

RPA 流程元模型的研究

张领统¹, 潘茂林², 余阳²⁺

(1. 中山大学计算机学院, 广东 广州 510006; 2. 中山大学软件工程学院, 广东 珠海 528406)

摘要

机器人流程自动化 (Robotic Process Automation, RPA) 快速应用于企业数字化转型中, 但 RPA 的概念、组成要素存在多种不同观点。解决该问题, 可以促进 RPA 产品的规范化、明确其技术定位并与相关技术融合发展。为此, 本文通过与业务流程管理 (Business Process Management, BPM) 类比分析并结合对 RPA 著名产品 UiPath 的分析, 总结 RPA 的特征, 认识其本质。在此基础上, 给出 RPA 的明确定义和组成要素, 进而研究要素之间的关系, 构建 RPA 的元模型。最后, 结合微软编程体验工具包 (Programming Experience Toolkit, PXT) 实现了一个 RPA 原型, 并解释了如何使用 RPA 流程元模型中的元素实现 RPA 流程。

关键词: RPA; BPM; 组成要素; 概念; 元模型

中图分类号: TP311

文献标识码: A

the Study of RPA process metamodel

ZHANG Lingtong¹, PAN Maolin², YU Yang²⁺

(1. School of Computer Science and Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510006, China;

2. School of Software Engineering, Sun Yat-sen University, Zhuhai 528406, China)

Abstract

Robotic Process Automation (RPA) is rapidly applied to enterprise digital transformation, but there are many different views on the concept and constituent elements of RPA. Solving this problem can promote the standardization of RPA products, clarify their technical positioning, and integrate with related technologies. To this end, this paper summarizes the characteristics of RPA and understands its essence by analyzing the analogy with Business Process Management (BPM) and combining the analysis of the famous RPA product UiPath. On this basis, the clear definition and constituent elements of RPA are given, and then the relationship between the elements is studied and the metamodel of RPA is constructed. Finally, combine with the Microsoft Programming Experience Kit Toolkit (PXT) implements an RPA prototype and explains how to implement RPA processes using elements from the RPA process metamodel.

Keywords: RPA, BPM, constituent element, concept, metamodel

1. 引言

随着越来越多的企业开始进行数字化转型, RPA 技术引起高度关注。关于 RPA 的定义, 目前存在多种说法。

1. IBM 认为 RPA 使用自动化技术模拟人类的后台任务, 结合了 API 和用户界面互动, 大规模执行业务流程活动, 从而将人力资源解放出来, 去优先从事更复杂的任务 [1]。

2. UiPath 认为 RPA 是一种软件技术, 可轻松创建、部署和管理软件机器人, 模拟人类行为, 与数字系统和软件进行互动 [2]。

3. IEEE 认为 RPA 是预配置软件, 它使用业务规则和预定义的活动编排来自动完成一个或多个不相关的软件系统中流程、活动、事务和任务组合, 同时需要人工异常管理来保证最后交付结果 [3]。

4. Syed 认为 RPA 是一种软件代理技术，模拟人在执行业务流程中的某些任务时通过一系列计算机应用程序所采取的手动过程 [4]。
5. Aalst 认为 RPA 是一个总括性术语，指的是以人类的方式在其他计算机系统的用户界面上操作的工具 [5]。
6. Agostinelli 认为 RPA 是 BPM 领域快速兴起的自动化技术，它使用软件来模拟和复制人类用户在其应用程序的用户界面中执行的高度重复的日常任务 [6]。

在多种 RPA 的定义中，存在两个高频出现的词——“业务流程”和“拟人操作”。可见，多数人认为 RPA 执行拟人操作，并且与 BPM 存在联系。由于概念的不统一，造成 RPA 产品定位的混乱和标准的缺失，尤其是与 BPM 的关系存在争论。

综合分析现有文献，主要观点有两种。第一种观点认为：RPA 流程就是 BPM 流程，RPA 流程是智能化的 BPM 流程。持有第一种观点的激进者甚至认为 RPA 流程可以完全取代 BPM 流程，BPM 流程不再被需要了。第二种观点则认为：RPA 流程不同于 BPM 流程，两者是互补的 [7]。但是关于 RPA 流程的重要问题，第二种观点的持有者们并没有给出正式统一的回答。比如：RPA 流程与 BPM 流程的具体区别联系是什么？RPA 流程的概念怎样定义？RPA 流程的元模型如何构建？

本文以 RPA 流程与 BPM 流程的区别与联系为切入点，提出 RPA 流程相关概念与组成要素，研究要素之间的关系，构建 RPA 流程元模型。

本文其余部分结构如下，第二部分分析 RPA 流程与 BPM 流程的区别与联系。第三部分提出 RPA 流程相关概念与组成要素。第四部分构建 RPA 流程元模型。第五部分说明如何使用 RPA 流程元模型快速高效地实现 RPA 流程。最后一部分对我们的工作做了总结与展望。

2. RPA 流程与 BPM 流程的区别与联系

RPA 流程与 BPM 流程是两个不同的概念，它们之间既有区别，又有联系。从多个维度分析 RPA 流程与 BPM 流程实际使用过程，发现两者区别，认识

两者联系。

2.1. 从多维度看两者区别

从人数、逻辑单位、数据、自动化程度、基本结构五个维度分析 RPA 流程与 BPM 流程，再结合 UiPath 的产品进行观察，发掘两者的特征区别。

2.1.1 人数维度

UiPath 提出了“人手一个机器人”并发布了相关白皮书 [8]。企业为了实现全面自动化，需要将 RPA 交付给员工使用。因为员工是最接近问题的人，也是能产生立竿见影影响的人。员工人手一个 RPA 可以帮助员工将重点转移到价值更高的工作上，进而发现新的自动化机会。这样自下而上的创新可以释放员工潜力，从根本上推动创新民主化，而实现创新民主化是企业数字化转型战略成功的前提。因此 RPA 是员工个人使用的，RPA 流程是面向个人的流程。

BPM 流程则使用于多人协作中，进行人与人、人与机器、机器与机器之间的协调。因此 BPM 是多人使用的，BPM 流程是面向组织（多人）的流程。

2.1.2 逻辑单位维度

BPM 中案例指 BPM 流程控制或处理的对象。从案例的开始到案例的结束，称为案例的生命周期。每个案例的生命周期都是有限的。在案例的整个生命周期中，它始终处于某个特定的状态。案例由三个元素组成：案例相关属性的值、已经满足的条件、案例的内容 [9]。

案例在 BPM 流程中流转，案例始终在被改变，但是并不是所有的案例改变都是可以被用户感知到的，也不是所有的案例改变都是对业务有意义的。能被用户感知到的，同时对业务有意义的案例改变，称之为案例的状态改变。

BPM 流程中基本单位是任务，任务是工作的基本单位，具有原子性，划分任务的依据是案例是否产生了状态改变 [9]。整个 BPM 流程完成了案例的生命周期。因此 BPM 流程是业务级的，BPM 流程是以任务为逻辑单位的流程。

UiPath 提供了一些用于 RPA 构建的模板流程。通过分析 RPA 模板流程中的步骤得知，每一个步骤都改变了案例的某个元素或者说某个数据项 (例如：请假单是一个案例，姓名、部门、请假原因、请假天数等是案例的数据项)，虽然造成了案例的改变，但并不是状态改变。因为当前用户操作这个数据项时，其他用户感知不到案例的变化，也不会导致他们的动作。可以看出，RPA 流程中基本单位并不是任务，因为没有产生状态改变。RPA 中基本单位称之为操作，操作的对象是案例的数据项。RPA 流程中若干次操作造成了案例状态的一次改变，或者说它完成了一个任务。因此 RPA 流程是操作级的，RPA 流程是以操作为逻辑单位的流程。

2.1.3 数据维度

案例由三个元素组成：案例相关属性的值、已经满足的条件、案例的内容。案例属性是一系列同案例相关的变量，用来管理案例。条件被用来确定哪些任务已被执行，哪些任务还要被执行，只有当案例满足了一个任务的所有条件时，该任务才能被执行。案例的内容包括在文档、文件、档案和数据库中 [9]。

BPM 流程更关注的是案例属性和条件，因为 BPM 流程在控制案例流转的过程中需要这些信息，案例内容不属于 BPM 流程直接处理的范畴 [9]，BPM 流程仅仅指定某个用户使用某个第三方软件处理案例内容。

通过对 UiPath 中 RPA 模板流程的分析，可以看出 RPA 流程除了需要处理案例属性、条件，也需要处理案例内容。因此 RPA 要关注案例内容的细节，RPA 流程是需要处理案例内容的流程。

虽然 BPM 流程需要读取案例相关数据，并根据它处理案例流转，但不会处理/修改它 [10]。处理/修改案例数据 (包括相关数据) 恰恰是 RPA 流程的职能。RPA 模拟某个用户去逐条处理案例的数据项，因此它关注案例的具体内容。由此看到它们的区别和定位的不同，以及它们职责的互补性。

2.1.4 自动化程度维度

RPA 流程是模拟人操作的流程。除了发生异常需要人工干预，流程逻辑中是没有人工操作的。否则就失去了速度优势，还不如人直接操作，RPA 就没有存在的必要了。通过对 UiPath 中 RPA 模板流程进行分析，可以看出 RPA 流程均是全自动的流程，没有人工操作。因此 RPA 流程是全自动化的流程。

BPM 流程中存在自动化任务、半自动化任务、人工任务三种任务，因此 BPM 流程是自动化或半自动化的流程 [10]。

2.1.5 基本结构维度

关于 BPM 流程，至今已经发现了 43 种基本结构 [11, 12]。这 43 种基本结构被分为 8 个类别，包括基本控制流类别、高级分支和同步类别、多实例类别、基于状态类别、取消和强制完成类别、迭代类别、终止类别、触发器类别 [13]。那么，在 BPM 流程发现的基本结构有多少适用于 RPA 流程呢？

RPA 流程是模仿人类用户的动作来执行简单重复的任务的流程 [14]。人类用户在执行简单重复任务时，不会出现一心二用同时执行两种操作的情况，因此 RPA 流程的基本结构不会涉及到高级分支和同步类别。RPA 流程处理案例时，同一时间只会处理一个案例实例，因此 RPA 流程的基本结构不会涉及到多实例类别。RPA 流程是一个操作级的流程，并不是一个任务级的流程，因此 RPA 流程的基本结构不会涉及到基于状态类别。RPA 流程是使用软件执行简单重复任务的流程，在不出现错误的情况下不会涉及取消和强制完成类别。RPA 流程只需要按预定规则执行到最后一个操作即可，不会涉及终止类别。RPA 流程正常情况下执行时不会受到外部信号控制决定案例如何穿过操作，而是通过 RPA 流程中的条件和案例内容及相关数据决定的，因此 RPA 流程不会涉及触发器类别。

在迭代类别中共包括三种基本结构。其中 RPA 流程中的操作是一种原子单元，不能执行递归这种基本结构。而任意循环则让 RPA 流程变得不安全且复杂，与 RPA 流程执行简单重复任务的目的不相符，

因此也不在 RPA 流程执行的范围内。剩余的结构化循环这种基本结构足以满足 RPA 流程的需求。

在基本控制流类别中共包括五种基本结构。其中有两种是与并行同步有关的，不在 RPA 流程涉及的范围之内。剩余的三种基本结构为顺序、条件路由、合并，其中条件路由和合并可以形成选择基本结构。

通过上述分析，RPA 流程只需要顺序、选择、循环 (结构化循环) 三种基本结构即可实现 RPA 流程的功能 [15]。通过观察 UiPath 的 RPA 模板流程，也只存在这三种基本结构。

BPM 流程至今已经被发现了 43 种基本结构，并且尚不能证明这 43 种基本结构就是全部的基本结构。因此 BPM 流程是一种至少有 43 种基本结构的复杂流程。

RPA 流程只有顺序、选择、循环这三种基本结构，它是一种简单流程。

2.2. 从互补看两者联系

RPA 流程没有人的参与，如果 RPA 流程需要与人进行业务层面的交互怎么办？此时，产生了用户可以感知到的，且对业务有意义的状态改变，即业务有效的状态改变，说明当前的 RPA 任务已经执行完毕，需要执行下一个任务。而决定任务的执行顺序，是 BPM 流程解决的问题，需要使用 BPM 流程来协调人与 RPA 的交互、RPA 与 RPA 的交互。

将 RPA 流程和 BPM 流程相结合，通过 BPM 流

程控制任务的执行顺序，通过 RPA 流程实现任务的具体执行，以此实现业务过程的自动化。BPM 充当 RPA 的协调者，RPA 充当 BPM 的参与者，两者是互补的。用 RPA 逐渐替代 BPM 流程中的人类角色，可以协助提高整个 BPM 流程的执行效率。

2.3. 总结

通过结合实际情况的多维度分析，可以看出 RPA 流程和 BPM 流程是两个不同的概念，是两种不同的流程。它们之间既有区别又有联系。

RPA 流程是一种面向个人的、以操作为逻辑单位的、处理案例内容的、全自动化的、有三种基本结构的简单流程。BPM 流程是一种面向组织 (多人) 的、以任务为逻辑单位的、不保存案例内容细节的、全自动化或半自动化的、至少有 43 种基本结构的复杂流程。

RPA 流程与其他 RPA 和人的业务层面交互需要 BPM 流程来协调，BPM 流程中的 RPA 任务需要 RPA 流程实现具体执行。两者相互配合，实现业务过程的自动化。

3. RPA 流程的概念与组成要素

上述内容说明了 RPA 流程和 BPM 流程是两个不同的概念，是两种不同的流程。那么 RPA 流程的概念应该是什么？RPA 流程的组成要素应该有哪些？RPA 流程和 BPM 流程在概念上具体的区别和联系是什么呢？

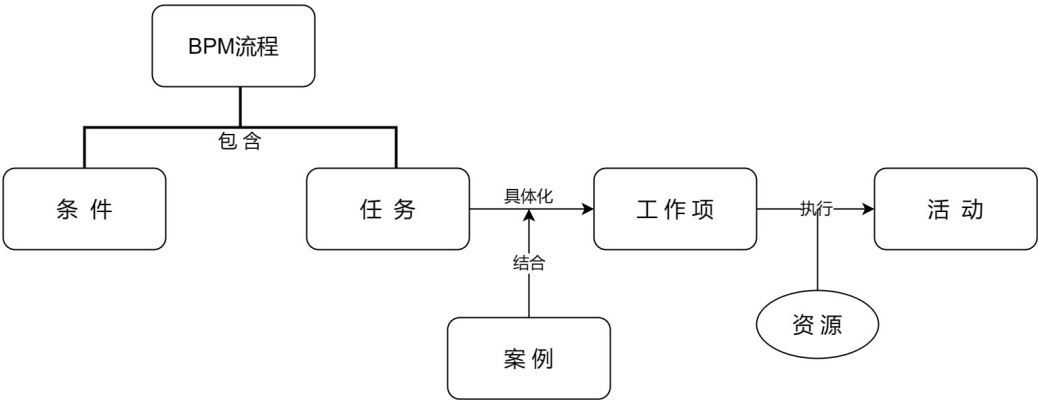


图 1. BPM 流程概念之间的关系

3.1. BPM 流程概念简介

图1展示了 BPM 流程的概念与组成要素及其之间的关系。

Aalst 详细介绍了 BPM 流程的概念与组成要素，此处仅仅简单介绍相关内容 [9]。BPM 流程定义哪些任务必须执行、以什么顺序执行，以完成案例的生命周期。条件指任务作为某个特定案例的活动被执行之前，该案例必须满足的条件。任务是工作的基本单位，具有原子性。案例是 BPM 流程控制的目标。工作项是任务与案例结合具体化的结果。工作项被资源执行成为活动。资源是 BPM 流程中完成任务的参与者，比如人、机器人等。

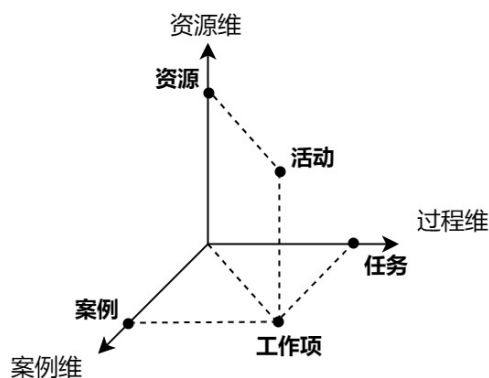


图 2. BPM 流程概念空间

Aalst 将 BPM 流程的组成要素分为 3 个维度：资源维、案例维和过程维，如图2所展示 [16]。

除了图2所展示的三个维度：过程维、案例维、资源维外，BPM 流程还存在另一个维度——应用维。由于没有办法画出四维的概念空间，因此只能画出比较重要的三个维度，略去应用维。应用维上的每个点代表一个可能被 BPM 流程使用到的应用软件。

3.2. RPA 流程概念

图4展示了 RPA 流程的相关概念与组成要素及其之间的关系，它们的含义如下：

- RPA 流程：RPA 流程是一种面向个人的、以拟人操作为逻辑单位的、处理案例内容的、全自动化的、有三种基本结构的简单流程。RPA 流程定义指出哪些操作必须执行、以什么顺序执行，

以完成一个业务级别的任务；

- 条件：条件决定了案例数据项如何与不同的操作结合；
- 操作：模拟人类用户使用键盘、鼠标等输入设备对软件功能的一次操作。因要模拟人的操作，可能需要人工智能 (artificial intelligence, AI) 技术以模拟人的识别、判断、总结等能力。可以把使用 AI 技术的操作视为一种特殊的操作。
- 案例数据项：案例中的数据项；
- 动作：操作与具体案例数据项结合后被执行叫做动作。

RPA 流程包含条件和操作。操作是一个抽象的概念，操作和具体的案例数据项结合后才能执行，执行的过程叫做动作。

不同于 BPM 流程，RPA 流程中操作与案例数据项结合后并没有类似工作项的概念。这是因为 BPM 流程中任务与案例结合后需要决定分配给哪个资源执行，因此需要工作项这个中间概念。而在 RPA 流程中，由什么资源执行操作是确定的，因此不需要类似工作项的中间概念。从概念与组成要素中也看出 RPA 流程是更简单的流程。

可以将 RPA 流程的组成要素分为三个维度：案例维、过程维和应用维，如图3所展示。

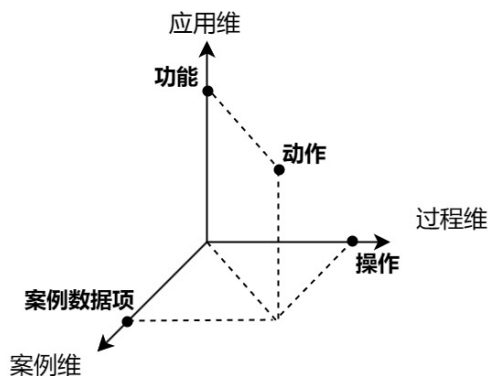


图 3. RPA 流程概念空间

在 RPA 流程中，资源是指应用软件。与 BPM 流程不同的是，RPA 流程中的资源是确定的。当 RPA 流程中的操作被确定时，执行操作所需要的应用软件已经被确定了。所以在 RPA 流程的概念空间中，

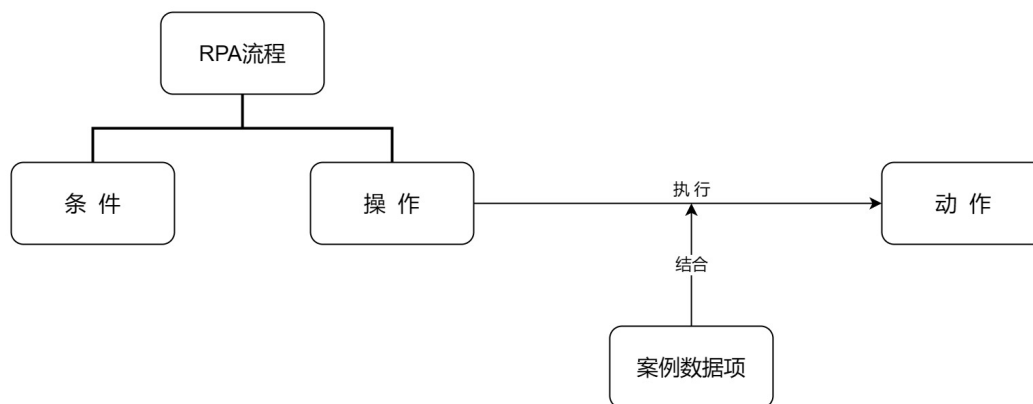


图 4. RPA 流程概念之间的关系

略去资源维。

BPM 流程概念空间略去了应用维，RPA 流程概念空间略去了资源维，因此可以将 BPM 流程概念空间中略去的应用维表示出来。由于使用的应用软件是确定的，因此应用维上的每个点代表的不是一个应用软件，而是某个应用软件中的某种功能，操作通过使用这些应用软件的功能被执行。过程维上的每个点代表的是 RPA 流程使用到的某个操作。案例维上的每个点代表同一个案例中的某个数据项。

3.3. 概念区别和联系

在 BPM 流程和 RPA 流程中，存在许多的概念，也包含一些相似的概念。为了理解 BPM 流程和 RPA 流程，需要对概念加以区分，并通过概念找到 BPM 流程与 RPA 流程的联系。

3.3.1 概念区别

在 BPM 流程和 RPA 流程的概念中，存在以下概念区别：

- BPM 流程定义任务的执行顺序，目标是为了完成案例的生命周期；RPA 流程定义操作的执行顺序，目标是为了完成一个业务级别的任务。
- BPM 流程中条件是用来判断任务会不会被执行；RPA 流程中条件是用来判断操作会不会被执行。
- BPM 流程中，任务是工作的基本单位，任务不链接到特定的案例上；RPA 流程中，操作是任

务的基本单位，操作不链接到特定的案例数据项上。任务的目的是产生状态改变，操作的目的是产生案例数据项改变。划分任务的依据是是否产生了状态改变，划分操作的依据是是否产生了案例数据项改变。

- BPM 流程中，完成案例的生命周期是整个流程的目标，而且 BPM 流程并不保存案例内容的细节；RPA 流程中，完成一个业务级别的任务是整个流程的目标，但 RPA 流程需要处理案例内容。
- BPM 流程中，资源是 BPM 流程的参与者，执行任务的资源是不确定的，资源是一个变量；RPA 流程中，资源是应用软件，操作使用到的应用软件是确定的，资源是一个定量。

3.3.2 概念联系

在 BPM 流程中，任务是逻辑单位，划分任务的依据是是否产生了状态改变，即任务的作用是产生状态改变。在 RPA 流程中，整个流程的作用是产生状态改变。可见，RPA 流程和任务有着相同的作用，因此 RPA 流程的逻辑就代表了任务的逻辑。RPA 流程的逻辑就是任务逻辑在操作层面的展开，RPA 流程实现了任务。

操作是 RPA 流程的逻辑单位，因为 RPA 流程实现了任务，因此认为操作是任务的逻辑单位。

RPA 流程对任务的实现关系就是 RPA 流程和 BPM 流程之间的联系，RPA 流程和 BPM 流程之间

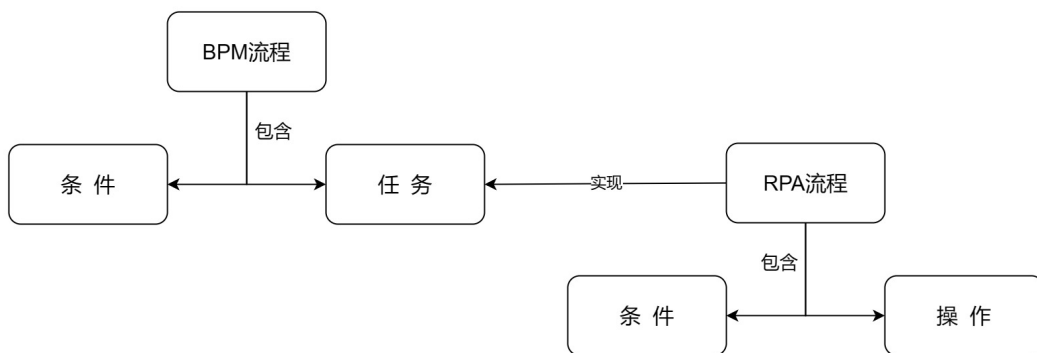


图 5. RPA 流程与 BPM 流程的概念联系

的联系如图5所示。

正是一步步操作的累积，才从案例数据项改变累积成了状态改变，来完成 RPA 流程完成一个业务级别的任务的目的。正是一个个任务的累积，才从状态改变累积成了案例生命周期的完成，来完成 BPM 流程的目的。

4. 元模型介绍

上述内容说明了 RPA 流程和 BPM 流程有关的一些概念与组成要素，怎样使用它们构建元模型呢？

4.1. BPM 流程元模型

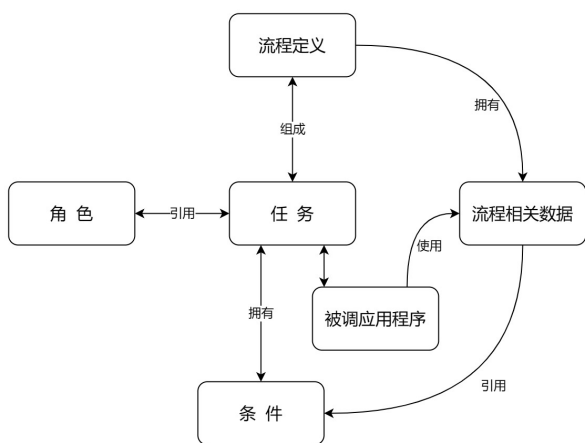


图 6. BPM 流程元模型

BPM 流程元模型如图6所示 [10]，由流程定义、角色、任务、条件、被调应用程序、流程相关数据这六个元素构成，任务是核心元素。

4.2. RPA 流程元模型

RPA 流程元模型如图7所示，由 RPA 流程定义、操作、条件、应用程序、案例数据项这五个元素构成，操作是核心元素。

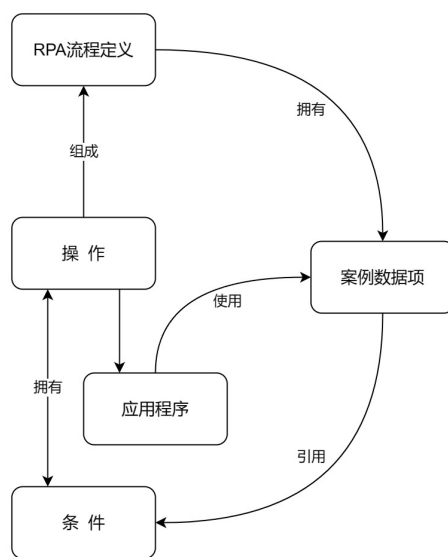


图 7. RPA 流程元模型

RPA 流程元模型元素的意义如下：

- 操作：操作是元模型的核心元素，操作分为 AI 操作与拟人操作 (Artificial Operation, AO)。章节1中 RPA 多种定义中 AO 操作频繁出现，可见 AO 操作的重要性。另外，有多篇论文表示 RPA 应该使用 AI 操作来模拟人的识别、判断、总结等能力 [17, 18]。目前 RPA 流程中的 AI 操作只包含认知智力 [18]；

- **RPA 流程定义：**RPA 流程定义包括 RPA 流程名称、RPA 流程描述、RPA 流程逻辑规则等基本属性信息。RPA 流程定义表达了 RPA 流程所要产生的状态改变，体现了一个 RPA 任务的具体过程；
- **案例数据项：**案例数据项指 RPA 流程执行过程中所需的数据；
- **应用程序：**应用程序指动作执行时需要使用到的应用程序，在 RPA 流程定义完成时需要使用到的应用程序就被决定；
- **条件：**条件指 RPA 流程的逻辑规则，决定了案例数据项如何与不同的操作结合。

4.3. 元模型对比

将 RPA 元模型与 BPM 元模型进行对比，主要存在以下联系与区别：

- **BPM 流程元模型的核心元素是任务**，而 RPA 流程元模型的核心元素是操作；
- **BPM 流程元模型中流程相关数据元素**用于 BPM 流程控制案例流转，但是 BPM 流程并不直接处理/修改这些数据，而 RPA 流程元模型中案例数据项元素会被 RPA 流程处理/修改；
- **RPA 流程元模型中不存在角色元素**，因为 RPA 流程是面向特定角色(个人)的，它在固定的机器上执行，因此不需要角色元素。

5. RPA 流程实现分析

通过分析 RPA 流程的特点及组成要素，选择适合 RPA 流程实现的工具。利用 RPA 流程元模型元素，可以快速高效地实现 RPA 流程。

5.1. RPA 流程实现工具

经过章节 2.1.5 的论述，可以知道 BPM 流程至少有 43 种基本结构，而 RPA 流程只有三种基本结构。BPM 流程可以通过 BPMN 来描述，然后通过工作流引擎解析 BPMN 进行实现。工作流引擎解析 BPMN 需要花费大量的资源和时间，而 RPA 流程是轻量级流程，因此需要寻找轻量级本地化的工具来实现 RPA 流程。

从基本结构角度看，RPA 流程与程序流程具有相似性。RPA 流程的三种基本结构是顺序、选择、循环，它们也是构成程序流程的基本结构。

从组成要素角度看，RPA 流程的“动作”组成要素与程序流程中的程序指令具有相似性。RPA 流程中，“动作”是由“操作”和“案例数据项”结合后的执行；程序流程中，程序指令由操作码和操作数组成。其中，“操作”组成要素和操作码都表示种类，“案例数据项”和操作数都表示数据。

同时，程序流程也是轻量级的本地化流程。因此可以考虑借用程序流程实现工具来做 RPA 流程的实现工具。微软开发了一款用于初学者学习程序语言的 PXT 工具，可以借助该工具来实现 RPA 流程。PXT 工具具有良好的图形化界面，利于降低实现 RPA 流程的学习成本。同时，PXT 工具提供了良好的封装性，有助于 RPA 流程的重用。

5.2. RPA 流程实现样例

考虑一个用户在登录界面完成登录的场景。该登录界面包括账号、密码两个输入框，以及提交按钮。点击提交后需要识别并输入验证码，输入成功后跳转到新页面判定为登录成功。具体的操作流程如图 8 所示。

提取操作流程中的 RPA 流程元模型元素：

- “RPA 流程定义”元素是从图 8 中操作流程构建出的 RPA 流程，是对应 RPA 任务的实现；
- “操作”元素包括点击操作、输入操作、识别验证码操作、判断新页面操作。其中，点击操作和输入操作为 AO 操作，识别验证码操作和判断新页面操作是 AI 操作，因为它们需要模拟人的智力进行识别。图 8 中蓝色方框代表 AO 操作，紫色方框代表 AI 操作；
- “案例数据项”元素包括账号、密码、相关坐标。它们是操作需要的数据；
- “条件”元素包括是否跳转到新页面，根据跳转结果结束流程或者再次识别验证码。图 8 中菱形框代表条件元素；
- “应用程序”元素被隐含在操作种类中，包括浏览器、识别应用等。

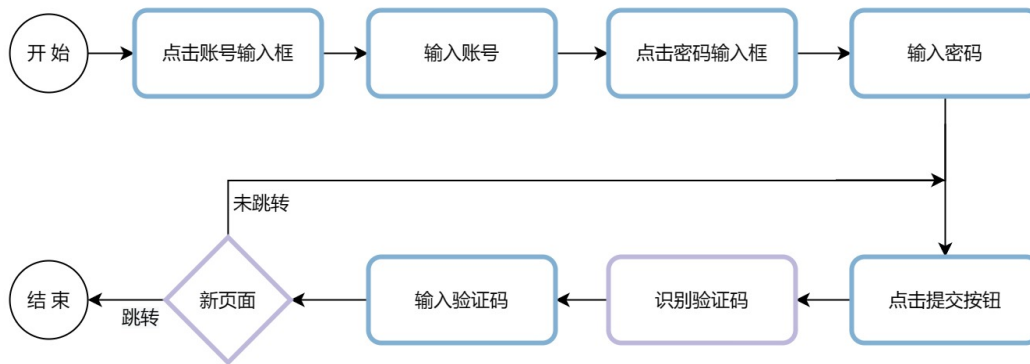


图 8. 操作流程

将 RPA 流程元模型中的元素映射到 PXT 工具的积木块中实现 RPA 流程原型，如图9所示。

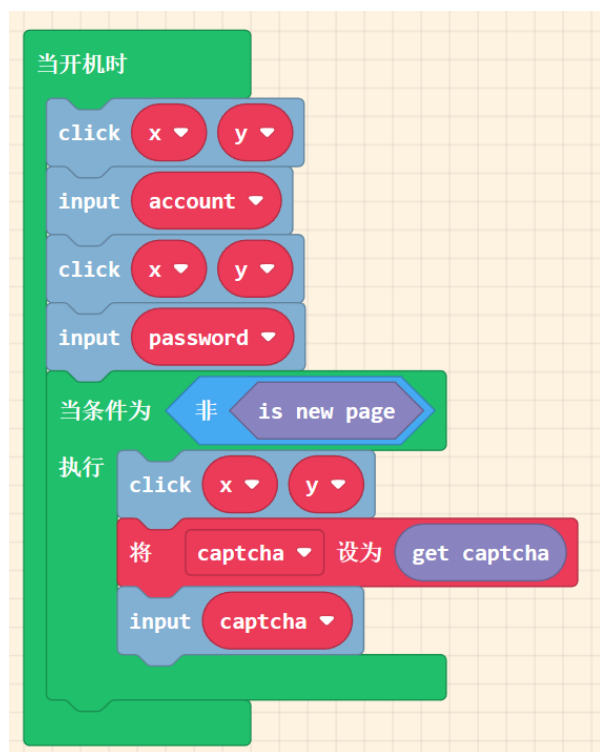


图 9. RPA 流程原型

其中，“click”积木块对应点击操作，“input”积木块对应输入操作，“get captcha”积木块对应识别验证码操作，“is new page”积木块对应判断新页面操作。浅蓝色积木块代表 AO 操作，紫色积木块代表 AI 操作。两者一起代表“操作”元素；红色积木块代表“案例数据项”元素；蓝色积木块代表“条件”

元素；整个流程代表“RPA 流程定义”元素。

只需要在 PXT 工具中，封装实现一组 RPA 流程需要的 AO 操作、AI 操作，就可以通过拖拽积木块进行拼接，快速、高效地实现 RPA 流程。

6. 总结与展望

本文通过分析 RPA 流程与 BPM 流程的区别与联系，说明了 RPA 流程与 BPM 流程并不是一个概念，并提出了 RPA 流程概念与组成要素，使用概念与组成要素构建了 RPA 流程元模型。并且因该模型厘清了 RPA 与 BPM 的定位和关系，为两种技术各自的发展和融合奠定了基础。最后，在微软 PXT 工具上实现了简单的 RPA 原型，并说明了 RPA 流程元模型元素如何在原型中体现出来。

BPM 流程与 RPA 流程的集成引起高度关注，两者可以相互弥补对方的缺点。BPM 流程可以在组织层面管理 RPA 流程，也可以处理 RPA 流程执行过程中的异常。RPA 流程可以提高 BPM 流程的智能化和自动化程度。后续研究将探究如何设计 BPM 流程与 RPA 流程的集成架构，并探究使用 RPA 流程对于 BPM 流程效率的提升。

参考文献

- [1] IBM. What is robotic process automation (rpa)? <https://www.ibm.com/topics/rpa>, Last accessed on 2023-06-11. 1

- [2] UiPath. What is rpa? <https://www.uipath.com/rpa/robotic-process-automation/>, Last accessed on 2023-06-11. 1
- [3] IEEE guide for terms and concepts in intelligent process automation[J]. *IEEE Std 2755-2017*, pages 1–16, 2017. 1
- [4] SYED R, SURIADI S, ADAMS M, and et al. Robotic process automation: contemporary themes and challenges[J]. *Computers in Industry*, 115:103162, 2020. 2
- [5] VAN DER AALST W M P, BICHLER M, and HEINZL A. Robotic process automation[J]. *Business & information systems engineering*, 60:269–272, 2018. 2
- [6] AGOSTINELLI S, LUPIA M, MARRELLA A, and et al. Automated generation of executable rpa scripts from user interface logs[C]. In *Business Process Management: Blockchain and Robotic Process Automation Forum: BPM 2020 Blockchain and RPA Forum, Seville, Spain, September 13–18, 2020, Proceedings 18*, pages 116–131. Springer, 2020. 2
- [7] KÖNIG M, BEIN L, NIKAJ A, and et al. Integrating robotic process automation into business process management[C]. In *Business Process Management: Blockchain and Robotic Process Automation Forum: BPM 2020 Blockchain and RPA Forum, Seville, Spain, September 13–18, 2020, Proceedings 18*, pages 132–146. Springer, 2020. 2
- [8] UiPath. A robot for every person white paper. <https://www.uipath.com.cn/rpa/robot-every-person/>, Last accessed on 2023-06-01. 2
- [9] VAN DER AALST W and VAN HEE K M. *Workflow management: models, methods, and systems[M]*. MIT press, 2004. 2, 3, 5
- [10] HOLLINGSWORTH D and HAMPSHIRE U. Workflow management coalition: The workflow reference model[J]. *Document Number TC00-1003*, 19(16):224, 1995. 3, 7
- [11] RUSSELL N C, TER HOFSTEDE A H M, VAN DER AALST W M P, and et al. Workflow control-flow patterns: A revised view[J]. *BPM Center Report BPM-06-22*, *BPMcenter.org*, 2006, 2006. 3
- [12] VAN DER AALST W M P, TER HOFSTEDE A H M, KIEPUSZEWSKI B, and et al. Workflow patterns[J]. *Distributed and parallel databases*, 14:5–51, 2003. 3
- [13] VAN DER AALST W and TER HOFSTEDE A. Workflow control-flow patterns, 1999. <http://www.workflowpatterns.com/patterns/control/>, Last accessed on 2023-06-02. 3
- [14] SYED R and WYNN M T. How to trust a bot: an rpa user perspective[C]. In *Business Process Management: Blockchain and Robotic Process Automation Forum: BPM 2020 Blockchain and RPA Forum, Seville, Spain, September 13–18, 2020, Proceedings 18*, pages 147–160. Springer, 2020. 3
- [15] VÖLKER M, SIEGERT S, and WESKE M. Adding decision management to robotic process automation[C]. In *Business Process Management: Blockchain and Robotic Process Automation Forum: BPM 2021 Blockchain and RPA Forum, Rome, Italy, September 6–10, 2021, Proceedings 19*, pages 23–37. Springer, 2021. 4
- [16] VAN DER AALST W M P. The application of petri nets to workflow management[J]. *Journal of circuits, systems, and computers*, 8(01):21–66, 1998. 5
- [17] CHAKRABORTI T, ISAHAGIAN V, KHALAF R, and et al. From robotic process automation to in-

telligent process automation: –emerging trends–
[C]. In *Business Process Management: Blockchain
and Robotic Process Automation Forum: BPM
2020 Blockchain and RPA Forum, Seville, Spain,
September 13–18, 2020, Proceedings 18*, pages
215–228. Springer, 2020. 7

- [18] VIEHHAUSER J. Is robotic process automa-
tion becoming intelligent? early evidence of in-
fluences of artificial intelligence on robotic pro-
cess automation[C]. In *Business Process Manage-
ment: Blockchain and Robotic Process Automation
Forum: BPM 2020 Blockchain and RPA Forum,
Seville, Spain, September 13–18, 2020, Proceed-
ings 18*, pages 101–115. Springer, 2020. 7

作者简介:

张领统 (2000-), 男, 河南驻马店人, 硕
士, 研究方向: 软件机器人、业务流程管理,
E-mail: zhanglt25@mail2.sysu.edu.cn;

潘茂林 (1965-), 男, 江苏扬州人, 讲师,
博士, 研究方向: 工作流技术、服务计算技术,
E-mail: panml@mail.sysu.edu.cn;

+ 余 阳 (1966-), 男, 江西奉新人, 教授,
博士, 博士生导师, 研究方向: 工作流技术、
网络社会协同、服务计算技术、软件工程, 通
讯作者, E-mail: yuy@mail.sysu.edu.cn。