

# 基于 Tropos 模型的需求风险分析

李晓红, 刘 强

(清华大学软件学院, 北京 100084)

**摘 要:** Tropos 模型没有考虑需求风险分析. 为了分析需求风险, 本文介绍了一种基于 Tropos 模型的需求风险分析方法. 该方法提出了基于 Tropos 目标图的需求关系框架, 并以此为基础识别和分析需求的风险因素: 干系人, 环境, 技术, 和需求复杂度, 最终获得需求的可行性风险. 由于其主观性, 这些风险因素通过相关专家打分来获得风险值. 本文通过列车系统部分功能的实际应用说明该方法的使用过程, 以及其能够在需求过程中及时发现存在风险的干系人和需求. 这样就能较早地解决风险, 节省项目成本.

**关键词:** 需求; Tropos 模型; 目标; 干系人; 风险

**中图分类号:** TP311.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2010) 2A-001-05

## Risk Analysis of Requirements Basing-on Tropos Model

LI Xiao-hong, LIU Qiang

(School of Software, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** Risk of requirement is ignored in Tropos model. To analysis risks and relationships of requirements, a method analyzing risks in requirement phase is introduced. It's on the base of Tropos model, and proposes a Tropos goal gram-based framework of requirement relationship to identify risk factors of requirements: stakeholder, environment, technology and complexity of requirement and assess risk about feasibility of requirements. Because of subjectivity, these risk factors are assessed by relative experts. It is proved by an example of train sub-system that the method can identify stakeholders and requirement with risk in time. This makes it earlier to solve risks and saves cost of project.

**Key words:** requirement; Tropos model; goal; stakeholder; risk

### 1 引言

在软件工程中, 错误出现得越早, 或者发现得越晚, 项目所需付出的代价就越大. 需求分析是软件工程的第一步, 也是软件生命周期的开始. 因此, 需求阶段的风险分析对整个软件项目有着重要的作用. 需求阶段的风险研究已经引起领域专家的重视, 比如: 如何将需求风险融合到需求阶段<sup>[1]</sup>, 风险以及风险缓和措施对需求的影响<sup>[2]</sup>, 需求风险的控制以及综合评估等.

影响需求风险的因素有很多: 技术, 干系人, 进度, 需求优先级, 需求复杂度等. 其中, 干系人尤为值得关注. 在需求分析阶段, 项目团队需要直接与干系人沟通, 并通过干系人的要求获得需求. 现在, 干系人已经成为软件项目风险中公认的风险来源<sup>[6]</sup>. 本文将重点分析需求过程中干系人风险, 并将其与需求的其他风险因素相结合.

关于需求风险分析方法, 英国雷丁大学的 Boness 等研究者提出了一种在实际项目中可用的在需求分析过程中评估风险的技术<sup>[4]</sup>. 该技术采用面向目标需求工程中的 KAOS 模型来表示需求关系, 并通过识别和估算一些关键风险因素来评估需求的可行性和适当性.

关于干系人风险分析方法, 美国阿拉巴马大学的 Richard 等人提出了一种基于结果的干系人风险评估模型<sup>[7]</sup>. 该方法通过分析干系人对项目的影响和项目对干系人的影响来分析干系人的潜在负面影响对项目所产生的风险. 该方法扩展了需求工程中干系人的范围.

文献<sup>[4]</sup>中的需求风险分析方法没有考虑到需求过程中干系人的风险; 文献<sup>[7]</sup>中的干系人分析方法适合于项目管理过程, 不是针对需求过程的. 本文则根据这两个方法将干系人风险分析整合到需求阶段, 提出了基于 Tropos 模型<sup>[5]</sup>的需求风险分析方法. Tropos 模型是一种面向主体 (Agent) 的软件开发方法, 贯穿了软件开发的

全过程.该方法将需求分析过程分为两个阶段:早期需求和后期需求,这也是其区别与 KAOS 方法的重要特点.此外,基于本体的方法有利于将安全措施整合到需求阶段<sup>[3]</sup>.

但是,Tropos 模型的需求获取过程中也没有考虑需求风险,干系人风险以及两者之间的关系.本文将基于 Tropos 模型中的目标图来表示需求关系,以此为基础,分析干系人,环境,实现技术和需求复杂度四种需求风险因素,估算需求可实现的风险.同时,本文还根据目标之间的依赖关系综合分析需求风险.另外,本文对干系人的风险因素给出了详细的分析过程.

## 2 基于 Tropos 模型的需求关系框架

需求工程领域中的需求方法有很多:面向目标,面向主体和意图,基于情景,文档驱动等.其中,基于本体和意图的需求方法代表未来软件的发展趋势,更适合描述软件加强型系统的需求<sup>[10]</sup>.它引入了更为全面,系统的社会学思路,尤其是和面向目标的方法相比.Tropos 方法就是面向主体和意图的需求方法之一.

如今,需求风险已经逐渐成为需求工程的重要研究内容<sup>[1,2]</sup>.但是,需求风险分析方法很少与具体的需求模型相结合.本文将结合基于本体和意图的 Tropos 需求方法,识别风险因素,分析需求的可行性风险.

### 2.1 Tropos 模型

Tropos 模型是基于  $i^*$  建模框架的面面向主体和意图的方法,将主体等知识层的概念应用到软件开发过程中所有活动,从需求分析到最终系统实现.本文主要研究需求阶段的风险分析,因此本小节主要介绍 Tropos 模型中需求阶段的主要活动.

Tropos 模型是通过建立模型并不断细化来获得需求的.建模活动主要包括参与者(Actor)建模,依赖关系建模,目标建模,规划(Plan)建模,能力(Capability)建模.其中能力建模在体系结构设计结束时开始.

该模型将需求阶段分为:早期需求和后期需求.这是该方法优于其他面向对象或主体方法的重要特征.

Tropos 模型中,早期需求阶段识别组织过程的主要参与者(Actor)以及他们的意图,并通过他们要实现的目标,执行的规划和需要的资源来确定他们之间的依赖关系,构造参与者模型图.同时,通过参与者意图构造目标模型图.之后,目标被逐个分析,细化获得尽可能详细的组织需求.后期需求阶段关注将要开发的系统所处的执行环境,功能和性质.整个系统被定义为一个系统参与者,与组织中其他参与者之间存在依赖关系.这些依赖关系定义了系统的功能性和非功能性需求.

Tropos 模型中清楚地表示了参与者与目标以及目标之间的关系.这就有利于干系人及需求风险分析.

### 2.2 需求关系框架与基本原理

需求之间以及需求和干系人之间存在密切联系.明确表示这两种关系是需求风险分析的前提.目标图被广泛应用与需求方法中.它用来表示干系人对系统的期望和将要解决的问题.同时,目标逐渐细化就能形成系统需求.因此,目标图可以用来表示需求之间的关系.另外,干系人是需求风险来源之一,并且不同的干系人对系统有不同的期望.这样以来,干系人与需求的关系就需要在需求风险分析过程中明确表示.综合这两方面以及 Tropos 模型的特征,本文提出了基于 Tropos 的需求关系框架,如图 1 所示.

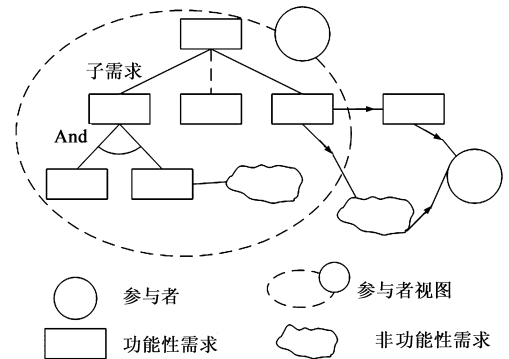


图1 基于Tropos的需求关系框架图

该框架包括了参与者,功能性需求,非功能性需求和参与者视图(Actor-perspective).需求是逐层细化的.孩子结点以 And 或者 Or 关系满足其父结点.不同层次的需求可能还存在交叉作用,但这不在本文讨论范围.功能性需求与非功能性需求之间存在关系即:功能性需求的实现能够达到非功能性需求.参与者之间通过需求构成依赖关系.需求的分析首先是在参与者视图内进行的.这就缩小了干系人的范围,有利于分析与具体需求相关的干系人.

为了便于分析需求关系,本文根据文献<sup>[5]</sup>中定义的需求之间的关系,给出该框架中功能性需求之间和参与者与需求之间关系的表示:

$$G \xrightarrow{R} g \quad (a) \quad A \xrightarrow{D(G')} A' \quad (b)$$

(a)表示需求集  $G$  与需求  $g$  存在  $R$  关系.其中,  $G$  表示功能性需求的集合;  $R$  表示关系 And 或者 Or;  $g$  表示某个功能性需求;(b)表示参与者集合  $A$  通过需求集  $G'$  与参与者集  $A'$  存在依赖关系.其中,  $A$  与  $A'$  为参与者的集合;  $G'$  表示需求的集合包括功能性和非功能性;  $D$  表示依赖关系.

该框架采用了 Tropos 模型,但这并不意味着所有的项目都必须采用 Tropos 方法才能使用该方法进行需求风险分析.Tropos 方法的运用会使得之后的工作容易些.其他获取需求的方法也可以转换成该模型.

需求工程中,需求是否能实现是需求工程中的主

要关注点之一.作为最终开发的工作基础,需求可行性(Feasibility)不能直接估算,必须间接计算.首先,要确定是不是所有的底层需求都可操作化;其次,要确定所有需求都通过了项目或者域约束的检测,保证需求在项目资源或者期望的系统环境中能够实现.

需求是否能实现是受很多风险因素影响的.本文着重考虑干系人,环境,技术和需求复杂度四个风险因素.这些因素的风险值是通过领域专家的评价来获得.需求的风险是通过目标风险体现的,尤其在实例应用中.对于不能直接由专家评价的目标,其风险可以通过与它有关的父结点或子结点来计算.另外,该模型简化了 Tropos 模型中目标之间的关系,比如硬目标之间通过规划存在的依赖关系.因此,不存在直接的父子关系的不同需求之间的关系不在本文讨论范围.本文假设,底层需求之间是相互独立的.

### 3 需求风险分析

在影响需求的风险因素中,本节重点分析干系人的风险因素并估算出干系人的风险,同时还将其与环境,实现技术和需求复杂度结合起来共同分析需求风险,最终获得需求的可行性风险.干系人的风险因素是从干系人的个人能力以及需求阶段中可能遇到的问题中总结出来的.由于涉及到的风险因素都是主观性较强,因此本文采用了相关领域专家来对干系人各因素进行估算的方法.这些专家可能是干系人,管理者或者需求工程师.

#### 3.1 干系人风险

需求过程中,干系人与需求直接相关,因此干系人风险是重要的需求风险因素之一.软件项目中有许多不同类型的干系人,比如:用户,客户,开发者,管理者,领域专家,市场力量等.但实际项目中,干系人需要一个更加细化的分类体系,尤其是针对用户而言,仅有一个笼统的用户概念是远远不够的.比如对图书馆管理软件而言,图书管理员和学生都属于用户,但他们对软件的立场是显然不同的.尤其大型项目更是一个多方参与的群体活动,而且项目还有不同的要求和性质.因此,在风险分析过程中,对所有干系人进行分析是很难实现的.本文从干系人的共同特征以及需求过程中对干系人的能力要求考虑,提出了七种风险因素.为了最终获得干系人的风险,这些因素都给出了定量表示的范围.

(1)系统影响度:它表示系统对干系人的负面影响程度.通过系统功能对相关干系人的影响描述,需求分析人员或者领域专家可以估计系统对干系人的影响,并给出对应的数值.本文指定它的测量范围为 0 到 5.其中,0 表示系统对该干系人没有负面影响,5 则表示有

很大程度的负面影响.如果需求过程中的重要参与者受到系统的消极影响,就会影响到需求获取过程中需求的准确性.此外,系统中某些非重要参与者也可能受到严重的负面影响,文献<sup>[7]</sup>中就给出了这样的实例.

(2)对需求的确定性:它表示干系人对相关需求是否完全确定.测量范围为 0(完全确定)到 5(非常不确定).对于提供和获取需求的干系人,该因素尤为值得关注.由于需求不确定性是导致需求不断变更的原因之一.

(3)技术能力:它表示需求过程中干系人所应具有的能力,测量范围为 1(能力很强)到 5(能力非常欠缺).干系人的能力达不到要求就会为需求带来风险.由于职责不同,干系人所需具有的能力也不同.比如:提供需求的干系人需要具有较好的表达能力,而开发者需要具有较好的开发能力.此项可根据项目中干系人的角色来确定其需要的能力并给出定量表示.

(4)工作稳定性:它表示干系人是否能比较专注于项目.测量范围为 1(非常稳定)到 5(非常不稳定).干系人可能同时参与多个项目,在项目中不断转换角色会影响项目的质量.尤其需求过程中,工作不稳定可能会消耗时间,甚至导致需求不一致等问题.另外,人事调整引起的人员不固定也会影响需求的质量.

(5)时间压力:它表示干系人是否有充足的时间,测量范围为 0(非常充足)到 5(非常少).每个项目都有最终期限,并且多数项目的期限是由客户决定的.在时间紧迫的情况下,客户认为需求过程是浪费时间的.这就给需求过程中的干系人带来严重的时间压力,增加了需求不一致,不完整的风险,最终将影响需求的可行性.

(6)对系统的态度:它表示干系人是否对系统存在消极态度,测量范围为 0(非常积极)到 5(非常消极).管理者的态度尤为值得关注.实际项目中管理者的消极态度有可能导致下属不能充分地参与项目.该因素与系统影响度是相关的.一般情况下,由于系统的负面影响可能导致干系人对系统产生消极态度.但实际中,没有受到系统负面影响的干系人也会对系统有消极态度.

(7)重要度:它表示干系人在组织中的地位,主要识别哪些管理者对项目的影响能引起高风险.它可分为三个级别:组织级,项目级和小组级.它们对应的评分分别为:3,2,1.它本身不属于风险因素,但可以作为其人风险因素的因子.例如:对项目有消极影响的组织级领导可能直接终止项目的进行.

这些风险因素的最终值是相关专家的评价的平均值.专家评价以上述各因素的范围为标准.

需要说明的是:对于某个特定的干系人,分析人员可只分析与其密切相关的因素.此外,干系人的风险是

随着时间而变化的,因此风险分析人员需要不断关注干系人的风险是否发生变化,尤其在风险措施执行之后.之前不被关注的干系人可能成为新的风险关注点.

至此,干系人的风险( $SR$ )便可以计算出来:即与该干系人相关的风险因素( $RRF$ )的总和(重要度除外).可以表示为式(1):

$$SR = \sum RRF \quad (1)$$

由于某些因素的风险值可能为 0,采用和的方式便于管理和发现风险根源.干系人风险的总值不能准确反应是什么原因引起的风险,风险分析者需要认真关注干系人的每个风险因素,尤其是那些对系统影响比较大的干系人.

### 3.2 环境风险

环境风险是指底层目标被分配给环境,但没有足够依据说明这是一个可靠的分配.环境风险在项目风险中有介绍<sup>[8]</sup>.在项目风险中,该因素指环境能够满足假设的可能性.本文沿用了该定义.

需求的环境风险( $RF1$ )是所有评价者对需求实现所需要的环境期望在项目约束内得到满足的可能性的平均值.该风险因素的范围为 0 到 1.如果目标没有操作化期望,即不存在环境约束,那么环境风险就为 1.

### 3.3 实现技术风险

在需求阶段,需求实现所需要的技术也是分析的重要内容.实现技术风险( $RF2$ )就是指技术实现的难易度.它对需求实现有很大程度地影响.技术的难易度表示为所需技术能够被采用的可能性.技术风险值也是所有评价者估算的平均值.该风险因素的范围也是 0 到 1.如果目标所需技术不存在任何难度,即不存在实现技术风险,那么它的技术风险为 1.

### 3.4 需求复杂度

通常情况下,需求越复杂,实现越困难. Tropos 模型中,目标在需求过程中不断细化.底层目标的复杂度是重点关注对象.需求复杂度( $RF3$ )是通过 1(非常简单)到 5(非常复杂)的范围来表示.目标的复杂度也是通过计算所有评价者估算的平均值得到的.

### 3.5 需求风险估算

在上述风险因素中,环境风险和技术的难易度是指成功的可能性,因此,如果这两个因素的风险值为  $p$ ,那么本文评价的是  $(1-p)$ .此外,这两个因素是从底层需求开始估算的.对于这两个因素,上一层目标的风险可能性是下一层有直接关系的目标的风险可能性的乘积.由于这两个因素的风险值有可能为 0.在这种情况下,本文只考虑风险值不为 0 的目标.这样,目标之间存在 OR 关系的情况就会被忽略.本文假设:具有 OR 关系的目标在项目进行过程中已经做出了选择.

由于需求和干系人通常是多对多的关系.这样在得到所有相关干系人的风险值之后,数据还需要进行进一步地综合处理.本文采用的方法是:重要度与风险值相乘然后相加最后求平均值.这样就得到干系人的综合风险值( $RF4$ ).

现在,根据上述四种风险因素的风险值,需求的可行性风险值就能根据式(2)计算出来.本文计算的是需求可行性的风险值,即风险值越大,需求能够实现的难度就越大.当某一个因素的风险值为 0 时,目标的可行性风险也就为 0.此时,不能认为该需求不存在可行性风险,应该关注那些风险值不为 0 的风险因素.

$$FR(g) = RF1 * RF2 * RF3 * RF4 \quad (2)$$

## 4 实例应用

需求是通过目标体现的, Tropos 模型中也是通过目标建模最终获取需求.因此本文以列车系统中部分目标图<sup>[9]</sup>为例来说明上述方法的应用,如图 2 所示.图中目标之间的关系就表示需求之间的关系.图中将列车公司作为一个参与者.为了便于干系人风险分析,这里将列车公司中的干系人分为两类:管理者,列车职员.虽然,列车公司与乘客之间有依赖关系,这里将不展开讨论.另外,各因素的风险值是专家估算的评价值,本文假设数据可以直接使用.

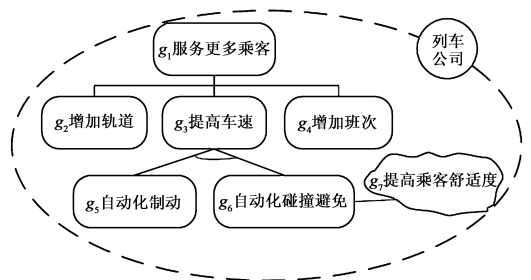


图2 部分目标关系图

该例只涉及到一个参与者:列车公司.这里也就只需描述目标之间的关系.关系如下:

$$G(g_2, g_3, g_4) \xrightarrow{\text{Or}} g_1; G(g_5, g_6) \xrightarrow{\text{And}} g_3$$

对于存在 Or 关系的三个目标  $g_2, g_3, g_4$ ,假设在管理者的干涉下,该系统选择了  $g_3$ :提高车速.

这里以目标  $g_5$  为例来说明上述方法的具体运用.首先分析干系人风险,主要是管理者与列车职员.经分析,我们发现与管理者和列车职员密切相关的风险因素均为:系统影响度,对系统的态度和重要度.此外,管理者在决策时起着重要作用,而列车职员由于可能面临失业就对系统存在消极态度,即系统对列车职员有负面影响,从而导致了列车职员对系统的消极态度.因此列车职员需要特别注意.

假设:管理者风险因素对应的风险值为:0.2,0.3,

2.4. 列车职员对应的风险值分别为:4.5,3.3,1.1. 目标  $g_5$  的环境风险值为 0.7;技术风险为 0.4;复杂度为 2.7.

这样两类干系人的风险值便能计算出来:

管理者风险:  $0.2 + 0.3 = 0.5$ ;

列车职员风险:  $4.5 + 3.3 = 7.8$ .

干系人综合风险值为:  $(2.4 * 0.5 + 1.1 * 7.8) / 2 = 4.89$ .

这样根据式(2)就得到了目标  $g_5$  自动化制动的可行性风险值:  $4.89 * (1 - 0.7) * (1 - 0.4) * 2.7 = 2.38$ .

同样地,目标  $g_6$  自动化碰撞避免的可行性风险值也可以计算出来.

对于目标  $g_3$  提高车速,干系人风险分析过程和目标  $g_5$  是一致的.其环境风险和技术风险分别为其子目标对应因素风险值的乘积(两者是 And 关系).但是复杂度不能直接相乘获得,需由专家评价.

该例简单地说明了需求可行性风险的计算过程,并通过分析发现了存在风险的干系人:列车职员.

## 5 总结

本文主要讨论了以 Tropos 模型为基础的需求风险分析方法.Tropos 模型的特征使得本文提出的需求风险分析方法能够明确表示出需求的关系,并缩小了某个需求相关干系人分析的范围.在需求关系模型的基础上,该方法识别出需求相关的四个关键风险因素:干系人,环境,技术和复杂度,给出了定量表示的方法,并通过专家估计的方法计算出各因素的风险值,进而计算出目标的可行性风险,即需求的可行性风险.

实际例子的应用说明了该方法能够在需求阶段发现存在风险的干系人和需求.但是该例子只是针对某一个需求给出了方法的具体应用,对于发现的存在风险的干系人和需求并没有进一步的措施说明.同时对于不同参与者视图之间的关系以及在不同参与者视图内存在关系的干系人没有说明.因此该方法还需要通过实际例子进一步检验.

此外,该方法仅是对功能性需求做了分析,而没有涉及到非功能性需求,因此该方法有待于进一步研究.

## 参考文献:

- [1] Tom DeMarco, Tim Lister. Risk management during requirements[J]. IEEE Software, 2003, 20(5): 99 - 101.
- [2] Feather M S, Cornford S L, Hicks K A, Kiper J D, Menzies T. A broad quantitative model for making early requirements decisions[J]. IEEE Software, 2008, 25(2): 49 - 56.

- [3] 向坚,刘 ■, YU Eric. 一种基于社交关系模型的系统安全分析方法[J]. 电子学报, 2006, 34(12): 2350 - 2354.  
Xiang Jian, Liu Lin, YU Eric. Security design based on social modeling[J]. Acta Electronica Sinica, 2006, 34(12): 2350 - 2354. (in Chinese)
- [4] Boness K, Finkelstein A, Harrison R. A lightweight technique for assessing risks in requirements analysis[J]. IET Software, 2008, 2(1): 46 - 57.
- [5] Breciani P, Giorgini P, Giunchiglia F et al. Tropos: an agent-oriented software development methodology[J]. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, 2004, 8(3): 203 - 236.
- [6] Ward S. Requirements for an effective project risk management process[J]. Project Management, 1999, 30(3): 37 - 43.
- [7] Woolridge R W, McManus D J, Hale J E. Stakeholder risk assessment: an outcome-based approach [J]. IEEE Software, 2007, 24(2): 36 - 45.
- [8] Wallace L, Keil M. Software project risks and their effect on outcomes[J]. Communications of the ACM, 2004, 47(4): 68 - 73.
- [9] 吴越,王智学,陈彬. 需求模型中目标的关系及其发现方法[J]. 计算机工程. 2008, 34(14): 35 - 37.  
Wu Yue, Wang Zhi-xue, Chen Bin. Relationships of goals among requirements model and their detecting techniques[J]. Computer Engineering, 2008, 34(14): 35 - 37. (in Chinese)
- [10] 金芝,刘 ■,金英. 软件需求工程:原理和方法[M]. 北京:科学出版社,2008. 122 - 144.  
Jin Zhi, Liu Lin, Jin Ying. Software requirement engineering: theory and method[M]. Beijing: Science Press, 2008. 122 - 144. (in Chinese)

## 作者简介:



李晓红 女, 1984 年 4 月生于河南省濮阳市. 目前为清华大学软件学院硕士研究生, 主要研究方向为需求风险.

E-mail: xiaohong3341@yahoo.com.cn



刘 强 女, 副教授. 1963 年 7 月生于内蒙古, 主要研究领域为协同工作, 工作流技术, 需求工程.