

文章编号: 2095-2163(2019)04-0180-08

中图分类号: TP391.9

文献标志码: A

基于 i-BPMN 的翻转课堂教学系统业务流程建模

陈蕾, 倪枫

(上海理工大学 管理学院, 上海 200093)

摘要: 针对目前主流的 BPMN 建模方法对翻转课堂业务架构描述能力上的不足, 基于 TOGAF 中 ACF 元模型提出一种完整覆盖系统业务架构本体的 i-BPMN 建模方法。集合目前应用较广的 if-else 语句以及 IDEF 建模方法, 通过其与 BPMN 模型在 ACF 元架构描述上的契合点建立元模型映射关系, 对 BPMN 模型中具有数据复杂性、功能层次性等特殊的任务进行建模补充, 并通过迭代建模过程实现各描述模型之间语义、粒度的对齐。实验结果表明, 采用 i-BPMN 建模方法能有效增强业务活动内部流程、逻辑、规则以及数据关系的描述, 提供流程的完整理解, 为后期系统开发明确需求。

关键词: 业务流程建模; 翻转课堂; BPMN2.0; 模型集成; 元模型

i-BPMN modeling process for flipped classroom system

CHEN Lei, NI Feng

(Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

[Abstract] Aiming at the shortcomings of the current mainstream BPMN modeling method for the ability to describe the business structure of flipped classroom system, an i-BPMN modeling method is proposed, which completely covers the ontology of the system business architecture based on the ACF meta-model in TOGAF. By collecting if-else statements and IDEF modeling methods, the meta-model mapping relationships are established through their conjunction points with BPMN in the ACF meta-architecture. In this way, special tasks with data complexity and other features in BPMN model are modeled as supplements, and the semantics and granularity of each description model are aligned through iterative modeling process. Experimental results show that using i-BPMN modeling method can effectively enhance the descriptions of internal process, logic, rules, and data relationships, provide a complete understanding of the flipped classroom process to make clear the requirements for the later system development.

[Key words] business process modeling; flipped classroom; BPMN2.0; model integration; meta-model

0 引言

近 30 年来, 国内信息化建设逐步加强, 系统业务架构在国内企业中发展迅速^[1]。目前针对架构描述存在很多流程定义语言, BPMN2.0 (Business Process Model and Notation 2.0)^[2] 不仅融合了 UML^[3] 的面向对象的设计思想、图像化设计思想以及 Petri 网思想^[3], 而且又可以方便地映射到业务流程执行语言 BPEL^[4-5], 广泛应用于业务流程中面向场景建模。实践过程表明, BPMN 模型存在固有视角缺陷, 无法准确描述功能、规则等事件的信息。虽然目前国内外学者提出了通过将附加属性和元素附加到现有 BPMN 元素的方法优化 BPMN 模型, 比如 BPMN-E2^[6]、对医院流程的 BPMN 符号改进方法^[7]、uBPMN^[8] 等。但各类拓展均特定于某个行业或业务, 局限于行业本身的特异性, 无法将补充的符号通用化, 且改进后的 BPMN 模型对翻转课堂系统

这类具有流程性和结构性的业务流程建模仍过于复杂。

翻转课堂教学模式^[9] 源于美国, 随着国内互联网发展和普及, 优势凸显, 引发国内各大高校借鉴和探索热潮。翻转课堂系统具有多流程和复杂性, 系统主要业务流程分为课前学习、线上互动和课后反馈三个过程, 每个主业务流程又可以进一步细分为多个子流程, 比如课前学习阶段包括学生登录、观看视频、选择老师、习题练习等一系列子流程^[10]; 同时翻转课堂系统总体架构分为 3 层, 即: 表示层、功能层和数据层^[10]。平台大量功能服务均聚集于功能层中, 与表示层中涉及的移动终端进行信息交互, 执行过程中同时存在一系列条件筛选, 因此良好的流程模型需要对流程中某些任务规则性、功能性等特点进行表现; 数据层提供整个系统的数据支撑, 所有线上活动如题库搜索、学习记录、学生信息等产生的数据集中于数据层进行处理, 繁冗的运行数据需要

基金项目: 国家自然科学基金(61403255); 上海理工大学“大学生创新创业训练计划”资助项目。

作者简介: 陈蕾(1998-), 女, 本科生, 主要研究方向: 系统架构建模; 倪枫(1982-), 男, 博士, 讲师, 主要研究方向: 系统分析与集成。

通讯作者: 倪枫 Email: nifeng@usst.edu.cn

收稿日期: 2019-03-14

清晰准确的模型予以规范化,为后期数据库开发创造条件。

因此,本文运用组合建模的思想,在 BPMN 模型基础上,集合 IDEF (Integrated Computer-Aided Manufacturing Definition)^[11]建模方法以及 if-else 语句,将各模型进行视角优势互补,建立一组多视角、易操作的 i-BPMN 模型组,达到对翻转课堂的有效建模且对后期系统开发提供条件,并且通过建模过程说明新型模型组具有一般性,能通用于类似翻转课堂系统存在复杂性和流程性的业务流程。

1 业务流程建模

1.1 BPMN 建模方法

2011 年 1 月,对象管理组织 (The Object Management Group,OMG)颁布了业务过程模型和符号 BPMN2.0^[2],作为一种标准符号应用于业务流管理领域。目前,BPMN2.0 已成为描述业务流程交互事实的标准^[12],能有效支持建模中控制流、数据流以及功能块的设计,真正消除了业务流程建模与流程实现之间的隔阂,为系统开发人员后期制定相应行为视图创造条件。

元模型是基于特定建模语言的某种描述模型表达空间的陈述集,用以描述模型各方面遵从的规则与底层约束,即元模型是模型的模型^[13]。TOGAF9.1 版本^[14]中 ACF 定义的业务视角架构元模型包括 OMG 建议的业务架构中的 6 个基本元类 (组织单元、业务执行节点、业务协作角色、业务功能、业务服务、业务流程)、2 个扩展元类 (触发事件、业务规则) 以及数据架构中的 1 个基本元类 (数据实体),并以此规范了业务流程中需要获取的元数据和界定概念,是指导数据存储和交换的规范^[15]。

BPMN2.0 元模型描述 5 个基本元素类别,分别是:流对象 (Flow objects)、数据 (Data)、连接对象 (Connecting objects)、泳道 (Swim lanes) 以及人工制品 (Artifacts),每个基本元素类别同时包含一系列元素,将 BPMN 模型元素定义为一个五元组,对此可表述如下。

定义 1 $BPMN = \{Flow\ objects, Connectors, Data, Swim\ lanes, Artifacts\}$

其中, $Flow\ objects = (A \cup G \cup E) \wedge (A \cap G \cap E = \emptyset)$,其中 A 表示活动的集合、 G 表示网关的集合、 E 表示事件的集合; $Connectors = (S \cup M \cup H \cup D) \wedge (S \cap M \cap H \cap D = \emptyset)$,其中 S 表示顺序流、 M 表示消息流、 H 表示关联、 D 表示数据关联; $Swim$

$lanes = (P \cup L) \wedge (P \cap L = \emptyset)$,其中 P 代表泳池、 L 代表泳道; $Artifacts = (G \cup J) \wedge (G \cap J = \emptyset)$,并且 G 代表组、 J 代表注释。

以上元素中,流对象、顺序流以及消息流体现动态描述,泳池和泳道进行静态描述。流对象根据不同特点又可分为活动、网关以及事件。总的来说,活动可能是一个任务,也可能是一个子流程;网关为一种路由结构,包括排他事件网关、排他数据网关等等;事件也可能作为流程的开始、结束或者中间事件。由此对每个元素类别下的元素展开进一步划分,元模型完整化表示如图 1 所示。

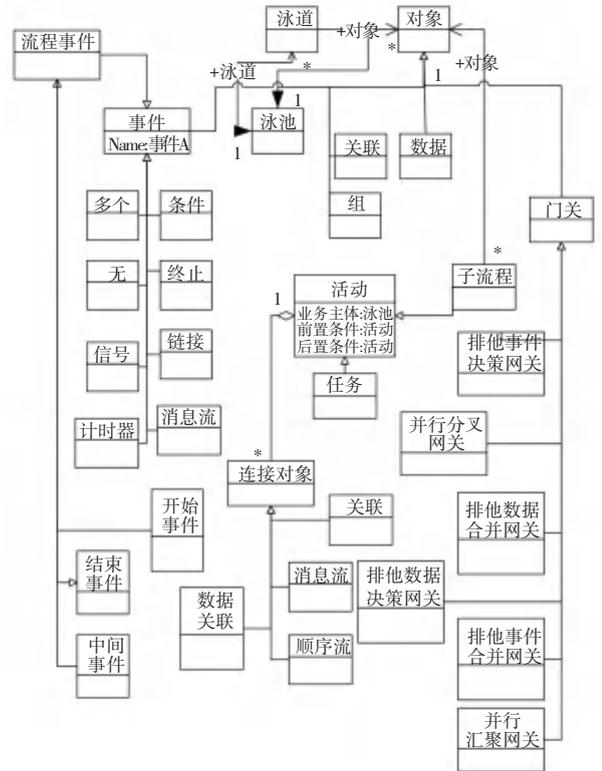


图 1 BPMN 元模型

Fig. 1 Meta-model of BPMN

1.2 IDEF 建模方法

IDEF^[11]建模方法面向流程结构进行建模,包括 IDEF0 (Icam DEFinition for Function Modeling)、IDEF1x (Icam DEFinition for Data Modeling)、IDEF2、IDEF3、IDEF4 和 IDEF5 等^[14],其中 IDEF0 和 IDEF1x 侧重于流程的功能和信息建模。对此可得探讨分述如下。

(1) IDEF0。是一种重要的面向功能的建模分析方法^[11],能够清晰表现任务执行过程中的控制、输入、输出以及运行机制,元模型如图 2 所示。图形化表示分为活动框和箭头两部分。活动框代表系统的一种功能 (Function),可以是一种作业,也可能是

一种过程等,通过 A0、A1、A11 等分层进行描绘;箭头结构被称为 ICOM 结构,可将其定义为一个四元组。

定义 2 $ICOM = \{ Input, Control, Output, Mechanism \}$

根据活动使用、产生或需要的信息和对象来表示输入、输出、控制以及机制之间的关系,各部分的特点及类别见图 2。

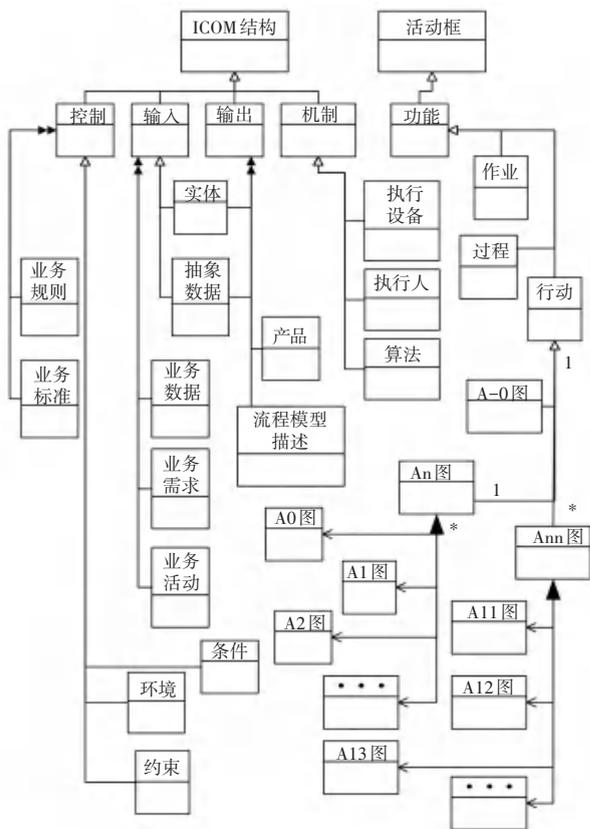


图 2 IDEF0 元模型

Fig. 2 Meta-model of IDEF0

IDEF0 模型虽然能够有效地对活动流程进行分解、分层描述,但同时存在一些不足,比如无法体现流程过程、信息表达不足以及不准确等等。

(2) IDEF1x。作为在 E-R 方法基础上引入语义的一种数据库概念建模方法^[16], IDEF1x 具有丰富、精细的模型语义特点,能够在充分保证数据的一致性和完整性的同时,将流程中各相对独立的数据进行交互,避免数据重复处理,将系统的信息结构、实体集合以及视图进行有机结合。但在实际操作中, IDEF1x 的符号往往无法准确地表达流程中的概念意义,偏离了前期模型的需求分析^[17]。

2 翻转课堂建模分析

翻转课堂是以信息技术和网络为基础,实现线

上与线下课堂信息化结合的一种新型教学模式^[9]。21 世纪,社会信息化进程不断加快,对教育相关行业也提出更高要求。翻转课堂具有颠覆性和改革性,一定程度上解决了目前传统教学模式的被动性、效率低等弊端,受到国内广泛关注。主要业务流程任务包括课前练习、社群管理、线下教学、评价反馈等等。

在目前主流的建模方法中, BPMN 建模方法最适用于翻转课堂业务流程的面向场景建模,但在实际建模过程中存在较多流程描述的问题,比如,对任务控制流、“用户信息”等数据流以及输入、输出的描述过于繁琐,无法体现内在控制和机制;管理员登录、学生登录、教师登录三种情况下,用户、平台以及课程端会产生大量类似的信息存储及更新, BPMN 模型本身不提供用于描述数据结构的内置模型,无法保证数据的统一性和完整性;“成绩输出”任务中模型还需对后续操作进行条件筛选和授权等等。因此翻转课堂完整建模需要对 BPMN 模型进行模型补充优化,结合各模型优缺点,引入 IDEF 建模方法和 if-else 条件语句^[18],通过元模型映射建立其与 BPMN 模型的语义和图形联系,保证模型建立过程中流程的统一和信息互通,最后通过 IDEF1x 配合建立数据流通和共享。同一用户在不同任务执行过程中产生的数据及数据更新通过统一定义的活动数据库进行处理和输出,有效节约存储空间,提高数据处理效率。

3 元模型映射

基于各元模型在模型建立上的共性,对 BPMN 元模型到 IDEF0 元模型以及条件语句的语义映射方法进行研究,并给出图形化表示。这部分内容可详述如下。

3.1 BPMN 到 IDEF0 映射

经由探讨研究后,即可推出元模型的映射执行过程如图 3 所示。由图 3 可以看到,图 3(a)代表组成 BPMN 模型的单元,根据映射规则,对 BPMN 中的数据流、泳道等元素信息通过 IDEF0 的箭头结构进行转换。在此过程中,元素转换呈“一对一”或“一对多”的关系,保证了在映射过程中,模型语义的一致和完整。

3.2 BPMN 到条件语句映射

将事件规则转换为数学表达式,由此可得如下数学定义。

定义 3 $Rules = \{ r \mid IF r(e01, e02, \dots, e0m) \}$

THEN $e, (e, e01, e02, \dots, e0m \in Events)\}$,

其中, $r(e01, e02, \dots, e0m)$ 是事件表达式, 由内外两层组成, 对其含义可阐释分述如下。

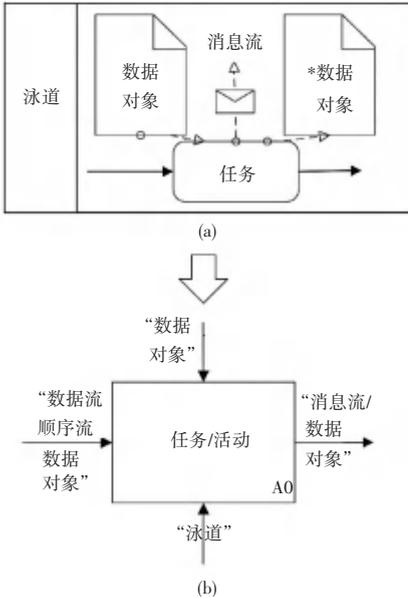


图 3 BPMN 到 IDEF0 映射执行

Fig. 3 BPMN to IDEF0 mapping execution

(1) 内层是属性运算, 由关键字 where 引出, 表述事件约束条件, 例如 $e(\text{where } b = w)$ 表示事件 e 的属性 b 的值为 w , 其中 w 是常量。

(2) 外层是事件运算, 事件间决策的基本操作符包括 and、or、not 逻辑运算符, 序列运算符以及时间运算符^[19]。为方便描绘, 事件规则用基本流程图图形化表示。

针对 2 种类型的条件语句, 网关的触发事件转化为事件 $r(e01, e02, \dots, e0m)$, 执行框中由 where 引出网关决策, 并通过 $e, e01, e02, \dots, e0m$ 等事件来执行 BPMN 模型中的一系列任务。在此过程中, BPMN 模型中的条件判断、任务执行、数据流以及数据更新等在规则模型中加以具体化, 明确表明系统执行的触发事件及结果, 在保证语义一致的前提下提供流程的完整理解, 并且形成的一系列代码段有利于模型的更改以及后期迭代。

BPMN 模型元素与 IDEF0、条件语句的映射为模型转换奠定了基础。下面即给合翻转课堂建模分析以及映射规则建立, 提出 i-BPMN 建模方法, 系统阐述 BPMN 优化过程。

4 i-BPMN 建模方法

基于前述的研究分析, 可得 i-BPMN 建模方法及集成概念过程如图 4 所示。其中, i 意为

“iteration”, 代表迭代建模过程。在基于以业务数据、流程任务为中心的业务流程开发设计思想的指导下, 严格使用 ACF 元模型进行 M0 层翻转课堂业务流程底层的数据和对象的收集、组织和处理, 由此构建 M3 顶层业务架构的元模型, 为 M2 层 BPMN、IDEF1x 元模型的建立以及 IDEF0、if-else 元模型的映射过程明确需求。M2 层首先建立 BPMN 元模型, 针对 BPMN 模型功能、规则等视角描述的不足通过映射规则生成相应的 IDEF0、if-else 元模型, 同时对整个流程建立 IDEF1x 数据元模型。最终在元模型数据规范下灵活定制元模型对应的 M1 层描述模型, 即场景过程模型 (Scenario)、活动模型 (Activity)、规则模型 (Rule) 以及数据实体模型 (Entity), 形成一个清晰的集成场景、规则、功能以及数据视角的 i-BPMN 模型组, 准确描述流程中存在和流通的数据和对象, 完成对业务流程描述的完整闭环。对 i-BPMN 模型组各模型的定义和描述具体如下。

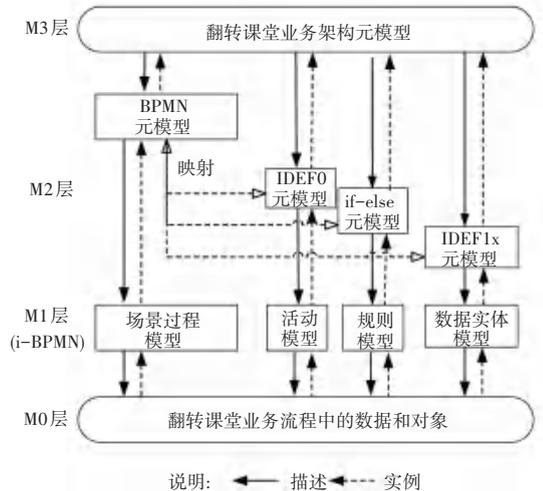


图 4 i-BPMN 建模、集成和执行概念过程

Fig. 4 i-BPMN conceptual process for modeling, integration and execution

(1) 场景过程模型 (Scenario)。场景过程模型基于 BPMN2.0 建模方法, 进行面向场景建模, 主要涉及到业务流程的触发事件、组织单元、业务执行节点、业务协作角色、业务服务以及业务流程, 充分运用细粒度约束, 描述复杂业务流程的顶层概念化结构。

(2) 活动模型 (Activity)。活动模型基于 IDEF0 模型, 描绘与特定业务任务相匹配的业务执行节点、业务功能、业务协作角色以及彼此之间的联系, 通过图像模型说明这些功能是由谁控制、执行者是谁、如何实现功能、流程的效果是什么以及该流程与其它

功能间的关系,突出功能性和层次性。

(3)规则模型(Rule)。规则模型基于if-else语句,研究业务流程中的触发事件、业务规则以及两者之间存在的联系,其定义并展现了特定业务发生所需要的触发条件及其结果,用于描述业务流程底层的业务规则,完善模型建模。

(4)数据实体模型(Entity)。数据实体模型使用IDEF1x数据库表示方法,描述业务流程中的数据主体和业务服务。该模型定义了信息系统中数据的逻辑结构和物理结构,包括数据类别、数据属性以及数据块之间的关系。各任务块的交互信息由相同节点进行传递和共享。数据模型使数据实体和业务服务反作用于业务规则,解决业务流程中业务数据的变化以及业务功能可能无法满足服务的局限性。

5 i-BPMN 迭代建模过程

i-BPMN 模型组的4个描述模型之间相互存在映射关系,并不是相互独立存在、独立建模的,迭代建模过程也应以此作为粒度、语义对齐的准则。粒度(granularity)均衡是业务流程各描述模型是否统一的关键因素^[20]。粒度过细的业务流程往往需要映射以及编排大量业务活动,建立与这种细粒度服务的关联,增加了集成的复杂性。因此,完善的流程设计必须在建模过程中逐级细化迭代以达到平衡粒度,并在每一轮迭代过程中保持模型组在粒度维度的对齐。i-BPMN 模型组的迭代建模基于一个二维迭代矩阵,旨在形成一个多视角、多维度的BIT架构模型组^[21],图5描述了i-BPMN的迭代建模过程,每一轮迭代都由4个阶段组成。每一阶段的功能设计可做重点阐述如下。

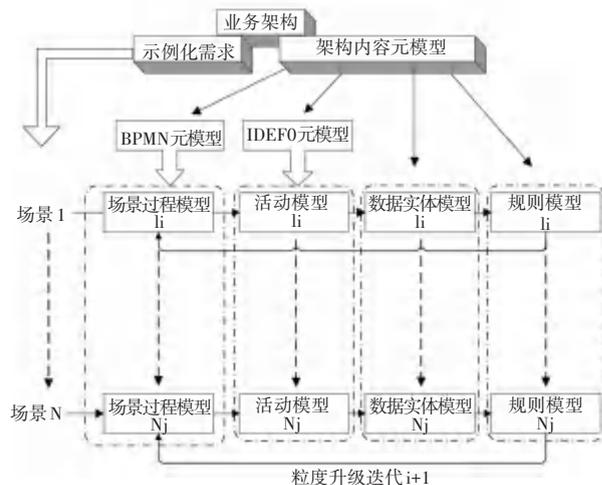


图5 i-BPMN 模型组的迭代建模过程

Fig. 5 Iterative modeling process of i-BPMN model group

(1)顶层架构阶段。根据业务流程以及架构活动的整体范围,建模初期先实现核心架构的需求,构建一个顶层框架,即场景过程模型。在此基础上,对复杂业务流程补充建立其他视角模型,通过累加开发进行多次迭代,并在完善系统时,对系统的瑕疵或不足,不断地做出重构和改进。

(2)环形建模阶段。每一次迭代都包括了需求分析、设计、实现与测试四个阶段,增加新视角描述,变更需求,产生新的模型,依次为活动模型、规则模型以及数据实体模型。在此过程中,下层的业务规则和规则设计补充并完善上层的流程模型,同时场景过程模型支持可视化规则设计以及描述完整性的上下文验证,形成映射建模的完整“闭环”。每创建一个模型即进入第三阶段,进行粒度对齐,直至最后一个模型完成。迭代可能涉及多个活动,需要对活动进行重新设计;也可能出现多次,有些串行执行,有些也存在并行执行^[22]。尤其在建模早期,可能会产生小范围多次迭代,当上游设计在本阶段中有冲突,则需返回上游修改。

(3)“粒度”对齐阶段。在同一轮迭代中,i-BPMN 各视角相应的描述模型在同一抽象层次、均衡的粒度水平上对业务流程进行描述。例如,场景过程模型与活动模型基于“业务执行节点”、“业务流程”等元模型契合部分获得建模语义和粒度对齐的标准,在对齐过程中需适当细化复杂任务的粒度,不断调整修正,直至找到最佳粒度平衡点。

(4)迭代调整阶段。重复前3个步骤,不断调整迭代,每一轮迭代完成后,i-BPMN 各模型同步提高一级粒度,开始在新的层次与粒度上优化,直至达到预设的架构粒度需求。

通过以上4个阶段,最终建成一个多视角、粒度对齐、且能够满足不同业务需求的业务流程模型组—i-BPMN 模型组,下文以“翻转课堂”进行实验验证,说明该建模方法的可操作性。

6 实验验证与结果

将翻转课堂业务架构划分为四大板块—“翻转课堂业务流程”、“业务活动”、“数据服务”以及“活动规则”,元模型如图6所示。图6中,各元素之间的关系代表各业务流程任务之间的关系,“业务流程”与“业务活动”的ACF元素契合点为业务执行节点和业务协作角色;“业务流程”与“业务规则”的契合点为触发事件;“业务流程”与“数据服务”的契合点为业务服务。

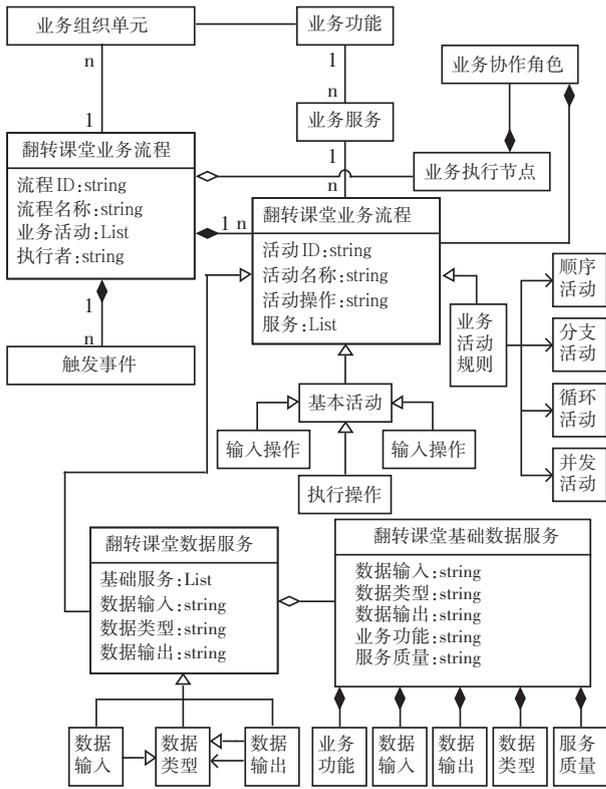


图 6 翻转课堂 ACF 元模型

Fig. 6 A meta-model of ACF in flipped classroom

据此建立翻转课堂系统的单一 BPMN 模型如图 7 所示, i-BPMN 模型组如图 8~10 所示, 同时参见表 1 可知, 多个方面对比分析说明 i-BPMN 模型组的优势。文中拟给出如下研究论述。

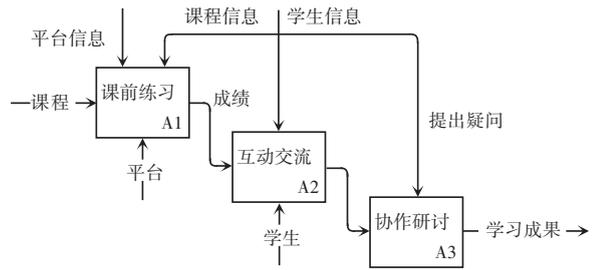


图 8 “课程教学”任务的 Activity Model A0 图

Fig. 8 Activity model A0 of "course teaching" task

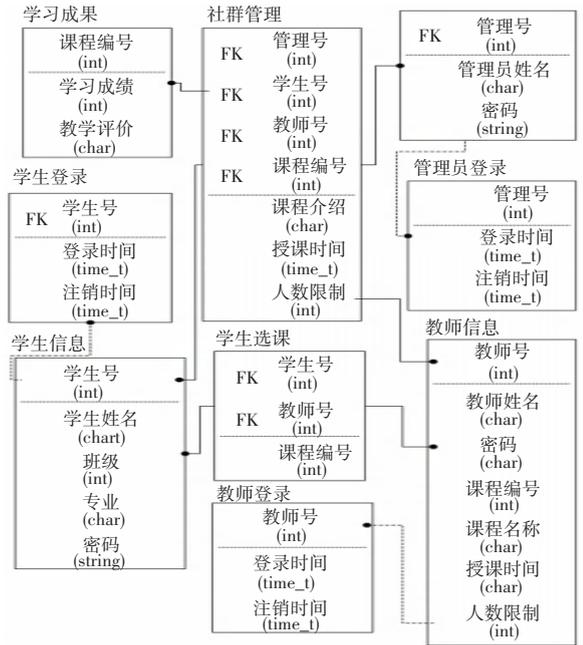


图 9 “社群管理”板块的数据实体模型

Fig. 9 Entity model of the community management task

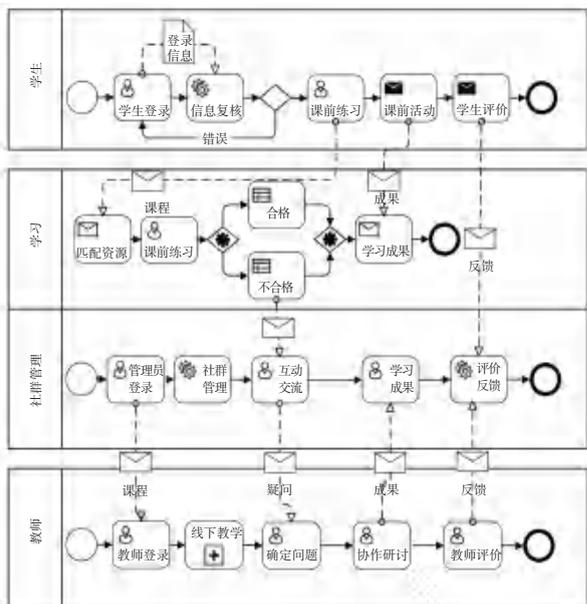


图 7 “翻转课堂”场景过程模型

Fig. 7 Scenario model of flipped classroom

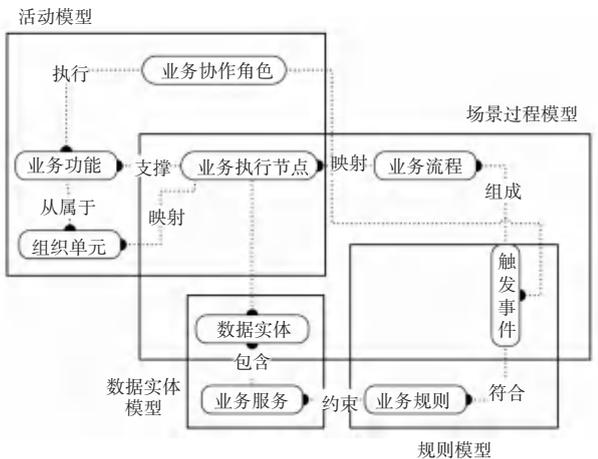


图 10 i-BPMN 模型组对翻转课堂业务的划分

Fig. 10 Flipped classroom business classification of i-BPMN model group

表1 “课前练习”任务的规则模型

Tab. 1 Rule model of pre-class exercise task

规则名称		规则内容
Rule A21 “课前练习” 规则	IF	账户系统.授权状态=1 And 课程系统.授权状态=1 And 培养目标.授权状态=1
	THEN	课程系统.操作提示信息=“开始课前练习”
Rule A22 “成绩输出” 规则	IF	课程系统.授权状态=1 And 培养目标.授权状态=1 And 用户系统.练习成绩 >=60
	THEN	课程系统.任务状态=“成绩合格”
	ELSE	课程系统.任务状态=“成绩不合格” And 课程系统.操作提示信息=“确定问题” And 社群管理.操作提示信息=“讨论问题”
Rule A23 “评价反馈” 规则	IF	账户系统.授权状态=1 And 课程系统.授权状态=1 And 培养目标.授权状态=1 And 社群管理.操作提示信息=1
	THEN	课程系统.操作提示信息=“学习成果总结”

(1)功能性、规则性、数据性。对于翻转课堂中存在的较复杂活动,单纯的 BPMN 模型模糊了功能性定义,无法准确获取涉及活动的所有功能信息,而 i-BPMN 中的活动模型可以有效解决上述缺陷。类似功能性,i-BPMN 通过规则模型和数据实体模型完成了用户对建模过程规则性和数据控制的需求。

(2)完整性。根据翻转课堂建模过程,分析相应的描述模型对 ACF 业务架构的描述划分如图 10 所示,场景过程模型和活动模型通过“业务执行节点”建立联系,和规则模型通过“触发事件”建立联系,和数据实体模型通过“数据实体”建立联系。实验表明,整个 i-BPMN 模型组能够覆盖所有 ACF 元类,例证本文提出的 i-BPMN 模型组符合 ACF 对业务流程架构完整性的要求,能够达到对 BPMN 模型的补充优化效果。

(3)通用性。具有多流程且功能及数据处理需求较大的业务系统,均可以基于上文提出的映射规则以及建模过程进行适用于自身业务特点的 i-BPMN 模型组构建,操作简单、易于推广,且利于系统的后期改进。

7 结束语

业务架构设计的核心在于流程建模,完整有效的业务流程能够支持后期信息架构的搭建,指导各个业务领域解决复杂任务中业务统一、组织再造、流

程优化等问题,增加业务模型的灵活性。本文对翻转课堂的业务建模分析例证了新型 i-BPMN 模型组建方法的可行性和优越性,综合前述分析可知,这一优势主要表现在:一方面,基于 ACF 的统一规范,通过活动、规则以及数据实体模型的形式化映射,对于复杂、多流程业务系统进行最佳视角补充,统一控制业务底层的功能、规则和逻辑;另一方面,i-BPMN 模型组构建是一个粒度对齐、层层迭代的过程,能为系统的应用架构及信息系统架构的有效开发做出明确需求,减少后期系统开发过程中由于任务描述不清造成的损失,具有推广意义。

参考文献

- [1] 王秀霞,郭志军,席欣.企业架构设计方法的研究[J].中国管理信息化,2016,19(9):71-73.
- [2] OMG. Business process model and notation (BPMN) Version2.0.2 [EB/OL]. [2017-09-09]. <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0.2>.
- [3] DIJKMAN R M, DUMAS M, OUYANG Chun. Semantics and analysis of business process models in BPMN[J]. Information and Software Technology, 2008,50(12):1281-1294.
- [4] JORDAN D, EVDEMON J. Web services business process execution language version 2.0[EB/OL]. (2007-04-11)[2008-04-17]. <http://docs.oasis-open.org/wsbpel/2.0/wsbpel-v2.0.html>.
- [5] 张莉娜.支持翻转课堂实验教学模式的学习分析系统建模[J].电脑知识与技术,2017,13(29):93-94.

(下转第 191 页)