

# 需求描述前的需求跟踪模型研究<sup>\*</sup>

于 杨 杨 丹 徐传运 文俊浩

(重庆大学软件学院 重庆 400030)

**摘 要** 对需求描述前的需求进行跟踪可以减少需求错误、有助于需求变更的处理和软件组织的过程改进。针对传统需求跟踪方法没有对需求描述前的需求跟踪提供合适支持的问题,文章剖析了需求分析过程中产生的中间产品及其之间的各种关联,基于分析结果,提出了一个需求描述前的需求跟踪模型,包括过程模型和数据模型;过程模型描述跟踪过程,数据模型描述原始需求和中间产品。最后应用模型跟踪一个设备租赁系统中费用计算的需求,结果表明利用该模型能够准确跟踪到需求来源,发现需求错误、遗漏和不一致,并消除错误影响,从而改进需求质量,其有效性得到了验证。

**关键词** 需求工程,需求跟踪,需求描述前的需求跟踪

## 1 引言

需求跟踪指在原始需求和软件生命周期所创建的工作产品之间维持一种可跟踪性<sup>[1]</sup>,它是一个双向的过程。需求跟踪可以分为两类,一类是对写入软件需求规格说明书之前的需求进行跟踪,称为需求描述前的需求跟踪;另一类是对写入规格说明书后的需求进行跟踪,称为需求描述后的需求跟踪<sup>[2]</sup>。图1给出了这两种需求跟踪类型的图形化描述。

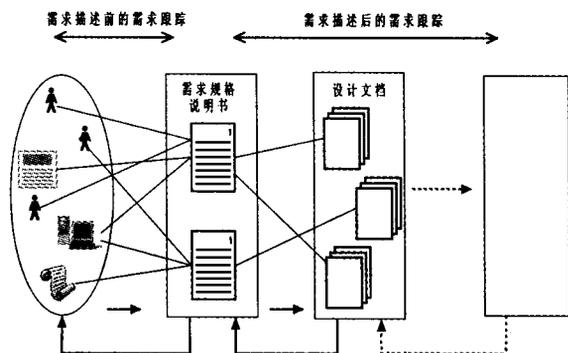


图1 需求跟踪的两种类型

需求开发是一个非常复杂的过程:首先要收集来自各种源头、表现形式多样的原始需求,然后对这些原始需求进行分析、整理以及评审,最后将得到的需求文档化。调查研究发现,很多需求的错误、遗漏都是在这个过程中产生的。

因此,对需求描述前的需求进行跟踪是非常必要的:(1)能够减少需求的错误和缺失,使需求说明书的内容不致偏离用户的原始需求;(2)有利于需求变动的处理,通过跟踪能够分析变动的传播情况;

(3)有利于软件组织的过程改进,使软件组织的需求过程更科学、合理,更适合该组织;(4)为需求描述后的需求跟踪打下良好基础,需求描述后的需求跟踪是以需求规格说明书作为跟踪的基线,而需求规格说明书又是软件设计、实现、测试直至维护的主要基础。通过需求描述前的需求跟踪,需求规格说明书的质量能够得到有效改进。

现有的需求跟踪方法主要是支持需求描述后的需求跟踪,以需求规格说明书为基点向前跟踪需求的分配、实现情况或者从系统开发过程中产生的任何中间产品(artifacts)反向跟踪至需求规格说明书。而需求描述前的需求跟踪却没有得到正确理解和有效支持。

目前,需求描述前的需求跟踪主要面临两个问题:首先,需求来源广泛,原始需求的记录方式多种多样而且不正规,主要是非结构化的信息,获取记录常常被视为临时文档,一旦分析完成,这些资料就被抛弃,使得追踪需求来源以及理解需求背后的基本原理变得十分困难;其次,需求分析偏向创造性思维活动,其过程让第三者难以理解<sup>[3]</sup>,这样从原始需求导出正式需求的过程就成为一个黑盒。在传统观念中,需求规格说明书被认为是项目的开端,需求分析过程中产生的中间产品通常没有被正式地记录和管理,但记录和管理这些中间产品是非常必要的,它们是连接原始需求和需求规格说明书的桥梁,是需求描述前的需求跟踪的基础。

## 2 需求描述前的需求跟踪模型

### 2.1 需求描述前的需求跟踪

<sup>\*</sup> 基金项目:重庆市信息产业发展基金(200501012)。于杨 硕士研究生,主要研究方向:软件工程、数据挖掘;杨丹 教授,博士生导师,主要研究方向:软件工程;文俊浩 副教授,博士研究生,主要研究方向:软件工程、数据挖掘;徐传运 硕士研究生,主要研究方向:软件工程。

需求描述前的需求跟踪是指在原始需求、需求分析过程中所产生的中间产品以及需求规格说明书之间保持需求的向前和向后的可跟踪性。原始需求指的是各种需求来源对于需求的原始陈述,需求来源包括客户(实际的和潜在的)、客户的规格说明书、任何原有解系统(执行与预期中的新系统相似功能的系统)及其文档、原有系统的用户、新的解系统的预期用户、原有产品(即开发者的其他产品,执行与可能要开发的产品相似的功能)、竞争对手的产品、应用(问题)领域专家、定义了任何接口系统(端子的)特征和行为的文档、相关的技术标准和法规等<sup>[4]</sup>。需求开发是一个不断演化的过程,它的起点是杂乱的原始需求,终点是需求规格说明书,中间涉及多次的分解、精化、合并等步骤,每一步处理都会产生新

的需求表述,包括文字的和图形化的,这些介于原始需求和需求规格说明之间的需求表述就是过程中产生的中间产品。可以说,用户的原始需求、需求分析过程中产生的中间产品以及最终的需求规格说明书形成了一个跟踪链,需求描述前的需求跟踪就是沿着这个链条进行向前向后跟踪的过程。

### 2.2 模型的提出

基于以上分析,文中提出了一个需求描述前的需求跟踪模型,建立模型所达到的目的就是使从原始需求导出正式需求的过程变成一个白盒,“白盒”有两层含义:一是处理步骤明朗化,二是原始需求、中间产品明朗化。因此需要建立两个模型,一个过程模型和一个数据模型,过程模型如图 2 所示,数据模型如表 1 所示。

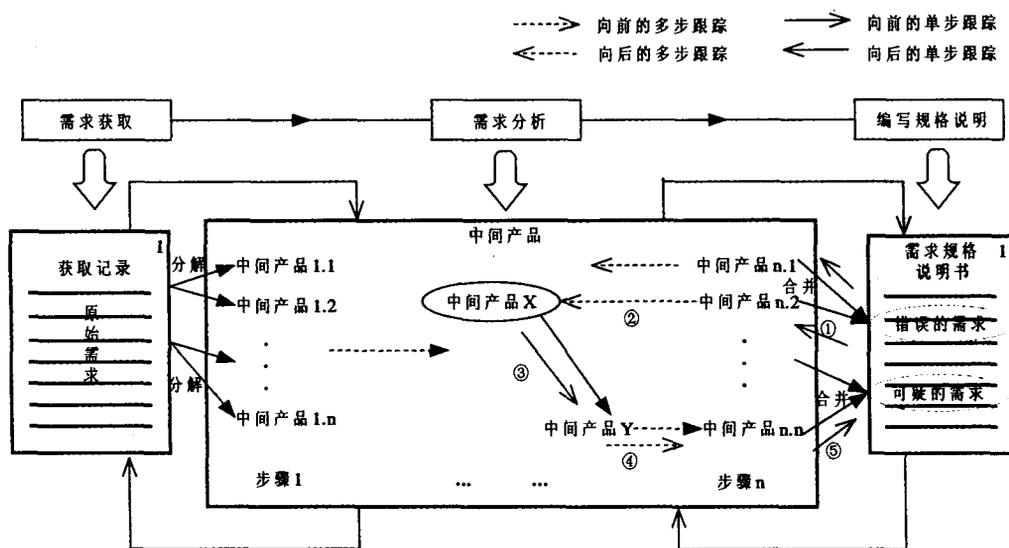


图 2 需求描述前的需求跟踪模型——过程模型

表 1 需求描述前的需求跟踪——数据模型

需求 ID	需求内容	需求来源	与需求来源的联系	导出人	方法工具	记录人	提出时间

需求开发包括四个活动:需求获取、需求分析、编写规格说明以及需求验证<sup>[5]</sup>。前三个活动都会产生相应的输出,它们分别是:获取记录、中间产品和需求规格说明书,而且前一个活动的输出会成为下一个活动的输入,这样就构成一个外部的跟踪链。而需求分析包括提炼、分析和审查已收集到的需求,涉及对原始需求多个步骤的处理,每个步骤都会产生很多中间产品,前一个步骤的输出成为下一个步骤的输入,而且中间产品与获取记录中的原始需求和需求规格说明书中的正式需求存在着映射关系,这样又构成了一个内部的跟踪链。

在图 2 的过程模型中,从原始需求到中间产品再到最终的需求规格说明书,所有需求表述以及它

们之间的关系都是明确化的,需求跟踪就是根据这些需求表述之间的关系对它们进行双向跟踪,一般有以下几种情况:

(1)从原始需求开始向前跟踪,检查所有相关的中间产品,直到最终的需求规格说明书,确保每一项原始需求都有与其对应的条目写入需求规格说明书中,以避免需求缺失。

(2)从需求规格说明书开始向后跟踪,遍历所有相关的中间产品,确保需求规格说明书中的需求都有明确来源,以避免冗余需求,而且还要确保来源正确、可信。

(3)经过研究发现,与错误需求相关的需求有较大的出错概率。这里的“相关”有两种情况:直接相关和间接相关,直接相关在过程模型中表现为“箭头”(→)关系,即由箭头连接的两个中间产品直接相关,假如箭头一端的中间产品出现问题,也要对箭头另一端的中间产品进行跟踪,数据模型中记录了中间产品之间的直接关系;此外,数据模型还记录了需

求之间隐含的关系,比如同一个人提出的需求、同一种工具或方法导出的需求,来自同一个人、由同一种工具或方法导出都属于间接的关系。因此,在评审需求规格说明书的时候如果发现需求错误,要找到错误根源并消除错误影响需要执行下面的跟踪步骤,图2的过程模型以此为例描述了跟踪过程:

①向后跟踪错误的需求找到错误的直接来源(在图2中是“中间产品 n.1”)。

②沿着直接来源继续向后跟踪,直到找到错误的源头(在图2中是“中间产品 X”)。

③从源头开始,对与错误源头相关的中间产品(在图2中是“中间产品 Y”,它泛指所有相关的中间产品)进行向前跟踪。

④继续向前跟踪,一直跟踪到与需求规格说明书直接关联的中间产品(在图2中是“中间产品 n.n”)。

⑤检查与该中间产品相关联的需求规格说明书中的需求(在图2中是“可疑需求”),它有可能发生错误。

可见,需求描述前的需求跟踪是一个非常复杂的过程,它并不只是单个步骤或者单个方向的跟踪,过程中往往会包含多次多个步骤的向前和向后跟踪,涉及多次迭代。

在图2所示的过程模型中,需求分析过程中产生的所有中间产品都要被记录,并且前一个处理环节的中间产品和后一个处理环节的中间产品之间存在着映射关系。为此需要用一种结构化的方法来记录这些中间产品以及它们之间的关系,这里选用二维表来记录这些信息,二维表的结构如表1所示,每个字段的含义如下:

(1)需求 ID:每一个需求都被分配一个 ID 号作为唯一的标识。

(2)需求内容:记录需求的具体内容,需求获取记录通常都是杂乱无章的,因此需要在尽量尊重原始需求内容的前提下进行一定的整理并删除无用的信息,然后加入到二维表中。

(3)需求来源:记录需求的具体来源,原始需求的来源可能是某个用户、某个开发人员、某个原有的文档或某项法律法规等,这对分析错误原因至关重要,而对于中间产品来说,需求来源指的是导出当前中间产品的其他中间产品,它是连接不同中间产品的桥梁,是需求跟踪的基础。

(4)与需求来源的联系:主要针对中间产品,记录过程模型中的“箭头”关系,如分解、精化、合并等,有助于了解中间产品产生的原因。

(5)导出人:主要针对中间产品,记录导出中间产品的需求分析人员。在需求分析过程中产生的中

间产品是由分析人员对原始需求进行不断分析和整理得出的,如果中间产品出现问题,可能与分析人员对于需求的理解有关。

(6)方法工具:对于原始需求来说,需记录需求获取的方法,对于中间产品来说,需要记录需求分析使用的方法工具等,因为需求出现问题可能和这些方法工具有关,这些信息有利于软件组织进行过程改进。

(7)记录人:表明需求是由谁记录在案,因为需求错误有时是由于记录人误解了需求的内容。

(8)提出时间:表明需求提出的日期。

需求跟踪也有助于处理需求的变动,当原始环境提出某些特殊更改需要(如开发组织政策的更改、商业过程的变化或者是对系统功能的扩展<sup>[6]</sup>)的时候通过需求跟踪可以分析变动影响的传播情况,利用文中提出的模型对要变动的原始需求进行向前的跟踪,就可以逐步分析变动产生的影响,最后根据具体情况如影响、代价等对需求规格说明书中受到影响的需求进行修改。

### 2.3 模型对于过程改进的作用

需求描述前的需求跟踪有利于软件组织的过程改进,需求的错误、缺失和不一致往往源于不正确的需求过程,而需求描述前的需求跟踪能发现这样的问题并找到问题发生的原因,文中提出的模型也对此提供了支持,通过过程模型所描述的跟踪方法对错误需求进行跟踪找到错误来源后,再通过数据模型找出与错误来源使用同一方法或工具导出的需求,然后继续对这些需求进行跟踪,对于一个软件项目来说,如果多个需求的错误都源于一种方法或工具的使用,那么就应该考虑该方法或工具是否适合此项目的开发,如果具备了一段时间项目开发所积累的数据,就可以对相关数据进行分析,评估软件组织目前的需求工程方法,找出适合特定项目的特定方法或工具,从而达到过程改进的目的。

### 2.4 应用实例

下面以设备租赁系统中的费用计算需求为例验证文中提出的模型。需求调查人员分别向用户甲、用户乙获取需求,用户甲是某设备租赁公司建筑设备租赁科的科长,用户乙是办公租赁科的科长。他们提出的原始需求、需求分析过程中产生的中间产品以及最终形成的需求规格说明都记录在图3所示的数据模型中。

对需求规格说明书进行审查时,领域专家发现 R1 中租金的计算是以月为单位,但小型设备的租赁期一般较短,可以以天为单位,因此 R1 是不正确的。为了找出错误原因以及错误的传播情况,需要对 R1 进行向后的跟踪。跟踪过程如图4所示。

需求ID	需求内容	需求来源	与需求来源的联系	导出人	方法工具	记录人	提出时间
OR1	租赁期以月为单位,租金的标准为元/月,租赁方必须先支付押金,押金额根据担保人的信誉等级和设备价值进行计算	用户甲			面谈	需求获取人员甲	2005/10/11
OR2	租赁方归还车辆的时候如果车辆出现问题,根据具体的租赁情况赔偿,如果租赁方延期交款,除了追缴租金之外,还要追加滞纳金	用户乙			面谈	需求获取人员乙	2005/10/12
A1.1	租赁期的单位为月份	OR1	分解	分析人员甲	word	分析人员甲	2005/10/20
A1.2	租金标准为元/月	OR1	分解	分析人员甲	word	分析人员甲	2005/10/20
A1.3	租赁方必须先支付押金	OR1	分解	分析人员甲	word	分析人员甲	2005/10/20
A1.4	押金为设备价值的一定比例	OR1	分解	分析人员甲	word	分析人员甲	2005/10/20
A1.5	押金占设备价值的比例根据担保人的信誉等级确定	OR1	分解	分析人员甲	word	分析人员甲	2005/10/20
A1.6	如果设备出现损坏,租赁方须对设备进行赔偿,赔偿数额根据损坏情况确定	OR2	分解	分析人员乙	word	分析人员乙	2005/10/21
A1.7	如果租赁方延期交款,除了要交滞纳金还要交滞纳金	OR2	分解	分析人员乙	word	分析人员乙	2005/10/21
A2.1	租金根据租期和租金标准计算	A1.1 A1.2	合并	分析人员甲	word	分析人员甲	2005/10/20
A2.2	信誉等级分为高、中、低三等,押金占设备价值的比例分别为:50%、70%、90%	A1.3 A1.4 A1.5	合并	分析人员甲	word	分析人员甲	2005/10/20
R1	租金 = 月数 × 每月租金	A2.1	精化	分析人员甲	word	分析人员甲	2005/10/20
R2	押金 = 设备价值 × 比例 比例 = $\begin{cases} 50\% (\text{信誉等级为高}) \\ 70\% (\text{信誉等级为中}) \\ 90\% (\text{信誉等级为低}) \end{cases}$	A2.2	精化	分析人员甲	word	分析人员甲	2005/10/20
R3	出现设备损坏或者延期交款: 租金 = 月数 × 每月租金 + 赔偿金 + 滞纳金	A2.1 A1.6 A1.7	合并	分析人员乙	word	分析人员乙	2005/10/21

图3 数据模型

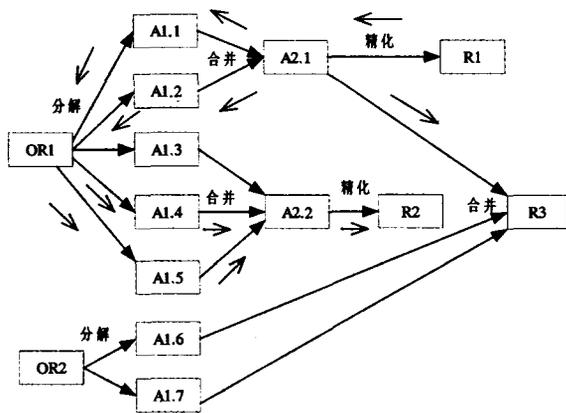


图4 过程模型

通过 R1→A2.1→A1.1→OR1 以及 R1→A2.1→A1.2→OR1 这两个跟踪链可以跟踪到错误来源即 OR1,这是一个由用户甲提出的原始需求,用户甲所在的科室是负责租赁建筑设备的,大型设备的租赁期一般比较长,因此他提出租赁期以月为单位,租金的支付标准也为元/月,这样的需求具有特殊性但缺乏普遍性。那么这个人提出的其他需求可能也有同样的缺陷,因此需要对他提出的其他需求进行跟踪,由 OR1 引出的另外三个需求链为 OR1→A1.3→A2.2→R2, OR1→A1.4→A2.2→R2, OR1→A1.5→A2.2→R2,经过分析发现 A1.5 的提出是因为大设备价值较高,租赁方通常难以承担过高的押金,因而通过担保的方式减少押金金额,但对于价值较低的小设备,不必通过担保减少押金金额。因此

发现由 A1.5 引出的需求链 A1.5→A2.2→R2 存在问题。

该例证明,利用文中提出的模型能够准确地跟踪到需求来源,发现错误原因并消除错误影响。

**结束语** 文中提出了一个需求描述前的需求跟踪模型,包括过程模型和数据模型;过程模型描述跟踪过程,数据模型记录所有与原始需求、中间产品相关的重要信息,以支持需求跟踪。通过应用模型跟踪设备租赁系统中费用计算的需求,表明该模型能够准确跟踪到需求来源,发现需求错误、遗漏和不一致,并能够发现与错误需求相关的需求错误,消除错误影响,从而改进需求质量,其有效性得到验证。

参考文献

- 1 Kishore S, Naik R. Software Requirements and Estimation [M]. McGraw-Hill Companies, 2001. 38~40
- 2 Gotel O C Z, Finkelstein A C W. An Analysis of the Requirements Traceability Problem. In: Proceedings of the First International Conference on Requirements Engineering [C]. Colorado Springs, April 1994. 94~101
- 3 熊伟, 新藤久和. 软件需求定量分析及其映射的模糊层次分析法[J]. 软件学报, 2005, 16(3):427~433
- 4 Bray L K. An Introduction to Requirements Engineering [M]. Pearson Education Limited, 2002. 33~35
- 5 Wiegars K E. Software Requirements [M]. Microsoft Press, 2000. 9~11
- 6 Pohl K, Aachen R, Proart I V. Enabling Requirements Pre-Traceability. In: Proceedings of the Second International Conference on Requirements Engineering [C]. Colorado Springs, 1996. 76~84