

# 软件项目进度风险的定量分析方法

何剑虹<sup>1</sup> 白晓颖<sup>1</sup> 胡林平<sup>2</sup>

(清华大学计算机科学与技术系 北京 100084)<sup>1</sup> (中国航空工业第六三一研究所 西安 710068)<sup>2</sup>

**摘 要** 软件项目超期仍然是业界的一个普遍现象,进度延期可能直接导致项目质量下降、费用超支甚至失败,因此项目执行过程中对于进度的风险控制至关重要。从定量分析的角度探讨项目进度管理的风险管理方法,并对 3 种主要的进度管理方法和模型——PERT/CPM 方法、关键链方法、事件链方法——进行了调研和对比。其中,事件链是近年来新提出的一种针对风险事件进行建模和分析的方法,为进一步研究有效的进度风险管理控制方法和技术提供了新的思路和视角。

**关键词** 软件项目,进度风险,定量分析,事件链

中图法分类号 TP311 文献标识码 A

## Quantitative Risk Analysis of Software Project Schedule Management

HE Jian-hong<sup>1</sup> BAI Xiao-ying<sup>1</sup> HU Lin-ping<sup>2</sup>

(Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China)<sup>1</sup>

(631 Institute of China Aviation Industry, Xi'an 710068, China)<sup>2</sup>

**Abstract** Project delay is still a common phenomenon in software development, which may affect seriously in software quality and cost, even result in project failure. Risk control is thus essential for project schedule management. The paper analyzed the quantitative approaches for schedule risk analysis and management. It surveyed and compared the three typical models of software project management, including PERT/CPM, Critical Chain/Buffer Management, Event Chain Methodology. Among them, the Event Chain is a newly proposed model and risk analysis method from 2004. It introduces the event model into traditional models of activities, which captures the basic characteristics of risk occurrence and propagation. It represents a new viewpoint with a separated and dedicated risk model, and promotes a innovative approach for quantitative risk analysis.

**Keywords** Software project, Schedule risk, Quantitative analysis, Event chain

## 1 引言

在软件项目中,项目的进度目标是项目管理的 3 大目标之一,直接关系着项目的成败。项目进度管理就是保证项目按时完成的过程。进度问题仍然是整个项目中的主要冲突之一<sup>[1]</sup>。美国专门从事跟踪 IT 项目的权威机构 Standish Group 发布的调查报告<sup>[2,3]</sup>表明,相当比例的项目超出了估算的时间:从 1994 年到 2009 年这 15 年的时间里,在所调查的所有 IT 项目中,延期超支项目所占的比例始终维持在 50% 上下。这反映了软件项目的进度管理并没有得到实质性的改善。

导致软件项目延期的原因有很多<sup>[4]</sup>,比如项目进度本身不合理、人员技能未达到要求、项目成员责任心不强、项目沟通问题、项目人员流失、质量因素的制约、项目的风险管理工作没有做好、项目范围出现变化、项目开发模式和选用工具技术有问题、系统架构的问题等等。所有这些原因都会对软件项目进度造成影响,引发进度风险。因此,对项目进度进行风

险管理是项目进度管理中一个必不可少的工作。对项目管理中的进度风险管理进行研究和探索,有效地评价项目的进度风险,对于项目的顺利实施具有重要意义。

风险是指在某一特定环境下,在某一特定时间段内,某种损失发生的可能性。风险管理是指如何在一个具有风险的环境里把风险减至最低的管理过程,它对项目中的各种风险的不确定性进行正确评估,对高风险的事件进行重点管理,包括了对风险的量度、评估和应变策略。在软件的风险管理领域有着很多的研究<sup>[5,6]</sup>,然而对于软件的进度风险管理的重点研究则比较少。软件的进度风险管理主要针对影响项目进度的风险进行管控,是项目进度能如期完成的重要保证。

随着软件系统规模的扩展和复杂性的提高,项目管理越来越重要。几十年来,依托大量的研究与实践,项目进度管理方法经历了 3 个重要的发展阶段:第一个阶段主要是实现基本有条理的项目管理。从依赖程序员之间的松散协作到建立最初的管理规范,PERT/CPM 方法的引入标志着 IT 项目进度管理的开始。在 20 世纪 90 年代,Goldratt 博士发现各个

到稿日期:2010-05-20 返修日期:2010-11-08 本文受航空科学基金自主项目(20091958005)资助。

何剑虹 硕士,主要研究方向为软件工程和软件项目管理,E-mail:hejh031985@126.com;白晓颖 副教授,主要研究方向为软件工程、软件测试和软件项目管理等;胡林平 高级工程师,主要研究方向为软件工程和软件测试。

项目领域尤其是 IT 项目领域中,受到帕金森法则和学生综合症的影响,导致大量延期的现象,因此提出了关键链方法。关键链(Critical Chain)方法使用关键链替代传统的关键路径,将关键链上活动中的安全时间取出来放到项目的最后,从而大大提前项目工期,受到了广泛的重视和应用。然而,项目中存在着各种各样的不确定因素,在 PERT/CPM 方法和关键链方法中却都没有给予关注,这些不确定因素事实上对项目造成了难以预知的影响。Intaver 公司认识到了风险事件是导致项目延期的主要问题之一,因此提出了事件链(Event Chain)方法,即通过增加对事件的建模及其风险分析(例如,事件的发生概率以及对活动和关联事件的影响等),将不确定因素直接引入到项目计划中,从而更有效、更精确地实施项目的进度风险控制和管理。

本文针对软件进度风险控制的主要问题,调研分析了几种主流的项目进度管理模型,并重点介绍了在其基础上进行的定量分析进度风险的方法。本文第 2 节介绍了进度风险的定量分析的一些基本问题;第 3 节介绍了项目进度管理领域中的 3 种基本模型(或方法)及其基本思想;第 4 节从多个角度对比分析了 3 种方法的异同;最后总结并初步探讨了未来研究方向。

## 2 进度风险的定量分析

进度风险既包括项目进度固有的不确定性,也包括影响项目进度的风险因素。

进度风险定量分析就是用直观的数据描述进度风险的程度,它也是在不确定情况下进行决策的一种量化方法。通过定量分析,可以为每个风险单独进行量化评级,或者评估所有风险对项目的总体影响。实施定量风险分析通常在定性风险分析之后进行。通过反复进行定量风险分析,可以了解风险的发展趋势,并揭示实施风险管理措施的必要性<sup>[7]</sup>。在项目风险管理中,广泛采用定量分析。

进度风险的定量分析主要可以概括为以下几个方面:

1) 定量分析和刻画项目超过进度计划规定结束日期完成的可能性。

管理者最关心的就是项目的超期风险,并以此作为决策的依据。经常采用项目工期分布图来分析项目的超期风险,如图 1 所示。

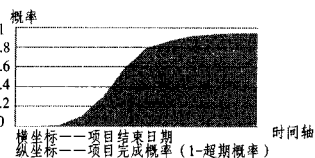


图 1 项目工期分布图

2) 找出项目中最有可能影响项目进度的因素,并定量评估其影响。

可能影响项目进度的因素包括项目中的活动和事件(风险)。定量分析采用活动关键系数(Activity Critical Index, ACI)、相关系数等指标来描述每个活动或者事件对整个项目的影响及其灵敏度。这些参数的确定和度量,有助于管理人员认识到影响项目进度的关键问题并予以解决,能有效加快项目进度。

3) 制定合理项目进度计划,降低超期风险。

制定一个无法完成的进度计划是没有意义的,甚至可能导致项目管理的混乱。因此,在制定计划之初就要保证项目进度计划的合理性。项目进度管理的一个重要目的是在缩短项目工期的前提下尽量降低项目的超期风险。例如,关键链方法提供了一种解决办法,关键路径通过缩短项目活动的估计工期,将安全时间放到项目的最后。为了很好地做到这一点,必须合理地估算项目活动的工期和项目缓冲。

4) 在项目执行过程中,评估进度风险。

对项目进度要实时跟踪,及时更新项目数据,动态分析进度风险。例如在关键链方法中提供了进度风险图来动态地跟踪和分析进度风险。

## 3 PERT/CPM 方法、关键链方法和事件链方法

本节将结合 3 种主要的项目进度管理模型,介绍进度风险的定量分析方法。

### 3.1 PERT/CPM 方法

在软件项目管理中,最先引入的进度风险分析就是 PERT/CPM 网络方法。PERT 是一种基于性能的评审技术,于 20 世纪 50 年代来源于美国海军,最初用来管理潜艇导弹计划。PERT 方法在其他领域中实施项目管理取得了成效,因而被引入到软件项目管理中并得到迅速推广。

#### 3.1.1 PERT/CPM 方法模型

PERT 是利用网络分析制定计划以及评价计划的技术。它能协调整个计划的各道工序,合理安排人力、物力、时间、资金,加速计划的完成。PERT 网络是一种类似流程图的箭线图,其基本特征有:

- 活动用箭线表示;
- 活动与活动之间的依赖关系用节点表示;
- 描绘出项目包含的各种活动的先后次序,标明每项活动的工期;
- 活动的工期估算分为最悲观、最乐观、最可能 3 个估计值。

如图 2 所示,在 Pert 网络图中有 6 个活动:A,B,C,D,E,F。其中节点 1 表示项目的起始;节点 5 表示项目的结束;节点 2 表明,只有活动 A 结束了,活动 D 和 E 才能开始;节点 3 表示,只有活动 B 结束了,活动 C 才能开始;节点 4 表示,只有活动 D 结束了,活动 F 才能开始。活动用 3 个参数来表明其工期分布,比如活动 A 的最悲观、最可能、最乐观估计分别为 3 天、2 天和 1 天。

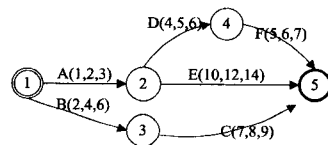


图 2 PERT 网络图

一种类似的方法是关键路径方法(CPM)。它是在同样的时间内由私营部门发展的项目管理方法,现在已经成为 PERT 的同义词。它与 PERT 方法在很多特性上都相似,且出现在同一时代,没有本质上的改变,常常不做区分。

#### 3.1.2 进度风险的定量分析

基于 PERT 模型,可以分析项目的工期分布,找出影响项目进度的主要活动。

在分析项目的工期分布时,主要有两种思路:第一种是抽

样模拟计算<sup>[8]</sup>。抽样模拟计算是指对项目网络图中的项目活动的工期建模,利用某种概率分布来描述活动工期的不确定性。用来描述项目工期的典型分布如图3所示。

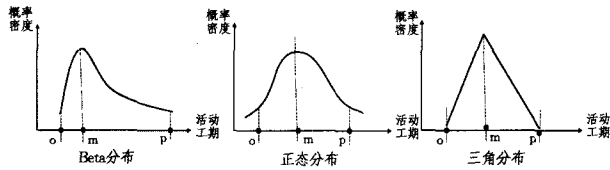


图3 典型工期分布

通常采用抽样模拟方法的基本过程如下:

- 1) 确定项目中活动之间的依赖关系;
- 2) 确定各个活动的工期的乐观、悲观和最可能估计以及活动工期概率分布类型;
- 3) 确定模拟次数  $N, time=0$ ;
- 4) 对项目中的每个活动进行抽样,得到各个活动  $A_i$  的抽样工期  $D_i$ ;
- 5) 通过 CPM 的计算方法计算整个项目的最短工期;
- 6)  $time++$ ;
- 7) IF  $time < N$  THEN Goto 4) ELSE THEN Goto 8);
- 8) 画出项目工期的直方图和工期概率分布图;
- 9) 结束。

在这种方法中,每个活动的工期抽样是采用不同的随机种子得到的。基于上述基本模拟过程,根据产生随机数的线性同余方法,提出了一种工期随机采样算法<sup>[10]</sup>。

在分析项目的工期分布时,第二种方法是直接近似计算。直接近似计算区别于模拟计算,基于正态拟合、模糊数学等数学方法直接计算出整个项目工期的近似分布,快速估算进度。比较成熟的计算方法有:

a) 经典方法

这种方法认为项目中的每个活动是个随机变量,根据中心极限定理,可以认为多个随机变量的和是符合正态分布的,所以整个项目的工期可以认为符合正态分布。当项目的关键路径比较单一时,可以计算关键链路的平均值和方差,从而拟合出项目工期的正态分布。这种方法最先被应用,也最简单。但由于“关键路径唯一”这一个前提假设通常难以满足,因此影响了该方法在实际应用中的准确性。

b) Fuzzy-Pert<sup>[10,11]</sup>

这种方法利用了模糊数学的理论,在描述项目活动工期的不确定时利用了模糊集的概念。通过将活动的工期定义成模糊集,结合模糊数学的计算理论推出了模糊数学的计算方法。这种方法已有研究者涉及,并获得一些不错的效果。

c) 其它方法

除了经典方法(正态拟合)和模糊 PERT 方法,研究者还涉及了 U-Pert<sup>[12]</sup>、云模型<sup>[13]</sup>等等。其中前者是利用一种类似于置信度的概念,将 PERT 方法中的最乐观、悲观、最可能定义成带有置信度的工期,然后通过某种方式计算出带有更多的点置信度的工期,从而模拟出项目的工期分布。然而当工期比较多时,复杂度会急剧提高。

在以上这些方法中,公认最好的、结果最合理的是抽样模拟方法。它是计算复杂度最高的,在超大规模的应用中可能会存在一些速度问题,并且有研究者对其精确度表示质

疑<sup>[14]</sup>。Fuzzy-Pert 方法理论上具有一定的优势,尚缺乏实际应用检验以及软件工具支持。

在分析对进度计划无法如期完成可能造成最大影响的项目活动时,可采用统计学方法。PERT/CPM 网络图,主要是计算活动关键系数(ACI)<sup>[8]</sup>,即在模拟抽样的过程中各个活动处于关键路径上的频率。这个过程是与模拟计算工期的方法结合在一起的。某项目中的各个活动的活动关键系数如表1所列。

表1 某项目的活动关键系数

Activity	ACI	Activity	ACI	Activity	ACI
1-2	0.52	4-6	0.46	7-10	0.01
1-3	0.00	4-7	0.02	8-9	0.04
1-4	0.48	5-6	0.43	8-11	0.00
2-3	0.06	5-8	0.04	9-10	0.99
2-5	0.47	6-7	0.94	10-11	1.00
3-6	0.00	7-9	0.95		

从表1可以看出,活动9-10,6-7的关键系数最高,几乎总在关键路径上,因此缩短这两个活动的工期,可有效缩短整个项目的工期。

3.2 关键链方法

关键链方法(Critical Chain/Buffer Management, CC/BM)是由 Goldratt 博士提出<sup>[15]</sup>的一种基于约束理论(Theory of Constraints)<sup>[16]</sup>的项目管理方法。

3.2.1 关键链方法模型

Goldratt 博士认为,项目活动中的工期分布一般呈长尾式,如图4所示。Goldratt 发现,在学生综合症、帕金森定律等因素的影响下,项目很难保证提前完成。他提出应该将项目活动中隐含的安全时间放在项目的后面作为整个项目的时间缓冲。在之前的管理方法(如 PERT/CPM)中,为了保证进度计划中每个活动都能按时完成,每个项目活动的后面都加入了一段安全时间。实际上,项目中的大多数活动都不需要使用或者只是部分使用安全时间。因此可以看到,整个项目的工期被高估了。在关键链方法中,每个活动的估计时间都是以最可能的时间(比如可能有50%概率完成活动)估计的,剩下的安全时间加入到整个项目的最后,从而避免了学生综合症和帕金森法则的影响。

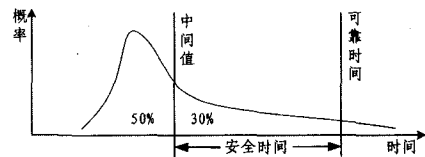


图4 活动工期的长尾分布

应用关键链方法的基本思路简述如下:

- a) 首先根据项目活动(工序)的技术约束做出项目的网络图;
- b) 其次确认关键链。考虑项目活动所受到的资源约束,对网络图进行必要的调整并对项目活动的工期进行评估,从而得到项目的初始进度计划。初始进度计划中持续时间最长的线路即为项目的关键链(Critical Chain);
- c) 将所有项目活动(工序)的持续时间减半,按照某种特定的计算方法,确定项目缓冲时间并加入到进度计划的最后;
- d) 执行项目计划并跟踪监控进度风险。

3.2.2 进度风险的定量分析

基于关键链方法,管理者通常比较关心项目缓冲时间大

小的确定,以高效地跟踪预测进度风险。

在保证项目进度不拖后的前提下,需要降低项目进度计划的超期风险。这就关系到项目时间缓冲大小的设置。如果缓冲过大,则违背关键链方法的初衷;如果缓冲过小,则进度计划的超期风险加大。主要有3种算法:

a)CP法(剪切-粘贴)<sup>[15]</sup>。Goldratt提出每个活动的理想估计取为50%完成概率所对应的活动工期,而项目关键链上每个活动的50%估计时间之和的一半作为项目缓冲。许多学者认为该方法过于保守,容易导致缓冲区过大或过小。

b)根方差算法。先求出路径上活动持续时间的90%估计与50%估计之差的平方和,再开平方,所得即为项目缓冲大小。

c)以关键路径路径上90%时间和50%时间差异之和的一半<sup>[17]</sup>作为项目缓冲。

Willy, Herroelen等人发现<sup>[18]</sup>以50%完成概率对应的工期为估算工期是不合理的,它将会导致大量超期现象出现。

应用关键链的一个优势是能够方便地在项目执行过程中监控项目进度风险。在关键链中,项目的实时进度风险是通过项目缓冲的变化来评估的。如图5所示,关键链对于缓冲区的管理采用“三色”管理办法,将缓冲区三等分,每个部分分别以绿、黄、红三色表示。区域1表示红色区域,区域2表示黄色区域,区域3表示绿色区域。在项目进行过程中,检查缓冲区的占用情况,得到(项目进度,项目缓冲使用率)二元组。判断该二元组在风险图中的点所处的区域并做出反应。

- a)处于区域3时,表明项目情况良好;
- b)处于区域2时,表明项目情况一般,不做处理,继续观察;
- c)处于区域1时,表明项目缓冲可能不足,存在严重的进度风险,必须做出风险应急反应。

在实际的进度风险监控中,这种思想被普遍应用。在不同的项目中,随着项目性质的不同,风险图的红黄绿3个区域的分割也会不一样。

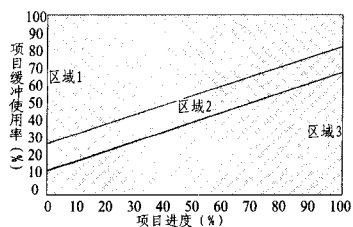


图5 项目进度风险图

### 3.3 事件链方法

事件链(Event Chain Methodology, ECM)的方法是Intaver公司提出的一种新的项目管理技术<sup>[20-22]</sup>。它是一种不确定性建模和进度网络分析技术,改进了项目计划的精确度,简化了模型和风险分析的建模过程,重点在于识别和管理影响项目进度的事件和事件链。事件链方法被认为是超越关键路径法和关键链方法的下一代项目管理技术<sup>[19]</sup>。

#### 3.3.1 事件链模型

事件链方法有助于减少预测和调度上的认知偏见。在许多情况下,项目经理会有意或无意制定出无法成功执行的进度计划表。事件链的方法是用来进行更准确的定量分析的,同时还考虑到不同的事件之间以及事件的发生时刻之间的关

系。事件链方法引入了可调整项目管理(Adjusted Project Management)的思想<sup>[23]</sup>,具有更普遍的适应性。它将事件引入到进度计划,使计划更加全面。在事件链方法中,活动和事件有一些新的性质。

#### · 活动

实际项目中的活动,其工期并非固定,它有着固有的不确定性。比如,即便一切顺利,活动的工期也不是固定的,它仍然在一定区间范围中变化。比如,IT项目经理给程序员A分配一个编程任务T,即便以前做过很多次相似的任务,程序员A也只能对项目经理保证需要6~10天完成,而不是说恰好8天就能完成。

项目活动的工期还受到外界因素的影响。这些外界因素称为事件,如图6所示。

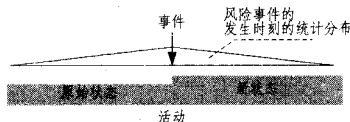


图6 事件作用于活动

#### · 事件及其属性

事件是一切影响项目活动的因素的统称。事件分为全局事件和局部事件。局部事件对某个或某几个活动造成影响;全局事件会对整个项目造成影响,可能发生在整个项目周期中的任何一个时刻。事件包括风险和机遇。风险是指对项目有负面影响的不确定因素;机遇是指对项目有正面影响的不确定因素。通过一些成熟的方法能很好地分析识别事件<sup>[24]</sup>。

事件有一些基本的属性:事件ID、事件的影响、事件发生的概率分布、事件发生的时刻、激发状态。其中事件的影响可以有很多种,比如使活动延期、使活动重新开始、停止活动待需要时开始、使活动正常结束、终止活动及其后继、(绝对或相对地)增加或减少活动开支、(绝对或相对地)使活动提前或延后、重新分配资源、引发其它事件等等。

例如,某风险事件1作用于活动1上,当一切顺利时,活动1会在6~10天内完成,符合均匀分布。但是风险事件1会对其造成不利影响。风险事件1的属性如图7所示。

事件1	
事件ID:	1
事件影响:	延期4天
发生概率:	50%
发生时刻:	
活动1工期内等可能发生	发生时刻 活动1
激发状态:	无

图7 事件实例

通过蒙特卡洛模拟可以得出活动1的实际工期分布在6~14天这个范围内,且符合均匀分布。

#### · 事件链

项目中的事件与事件并不一定是独立的。一个事件可能导致另外一个事件的发生,从而形成事件链。

事件链是指项目中的事件的一个序列,当序号靠前的事件发生时,有一定概率引发序号靠后的事件发生。如图8所示,事件1、事件2、事件3均为项目中的局部事件,且分别作用于活动1、活动2、活动3上。当事件1发生时,事件2有50%可能发生;同样,当事件2发生时,事件3也有50%可能发生。这时,事件1、事件2、事件3就构成了一个链路,称之

为事件链。

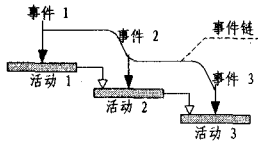


图 8 事件链

• 事件链进度计划图及其意义

图 9 是一个事件链进度计划图。该图在甘特图的基础上包括了项目中的时间。图中元素的意义如下：

箭头表示事件。负面影响事件(即风险)用向下箭头、积极影响事件(即机遇)用向上的箭头表示；

- 1) 将单独事件用链路链接起来用以表示事件链；
- 2) 发送事件(sender event)发出多条链路,表示多播事件(multicasting)；
- 3) 全局事件影响都在甘特图之外表示。

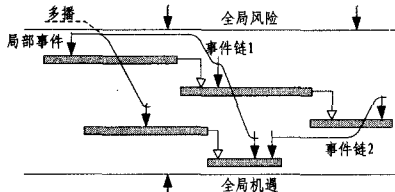


图 9 事件链进度计划

3.3.2 进度风险的定量分析

基于事件链方法,管理者在分析项目的超期风险和项目进度的影响因素这两个方面有更大的优势。

首先,管理者能够评估项目在规定时间内无法完成的概率。这个问题与 PERT/CPM 网络图类似,可以用 Monte Carlo 方法来得到。利用 Monte Carlo 方法抽样模拟计算项目的工期,得到项目的直方图,并画出统计整个项目的工期分布图。由于引入了风险因素的建模,这种方法使项目工期分布的结果更加可靠。

其次,管理者能评估项目中的活动对项目进度造成的影响。通过蒙特卡洛方法进行多次抽样模拟,对每次结果计算项目的工期  $D$ ,然后针对项目活动  $i$  可以得到统计数据,比如一些 2 元数组对  $\langle D_i, D \rangle$ ,其中  $D_i$  表示项目活动  $i$  的抽样工期。利用统计的结果计算活动工期和项目工期之间的秩相关系数  $K_i$  [25]。秩相关系数说明了活动  $i$  和项目工期的单调关系。若  $K$  越接近 1,则表明项目工期随着活动  $i$  的工期的延长而延长,说明活动  $i$  对项目总工期的影响越大,那么管理者也就越需要关注活动  $i$ ;若  $K$  接近 0,则表明项目进度不受活动  $i$  的影响,管理者无需关注活动  $i$ 。

然后,管理者能够评估项目中的某个事件或事件链对项目进度造成的影响。在事件链方法中,风险也是一种事件。对风险的评估也就是对事件的评估。我们知道,事件或者事件链作用于项目活动,那么风险所造成的影响就是事件或者事件链在其发生的各个项目活动上所造成的影响的总和,因此可以用下式表示:

$$E_i = \sum_{\text{活动 } k \text{ 受事件(链) } i \text{ 影响}} (D_k' - D_k) \cdot K_k$$

式中,  $E_i$  表示事件(链)  $i$  造成的影响,  $D_k$  表示活动  $k$  在最好情况下(即在活动  $k$  上不发生任何事件)的估计,  $D_k'$  表示在活动  $k$  上有事件(链)  $i$  发生时的活动工期,  $K_k$  表示活动  $k$  与项

目工期的秩相关系数,从而可以得到二元组对  $\langle D, E_i \rangle$ ,可以根据统计学方法得到秩相关系数。事件所对应的系数值越大,表示其对项目进度的影响就越大,就越需要得到关注。其中,秩相关系数最大的事件链称为关键链。

如上的后两个问题,从本质上看,也就是分析项目中的活动和事件与项目总工期的关系,如图 10 所示。通过分析这种关系,管理者能很好地把握与项目整体特性中最厉害相关的局部因素(活动或者事件),从而做出应对,提高了管理的效率。

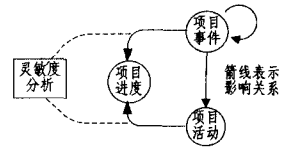


图 10 灵敏度分析

4 3 种方法的对比

PERT/CPM 网络图、关键链方法、事件链方法这 3 个主要的项目进度管理方法在不同的时期一次被提出来或者被引入到 IT 项目管理中来。三者都是为了应对实际项目屡见不鲜的项目延期、超支等现象 [2,3],针对不同的方面被提出来。三者的模型各个方面的对比分析如表 2 所列。

表 2 3 种进度管理方法的对比

进度管理方法	Pert 网络图	关键(活动)链方法	事件链方法
模型输入	1. 各个活动的乐观、悲观和最可能工期; 2. 项目活动的工期分布	1. 各个活动的乐观、悲观和最可能工期; 2. 项目活动的工期分布	1. 各个活动的理想情况下的乐观、悲观和最可能工期; 2. 活动的工期分布; 3. 项目中各个事件(风险或机遇)的发生概率、影响
出现及使用时期	很早就被提出,直到现在仍然广泛应用于各种项目的管理	90 年代末期被提出,已经大规模应用	最近被提出,主要进行项目的精确的风险管理
目标	实现有条理的项目管理	减少项目延期,同时减少项目工期	将项目中的风险因素引入到进度计划中来,实现精确项目管理
进度风险的衡量方法	1. 项目工期的概率分布; 2. 活动关键系数	1. 项目进度风险图; 2. 项目计划的合理性(缓冲大小)	1. 项目工期的概率分布; 2. 活动与项目总工期之间的灵敏度分析; 3. 事件与项目总工期之间的灵敏度分析
管理精度	粗粒度	粗粒度	细粒度
优势	简单,易于操作	简单,消除了一些导致延期的原因,在很多时候能提前项目工期	管理范围全面,同时管理进度计划和进度风险,精确控制项目进度
劣势	孤立了风险事件的管理,管理太粗放,延期现象严重	孤立了风险事件的管理,难以保证项目应对风险的能力	建模相对复杂,方法需要研究完善与实践应用

在 3 种方法中,事件链方法所要求的输入最多,把项目中的事件包括进去了,通过对项目风险事件的建模,达到实施精确项目管理的目标。而 PERT/CPM 方法所要求的输入最少,因此对项目的进度风险上估计有所不足。

项目中的风险存在与否并不因项目进度管理方法的不同

而有所改变,项目中的风险始终存在。在 PERT/CPM 方法中,项目中的风险事件隐藏在项目活动的工期估计中。受到风险事件的影响,项目活动工期的波动范围很大,使得活动工期的估算高,进而导致项目总工期的估计偏于保守。再加上帕金森法则和学生综合症的影响,屡屡发生项目延期现象。在关键链方法中,Goldratt 看到了活动工期估算的保守以及帕金森法则和学生综合症的后果,提出将单个活动中的安全时间取出来放到整个项目的最后,从而大大缩短了项目工期。关键链方法确实解决了 PERT/CPM 中的一些问题,但是却并没有探到问题的源头。在事件链方法中,风险事件从项目活动中分离出来单独建模,使得对项目活动工期的估算更为准确。同时,通过分析风险事件对项目活动的影响,能够更好、更准确地分析风险事件所带来的进度风险。

在进度风险度量方面,三者有相似之处。由于事件链方法中特有的对事件的建模,使得其在风险度量上有着得天独厚的优势,通过基于事件链方法来管理进度风险更为直接和方便。然而作为一种新的方法,事件链方法依然需要更多的研究和实践。

**结束语** PERT/CPM 方法最早应用于项目管理,直到现在仍然是主要方法之一;关键链方法也取得了巨大成功,同样应用广泛;而事件链方法方兴未艾,有了初步的实际应用。事件链方法显示出了它相对于前两种方法在风险管理和精确管理等方面的极大优势。然而与前两者相比,事件链方法却比较新,存在较大的探索空间。在 Intaver 公司提出的事件链方法中,一些问题尚待进一步研究,比如事件作用于项目活动的影响模型的建立,比如应用贝叶斯方法来利用历史数据进行模型的学习,比如使用不同于灵敏度分析的其他方法来评估进度风险,比如能否运用模糊数学等数学工具来计算超期风险等等。这些都有待于研究者对事件链方法进行深入的研究和完善。

## 参 考 文 献

[1] Schwalbe K. IT 项目管理[M]. 邢春晓,张勇,黄梦醒,等译. 北京:机械工业出版社,2008:107-109

[2] Standish Group International. The Chaos Report [EB/OL]. 1994. <http://www.standishgroup.com>,1994

[3] Standish Group International. The Chaos Report [EB/OL]. 2009. <http://www.standishgroup.com>,2009

[4] van Genuchten M. Why is Software Late? An Empirical Study of Reasons for Delay in Software Development[J]. IEEE Transactions on Software Engineering,1991,17(6):582-590

[5] 王天青,潘金贵. 基于 CMMI 的软件风险管理[J]. 计算机科学,2005,32(2):140-141

[6] 丁剑洁,郝克刚,侯红,等. 基于粗糙集的软件项目风险管理研究

[J]. 计算机科学,2010,37(4):117-119

[7] 项目管理协会. 项目管理知识体系指南[M]. 王勇,张斌,译. 北京:电子工业出版社,2009:228-234

[8] Zuo-Wei Z, Bao X, Qiu-Guo H, et al. Research on Risk Analysis for Construction Project Schedule Based on Flexible Network Simulation[C]// Management Science and Engineering. 2006: 2098-2103

[9] Huang Jian-wen, Wang Xing-xia. Risk Analysis of Construction Schedule Based on PERT and MC Simulation[C]// International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering. 2009,2:150-153

[10] Fargier H, Galvagnon V, Dubois D. Fuzzy PERT in series-parallel graphs[C]// Fuzzy Systems. 2000

[11] Wang Jin-Hsien, Hao Jongyun. Fuzzy linguistic PERT[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems,2007,15(2):133-144

[12] Ma Lihua. Research on Risk Degree of Project Duration in U-PERT Network[C]// International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering. 2009:6-9

[13] 毕鲁雁,焦宗夏,范圣韬. 基于云模型的网络计划建模方法[J]. 计算机工程与设计,2007,28(5):1108-1110

[14] Williams T. Why Monte-Carlo simulations of project networks can mislead[J]. Project Management Journal,2004,35(3):53-61

[15] Goldratt E. 关键链[M]. 罗嘉颖,译. 北京:电子工业出版社,2006

[16] Leach L P. Critical chain project management [M]. Artech House Boston,2005

[17] 雷晓凌,汪小金. 关键链技术中缓冲确定方法的比较研究[J]. 项目管理技术,2007(5):38-40

[18] Herroelen W, Leus R. On the merits and pitfalls of critical chain scheduling[J]. Journal of Operations Management,2001,19(5): 559-577

[19] Virine L, Trumper M. Project decisions: the art and science[M]. Management Concepts Inc,2007

[20] IntaverInstituteInc. ScheduleNetworkAnalysisUsingEventChain Methodology[EB/OL]. <http://www.intaver.com>

[21] Intaver Institute Inc. Project Management Using Event Chain Methodology[EB/OL]. <http://www.intaver.com>

[22] Intaver Institute Inc. Software Project Scheduling Under Uncertainties[R]. <http://www.riskyproject.com>

[23] Intaver Institute Inc. Adaptive Project Management[EB/OL]. <http://www.intaver.com>

[24] Intaver Institute Inc. MindManager and Risk Analysis [EB/OL]. <http://www.intaver.com>

[25] Conover W J. 实用非参数统计[M]. 北京:人民邮电出版社,2006:225-239

(上接第 163 页)

[16] Syperski C. Component Software; Beyond Object-Oriented Programming[M]. Boston, MA: Addison-Wesley, 2002

[17] Medvidovic N, Mehta N R, Mikic-Rakic M. A Family of Software Architecture Implementation Frameworks[C]// IEEE/IFIP Conference on Software Architecture; System Design, Development and Maintenance. 2002

[18] 史殿习,丁博,李骁,等. 面向普适计算的自适应软件平台:概念与架构[C]//第四届和谐人机环境联合学术会议. 2008

[19] 刘惠,丁博,史殿习,等. 面向普适计算应用的构件定义语言 UC-DL[J]. 国防科技大学学报,2009

[20] Nachman L, Huang J, Shahabdeen J, et al. Imote2; Serious Computation at the Edge[C]//Proceedings of International Wireless Communications and Mobile Computing Conference. 2008