

北京交通大学

硕士学位论文

基于COCOMO模型的软件定价方法研究

姓名：杜海凤

申请学位级别：硕士

专业：MPAcc

指导教师：肖翔

201206

中文摘要

本文主要是介绍软件成本估算模型和软件定价的方法。对软件定价的方法，本文介绍了目前软件行业常用的三种定价方法，成本法、收益法和市场法，并对三种定价方法进行了比较分析。对于软件成本估算模型，通过对国内外研究动态的分析，发现国外软件业发展早，模型较多，但国内起步晚，并没有专门的成本估算模型，多数是在国外模型的基础上考虑我国软件行业的特性而对模型进行实际化修正，以此来估算我国的软件成本。

目前国际上运用最广泛的软件成本估算模型是 COCOMO 模型，该模型自 20 世纪 80 年代提出以来，逐步完善提高，但是考虑的因素是当时环境下的影响因素，在这里我们考虑了我国软件行业目前的发展现状及软件人才的情况，以及我国的实际情况对 COCOMO 模型中的成本驱动因子和参数进行实际化修正，使之符合我国的软件行业特性。

最后，我们选取了中创软件公司的审计专版软件 C6.01，并利用得到的软件相关数据进行软件成本估算，以 COCOMO II 模型和修正后的 COCOMO II 模型分别估算出的软件成本为基础，运用成本法对审计专版软件 C6.01 进行软件价值评估，最终得出不同模型估算下的软件价值，并对结果进行比较。

关键词：软件定价；软件成本；COCOMO 模型；价值评估

ABSTRACT

In this paper is to introduce the software cost estimation models and software pricing methods. This paper describes the software industry used three pricing methods, the cost approach, income approach and market approach, and the three pricing methods were compared and analyzed. Through the analysis of the software cost estimation model at home and abroad, we can find the foreign software industry earlier, and have more models, but the domestic late start, and there is no specific cost estimation model. The majority of the domestic models considered our software characteristics to progress the amendment on the basis of the foreign models, in order to estimate the cost of our software.

At present, the most widely used software cost estimation model is the COCOMO model, the model has been proposed since the 1980s, and gradually improve and perfect, but the model's consideration factor is the impact factors under the prevailing circumstances. On the basis of considering China's software industry development status and software talents, as well as the actual situation, we can amend the actual cost drivers and the parameters in COCOMO model to China's software industry characteristics.

Finally, we selected the CVIC audit software C6.01, and use the software-related data to make the software cost estimation. On the basis of the COCOMO II model and revised COCOMO II model, we evaluate the software C6.01 by the cost method, and ultimately obtained the value of different models to estimate software, and the results were compared.

KEYWORDS: Software pricing; Software cost; COCOMO model; Estimate value

致谢

本论文的工作是在我的导师肖翔教授的悉心指导下完成的，肖翔教授严谨的治学态度和科学的工作方法给了我极大的帮助和影响。在此衷心感谢两年来肖翔老师对我的关心和指导。

肖翔教授悉心指导我们完成了实验室的科研工作，在学习上和生活上都给予了我很大的关心和帮助，在此向肖翔老师表示衷心的感谢。

肖翔教授对于我的科研工作和论文都提出了许多的宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

在撰写论文期间，各位同学对我论文中的问题及论文研究工作给予了热情帮助，在此向他们表达我的感激之情。

另外也感谢家人，他们的理解和支持使我能够在学校专心完成我的学业。

1 引言

1.1 研究背景

1.1.1 理论背景

随着我国信息化建设的深入，各行业加大了软件服务方面的采购，软件产业规模随之迅速增长，软件成本的估算是软件业中重要的一部分，为软件项目的预算、采购等提供基础。目前国际上和国内均有很多软件成本估算的方法，但是我国目前并没有专门的软件成本估算模型，国内主要是采取国外模型加本国软件特色的方法来进行成本估算，而这种方法，主要是对原有国外模型内的参数及相关影响因素，结合本国软件行业的特性，进行实际修正，但修正后是否适合我国仍然存在一定的问题。

1.1.2 现实背景

近年来我国计算机软件份额占 IT 行业的比例越来越高，但无论是用户做软件项目的成本预算、招评标，还是厂商投标、软件项目开发过程，都缺乏一个可以参考的标准。因为没有可参照标准，用户在做软件项目成本预算时，经常只能根据经验来完成，这样往往造成偏差很大，常常会导致招标失败，或者造成预算极大浪费。而在软件项目招评标过程中，由于无法界定软件工程项目的合理成本范围，导致常常出现恶意低价或超高价格竞标现象，致使招评标过程经常因遇到离奇情况而难以处理；而在软件项目在实施过程中，因为费用和时间控制都缺乏科学依据，因此经常出现项目延期，费用远远超出最初估算水平的情况。也常常出现用户、软件厂商、监理单位对工作量、价格等意见不一致的情况。

尽管功能点已经被国际广泛接受，但由于标准功能点计数方法存在计算方法复杂、学习成本高、使用困难、需求编写要求高、不能在项目早期使用的问题，一直不能在国内推广使用。软件企业在估算软件价格时，也各有自己不同的方法，但软件成本的估算仍然是软件产品的重要部分，在借鉴国外软件成本估算模型的基础上，要符合我国软件行业的实际国情。

1.2 研究意义

在目前软件行业快速发展的时期，软件成本估算进而软件价格估算是软件企业进行软件开发使用的关键问题。合理有效的软件项目成本估算，可以为用户单位、财政审批部门、软件开发商估算软件项目的工作量、价格和工期等提供实用的估算结果，这样，用户单位做软件项目成本预算、招评标，财政审批部门估算软件项目成本，软件开发商在投标和项目实施过程中估算软件项目的工作量、价格和工期时，都会有所依据，而不是盲目的进行，对项目的合理开发有重要的作用。

合理的软件成本估算和软件价值估算，能够帮助企业在项目的早期和实施过程中有效地估算项目规模和成本，从而对项目实施有效的管理、降低返工比例、有效控制开发成本。这对软件企业的发展和项目的开发过程有重要的意义。

1.3 研究内容

本文主要分析目前常用的三种软件定价方法，然后在分析软件成本构成的基础上，详细介绍目前软件业典型的最常用的 COCOMO 模型，并依据我国软件行业的特性对模型内的参数及因子进行修正。最后，选取软件行业内公司软件开发案例，在原有的 COCOMO II 模型和修正后的模型的基础上运用成本法估算软件价格，进行案例分析研究。

1.4 研究框架

本文主要分为以下几个部分：

第一部分：引言，阐明本文的研究背景、意义以及研究内容；

第二部分：介绍软件定价的相关理论以及目前常用的三种软件定价方法，成本法、收益法和市场法；

第三部分：介绍软件成本的相关内容，并对软件成本的国外研究动态和国内研究动态进行分析；

第四部分：选取目前国内外典型的软件成本度量方法，对典型模型 COCOMO 进行介绍；

第五部分：对典型模型中存在的参数及成本驱动因子，考虑我国软件行业的因素，设定符合我国实际情况的数据，对模型进行修正；

第六部分：选取中创软件公司的软件开发案例，运用修正后的软件成本度量方法和成本定价法进行软件价值评估；

第七部分：研究结论。

2 软件定价的相关理论与方法研究

随着知识经济、信息时代的来临，计算机软件业迅猛发展。对计算机软件成本估算和价值评估的社会需要越来越多，所要求结果的精准度也越来越高。我国软件行业在 21 世纪以来发展迅速，国家在这方面也制定了很多优惠政策来促进我国软件行业的发展，但是由于软件行业的高科技性，对人才的要求也很高，我国软件企业仍然存在很多问题，统一的软件规范也还未制定，目前国内软件企业在制定软件价格时主要采取成本法、市场法、收益现值法这三种方法，但估算方法又因为不同的公司特性而有所不同。

2.1 软件的介绍

根据《GB/T 11457-1995 软件工程术语》国家标准，软件的定义为：2.433.a 与计算机系统的操作有关的计算机程序、规程、规则，以及可能有的文件、文档及数据；2.433.b 与计算机系统的操作有关的计算机程序、规程、规则，以及任何与之有关的文档。

计算机程序指用机器可读的文字、代码等形式表示的能使计算机完成一定任务、显示某种作用或产生一定结果的一套指令；文档指用一般文字、符号介绍计算机程序的说明，以及帮助理解和运用计算机程序的用户手册、流程图等。

对于软件产品来说，如何划分软件产品是软件使用的关键，在估算软件价值时也是需要的关键参数之一。市场中在对软件产品进行划分时，主要从软件类型和软件规模两个不同角度对其进行划分。其中，在以成本法估算软件价值时，软件规模也是一个不可或缺的参数。

在软件类型上，计算机软件分为系统软件和应用软件两大类。系统软件是指与计算机硬件直接发生关系，能扩充计算机功能，合理调度、管理计算机各种资源的软件，如各种操作系统、数据库管理系统等；应用软件是指计算机用户根据某一应用需要而编制的专用软件，主要有公用应用软件和专用应用软件，是专门解决某一问题而编制的软件，如文字处理软件、媒体播放软件等。

在软件规模上，一般软件主要依据开发人数、开发周期和源程序行数分为小型、中型、大型和特大型四个等级，具体划分方式如下表 2-1。

表 2-1 软件规模等级划分

	开发人数	开发周期	源程序行数
小型	1 人	6 个月以内	2K 以下
中型	2~5 人	1~2 年	5K~50K
大型	5~20 人	2~4 年	50K~1000K
特大型	100~1000 人	5~10 年	1M~10M

注：1K=1000 字节，1M=1000000 字节

计算机软件是受知识产权法所保护的一种无形资产，它具有一般无形资产所共有的非实体性、独占性、高收益和高风险性等特点。其所存在的特性主要有以下几点：（1）经济寿命期短，由于计算机软件发展速度快，新的软件一般 3-5 年就会替代旧的软件，因此与其他产品相比其经济寿命具有较短的特性；（2）人力投入大，计算机软件的生产具有高度的综合性和复杂性，所耗费的人力投入叫其他行业也很多，是一种需要大量资金和大量高科技人力投入的产品；（3）可复制性，计算机软件开发过程较难，生产容易，导致其容易被复制；（4）产品无形性，软件开发的产品只是程序代码和技术文件，并没有其他的物质结果，因此软件产品也仅有无形损耗。

软件成本是衡量软件开发及维护过程中的所有支出，反映了软件产品在生产过程中所耗费的各项费用的总和。软件定价是软件在投放市场前依据其未来的估算价值而确定的对外销售价格。对于软件来说，其价格是价值的货币表现形式，而价值是制定和调整价格时的基础。

2.2 软件定价的方法

软件定价，是新开发的软件产品很重要的一部分，也是企业将要投放市场前对软件未来价值的估算。软件产品的新开发，在定价上，主要是企业依据软件产品的种类，选取适合本企业的方法，制定不同的价格。在《资产评估准则——无形资产》中，“无形资产的评估方法主要包括成本法、收益法和市场法。注册资产评估师应当根据无形资产的有关情况进行恰当选择。”在对计算机软件进行评估时，依据软件的不同种类及软件投放市场后的价值选取合理的方法进行评估。

软件定价方法主要有成本法、收益法和市场法三种方法，而成本法是软件价值评估中应用最广的方法。

2.2.1 成本法

计算机软件的成本法评估是根据计算机软件开发成本为基础进行评估,是计算机软件价值评估的主要方法。成本法是以重置的思路,以再取得被评估资产的重置成本为基础的评估方法。计算机软件的成本包括研制或取得、持有期间的全部物化劳动和活劳动的费用支出。

使用成本法评估软件产品时,必须满足以下基本前提:1)被评估软件处于继续使用状态;2)应当具备可利用的历史成本资料;3)形成软件价值的耗费是必须的。成本法适用某些软件产品的评估。根据不同的情况,在使用成本法进行软件价值评估时,又包括各种具体的方法。

(1) 代码行成本估算方法

代码行成本估算方法是把研制费用与有效源代码行数的估算联系起来,根据所开发软件的源程序语句行数和每行源程序语句的成本来估算软件成本,也就是根据软件的程序数目、编码行数、每日工作量、工作日成本及该软件的陈旧贬值率,计算软件成本。

计算公式如下:

$$C = E * W \quad (2-1)$$

$$E = L/p \quad (2-2)$$

式中, C 是计算机软件的估算成本;

E 是以人月为单位的工作量;

W 是开发人员的月工资数,可按开发人员种类加权求的;

L 是该软件有效代码行总数;

P 是生产率(行/人月)。

在对软件定价时,以估算的软件成本为基础,考虑软件业的平均利润率,继而计算得到软件估算价格。

估算软件的有效代码行数时,可以采用经验估算和历史数据估算两种方法,经验估算代码行是将所要估计的软件与一个类似的已完成的程序进行比较,再对其统计数进行适当调整以反映两者的不同之处。用历史数据估算代码行,需要做某些传统的编码工作才能完成实际的程序规模,因此工作量比较大,一般采用经验估算代码行的方法。

(2) 参数成本法模型

在实务界,通常使用参数成本法模型来估算软件成本,并在软件成本的基础上估算软件价格。其计算公式为:

$$P = C + C * k \quad (2-3)$$

其中, P 是估算的软件价格, C 是软件生产成本,是开发成本 C_1 和维护成本 C_2 之和,即 $C = C_1 + C_2$; k 是软件行业平均利润率。因此,只要测算出软件的开发成本

和维护成本，便能估算出软件的价格。

1) 软件开发成本的估算

在成本法中，按开发过程成本进行计算。这种方法是把软件开发分为需求分析、软件设计、程序编写和软件测试四个阶段，按每个阶段的工作量（人月）和各单位工作量的成本来计算各阶段成本，从而加总求得整个开发过程的总成本。估算步骤为：

第一步：将开发的软件按所完成的不同功能进行分解，每个功能软件的开发都要经历上述四个阶段；

第二步：确定每个功能、每个阶段的工作量（人月）；

第三步：确定每个阶段的工作量成本（元/人月）。一般而言，高级技术人员参与的成本较高，初级技术人员参与的成本较低。

工作量成本在确定时，要考虑软件的各种成本，具体包括：（1）硬件购置费，是指购买计算机以及相关设备的费用；（2）软件购置费，是指购买专用软件的费用，如操作系统软件、数据库系统软件和其他应用软件；（3）人工费，主要是开发人员、操作人员、管理人员的工资福利费等；（4）培训费；（5）通讯费，如购置计算机网络设备、通讯线路器材、租用公共线路等的费用；（6）基本建设费，如新建、扩建机房、购置计算机机台、机柜等的费用；（7）财务费用；（8）管理费用，如办公费、交通费等；（9）其他费用，如资料费、咨询费等。这九项费用的总和就是软件开发实际投入的成本，这些成本除以软件开发实际的工作量，可得到软件开发阶段单位工作量成本。但在软件开发过程中，最重要的资源是人力资源，其所占的比重也很大，一般能够占到软件开发成本的 70%~90%左右，因此在计算工作量成本时，一般是以人工费为基础，其他费用在开发总成本中所占的比例来估算工作量总成本。

运用 COCOMOII 模型可以估算软件成本，在估算软件成本时，考虑了不同开发阶段的工作量因子。在系统开发的不同阶段，成本影响因素对于开发成本的影响程度是有区别的，因此我们可以运用 COCOMOII 模型对软件开发的阶段进行成本估算。

运用 COCOMOII 模型求得软件开发的人力工作量后，软件的开发成本可依据以下公式计算得到：

$$C_1 = \text{Effort} * U; \quad (2-4)$$

$$\text{或者} \quad C_1 = \text{Effort} * W * (1 + r) \quad (2-5)$$

式中，Effort 是以人月为单位的工作量；U 是软件开发阶段单位工作量成本；W 是指开发人员的月工资，可按种类开发人员的工资加权求得；r 是比例因子，是开发总成本中除人力成本外的比例，包括软件材料费、用机费、编译费、测试费

等，可依据以往的历史经验按开发的类型给出其比值，一般可取 20%左右。

2) 软件维护费用的估算

软件维护生存周期过程从策划维护工作的过程实施开始，到软件产品退役时结束，它包含由于问题或改进需要而对代码和文档的修改，维护过程的目标是修改现行软件产品，同时保持其完整性。

软件维护类型主要有纠正性维护、预防性维护、适应性和完善性更改，纠正性维护是指由于软件产品中的实际差错而必须做的更改，软件产品没有满足其需求，就应进行纠正性维护；预防性维护是指由于在软件产品中检测到潜在差错而必须做的更改，预防性维护通常在有安全性要求或涉及到防止寿命减损的软件产品上进行；适应性和完善性更改是对软件产品的增强措施，适应性更改是为了适应不断变更的环境而作的变更，完善性更改是为了改进软件产品性能或维护性，为用户提供新的功能而做的变更。

软件的维护在其生命周期中占有重要的地位，软件的维护过程也是软件价值的增值过程。因此软件的维护成本也是软件成本评估中应考虑的一个特点。

软件维护成本是指使系统得以正常进行的日常开支，包括系统操作运行人员及管理人员工资、系统每项具体应用所耗用的辅助材料费用。软件交付使用后，其维护阶段在未来的使用过程中占有相当大的比重，约占 50%~70%。因此，软件维护成本是软件成本中的重要一部分。软件维护是在软件开发的基础上进行的，其成本测算应综合考虑三方面的情况：（1）软件可靠性越大，模块越复杂，维护阶段改正纠错的范围就越大，软件维护的工作量大；（2）软件实现的功能越多，所需要的模块越多，在维护阶段，需要的工作量就越大；（3）程序员设计的程序越复杂，结构清晰，且软件的出错可能性小，软件维护的工作量就较小。因此根据以往的评估经验，可把维护阶段的工作量综合为一个“复杂度”参数，分为简单、一般、复杂三档。同时，维护阶段的单位工作量成本与开发阶段是相同的，因此，可以以开发成本为基础引进一个成本维护参数 ACT，测算出软件的维护成本，即：

$$C_2 = C_1 * ACT \tag{2-6}$$

其中， C_2 维护成本； C_1 为软件的开发成本；ACT 为成本维护参数。

ACT 参数的取值主要是依据大量的历史数据及经验所得，一般 ACT 的可取值如下表：

表 2-2 维护参数 ACT 的取值

中小型软件		大型软件	
复杂程度	成本维护参数 ACT	复杂程度	成本维护参数 ACT
简单	0.15	简单	0.30
一般	0.20	一般	0.35
复杂	0.25	复杂	0.40

而对于软件规模的大小判断,则以表 2-1 中软件规模的等级划分来判断。

根据 COCOMOII 模型估算软件开发成本及软件维护成本,然后运用成本法评估软件价格,软件价格的评估成本法计算公式为:

$$P = \text{Effort} * U * (1 + \text{ACT}) * (1 + k) \quad (2-7)$$

其中, P 是估算的软件价格; Effort 是以人月为单位的人力工作量; U 是软件开发阶段单位工作量成本; ACT 为维护参数; k 是软件行业平均利润率。

对于以市场法来进行软件价值评估,一般采用代码行成本估算方法和参数成本法模型两种方法来估算,但是由于成本法运用的前提,在评估软件价值时,对于大型的系统软件,一般采用成本法进行评估,尤其是当软件未来收益难以预测或难以取得市场参照物的情况下,可以采用成本法评估,而运用成本法评估计算机软件时,以工作量或者程序语句行数作为软件成本的度量,评估参数容易取得,结果清晰,使用方便。但是,成本法评估计算机软件也存在其自身的局限性,主要体现在难以确定其成本,以历史数据为依据确定目前价值,必须充分分析这种假设的可行性,这就对成本法的应用有所限制。

2.2.2 收益法

收益法是指通过估测被评估资产未来预期收益的现值来判断资产价值的各种评估方法的总称。采用资本化和折现的方法来判断和估测资产价值。

使用收益法评估计算机软件时必须满足以下前提: 1) 被评估资产的未来预期收益必须是可以预测并可用货币来衡量的; 2) 收益期内,无形资产拥有者获得未来预期收益所承担的风险可以预测,并可用货币来衡量; 3) 被评估资产预期获利年限可以预测。使用收益法进行评估是以无形资产投入使用后连续获利为基础的。

收益法评估软件价值的公式如下:

$$V = \sum_{t=1}^n \frac{R_t}{(1+r)^t} \quad (2-8)$$

其中, V 是计算机软件评估价值;

R_t 代表第 t 年的预期收益;

r 代表折现率或资本化率;

n 代表预期收益期限, n 可以等于无穷大。

(1) 未来预期收益

未来预期收益是指在资产的预期收益期内,资产在正常情况下所能得到的归属于其产权主体的所得额。未来预期收益额是通过收入、成本、资本总量等要素的历史数据及变化分析而得到的,同时应根据目前软件的环境及资产未来的经营和风险情况合理估计。该预期收益是资产的客观收益,是资产在正常情况下所

能获得的收益，不考虑偶然性的、一次性因素的影响。

该预期收益应该可以预测并可以用货币衡量；该预期收益是软件的客观收益，时扣除必要费用后的纯收益额，并不是总的收益额；由于软件未来收益额受客户需求、市场前景、软件技术水平、技术风险等因素的影响与作用，因此收益额预测的准确与否对软件的评估值影响很大。

（2）折现率

折现率是指用来将未来应收或应付的现金流折算成现值的资金回报率。

折现率是收益法中一个重要的参数，对评估结果有重要的影响，它在理论上反映了资本的机会成本，即资本如果投资于其它具有类似风险的项目可以获得的收益率。

折现率本质上是一种投资者期望的投资回报率率，估算软件的期望投资回报率一般需要根据资产实施过程中的相关风险以及货币时间价值等因素估算。一般情况下，投资者期望的投资回报率与投资者认为承担的风险程度相关，承担的投资风险越高，则期望的回报率也高。折现率一般是由无风险收益率和风险收益率两部分组成。无风险收益率，一般参照同期国债利率；风险收益率是指超过无风险收益率以上部分的投资回报率。在资产评估中，不同的资产由于其所在的行业分布、种类、市场条件等的不同，其所使用的折现率也不相同。

（3）未来收益期限

未来收益期限是指资产的预期获利年限，通常指资产的经济寿命。对于计算机软件而言，应当取软件的经济寿命与法律寿命二者较短者。

在实际运用收益法进行软件价值评估时，要特别考虑三个方面因素：一是有市场需求，市场情况好，能满足客户急需，或大量用户的需求时价格要求较高；二是软件产业是高价值产业，软件开发与技术创造的价值往往可达到系统总价的80%左右；三是软件的更新率快，除少数极限技术外，一般每年都会有新的版本出现，因此计算的未来收益期限较短。

收益法在无形资产评估时应用较广泛，但是仍存在其优缺点。收益法能够真实准确地反映企业中软件的资本化价值，并以收益法评估的软件价值，在投融资决策时也方便使用分析，且易于买卖双方接受。但是由于使用收益法进行软件价值评估，关键是要合理的确定三个参数：预期收益、折现率和收益期限，在预测未来收益时，容易受评估人员个人主观判断的影响和不可预见因素的影响，而如果由于市场形式的变化或者计算机软件市场本身的发展，或者相关历史数据或统计资料无法获得对未来收益的合理预测，评估人员不能合理确定与计算机软件未来收益相关的风险、期限，收益法的使用将会受到限制。在运用收益法评估时，也易出现过高的估计计算机软件的价值，而低估计算机软件所依附的载体的价值。

2.2.3 市场法

市场法是利用市场上同样或类似软件的交易材料和交易价格，通过对比、分析、调整等具体技术手段来估测被评估计算机软件的价值的评估方法总称。运用市场法评估的计算机软件，通常不是新软件，而是已有一定的流通年限。

市场法是软件价值评估中一种简单有效的方法，运用其进行价值评估时需要满足以下前提：1) 无形资产市场是充分发育活跃的市场；2) 公开市场上有可比的计算机软件及其交易活动可作为参照。

运用市场法，首先要选择适当的参照物。参照物与待评估资产之间应当具有可比性，包括功能、性质、市场条件及成交时间等方面，由于计算机软件的特殊性和个别性，所以至少要选择三个以上参照物进行比较；然后对参照物和待评估资产之间的差异进行分析和量化；最后在市场上与被评估软件具有替代性且已经成交的参照物的近期价格的基础上调整已经量化的差异指标。

市场法通常可以分为两类：直接比较法和类比调整法。

(1) 直接比较法

直接比较法是指利用参照物的交易价格及参照物某一基本特征直接与被评估计算机软件的同一基本特征进行比较而判断评估对象价值的一类方法。如果可以找到与被评估软件在功能、外观、用途、使用条件以及成交时间等方面相同的参照物，可以采用这种方法进行评估。

其计算公式为：

被评估软件的价值=参照软件的成交价格 \times (被评估软件的特征/参照软件的特征)；

直接比较法要求参照物与被评估软件达到相同或基本相同的程度，或参照物与被评估软件的差异主要体现在某一明显的因素上。

(2) 类比调整法

在实际工作中，与被评估软件基本相同的参照物难于寻找，为了评估计算机软件的价值，可以采用类比调整法。

这种方法只要市场上能够找到与被评估软件在功能、外观、用途、使用条件及成交时间等方面相似的参照物，然后对比分析调整参照物与被评估对象之间的差异，在选择参照物近期成交价格的基础上调整估算对象的价值。

其计算公式为：

被评估软件的价值=参照物的成交价格 \times 综合调整系数

综合调整系数=功能差异修正系数 \times 时间差异修正系数 \times …… \times 交易情况修正系数

类比调整法在参照物选择上的要求并不严格，但是对软件信息的数量和质量要求很高，且评估人员应该具有丰富的评估经验和评估技巧。

运用市场法评估计算机软件时，根据计算机软件的特点，可以运用以下公式估算计算机软件的价值：

$$V = \alpha \beta V'$$

(2-9)

其中：V——被评估计算机软件的价值；

V'——参照计算机软件的价值；

α——生产率调整系数；

β——价值调整系数。

市场法评估软件价值时简单易行的，但也存在其优缺点。运用市场法评估软件价值，能够客观反映计算机软件目前的市场情况，其评估的参数、指标直接从市场上获得，评估值更能反映市场现实价格，且运用市场法评估的结果可以在任何时间进行必要的调整，评估结果易于被各方理解和接受。由于市场法的特性，运用市场法进行评估时，需要有公开交易活跃的市场作为基础，但计算机软件市场交易活动有限，市场狭窄，要得到相似的交易数据非常困难；而计算机软件的个别性和特殊性，也使得我们在寻找相似的参照物有困难，且参考的调整差异事项会有所误差；市场法在运用上需要对参照物与被评估资产的差异进行比较量化，这需要评估人员的经验和专业水平，受个人主观判断影响因素，评估结果的客观性会稍差。

2.2.4 软件定价方法的比较

资产评估方法中的成本法、收益法和市场法都可适用于计算机软件的价值评估，在评估实践中，具体采用哪种方法来进行价值评估，则需要根据评估项目的具体情况进行恰当的选择。

表 2-3 软件定价方法的比较

	成本法	收益法	市场法
评估角度	软件的重置成本	未来预期收益	类似的软件交易情况
适用范围	专业软件、自用软件 或者未完工软件	已生产并投入使用， 未来收益可合理预测 的软件	公开市场上存在大量 可比参考软件，且软 件交易数据可得
关键要素	工作量、重置成本	未来预期收益、折现 率、收益期限	参照物软件的交易数 据

三种软件评估方法需要按具体情况在使用时恰当选择，但在软件开发和经营过程中，面临着很多不确定因素，计算成本比预测市场经营和未来收益要客观和

简便，因此对于新开发的软件产品，通常使用成本法来进行估算价值。本文在以COCOMO模型的基础上，计算软件开发过程中的工作量，并运用成本法来对软件价值进行评估。

3 软件成本研究

软件成本反映软件产品在生产过程中所耗费的各项费用，是软件开发维护过程中各项开支的总和。

3.1 软件成本特性

成本是指经济活动中为达到某个特定的目的或进行某种活动所投入或耗费的资源。是衡量各种制造资源消耗量的货币表达形式，也是说明企业技术和管理水平的主要指标。

在成本估算上，软件行业与其他行业有所差异，如建筑业，建第一幢房子花 1000 万元，建一模一样的第二、第三幢同样各需要 1000 万元，费用差别不大。但对于软件行业，设计开发第一个软件系统花费 1000 万元，再完成第二、第三个相类似的系统，成本差别会很大。软件开发也不同于其他产品的制造，软件开发的整个过程都是设计过程，另外，软件开发不需要使用大量的物质资源，而主要是人力资源；并且，软件开发的产品只是程序代码和技术文件，除了必不可少的一些载体之外，并没有其他的物质结果。

随着经济信息化的发展，计算机软件业迅猛发展。对计算机软件成本估算和价值评估的社会需要越来越多，所要求结果的精准度也越来越高。由于系统软件通常是一些规模大、复杂程度高的人——机系统，因此，系统软件的开发、使用、维护、管理的过程，是一个非常复杂的系统工程，需要有巨大的人力、物力、财力资源。

我国尚无计算机软件会计准则，对计算机软件费用的分类也没有权威性的定论，在分析计算机软件成本时，可以从不同角度对其进行分析。

3.1.1 软件生命周期

软件生命周期是指软件从形成概念开始，经过研制、开发、使用和不断地增补修订，直到最后被淘汰的整个过程。从软件生命周期来看，主要分为两个阶段，软件开发阶段和软件维护阶段，那么软件的成本主要由软件开发成本和软件维护成本组成。

软件开发阶段主要分为需求分析、软件设计、程序编写和软件测试几部分，它所产生的费用主要包括产品的设计计划费用、系统的编译和调试费用、系统软

件的购置费用、人员的培训费用等；软件维护阶段主要是为了软件能适应正常使用运行以及升级而发生的过程，主要包括系统操作运行人员及管理人員的工资、系统每项具体应用所耗用的辅助材料费用等。

3.1.2 软件开发生产过程

在对计算机软件进行成本划分时，我国尚无计算机软件会计准则，对计算机软件费用的分类也没有权威性的定论，我们可以借鉴美国财务会计准则第 86 号公告《对出售、租赁或以其他方式上市的计算机软件成本的会计处理》来对计算机软件的费用进行划分。

按照软件产品的开发、生产和销售等过程，可把软件成本分为以下几个部分：

(1) 软件开发成本。它是指从软件开发之日起至取得技术可行性之日止所发生的费用，具体包括产品计划、设计费用、详细程序设计费用、取得软件技术可行性费用、取得技术可行性之前的软件测试费用和取得技术可行性之前的软件编译费用等。

(2) 软件生产成本。它是指软件在取得技术可行性之后发生的生产费用总和，包括取得技术可行性之后发生的编译费用和调试费用。其成本的大小与软件开发方式、软件程序量的大小、软件开发投入的工作量和工期等因素有关，一般包括人工成本、材料成本和机器使用成本。其中：人工成本=软件开发所需人数*系统开发时间*工资标准；材料成本可按每一阶段各种材料的耗用量与其单位成本相乘计算求得；机器使用成本=每小时机时费*计划机时总数。

(3) 软件存货成本。它是指软件产品处于待交顾客状态而发生的费用，包括复制软件主体成本、建立软件文件、编写培训资料和软件产品包装等费用。

(4) 软件使用和维护成本。它是指软件产品销售给顾客直到软件的全部过程结束期间所发生的费用，包括软件维护和支持费用。系统使用及维护成本是指使系统得以正常进行的日常开支，包括系统操作运行人员及管理人員工资、系统每项具体应用所耗用的辅助材料费用。

(5) 人才培训费用。它是指对软件开发维护过程中所涉及到的人员在培训期间的工资及花费的相应培训费用，人员主要包括系统分析人员、设计人员、程序人员、使用与维护人员和管理人員。

3.1.3 计入成本对象的方式

软件成本按其计入成本对象的方式分为直接成本和间接成本，这种分类的目

的是为了经济合理地把成本归属于不同的成本对象。直接成本是指直接计入各种、类、批产品等成本对象的成本，一种产品是否属于直接产品，取决于它与成本对象之间是否存在直接关系，并且是否便于直接计入；间接成本是指与成本对象相关联的成本不能用一种经济合理的方式追溯到成本对象的那一部分成本。

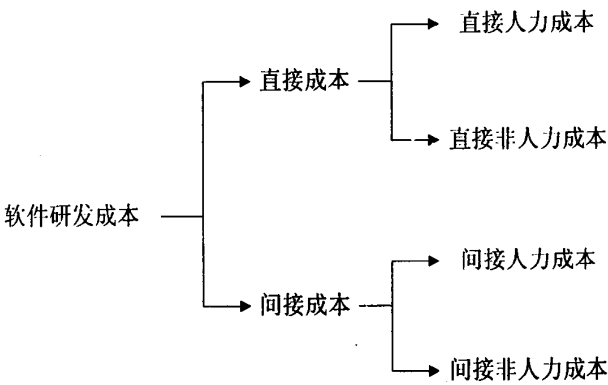


图 3-1 软件研发成本构成

软件研发成本由直接成本和间接成本构成。

(1) 直接成本

直接成本包括直接人力成本和直接非人力成本。

直接人力成本包括软件开发方项目组成员的工资、奖金、福利等人力资源费用。其中，项目成员包括参与该项目研发过程的所有研发或支持人员，如项目经理、需求分析人员、设计人员、开发人员、测试人员、部署人员、用户文档编写人员、质量保证人员、配置管理人员等。对于非全职投入该项目研发工作的人员，按照项目工作量所占其总工作量比例折算其人力资源费用。

直接非人力成本包括：

- 1) 办公费，即开发方为研发此项目而产生的行政办公费用，如办公用品、通讯、邮寄、印刷、会议等；
- 2) 差旅费，即开发方为研发此项目而产生的差旅费用，如交通、住宿、差旅补贴等；
- 3) 培训费，即开发方为研发此项目而安排的特别培训产生的费用；
- 4) 业务费，即开发方为完成此项目研发工作所需辅助活动产生的费用，如招待费、评审费、验收费等；
- 5) 采购费，即开发方为研发此项目而需特殊采购专用资产或服务的费用，如专用设备费、专用软件费、技术协作费、专利费等；
- 6) 其它，即未在以上项目列出但确系开发方为研发此项目所需花费的费用。

(2) 间接成本

间接成本包括间接人力成本和间接非人力成本。

间接人力成本指软件开发方服务于研发管理整体需求的非项目组人员的人力资源费用分摊。包括研发部门经理、PMO 或 EPG 人员、产品规划人员、组织级质量保证人员、组织级配置管理人员等的工资、奖金、福利等的分摊。

间接非人力成本指开发方不为研发某个特定项目而产生，但服务于整体研发活动的非人力成本分摊。包括开发方研发场地房租、水电、物业，研发人员日常办公费用分摊及各种研发办公设备的租赁、维修、折旧分摊。

3.2 软件成本估算的方法

软件成本的估算在软件开发中是很重要的一部分，软件能否按期完成、软件质量是否合格和所花费的费用是否超标等因素，可以用来衡量一个软件项目是否成功。软件成本估算过低会造成人力成本低估，日程设定过短，使得软件开发为按期完成项目而不得不加快进度，项目质量可能会因此而受损，对项目、参与人员均会带来损失；软件成本估算过高，可能会导致人力资源利用不充分，估算价格过高导致竞争力下降等。因此合理的软件成本估算对整个软件项目的运行及未来的投放使用有很重要的影响。

软件成本估算从 20 世纪 60 年代发展至今，在软件开发过程中一直扮演着重要角色。软件成本估算的方法主要有以下几种：基于算法模型的软件成本估算方法、非基于算法模型的软件成本估算方法、软件成本估算的组合方法、差别估价法、帕金森方法、价格策略、自顶向下估算方法、自底向上估算法、基于模糊决策树的软件成本估算方法等。

基于算法模型的软件成本估算方法，是提供一个或多个算法形式，如线性模型、乘法模型、分析模型、表格模型以及复合模型等，将软件成本估算为一系列主要成本驱动因子变量的函数，该方法通过成本估算关系把系统特征与工作量、进度的估算值联系起来。在 20 世纪 80 年代提出的 COCOMO 模型，随着模型的逐步成熟完善，所解决的问题也越来越复杂，是目前应用最广泛、得到学术界与工业界普遍认可的软件估算模型之一，已经发展到了一组模型套件（包含了软件成本模型、软件扩展与其他独立估算模型 3 大类），形成了 COCOMO 模型系列。

非基于算法模型的软件成本估算是相对于基于算法模型的方法而言的，采用的是除数学算法以外的方法进行软件成本的估算。比较典型的非基于算法模型的方法有专家估算、类比估算和回归分析。

软件成本估算的组合方法，则是在估算技术上综合运用多种技术与分析方法进行软件成本估算。

差别估价法是将开发项目与一个或多个已完成的类似项目进行比较，找到与某个相类似项目的若干不同之处，并估算每个不同之处对成本的影响，导出开发

项目的总成本。

价格策略是根据客户可提供的价格确定软件开发成本的成本估算方法。

自顶向下估算法是项目的全局成本由软件产品的全部属性得来，总成本分散到各种组件中。

自底向上估算法是将每个软件组件的成本都独立地进行估算，由负责开发该组件的人员来进行，最后将这些成本加起来，就得到整个产品的估算成本。

随着计算机技术的发展，软件成本估算作为其中重要的一部分越来越引起人们的关注，目前，国外软件估算方法及模型较多，而国内的软件开发成本估算研究与应用起步较晚，存在技术不成熟、历史经验缺乏等问题，因此在估算软件成本时，多采用国外软件成本估算方法，并结合自身的软件系统特色，估算相应的软件成本。

3.3 软件成本的国内外文献综述

软件成本评估问题是始于二十世纪五十年代，国外的研究机构和企业高度重视软件成本估算的研究和应用。国外学者和机构随着软件业的发展不断提出新的方法和模型来估算软件成本，目前最常用的是 Barry Boehm 教授提出的 COCOMO 系列模型，以及 Putnam 1981 年创立的 SLIM 模型，不同学者在考虑不同情况的基础上引进不同因素创立了新型模型，并逐步发展。但我国软件业发展起步晚，国内有关软件开发成本估算的研究还只处于起步阶段，研究成果非常少。国内大部分文献主要是介绍国外的一些成本估算技术，并在此基础上根据我国的情况进行修正。

3.3.1 国外研究动态

软件成本评估问题是始于 20 世纪 50 年代，国外的研究机构和企业高度重视软件成本估算的研究和应用。目前，软件成本估算的方法主要有以下几种：基于算法模型的软件成本估算方法、非基于算法模型的软件成本估算方法、软件成本估算的组合方法、差别估价法、帕金森方法、价格策略、自顶向下估算方法、自底向上估算法、基于模糊决策树的软件成本估算方法等。

随着各国研究者的不断研究，各种估算工具也应运而生。目前使用较多的有 Gordon 公司的 BYL，Wang 研究所的 WICOMO，DEC 公司的 DECPLan，Barry W.Boehm 研制的 COCOMO81、COCOMO II，LLC 的 PRICE-S 等估算工具。

Walston-Flix (1977) 创立了 IBM-FSD 模型，它是基于广泛的、定义良好的

IBM-FSD 项目数据库, 该模型的一个版本是通过计算生产率指标加以应用的。运用该模型时, 所存在的主要困难在于要划分出每个生产率的变化中有多少是由于其他相关因素的影响。

Black 等人 (1977) 创立了 Boeing 模型, 产生出的标称人月估算, 是以已交付源指令 DSI 为单位的规模的函数。按软件生命周期各个阶段分割标称人月估算, 然后将每个阶段的工作量乘数, 应用到每个阶段的标称工作量, 产生每个阶段调整过的工作量估算。把这些阶段工作量估算加起来就得到总的工作量估算。

Putnam (1978) 在来自美国计算机系统指挥部的 200 多个大型项目数据的基础上推导出来的一种动态多变量模型, 称为 SLIM 模型, 应用于代码行数大于 70000 的项目, 这是一种自顶向下的宏观估算模型。

Freiman-Park (1979) 创立了 PRICE S 模型, PRICE S 模型是大型的成本估算模型, 最初是为宇航应用而开发的。模型中因素也因历史经验而发生变化, 目前模型已得到了稳定的改进, 早期版本受主观因素影响很大, 改进版本中采用了计算机、人员与项目属性来调整复杂性等级。PRICE S 模型与 COCOMO 模型有着相似的成本估算关系。

Bailey-Basili (1981) 创立了 Bailey-Basili Meta 模型, 它涉及到一些严格的统计过程。它先用整体的项目规模与工作量数据来确定最可能的背景换算等式, 然后用其它项目属性来确定工作量乘数, 最大可能地说明背景换算等式的错误。

进入 20 世纪 70 年代后, 软件成本估算从早期的单一因素的估算转变为多因素的估算。20 世纪 80 年代中期以后“生命周期成本”逐渐在管理学领域引起重视。

Barry Boehm 教授 (1981) 在其著作《软件工程经济学》中发表了早期的构造性成本模型 COCOMO。COCOMO 代表了软件成本估算的一个经验参数模型。它经过专家分析, 精选出影响软件成本的主要因素, 再根据大量历史软件项目数据进行回归统计分析, 从而构造了 COCOMO 成本估算公式。

Boehm 和南加州大学 USC 软件工程中心 (1997) 不断对 COCOMO 模型进行改进, 以适应软件开发在软件生命周期、技术、组件和技术等方面的明显变化, 并发布了 COCOMOII 模型, 之后分别于 1998、1999、2000 年发布了 COCOMOII 的校正版。

一些研究组织对 COCOMO 模型进行了扩展, 以适于某种特殊的应用情况, 如用于阶段进度与工作量估算的构造性阶段进度和工作量模型 COPSEMO、用于快速应用开发估算的构造性 RAD 进度估算模型 (CORADMO)、用于 COST 集成估算的构造性 COST 集成成本模型 COCOTS、用于质量估算的构造性质量模型 COQUALMO、用于生产率估算的构造性过程改进模型 COPROMO、用于风险评估的专家 COCOMO, 形成了比较完备的 COCOMO 系列模型。

Albrecht (1997) 提出的基于用户功能需求的功能点分析 FPA 方法, 该方法能

在早期度量软件的规模,应用很广泛,并之后在此基础上相继创立了不同的功能点方法以满足不同的应用需求。

在最近的几年里,国外又相继研究并公开发表了一些软件成本估算方法,如面向对象的软件成本估算方法、基于 Web 的软件成本估算方法、Nasser Tadayon (2005) 提出的神经网络估算模型、组合估算方法等。还有一些是针对某开发阶段的估算方法,如 Yuang Zhao, Wei Zhang (2003) 提出的需求分析阶段的估算、Cara Stein, Letha Etzkorn, Dawn Utley (2004) 提出的设计阶段的估算。这些估算方法还不太成熟,有效性有待考证。

Lee Anita, Cheng Chun Hung, Balakrishnan J (1998) 率先将神经网络和集合分析理论相结合用于软件开发成本估算,提高估算的效率,随后在软件成本估算领域,很多学者都应用神经网络的方法去提高软件估算的精度。

3.3.2 国内研究动态

国内有关软件开发成本估算的研究还只处于起步阶段,研究成果非常少。在国内出版的一些软件成本估算书籍、软件项目管理方面涉及的成本管理,大都是介绍国外的一些成本估算技术。

周杰等(2000)介绍了结构化成本模型 COCOMO,这是目前较成熟的软件成本估算方法,并介绍了其 COCOMO II 改进模型的思路和使用方法。

徐克奇(2000)介绍了软件成本功能度量方法 FPA,是对计算机应用软件以及制作它们的工程项目大小的度量,其大小由项目的功能或用户的观点来衡量。但是 FPA 不能很好的捕获做高强度处理的应用程序的功能特性,之后在文中提出了 FPA 和 COCOMO 的结合,并给出实例进行分析。

吴际等(2001)针对功能点方法的缺点和不足提出了扩展功能点 EFP, EFP 符合最新的功能规模度量,因此适用于所有的软件应用,并且具有很的实际可操作性。

刘泽星等(2002)介绍了两两比较法的估算过程,并对照功能点分析法讨论了这种方法的特点,在软件项目管理系统开发实践中运用这种方法进行软件规模估算。

甘早斌等(2005)介绍了软件开发成本的估算技术,并对每种估算技术进行了分析。

胡樱(2005)详细介绍了目前国际上广泛应用由美国南加州大学软件工程研究中心提出的 COCOMO 成本估算模型,并提出每年,美国南加州大学都会在前一年研究的基础之上对模型进行或多或少的调整,对 COCOMO 模型的调整主要集中在成本驱动因子取值的不断调整,公式当中常数的调整,以及为了捕捉更多更细

的影响成本的因素而加入的新的成本驱动因子。

李明树等人(2007)认为软件成本的估算方法有多种分类,根据是否采用算法模型分为3大类:基于算法模型的方法、非基于算法模型的方法以及组方法。基于算法模型的软件成本估算方法,提供了一个或多个算法形式,如线性模型、乘法模型、分析模型、表格模型以及复合模型等,将软件成本估算为一系列主要成本驱动因子变量的函数。如COCOMO81、COCOMOII、COCOMO模型扩展及其系列,COCOMO模型目前是使用广泛的一种模型。非基于算法模型的方法采用的是除数学算法以外的方法,进行软件成本的估算,比较典型的是专家估算、类比估算和回归分析。软件成本估算的组方法是在估算技术上明显地综合运用了多种技术与分析方法,典型的组方法有COBRA及其后来针对Web应用的扩展Web-COBRA。

冯楠等人(2007)提出一种基于模糊决策树的软件项目成本估计模型,该模型在成本估计过程中以模糊集的形式预测误差范围,并利用决策树的判定规则分析误差源。

李文艳(2009)在文章中,对软件成本的估算方法进行了总结,目前软件成本估算方法主要有自顶向下估算法、自底向上估算法、差别估算法、类推估算法、算式估算法、基于类比方法的软件成本估算和专家估算法。同样地,软件成本建模从早期的Delphi技术到动态技术和贝叶斯分析技术,不断完善和演进,各种技术各具特点。不同的厂商也运用不同的软件成本估算工具,且具有不同的特点。

曾一,李娟(2010)在基于RBF神经网络的软件成本估算和COCOMO数据库的基础上,利用神经网络具有学习能力和自适应能力的优势,提出了一种把径向基神经网络和遗传算法相结合的模式用于软件成本估算。

朱建东等人(2010)针对软件成本估算困难的问题,提出一种基于灰色理论的估算方法,该方法主要借鉴灰色理论可以基于小样本和贫信息特性,结合GM(1,1)和Verhulst各自的优点,利用成本序列及其变化率动态构造灰色理论模型进行软件成本估算。

4 软件成本模型的介绍

在软件项目管理过程中，为了使时间、费用和工作范围内的资源得到最佳利用，人们开发出了不少成本估算方法，以尽量得到较好的估算。目前，软件成本估算方法主要有：算法模型、专家判定、类比法、差别法、自顶向下法、自底向上法等，随着方法的发展，不同的估算技术也逐步出现，这些技术可分为六类，主要为：基于模型的技术、基于专家的技术、面向学习的技术、基于动态的技术、基于回归的技术、组合技术。目前成本管理过程中更加注重技术方法与工具手段的结合，同时注重管理控制需求的不确定性、软件项目规模及复杂性、可靠性要求、外部环境和项目风险的影响、软件的开发和使用工具及现代程序设计规范的运用等影响成本因素，加强对软件项目成本的预测和管理。

在众多的软件成本估算方法中，构造性成本模型（COCOMO）是目前影响最大、最具代表性的方法。COCOMO 模型是一种自底向上的微观估算参数模型，使用成本驱动因子从低端对软件环境进行描述。

COCOMO 由 Barry Boehm 最早提出，是为软件项目提供准确的成本和进度估算的一个构造性的标准化模型，它将软件进行分割，估算出各部分的工作量和开发时间，最终汇总为项目预算。后来，Boehm 和南加州大学 USC 软件工程中心不断对 COCOMO 模型进行改进，以适应在软件生命周期、技术、组件和技术等方面的明显变化，并发布了 COCOMO II 模型。运用 COCOMO II 模型在实践中估算的软件开发成本与实际成本相差不到 20%，进度相差不到 46%，已经成为世界上使用最广泛、成本估算最准确的模型之一，因此在估算软件成本时，也是运用最频繁的一种模型。

软件成本估算方法针对不同类型的软件项目进行成本估算时，会表现出不同的精度，因此，对于一个给定的软件项目，选择什么方法进行评估才能获得较准确的估算结果，成为困扰软件项目管理者的一個难题。本文主要是选取一个案例，对常用的 COCOMO 模型方法以及以 COCOMO 模型为基础的成本法软件评估进行案例分析，得出结论。

4.1 COCOMO 模型

COCOMO 模型分为三个层次：

（1）基本 COCOMO 模型：将软件开发工作量作为程序规模的函数来进行计算，程序规模以估算的代码行来表示。

（2）中级 COCOMO 模型：将软件开发工作量作为程序规模及一组“成本驱动

因子”的函数来进行计算，其中，成本驱动因子包括对产品、硬件、人员及项目属性的主观评估。

(3) 高级 COCOMO 模型：包含了中级模型的所有特性，并结合了成本驱动因子对软件工程过程中每一个步骤（分析、设计等）的影响的评估。

原始 COCOMO 模型的三个子系统都采用相同的形式：

$$Effort = \alpha \times Size^b \times EAF$$

(4-1)

式中，Effort 以人月为单位的工作量；Size 是以千源代码行(KLOC)计数的程序规模；EAF 是一个工作量调整因子，在基本模型中取值 1；a 和 b 是两个随开发模式而变化的因子。

对于参数 a 和 b，主要是随开发模式而发生变化，这里定义了如下三种开发模式：

组织式：项目相对简单，小组内有经验的程序员在极为熟悉的环境中开发软件。

半分离式：介于有机式和嵌入式之间的中间方式，项目为中等规模，开发小组可能由经验不同的混合人员组成。

嵌入式：项目必须在严格的约束条件下开发，要解决的问题很少见，因而无法借助于经验。

在 Boehm 的基本 COCOMO 模型中，三种模式的各个特性比较如下表：

表 4-1 软件开发三种模式的比较

特性	软件开发模式		
	组织式	半分离式	嵌入式
产品目标的系统理解	充分	很多	一般
有关工作经验	大量	很多	适中
对需求一致性的要求	基本	很多	充分
对外部接口说明的一致性的要求	基本	很多	充分
有关新硬件和操作程序的并行开发	若干	适中	大范围
对创新的数据处理结构、算法的需求	最低	若干	很多
提前完成时的奖金	低	适中	高
产品规模范围	小于 50KDSI	小于 300KDSI	所有规模
应用实例	分批数据处理、简单库存、生产管理、普通操作系统	事务处理系统、简单指令控制、新操作系统	复杂事务处理系统、超大规模操作系统、宇航控制系统

对于因子 a, b 取值则如表 4-2 所示。

表 4-2 工作量参数在三种基本 COCOMO 模型中的取值

开发模式	a	b
组织式	2.4	1.05
半分离式	3.0	1.12
嵌入式	3.6	1.20

根据计算出的工作量，可以由下式计算所需的开发时间：

$$Time = c \times Effort^d$$

(4-2)

式中，Effort 是上面求出的以人月为单位的工作量，c, d 是随开发模式而改变的因子。c, d 原来的取值为下表 4-3 所示。

表 4-3 开发时间参数在三种基本 COCOMO 模型中的取值

开发模式	c	d
组织式	2.5	0.38
半分离式	2.5	0.35
嵌入式	2.5	0.32

通过基本的 COCOMO 模型，就可以快速预测出软件开发成本和进度等信息。

COCOMO 基本模型能给出一个快速而简略的估计，但其结果的精度不够。它没有考虑到开发技术、人员水平等环境因素的变化。因此 Boehm 在中级模型中引入了 15 个成本驱动因素来把软件开发的环境因素考虑进来。成本驱动因素分为四个主要类型：产品属性、硬件属性、人员属性及项目属性。每个成本驱动因素在 6 个级别上取值（从“很低”到“很高”）。可以从 Boehm[BOE81]提供的表中来确定工作量乘数，见表 4-4。所有工作量乘数的乘积就是工作量调整因子 EAF。

$$EAF = \prod_{i=1}^n EM_i$$

(4-3)

其中， EM_i 是从公认的值表中得到成本驱动因子的值。

模型中的成本驱动因子是软件开发过程中，对软件成本会产生影响的属性因子，我们主要分为以下四个大的类型：产品属性、计算机属性、人员属性和项目属性。产品属性用于说明由正在开发产品的特征引起开发所需工作量的变化；计算机属性用来反映具有复杂硬件和底层软件的目标机的特性；人员属性对软件开发有很重要的影响，用于反映经验的获取或人员出入项目组的状况；项目属性说明诸如现代软件工具的使用、开发组的地理位置和项目进度压缩等因素对工作量估算的影响。

在不同的属性下，模型选择了不同的成本驱动变量来反映工作量调整因子，如下表 4-4 所列。

表 4-4 软件开发工作量乘数

类型	成本驱动变量 (EM_i)		等级					
			很低	低	正常	高	很高	极高
产品属性	RELY	要求的软件可靠性	0.75	0.88	1.00	1.15	1.40	-
	DATA	数据规模	-	0.94	1.00	1.08	1.16	-
	CPLX	产品复杂性	0.70	0.85	1.00	1.15	1.30	1.65
计算机属性	TIME	执行时间约束	-	-	1.00	1.11	1.30	1.66
	STOR	主存储约束	-	-	1.00	1.06	1.21	1.56
	VIRT	虚拟机的易变性	-	0.87	1.00	1.15	1.30	-
	TURN	计算机周转时间	-	0.87	1.00	1.07	1.15	-
人员属性	ACAP	分析员能力	1.46	1.19	1.00	0.86	0.71	-
	AEXP	应用经验	1.29	1.13	1.00	0.91	0.82	-
	PCAP	程序员能力	1.42	1.17	1.00	0.86	0.70	-
	VEXP	虚拟机经验	1.21	1.10	1.00	0.90	-	-
	LEXP	编程语言经验	1.14	1.07	1.00	0.95	-	-
项目属性	MODP	现代编程规范	1.24	1.10	1.00	0.91	0.82	-
	TOOL	软件工具的使用	1.24	1.10	1.00	0.91	0.83	-
	SCED	要求的开发进度	1.23	1.08	1.00	1.04	1.10	-

中级 COCOMO 模型的表达式为：

$$Effort = a \times Size^b \times EAF$$

(4-4)

式中，Effort 以人月为单位的工作量，Size 是以千源代码行(KLOC)计数的程序规模，a 和 b 是两个随开发模式而变化的因子，取值见表 4-2。EAF 是一个工作量调整因子，其典型值是从 0.9 到 1.4 之间的取值。

COCOMO 模型代表了软件估算的一个综合经验模型。功能点估算过程本身带有一定的主观性，COCOMO 模型的计算公式中也有不少需要主观估计定值的参数。这些都会导致估算结果与实际情况有所偏差。

中级 COCOMO 模型，它适用于中、小规模软件的成本估算问题，但对于大型软件而言这种估算过于粗略，且无法按阶段来估算其工作量与成本的分配问题，而上述问题则是大型软件人力资源投入与成本的组织与分配所关注的。于是在中级 COCOMO 模型的基础上人们引入了高级 COCOMO 模型。

高级 COCOMO 模型与中级 COCOMO 模型的区别在于：

(1) 高级 COCOMO 模型在中级 COCOMO 模型的基础上对各影响因子按照开发阶段的四个子阶段（需求和产品设计子阶段，详细设计子阶段，编程和单元测试子阶段，集成与测试子阶段）作进一步的分解，并按各子阶段给出各成本驱

动因子的等级度量分值表及其相应的说明。

(2) 对于不同类型(组织式、半独立式、嵌入式)和不同规模(小型、次中性、中型、大型、巨型)的软件工程,进一步给出了软件开发四个子阶段的工作量的分布比例(%)的推荐值。

4.2 COCOMO II 模型

20 世纪 90 年代以来,软件工程领域发生了很大的变化,出现了快速应用开发模型、软件重利用、再工程、CASE 和面对对象方法及软件过程成熟度模型等一系列软件工程方法和技术。原始的 COCOMO 模型已经不再适应新的软件成本估算和过程管理的需求,因此 Boehm 根据未来软件市场的发展趋势,于 1994 年发表了 COCOMO II。

相较于 COCOMO,新型的 COCOMO II 中主要的变化有:

(1) 使用三个螺旋式的生命周期模型,即用于估算早期原形工作量的应用组合模型、早期设计模型和后体系结构模型。在现代软件工程研究结果的基础上,将未来软件市场划分为基础条件、系统集成、程序自动化生成、应用集成、最终用户编程五个部分,COCOMO II 模型通过三个生命周期模型支持上述的五种软件项目。

(2) 使用五个规模因子计算项目规模经济性的幂指数,代替了原始模型中按基本、中级、详细模型分别固定指数的方法。

(3) 删除的成本驱动因素有虚拟机易失性(VIRT)、计算机周转时间(TURN)、虚拟机经验(VEXP)、语言经验(LEXP)、现代编程实践(MODP)。

(4) 新增了成本驱动因素有文档编制(DOCU)、要求的重复使用(RUSE)、平台易失性(PVOL)、平台经验(PEXP)、语言和工具经验(LTEX)、人 SITE)。

COCOMO II 模型使用了三个螺旋式的生命周期模型,即应用组合模型、早期设计模型和后体系结构模型。应用组合模型是基于对象点的度量模型,它通过计算屏幕、报表、第三代语言(3GL)模块等对象点的数量来确定基本的规模,每个对象点都有权重,由一个三级的复杂性因子表示,将各个对象点的权值累加起来得到一个总体规模,然后再针对复用进行调整;早期设计模型,在项目开始后的一个阶段或者螺旋周期通常包括探索体系结构的可供选择方案或增量开发测量,为支持这一活动,COCOMO II 提出了一个早期设计模型,这一模型使用功能点和等价代码行估算规模;后体系结构模型,一旦项目进入开发阶段,就必然确定一个具体的生命周期体系结构,此时项目就能够为估算提供更多更准确的信息,COCOMO II 提出的后体系结构模型即是为这一阶段提供支持。

(1) 应用组合模型

应用组合模型用来解决人机交互、系统接口、技术成熟度等具有潜在高风险的内容,通过计算屏幕、报表、第三代语言组件的对象点数来确定一个初始的规模测量。屏幕对象和报告对象被设成简单、中等或困难,然后给各类对象点数加上权重,得到总对象点数。若还要考虑重复使用情况,假定项目中有 $a\%$ 的对象是重用以前的,则新的对象点数 NOP 计算如下:

$$NOP = \text{总对象点数} \times (100 - a) / 100 \quad (4-5)$$

计算工作量的公式为:

$$E = NOP / \text{PROD} \quad (4-6)$$

其中, E 是以人月为单位的工作量, PROD=对象点数/人月,即软件生产效率。

(2) 早期设计模型

早期设计模型用于支持确立软件体系结构的生命周期阶段,使用功能点和 5 个成本驱动因素。其与后体系结构模型相似,对于后体系结构模型的工作量估算方法和参数校正方法都适合于早期设计模型。

(3) 后体系结构模型

后体系结构模型是指在项目确定开发之后,对软件功能结构已经有了一个基本了解的基础上,通过源代码行数或功能点数来计算软件工作量和进度,使用 5 个规模度量因子和 17 个成本驱动因素进行调整。

工作量计算公式为:

$$\text{Effort} = A \times \text{KLOC}^B \times \text{EAF} \quad (4-7)$$

其中, Effort 定义同前,是以人月为单位的工作量; KLOC 是以千源代码行计数的程序规模; EAF 是一个工作调整因子; A 是基线乘法校正常数; B 是指数因子,基于 5 个规模度量因子的值:已有项目经验、开发过程的灵活性、是否需要风险分析、团队合作状况和软件过程成熟度,因素值分为 6 级,从 5 到 0 对应非常低到极高。

A 是校正常数,在后体系结构模型中,通常取值为 2.55;在 COCOMO II2000 中,模型的校正常数取值为 2.94,在实际工作中,应该根据历史经验数据确定一个适合本企业当前开发的项目类型的数值。

指数因子 B 反映了项目的规模经济性,当它大于 1 时所需的工作量的增加速度大于软件规模的增加速度,体现出规模非经济性;当它小于 1 则表示规模经济性。其计算公式如下:

$$B = 1.01 + 0.01 \sum W_i \quad (4-8)$$

其中, W_i 为规模度量因子,也成为定标因素,取值如下表 4-5:

表 4-5 COCOMO II 定标因素

W_i	很低	低	一般	高	很高	超高
PREC: 前驱性	4.05	3.24	2.42	2.62	0.81	0
FLEX: 开发灵活性	6.07	4.86	3.64	2.43	1.21	0
RESL: 体系结构和风险控制	4.22	3.38	2.53	1.69	0.84	0
TEAM: 小组凝聚力	4.94	3.95	2.97	1.98	0.99	0
PMAT: 过程成熟度	4.54	3.64	2.73	1.82	0.91	0

资料来源：肖来元《软件项目管理》，清华大学出版社

其中，前趋性 PREC 和开发灵活性 FLEX 这两个规模因子很好地抓住了早期 COCOMO 的组织式、半独立式、嵌入式这三种模式的不同。体系结构和风险控制 RESL 这个因素融合了 ADACOCOMO 中的两个规模因素。小组凝聚力 TEAM 规模因子解释了由于同步化项目的参与者（用户、客户、开发员、维护员、接口设计员等）的困难而产生的项目动荡和熵（平均信息量）的根源，这些困难可能源于参与者的目标和文化的不同、协调目标的困难、参与者缺乏作为一个组的经验和操作的熟悉等等。过程成熟度 PMAT 决定的过程是围绕软件工程协会的能力成熟度的方法。

工作调整因子 EAF 根据设定的 17 个成本驱动因子的评分来计算：

$$EAF = \prod_{i=1}^{17} F_i \quad (i=1, \dots, 17)$$

(4-9)

其中， F_i 是成本驱动变量的不同状态下的取值。

后体系结构模型使用 17 个工作量乘法因子来调整工作量，它们被分为四类：产品、计算机、人员和项目，每一类又进行细分，并按照六个等级进行评分，成本驱动因子如下表 4-6：

表 4-6 后体系结构成本驱动变量

类型	成本驱动变量 (F _i)		等级					
			很低	低	正常	高	很高	极高
产品属性	RELY	要求的软件可靠性	0.75	0.88	1.00	1.15	1.39	-
	DATA	数据规模	-	0.93	1.00	1.09	1.19	-
	CPLX	产品复杂性	0.70	0.88	1.00	1.15	1.30	1.66
	RUSE	要求的文档重复使用		0.91	1.00	1.14	1.29	1.49
	DOCU	文档编制		0.95	1.00	1.06	1.13	-
计算机属性	TIME	执行时间限制	-	-	1.00	1.11	1.31	1.67
	STOR	主存储限制	-	-	1.00	1.06	1.21	1.57
	PVOL	平台易失性	-	0.87	1.00	1.15	1.30	-
人员属性	ACAP	分析员能力	1.50	1.22	1.00	0.83	0.67	-
	PCAP	程序员能力	1.37	1.16	1.00	0.87	0.74	-
	PCON	人员连续性	1.23	1.10	1.00	0.92	0.84	-
	AEXP	应用经验	1.22	1.10	1.00	0.89	0.81	-
	PEXP	平台经验	1.25	1.12	1.00	0.88	0.81	-
	LTEX	语言和工具经验	1.22	1.10	1.00	0.91	0.84	-
项目属性	TOOL	软件工具	1.24	1.12	1.00	0.86	0.72	-
	SITE	多站点开发	1.25	1.10		0.92	0.84	0.78
	SCED	开发进度表	1.29	1.10	1.00	1.00	1.00	-

资料来源：肖来元《软件项目管理》，清华大学出版社

通过基本的 COCOMO 模型,软件估计者就可以快速预测出软件的开发成本和进度等信息.但由于 COCOMO 模型是模型设计者依据当时的软件行业历史项目数据所计算,模型内的参数以及成本驱动因子都与当时的软件环境相关。

运用本模型来计算我国的软件行业成本时,就会出现模型中因子与软件环境不匹配的问题,在我们运用该模型时,就要考虑我国独特的软件行业背景,对模型中与行业环境相关的因子进行校正,改善它的适用背景与环境,从而使该模型服务于我国的软件行业,帮助软件行业估算出项目的工作量和进度并协同决定项目可行性。

5 我国软件成本模型的修正

本文主要是研究出适合我国基本国情的一套软件成本估算的规范，因为目前国际上 COCOMO 模型是使用最频繁模型，且模型在估算成本上简单易操作，我们可以选择对 COCOMO 模型进行修正，以借鉴于我国的软件行业。在修正时，借鉴不同模型的多个角度对软件成本进行估算，考虑因素比较全面。同时，我国可以选择我国软件行业的案例来对我们修正后的模型进行验证。

在对 COCOMO 模型进行修正时，主要是考虑由于经验得出的模型中参数的值，以及在模型中设定的成本驱动因子。对这两方面根据我国软件行业的特性和软件业的大量数据进行修正。

COCOMO 是 Boehm 利用加利福尼亚的一个咨询公司的大量项目数据推导出的一个成本估算模型。它本身是依靠大量的软件历史项目数据推导出的一个经验模型，因此决定了该模型比较适合产生它的软件配置环境，这样在另外一个不同的软件配置环境下它的成本估算的准确度就大大地下降了。也就是说 COCOMO 模型的等级规模的确定是主观和经验的，这导致了在不同组织间的不一致性。主要的原因有：1) 不同的软件组织，COCOMO 模型覆盖的生命周期活动可能有微小的差异；2) 不同的软件组织，用 COCOMO 模型来做的定义有微小的差异；3) 关于 SLOC 和 FP 的定义，这需要统一的标准来定义，否则将会对估算的结果产生必然的影响。除此之外，如果对相同的计算规则的解释不太相同，也必然引起参加估算的数据的不同；4) 不同的软件组织对于工作量的定义不同，在 COCOMO 模型中规定 1 人月=152 人每小时，这是根据每个职员日工作 8 小时制算得的，但在实际收集数据时，要计算真正的工作量；5) 不同软件组织的工作环境不一样、员工的技术素质不一样，其工作效率自然会有差异。

这些因素导致在使用 COCOMO 模型进行成本估算时，估算结果的准确度会受到不同程度的影响。所以我国软件业在使用 COCOMO 模型估算成本时，为了得到更精确的估算值，就要依据我国软件行业的特性来校正 COCOMO 参数，主要是参数 A、B 的选取。

同时，在运用 COCOMO 模型时，在中级 COCOMO 模型中，设定的成本驱动因子是 15 个，在 COCOMO II 模型中设定的成本驱动因子是 17 个，这些成本驱动因子也存在一定的主观性，在考虑我国软件行业的成本估算时，要考虑影响我国软件业的成本驱动因子，选取适合我国软件业的成本驱动因子进行计算，因此在计算我国软件行业的成本时，为了得到更精确的估算值，就需要运用我国软件业的实际情况来对模型进行校正。

5.1 我国软件行业的特色

21 世纪以来,我国大力发展软件产业,在各方面取得了进步,但是目前我国软件行业仍然存在一定的问题,仍需继续大力发展。

我国软件行业的特性主要分为以下几点:

(1) 我国软件企业数量众多,但普遍规模偏小,企业平均规模只有 30 人,300 人以上规模的企业寥寥无几,企业主要采取的还是作坊式生产和流程。

(2) 企业的自主研发能力不高,研发人员比例相对较小。在国内软件市场上,拥有自主知识产权的主流软件产品较少,缺少高附加值的通用系统软件、应用软件等,目前国内软件企业主要集中于附加值较低的低端市场,在高端领域市场份额很小,竞争力很弱,需要企业提高软件的开发质量,增强竞争力。

(3) 高科技的软件开发需要大量的资金投入和人力成本,国内软件企业规模偏小,在资金支撑上存在一定的制约,难以承担高投入高精力,从而制约了中国软件行业的发展。

(4) 人工成本是软件成本中比例最大的一部分,随着物价上涨、员工薪酬的增加,进一步增加了软件开发维护过程中的人工成本,同时材料、设备等价格也有一定程度的上升,对软件开发过程有一定程度的影响。

(5) 为鼓励我国软件行业的发展,国内优惠政策不断出台,提高软件行业的地位,肯定其在未来发展中的作用,鼓励软件人才的培训发展,提高我国软件行业的发展。

根据国内软件行业的实际情况,本文对 COCOMOII 模型提出的 17 个成本驱动因子进行分析,同时也考虑当前我国软件行业情况下对软件成本影响的其他因素,对模型成本驱动因子进行修正,使之适用于我国软件行业的特定情况。

5.2 模型修正的原则

在对成本驱动因子进行修正时,我们主要根据以下原则来进行完善:

(1) 独立性原则。对在我国软件行业中,有些因素并不能直接的划分来对软件开发产生影响,这些因素在设立时,是国外软件环境下的产物,我国的软件环境并不显著。

(2) 适用性原则。对成本驱动因子,并不因为用历史数据检验过就认为其对我国软件业有影响,关键是看这个指标在我国软件行业下的作用是否显著,以及在我国软件行业下的因素影响。

(3) 重要性原则。软件开发过程中,各种因素会对其产生不同的影响,但是有一些因素是偶然的还有一些是必然的,在这里主要关注的是对所有项目会产生影响的因素,且这些因素的影响有大有小,过于微弱的影响我们可以暂时忽略不计,我们选择成本驱动因子时,主要关注对软件开发产生较大的影响程度的因素,并

且这些因素对所有项目均有影响。

(4) 软件划分影响原则。软件是企业开发的文档和计算机程序，不同的作用需要开发不同类型的软件，一般软件分为系统软件和应用软件，但是也会根据软件的规模进行划分，不同软件类型和不同规模下的软件在进行成本估算时，需要重点考虑的因素会有所不同，因此在对成本驱动因子进行修正时，要将软件类型规模与修正方式结合运用。

(5) 实际性原则。在对软件成本驱动因子进行分析修正时，主要依据我国目前软件行业的特性进行分析，但是不同的公司面对的问题是有所不同的，在不同公司下进行分析时，可依据基本修正方式结合本公司的特性来进行分析运用。

5.3 成本驱动因子的修正

在 COCOMO 模型中提出的成本驱动因子是考虑软件本身对软件开发成本的影响，这些因素主要从产品属性、计算机属性、人员属性和项目属性四方面来考虑。在 20 世纪 80 年代提出的 COCOMO 模型中介绍的成本驱动因子是 Boehm 分析当时的软件配置环境而提出的，在我们目前运用时，会与当前我国软件环境有所差异，影响因素也因而不同。

根据 5.1 中介绍的我国软件行业的特性和 5.2 节中介绍的五个原则，对 COCOMOII 模型中的成本驱动因子进行分析，并对其进行实际情况下的修正，主要有以下几点：

(1) 合并冗余成本驱动因子

我国目前软件公司数量多，但规模较小，配备的人员较少，情况相对简单，对于这样的项目，COCOMOII 模型中的有些因子是重复的，可以对这些因子进行合并。

a) 产品属性中，要求的重复使用 (RUSE 因子)，该因子说明设计可在当期或未来项目中可复用的模块所需的额外工作量。要求的软件可靠性 (RELY 因子)，描述的是软件的可靠性需求对项目的影响，这两个变量因子都是反映软件行业所研发的软件的需求性，这个需求性对软件研发有较大的影响，一个产品的出现正是有预期有所存在的价值，被需求而产生。因而本文认为可以将这两个因素合并为产品需求性因子 (CPDO 因子)。在等级评分时主要对产品需求性因子设定为“很低”、“低”、“一般”、“高”、“很高”、“超高”的六个指标，不同指标表示客户对产品需求性要求的高低也有所不同，从低到高的六个指标分别表示：产品没有存在的价值、产品存在对几个公司来说有用、产品存在对部门公司来说可用、产品可应用于大部分公司、产品对大部分公司有不同使用价值、产品对全部公司有大的使用价值。在根据等级评分时，可以依据这六个方面选择不同的评分。

b) 人员属性中, 分析员能力 (ACAP 因子) 考虑的是分析和设计能力、效率以及协作能力, 程序员能力 (PCAP 因子) 考虑的主要因素和分析员能力考虑的一样, 只是人员的分工角色不同而已, 但是我国软件行业中小企业较多, 研发人员难以做到明确分工, 分析员和程序员的角色就难以分开, 因此本文认为可以将它们合并为人员能力 (PSAP 因子)。在等级评分时主要将人员能力因子设定为“很低”、“低”、“一般”、“高”、“很高”“超高”的六个指标, 不同指标表示人员能力水平的高低, 从低到高的六个指标分别表示: 研发人员没有软件知识、软件人员有基本的软件知识、研发人员可参与软件开发、研发人员有软件开发的少量经验、研发人员有软件开发的经验、研发人员凭借知识和经验能独立完成软件开发, 在根据等级评分时, 可以依据这六个方面选择不同的评分。

c) 应用经验 (AEXP 因子) 是项目组开发软件系统或子系统的经验, 语言和工具经验 (LTEX 因子) 是对项目组用于开发软件或者子系统的编程语言和软件工具的经验度量, 平台经验 (PEXP 因子) 是对项目组用于开发软件的所在系统的经验度量, 这三个经验是项目组在开发软件中需要掌握的, 作为研发人员, 同一个人的这几方面经验一般是都需要的, 由于是中小企业人员较少的情况下, 因此本文可以将这三个因子合并为一个人员经验 (PESA 因子)。在等级评分时主要将人员经验因子设定为“很低”、“低”、“一般”、“高”、“很高”“超高”的六个指标, 不同指标表示人员经验水平的高低, 从低到高的六个指标分别表示: 项目组人员没有任何软件开发经验、项目组人员有小部分人有开发经验、项目组人员有大部分人有开发经验、项目组人员具有开发经验、项目组人员均由开发经验且经验比较丰富、项目组人员具有开发经验且经验很丰富, 在根据等级评分时, 可以依据这六个方面选择不同的评分。

(2) 取消的成本驱动因子

多站点开发 (SITE 因子) 描述项目组成员的地理位置以及由此所带来的交流难度。目前我国软件行业中小企业较多, 研发人员较少, 而且同一个项目组基本都在同一个地方, 交流速度快, 因此本文认为可以将此因子在目前情况下暂不考虑。未来我国软件行业快速发展扩大, 项目组规模扩大到足够跨地理位置运营时, 可再考虑此因子。

(3) 增加的成本驱动因子

对我国软件行业来说, 有些影响因素对其成本估算结果有较大的影响, 在此我们也对其进行考虑。

a) 客户信息化能力因子。中国软件企业面对的客户企业的信息化水平差别很大, 客户企业的计算机相关人员水平也参差不齐, 企业的计算机能力也差别较大, 有些客户企业可能并没有相关的计算机人员, 需要软件研发人员对其进行培训等。软件开发人员进行需求调研的时候, 客户企业的需求介绍能否明白清楚, 对项目

的进行有很大的影响。因此本文认为需要增加一个因子来反映客户的现有信息化水平对项目的影响,可以将此因子定位为客户信息化能力(CRIA 因子)。针对客户完全未接触计算机、有少量计算机应用经验、有大量计算机应用经验、有极深的计算机应用能力、有深入的计算机水平、有独立的开发水平和有丰富的应用及独立开发水平这六个方面,对客户信息化能力设定“很低”、“低”、“一般”、“高”、“很高”、“超高”的六个指标。

b) 管理控制性因子。在软件开发中,最主要的是软件测试和项目管理,在COCOMOII 模型的 17 个成本驱动因子中,产品属性的数据库规模(DATA 因子)描述生成大量测试数据所需的工作量对项目的影响,也就是软件测试会对软件开发产生的影响,但是在成本驱动因子中却没有考虑项目管理对软件开发的影响,因此本文认为需要增加一个因子来反映项目管理控制对软件开发的影响,可以将此因子定位为项目属性中的管理控制性(MACT)。针对不进行项目管理控制、极少的项目管理、一般的项目管理、较高要求的项目管理、很高的项目管理能力和专业化的项目管理控制,对项目的管理控制性设定为“很低”、“低”、“一般”、“高”、“很高”、“超高”的六个指标。

(4) 保留的成本驱动因子

a) 数据库规模(DATA 因子)描述生成大量测试数据所需的工作量对项目的影响,也就是软件测试会对软件开发产生的影响,在软件开发过程中有重要的影响,因此保留其在模型中的等级划分。

b) 产品复杂性(CPLX 因子)描述产品本身的实现复杂程度,复杂性划分为五个方面:控制操作、计算机操作、设备相关操作、数据产品管理操作和用户界面操作,并且对于软件产品复杂性程度的描述,是不受其他因素影响的,是产品属性的一方面,因此保留其在模型中的等级划分。

c) 文档编制(DOCU 因子)描述项目执行过程中文档的完备程度。软件开发中文档的编制也是软件的一部分,软件的使用说明等都需要匹配软件生命周期的需求,在编制文档时,需要花费人力,对软件研发的成本会产生一定程度的影响,因此保留此因子在模型中的等级划分。

d) 执行时间限制(TIME 因子)描述强加在软件系统上的执行时间的约束程度。在软件系统上的执行时间对对软件开发的进度有一定程度的影响,因此其对软件开发的成本也有所影响,因此保留此因子在模型中的等级划分。

e) 主存储限制(STOR 因子)描述强加在软件系统上的可用主存储的约束程度,这都是在软件系统上的限制,对软件开发有一定程度的影响,因此保留此因子在模型中的等级划分。

f) 平台易失性(PVOL 因子)描述项目相关的硬件和软件平台的变更频繁程度。平台是选择合适的技术体系和技术架构,如果可以充分发挥,能够提高软件的开

发速度，对软件开发有很大程度的影响，因此保留此因子在模型中的等级划分。

g)人员连续性(PCON 因子)描述了项目组中人员的流动性，也就是人员周转的速率。中国软件行业是正逐渐发展起来的行业，从业人员经验不足，企业间人员流动性强，对项目组来说，企业内部人员的流动会影响项目的进展，对软件开发产生影响，因此保留此因子在模型中的等级划分。

h)软件工具(TOOL 因子)描述在项目中实用软件工程生命周期管理工具的熟练程度和应用深度。软件生命周期管理工具对软件的开发有重要影响，也是软件分模块的对照，对软件开发有重要影响，因此保留此因子在模型中的等级划分。

i)开发进度表(SCED 因子)描述项目预定进度约束对项目工作量的影响，在软件开发过程中，都会制定项目进度表对项目的流程进行约束，以保证项目的正常运行，这也是企业的一种管理控制手段，通过管理手段来保证项目进度，对项目有较程度的影响，因此保留此因子在模型中的等级划分。

依据我国软件行业的特性，对影响软件开发的成本驱动因子进行修正，得出修正后的成本驱动因子，共 14 个成本驱动因素。本文依据原 COCOMO 模型中评分取值以及案例数据统计，对等级取值进行了范围限定，对产品属性和计算机属性，本文的等级取值范围是 0.6~1.8；对人员属性和项目属性，本文的等级取值范围是 0.5~1.6。

在分析国外大量统计数据以及我国软件业协会案例数据的基础上，本文根据某一类的软件案例计算得到不同等级下的不同因子取值，成本驱动因子表如下表 5-1 所列。

表 5-1 成本驱动变量

类型	成本驱动变量 (F _i)		等级					
			很低	低	正常	高	很高	极高
产品属性	CPDO	产品需求性	0.75	0.90	1.00	1.15	1.34	1.49
	DATA	数据规模	0.77	0.93	1.00	1.09	1.19	1.34
	CPLX	产品复杂性	0.70	0.88	1.00	1.15	1.30	1.66
	DOCU	文档编制	0.74	0.95	1.00	1.06	1.13	1.33
计算机属性	TIME	执行时间限制	0.70	0.94	1.00	1.11	1.31	1.67
	STOR	主存储限制	0.73	0.87	1.00	1.06	1.21	1.57
	PVOL	平台易失性	0.72	0.87	1.00	1.15	1.30	1.61
人员属性	PSAP	人员能力	1.44	1.19	1.00	0.85	0.71	0.58
	PCON	人员连续性	1.23	1.10	1.00	0.92	0.84	0.71
	PESA	人员经验	1.23	1.11	1.00	0.89	0.82	0.75
项目属性	TOOL	软件工具	1.24	1.12	1.00	0.86	0.72	0.63
	MACT	管理控制性	1.45	1.20	1.00	0.87	0.74	0.67
	SCED	开发进度表	1.29	1.10	1.00	0.91	0.80	0.68
	CRIA	客户信息化能力	1.50	1.25	1.00	0.89	0.78	0.65

资料来源：借鉴软件业协会的相关数据估算可得。

每个不同的成本驱动因子在不同等级下的评分是不同的，我们在这里主要分为“很低”、“低”、“一般”、“高”、“很高”“超高”六个级别，对这六个级别的评分也主要是依据我国软件行业的大量历史数据来得到的。对六个不同等级来说，主要反映了成本驱动因子对估算成本的影响，对产品属性和计算机属性来说，等级越低，相应的对估算成本的影响也越低，因此这两种属性下的成本驱动因子在不同等级下的分值是随着等级上升逐渐增加的；对人员属性和项目属性来说，等级越低，相应的对估算成本的影响就越高，因此这两种属性下的成本驱动因子在不同等级下的分值是随着等级上升逐渐减小的。

在对软件进行成本估算时，需要对每个不同的成本驱动因子根据其可能的等级进行取值，为使不同因子的取值能够准确反映我们的软件特性，在取值时，可由软件专家根据开发软件的类型进行取值，采取专家打分法，或者由开发小组内成员根据开发的软件进行取值，最后综合评分。

根据此成本驱动因素，以及工作量调整因子 EAF 的计算公式，我们可以计算此软件开发过程的工作量调整因子。

$$EAF = \prod_{i=1}^n EM_i$$

(5-1)

其中， EM_i 是从公认的值表中得到成本驱动因子的值。

5.4 参数的修正

常数 A 可以运用大量的历史数据，并进行回归分析来进行修正，使之符合我国的软件行业特性。目前国外计算主要是依据当时历史环境中大量的软件数据估算得到，在 COCOMO 后体系结构模型中，通常取值 2.55，在 COCOMO II2000 中模型的校正常量是 2.94，但是在国内由于难以取材于大量的历史数据，估算时存在一定的困难，未来可以在软件行业发展的基础上，采取大量历史数据回归的方法估算。

指数因子 B 反映了项目的规模经济性，当它大于 1 时所需的工作量的增加速度大于软件规模的增加速度，体现出规模非经济性；当它小于 1 则表示规模经济性。其计算公式如下：

$$B = 1.01 + 0.01 \sum_i W_i \tag{5-2}$$

其中， W_i 为规模度量因子，也成为定标因素。

指数因子 B 主要是由规模度量因子 W 决定的，而定标因素在 COCOMO 模型中主要设定了五个方面：已有项目经验 (PREC)、开发过程的灵活性 (PLEX)、是否需要风险分析 (RESL)、团队合作状况 (TEAM) 和软件过程凝聚力 (PMAT)。依据我国软件行业的特性，对这五个因素进行分析并修正，使之适合我国的软件业特性。

在模型 COCOMOII 中，定标因素的取值如下表 5-2。

表 5-2 COCOMO II 规模因素

W_i	很低	低	一般	高	很高	超高
PREC: 前驱性	4.05	3.24	2.42	2.62	0.81	0
FLEX: 开发灵活性	6.07	4.86	3.64	2.43	1.21	0
RESL: 体系结构和风险控制	4.22	3.38	2.53	1.69	0.84	0
TEAM: 小组凝聚力	4.94	3.95	2.97	1.98	0.99	0
PMAT: 过程成熟度	4.54	3.64	2.73	1.82	0.91	0

模型中主要考虑五个规模因素对成本估算的影响，并主要划分为“很低”、“低”、“一般”、“高”、“很高”“超高”六个级别，不同等级下的取值是依据软件行业特性在大量历史数据估算的情况下得到。不同规模因素对成本估算的影响是随着等级的升高而逐渐下降，即等级取值是随着等级的升高而下降的。

在对模型中定标因素进行取值时，主要依据 5.1 和 5.2 中对我国软件行业的特性介绍和修正时的原则，对 COCOMO II 模型中因素进行符合我国软件业的特性分

析。

表 5-3 COCOMOII 规模因素的修正

规模因素	含义	我国特性分析
PREC	已有项目经验	主要是依据公司项目组成员的构成，对项目组开发软件有大的影响。国内软件人员逐步都具有项目开发经验，但对大型软件的开发经验可能存在不足。
FLEX	开发的灵活性	软件产品的不同类型及规模对开发灵活性较高的影响，项目组成员的能力经验对开发软件有大的影响。
RESL	是否需要风险分析	在国内中小企业软件开发中，会对所开发的软件进行风险分析，但是由于人员的限制，在这方面一般只是分析但并不会对既定流程有大的影响。
TEAM	团队合作状况	国内软件行业主要是中小企业，地理位置集中，人员较少，项目成员间交流频繁，团队合作力强，但是这也与项目的管理控制力有关，管理强，团队凝聚力也强。
PMAT	软件过程凝聚力	国内中小企业内部还处于作坊式软件开发模式，项目的流程管理并不高，软件开发的流程也与企业规模的大小、管理水平的高低有关。

在对软件进行成本估算时，需要对每个不同的规模因素根据其可能的等级进行取值，为使不同因素的取值能够准确反映我们的软件特性，在取值时，可由开发小组内成员根据开发的软件特性进行取值，最后综合评分。

6 案例分析研究

在第 2 节中，介绍了目前常用的三种软件定价方法，并对其进行比较分析，成本法是目前使用较广泛的一种方法，在这里我们选择成本法对所选案例的公司进行软件定价估算。在第 5 节中，结合目前我国软件行业的特性，对常用的 COCOMO 模型进行了修正，使之更符合我国软件行业的实际情况，可应用于我国软件产品的成本估算。选择案例公司，运用修正后的 COCOMO 模型进行软件成本估算，计算其工作量，并在成本的基础上，运用成本法估算软件产品的价值。

对于新开发的软件,由于市场未来变化难以预料,在软件开发和经营过程中,面临着很多不确定因素,计算成本比预测市场经营和未来收益要客观和简便,因此在新开发的软件时,通常运用成本法来进行软件价值评估。针对三种软件定价方法的介绍及局限,结合本次软件开发的特性,新开发的软件系统目前还未大规模投入市场销售,因此我们确定采用成本法进行软件价值评估。

6.1 评估对象介绍

6.1.1 被评估企业介绍

山东中创软件工程股份有限公司目前是一家从事解决方案、软件产品和 IT 服务的提供商,一直致力于金融、交通、媒体、政府等领域的应用软件开发和信息化建设,开发了自主知识产权的应用软件和支撑软件产品多个。公司目前拥有总资产 3897 万元,净资产账面价值 2000 万元,2006 年实现收入 2800 万元,实现净利润 250 万元。

公司产品较多,跨越各个领域,目前审计软件已开发完成,尚处于试用和系统完善阶段,还未形成产品化。

6.1.2 评估目的

公司审计软件已开发完成,尚处于试用和系统完善阶段,还未进入市场大规模销售。公司开发此软件在于提供软件服务,需要对新开发软件进行软件定价,以及明确公司无形资产价值的大小,因此,需要对公司自行研发的软件进行评估。

6.1.3 被评估资产介绍

中创软件公司的计算机软件著作权共有 3 个:

- (1) 2005SR12806 现代企业审计信息系统 V1.0;
- (2) 2006SR08152 审计软件,简称“标准版 C6.0”;
- (3) 2006SR09128 审计软件,简称“审计专版 C6.01”。

以上 3 项软件著作权中第 1 项是最基本的软件,第 2 项是在第 1 项的思路框架基础上开发成功的,第 3 项在第 2 项的基础上进行了修改和扩展。因此第 3 项软件著作权登记表中登记的源程序量(行)涵盖了这 3 项计算机软件的全部工作量,这 3 项软件全部实际投入的成本也可以说是第 3 项软件的投入成本,因此,

对第3项软件著作权的评估价值也就是这3项计算机软件著作权的评估价值。

2006SR09128 审计软件(审计专版 C6.01)是一个复杂程度较低的通用软件,主要应用在企事业单位内部审计业务,它采用规范化管理模式和流程化操作规程对审计业务从审计准备阶段、审计实施阶段到审计报告阶段、审计终结和后续审计等各阶段进行程序导向管理。软件使用的编程语言是 DELPHI, 编程语言的版本号是 DELPHI 7.0, 源程序量(行)是 369721 行。

6.1.4 评估方法

本文主要对 2006SR09128 审计软件(审计专版 C6.01)进行价值评估,由于目前软件还处于试用和完善阶段,没有大规模的市场销售,而未来市场的不确定性和未来收益的难以预测,我们采取成本法评估此软件。

6.2 软件价值评估

我们采用成本法和 COCOMO II 模型来进行成本估算和定价估算。

6.2.1 指标介绍

针对 2006SR09128 审计软件(审计专版 C6.01)进行软件价格估算,在本文 2.2 节中,软件价格的评估成本法计算公式为:

$$P = \text{Effort} * U * (1 + \text{ACT}) * (1 + k) \quad (6-1)$$

其中, P 是估算的软件价格; Effort 是以人月为单位的人力工作量; U 是软件开发阶段单位工作量成本; ACT 为维护参数; k 是软件行业平均利润率。

工作量 Effort 是由 4.2 节中介绍的 COCOMOII 模型计算可得。工作量计算公式为:

$$\text{Effort} = A \times \text{KLOC}^B \times \text{EAF} \quad (6-2)$$

其中, Effort 是以人月为单位的工作量; KLOC 是以千源代码行计数的程序规模; EAF 是一个工作调整因子; A 是基线乘法校正常数; B 是指数因子。

指数因子 B 的计算公式如下:

$$B = 1.01 + 0.01 \sum_i W_i \quad (6-3)$$

其中, W_i 为规模度量因子,也成为定标因素。

工作调整因子 EAF 根据设定的成本驱动因子的评分来计算:

$$\text{EAF} = \prod_{i=1}^{17} F_i \quad (i=1, \dots, 17) \quad (6-4)$$

其中, F_i 是成本驱动变量的不同状态下的取值。

将以上公式进行换算，最后可得软件价格计算公式为：

$$P = \left(A * KLOC^{1.01+0.01 \sum_i W_i} * \prod_i^{17} F_i \right) \times U \times (1 + ACT) \times (1 + k) \tag{6-5}$$

最终，根据这个估算软件价格的公司，我们需要计算或得到的指标有 A、KLOC、 W_i 、 F_i 、U、ACT、k 这 7 个指标。

6.2.2 COCOMOII 模型估算

针对上节中公式需要我们计算或者得到的指标，我们根据公司软件开发的数
据来计算得到。

(1) 常数 A 的计算

A 是校正常数，在后体系结构模型中，模型的校正常量取值为 2.94，中创软件公司的审计软件属于复杂程度较低的通用软件，选择常数基本取值，因此 A 取
值为 2.94。

(2) 指数因子 B 的计算

指数因子 B 反映的是规模经济，其计算公式为：

$$B = 1.01 + 0.01 \sum_i W_i \tag{6-6}$$

其中， W_i 为规模度量因子，也成为定标因素。

所以我们需要计算规模度量因子，在 4.2 节中 COCOMO II 模型介绍时，我们
介绍了规模度量因子的等级划分及取值，分析中创软件公司及开发的审计软件的特
点，对定标因素的级别进行判定取值，取值如下表 6-1。

表 6-1 COCOMO II 定标因素

W _i	项目	解释	中创软件公司相关指标介绍	等级					取值
				很低	低	一般	高	很高	
W ₁	先驱性	开发本项目的经验	新开发项目没有什么经验	4.05	3.24	2.42	2.62	0.81	3.24
W ₂	开发灵活性	开发项目的自主灵活度	特定应用目的开发,自主灵活性低	6.07	4.86	3.64	2.43	1.21	4.86
W ₃	体系结构和风险控制	对项目风险分析完成的程度	因新开发新项目,开发过程需反复进行,风险控制一般	4.22	3.38	2.53	1.69	0.84	2.53
W ₄	小组凝聚力	研究人员协作的程度	人员较少,协作能力强	4.94	3.95	2.97	1.98	0.99	1.98
W ₅	过程成熟度	项目研发机构的过程控制能力或成熟程度	作坊式软件开发,项目管理程度不高	4.54	3.64	2.73	1.82	0.91	3.64
B									1.17

(3) KLOC 的计算

KLOC 是以千源代码行计数的程序规模。中创软件公司计算机软件介绍中注明的源程序量(行)为 369721 行。经了解,该公司的注释行为有总量的 30%,故源程序指令行为 258.80 千行。

(4) EAF 的计算

工作调整因子 EAF 根据设定的成本驱动因子的评分来计算的,我们在 4.1 节中介绍 COCOMOII 模型时,模型中的 17 个成本驱动因子分别划分不同等级,在此我们对成本驱动因子的级别根据中创软件公司新开发的审计软件的特性进行判定取值。

工作调整因子 EAF 的计算公式为:

$$EAF = \prod_{i=1}^{17} F_i \quad (i=1.....17)$$

(6-7)

其中, F_i是成本驱动变量的不同状态下的取值。

成本驱动因子取值如下表 6-2。

表 6-2 成本驱动变量

F _i	成本驱动变量	中创软件公司相关指标介绍	等级						取值
			很低	低	正常	高	很高	极高	
F ₁	要求的软件可靠性	特定应用目的的软件,需求性较高	0.75	0.88	1.00	1.15	1.39	-	1.15
F ₂	数据规模	小型软件,数据规模低	-	0.93	1.00	1.09	1.19	-	0.93
F ₃	产品复杂性	产品复杂度较低	0.70	0.88	1.00	1.15	1.30	1.66	0.70
F ₄	要求的文档重复使用	特定目的的软件,重复性低		0.91	1.00	1.14	1.29	1.49	0.91
F ₅	文档编制	软件小简单,文档编制要求性一般		0.95	1.00	1.06	1.13	-	1.00
F ₆	执行时间限制	软件小型,简单易用,系统执行时间约束一般	-	-	1.00	1.11	1.31	1.67	1.00
F ₇	主存储限制	系统使用限制性不强	-	-	1.00	1.06	1.21	1.57	1.00
F ₈	平台易失性	软件简单,平台要求低	-	0.87	1.00	1.15	1.30	-	0.87
F ₉	分析员能力	新开发项目,技术要求高,但软件简单小型,能力一般	1.50	1.22	1.00	0.83	0.67	-	1.00
F ₁₀	程序员能力	软件复杂度低,能力要求一般	1.37	1.16	1.00	0.87	0.74	-	1.00
F ₁₁	人员连续性	软件开发时间短,人员变化小	1.23	1.10	1.00	0.92	0.84	-	1.23
F ₁₂	应用经验	新开发项目,但软件简单,要求的经验一般	1.22	1.10	1.00	0.89	0.81	-	1.00
F ₁₃	平台经验	新开发项目,但软件简单,要求的经验低	1.25	1.12	1.00	0.88	0.81	-	1.12
F ₁₄	语言和工具经验	新开发项目,工具简单,对技术并没有什么经验	1.22	1.10	1.00	0.91	0.84	-	1.10
F ₁₅	软件工具	简单的 DELPHI 开发工具,技术不先进、不复杂	1.24	1.12	1.00	0.86	0.72	-	1.24
F ₁₆	多站点开发	开发人员少,没有多站点	1.25	1.10	1.00	0.92	0.84	0.78	1.25
F ₁₇	开发进度表	软件简单,开发进度能够按时进行	1.29	1.10	1.00	1.00	1.00	-	1.00
EAF									1.39

(5) U 的计算

U 是软件开发阶段单位工作量成本，是由软件开发阶段的总成本除以当时的实际工作量。即：

$$U = F/G$$

(6-8)

F 是软件开发的直接成本、间接成本、期间费用的总和，一般主要考虑人员工资、软硬件投入主要费用。中创软件公司的费用如下表 6-3：

表 6-3 审计版 6.01 开发成本 单位：人民币元

序号	项目名称	金额	备注
1	工资	1,075,688.00	
2	软件开发费	60,000.00	
3	包装制作费	37,580.00	
4	评审费	31,000.00	
5	会议费	230,854.84	
6	开发软件	25,730.78	
7	宣传费	15,000.00	
8	软件购置费	12,000.00	
9	设计费	9,700.00	
10	咨询费	8,500.00	
11	印刷品	5,600.00	
12	招聘费	2,515.00	
13	通讯费	1,000.00	
	合计	1, 515, 168.62	

G 是实际工作量，一般为开发人员与计算机软件实际工作时间之积，单位为 人月。经了解，中创软件公司在开发审计版 6.01 软件上共投入了 9 名开发人员，按照正常工作量折算，历时 4 个月。实际工作量为 36 人月。

因此根据公式可得到 $U=1515168.62/36=42088.02$ 元/人月

(6) ACT 的计算

系统软件的维护成本为纠正性维护、预防性维护、适应性和完善性更改，由于该软件为应用性软件，并且只是应用于初级适用，用于行业内的内部审计工作，因而维护成本相对较低。但是在使用过程中还发生部分改错纠正成本。

依据软件规模的大小来判定维护参数的值，软件规模小，且软件复杂程度较低，因此软件的维护成本相对较低，依据表 2-2 成本维护参数 ACT 取值 0.15。

(7) k 的计算

k 是软件行业平均利润率，据工信部 2006 年发布消息称，软件行业平均利润

率仅达 7%，而山东省税务局公布的关于营业税内成本利润率的核定，转让无形资产成本利润率核定为 15%。公司在核定成本利润率的时候，在利润的基础上还会提出一个 30% 的风险空间。中创软件公司的 2006SR09128 审计软件（审计专版 C6.01）规模小且简单易用，但目前仅在试用阶段，主要用于行业内的审计工作，行业内部利润上会要求较低，因此，我们暂时考虑成本利润率为 20%，以此来估算软件价值。

运用 COCOMO II 模型估算软件成本，以及其他参数的估计，我们得出中创软件公司审计专版 C6.01 的评估价值如下表 6-4：

表 6-4 审计专版 C6.01 计算机软件评估价值计算表				单位：万元
序号	项目	指标解释	所用数据	取值
1	A	校正常数		2.94
2	B	指数因子	规模度量因子 W_i	1.17
3	KLOC	软件源代码指令行数(千行)		258.80
4	EAF	工作量调整因子	成本驱动因子 F_i	1.39
5	Effort	工作量（单位人.月）	由 1、2、3、4 求的	90.25
6	F	软件开发实际投入的成本		151.52
7	G	实际工作量（单位人.月）		36.00
8	U	单位工作量成本	$U=F/G$	4.21
9	C1	软件开发成本	$C1=Effort*U$	379.95
10	C2	软件维护成本	$C2=C1*0.15$	56.99
	计算机软件成本			436.94
11	=C1+C2(万元)			
12	计算机软件价值		20%	524.33
	=C*（1+k）			

经过一系列计算，项目 3 软件 2006SR09128 审计软件（审计专版 C6.01）估算的成本是 436.94 万元，评估价值为 524.33 万元。

6.2.3 修正后 COCOMOII 模型估算

上节中运用 COCOMO II 模型对软件进行了成本估算和价值评估，但由于原模型中部分因子对我国目前的软件行业来说是不适合的，我们对其进行了修正，在这节中，我们运用修正后的 COCOMO II 模型对中创软件公司开发的审计专版 C6.01 版软件进行成本估算和价值评估。

（1）常数 A 的计算

A 是校正常数，同上节分析相同，A 取值为 2.94。

(2) 指数因子 B 的计算

指数因子 B 反映的是规模经济，其计算公式为：

$$B = 1.01 + 0.01 \sum_i W_i$$

(6-9)

其中， W_i 为规模度量因子，也成为定标因素。

所以我们需要计算规模度量因子，由 5.2 节中根据我国软件行业的特性进行参数修正后的定标因素，分析中创软件公司及开发的审计软件的特点，对定标因素的级别进行判定取值。

表 6-5 COCOMO II 定标因素

W_i	项目	解释	中创软件公司相关 指标介绍	等级					取值
				很 低	低	一 般	高	很 高	
W_1	先驱性	开发本项目的 经验	新开发项目没有什 么经验	4.05	3.24	2.42	2.62	0.81	3.24
W_2	开发灵 活性	开发项目的自 主灵活度	特定应用目的开发， 自主灵活性低	6.07	4.86	3.64	2.43	1.21	4.86
W_3	体系结 构和风 险控制	对项目风险分 析完成的程度	因新开发新项目，开 发过程需反复进行， 风险控制一般	4.22	3.38	2.53	1.69	0.84	2.53
W_4	小组凝 聚力	研究人员协作 的程度	人员较少，协作能力 强	4.94	3.95	2.97	1.98	0.99	1.98
W_5	过程成 熟度	项目研发机构 的过程控制能 力或成熟程度	作坊式软件开发，项 目管理程度不高	4.54	3.64	2.73	1.82	0.91	3.64
B									1.17

(3) KLOC 的计算

KLOC 是以千源代码行计数的程序规模。同上节中介绍相同，源程序指令行为 258.80 千行。

(4) EAF 的计算

工作调整因子 EAF 根据设定的成本驱动因子的评分来计算的，我们在 5.1 节中依据我国软件行业的特性对 COCOMOII 模型中的成本驱动因子进行修正，在此我们对修正后的成本驱动因子的级别根据中创软件公司新开发的审计软件的特性进行判定取值。

工作调整因子 EAF 的计算公式为：

$$EAF = \prod_{i=1}^{14} F_i \quad (i=1.....14)$$

(6-10)

其中，F_i是成本驱动变量的不同状态下的取值。

表 6-6 成本驱动变量

F _i	成本驱动变量	中创软件公司相关指标介绍	等级						取值
			很低	低	正常	高	很高	极高	
F ₁	产品需求性	特定应用目的的软件，需求性较高	0.75	0.90	1.00	1.15	1.34	1.49	1.15
F ₂	数据规模	小型软件，数据规模低	0.77	0.93	1.00	1.09	1.19	1.34	0.93
F ₃	产品复杂性	产品复杂度较低	0.70	0.88	1.00	1.15	1.30	1.66	0.70
F ₄	文档编制	软件小简单，文档贬值要求性一般	0.74	0.95	1.00	1.06	1.13	1.33	1.00
F ₅	执行时间限制	软件小型，简单易用，系统执行时间约束一般	0.70	0.94	1.00	1.11	1.31	1.67	1.00
F ₆	主存储限制	系统使用限制性不强	0.73	0.87	1.00	1.06	1.21	1.57	1.00
F ₇	平台易失性	软件简单，平台要求低	0.72	0.87	1.00	1.15	1.30	1.61	0.87
F ₈	人员能力	新开发项目，技术要求高，但软件简单小型，能力高	1.44	1.19	1.00	0.85	0.71	0.58	0.85
F ₉	人员连续性	软件开发时间短，人员变化小	1.23	1.10	1.00	0.92	0.84	0.71	1.23
F ₁₀	人员经验	新开发项目，对技术并没有什么经验	1.23	1.11	1.00	0.89	0.82	0.75	1.11
F ₁₁	软件工具	简单的 DELPHI 开发工具，技术不先进、不复杂	1.24	1.12	1.00	0.86	0.72	0.63	1.24
F ₁₂	管理控制性	作坊式软件开发，项目管理控制力小	1.45	1.20	1.00	0.87	0.74	0.67	1.20
F ₁₃	开发进度表	软件简单，开发进度能够按时进行	1.29	1.10	1.00	0.91	0.80	0.68	1.00
F ₁₄	客户信息化能力	并没有针对某一客户，信息化能力可不考虑	1.50	1.25	1.00	0.89	0.78	0.65	-
EAF									1.12

(5) U 的计算

U 是软件开发阶段单位工作量成本，是由软件开发阶段的总成本除以当时的实际工作量。

U 的计算同上节，最后可得 U=1515168.62/36=42088.02 元/人月

(6) ACT 的计算

软件成本维护参数，同上节分析，依据本文软件的规模大小，对成本维护参数 ACT 取值 0.15.

(7) k 的计算

成本利润率 k 的取值同上节分析，暂时考虑成本利润率为 20%，以此来估算软件价值。

表 6-7 审计版 6.01 计算机软件评估价值计算表 单位：万元

序号	项目	指标解释	所用数据	取值
1	A	校正常数		2.94
2	B	指数因子	规模度量因子 W_i	1.17
3	KLOC	软件源代码指令行数(千行)		258.80
4	EAF	工作量调整因子	成本驱动因子 F_i	1.12
5	Effort	工作量（单位人.月）	由 1、2、3、4 求的	72.72
6	F	软件开发实际投入的成本		151.52
7	G	实际工作量（单位人.月）		36.00
8	U	单位工作量成本	$U=F/G$	4.21
9	C1	软件开发成本	$C1=Effort*U$	306.15
10	C2	软件维护成本	$C2=C1*0.15$	45.92
11	计算机软件成本 =C1+C2(万元)			352.07
12	计算机软件价值 =C*（1+k）		20%	422.48

经过一系列计算，项目 3 软件 2006SR09128 审计软件（审计专版 C6.01）的估算成本是 352.07 万元，评估价值为 422.48 万元。

6.3 软件价值评估结果分析

我们运用 COCOMO II 模型及修正后的模型对中创软件公司新开发的软件 2006SR09128 审计软件（审计专版 C6.01）进行了成本估算及价值评估。

表 6-7 模型估算结果的比较

单位：万元

序号	项目	指标解释	原模型取值	修正后取值
1	A	校正常数	2.94	2.94
2	B	指数因子	1.17	1.17
3	KLOC	软件源代码指令行数(千行)	258.80	258.80
4	EAF	工作量调整因子	1.39	1.12
5	Effort	工作量（单位人.月）	90.25	72.72
6	F	软件开发实际投入的成本	151.52	151.52
7	G	实际工作量（单位人.月）	36.00	36.00
8	U	单位工作量成本	4.21	4.21
9	C1	软件开发成本	379.95	306.15
10	C2	软件维护成本	56.99	45.92
11	计算机软件成本 =C1+C2(万元)		436.94	352.07
12	计算机软件价值=C*（1+k）		524.33	422.48

运用第一种方法和第二种方法预测的软件工作量均大于实际的工作量，但是第二种方法更加接近。

运用原 COCOMO II 模型预测的软件开发工作量是 90.25 人月，需要 10 月，需要人工 9 人，而对成本驱动因子依据我国软件行业特性进行修正后，总的工作量发生了改变，开发工作量是 72.72 人月，需要 8 月，需要人工 9 人。从上面的比较可以看出，一个软件项目的开发受到很多因素的影响，这些因素有大有小，如果不考虑因素的影响，对项目的成本估计会有很大的影响，会使得估算的软件成本偏差较大。但由于在运用模型进行估算时，成本驱动因子以及参数 B 中的规模度量因子的取值是参与开发人员估算时依据项目取值的，存在较大的主观性，受主观因素的影响，所估算的工作量也与实际有所偏差。

虽然对 COCOMO II 模型中的因子和参数进行了修正，但就案例结果来说，虽然修正后的结果针对软件实际结果的精准度有所提高，但是仍然存在一定的差异，这主要是由于模型估算时主观性因素的影响导致的。对于 COCOMO II 模型，规模度量因子的等级取值会受到软件属性和估算人员的影响，而估算人员的选择具有较大的主观性，影响也较大。同时，模型中成本驱动因子的等级选择取值受项目属性和估算人员的影响因素也较大，在选择等级时，人员的主观性会导致相同的软件项目可能会出现不同的等级取值，主观性因素会影响模型估算结果的准确度。

在模型中,成本驱动因子的设定是难以全部考虑的,不同的软件项目所受到的因素影响是不同的,而且因素影响的程度也会有所不同。在原模型以及我们修正后的模型中,成本驱动因子考虑的因素并不全面,设定时也主要是考虑当时软件行业环境下,会影响到软件成本的因素主要有哪些,对于一些我们未曾考虑到的,或者影响程度小的因素,在考虑时难免会忽略,因为如果全部因素都要考虑的话,那么过多的因素会使得模型难以估量,而且主次也会难以区别,这种误差是必然存在的,只能在考虑因素时,尽可能全面的考虑,并选择其中影响较大的因素进行分析,尽可能贴近要估算软件的特性,以降低误差。

7 研究结论

我们选取了中创软件公司的 2006SR09128 审计软件(审计专版软件 C6.01),并利用得到的软件相关数据进行软件成本估算,以 COCOMO 模型估算出的软件成本为基础,估算的成本是 436.94 万元,评估价值为 524.33 万元;运用修正后的 COCOMO II 模型对软件进行评估,得到的估算成本是 352.07 万元,评估价值为 422.48 万元。

两种估算结果与公司实际工作量进行比较,可发现,运用修正后的模型评估的软件工作量与公司实际工作量更为接近,说明运用修正后的 COCOMO 模型估算软件成本是可行的,但是仍然存在一定的差异,这是因为在运用模型时,模型中的成本驱动因子和部分参数是考虑当时的软件情况自己设定的,具有主观性,评估的结果受其影响,自然与其他方法得到的评估结果存在误差。同时,这些因素在设定时,也是考虑重要性原则而设立的,由于受人为因素的影响,设立的因素并不全面,因此得到的估算结果与实际也会存在一定差异。

运用 COCOMO II 模型和成本法对软件价值评估,我们选取中创软件公司的 2006SR09128 审计软件(审计专版软件 C6.01)进行价值评估,对得到的结果进行分析,发现两种估算结果与实际的结果有所差异,本文研究中所在一定的局限:1)模型中成本驱动因子是考虑对软件成本有所影响的因素,但是在确定因素时,考虑因素并不全面,且每个软件系统都有其自身的特性,因素影响程度也会有所不同;2)在运用模型进行成本估算时,模型中成本驱动因子与规模度量因子的等级取值具有主观性,是研发人员依据项目特性取值的,但是主观性因素的存在,导致评分结果可能会有所差异;3)在依据我国软件行业的特性,对模型进行修正时,修正后的因素并不全面且具有主观性,虽然较原模型来说,估算结果的精准度在逐步提高,但是仍然存在一定的误差。

进入 21 世纪以来,我国软件行业一直在逐步发展,各种软件开发的模型、技

术及方法不断完善提高以期适应于我国软件业的应用。通过对 COCOMO II 模型的校正,同时利用软件行业历史项目数据进行优化,不断调整模型估算参数和模型成本驱动因子,提高软件成本预测的准确度,更好的服务于软件度量,因此,本文在成本模型方面的修正工作,对于企业软件开发及软件成本估算具有实际价值。

由于数据的缺少,以及知识的有限,在对 COCOMO II 模型进行修正时,考虑的因素可能不全面,而且由于企业的特殊性,在模型中的因素等级划分取值时,不同的软件或企业都会有不同的着重点,因此成本驱动因子的修正和参数的修正只能使模型相对于我国软件业来说趋向于精准,但仍然会存在一定误差。软件估算不可能达到完全精准的程度,只能在一定误差范围内保持估算精准度,为了降低估算所带来的误差,就需要对估算时需要的数据进行精准确定核算,尤其是模型内主观设定的因素,需要考虑估算软件的自我属性,力求降低存在的误差,提高软件成本估算的精准度。

为提高软件估算的精准度,在估算时,评价其他软件的成本估算模型(如 Putnam 模型),并依据软件业的特性,对其他软件模型进行修正,以期得到更加准确的估算结果。在对同一软件项目进行估算度量时,可以使用多个软件估算模型,并对模型进行互相校正,降低单一模型估算的误差,进一步提高软件估算结果的精准度,更好地为软件项目的进行提供服务。

参考文献

- [1]彭英.软件成本估算模型的研究与应用[D].中南大学, 2007
- [2]王万山.成本法在软件价值评估中的运用——以 COCOMO 模型为例[J].科技管理研究, 2005,4:149-152
- [3]杨海峰.计算机软件产品的成本与定价[J].财会通讯, 2002, 5 (265): 40-41
- [4]肖米元, 吴涛, 陆永忠.软件项目管理与案例分析[M].北京: 清华大学出版社, 2009
- [5]陈伟.中国软件业发展呈现六大特点.信息产业部
- [6]刘德运.无形资产评估[M].北京: 中国政治经济出版社, 2010
- [7]周正深, 曹庆华.计算机软件成本的构成及其核算[J].意见与建议, 2000, 5 (241): 39-40
- [8]甘早斌, 聂正茂, 卢正鼎.软件开发成本估算技术综述[J].计算机工程与科学, 2005, 27 (6): 108-110
- [9]许道利.基于模型的软件成本估算技术研究及工具原型的实现[D].国防科学技术大学, 2007
- [10]李文艳.软件成本估算技术比较及趋势分析[J].计算机与现代化, 2009 (8): 26-28
- [11]李明树, 何梅, 杨达, 舒风笛, 王青.软件成本估算方法及应用[J].软件学报, 2007,18 (4): 775-795
- [12]房东.软件项目估算模型研究与实践[D].山东大学, 2006
- [13]许道利.基于模型的软件成本估算技术研究及工具原型的实现[D].国防科学技术大学, 2007
- [14]张路.美国软件成本研究述评[J].价值工程, 2010:150-151
- [15]台安.软件开发成本估算研究与实践[D].中山大学, 2006
- [16]李明树等.软件成本估算方法及应用[J].软件学报, 2009, 4(8)
- [17]李倩, 马永杰, 杜亚江, 柴获.软件成本估算技术及应用[J].兰州交通大学学报, 2009,28 (3): 65-68
- [18]窦梅娜.计算机软件评估研究[D].西南财经大学, 2006
- [19]胡樱.软件成本估算[J].舰船电子工程, 2005 (6): 14-18
- [20]李博, 张霖.典型软件成本估算方法比较及选择[J].计算机集成制造系统, 2008, 14(7): 1441-1448
- [21]徐克奇.软件成本模型的理论研究与工具开发[J].计算机应用研究, 2000 (3): 52-54
- [22]周杰, 杜磊.COCOMO II——软件项目管理中的成本估算方法[J].计算机应用研究, 2000 (11): 56-58
- [23]张路.软件产品的标准成本研究[J].价值工程, 2010,29 (23): 164-165
- [24]刘泽星, 李建华, 费耀平.软件规模评估方法的研究与应用[J].计算机工程, 2002,28(12): 113-114
- [25]甘早斌, 聂正茂, 卢正鼎.软件开发成本估算技术综述[J].计算机工程与科学, 2005, 27 (6): 108-110
- [26]朱建东, 齐传辉, 侯锡铭, 王建文.一种软件开发成本估算技术[J].计算机工程与应用, 2010,46 (16): 71-73
- [27]唐颖.软件项目成本估算研究[D].电子科技大学, 2006

- [28]周海玲.关于软件成本估算模型 COCOMO 的研究与校准的探讨[D].兰州大学, 2005
- [29]殷豪.计算机软件价值评估研究[D].广东工业大学, 2000
- [30]舒华英等.IT 项目管理[M].北京: 北京邮电大学出版社, 2006
- [31]草汉平, 王强, 贾素玲.信息系统开发与 IT 项目管理[M].北京: 清华大学出版社, 2006
- [32]赵玮.软件工程经济学[M].陕西: 西安电子科技大学出版社, 2008
- [33]王峰娟. 计算机软件的成本特征与定价方法[J]. 北京商学院学报, 2001, 16(3)
- [34]杨海峰.计算机软件产品的成本与定价[J].财会通讯, 2002, 5 (265): 40-41
- [35]陈菊萍.国外软件估算工具研究[J].计算机与网络, 2011
- [36]罗震.S 公司软件项目成本管理研究[D].西北工业大学, 2007
- [37]赵利刚, 王晶, 王晓玲.软件成本预测方法研究[J].航天工业学报, 2011, (4): 40-46
- [38]陶华亨.软件工程初级教程[M].北京: 清华大学出版社, 2010
- [39]王永辉.软件项目成本管理研究——以人事监督系统项目为例[D].中国地质大学, 2008
- [40]吴先平.基于用例的软件成本估算研究[D].上海师范大学, 2009
- [41]李鹏.基于 COCOMO II 模型的软件评估软件-系统设计及实现[D].山东大学, 2004
- [42]魏晓进.一种新的软件成本估算方法[A].Systems Engineering, Systems Science and Complexity Research—Proceeding of 11th Annual Conference of Systems Engineering Society of China[C];2000
- [43]Lee Anita, Cheng Chun Hung, Balakrishnan J.Software development cost estimation: Integrating neural network with cluster analysis[J].Information & Management, 1998, 34 (1): 1-9
- [44]Iman Attarzadeh , Siew Hock Ow. Proposing a New Software Cost Estimation Model Based on Artificial Neural Networks[J].Software Engineering,2010IEEE,487-491
- [45]K. Vinay Kumar, V. Ravi, Mahil Carr, N. Raj Kiran. Software development cost estimation using wavelet neural networks[J].The Journal of Systems and Software81(2008),1853-1867
- [46]Stenberg, R.Component Processes in Analogical Reasoning[J].Psychological Review, 1977, 84: 353-378
- [47]L. Angelis, I. Stamelos, M. Morisio. Building a Software Cost Estimation Model Based on Categorical Data[J]. IEEE, 2001: 4-15
- [48]Xishi Huang, Luiz F. Capretz, Jing Ren.ANeuro-Fuzzy Model for Software Cost Estimation[J]. Computer Society, 2003
- [49]Barry Boehm. Safe and Simple Software Cost Analysis. IEEE, 2000, Volume17(5): 14-17
- [50]Nasser Tadayon. Neural Network Approach for Software Cost Estimation. Proceedings of the IEEE International Conference on Information Technology: Coding and Computing, April 2005, Volume 2: 815—818
- [51]Wolfhart B. Goethert, Elizabeth K. Bailey, Mary B. Busby. Software Effort & Schedule Measurement: A Framework for Counting Staff-hours and Reporting Schedule Information[R]. Carnegie Mellon University,1992
- [52]William A.Florac, Robert E.Park, Anita D.Carleton. Practical Software Measurement: Measuring for Process Management and Improvement[R]. Carnegie Mellon University,1997
- [53]GB20157-2006 信息技术 软件维护, 中国国家标准化管理委员会发, 2006 年 7 月 1 日起实施

作者简历

杜海凤，2006 年 9 月份考入北京交通大学金融学专业，后 2010 年 7 月考入北京交通大学会计学专业。

在大学期间，认真学习专业课程，按时完成学院所规定的学分，并认真参加学院的实习活动，2010 年 1 月至 3 月期间在中瑞岳华会计师事务所审计部实习，2011 年 6 月至 2011 年 7 月在山西焦煤西山煤电集团有限公司财务部实习。

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作和取得的研究成果，除了文中特别加以标注和致谢之处外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得北京交通大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名：

杜海月

签字日期：2012 年 6 月 15 日

学位论文数据集

表 1.1： 数据集页

关键词*	密级*	中图分类号*	UDC	论文资助
学位授予单位名称*	学位授予单位代码*	学位类别*	学位级别*	
北京交通大学	10004			
论文题名*	并列题名		论文语种*	
基于 COCOMO 模型的软件定价方法研究			中文	
作者姓名*	杜海凤	学号*	10125405	
培养单位名称*	培养单位代码*	培养单位地址	邮编	
北京交通大学	10004	北京市海淀区西直门外上园村 3 号	100044	
工程领域*	研究方向*	学制*	学位授予年*	
	会计	2 年	2012	
论文提交日期*	2012-06-13			
导师姓名*	肖翔	职称*	教授	
评阅人	答辩委员会主席*	答辩委员会成员		
电子版论文提交格式 文本（ ） 图像（ ） 视频（ ） 音频（ ） 多媒体（ ） 其他（ ） 推荐格式： application/msword; application/pdf				
电子版论文出版（发布）者	电子版论文出版（发布）地	权限声明		
论文总页数*	63			
共 33 项，其中带*为必填数据，为 22 项。				