成本子模型。

### (9)ESTIMACS 模型

ESTIMACS 模型是由 Howard Rubin 开发的，其主要针对软件生命周期的开发阶段。模型以商业的方式来评估任务，主要参考 6 个重要的评估维度：有效时间，成员规模和部署，成本，硬件资源需求，风险，组合影响。

### (10)SEER-SEM 模型

SEER-SEM 模型由 Galorath 公司开发，其以 Jensen 模型为基础，覆盖了全部软件生命周期，从早期的需求到设计、开发、发布和维护。

### (11)SOFTCOST 模型

SOFTCOST 模型是 Dr.Robert 于 1981 年为 NASA 开发的数学模型，该模型增强了 Boehm 和 Putnam 等研究的评估模型。

## 3 研究趋势

软件工程经济研究的发展方向主要涉及以下方面<sup>[1]</sup>：(1)软件开发作为一种投资活动，其动态管理推理；(2)关于软件

开发和成本风险的收益和机会的推理模型；(3)软件开发过程中，处理不确定的和不完整的知识和包括竞争和变化的市场驱动力；(4)软件设计和开发中分解多属性决策模型；(5)软件设计和开发方法中融合经济和财务因素。

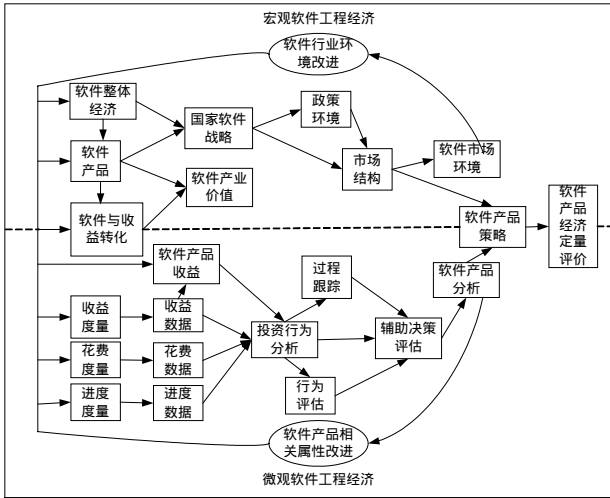


图3 软件工程经济研究趋势框架

基于Boehm的软件工程经济未来蓝图<sup>[5]</sup>描述的深入研究，软件工程经济的研究发展将向宏观和微观方向继续深入。从最终的目标向前延伸，可以找到研究发展的中间过程模型的分布。图3描述了这些中间模型以及它们的依赖关系。其中，下部刻画了企业或产品级的微观软件工程经济，构成目标单元的度量、分析、评估和反馈的过程，比如软件项目改进费用评估等问题；上部是刻画宏观软件工程经济的战略问题，是软件战略和软件行业市场指导参考模型，比如在项目和更大组合软件产品市场中用作决策和协同的问题。

针对软件工程经济研究的不同目标粒度，可以将研究内容划分成6个层次，每个层次增加了新的侧重领域，如表1

(上接第2页)

(2)人机界面技术。基于WIMP的界面经过十几年的发展，已证明能很好地支持产品的详细设计阶段，但不太适合于早期的概念设计与创新设计。基于手势的界面在一定程度上促进了设计思维的快速表达，但与纸笔草绘自然高效简洁的性能相比，还存在不少的差距。当图形较复杂时，基于手势的界面需要记住较多的手势，对用户来说不能不说是一个考验。因此开发一种新的界面技术，既能有利于设计思想的快速表达，同时也能与详细设计进行结合。

(3)三维建模技术。用于详细设计阶段的三维建模方法如BREP、CSG等，需精确的尺寸定位，不太适合于初始的概念设计阶段。因此需要研究新的三维建模方法，以有效地支持产品的草绘设计。

#### 4 结束语

徒手草绘是一种自然、简洁、高效的表达设计思想的方式，而计算机具有强大的记忆与运算能力，将二者结合起来，研究计算机辅助草绘设计技术，从而为概念设计与创新设计提供了很好的设计工具。本文从草绘技术的应用领域出发，阐述了计算机辅助草绘设计的研究现状。并从支持草绘的用户界面设计、低层草图处理、高层草图语义理解、三维草绘建模4个方面分析比较了计算机辅助草绘一些关键技术的研究方法，指出了计算机辅助草绘设计下一步的研究重点。

所示。研究的方向按照由上到下的层次逐步增量地扩大，研究目标的粒度由代码级逐渐过渡到产品，最终达到软件战略级的发展方向。该结构说明，在不同的层次方向，研究的范围侧重和应用各有不同。

表1 软件工程经济研究发展分层结构

	代码级		工作量																		
	组件级	工作量	进度	花费	价值	演进															
	系统级	工作量	进度	花费	价值	演进	风险	收益	决策												
	产品级	工作量	进度	花费	价值	演进	风险	收益	决策	市场											
	行业级	工作量	进度	花费	价值	演进	风险	收益	决策	市场	战略										
	战略级	工作量	进度	花费	价值	演进	风险	收益	决策	市场	战略										

#### 4 结语

软件工程经济是一个非常重要的新的交叉领域。它使得软件工程和经济学成为一体，用经济的视角来分析和处理宏观软件行业和微观软件企业和产品，对于软件产品决策和软件市场分析具有重要的现实意义，软件工程经济对于未来软件行业将产生深远影响。

#### 参考文献

- Boehm B W, Reifer D J, Sullivan K J. Software Engineering Economics: Background, Current Practices, and Future Directions[C]. Proceedings of International Conference on Software Engineering, 2002: 683-684.
- Machlup F. The Production and Distribution of Knowledge[M]. Princeton University Press, 1962.
- Boehm B W. Software Engineering Economics[M]. Prentice Hall, 1981.
- Hitt L, Brynjolfsson E. Productivity, Business Profitability, and Customer Surplus: Three Different Measures of Information Technology Value[J]. MIS Quarterly, 1995, 20(2): 121-142.
- Boehm B W, Sullivan K J. Software Economics: A Roadmap[C]. Proceedings of the International Conference on Software Engineering, 2000: 7-11.

#### 参考文献

- Zelevnik R C, Herndon K P, Hughes J F. Sketch: An Interface for Sketching 3D Scenes[C]. Proceedings of SIGGRAPH'96 Conference, 1996: 161-170.
- Igarashi T, Kawachiya S, Teddy H T. A Sketching Interface for 3D Freeform Design[C]. SIGGRAPH'99, 1999: 409-416.
- Calhoun C, Stahovich T F, Kurtoglu T, et al. Recognizing Multi-stroke Symbols[C]. AAAI Spring Symposium on Sketch Understanding, 2002: 15-23.
- Rubine D. Specifying Gestures by Example[C]. Proceedings of the 18<sup>th</sup> Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Technique, 1991.
- 孙正兴, 徐晓刚, 孙建勇等. 支持方案设计的手绘图形输入工具[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(9): 1145-1152.
- 马翠霞, 张风军, 陈由迪等. 支持概念设计的特征手势建模[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16(4): 559-565.
- 马翠霞, 戴国忠, 滕东兴等. 概念设计中基于笔式手势的交互计算研究[J]. 软件学报, 2005, 16(2): 303-308.
- 孙正兴, 彭彬彬, 从兰兰等. 在线草图识别中的用户适应性研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2004, 16(9): 1207-1215.