

面向21世纪的软件工程

李春梅¹, 邹平², 钱鑫³

(1. 昆明理工大学 管理与经济学院, 云南 昆明 650093; 2. 云南省教委 科技处, 云南 昆明 650223; 3. 昆明理工大学 研究生部, 云南 昆明 650093)

摘要: 通过对软件工程现状和环境的分析, 详细阐述了21世纪软件工程的的发展趋势和研究方向, 并从理论、实践、管理、经济、教育等角度提出21世纪软件工程的研究热点、方法和建议。

关键词: 软件工程; 发展趋势; 软件经济; 软件教育

中图分类号: TP311.5

文献标识码: A

文章编号: 1007-855X(2001)02-086-06

0 引言

软件工程通过40年的发展, 已经具备了完整的理论基础, 尤其数学和逻辑等基础研究发展很快. 语义学、数据结构、过程设计等新理论不断涌现, 极大地改进了软件的开发过程, 促进了软件应用的发展.

计算机科学、信息科学的飞速发展, 改变着社会活动的各个方面, 同时也改变企业的组织形式和生产经营模式. 社会生活、企业经营和管理模式的发展变化, 对软件工程的研究提出了新的要求, 产生了新的研究方向. 软件工程应当适应社会、经济发展的需要, 21世纪的软件工程不仅要研究新的开发工具和开发过程, 最重要的是要集成新的领域和技术, 用新的方法论来指导软件工程的发展.

1 软件工程的发展趋势和研究方向

软件工程的核心理念是把软件产品看作是一个工程产品来处理. 把需求计划、可行性研究、工程审核、质量监督等工程化的概念引入到软件生产当中, 以期达到工程项目的三个基本要素: 进度、经费和质量的目标. 同时, 软件工程也注重研究不同于其他工业产品生产的一些独特特性, 并针对软件的特点提出了许多有别于一般工业工程技术的一些技术方法. 具有代表性的有结构化方法、面向对象方法和软件开发模型及软件开发过程等. 在经济全球化的推动下, 计算机网络得到了广泛应用和发展. 信息交流、资源共享已成为软件工程的主流, 以高度的群组协作为手段的虚拟组织正在成为21世纪企业的主要组织形式, 而软件工程走规模化、标准化、集约化、智能化、开放性的发展道路也势在必行. 因此软件复用技术、软件标准、分布式计算、智能代理(Agent)等技术以及各种技术的集成方法已成为软件工程中最受关注的研究方向.

1.1 软件复用

软件复用是指重复使用“为了复用目的而设计的软件”的过程. 通过复用, 可以控制软件开发的复杂度, 缩短开发周期, 并提高软件产品的质量. 由于软件开发模式多种多样, 因此复用的方式也不尽相同, 其中基于构件的复用是目前最有效的也是学术界和企业界公认的主流^[1]. 从软件开发技术来讲, Camma等总结了大量设计经验, 提出了设计模式作为复用成功的系统设计经验的方案. 在90年代, 大量已开发出的优秀系统设计, 提供了将系统设计成果和重要设计问题的成功解决方案从软件系统中分离出来的可能性. 这种分离的结果将形成有关设计模式和软件体系结构研究的独立领域, 从而为形成相应理论创造了条件.

随着面向对象技术的出现和广泛采用, 一方面软件的可重复使用性在一定程度上有所解决, 另一方面对软件可复用性的要求也越来越高. 软件复用要求各种应用软件之间能够相互交互, 为此, 系统集成成为重要课题. 软件复用和软件集成的需求使问题更为复杂化, 要求一种应用软件能够请求和获得另一种软件的

收稿日期: 2000-11-01;

第一作者简介: 李春梅(1969~), 女, 昆明理工大学在读博士研究生; 主要研究方向: 群体决策支持系统、智能Agent等.

服务或信息共享, 并且用不同语言编写的程序能够在不同的地址空间甚至不同的机器或操作平台上运行, 这就要求应用软件具有良好的互操作性、结构开放性、可扩展性, 从而产生了标准构件和分布式计算的概念。

1.2 标准化

软件工程标准化包括软件标准化和软件过程标准化。软件标准化是构件复用的必然结果, 而软件过程标准的建立是软件工程成熟的重要标志。随着软件工程的广泛应用和日趋成熟, 软件过程标准化逐步得到重视。目前软件过程标准化的重点仍将是文件编制以及围绕着软件生存期各阶段的方法和工具的标准化, 如用户要求规范、设计方法和工具、软件质量保证方案和技术、测试技术等。软件过程标准化的发展方向主要是围绕着整个软件生存期的方法论和开发环境, 即整个软件开发流程的标准化和具体系统的标准化, 并逐步出现各种用途的软件开发流程标准和专用工具系统标准。从长远来看, 软件过程标准化和软件标准化会更紧密的结合起来, 即软件生产过程、工具、环境的标准与软件产品标准相结合, 并逐步产生软件的“元器件”工业和自动化生产线。随着软件工程的逐步成熟, 软件工程标准的地位和作用将会日益提高和扩大^[2]。

1.3 分布式计算

随着计算机网络和软件工业的迅速发展, 促进了软件系统空间结构模式的改变, 即以基于模块构件的分布式组合代替传统的单地址结构模式。分布式组合具有高性能、可扩展、支持软件复用和资源共有的优势, 但由于服务的物理分布、并发控制、局部失效、异质互操作及规格多样性大大地增加了应用软件的功能、性能、规模和复杂性。因此系统集成就成为重要的研究方向, 由此而产生的网络互操作性、分布对象技术、对象之间的通讯以及分布式系统的开放性(如系统的动态裁剪、迁移和进化等)等问题已成为软件工程的研究热点。

理想的情况是: 异构复用的和开放的系统能对网络内每个部分之间的硬件和软件部件采用最好的连接, 在适当加入构件间互操作和便携性的标准后, 各种构件就可以集成到一个一致的系统中。然而, 处理分布式计算实体间的异构复用性十分困难, 尤其是在异构网络系统环境下对软件或构件的复用更不容易。主要解决方案是建立构件系统的统一体系结构或构件接口标准。以 OMG 的 CORBA 技术和 Microsoft 的 COM/DCOM/OLE/ActiveX 技术为代表的分布式异构技术规范在一定程度上有效地解决了这一问题。而 Sun 公司的基于 Java 的构件技术标准 JavaBean API 促进了构件复用技术进一步发展。随着异构分布应用的发展, 对互操作性的要求将不断增加, 因此综合研究并集成各种解决方案的优点是很有必要的。

在理论方面, 为开放的不演化的系统提出了一类“交互模型”作为分布式计算的基础, 此方面的理论讨论才刚刚开始^[3]。

1.4 智能化

信息技术迅速发展所带来的问题是: 一方面是信息爆炸, 另一方面能用于解决问题的信息却很少。需要解决的问题从存在于分布式网络环境中的大量信息中提取有价值的信息, 由此而产生了信息交流、信息挖掘、信息提炼等技术。所有技术追求的目标是: 在适当的时刻, 把适当的信息, 安全地送到适当的地方。为达到这一目标, 将人工智能技术与信息技术、计算机技术相结合已成为必然。

随着计算机网络和计算机应用的发展, 需要打破传统人工智能的封闭模式, 寻找一种适合于网络环境的、能把问题分布到不同结点上进行合作求解的问题求解方式, 即分布式人工智能(Distributed Artificial Intelligence, 简称 DAI)。DAI 的研究重点是协调那些在物理上或逻辑上分散的智能体的智能行为, 使它们能够协同工作。DAI 的研究分为三个方向: 分布式问题求解(DPS)、多 Agent 系统(MAS)、并行人工智能(PAI)^[4], 而 Agent 本身的研究又包括 Agent 理论、Agent 结构、Agent 语言。DAI 研究是一个飞速发展的领域, 但目前各种理论和应用尚不成熟, 还需要加强在基础理论、应用、实验等方面的研究。而面向 Agent 语言及其程序设计范的研究将成为 21 世纪软件工程取得突破性进展的重要因素。

综上所述, 分布式异构环境中实现软件复用、标准化、智能化是 21 世纪软件工程的发展方向和热点, 也是从根本上解决软件危机的重要手段。由此而引发出软件工程在理论、应用、经济、教育等方面一系列

新的研究手段和方法.

2 软件工程理论研究和实践的结合^[5]

现有的软件工程的理论基础主要是系统数学模型、系统设计和开发方法. 软件工程的的发展趋势要求在集成和发展现有的理论和技术的的基础上建立新的理论基础, 从新的角度研究软件工程的开发过程和方法.

形式化方法具有严格、精确和逻辑完整的优点, 由于太注重于软件规约的计算形式, 就缺乏实用性、易操作性和可理解性. 面向对象为主要代表的非形式化方法已成为目前软件设计的主要方法, 但由于采用形式化语言所构筑的模型中图形化软件规约所具备的非形式化特征, 存在模糊性或奇异性, 因此, 近年来人们开始探索形式化方法与面向对象方法的结合, 其目的在于有效地结合形式化和非形式化方法各自的优点, 力图克服各自的不足之处, 以求获得较为严格、精确的软件规约.

软件工程理论在不断完善和发展, 实际应用却十分有限. 现存的许多软件技术都是从理论研究发展而来, 但由于从理论转化为实际应用是一个十分缓慢的过程, 需要一定的条件和环境, 所以, 大量理论成果没有在实践中得到有效的应用. 造成这种状况的原因主要是: ①理论研究和应用研究严重脱节; ②现有软件产品开发的投入大、成本高、周期长、价格昂贵, 阻碍了软件的开发和推广; ③软件工程的管理人员素质普遍不高.

因此, 需要加强理论研究和实践的结合, 促进理论到实践的转化, 从长远的、科学的、开放的角度考虑, 要为开发过程和开发方法提供科学的理论支持. 要重视各种技术和管理的集成, 建立基于科学的软件开发方法; 杜绝短期行为, 避免资源浪费和知识狭隘; 抓住主要问题, 放弃与工程实际问题不相关的开发与研究; 在对新方法的尝试中进行各种形式和规模的实验和模拟, 优化理论和实践之间的转化过程. 此外, 从理论到实践的转化, 需要软件开发者和理论研究者很好地结合, 也就是说需要理论研究者能够深刻体会并理解软件工程的现状和发展需求, 以应用领域的技术、社会和经济环境为出发点, 研究对实际应用具有指导意义的新理论、新方法. 同时, 软件开发人员也应该具有一定的理论知识, 能够用科学的理论和方法指导软件开发的设计和过程定义.

从根本上解决软件工程理论与实践结合问题的方法应该是对软件工程理论知识和实践知识(包括过程知识和特定领域知识)的管理、集成、复用与创新, 与软件工程标准化和软件复用相对应, 理论知识与实践知识的复用和标准化将为理论与实践的结合提供新的方法和思想, 从另一个角度对信息系统提出了新的要求和新的研究方向, 这一研究方向与人工智能、信息挖掘等技术的结合将对软件工程从理论到实践的转化过程产生突破性的影响.

3 软件工程管理

软件工程管理包括软件开发的过程管理、风险管理和经济分析.

由软件危机而引发的一系列负面影响有:

- 软件开发问题日益成为经济增长的主要障碍;
- 软件失效造成巨额经济损失;
- 开发费用及软件质量难以控制.

因此对于大型复杂的软件系统的开发就必须考虑软件风险问题. 作为高科技风险产业, 软件产业引发了一系列如风险投资分析、成本分析、利润分析和风险评估等经济问题. 软件工程管理的目的在于用成功的、卓越的开发经验来指导软件开发, 通过类似于工业化的管理, 提高软件开发效益和质量, 降低软件开发成本.

3.1 软件工程过程管理^[6]

软件工程过程是为获得软件产品, 在软件工具支持下由软件开发人员完成的一系列软件工程活动, 它包含四种基本的过程活动: 即软件规格说明、软件开发、软件确认、软件演进.

软件工程过程是一个软件开发机构针对某一类软件产品为自己规定的工作步骤, 它应当是科学的、合理的, 否则必将影响到软件产品的质量. 软件工程过程应具有可理解性、可见性、可支持性、可接受性、可靠性、健壮性、可维护性、速度等特性.

软件工程过程管理主要指在充分理解和把握上述过程活动和特性的基础上对整个软件生存期的管理. 到目前为止, 已经提出了多种软件生存期模型: 如瀑布模型、演化模型、螺旋模型、喷泉模型和智能模型等. 软件生存期模型设计是软件过程管理的核心, 随着软件工程越来越向着大规模复杂的方向发展, 许多现代企业管理思想如敏捷制造、虚拟组织等将逐渐引入到软件过程管理中, 因此需要在综合各种模型优点的基础上研究新的开发模型和开发方法.

3.2 风险管理

由于软件开发中存在大量的不确定性, 面临着各种选择的可能性, 涉及重要应用的大型复杂软件由于质量或技术问题而存在的潜在危害等, 所以, 软件工程的风险管理正逐渐成为软件工程的一项重要研究内容. 风险管理包括风险分析、制定风险计划、进行风险控制、风险监督等. 其中风险分析是风险管理的核心, 也是其它活动的基础. 风险分析包括收集和分析信息、确定风险问题、估计风险的大小及出现的可能性、进行风险评估、寻找避免风险的方法等.

由于软件工程的复杂性和不确定性, 在风险管理中需要集成现代预测技术、不确定性分析技术和人工智能等技术, 并利用现代高新技术如虚拟技术、多媒体技术在风险分析过程中进行仿真和模拟.

3.3 软件经济^[7]

软件经济是软件工程与经济学的交叉学科, 是研究关于软件生存期的经济问题, 包括成本、利润、风险、机会、信息、决策等. 随着经济的发展, 社会对软件的需求不断增加, 对软件的要求不断提高, 软件产品的生存期不断缩短, 而将一个软件工程的理论成果转化为实际应用却是一个长期耗资的过程, 因此有必要认真考虑软件经济的问题.

软件开发的投资是巨大的, 1998年美国大约有2 000 000软件专家, 人均工资为60 000~80 000美元/年. 单是美国每年用于软件开发的投资就有3 000~4 000亿美元, 比较保守地估计世界用于软件开发的开支是中国的两倍, 即6 000~8 000亿美元/年. 随着计算机科学和信息科学的发展, 这方面的投资将成加速度增长. 从经济学的角度看, 现有的软件开发还属于粗放型阶段, 需要向开放型和集约化的方向发展, 如果软件产品的成本减少10%, 那么美国每年将节约300~400亿美元, 而全世界就节约600~800亿美元, 可见软件工程具有很大的可改进空间. 与此同时, 全球经济正在发生深刻的变化: 经济的全球化和区域化; 产品生命周期不断缩短; 虚拟企业的出现和发展; 新的管理理论和模式不断涌现, 以柔性为核心的管理理念和方法给世界经济带来了空前的发展. 作为世界经济的重要组成部分, 软件经济也势必顺应世界经济发展的潮流, 并随世界经济的发展而发展.

可见, 软件工程的发展势必与经济研究相联系, 成本、资源分配、风险投资、利润等经济问题都需要用经济分析技术来进行分析并对相关决策提供支持. 由于计算机科学和信息技术的发展、企业组织结构的变化、世界重大政治因素的变化以及软件工程的发展, 产生了一些新的没有被普遍了解的却十分重要的软件经济问题; 电子商务市场的出现扩大了市场关于产品和服务的内涵和外延, 丰富了经济分析的内容; 日益复杂的经济环境和激烈的市场竞争对经济因素分析的确定性、可控性、相容性和预测性提出了新的挑战, 需要新的经济模型和推理技术来进行分析和评估, 传统软件经济模型已不适应这些问题的解决. 因此, 研究适合现代软件工程发展的经济分析技术已是摆在软件工程研究者和经济学家面前的迫切任务.

从经济研究的目的来看, 软件经济分析主要包括成本分析、利润分析和决策分析.

3.3.1 成本分析

成本分析和评估模型是软件经济中最成熟的领域之一, 传统的微观经济学在软件经济中已得到普遍应用. 现有的和正在研究的软件成本分析及其评估技术主要有: 基于专家经验的分析、模型分析、回归分析、混合-Bayesian法、面向学习的方法和动力学分析方法等. 成本分析及相关模型的研究应用在不断发展并日趋成熟, 但面对新的环境, 成本已不再是项目成功的主要评价因素, 这是因为: ①在信息时代, 对应用软

件快速开发的需求使得制定正确的软件开发计划比减少软件成本更重要;②提高软件投资的利润比减少成本投入更有价值;③企业组织结构和管理模式的变化以及高新技术的发展改变了成本构成和分析因素。

从经济的角度看,由于软件庞大的维护费用远比软件开发费用要高,因而软件成本不能只考虑开发期间的费用,而应考虑软件生存期的全部费用。因此,在研究降低软件工程成本时,不仅要降低开发成本,更重要的是降低整个软件生存期的总成本。

3.3.2 利润分析

软件成本分析和软件利润分析对于制定有效的决策十分必要,利润分析在某种程度上比成本分析更重要。但目前软件利润分析技术滞后于软件成本分析。利润分析因素包括软件投资中所发生的成本、风险、价值偏好、机会等。项目投资成功与否不仅取决于技术,还取决于项目完成时的市场环境和工业结构等因素。

软件工程利润分析除了需要软件成本分析所需的软件学知识和计量经济学知识(如参数的模拟和分析、概率论、统计学)外,还需要对市场、经济、政治等外部环境进行分析。软件投资利润分析的复杂性迫切需要将软件研究者和经济学家的知识与分析工具相结合。

3.3.3 决策分析

软件决策包括战略决策、战术决策和一般性决策。

由于竞争市场的复杂性和不确定性以及信息的不完整性,增加了软件工程投资决策的复杂性。正在发展的软件经济分析技术将在各个方面为软件工程决策者提供较好的支持,不确定环境中风险决策模型的研究和应用在不断发展,项目决策的评估技术将随软件开发方法的发展而发展。不同的软件开发方法需要不同的评估技术。现有的评估过程大多是经验性的,为了适应对软件经济中日益增加的非结构化问题和基于不完全信息推理的需要,需要结合基于数学理论和人工智能的方法来进行动态推理。

软件工程的发展势必以投资决策为主要研究对象,无论现在或将来,确定性与非确定性投资所带来的价值就是决策制定的主要依据。价值常常用金钱来衡量,但也可以从其它各个方面如安全性来衡量。因此,价值评估应成为软件经济的重要研究内容。现已具有各种价值评估技术,主要有折现流(DCF)统计分析法、DCF动态分析法、效用分析法、多目标决策分析等。

此外,在软件工程现有的研究中缺乏一个集成系统来支持决策制定,因此建立支持决策制定的决策支持系统是十分必要的。

4 软件教育

软件工程应用滞后于理论、软件开发滞后于硬件发展的一个重要原因是在软件教育过程中存在一些严重的缺陷。大多数软件技术人员仍在重复上一代技术人员的许多错误,这是由于多年来软件教育一直重复着旧的理念和思维而没有得到改进。在急速变化的技术与社会经济环境中,无法想象坚持照搬以前的成功经验会在新环境下继续成功,也无法想象不了解过去条件下的成功与失败,就可以迅速地创造出全新的方法与产品。因此,当前软件工程教育的教学内容一方面应以软件开发技术的发展史为基础,说明每种软件工程技术发展的原因、解决的问题及局限性;另一方面应注重培养学生的创造性思维,不仅要使学生学到技术知识,更要培养学生根据具体情况灵活应用、甚至创造性地推动技术发展的能力。

过去的软件工程教育过分注重代码、术语和符号的重要性而忽略了真正重要的开发方法和软件设计。仅仅对某一特定开发方法的规约、分析、设计的教育是不够的,不能使学生真正了解一般方法所具有的优点与不足。软件教育应该从整体和全局的高度出发,注重软件开发方法学的研究与创新,并将设计和系统结构的启发式方法较好地结合起来,培养学生的灵活性和创造性。

这里提出一些改进软件教育的思想^[8]:

- 加强学生计算机基础理论(如数学、逻辑等)教育;
- 软件教育应与信息系统教育相结合;
- 注重提高学生在软件工程管理 and 评估方面的知识;

- 应加强相关课题完整的理论知识教育;
- 培养学生对符号或语义精确理解以及用符号进行推理的能力;
- 着重培养学生的规划和设计能力, 选用一种能支持多种范例的语言作为学习的第一语言;
- 改善并加强实验条件, 提供实习机会, 提高学生将理论转化为实践的能力;
- 强调逻辑设计和物理设计之间的区别.

5 结论

综上所述, 软件工程是多个领域技术与方法的交叉和集成. 面对新的环境和需求, 21 世纪软件工程专业的发展方向是: 利用各种先进的知识和工具, 在对现有的理论和实践加以发展创新的同时, 研究降低软件开发成本、缩短开发周期、实现软件复用的途径和方法, 从根本上解决软件危机问题, 逐步实现软件工程的标准化、规模化和柔性化.

参考文献:

- [1] 王千祥, 刘畅, 赵鲁印. 分布对象技术与软件复用[J]. 计算机科学, 1999, 26(5): 61~64.
- [2] 周之英. 现代软件工程(上)[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 30~45.
- [3] 周之英. 现代软件工程(下)[M]. 北京: 科学出版社, 1999. 89~96.
- [4] 王万森, 王旭仁, 吴敏华. 多 Agent 系统与分布式专家系统研究[J]. 计算机科学, 1999, 26(11): 11~12.
- [5] Broy M. Software technology-formal methods and scientific foundations [J]. Information and Software Technology, 1999, 41: 947~950.
- [6] 郑人杰, 殷人昆. 软件工程概论[M]. 北京: 清华大学出版社, 1998. 16~23.
- [7] Boehm B, Sullivan K. Software economics: status and prospects [M]. Information and Software Technology, 1999, 41: 937~946.
- [8] Andrews D. Software engineering education in the 21st century. Information and Software Technology, 1999, 41: 933~936.

Software Engineering in the 21st Century

LI Chun-mei¹, ZOU Ping², QIAN Xin³

- (1. The Faculty of Management and Economics, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China;
2. The Division of Science and Technology, Yunnan Educational Committee, Kunming 650223, China;
3. The Department of Postgraduate, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract: This paper elaborate in great detail the develop tendency and research directions by analysing the present situation and environment of the software engineering. And put forward the research hot points, methods, and suggestions from the points of theory, practice, management, economics, education *etc.*

Key words: software engineering; develop tendency; software economics; software education



(上接第 81 页)

The Plant of Wastewater Treatment in Stuttgart University

Zhu Yi¹, Ning Ping²

- (1. Dept of Civil and Environmental Science, Guangxi Normal College, Nanning 530001, China;
2. The Faculty of Environmental Science and Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract The plant of wastewater treatment in Stuttgart University, which is the biggest experimental base in Europe has been introduced in this paper. The model of running, operation and management of this plant is the apotheosis on combination of production, studying and researching in Europe.

Key words: wastewater treatment; experimental base; combination of production; studying and researching