

RESEARCHES ON SOFTWARE DESIGN

软件设计研究

郝克刚 等著

西北大学出版社

RESEARCHES ON SOFTWARE DESIGN

软件设计研究

郝克刚等著

西北大学出版社

(陕)新登字 011 号

软件设计研究

郝克刚 等 著

*

西北大学出版社出版发行

(西安市太白路)

新华书店经销

西北大学出版社电脑室排版

西北大学印刷厂印刷

*

850×1168 毫米 1/32 开本 11.75 印张 305 千字

1992 年 10 月第 1 版 1992 年 10 月第 1 次印刷

印数: 1—1000

ISBN7-5604-0369-7/O·23 定价:15.00 元

序 言

我同郝克刚教授相识很久了。1958年科学院向全国开放,郝克刚同志刚刚从大学毕业就来到科学院数学所数理逻辑室进修。记着当时我给他们讲授了马尔柯夫的计算论,并在一起组织了讨论班,讨论苏联出版的“控制论”杂志上有关算子算法的文章等,他当时参加的是“程序自动化”组,他的好学精神给我留下了很深的印象,后来他回校后我们一直有联系。

1981年我把他推荐给美国马里兰大学计算机系主任叶祖尧(Ramond T, Yeh)教授,他在那里进修了两年半,在叶先生的指导下写出了几篇有一定质量的文章,叶先生曾对我谈过他对郝在美国所作的工作非常赞赏。

郝克刚1984年回国后担任了西北大学计算机系主任,为了推动我国计算机工程方面的研究,我曾经邀请了部分当时在这方面做出成绩的国内年青学者在西北大学召开了一次全国性的学术会议。后来我们又把在会议上发表的文章编辑成一本书“软件开发方法,工具及环境”正式出版。这本书对促进我国软件工程研究有较大的影响。

郝克刚教授领导的软件工程研究室这些年来一直从事软件设计方面的研究工作——承担了国家科委和国家“七五”的有关攻关项目,取得了一些成绩,并围绕着研究任务进行了若干理论性的探讨。“软件设计研究”一书集中地反映了他们这些年来工作。这本书的出版对促进我国软件工程的研究和相互交流无疑会有很大的意义和影响。

目前,世界各国都对软件工程的研究给予高度的重视。公认它是今后信息产业、高技术竞争的关键。这一领域目前正处在群雄竞逐、龙腾虎跃的状态,可以说是百花齐放,万紫千红。我们国内这些年来虽然也开展了一些有益的研究工作,但无论从研究的范围和水平来说还有不少差距,我们应该充分发挥全国各地研究力量的作用,较快而有步骤地向高水平的方向发展,这是摆在全国软件工作者面前的光荣任务。

唐 稚 松*

* 注:唐稚松,中国科学院软件研究所研究员,博士生导师,新任学部委员,西北大学兼职教授,国家自然科学基金一等奖获得者。

序 言

软件工程(Software Engineering)的提出源于 60 年代末期“软件危机”(Software Crisis),并在较短的时间内发展成为一个完整的学科方向。在软件工程学科方向形成以来的 20 多年间,就理论研究和工程实践两个方向进行了大量的工作。各种方法,技术的研究取得了长足的进展,其中有些已经比较成熟,并广泛应用于软件的开发之中;而也有一些新方法和新技术还处在不断的探索过程之中。

在现有的软件开发方法中,最为成熟、应用最为广泛的是结构化开发方法(Structured Developing Method)。因其快速自然和方便的特点,以及其较长的开发历史而得到不断完善和广泛应用。根据调查结果,在欧美、日本和我国的软件行业中,有 90% 以上的项目至今仍用结构化方法进行开发。

与结构化方法相应的瀑布模型(Waterfall Model),将软件开发的整个周期划分为需求分析、系统设计、编码、测试与软件维护等几个阶段,提出了软件生命周期的概念,成为开发软件产品的一个行之有效的工程化模型。瀑布模型经过多年的发展和完善,已为人们广泛接受,成为一种传统的和标准的开发模式。

从 80 年代开始,人们逐渐地认识到瀑布模型的不足。它的主要缺点在于:生命周期中各开发阶段的划分试图把一个充满回溯的过程加以线性化并硬性地加以割裂,并不能从本质上反映软件开发过程本身的规律;过份强调复审,并不能完全避免较为频繁的变动。因而人们提出了其他的开发模型,其中最著名的即为速成原

型方法。速成原型法(Rapid Prototyping)强调软件开发人员与用户的不断交互,通过原型的演进不断适应用户任务改变的需求,将维护和修改阶段的工作尽早进行,使用户验证提前,从而希望软件产品更加适用。此外近年来人们还提出增量式(Incremental)开发模型和螺旋式(Spiral)开发模型等,它们都从不同的侧重点试图避免瀑布模型的缺陷,描述适合软件开发规律的模式。

80年代初,提出了一种全新的软件开发方法——面向对象的方法。面向对象的方法的基本思想是:对问题领域进行自然的分割,以便接近人类通常思维的方式建立问题领域的模型,以便于对客观的信息实体进行结构模拟和行为模拟,从而使设计出的软件尽可能直接地表现问题求解的过程。在这里,对象为描述信息实体的统一概念,通过封装,类属,继承和实例化等机制支持软件系统的构造,并为软件重用提供了支持。这一领域的研究近年来非常活跃,出现了各种面向对象的语言,采用面向对象方法进行需求分析和设计的工作也取得了一定的成果。

目前关于软件工程技术的研究主要沿着两个方向发展。一个方面是基于形式化技术和人工智能技术,构造自动化、智能化的软件工程环境。形式化方面的工作是以严格的数学和逻辑系统为基础,希望达到从软件的规格说明到软件的代码的自动转换和过渡。这些系统的优点在于统一的形式框架,严格的数学逻辑基础,正确性证明和自动化方法;但其弱点在于适用性不够,表现在对于大型复杂系统难于完全形式化地描述,另外对于开发人员的数学素质要求较高,因而应用面尚显狭窄。智能化开发环境的研究希望借助于人工智能的技术,使计算机系统更多地具有人类思维的优点。但是,大型软件系统的开发是一项复杂的系统工程,涉及技术、组织、文化等多个方面,其决策知识庞杂,难以提炼,在很大程度上影响其实用性。值得注意的是借助人工智能和认知科学的成果,有可能解决某些难于构造形式化模型或称不良结构(ill-structured)的问题领域的需求获取。这方面的研究近年来也越来越受到人们的

关注。

软件工程的另一个主要方向是在传统的软件开发过程基础上进行软件工具和开发环境的构造,从而辅助开发人员提高生产效率,改善软件的质量。这一方面的重要成果是计算机辅助软件工程(CASE)。

CASE 是一个较新的领域,在国际上形成和发展不过 10 余年时间,CASE 经历了两个发展阶段。第一代 CASE 是对软件开发过程中的各种活动孤立地进行辅助,包括各种软件工具和工具包,如需求分析工具、设计工具、编码和调试工具、测试工具和逆向工具等。大量的软件工具对软件工程实践起到了很大的推动作用,它们基本上覆盖了软件工具对软件生命周期的各个阶段,可以部分支持软件开发和维护的各项活动,并逐渐被广大软件技术人员接受和采用。

由于大量的工具是独立研制的,彼此之间联系松散,使用方法差异很大,甚至互不兼容,因而如何构造能够支持软件生命全周期,并适合不同层次软件技术人员使用,支持包括技术活动和管理活动等软件生产各方面活动的集成化软件工程支撑环境,成为第二代 CASE 的主要方向。这一代 CASE 大都采用数据库作为基础来组织环境。从环境的结构、功能和组成上来看,产生了提高个体开发能力的单体型 CASE 环境,支持大型软件开发的协同型 CASE 环境,支持分布式开发的分散型 CASE 环境等,利用面向对象技术开发的环境目前是国际上较为新颖和活跃的课题。如同操作系统和用户界面系统一样,软件工程环境的标准化日益受到人们的重视,国际上许多组织都在积极从事这方面的工作。

实践表明,采用 CASE 工具和环境进行软件开发的机构在不同程度上提高了开发效率。据调查,在软件生命周期的前期,大约可使需求分析和设计工作的效率提高 30%~40%。另外,由于使用了 CASE 工具和环境,使开发过程中更容易发现错误和不一致性,使需求规格说明更好地反映用户的要求;并使软件开发的管理

工作更加有效,从而使软件质量能够得到提高。

软件工程环境方面的研究是软件工程界的热点之一。软件工程的发展为软件开发带来了一系列观念上的革新。除了技术本身的因素之外,非技术因素在软件工程发展中的作用和影响也不容忽视,如同 50 年代、60 年代从汇编语言编程到高级语言编程的转变一样,现在软件人员也面临一个观念上的转变。在这里,社会的、心理的、人际的诸多因素对于软件工程的应用都有重要影响。由于众多的潜在用户都形成了自己的工作习惯,不同的软件生产机构都有各自的开发规范和项目组织方法,在软件工程技术的普及应用之中,如何改变开发人员的工作习惯和进行技术上的再教育是非常困难的任务。这些非技术因素有可能变成阻碍软件工程发展和推广的严重障碍,因而必须引起足够的重视并认真加以解决。

郝克刚教授领导的西北大学软件工程研究室这些年来在软件设计的方法、工具和环境方面开展了不少研究工作。他们也参加了部分的国家七五和八五的攻关项目,取得了一些成果。

我曾于 1987 年、1991 年两次去西安,主持过他们的硕士研究生的答辩,参观过成果演示,他们的研究工作给我留下了非常深刻的印象。“软件设计研究”一书集中反映了他们这些年来的研究工作,我相信此书的出版一定会对繁荣我国软件工程的研究起到应有的作用。

杨 芙 清*

* 注:杨芙清教授为北京大学计算机系主任,博士生导师,新任学部委员,中国计算机学会副理事长。

前 言

纵观二十多年来软件技术发展的历史,有个非常明显的趋势,这就是所谓的研究重心的“前移”。即研究的兴趣从对程序设计(Programming)的研究转移到对软件设计(Software Design)的研究。人们通过大量的实践认识到软件设计阶段的工作比起编程阶段的工作来说,要远远困难的多、复杂的多和重要的多。关于程序设计的研究,主要是围绕着语言,如各种类型的语言的结构、语法、语义以及相应的编辑、编译系统和程序设计方法学、结构程序等等,形成了一系列以语言为核心的技术和理论。开始也有人以为用这一套技术和理论可以解决软件设计中的问题,例如试图建立“非常高级的”语言,用语言—编译的模式来进行软件设计,然而实际上遇到了相当大的困难,也可以说这条路是行不通的。软件设计有它自身的特殊规律性,它要求更多地涉及到对客观事物的描述,涉及到客观事物的不确定性以及发展演化的可变化特性,涉及到人(包括软件开发者和用户两方面)和群体性的不断的干预。除了技术性的一面以外,还有更多的是非技术性的一面,甚至包括心理的和社会的因素等。因而软件设计的研究,按照笔者的意见,应该是围绕着软件的模型和方法,以及相应的人—机交互式软件设计支持环境的研究来进行。

关于模型和方法的研究,我们是从 Yourdon—DeMarco 方法开始的。我们对此方法作了一些扩展,提出了层次结构设计方法。现在看来,这正是向具有层次化结构(对象社会与复杂对象)的对象模型的一种过渡。而面向对象的设计方法正是当代计算机科学

家最为重视,认为是最有希望的一种方法和模型。沿着这条思路,我们也开展了有关支持相应方法的环境与工具的研究,对提出的一些实现技术和理论问题做了一些初步的探讨,如回溯自动机和高级 Petri 网等。回顾过去的理论研究,往往较多的是从文献到文献,而本书所研究的理论问题,大多都是我们从实际参加的软件设计环境的开发中提出来的,这也正是我们感到欣慰之处。

西北大学软件工程研究室成立已有六个年头了,这些年来围绕着软件设计的方法和工具环境开展了一些研究工作。研究成果零零散散地发表在全国各种期刊上和在各种学术会议上进行过交流。为了便于读者阅读,我们从其中选择了部分较重要的文章,补充了个别尚未来得及发表的文章,汇集在一起,就形成了此书“软件设计研究”。本书包括 29 篇文章,按内容分为五类,这五类是:软件设计方法;软件设计的工具与环境;数据流图到结构图的转换;用户接口的模型——回溯自动机;软件结构与 Petri 网。我们希望此书的出版能对促进我国软件工程研究的开展,做出一点微薄的贡献。

郝克刚 1992 年春于西北大学

目 录

第一篇 软件设计方法

从古代东西方两种数学思想体系看	
当代软件开发方法中的两派之争.....	3
逐步过渡的软件开发方法(STD)及相	
应的支持环境.....	9
软件开发的分层结构设计方法(HSD)	19
面向对象的设计中的对象社会和复杂对象	31
谈谈人工智能与软件工程的关系	42

第二篇 软件设计的工具与环境

软件分析与设计的支持环境	49
一个实用的软件分析与设计支持环境——DSE	65
对象管理系统及其对 Yourdon-DeMarco 方法的支持	78
软件工程环境的用户界面管理系统	87
集成化软件工程环境中的工具组装及相应管理机制.....	100
D-PDL-C:逐步求精的 PDL 设计方法与设计工具	113
PDL 的结构描述语言	149
一个计算机辅助概念设计工具(CACDT)	162
图形文档布局加工的软件工具.....	169
鼠标文字输入法及其应用.....	174

第三篇 数据流图到结构图的转换

从数据流图导出结构图.....	183
控制传布图及其算法.....	198
从控制传播图导出分层结构图.....	219
加工表达式.....	230
数据流图到结构图的转换工具(DTST)	241

第四篇 用户接口的模型——回溯自动机

软件工程环境用户接口的形式描述与自动生成.....	259
论回溯自动机.....	273
回溯自动机的两个基本定理.....	287
回溯自动机与多步回溯自动机的关系.....	296

第五篇 软件结构与 Petri 网

程序的多维结构与结构的 Petri 网	309
Petri 网及结构的 Petri 网	325
多出口 Petri 网与 Petri 网的等价性	341
Petri 网工具(GPNT)的设计与实现	349
关于高级 Petri 网系统的等价及谱系的研究	358

第 一 篇

软件设计方法

从古代东西方两种数学思想体系 看当代软件开发方法中的两派之争^{*}

郝克刚 葛玮 江富春

一、序言

今年六月在大阪召开的第三届中日软件研讨会上,在谈到中日软件合作的优势时,我曾经说过[1],中日两国都有比较古老的文明历史,现代科技的发展使人们对古代的文化遗产倍加重视。因而用科学的方法总结、整理和认识古代文化,并从中吸取营养,以求对当前软件的开发研究有所启发,已成为我们中日两国软件工作者的共同任务,有着广阔的合作前景。

我非常高兴地看到这种合作已经开始。在这次中日软件设计研讨会上已把东方哲学思想与软件研究的关系列入了讨论的一个专题。我想利用这个机会谈谈“从古代东西方两种数学思想体系看当代软件开发中的两派之争,”作为一种尝试,不妥之处还望各位讨论指正。

二、对古代东方数学思想体系的认同

对以欧几里得“几何原本”为代表的西方古代数学思想体系,在世界上早已有了公认;但对于以“九章算术”和“数书九章”为代表东方的数学思想体系的认同则比较晚,还是最近十几年的事,甚至到现在还有不少人对此不很清楚。

^{*} 本文为1990年10月在'90国际软件研讨会(西安)上的发言。

过去,在数学史界,并不承认有个东方数学思想体系,谈到数学史则只限于西方的数学。例如,在国际上被认为是最好的一本数学史专著,美国克莱因(M. Kline)的《古今数学思想》,在全书 51 章中只有第 9 章“印度和阿拉伯的数学”才涉及到一点传统的东方数学。然而,作者竟提出这样的看法,认为在数学史上,希腊人的后继者是印度人,印度的数学只是在受到希腊数学成就的影响后才颇为可观。当然,事实绝不是这样,在古代东方特别是中国,在数学方面有着光辉的历史,有它独立的有别于西方的数学思想体系。产生以上误解的原因,除了某些西方人的偏见之外,最重要的原因是我们对古代东方数学还挖掘研究的不够。正如我国著名数学家吴文俊教授所说“如果我们对自己数学的历史了解不多,认识不深,也不向西方的学者作介绍,又如何能要求一位西方学者,克服文字上难以逾越的困难而对中国的传统数学在数学发展史上的地位作出正确的评价。”[3]

《九章算术》是中国流传至今最早也是最重要的一部数学经典著作。它是经历了从春秋末期以来几个世纪,由许多人的积累、整理才逐渐形成的。据考证,最晚是由耿寿昌对《九章算术》作过删补,时间在公元前 73 年前后。可见成书在此以前。

《数书九章》是宋代秦九韶所著,是继《九章算术》之后的中国最富有创造性和代表性的数学著作(公元 1247 年)。日本的江户时代的关孝和(1642? —1708)所著《开方算法》可以看作是日本当时数学发展的代表作[2]。

欧洲人不太了解东方数学,1839 年毕欧(E. Biot)在《亚洲杂志》(Journal Asiatique)上发表了一篇文章介绍中国关于剩余问题的研究,这是最早的直接报道,但未引起注意。后来陆续有人介绍中国的数学,但由于这些人并未真正读过《数书九章》往往转译有错误,造成不少误会和误解。到 1921 年数学史家史密斯(D. E. Smith)在英国的《数学月刊》上发表《中国数学》一文,承认中国数学具有自己的特色,并维护中国数学未受印度数学影响的观点。50