

基于 ROADS 的面向场景业务架构建模方法

钟贤欣, 倪 枫, 刘 姜, 钟定豪, 王新康, 殷 旭

(上海理工大学 管理学院, 上海 200093)

摘要: ROAD 元架构通过业务架构指导整个企业架构体系开发过程, 是一组简单明确且高效的模型表达。针对已有的元架构体系中业务活动模型所采用的 IDEF0 图存在对多组件系统之间丰富的活动触发序列和信息交互场景描述能力不足的问题, 提出在 ROAD 元架构基础上引入场景模型, 与原来基于 IDEF0 的活动模型融合成为面向场景的活动模型, 同时具备层次化描述能力和场景化时序表达能力。扩展后的 ROADS 元架构保留原架构的整体性和灵活性, 且补充面向场景的系统建模能力, 实现业务架构设计中的场景管理。最后以一个情景化外语教学系统为例, 使用 ROADS 元架构方法建立场景化业务架构模型组, 并对其进行讨论, 为现有架构体系提供一种面向场景的扩展思路。

关键词: 业务架构建模; ROAD 元架构; 场景管理; IDEF0 图; 序列图

中图分类号: N 94 **文献标志码:** A

A scenario-oriented business architecture modeling approach based on ROADS

ZHONG Xianxin, NI Feng, LIU Jiang, ZHONG Dinghao, WANG Xinkang, YIN Xu

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

Abstract: ROAD meta-architecture guides the whole enterprise architecture development process through business architecture, which is a set of simple, clear, and efficient model representations. To solve insufficient ability of IDEF0, which is used in the business activity model of an existing meta-architecture system to describe rich activity trigger sequence and information interaction scene between multi-component systems, a scenario model based on ROAD meta-architecture was proposed. This model was fused with the original IDEF0 based activity model to become a scenario-oriented activity model possessing the ability of hierarchical description and scenario-oriented sequential description. The extended ROADS meta-architecture retains the integrity and flexibility of the original architecture and complements the scenario-oriented system modeling capability to realize scenario management in business architecture design. Finally, a scenario-based foreign language teaching system was taken as an example, and a scenario-based business architecture model group was built by the ROADS meta-

收稿日期: 2022-01-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61403255, 11701370); 上海市一流学科(系统科学)建设项目(XTKX2021); 上海市“大学生创新创业训练计划”资助项目(SH2022072)

第一作者: 钟贤欣(1998-), 女, 硕士研究生。研究方向: 系统科学、系统分析与集成。E-mail: zhongxianxin98@163.com

通信作者: 倪 枫(1982-), 男, 副教授。研究方向: 系统科学、系统分析与集成。E-mail: nifeng@usst.edu.cn

architecture approach and discussed. It also provides a scenario-oriented extension idea for the existing architecture.

Keywords: *business architecture modeling; ROAD meta-architecture; scenario management; IDEF0; sequence diagrams*

1 ROAD 业务架构

信息系统和信息管理技术是现代企业架构的基石，是企业实现业务需求的根本方法^[1]。开放组架构框架 TOGAF(the open group architecture framework)具备以信息管理技术明确业务架构的优势^[2]。业务架构是基于业务导向的框架性指导原则^[3]，有助于理解企业业务功能和企业架构以及指导企业的系统设计和技术实现^[4]。本质上是通过模型设计将战略目标转化为日常运作流程的过程，强调逐步迭代细化以业务驱动来实现系统信息化^[5-6]。

TOGAF 基于业务视角提出信息系统的 ACF(architecture content framework)元类，规定了业务架构建模所需要的基本元类、必要的扩展元类及其之间的关系^[7]。近些年来不少学者以此为基础提出优化业务架构模型，以达到改进组织结构、调整信息策略和优化业务活动等目的。2017 年，国内学者倪枫等^[7]以 ADM(architecture development method)的 4 个视角出发，提出划分业务架构关键信息的 ROAD(rule, organization, activity, data)元架构方法，并在文中给出可参考的模型选择。学者 Mei 等^[8]在 2019 年的研究成果中聚焦数据体系结构、应用程序和技术层面，提出以 EAP(enterprise architecture planning)为核心的 TOGAF 架构开发步骤，但并没有给出具体的模型选择。后续不断有学者通过建模应用证明了 ROAD 元架构的便利性^[9-11]，即通过模型组建模实现架构设计阶段业务功能描述的整体性，通过各模型间的信息关联和迭代细化实现建模过程的灵活性。

现有的 ROAD 元架构并没有考虑场景维度建模。现代企业架构体系中往往具有复杂的信息交互，业务功能的实现与场景密切相关^[12]。完整的架构设计离不开具体的执行场景^[13-15]。学者 Ulmi 等^[13]提出通过识别场景来协助从宏观规划到微观服务的架构建模，场景维度的增加有助于调整和集成业务信息，统一数据规范。学者 Slamaa 等^[14]和 Jnr 等^[15]都在模型建模和测试环节加入场景维度的考量，突出场景模型对于技术实施阶段的指

导作用以及对于架构各阶段整体性的控制。场景维度建模为架构开发提供指导依据和测试标准。

ROAD 元架构建模方法中以 IDEF0 图作为活动模型，描述各业务活动之间的层次化结构和 ICOM 信息流通，但对多个组件系统之间丰富的活动触发时序及信息交互场景存在描述能力不足的问题。目前，面向场景的流程模型有 BPMN(business process model and notation)^[16-18]和 UML(unified modeling language)序列图^[19-23]。相比 BPMN 建模语言，序列图同时具备描述不同场景下业务活动的流程信息和子活动触发所需的时间信息^[20]，能有效增强企业架构的设计开发、维护实践和通信。

由此提出在 ROAD 元架构基础上引入场景概念，将 IDEF0 的活动模型扩展成为面向场景的活动模型，以形式化方式描述业务活动模型的层次化和场景化，并通过 IDEF0 与场景模型之间的元素映射描述面向场景活动模型的集成规则。扩展后的 ROADS 元架构能够进行面向场景的系统建模，实现业务架构设计中的场景管理，以满足当前信息交互复杂的建模需求。最后，针对具体案例使用 ROADS 元架构方法建立场景化业务架构模型组，对建模过程和架构模型进行总结与分析，并展望后续研究方向。

2 业务活动模型的层次化和场景化

在计算机科学和软件工程领域，形式化方法是一种基于数学的分析技术，适合于软件和硬件系统的描述、开发和验证。基于模型的形式化方法通过明确定义状态和操作来描述系统行为和预期性能。

2.1 IDEF0 层次化活动模型

IDEF 方法具有严谨的语义描述、语法规则和图形化语言，IDEF0 是 IDEF 在结构化系统开发思想的基础上所发展起来的一套系统建模标准^[24]，用于承接业务需求的表达，描述系统的功能活动及其联系。定义 1 为在该标准下具备层次分解能

力的活动模型的形式化表达。

定义 1 $M = (A, R, \delta_{An})$

A 表示活动的集合,其中元素定义为 $An (An \in A)$,属性表述为 $An := \langle Name_{An}, F_{An} \rangle$ 。 $Name_{An}$ 为活动名称。 F_{An} 是关于活动 An 的关系式, $F_{An} : R_I \wedge R_C \wedge R_M \rightarrow R_O$, $\wedge$ 为逻辑与, $\rightarrow$ 表示生成,描述关于活动 An 的信息关系。

R 表示箭头的集合,对集合元素 $r (r \in R)$ 进行属性描述 $r := \langle Name_r, S, E \rangle$ 。 $Name_r$ 表示箭头的名称, S, E 分别表示箭头所连接的输出信息活动集合(以 $S(R)$ 表示)和输入信息的活动集合(以 $E(R)$ 表示),满足 $S(R) \cup E(R) = A$ 且 $S(R) \cap E(R) \neq \emptyset$ 。 R_I, R_C, R_M, R_O 分别表示活动相关的输入(input)、控制(control)、输出(output)、机制(mechanisms)信息, $R_I \cup R_C \cup R_M \cup R_O = R$, 且 $R_M \cap R_I = R_M \cap R_C = R_M \cap R_O = \emptyset$, 机制信息独立于另3个箭头。

δ_{An} 是一个类似于BNF(Backus-Naur form)的表达式,用于表示业务活动 An 的粒度标准,描述活动模型的细化程度。随着粒度 δ_{An} 的细化,将派生出新的子活动,且子活动与父级活动之间存在结构上的自相似性,可以表示为 $\delta_{A0} ::= \delta_{A1} | \delta_{A2} | \dots | \delta_{An}$; $\delta_{A1} ::= \delta_{A11} | \delta_{A12} | \dots$; $\delta_{A11} ::= \delta_{A111} | \delta_{A112} | \dots$, 其中, “ $::=$ ”表示“被定义为”。BNF具有语法简单、无二义性、便于分析和编译的特点,可用于描述图像模型的层次性。该形式化描述方式在1997年被清华大学国家CIMS工程研究中心学者王君英等^[25]用于对图形化语言的语义表达,后续有学者基于BNF形式化描述IDEF0图形的层次粒度。例如:周小舟^[26]以此研究IDEF0到CPN模型自动转换方法;罗雪山教授团队^[27]将BNF运用到C4ISR系统的相关研究中。

2.2 SD 场景化活动模型

序列图(sequence diagrams, SD)具备场景管理能力,其本质是描述某一活动在不同场景下参与者之间的信息传递过程。定义2以形式化方式描述 SD 模型的子活动触发时序和基于场景的信息交互。

定义 2 $SD = (Ob, L, Act, Me)$

Ob, L, Act, Me 分别表示面向场景的业务节点、生命线、激活和消息。激活元素以生命线上的矩形表示,形式化描述为 $act (act \in Act)$ 。 SD 关注业务节点之间交互消息的发生时间顺序,以实现用例行为时序的描述。消息集合元素 $me (me \in Me) := \langle Name, S, E \rangle$ 关于消息端的属性描述同IDEF0中的箭头元素,满足 $S(Me) \cup E(Me) =$

Act 且 $S(Me) \cap E(Me) \neq \emptyset$ 。根据表述信息消息 Me 分为3类:由系统外界信息所引起激活的触发消息 TMe 、系统内部激活之间交互消息 IMe 和由激活产生传递给自身的自关联消息 SMe ,记为 $Me = \{TMe, IMe, SMe\}$ 。

3 IDEF0 与 SD 的集成机制

IDEF0 图像中的箭头仅表示一种约束关系,不满足对活动触发时序和信息交互场景的描述。这种活动模型缺少场景维度的描述,增加了技术实现难度,因此需要将其中隐含系统运行指令的信息与其他信息区别开来。 SD 能实现这一点,使集成后的活动模型同时具备层次化和场景化特点。

3.1 激活组合片段

一个具体活动的执行可能会涉及多个业务对象生命线上的状态变化,同一个业务对象可能参与多个活动。在 SD 中构造一个激活组合片段(combination of activation fragments, CF)描述活动的触发过程。 CF 片段与IDEF0中活动框图具备元素映射^[28],包含活动发生的箭头信息。在 SD 图中表现为生命线上的激活组合及其之间的消息传递,能够反映业务活动的具体流程和时序关系。

定义 3 $CF = (A, Act, Me, T)$

其中, A, Act 分别为IDEF0中的活动集合和 SD 中的激活集合, CF 描述了两类元素之间的对应关系。 Me 为 SD 中激活之间的消息,能够描述活动模型中的信息传递。 T 为 CF 所体现的序列信息,具体体现为激活组合在生命线上的发生先后顺序。

图1为 CF 片段的元模型,描述IDEF0子活动通过 CF 实现的元模型基础。 CF 能补充描述具体场景下业务对象之间信息的交互过程,实现对象参与的IDEF0子活动之间时序关系的表达。

3.2 基于映射函数的集成规则

CF 中存在IDEF0与 SD 之间部分元素的对应关系,将该关系通过形式化表述为集成规则,提出的集成规则将通过6个基本映射实现。活动是业务活动模型中最核心的元素,活动信息的映射是集成活动模型中IDEF0活动框图与 SD 激活方框所代表的图形元素之间深层语义的关联。通过规则1和规则2将明确 CF 中活动信息的映射规则。

在描述映射规则前,首先根据BNF表达式,对活动 $A0$ 进行基于BNF的回代表达;然后选定需

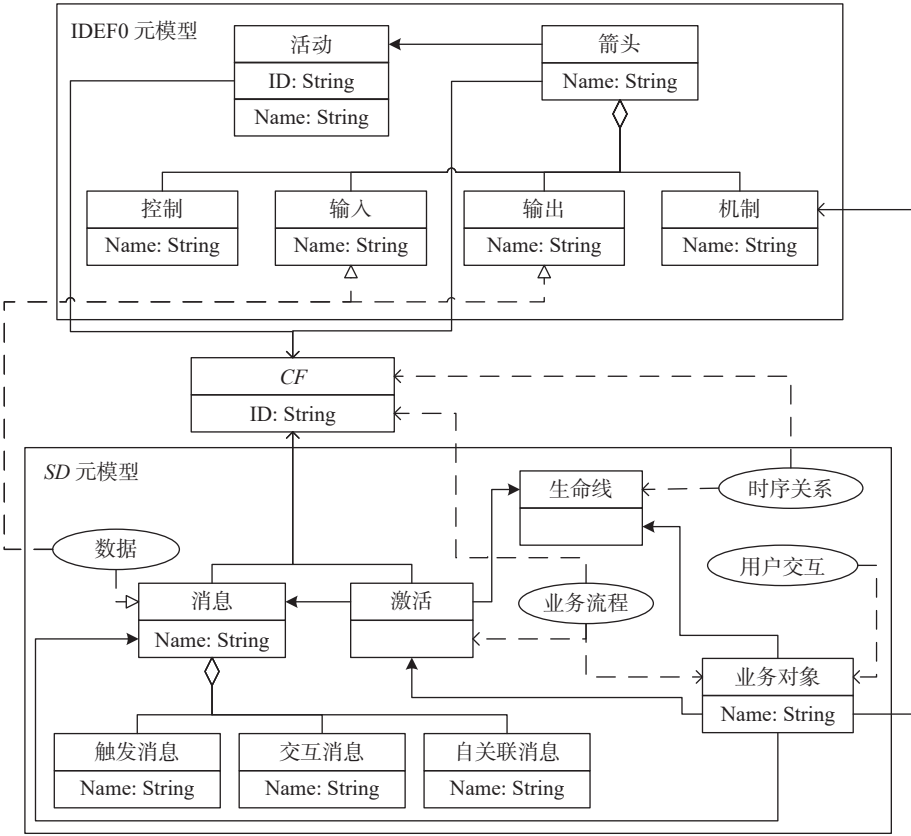


图 1 激活组合片段元模型

Fig.1 Meta-model of a combination of activated fragment

要构建 CF 的活动 An 及粒度标准 δ_{An} ；随后在确定粒度下，设 φ 为 IDEF0 活动与 SD 激活之间关于 $1:n$ 的映射，IDEF0 中活动信息以集合 A 表示， SD 中激活集合 Act 描述不同业务对象的活动响应，记映射关系为 $\varphi: A \xrightarrow{\varphi} Act$ 。

规则 1 IDEF0 图中 $E(r)$ 到 SD 中激活的映射规则：

- a. 选定 IDEF0 活动 An 的粒度 δ_{An} ，确定该粒度下 An 所分解的子活动 $Ani(i$ 为有限整数) 及其之间的关系；
- b. 选取业务活动 Ani 的输入或控制箭头 r_l, r_c 满足 $r_l \in R_l, r_c \in R_c$ ；
- c. 按照 φ 映射关系，将活动 Ani 作为输入箭头的 $E(r_l)$ 端映射到 SD 激活 $Act_1 = \{act_{11}, act_{12}, \dots, act_{1\alpha}\}$, $\alpha \in \mathbb{N}$ ，记为 $E(r_l) \xrightarrow{\varphi} Act_1$ ；
- d. 按照 φ 映射关系，将活动 Ani 作为控制箭头的 $E(r_c)$ 端映射到 SD 激活 $Act_c = \{act_{c1}, act_{c2}, \dots, act_{c\beta}\}$, $\beta \in \mathbb{N}$ ，记为 $E(r_c) \xrightarrow{\varphi} Act_c$ 。

规则 2 IDEF0 图中 $S(r)$ 到 SD 中激活的映射规则：

- a. 选定 IDEF0 活动 An 框图的粒度 δ_{An} ，确定该

粒度下 An 所分解的子活动 $Ani(i$ 为有限整数) 及其之间的关系；

- b. 选取业务活动 Ani 的输出箭头 r_o 满足 $r_o \in R_o$ ；
- c. 按照 φ 映射关系，将活动 Ani 作为输出箭头的 $S(r_o)$ 端映射到 SD 激活 $Act_o = \{act_{o1}, act_{o2}, \dots, act_{o\vartheta}\}$, $\vartheta \in \mathbb{N}$ ，记为 $S(r_o) \xrightarrow{\varphi} Act_o$ 。

IDEF0 中每一项活动都存在关系表达 $F_{An}: R_l \wedge R_c \wedge R_M \rightarrow R_o$ ，但 IDEF0 活动图中箭头仅代表数据约束，并不表示流或者顺序。 SD 中的消息箭头则包含不同业务节点上 Act 间消息的运行指令及时序描述。规则 3 到规则 6 将构建 IDEF0 箭头到 SD 中消息箭头的信息映射。

规则 3 IDEF0 图中 R_M 到 SD 中 Ob 的映射规则：

- a. 选定活动 An 框图的粒度 δ_{An} ；
- b. 选取该粒度下 IDEF0 框图中的机制箭头 r_M 满足 $r_M \in R_M$ ；
- c. 根据箭头信息，以 $1:1$ 关系映射为 Ob ，表示业务活动的活动发起者或执行者，映射规则记为 $f: \forall ob \in Ob, \exists r_M \in R_M, \text{s.t. } r_M \xrightarrow{f} ob$ ，即存在一个映射关系 f 满足 R_M 与 Ob 之间的关系，所有的 R_M 箭头信息在 SD 中表示为 Ob ，以活动发起者或执行者存在。

由于前文已经给定机制箭头在序列图中的映射规则, 现建立 IDEF0 中输入、输出、控制箭头与 SD 消息间的映射关系 $\theta: R_I \cup R_C \cup R_O \xrightarrow{\theta} Me$ 。

规则 4 IDEF0 图中 $(R_O \cap R_I) \cup (R_O \cap R_C)$ 到 SD 中 IMe 的映射规则:

- a. 选定活动 An 框图的粒度 δ_{An} ;
- b. 选取该粒度下 IDEF0 框图中的输入和控制箭头 R_I, R_C , 并标注该框图中所有内部箭头, 记为: $(R_O \cap R_I) \cup (R_O \cap R_C)$, 即子活动 $An1, \dots, Anm$ 之间的交互箭头;
- c. 将 $(R_O \cap R_I) \cup (R_O \cap R_C)$ 所示的箭头信息映射为 SD 中系统内部激活之间交互消息 IMe , 记为: $\theta: (R_O \cap R_I) \cup (R_O \cap R_C) \xrightarrow{\theta} IMe$, 其中, 满足箭头与消息之间的约束 $S(R_O) = S(IMe)$, $E(R_I) \cup E(R_C) = E(IMe)$ 。

规则 5 IDEF0 图中 $C_{R_I}(R_O \cap R_I) \cup C_{R_C}(R_O \cap R_C)$ 到 SD 中 TMe 的映射规则:

- a. 选定活动 An 框图的粒度 δ_{An} ;
- b. 选取该粒度下 IDEF0 框图中的输入和控制箭头 R_I, R_C , 并标注该框图中所有外部箭头, 记

为: $C_{R_I}(R_O \cap R_I) \cup C_{R_C}(R_O \cap R_C)$, 即子活动 $An1, \dots, Anm$ 与系统边界之间的输入和控制箭头;

c. 将 $C_{R_I}(R_O \cap R_I) \cup C_{R_C}(R_O \cap R_C)$ 所示的箭头信息映射为 SD 中由系统外界信息引起激活的触发消息 TMe , 记为: $\theta: C_{R_I}(R_O \cap R_I) \cup C_{R_C}(R_O \cap R_C) \xrightarrow{\theta} TMe$, 其中满足箭头与消息之间的约束 $E(R_I) \cup E(R_C) = E(TMe)$ 。

规则 6 IDEF0 图中 $C_{R_O}((R_O \cap R_I) \cup C_{R_C}(R_O \cap R_C))$ 到 SD 中 SMe 的映射规则:

- a. 选定活动 An 框图的粒度 δ_{An} ;
- b. 选取该粒度下 IDEF0 框图中的输出 R_O , 并标注该框图中所有外部箭头, 记为: $C_{R_O}((R_O \cap R_I) \cup C_{R_C}(R_O \cap R_C))$, 即子活动 $An1, \dots, Anm$ 与系统边界之间的输出箭头;
- c. 将 $C_{R_O}((R_O \cap R_I) \cup C_{R_C}(R_O \cap R_C))$ 所示的箭头信息映射为 SD 中由激活产生传递给自身的自关联消息 SMe , 记为: $\theta: C_{R_O}((R_O \cap R_I) \cup C_{R_C}(R_O \cap R_C)) \xrightarrow{\theta} SMe$, 其中满足箭头与消息之间的约束 $S(R_O) = S(SMe)$ 。

3.3 面向场景的层次化活动模型

图 2 为一个 IDEF0 与 SD 图集成后的面向场景

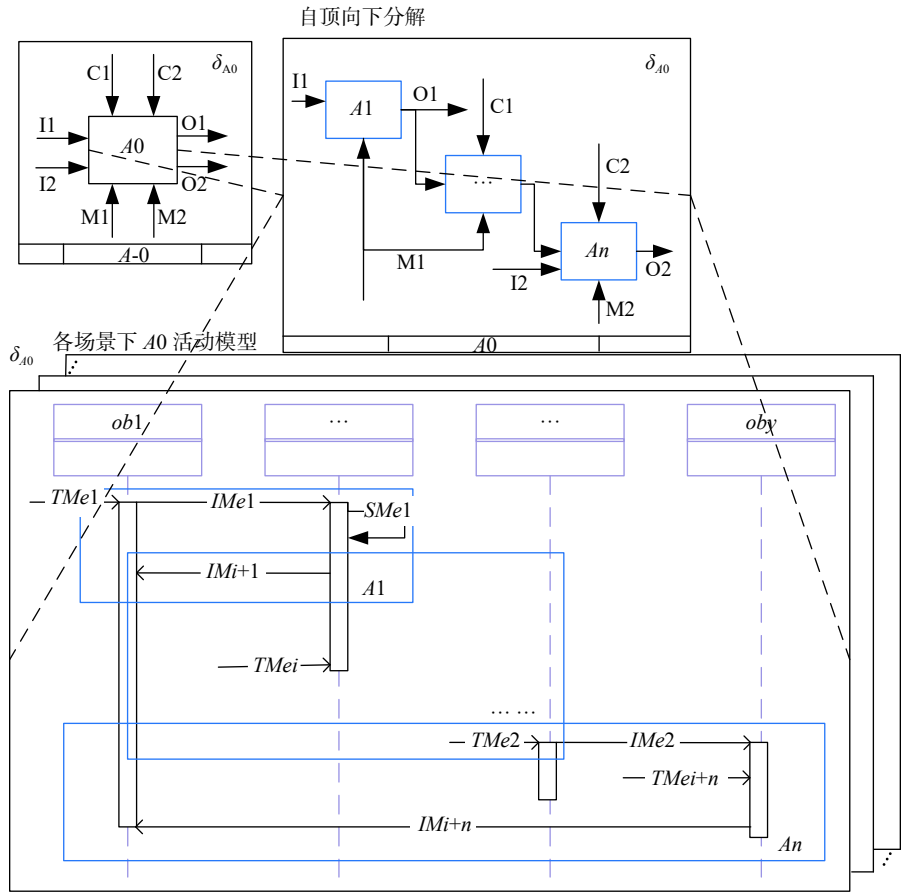


图 2 面向场景的层次化活动模型

Fig.2 Scenario-oriented hierarchical activity model

的活动模型示例，图中上半部分为一个标准的 IDEF0 图，图中连接箭头的方框 A_0 表示活动 A_0 ，活动四周的箭头 I, C, O, M, 分别表示与活动相关的输入(input)、控制(control)、输出(output)、机制(mechanisms)信息。活动 A_0 可分解为子活动 $A_1, \dots, A_n$ ，分解后的子活动边界箭头与父级活动 A_0 的边界箭头一一对应，可用于描述活动之间的层级关系。图中下半部分为一组与 IDEF0 关联的 SD 图形，描述系统在执行活动 A_0 时设计的所有活动场景。图中将激活与消息同时选定的方框为 CF 片段，与活动 A_0 的分解子活动一一对应，方框右下角为对应的子活动编号，描述不同场景下子活动之间的执行序列。

以集成后的活动模型进行 ROADS 架构建模，既具备层次化活动描述能力，又能以流程建模进行场景管理。在业务架构分析阶段对 IDEF0 所描述的业务活动逐级分解，按照不同粒度 δ_{A_n} ，采用“自顶向下，逐层分解”的方法，细化活动 A_n 至一定粒度，来明确业务活动扩展建模的粒度标准。后续按照逆向粒度，采用“自底向上，循序渐进”的方法，分阶段实现活动模型场景建模。

如图 2 所示，通过 CF 片段映射规则以 A_n 对 SD 中流程进行活动标识，能直观映射出业务活动的执行序列，以 $T(A_1), \dots, T(A_n)$ 表示 CF 的时序关

系。活动模型通过 CF 描述业务活动在不同场景下执行流程的序列，实现对同一活动不同视角的建模描述，强调场景管理能力。

4 ROADS 架构迭代建模

4.1 ROADS 元架构

ROADS 架构方法是在已有的 ROAD 架构^[7]下，通过集成 IDEF0 与 SD 的业务活动模型提出的架构方法，遵循原架构建模的基础规则和约束，但在元架构内容和建模方法上与原架构存在区别。

以业务活动模型、组织模型、规则模型以及数据模型将 TOGAF 业务架构元模型划分成 4 块相互关联并具备具体描述的局部，同时给出了合适的建模语言，如图 3(a) 所示。业务活动模型作为架构中的活动视角模型，严格遵循 ACF 元模型标准^[29]，与不同视角、不同粒度的其他模型保持一致。业务活动模型语义覆盖业务架构元模型中的 6 个元类及关系，其中又以 IDEF0 与 SD 对其进行划分，如图 3(b) 所示。其中触发事件由面向场景的某个或几个业务执行节点执行，多个彼此相关的触发事件在模型中组成业务流程。SD 中触发事件根据业务规则触发或终止其他业务事件或业务流程。

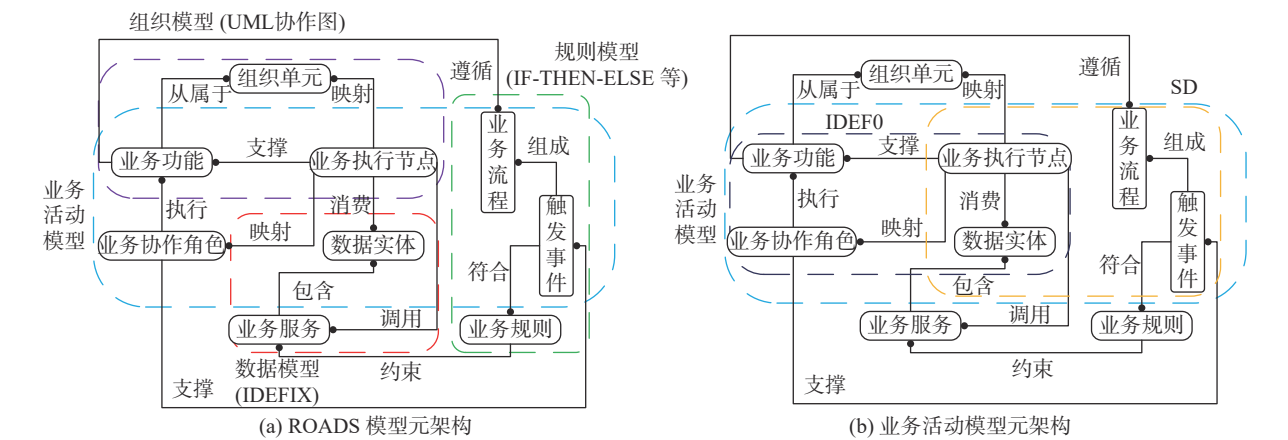


图 3 ROADS 元架构
Fig.3 ROADS meta-architecture

在业务架构中扩展的活动模型既能向上对接需求分析，满足企业需求的业务功能，以层级化思想对业务需求进行功能划分；又能向下指导架构设计，使确定粒度下活动的流程可视化，扩展业务活动模型在场景管理中的建模能力。

4.2 迭代建模过程

顶层业务架构阶段根据功能需求分析，划分系统边界，明确系统功能，构建系统总体功能视图，对系统基本业务功能进行分解。ROADS 架构迭代建模过程如图 4 所示。

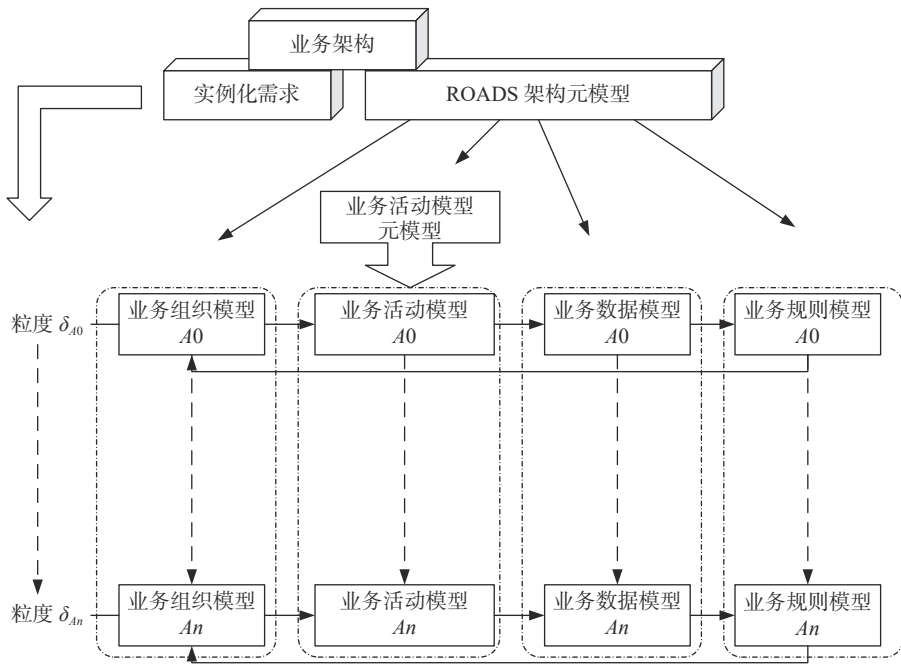


图 4 ROADS 架构迭代建模过程

Fig.4 Iterate modeling process of ROADS architecture

由确定的业务功能模型指导 ROADS 建模迭代。根据粒度标准,以业务活动模型作为业务架构的核心过程提供业务信息,从而与业务组织、业务规则和业务数据模型共同构成二维的迭代矩阵,形成一个多粒度、多视角的 ROADS 模型组。通过对系统业务范围进行约束和定义描述业务组织模型;利用活动模型层次化分解业务活动,明确业务操作的子活动,在确定粒度下面向场景对业务功能建立对象间的交互流程,规范化描述活动执行过程中的触发时序和信息传递;构建相对应的 if-else 规则模型、IDEF1X 数据模型,对系统的流程规则、实体对象、数据进行建模描述。通过返回迭代分别实现同一粒度下各模型之间的横向迭代和不同粒度间业务架构模型组的纵向迭代。

最后使用敏捷开发方法,不断测试和迭代,优化业务架构,使其能够实现既定的架构目标,为数据架构、应用架构和技术架构提供业务模型基础。

4.3 面向场景的架构建模

BPMN 与 ROADS 模型组都能通过不同场景下的业务流畅表达实现场景维度的描述。BPMN 使用简单的图形符号将业务流程可视化如图表^[16],具有事件、任务、网关、序列流、消息流等元素^[17],能够图形化排列参与业务活动的业务对象所执行事件和任务的逻辑时序,实现不同场景下业务流程描述^[18]。但描述角度比较单一,且容易形成各

阶段架构人员对流程理解上的差异。ROADS 架构模型组能够通过不同视角实现面向场景的业务活动多维度表达,并以 ACF 框架作为基础,确保了架构过程的一贯性及构成模型组的一致性。

建模过程中,BPMN 模型根据已有的业务活动建立不同场景的流程模型,ROADS 模型组从业务功能出发,同时构建业务组织模型、面向场景的业务活动模型、业务规则模型、业务数据模型,通过模型之间相互关联,共同实现对业务架构的建模描述。因此,相较于单独的 BPMN 描述图形,ROADS 架构模型组在场景管理上更具备整体性和灵活性。

将具备场景描述的 SD 模型与 BPMN 模型进行对比后发现:SD 具备时序表达能力^[21],能通过 CF 片段映射 IDEF0 中的活动信息,实现对子活动触发时序的建模表达,并描述业务参与者之间的业务交互;BPMN 通过对业务参与者具体活动任务的描述实现流程表达,并且在流程中包含部分业务规则,虽描述功能更多更全面,但与其他业务模型之间存在更为复杂的耦合问题。因此,本文选择 SD 模型作为场景元素加入 ROADS 架构中。

5 情景化外语教学系统的业务架构建模

疫情爆发后,“线上”教学模式得到推广和

普及，促进交互式信息技术与教育模式的融合已经成为未来教育发展的趋势所在。情景化外语教学系统具备信息化需求^[30]，其本质是利用信息技术优化教学模式，使知识融入情景，使学习融入生活。本文以情景化外语教学信息系统为建模对象，以ROADS架构方法进行建模分析，对“情景化外语对话教学”这一具体业务活动进行以业务活动模型为主的架构建模，并在文中展示部分模型。

图5为情景化外语教学系统某一层级活动“情景化外语对话教学”的活动模型，其中图5(a)描述上一层业务活动 A_i 的IDEF0图，图5(b)为对 A_i 活动层次化分解后得到的IDEF0图，将上一层业务活动分解为“视频课程播放”、“知识点梳理”和“练习与反馈”3个子活动，分别标记为 A_{i1} 、 A_{i2} 和 A_{i3} 。

对图5(b)所示的“情景化外语对话教学”活动的两个具体场景下的业务流程进行建模。如图5(c)场景1“用户学习新的对话课程”与(d)场景2“用户进行练习并回看视频”所示，图中通过CF展示场景中子活动之间发生的序列关系。当面对“用户学习新的对话课程”场景时，用户面

对新的学习内容，需要从情景化视频课程开始学习，随后进行知识梳理，最后巩固练习，活动 A_i “情景化外语对话教学”按 $T(A_{i1}), T(A_{i2}), T(A_{i3})$ 序列展开。在场景“用户进行练习并回看视频”中，用户已经掌握部分或全部知识，进行练习并回看视频巩固知识，此时的活动 A_i 将按照序列 $T(A_{i3}), T(A_{i1}), T(A_{i2})$ 展开。ROADS架构通过部分场景下业务子活动的建模，实现不同场景下同一活动的不同流程描述。

依据业务活动模型描述建立业务数据IDEF1X模型，可以通过流程中消息传递确定数据实体，再根据消息间的信息关系细化数据模型图，得到图6所示的“情景化外语对话教学”功能的业务数据模型。

SD中消息的传递为业务数据模型和业务规则模型提供具有实际场景意义的参考，参与活动的对象实体根据业务组织模型确定。业务架构建模过程是一个不断迭代，逐级细化的循环过程，每一组模型都包括不同粒度的多次迭代。SD在映射活动信息时也将根据活动粒度不同进行层级分解，存在SD间关于活动子集的逻辑关系。同时数

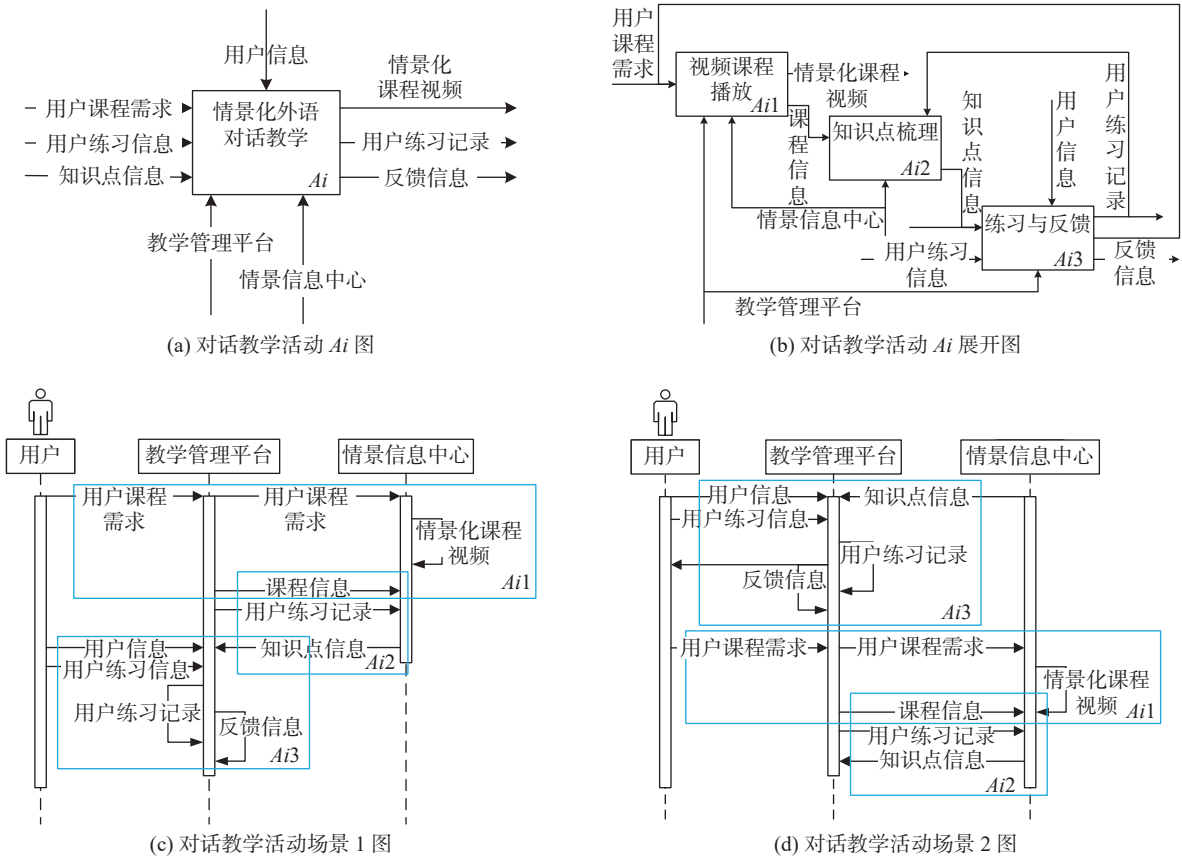


图5 “情景化外语对话教学”功能的场景化活动模型(部分)

Fig.5 Scenario activity models of "situational foreign language dialogue teaching" (partial)

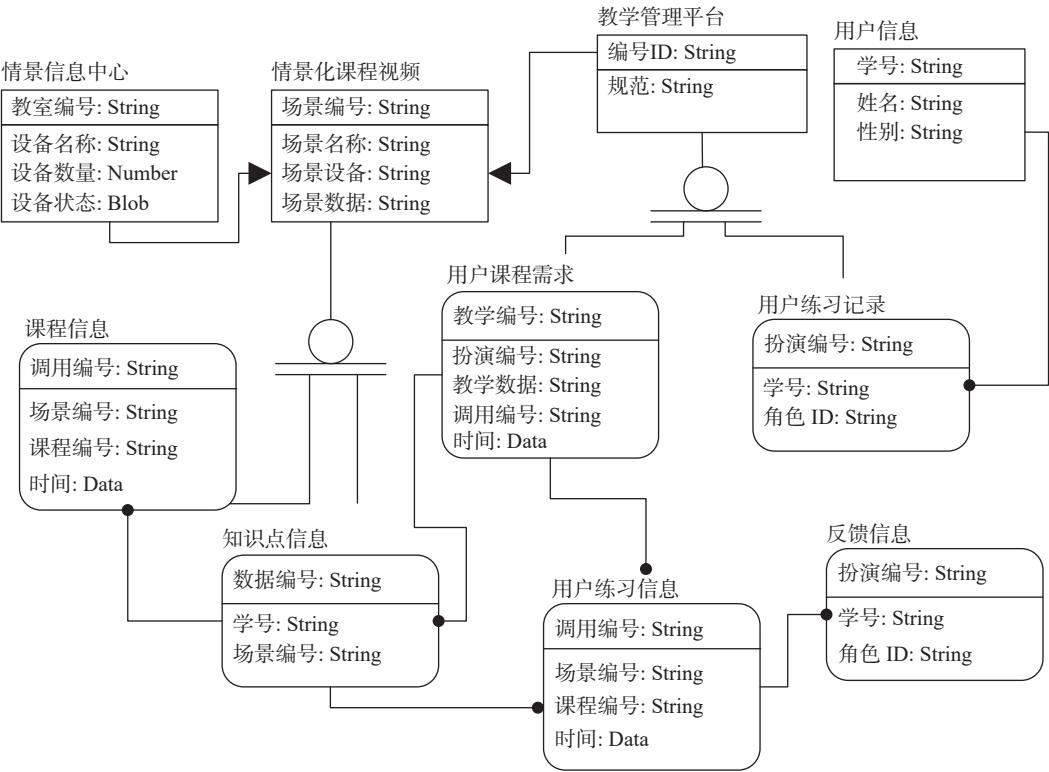


图 6 “情景化外语对话教学”功能的业务数据模型

Fig.6 Data model of "situational foreign language dialogue teaching"

据模型也为进一步迭代活动模型提供数据基础。

6 结论与展望

采用 ROADS 进行建模，有利于改进交互式信息技术在情景化教学体系中的运用，从模型角度来说，以集成后的活动模型对情景化外语教学活动建模具备以下特点：

- a. 自上而下的业务活动层级分解，确保业务活动模型的粒度均衡。在情境化外语教学建模中，以教学过程为主体业务活动，通过对活动模型的逐级分解实现系统架构的功能需求。
- b. 业务对象之间信息传递的表达。在情景化外语教学中系统各对象的属性规范是实现活动功能描述的前提和基础，SD 中的业务节点划分能有效明确对象，实现对象之间的信息交互。
- c. 流程的逻辑和序列关系描述。系统内部业务流程的控制和管理、系统活动参与对象及系统管理人员的信息获取和操作都以统一实时性的数据模型为基础。
- d. 活动模型的场景管理。通过逻辑层次划分确保场景描述时的粒度一致，以 SD 扩展业务活动面向场景的业务流程，能有效实现对场景管理的

结构化分析。

然而，本文仅基于业务活动进行补充，并没有实现场景模型与更多业务模型之间的元素映射，但这种映射实际上是存在的，在后续研究中将对此进行更深入的分析。

参考文献：

[1] GOEPP V, PETIT M. Insight from a comparison of TOGAF ADM and SAM alignment processes[J]. IFAC - PapersOnline, 2017, 50(1): 11707–11712.

[2] SOFYANA L, PUTERA A R. Business architecture planning with TOGAF framework[J]. Journal of physics: conference series, 2019, 1375: 012056.

[3] PÉREZ-CASTILLO R, RUIZ-GONZALEZ F, GENERO M, et al. A systematic mapping study on enterprise architecture mining[J]. Enterprise Information Systems, 2019, 13(5): 675–718.

[4] PÉREZ-CASTILLO R, CAIVANO D, RUIZ F, et al. ArchiRev —reverse engineering of information systems toward archimate models. An industrial case study[J]. Journal of Software:Evolution and Process, 2021, 33(2): e2314.

[5] TAO Z G, LUO Y F, CHEN C X, et al. Enterprise application architecture development based on DoDAF and

- TOGAF[J]. *Enterprise Information Systems*, 2017, 11(5): 627–651.
- [6] SARDJONO W, VIJAYANTO R M. Designing of IT master plan based on TOGAF ADM framework in the regional water utility company[J]. *IOP Conference Series:Earth and Environmental Science*, 2021, 729: 012016.
- [7] 倪枫, 钟璐, 王波. 基于 ROAD 元架构的企业系统业务架构建模 [J]. *上海理工大学学报*, 2017, 39(3): 262–268.
- [8] MEI M M, ANDRY J F. The alignment of business process in event organizer and enterprise architecture using TOGAF[J]. *JUTI Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, 2019, 17(1): 21–29.
- [9] 黄睿. 垃圾回收逆向物流体系建模 [J]. *经济研究导刊*, 2019(25): 150–152.
- [10] 陈蕾, 倪枫. 基于 i-BPMN 的翻转课堂教学系统业务流程建模 [J]. *智能计算机与应用*, 2019, 9(4): 180–186, 191.
- [11] 朱连军, 张熙迪, 张涛. 基于 DoDAF 的陆军装备维修保障业务架构研究 [J]. *装甲兵工程学院学报*, 2018, 32(4): 1–6.
- [12] KHAN G, SENGUPTA S, SARKAR A. Dynamic service composition in enterprise cloud bus architecture[J]. *International Journal of Web Information Systems*, 2019, 15(5): 550–576.
- [13] ULMI U, PUTRA A P G, GINTING Y D P, et al. Enterprise architecture planning for enterprise university information system using the TOGAF architecture development method[J]. *IOP Conference Series:Materials Science and Engineering*, 2020, 879: 012073.
- [14] SLAMAA A A, EL-GHAREEB H A, SALEH A A. A roadmap for migration system-architecture decision by neutrosophic-ANP and benchmark for enterprise resource planning systems[J]. *IEEE Access*, 2021, 9: 48583–48604.
- [15] JNR B A, PETERSEN S A, HELFERT M, et al. Digital transformation with enterprise architecture for smarter cities: a qualitative research approach[J]. *Digital Policy, Regulation and Governance*, 2021, 23(4): 355–376.
- [16] 代飞, 赵文卓, 杨云等. BPMN 2.0 编排的形式语义和分析 [J]. *软件学报*, 2018, 29(4): 1094–1114.
- [17] CORRADINI F, FORNARI F, POLINI A, et al. A formal approach for the analysis of BPMN collaboration models[J]. *Journal of Systems and Software*, 2021, 180: 111007.
- [18] CORRADINI F, MUZI C, RE B, et al. Formalising and animating multiple instances in BPMN collaborations[J]. *Information Systems*, 2022, 103: 101459.
- [19] ROCHA M, SIMÃO A, SOUSA T. Model-based test case generation from UML sequence diagrams using extended finite state machines[J]. *Software Quality Journal*, 2021, 29(3): 597–627.
- [20] BEYER D. First international competition on software testing[J]. *International Journal on Software Tools for Technology Transfer*, 2021, 23(6): 833–846.
- [21] AL-FEDAGHI S. UML sequence diagram: an alternative model[J]. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2021, 12(5): 635–645.
- [22] ELSAYED M, ELKASHEF N, HASSAN Y F. Mapping UML sequence diagram into the web ontology language OWL[J]. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2020, 11(5): 318–326.
- [23] ALVIN C, PETERSON B, MUKHOPADHYAY S. Static generation of UML sequence diagrams[J]. *International Journal on Software Tools for Technology Transfer*, 2021, 23(1): 31–53.
- [24] TSERNG H P, CHO I C, CHEN C H, et al. Developing a risk management process for infrastructure projects using IDEF0[J]. *Sustainability*, 2021, 13(12): 6958.
- [25] 王君英, 段广洪. 基于 IDEF0 的 CIMS 底层控制 Petri 网模型的自动生成方法 [J]. *自动化学报*, 1997, 23(3): 400–403.
- [26] 周小舟. IDEF0 与 CPN 的自动转换方法研究 [J]. *计算机与数字工程*, 2012, 40(4): 42–44.
- [27] 修胜龙, 罗雪山, 罗爱民. C⁴ISR 体系结构的可执行模型生成方法研究 [J]. *湖南工程学院学报*, 2005, 15(1): 42–46.
- [28] CORTES-CORNAX M, MATEI A, DUPUY-CHESSA S, et al. Using intentional fragments to bridge the gap between organizational and intentional levels[J]. *Information and Software Technology*, 2015, 58: 1–19.
- [29] 陈长新, 王明哲, 宋阿妮. 利用 DODAF 开发 TOGAF 定义的企业应用架构设计 [J]. *计算机与数字工程*, 2013, 41(5): 829–834.
- [30] 王嘉琦, 顾晓梅, 王永祥. 混合学习情景下英语视听资源的个性化协同推荐研究 [J]. *外语电化教学*, 2020(3): 54–60.

(编辑: 丁红艺)