

基于 EVA 的软件项目跟踪与监控的实施

谢 一 张为群

(西南大学计算机与信息科学学院 重庆 400715)

摘 要 项目跟踪与监控(SPTO)是软件过程管理的重要组成部分,如何对项目进行有效的跟踪与分析是该活动的关键。挣值分析法(EVA)是工程领域中的一种有效的分析法,将它引入到 SPTO 中,并结合一个具体项目,围绕 EVA 详细讲述了 SPTO 的实施情况。

关键词 挣值分析法,项目跟踪与监控

The Implementation of Software Project Track and Monitoring Based on EVA

XIE Yi ZHANG Wei-Qun

(Dept. of Computer and Information Science, Xinan University, Chongqing 400715)

Abstract Software project track and monitoring (SPTO) is an important component of the software process management, the key of it is how to carry on the effective track and analysis to the project. The Earned Value Analysis is an effective method in engineering domain, importing it to SPTO and combining a concrete project, described the implementation situation of SPTO surrounding EVA in detail.

Keywords Earned Value Analysis (EVA), Software project track and monitoring (SPTO)

1 引言

在对软件过程进行管理时,项目跟踪与监控(SPTO)的有效实施可以增强项目进度的可视度,从而在项目进度与计划出现严重偏差时增强可控度。

目前,对 SPTO 的研究通常只指明了它应达到的目标以及达到该目标应完成的关键活动,但对如何实现这些能力和目标,没有给出详细的指导及具体的实现技术。

挣值分析法是在工程领域中使用的一种有效的分析法,能全面衡量项目进度、成本状况。本文针对 SPTO 的目标和关键活动,将挣值分析法(EVA)引入到该软件过程活动中,详细讨论了如何以 EVA 为基础来实施 SPTO,从而为企业在具体实施 SPTO 时,提供实质性的指导和相关技术。

2 挣值分析法

挣值分析法是一种能全面衡量项目进度、成本状况的整体方法。它不以投入资金的多少来反映项目的进展,而是以资金已经转化为项目成果的量来衡量,它综合地考虑范围、时间及成本 3 项约束,是一种完整和有效的项目进度与成本监控方法。

挣值法的三个基本值是:

计划工作的预算费用 BCWS,即根据认可的进度计划和预算,到某一时点计划要求完成的工作量所需的预算费用。

已完成工作的预算费用 BCWP,即根据认可的预算,到某一时点已经完成的工作应当投入的资金,即挣得值。

已完成工作的实际费用 ACWP,即到某一时点已完成的工作所实际花费或消耗的金额。

通过三个基本值的对比可以对项目的实际进展情况做出明确的测定和衡量,有利于对项目进行监控。由三个基本值

可以导出挣值法的六个评价指标:

(1)费用偏差 CV。计算公式为:

$$CV = BCWP - ACWP$$

CV 是指检查时点 BCWP 与 ACWP 之间的差异。当 CV 为负值时,表示费用超支;当 CV 为正值时,表示费用有节余。

(2)进度偏差 SV。计算公式为:

$$SV = BCWP - BCWS$$

SV 是指检查时点 BCWP 与 BCWS 之间的差异。当 SV 为负值时,表示进度延误;当 SV 为正值时,表示进度提前。

(3)费用绩效指标 CPI。计算公式为:

$$CPI = (BCWP - ACWP) / ACWP$$

当 CPI 为正值时,表示低于预算;当 CPI 为负值时,表示超出预算。

(4)进度绩效指标 SPI。计算公式为:

$$SPI = (BCWP - BCWS) / BCWS$$

当 SPI 为正值时,表示进度提前;当 SPI 为负值时,表示进度延误。

(5)项目预算的总成本 BAC。

(6)项目完成时的总成本 EAC。

3 SPTO 实施的背景

软件项目跟踪与监控^[4],是指根据文档化的软件项目计划来跟踪和审查软件的完成情况和成果,即周期性地跟踪和监控项目各单元,如进度、工作量、成本、资源等,不断了解项目的进展情况,并根据实际完成情况和成果纠正偏差和调整项目计划。

3.1 SPTO 实施的组织结构

SPTO 的实施并不是孤立进行的,它不能脱离软件过程的整体组织结构来执行,同时它与其它过程活动的实施也是

相辅相成的。软件过程的核心组织结构如图 1 所示。实施 SPTO,首先需要得到高层管理者的支持以及项目负责人的管理。进度跟踪组是 SPTO 实施的主要工作组,其它工作组是进度跟踪组的基础。它主要负责对软件工程组、配置管理组等工作的跟踪和监督,即对其它组的工作情况进行收集、录入、存储、分析和管理,必要时采取纠正措施。

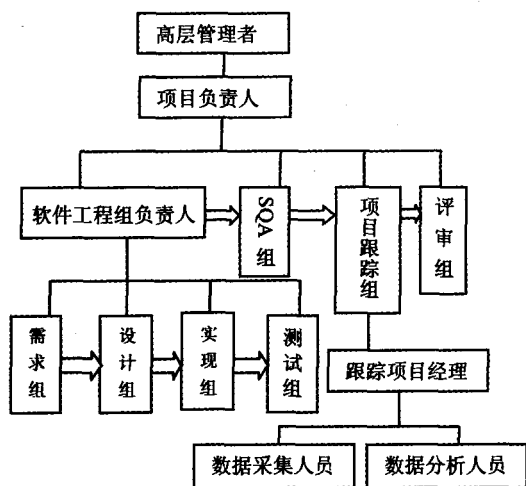


图 1 组织结构图

3.2 SPTO 实施的前提

开展软件工程项目,首先要制定软件项目计划。它的实施是 SPTO 实施的前提,是跟踪软件活动、交流状态和修改计划的基础或称跟踪基线。若偏差是由于软件计划的不合理所导致,则返回到 SPP 过程,实施软件计划的变更。变更经过评审批准后,SPTO 依据变更后的计划继续实施跟踪管理。这是一个往复循环改进的过程,贯穿了软件开发的整个生命周期。

本文将主要以业务报表报送系统为例,围绕挣值分析法来讲述项目跟踪与监控的实施。该报送系统实现了粮食局体系的粮油报表报送功能。区县粮食局填入月度、季度、年度的粮油相关报表,然后上报至地级市粮食局,地市级粮食局将汇总后的结果上报到省级粮食局。省局粮食局对报表进行汇总、统计和分析。它主要分为系统管理、数据录入、数据上报、数据查询、数据分析汇总等模块。该系统的部分编码阶段的项目计划数据表,如表 1 所示。

表 1 项目计划部分数据表

工作单元 (编码)	计划工作量 (人日)	计划事务 成本(元)	计划人力 成本(元)	计划规模 (行)	监控点 (完工比例)
系统管理 子模块	10	100	2160	2310	50%
数据录入 子模块	20	160	4320	5560	50%
数据上报 子模块	5	0	1080	1350	100%

4 SPTO 的实施

SPTO 分为基本跟踪和详细跟踪。基本跟踪不需要详细的度量数据,只需跟踪活动的完成情况。本文将围绕挣值分析法讲述详细跟踪的实施情况,它的核心工作流程图如图 2 所示。下面是以业务报表报送系统为例将项目跟踪与监控主

要分为四个流程来进行讲述:数据采集、数据分析、评审、偏离控制。

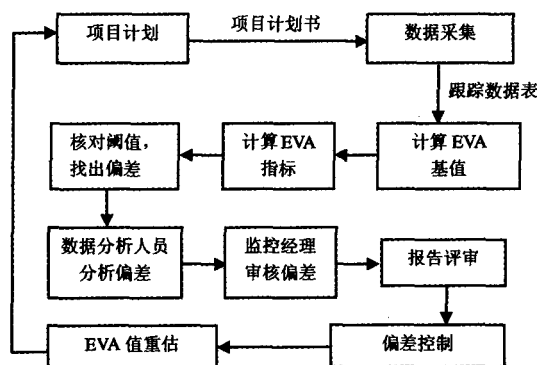


图 2 跟踪与监控流程

4.1 数据采集

数据采集是根据建立的信息采集机制来收集软件计划当中确定的数据,以用于分析项目的状态。在经过确认的《项目计划书》中规定的里程碑、监控点处,由数据采集人员对采集的数据进行整理,将采集到的数据填写到设计好的《项目跟踪与监控数据表》中。在采集过程中,必须保证数据的及时性和正确性。数据采集所涉及到的内容及相应的采集机制如下:

- (1)记录所有主要软件工作产品的规模(或更改的规模):由程序人员或数据采集人员通过正规的编辑器和行计数器计量 LOC,等到数据足够多后可以根据公认的代码行数到功能点数的转换表来将规模数据统一到功能点;记录实际的文档数。
- (2)记录项目的工作量:由员工将自己从事活动花费的实际时间填写到相应活动项目中即可。对突发事件,可填写到附加表格上,工作量的采集可通过周活动报告来上交,由数据采集人员进行整理并对应《项目计划书》中计划的工作量计算出完工比例。
- (3)记录项目的成本:由数据采集人员根据工作量计算人力费用;对于项目开发过程发生的一些随机费用,如交通费,业务招待费等,由产生费用的相关人员填写。
- (4)记录项目所使用的重要计算机资源:制定计算机资源表,由工作人员对它的使用情况(包括使用频率和数量)进行记录,由数据采集人员进行整理。
- (5)记录项目的软件日程:由数据采集人员记录项目相关的软件活动、里程碑。

(6)在单元测试处,记录缺陷数。

(7)跟踪软件工程技术活动:软件工程组的成员将他们的技术情况报告给项目跟踪与监控的项目经理。

(8)跟踪项目相关的软件风险:由数据采集人员根据风险列表监督项目的情况。

表 2 项目跟踪与监控部分数据表

工作单元 (编码)	实际工作量 (人日)	实际人力 成本(元)	实际事务 成本(元)	完工 比例	实际规模 (行)
系统管理 子模块	5	1080	42	60%	1254
数据录入 子模块	10	2160	122	47%	4820
数据上报 子模块	5	1080	0	100%	1350

在如上的采集内容中,记录的工作量、完工比例、成本将直接用于挣值分析法的分析,而其它记录项会用于其它分析法并且作为偏差原因分析的参考。表 2 是根据软件计划书中规定的软件日程对教务系统进行跟踪所采集到的部分数据列表。

4.2 数据分析

数据分析的目的是根据获得的实际数据,对照计划,分析项目的进展状态,找出偏离,解决或预防问题。在分析过程中,我们会用到若干种分析法,如一些统计分析法可用于衡量项目的稳定性,挣值分析法用于项目的成本、进度的分析,缺陷密度法将用于项目质量的分析,关键路径法用于项目进度的分析。因此,在分析时,分析人员需根据特定的需求,选择相应的分析法。本文将主要讲述用挣值分析法来对数据进行分析:

1)根据项目计划数据表和项目跟踪与监控数据表中相应的工作量、成本、完工比例,可以分别计算出三个基值 BCWS、BCWP、ACWP。这里以表 1、表 2 中的数据录入子模块为例,得到相应的值如表 3 所示。从该图可以看出已完成工作的预算费用 BCWP 与已完成工作的实际费用 ACWP 的值不同,则表明计划与实际存在一定的偏差。

表 3 基值计算表

基值名	计算公式	基值
BCWS	(表 1. 计划人力成本+表 1. 计划事务成本)*表 1. 监控点	2240
BCWP	(表 1. 计划人力成本+表 1. 计划事务成本)*表 2. 完工比例	2105.6
ACWP	表 2. 实际人力成本+表 2. 实际事务成本	2282

2)根据得到的基值计算得到有关计划实施的进度和费用偏差,而达到判断项目预算和进度计划执行情况的目的。根据上面计算出来的基值,计算出相应的四大指标值,如表 4 所示。

表 4 指标计算表

指标名	计算公式	指标值
CV	表 3. BCWP-表 3. ACWP	-176.4
SV	表 3. BCWP-表 3. BCWS	-134.4
CPI	表 4. CV/表 3. ACWP	-6.3%
SPI	表 4. SV/表 3. BCWS	-6%

从表 4 中可以看出,费用偏差 CV 表明,我们已经完成价值 2105.6 元的工作 (BCWP),但完成这些工作实际花了 2282 元 (ACWP),则我们完成的工作比原先计划的少花了 176.4 元 (CV);进度偏差 SV 表明,到目前为止,在数据录入模块上我们应该已经完成价值 2240 元的工作,但我们实际完成了价值 2105.8 元的工作。这样,我们延误了价值 134.4 元的工作;CPI 表明,我们已经完成价值 2105.6 元的工作 (BCWP),为完成这些工作我们花了 2282 元 (ACWP),实际上我们每花一元少产生 7.7% 的工作价值 (成本表现指数);SPI 表明,我们应该已经完成价值 2240 元的工作,但我们实际完成了价值 2105.6 元的工作,这样我们每花一元就延误了相当于工作价值为 6% 的工作。根据表 3 和表 4,可得到相应的挣值分析原理图,如图 3。

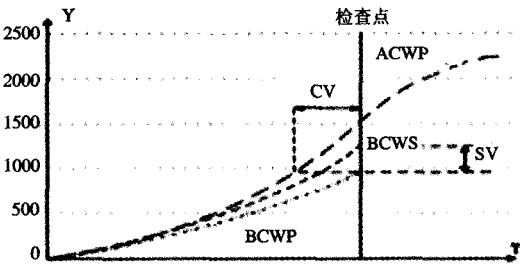


图 3 挣值分析法的原理

3)核对 EVA 决策标准中的阈值,找出其中超过阈值的数据,从而发现偏差较大的项目单元;针对项目中绩效指数的不同程度,可以对项目的当前运行状态进行监控,划分出不同的区域,以供管理层决策,如图 4 所示。根据表 4 和图 3 可以看出,报送系统中数据录入子模块的进度在可接受的范围之内,我们只需要继续对模块进行关注和跟踪即可。

程度	SPI 或 CPI	决策
严重	±20%到±30%	高层的介入,要求限期整改,并采取惩罚措施
一般	±15%到±20%	高层关注,并分析原因,尽快纠正
可接受	±15%以内	关注发展趋势

图 4 基于 EVA 的决策标准

4)结合项目的各方面因素,根据工作量/进度性能指南,识别潜在的问题,对严重偏差给出偏差纠正措施。

由数据分析人员对数据进行比较分析,再交项目跟踪经理负责审核,最终出具一份有效的《数据分析报告》。

4.3 报告评审

报告评审就是在项目计划书中设定的里程碑处进行的评审活动,即对软件项目成果进行审查,对客户和其他的主要共利益者沟通项目的状态。由项目跟踪经理或者相关项目跟踪人员汇报数据分析报告中的内容,然后由客户、高级管理层、项目管理层、软件工程组的相关人员组成评审组根据《项目计划书》、《项目计划跟踪与监控数据表》、《数据分析报告》通过召开评审会议的方式来进行审核。当高级管理层和其中任意两个组通过后,评审会达成最终意见后,出具《评审报告》。

4.4 偏离控制

偏离控制的目的是根据项目实际运行情况对与计划偏离较大的活动进行控制,使项目计划更符合项目的实际状况。

1)根据偏差原因,执行偏差纠正措施。若偏差是由于《项目计划书》本身引起,则由项目经理提交项目计划变更申请给高层管理者,执行项目计划变更管理流程;若项目偏差是由项目成员执行的不正确引起的,那么要求项目成员弥补偏差,避免原计划实施失败;若偏差是由于产生突发事件所致,则启动执行风险应急计划,由高层管理者,项目经理讨论风险应急措施。

2)根据挣值分析法对项目进行重新估算。分析结果除可用于评价项目目前的状况外,亦可对完成情况进行预测。

$$EAC = \text{目前为止的实际成本} + (BAC - BCWP) / CPI; \quad (1)$$

$$EAC = \text{目前为止的实际成本} + \text{剩余工作的重新估算}; \quad (2)$$

$$EAC = BAC / CPI \quad (3)$$

(下转第 272 页)

```

>Require Arith.
>Require Compare_dec.
>Inductive maxn (f:nat->nat):nat->nat->Prop:=
  maxnO : (maxn f O (f O))
  | maxnSg : forall n m:nat, (maxn f n m)->
    (ge m (f (S n)))->
    (maxn f (S n) m)
  | maxnSl : forall n m:nat, (maxn f n m)->
    (le m (f (S n)))->
    (maxn f (S n) (f (S n))).

```

接下来我们来证明对于所有的 f 和 n 存在一个自然数 m , 它是集合 $\{f(0), \dots, f(n)\}$ 的最大值, 证明是构造性的, 篇幅有限, 没有完全列出:

```

>Lemma max_val : forall (f:nat->nat)(n:nat),
  exists m:nat, maxn f n m.
>Proof.
...
>Qed.

```

这时, 系统会返回我们交互信息“max_val is defined”。现在我们用 Coq 相关命令来提取程序:

```

>Require Extraction.
>Extraction Language Ocaml.
>Extraction "maxv" max_val.

```

得到的 maxv.ml 就是经过验证了的 Ocaml 程序, 其代码如下:

```

>let max_val f n=
  let rec f2=function
    O->f O
    | S n1->match le_ge_dec (f2 n1)(f (S n1))
  with
    Left _ren -> f (S n1)
    | Right _ren -> f2 n1
  in f2 n

```

以上代码已经在 Coq 8.0pl2 和 Ocaml v3.08.4 上进行过验证。

(上接第 265 页)

式(1)将完工成本的计算划分为两大部分: 已成事实部分和对剩余任务的预测部分。假设剩余任务的完成情况和已完成任务的成本花费情况是近似的, 因此用当前情况下采集的成本执行指数参与计算; 式(2)也将完工成本的计算划分为两大部分: 已成事实部分和对剩余任务的预测部分。但它更注意对后续阶段任务划分和成本的改进, 对剩余工作成本采用重新估算的数据值, 这种方法更切合实际, 如果估算方法得当, 估算人员有一定的工作经验, 那么式(2)的 EAC 的计算结果将比式(1)精确。但是, 对剩余工作成本的重新估算是需要时间和人力资源的, 即估算是成本的。应该在精确程度和花费的成本二者之间寻求一个平衡, 也就是要根据项目组织自身的工作能力、项目的大小和成本以及进度的限制为先决条件, 因地制宜地进行 EAC 的估算。式(3)是最简单也是最不精确的估算。它仅仅以目前项目的状况作为整个项目状况

结束语 经过十多年的发展, Coq 的程序提取机制从最开始的只是一个试验性质的工具变为一个成熟的程序验证框架。其表示能力, 正确性和交互性都有了很大的提高, 它在程序验证方面起着越来越重要的作用。但这并不说明这一机制已经相当完善了, 首先, 通过程序提取器提取出来的程序虽然进行了大量优化工作, 仍然有一定的冗余结构, 增加了程序的尺寸; 其次, 这一领域的大规模的提取工作不多, 因此还缺乏进行大规模验证工作的库, 需要我们进一步地补充和丰富。我们也提倡感兴趣的读者使用该系统, 为系统验证库的扩充作出贡献。

致谢 感谢英国伦敦大学罗朝晖(Prof. Zhaohui Luo)教授、英国杜伦(Durham)大学保罗·卡拉汉博士(Dr. Paul Callaghan)的帮助和指导, 感谢来自欧盟和杜伦大学的资助。

参考文献

- Berger U, Berghofer S. Program extraction from normalization proofs, 2005
- Nordström B, Petersson K, Smith J. Programming in Martin-Löf's type theory. An introduction. Oxford University Press, 1990
- The Coq Development Team. The Coq Proof Assistant Reference Manual (Version 8.0), 2005
- Barendregt H P. Lambda calculi with types. In: Samson Abramsky, Dov M. Gabbay, Thomas S. E. Maibaum, eds. Handbook of Logic in Computer Science. Oxford University Press, 1992, 2
- Coquand T, Huet G. The calculus of constructions. Information and Computation, 1988
- Letouzey P. Certified functional programming. Program extraction within Coq proof assistant. [PhD manuscript]. 2004. 7
- Heine M, Urzyczyn P. Lectures on the Curry-Howard Isomorphism. 1998. 5
- 庞建民, 赵荣彩. Haskell 语言的高阶特性及其应用. 计算机科学, 2005(6)
- Letouzey P. A New Extraction for Coq. Types for Proofs and Programs, Second International Workshop. Springer-Verlag, 2003
- 蒋慧, 林东, 孙泉, 谢希仁. 构造类型论与计算机程序设计. 计算机科学, 2002, 29
- 郝宁湘. 构造性数学及其哲学意义. 自然辩证法通讯, 1997

的典型代表, 不考虑改进工作对项目的影响, 更适合于比较小的项目。

3) 跟踪偏差纠正过程, 直到偏差消除。

结束语 本文主要围绕挣值分析法讲述了对软件过程管理中的项目跟踪与监控的实施背景与实施步骤, 对 SPTO 的具体实施有重要的指导意义。

参考文献

- Shandilya R T(印)著. 软件项目管理[M]. 王克仁译. 科学出版社, 2002
- Conradi H, Fuggetta A. Improving software process improvement [J]. Software. IEEE, 2002
- 陈海燕, 梁成才, 等. CMM 二级 KPA 软件项目跟踪和监督的一个设计实施方案[J]. 计算机工程, 2004
- 郑人杰, 王伟, 等. 基于软件能力成熟度模型(CMM)的软件过程改进一方法与实施[M]. 清华大学出版社, 2003