

文章编号:1672-3961(2024)02-0103-11 DOI:10.6040/j.issn.1672-3961.0.2023.004

# 基于活动理论的社会-信息服务协同建模方法与工具

齐明皓<sup>1,2</sup>, 赵卓峰<sup>1,2\*</sup>, 丁维龙<sup>1,2</sup>

(1.北方工业大学信息学院,北京 100144; 2.北方工业大学大规模流数据集成与分析技术北京市重点实验室,北京 100144)

**摘要:**以第四方平台模式下的科技服务协同为研究案例,通过活动理论对社会-信息服务协同要素进行分析,提出社会-信息服务协同核心建模元素及模型定义,给出基于 BPMN2.0 扩展的定义语言,设计并实现可视化的社会-信息服务协同建模工具及相关支撑系统。通过具体的科技服务协同案例验证了本研究方法可以有效支持社会-信息服务协同的建模及管理需求。

**关键词:**社会信息服务;业务过程建模;活动理论;服务协同;科技服务

**中图分类号:**TP311.5 **文献标志码:**A

**引用格式:**齐明皓,赵卓峰,丁维龙. 基于活动理论的社会-信息服务协同建模方法与工具[J].山东大学学报(工学版),2024,54(2):103-113.

QI Minghao, ZHAO Zhuofeng, DING Weilong. Methodology and tools for collaborative modeling of social-information services based on activity theory[J]. Journal of Shandong University (Engineering Science), 2024, 54(2):103-113.

## Methodology and tools for collaborative modeling of social-information services based on activity theory

QI Minghao<sup>1,2</sup>, ZHAO Zhuofeng<sup>1,2\*</sup>, DING Weilong<sup>1,2</sup>

(1. College of Information, North China University of Technology, Beijing 100144, China; 2. Beijing Key Laboratory of Large-scale Streaming Data Integration and Analysis Technology, North China University of Technology, Beijing 100144, China)

**Abstract:** The science and technology service collaboration under the fourth-party platform model was taken as a research case, the elements of social-information service collaboration through activity theory were analyzed, and the core modeling elements and model definition of social-information service collaboration were proposed. A definition language based on BPMN2.0 extension was given and a visualized social-information service collaboration modeling tool and the related support system were designed and implemented. It was verified that the modeling and management requirements of social-information service collaboration through specific science and technology service collaboration cases were effectively supported.

**Keywords:** social information service; business process modeling; activity theory; service collaboration; technology service

## 0 引言

随着人工智能、大数据和移动互联网等新一代信息技术快速发展和应用于各行业,出现了服务型制造、服务型政府、服务经济等诸多新社会业态,基于新一代信息技术提供的各类服务已成为驱动社会创新与发展的主要力量,呈现出“万物皆服务(everything as a services, EaaS)”的服务化趋势。

在该趋势下,社会诸多行业的业务与产品、生产与消费、管理与经营等均以服务为手段和形式提供,产生了大量社会与信息特征融合的服务。各行业的众多新兴业务也往往需要这些跨域、跨组织的服务协同来支持<sup>[1]</sup>。当前,新一代信息技术背景下的社会-信息服务,一方面与以人为主体的生态体系和业务活动有关,涉及不同主客体的联系与协调;另一方面又通过多变信息的生产和传递保证社会活动的正常进行和创新发展<sup>[2-3]</sup>。服务计算作为一

收稿日期:2023-01-03

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2019YFB1405103)

第一作者简介:齐明皓(1997—),男,山东单县人,硕士研究生,主要研究方向为 IOT 服务建模及工具。E-mail:qiminghaojj@qq.com

\*通信作者简介:赵卓峰(1977—),男,山东济南人,研究员,博士生导师,博士,主要研究方向为大数据、云计算、智能服务。E-mail:edzhao@ncut.edu.cn

种面向服务提供主体和服务消费主体、以服务价值为核心的计算理论,在理论层面可以为社会-信息服务提供基础支撑,但传统的以软件 API 为主要对象的服务协同、服务组合等服务计算技术,无法刻画和支撑新颖的社会-信息服务协同形态和模式<sup>[4]</sup>。如何有效地对跨界、跨域融合等趋势下网络化社会-信息服务协同进行建模并提供工具支撑就成为一个急需解决的关键问题<sup>[1]</sup>。

在当前跨界、跨域融合背景下,社会-信息服务协同的主客体、目标、过程、活动等表现出一些新的变化,具有如下几个主要特点和难点。

(1)多元化、生态化的协同主客体。在平台经济及众包、众创模式等推动下,社会-信息服务协同往往处于一个更加开放、动态的生态体系下,涉及众多不同类型的主客体,产生一些新的主客体关联关系,使得协同建模需要建立与之匹配的模型要素,而如何对如此复杂环境下社会与信息融合的服务协同建模要素进行全面分析就成为一个主要挑战。

(2)定制化的社会-信息服务活动。社会-信息服务具有业务与技术互动、线上线下融合、价值产生与传递等典型特性,需要在协同过程中对社会-信息服务活动实施、服务价值交易、服务状态管理、服务信息记录等方面提供定制化的支持,使得传统协同建模中核心要素“活动”的内涵和外延也要求随之拓展,给社会-信息服务活动的定义表示和语义刻画带来了新的要求和挑战。

(3)复杂化的服务协同过程约束。在多元化协同主客体的情况下,社会-信息服务协同过程演变为包含与中介、平台等载体的多次间接交互过程,涉及与业务规范、价值条件、多方协商评价等诸多方面的复杂约束,传统简单的一站式协同过程执行方式难以支持复杂交互中业务约束的表达,特别是缺乏对业务约束与协同信息的关联表达。

针对以上社会-信息服务及其协同的特点和难点,如何设计有效的社会-信息服务协同工具和系统,使其能与新业态下 IT 系统与社会业务交互影响并促进新型服务业态的发展就成为一个关键挑战<sup>[5]</sup>。本研究以第四方平台模式下的科技服务协同为研究案例,通过活动理论对社会-信息服务协同要素进行分析,得到社会-信息服务协同所涉及的核心信息内容及协同工具及系统功能需求,进而提出社会-信息服务协同核心建模元素及模型定义,并给出了基于 BPMN2.0 扩展的定义模型语言,最后设计并实现了可视化的社会-信息服务协同建

模工具及相关系统。

## 1 相关工作

### 1.1 活动理论

对社会性活动的信息化分析一直是计算机协同制造 (computer-supported collaborative manufacturing, CSCW) 研究领域的热点,产生了 2 种影响广泛的分析理论与方法,即基于本土方法论的分析设计方法和基于活动理论的分析设计方法。

本土方法论核心是通过对组织行为活动实例的详细分析,得到用于协同技术和系统后续设计的输入信息。采用设计案例分析的基础设计方法<sup>[6]</sup>是该类方法的代表工作。基础设计方法通过在引入 IT 系统之前和之后对社会活动的观测信息进行重构开展案例研究。这个过程一般包括经验性的预研、IT 系统设计和应用评价 3 个阶段的迭代。在迭代过程中,通常采用实地研究、参与式设计和行为研究等方法获取与情境相关的、可用于 IT 系统设计和改进的观测信息,并逐步积累形成 IT 系统知识库。

活动理论提供了 1 套研究、分析、描述及理解人类活动特别是协同活动的理论和技术应用框架。该框架可以帮助预测和描述人类活动,同时也用来支持 CSCW 系统和相关技术的设计,活动理论的概述图如图 1 所示。

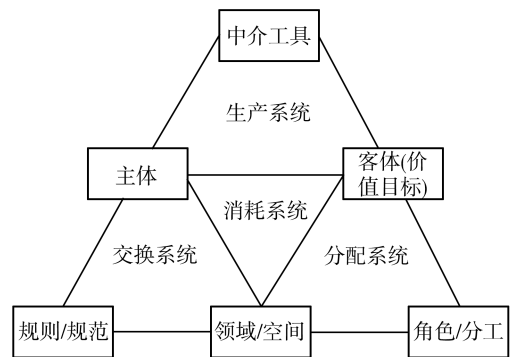


图 1 活动理论的概述图

Fig.1 Overview diagram of activity theory

由图 1 可知,活动理论的模型主要有 6 个核心要素,分别是中介工具、主体、目标/客体、规范/规则、领域/空间、角色/分工,主体是活动的主要参与者,领域/空间是主体所处的业务领域或者物理空间,其中存在一些规则对主体产生一些约束。活动理论的模型主要有 4 个系统,分别是生产系统、消耗系统、交换系统、分配系统<sup>[7]</sup>。生产系统主要表述主体如何使用工具实现目标价值,客体在工具的作用下发生了哪些改变;消费系统主要表述主体和领域中的成员如何作用于客体/目标,领域其他成员

对主体目标的作用;交换系统表述领域中存在的规则,规则对主体的约束和领域成员的约束;分配系统主要表述领域中的成员主体在实现目标对客体产生作用时的分工。

## 1.2 科技服务协同

科技服务是运用现代科学知识、现代技术手段、分析方法和技术标准产生、传播和应用进行创造性活动和提供智力服务的行为。科技服务包括研究开发、检验检测认证、创业孵化、知识产权、科技咨询、科技金融、技术转移、科学技术普及8类专业科技服务和综合科技服务。

当前,我国科技服务的发展主要有以下几个趋势:(1)科技服务业向平台化、线上线下结合方向发展,大量通用型的专业科技服务平台和综合科技服务平台纷纷建立,如知呱呱(<http://ip.zgg.cn/>)新型知识产权服务平台、找我测(<http://www.zhaowoce.com/>)检验检测服务平台、AMiner(<http://www.arnetminer.org/>)等科技情报服务平台、科集网(<http://www.kejiwang.cc/>)等综合科技服务平台;(2)集成化的服务模式成为科技服务业发展的一个重要形态,出现了如科易网(<http://www.1633.com/>)等一站式科技服务平台,它们以技术转移、成果转化等为目标整合相关资源提供满足最终用户需求的全套解决方案;(3)面向行业的科技创新服务平台成为一个新的发展热点,这类平台聚焦特定领域的具体需求开展相关科技服务资源的整合和服务提供。

科技服务协同作为一种有效的方式,通过整合跨平台的多方科技服务产品,为行业用户提供一站式的科技服务,可以充分满足产业发展对科技服务的多样化创新需求。科技服务协同涵盖整个科技创新过程,该过程由一系列相关科技服务活动构成,并涉及科技服务中介、科技服务提供商、科技平台运营商、行业用户等多类参与方。科技服务活动可以通过科技服务产品实现,并表现为科技服务产品的实施交付,包含需求确认、合同签署、订单生成、服务实施与交付、服务交易、服务验收与评价等一系列具体内容。

为了汇聚服务提供商,为服务协同提供载体,在大量服务消费者和众多服务提供者之间出现了第三方科技服务平台模式,实现对科技服务提供商、科技服务用户、科技服务中介机构的集成,可利用多方资源为广大用户提供新型科技服务解决方案。以科易网为例,它依托互联网汇聚了各领域各地的用户、服务提供商及服务资源,支持企业、技

术、人才等资源的展示、对接和交易,建立了网上交易市场,汇聚了科技服务产业链条上的各类服务,初步形成了一个网络化的科技服务生态系统,并基于该科技服务生态系统通过对多方资源、能力等的协同不断创新科技服务产品内容及面向全国各地开展定制化的科技服务。这种网络化、平台化、生态化的科技服务协同正是一种典型的社会-信息服务协同系统,其具有社会-信息融合的典型特性。本研究将以此为对象,对社会-信息融合服务协同要素分析和协同建模方法进行研究。

## 1.3 业务过程建模

服务协同环境是服务化趋势下企业跨组织合作应用的一种典型实现方式。在服务协同环境中,分布在各自领域的多个社会信息服务相互协作完成称为业务过程。业务过程将工作活动分解成定义良好的任务和角色,并按照一定的规则和过程,协同执行业务流程中的各个环节,实现业务过程的自动化。不正确的建模和模型的不合理约束可能会带来不可预知的运行错误和协作问题。基于业务过程的建模并验证该模型对业务过程中变化的约束是否有效,是服务协同环境设计中非常重要的问题。基于业务过程的建模是充分研究服务协同业务过程的一种方法,通过对该过程的详细描述和理解进行建模,以验证该模型是否对业务过程有效。

现在基于业务过程建模方法的研究有很多,包括统一建模语言、业务流程管理和符号(business process model and notation, BPMN)、Petri网、事件驱动的过程链方法。为了实现在不同业务领域的应用,对于这些建模方法的扩展也有很多研究。文献[8]将BPMN和案例管理模型和符号(case management mode and notation, CMMN)集成,称为案例管理符号,建立更好的业务过程模型。文献[9]利用传统工作流的合理性定义,对业务过程进行分析,如果每个参与者业务过程是合理的,那么协同业务过程就是合理的。文献[10]针对泛在计算的服务特点,对BPMN2.0和泛在计算关联的设备进行了扩展,并提出了uBPMN的概念。

过去的业务过程建模方式是自底向上的,即从单个活动元素开始建模,然后组合验证协同过程的业务流程,虽然这种方式可以清晰地描述每个独立建模元素的详细特征,但对整个流程建模的合理性支持还有所不足。与此相对,社会-信息服务和社会信息学是一门从信息的角度阐明社会现象的研究。在研究服务协同时,不能仅仅通过独立提取信息进行分析<sup>[11]</sup>,需要一种自顶向下的分析方法,从

整个协同活动开始进行分析,并抽象出相应的活动元素进行建模。这种方法可以更好地支持整个流程建模的合理性,也更符合社会信息学的研究范畴。

## 2 基于活动理论的社会-信息融合服务协同建模方法

首先利用活动理论对第四方平台模式下的科技服务协同案例中的服务协同要素进行分析,得出科技服务协同涉及的主客体、所处的领域、目标、规则及工具需求等内容,进而在此基础上提出由领域模型、过程模型(包括价值模型和扩展的活动树模型)和信息模型构成的层次化科技服务协同模型。

### 2.1 基于活动理论的科技服务协同要素分析

利用活动理论对科技服务协同过程的分析旨在提供对该过程的详细描述和理解。科技服务活动是在特定的现实环境下进行的,在分析科技服务协同要素时,需要收集有关科技服务活动、人物、地点和工具的数据。例如,在一个科技服务活动中,活动的目的是实现新材料的研发,人物或角色主要包括两类,每类都包含一个或多个个人物,分别为服务的需求方、服务协同的中介方和服务的提供方。本研究需要收集这些人物或角色所进行的活动<sup>[12]</sup>。由于科技服务活动线上线下相结合的特点,当提供服务活动时,各个角色不必在同一地点,服务协同平台成为服务协同过程中的重要工具之一,服务协同建模工具也成为辅助协同的关键工具之一。本研究需要收集这些工具参与的各种活动,地点为各个工业园区和工厂的内部,收集工业园区中相应企业在服务协同活动中进行的活动。

收集活动结束后,根据活动理论的概念,详细分析这些活动模式。活动分析方法的核心问题是如何利用活动的目标和人物的动机区分一个活动和另一个活动<sup>[13]</sup>,只有明确得知每个人物(或者角色)当前活动的目标才能真正确定该活动,因此,服务协同活动贯穿活动文件和需求合同、结果文档全过程,很适合活动分析。本研究根据活动理论分析在新材料研发服务协同活动中确定以下信息和特征。

**主体:**参与新材料研发服务协同活动的角色,社会信息服务商业活动的参与者,包括中介服务提供者。

**目标:**主体要实现目标和主体作用的客体,如对新材料研发服务的验收等。

**工具:**主体完成新材料研发服务协同活动所使

用的工具,如服务协同建模工具与平台。

**规则:**主体实现目标的规则、使用工具的规则和其他活动过程中的行业规范等,如新材料研发实施过程规范等。

**社区:**主体所在的位置、实施活动的位置等,如需求企业所在的园区、工厂所在的工业园区和其管委会管理的地区等。

**角色:**主体所扮演的角色,社区中存在的角色,如服务提供商、服务需求企业等。

综上,基于活动理论分析过程,本研究确定了构建领域模型、过程模型和信息模型所需要的要素。

### 2.2 层次化的科技服务协同模型

基于上述分析结论,本研究提出一种层次化的科技服务协同活动模型,该模型从宏观策略、实施过程和信息支撑3方面对科技服务协同模型进行自顶向下的刻画,分别对应领域模型、过程模型和信息模型3部分。

#### 2.2.1 领域模型

在宏观策略层,基于活动理论的分析结果,重点对科技服务协同所处的环境以及所涉及的主客体进行建模。领域模型从总体层面定义了第四方平台下科技服务协同所处的特定生态环境,包括科技服务协同的主客体、科技服务协同领域规范、科技服务类型、服务协同业务规则、科技服务协同。按照上述描述,领域模型可以定义为1个六元组,即

$$C_o = (p, S_o, S_M, T, S, R),$$

式中, $p$ 是领域的基本信息, $S_o$ 表示本领域涉及的主客体集合, $S_M$ 表示该领域涉及的科技服务类型集合, $T$ 表示该领域科技服务活动的集合, $S$ 表示领域中的服务产品集合, $R$ 表示本领域的规则集合。以下详细介绍上述参数。

(1)  $p = (i_d, n_r, u_{r1}, o)$ 是领域的基本信息。式中: $i_d$ 为领域的内部标识符,用于唯一标识领域; $n_r$ 为领域名称; $u_{r1}$ 为领域平台访问地址; $o$ 为领域的拥有者(往往为行业龙头企业、协会或政府、产业园区等),也是领域的创建者,领域之间进行跨域互操作时,往往需要领域的管理者之间达成协议。

(2)  $S_o$ 表示本领域涉及的主客体集合, $S_o = \{s_o | s_o \in S_B \vee b_c \in O_B\}$ 。式中: $S_B$ 为领域中的科技服务主体, $S_B = \{(n_s, t, i) | i = 1, \dots, t\}$ ,科技服务的主体由不同类型的科技服务供应方提供,其中 $n_s$ 为科技服务供应方的名称, $t$ 为该科技服务供应方的类型(包括科技服务平台商、科技服务产品提供商、科技服务中介商3种类型), $i$ 为该科技服务供应商的详细信息; $O_B$ 表示本领域涉及的客体集合, $O_B =$



为了将价值链和科技服务的业务过程模型相结合,本研究使用了e<sup>3</sup>-value 价值模型<sup>[11]</sup>。在这个模型中,价值链可以完全依附于流程。在科技服务协同的流程图中,业务流程中的每个活动就是价值活动,而流程图中活动与活动之间的关系就是价值模型中的价值转移关系。活动中定义的属性可以关联到价值模型中的价值对象。通过结合价值链的业务流程,可以详细描述每个服务活动中的价值、价值对象以及业务过程中的价值转移。在这一层,还将实现对活动元模型的扩展。标准的BPMN2.0并没有提供对社会-信息服务和科技服务活动协同过程的建模支持,其模型也不支持价值链的结合。因此,在BPMN2.0原有的活动上扩展了科技服务协同的个性化活动模型和定义,以帮助构建结合价值链表述的业务过程模型。

### 2.2.3 信息模型

在信息层,主要针对过程模型中产生的如案件、订单、支付、交付物、文档、评价等许多信息实体及其管理需求进行建模。在这里重点刻画信息实体的表述即信息模型,以及在系统实现过程中与技术实现的关联,信息模型在实现层面的支持包括存储、归档、管理。同时,根据需求,利用支持多租户的数据库模式支持数据的存储,提升数据和信息实体的隔离性。如将订单定义为 $o_{rder} = (t_{ime}, c_{re}, a_{mo}, s_{en}, r_{ec}, s_{ta}, o_r)$ ,其中, $t_{ime}$ 表示订单的支付时间, $c_{re}$ 表示订单的支付凭证, $a_{mo}$ 表示订单的支付时间, $s_{en}$ 表示订单的支付方, $r_{ec}$ 表示订单的收款方, $s_{ta}$ 表示订单的支付状态, $o_r$ 表示订单的ID。

## 3 基于BPMN扩展的社会-信息服务协同模型定义

### 3.1 服务协同规范定义

每种业务的规范都对应一条借助 Drool Situation 定义的规则,称之为情景规则。规范的启动情景,即左值(seft-hand-side, LHS),是来自情况中的元素和约束条件,右值(right-hand-side, RHS)则是情况规则满足后实现的功能,即流程管理的功能<sup>[2]</sup>。

这些规范是由参与情况的实体、环境、约束组合衍生出来的。规则1描述了服务订单支付和服务提供的规范,其中的Activity、Order代表了参与规范的实体类型,ProcessPaymentContinues反映的是情景和实体之间的约束关系。在规则中先根据条件,如根据ID查询到相应的实体,再给出规范该实体

的相应约束,例如在规则1中的约束,服务必须是完成服务匹配、服务有确定的服务提供商、并且服务现在处于经过中介确认后的就绪状态,这时,约束条件满足,才进行订单的支付过程。具体情景规则如下。

#### 规则1 服务订单支付规范

**RULE:** "PaymentProcessRules"

**When:**

Activity: activity( ServiceId)

Order: order( ServiceOrderId)

User: user( )

\$ Process Payment Continues; Process Payment Continues ( isservice == ServiceId & & isorder == Service OrderId & & Service Match == 1 & & Service Status == 1 & & Service Oder Status == 0)

**Then:**

Change Status ( Service Status, Service Oder Status)

**End.**

#### 规则2 服务评价规范

**RULE:** "EvaluationRules"

**When:**

Activity: activity( ServiceId)

Order: order( ServiceOrderId)

User: user( )

\$ Service Evaluation; Service Evaluation ( isservice == ServiceId & & isorder == Service OrderId & & Service Match == 1 & & Service Status == 3 & & Service Oder Status == 1)

**Then:**

Change Evaluation Status ( Evaluation)

**End.**

#### 规则3 服务提供规范

**RULE:** "ServiceProvideRules"

**When:**

User( )

Activity: activity ( ServiceId) \$ Service Provide; Service Provide ( isservice == ServiceId & & Service Match == 1 & & Service Status == 1 & & Service Oder Status == 0)

**Then:**

ChangeStatus ( ServiceStatus, ServiceOder-

Status)

UploadValueFiles()

End。

### 3.2 服务活动定义

服务活动的定义在扩展的同时,价值模型中价值活动、价值对象、价值转移的内容也在定义中得到支持,在本研究e<sup>3</sup>-value 价值模型和服务业务过程结合建模的理论中,服务活动本身和服务协同业务过程都是价值活动,服务活动描述的是一个综合服务的提供过程,这个过程是一个服务提供商创造价值价值的过程。服务提供商提供的服务、提供的服务过程文档、中介支付的订单,都是价值对象,都参与到价值网中的价值交换。科技服务活动在科技服务协同过程中的流转是一个价值转移的过程,企业、中介、服务提供商的价值对象在其中交换,产生互惠的价值转移。

为了支持基于活动分析的科技服务层次化建模在平台的兼容性和可执行性,本研究对原生

BPMN2.0 进行个性化扩展,扩展的方式完全遵循 OMG 组织编写的 BPMN2.0 手册规范,以保障扩展模型的普适性<sup>[15]</sup>。

BPMN 的核心结构有 2 种表现形式,一个描述概念的元对象设施(meta object facility, MOF)元模型和一个设定交换格式的 XML 模式定义(XML schema definition, XSD)<sup>[10]</sup>,服务的核心结构扩展就针对这两个关键支撑。BPMN 的 MOF 类图元模型在文献[13]中被划分为多个片段,并归纳呈现为一张图,如图 3 所示。在图 3 中,白色的类属于 BPMN2.0 标准,灰色的类则反映了本研究做的扩展。这些扩展主要针对流程对象中的“活动”和数据类别中的“数据输入”。例如,在科技服务中,TechnologyServices-Task、TestingAnd-Certification-Task、TechnologyTransferTask、TechnologyFinance-Task 等类继承了 Activity 的属性和模型关联。属性实现是字符串类型,指的是实现服务的主题目标,如服务匹配、服务方案定制、服务订购等。

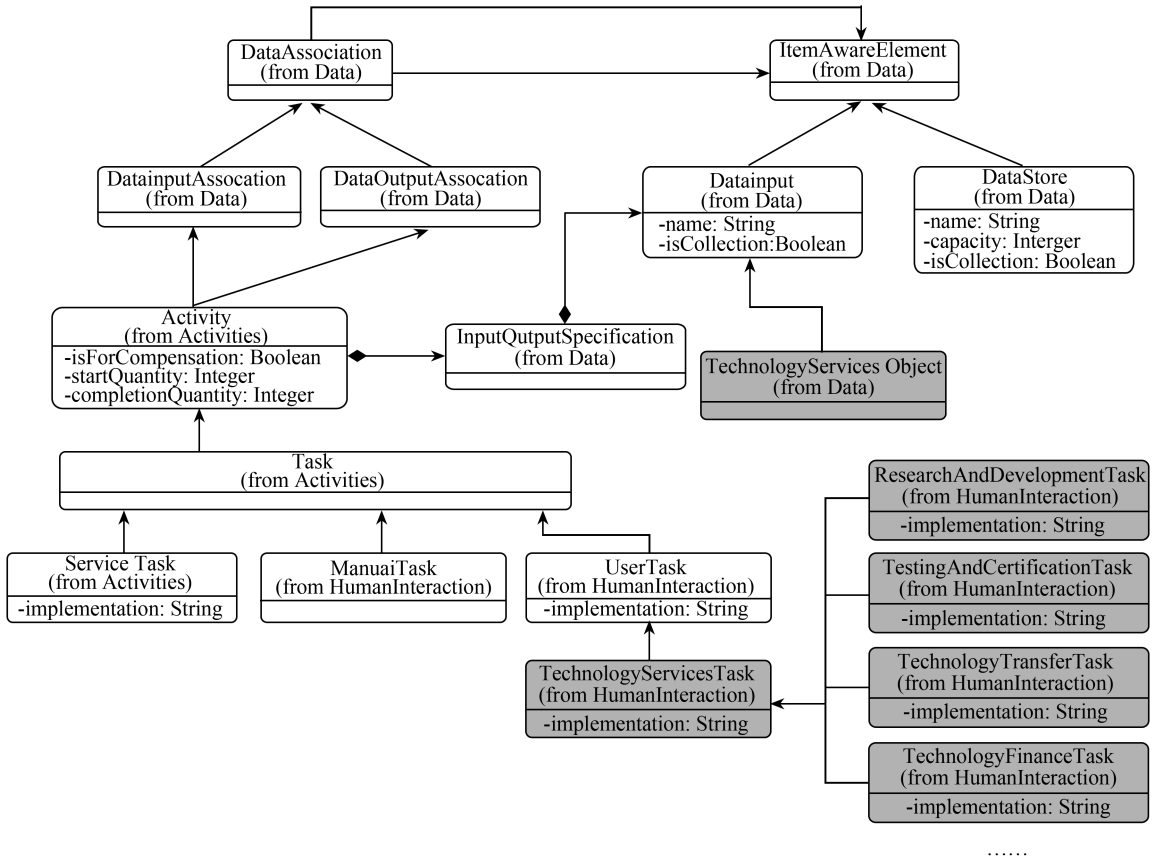


图 3 活动元模型扩展图

Fig.3 Extended diagram of the active element model

BPMN v2.0 的 XSD 规范有 5 个文件,分别是主文件 BPMN20.xsd 和 4 个命名空间文件(BPMNDI.xsd、DC.xsd、DI.xsd 和 Semantic.xsd)<sup>[10]</sup>。科技服务升级的目标是最后一个文件,

因为它拥有 BPMN 语义。由于 BPMN2.0 基本定义内容冗长,本研究省略了 BPMN 2.0 方面的内容而只关注扩展。省略号指的是 BPMN2.0 规范中的现有代码。##unspecified 定义留下了实现技术

的窗口,以便服务未来做更多属性的扩展。由于改变了最初的 Semantic.xsd 文件,所以将属性 xmlns 和 target-namespace 的值修改为 TechnologyServices-Bpmn,以表明这一变化。具体的服务活动 xsd 扩展如下:

```

<? xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xsd:schema
  elementDefault="qualified"
  attributeFromDefault="unqualified"
  xmlns="TechnologyServicesBpmn"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" targetNamespace="TechnologyServicesBpmn">
  ...
  <xsd:elementname="TechnologyServicesTask"
  type="tTechnologyServicesTask" substitutionGroup="flowElement"/>
  <xsd:elementname="BusinessIncubationTask"
  type="tTechnologyServicesTask" substitutionGroup="flowElement"/>
  ...
  <xsd:elementname="IntellectualPropertyTask"
  type="tTechnologyServicesTask"
  substitutionGroup="flowElement"/>
  <xsd:elementname="TechnologyConsulting-Task" type="tTechnologyServicesTask" substitutionGroup="flowElement"/>
  <xsd:complexType name="tTechnologyServicesTask">
  <xsd:complexContent>
  <xsd:extension base="tTask">
  <xsd:attributename="implementntation" type="tImplementation" default="##unspecified"/>
  </xsd:extension>
  </xsd:complexContent>
  </xsd:complexType>
</xsd:schema>。

```

根据本研究提出的分析方法得出的服务目标,即服务匹配、服务方案定制、服务订购等,在对 BPMN2.0 建模元素扩展之后还需对活动元素的配置信息进行扩展,使其支持本研究活动理论分析中的“主体”的“目标”在业务流程中的实现。具体服务建模活动元素的扩展配置如下:

```

<TechnologyServicesTaskid="theTechnologyServicesTask" assignee="{assignee}"
  beneficiaries="{beneficiariesList}">
  <documentation>
  Service related data
  </documentation>
  <extensionElementsElements> <serviceMatchin-gevent="create"
  class="{MyServiceHandler}"/>
  <serviceOrderStatusname="serviceOrderStatus" stringValue="{serviceOrderStatus}"/>
  <serviceEvaluationname="{Evaluators}" stringValue="{Evaluation}"/>
  </extensionElementsElements>
</TechnologyServicesTask>。

```

服务扩展活动元素的关键配置信息如表 1 所示。

表 1 扩展配置属性对应表  
Table 1 Extended configuration table

变量名	意义
beneficiaries	科技服务的服务对象列表,即科技服务的受益对象,是不同产业领域企业
assignee	科技服务指派的各种专业科技服务商,他是由中介指派,或者由服务匹配中获得的
service Matching	服务匹配,是相关类型科技服务和具体服务提供商提供的具体服务之间的关联和匹配,该科技服务匹配具体科技服务之后会获得该任务的相关服务信息和 assignee
service Order Status	科技服务订单的状态
service Evaluation	科技服务的评价

### 3.3 服务协同信息实体定义

在服务协同业务过程中产生的信息实体给出的定义一方面要能够准确描述信息实体的信息,另一方面要能够在多租户的数据库系统中方便存储。采用共享数据库与数据表的多租户模式,在表中增加 TenantID 多租户的数据字段,在每次向数据表中插入字段时都包含客户的身份字段,这样一方面保障了不同客户之间的数据隔离性,另一方面达到服务协同资源、信息的高共享性。

## 4 科技服务协同案例

本章通过一个石墨烯功能性纺织材料研发科

技服务案例,验证本研究所提出方法的有效性。根据本研究提出的协同建模方法,对石墨烯功能性纺织材料研发所涉及的科技服务协同内容进行分析,得出石墨烯功能性纺织材料研发的服务协同领域模型,如图4所示。在石墨烯功能性纺织材料研发领域模型中,科技服务中介和各个服务提供商共同实现了这一研发目标。其中,服务提供商包括提供纺织材料

行业分析的中科院文献中心等,主要领域和空间为绍兴市中小纺织企业科技服务空间,这个空间中的主体成员有各类服务商和中介。该模型的客体包括完成石墨烯功能性纺织材料研发和各个服务验收,中介的主体作用在于实现这一目标,而服务提供商则需完成服务交付和订单支付等任务。

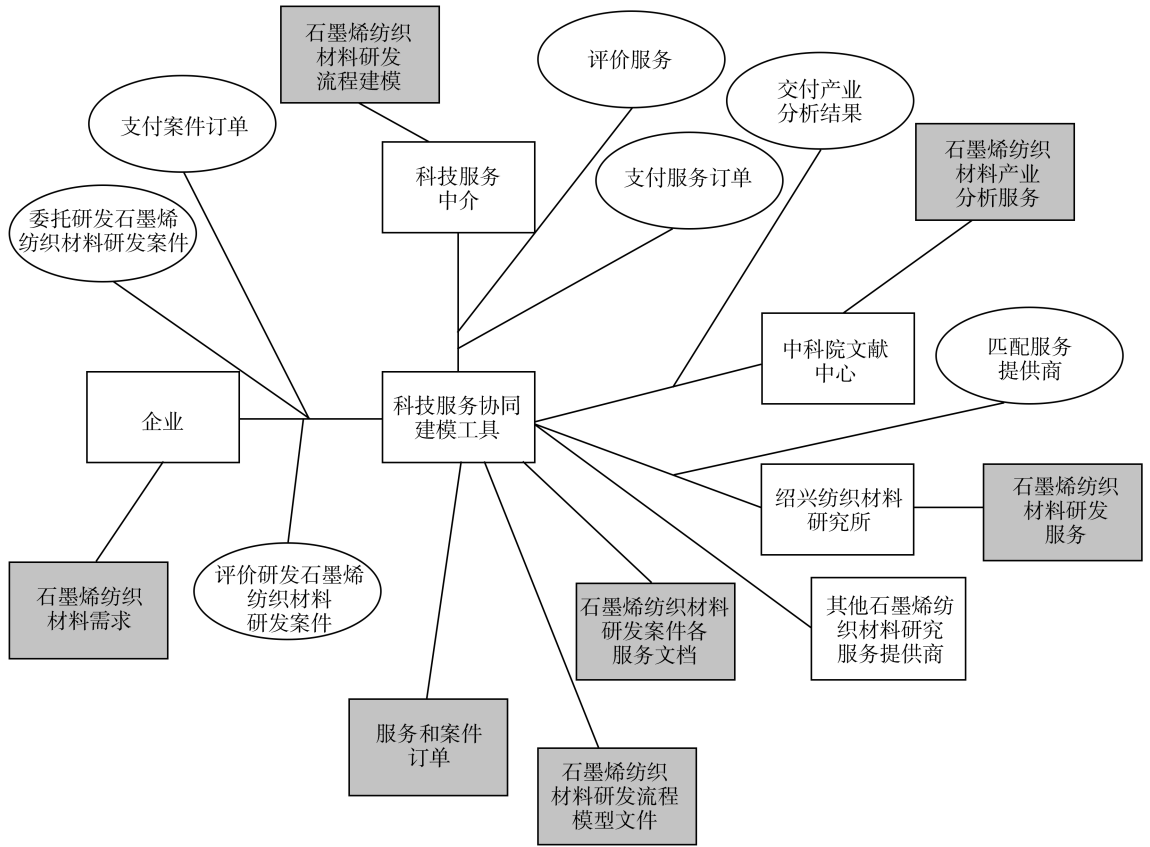


图4 石墨烯纺织材料研发服务领域模型图  
Fig.4 Graphene textile materials R&D service area model

在绍兴市中小纺织企业科技服务空间有各种规范,如石墨烯纺织材料研发服务地提供规范、石墨烯纺织材料行业查新服务提供规范等行业服务规范,也有像订单支付规范这种业务规范,这些规范本质上也是e<sup>3</sup>-value 价值模型中描述的价值交换的规范,保障服务空间和交换系统中主体之间能进行价值互惠的交换活动。在这些规范的约束下可以得到业务流程建模。

在流程建模中每一个服务都有其服务提供商,如,石墨烯纺织材料研发服务的提供商是东华大学绍兴纺织材料研究院,服务提供商和构建流程的科技中介都属于绍兴市中小纺织企业科技服务空间的成员,在提供服务时都受到领域中规范的约束,如只有中介支付过服务订单后,东华大学绍兴纺织

材料研究院才提供服务,流程才能继续,其进一步提供服务后上传石墨烯纺织材料研发结果文档和服务过程文档,科技服务中介验收石墨烯纺织材料研发服务,给出评价。

综上所述,业务流程中的每个科技服务都可以描述为e<sup>3</sup>-value 模型中的价值活动,而上面提到的服务订单、结果文档、服务过程文档,都属于价值活动的价值对象,随着流程的进行东华大学绍兴纺织材料研究院获得了支付的订单、服务的评价,科技服务中介获得了业务过程中关键服务的结果,二者完成了e<sup>3</sup>-value 模型中所叙的互惠价值的传递,也同时刻画价值的转移过程。

石墨烯纺织材料研发服务业务流程中产生的订单、文档等作为信息实体在本研究描述的方法中

以数据表或文件的形式存储在多租户的数据库系统中。

### 5 社会-信息服务协同建模工具及相关系统

本研究结合第3章提出的建模方式和 BPMN 2.0的扩展方式,使用当前流行的建模工具 bpmn.js 和流程引擎 Flowable,搭建了一个原型系统。良好的可扩展性对于支持实现基于活动分析的科技服务建模至关重要。bpmn.js 具有优秀的可扩展性,它可以支持用户自定义扩展图元以及自定义解析 BPMN2.0 规范文件。为了满足本研究对科技服务活动建模和 BPMN2.0 的扩展需求,本研究在系统实现中扩展了 Molder,从而使得建模工具的图元支持扩展的定义。在建模工具中,可以使用科技服务行业标准分类的多种图元进行科技服务协同业务流程的图形化建模。

Flowable 业务流程引擎支持 BPMN2.0 标准,并且还提供了在流程流转中支持 BPMN2.0 标准自定义扩展的功能。通过 bpmn.js 和 Flowable 的结合,搭建了一套科技服务协同可视化业务流程建模工具。

建模工具可以对科技服务协同业务过程进行可视化的建模,建模界面如图5所示。由图5可知,利用建模工具,形成业务流程图,该流程图同时体现了该活动的价值链和价值模型。同时可以对业务流程中的每个科技服务活动的属性信息进行配置,这些信息是每个科技服务活动的属性,这些属性同时也是价值对象。如每个服务活动上传的需求说明书、服务合同、结果文档。

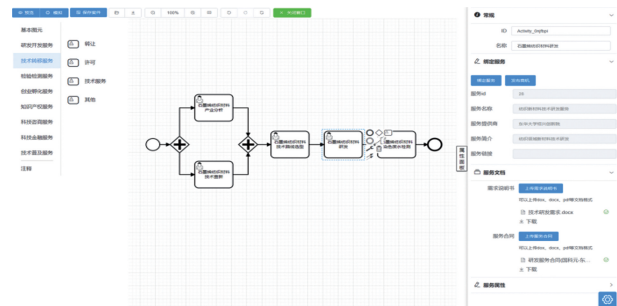


图5 科技服务协同建模系统建模界面 Fig.5 Modeling interface of the technology services collaborative modeling system

科技服务协同建模系统信息和管理界面如图6所示。完成业务流程建模后,可以在科技服务协同建模系统的控制和信息管理界面开始流程的流转,

代表一个科技服务协同业务的开始,流程的进行也伴随着科技服务活动之间的价值交换。流程流转的过程就是价值对象转移的过程。系统用户在系统中的操作即价值互惠的操作。

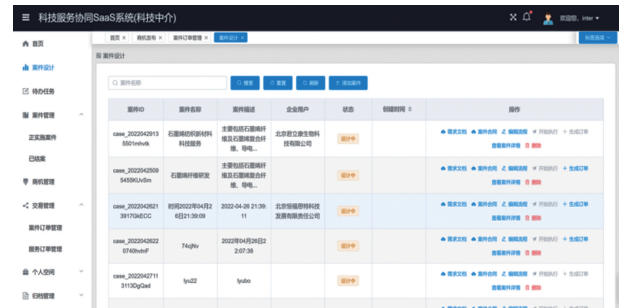


图6 科技服务协同建模系统信息和管理界面 Fig.6 Technology services collaborative modelling system information and management interface

科技服务协同建模系统的案件订单和支付界面如图7所示,界面展示了科技服务案件订单的相关信息,当科技服务业务流程进行流转时,只有支付了相应的服务费用,服务提供商才继续提供服务,流程才能继续进行,在系统的这个界面,用户可以选择对一个服务进行支付,也可以一起支付整个案件的所有服务。

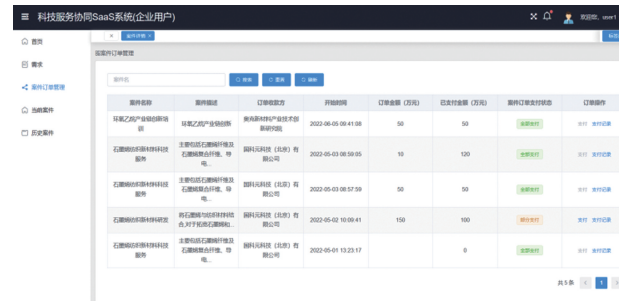


图7 科技服务协同建模系统订单和支付界面 Fig.7 Technology services collaborative modelling system order and payment interface

### 6 结论

本研究提出使用活动理论对社会-信息服务进行整体分析,获得其中的核心要素和核心系统,再以科技服务为例分层对社会信息服务进行建模的方法。通过本研究提出的方法,可以得出如下结论。

(1)在策略层利用核心元素刻画出科技服务所处领域的领域模型,给出领域中相应情景的约束和规则。

(2)在实施层将e<sup>3</sup>-value 价值模型与业务流程建模结合,使e<sup>3</sup>-value 价值模型蕴含在业务流程中,并对 BPMN2.0 进行扩展,使其对科技服务拥有最好的支持。

(3)在信息层对相关概念做了建模,并定义了对数据实体的支持。

通过本研究方法在“石墨烯创新纺织材料研发”实例中的应用,给出了基于本研究方法设计的“科技服务协同建模工具”的实现,证明本研究的方法在分析社会-信息服务上有应用价值,今后将继续针对本研究方法对该领域分析进行细化完善,同时将本研究的方法应用于其他复杂的商业环境。

#### 参考文献:

- [1] 孙希有.服务型社会的来临[M].北京:中国社会科学出版社,2010:15-25.
- [2] PATWARDHAN K M. Makersense of a service-oriented architecture (SOA) governance framework in the digital ecosystem utilizing a sociotechnical approach[C]//2019 IEEE 12th Conference on Service-Oriented Computing and Applications (SOCA), 2019. Gaoxiang, China: IEEE, 2019: 49-54.
- [3] WIERINGA R J, ENGELSMAN W, GORDIJN J, et al. A business ecosystem architecture modeling framework [C]// 2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI), 2019. Moscow, Russia: IEEE, 2019, 1: 147-156.
- [4] 吴朝晖. 现代服务业与服务计算:新模型新定义新框架[J]. 中国计算机学会通讯, 2016(4): 57-62.  
WU Zhaohui. Modern service industry and service computing: new models, new definitions, and new frameworks [J]. Communications of the China Computer Federation, 2016(4): 57-62.
- [5] DREWS P, INGRID S. From enterprise architecture to business ecosystem architecture: stages and challenges for extending architectures beyond organizational boundaries [C]//IEEE 18th International Enterprise Distributed Object Computing (EDOC), 2014. Ulm, Germany: IEEE, 2014: 13-22.
- [6] ROHDE M, BROEDNER P, STEVENS G, et al. Grounded design-a praxeological is research perspective [J]. Journal of Information Technology, 2017, 32(2): 163-179.
- [7] 吕巾娇, 刘美凤, 史力范. 活动理论的发展脉络与应用探析[J]. 现代教育技术, 2007(1): 8-14.  
LÜ Jinjiao, LIU Meifeng, SHI Lifan. Development trends and application analysis of activity theory [J]. Modern Educational Technology, 2007(1): 8-14.
- [8] HINKELMANN K. Business process flexibility and decision-aware modeling: the knowledge work designer [C]//Domain-Specific Conceptual Modeling. Berlin, Germany: Springer International, 2016: 397-414.
- [9] AALST W. Modeling and analyzing interorganizational work-flows[C]//Proceedings 1998 International Conference on Application of Concurrency to System Design, 1998. Fukushima, Japan: IEEE, 1998: 262-272.
- [10] YOUSFI A, BAUER C, SAIDI R, et al. uBPMN: a BPMN extension for modeling ubiquitous business processes[J]. Information and Software Technology, 2016, 74: 55-68.
- [11] WIERINGA R J, ENGELSMAN W, GRDIJIN J, et al. A business ecosystem architecture modeling framework [C]//2019 IEEE 21st Conference on Business Informatics (CBI), 2019. Moscow, Russia: IEEE, 2019:147-156.
- [12] BARDRAM J, DORYAB A. Activity analysis: applying activity theory to analyze complex work in hospitals [C]// Proceedings of the ACM 2011 Conference on Computer Supported Cooperative Work. Hangzhou, China: CSCW, 2011: 455-464.
- [13] COSTA P D, MIELKE I T, PEREIRA I, et al. A model-driven approach to situations: situation modeling and rule-based situation detection [C]//2012 IEEE 16th International Enterprise Distributed Object Computing Conference, 2012. Beijing, China: IEEE, 2012: 154-163.
- [14] SINGH P M, VEELTURF L P, WOENSEL T. Modeling complex business environments for context aware systems[M]. Grenoble: Springer, 2020: 242-256.
- [15] LUIS J, RAMÓN S, CHIOTTI O, et al. A BPMN 2.0 extension to define the resource perspective of business process models[J]. Conferencia Iberoamericana de Software Engineering, 2011, 1: 45-56.

(编辑:郭少华)