

УДК 004.891.3



О.В. Чалая

ХНУРЭ, г. Харьков, Украина, oksana.chala@nure.ua

МЕТОД ОБОБЩЕНИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЕ-ЕМКОГО БИЗНЕС-ПРОЦЕССА

Предложена структурная модель знание-емкого процесса на отдельном уровне детализации. Модель обеспечивает возможность построения обобщенного/детализованного представления такого процесса на основе априорно заданных характеристик элементов контекста, что дает возможность согласовать иерархию элементов контекста и иерархию представления процесса. Предложен метод обобщения представления знание-емкого бизнес-процесса на основе анализа его логов. Метод включает в себя этапы выделения представленных в логе подмножеств атрибутов объектов для каждого уровня детализации и проведения обобщения действий процесса с использованием выделенных атрибутов. При проведении обобщения объединяются цепочки последовательных действий, блоки выбора/объединения результатов выбора, а также скрываются частные, редко используемые реализации процесса, что дает возможность интегрировать функциональный и процессный подходы к управлению в рамках одного предприятия. Метод позволяет повысить эффективность интеллектуального анализа процессов путем выделения существенных для анализа и принятия решений подмножеств действий, что создает условия для решения проблемы «спагетти-подобных» workflow –моделей.

ЗНАНИЕ-ЕМКИЙ БИЗНЕС-ПРОЦЕСС, КОНТЕКСТ, ОБЪЕКТ, НЕЯВНЫЕ ЗНАНИЯ, АРТЕФАКТ, WORKFLOW

Введение

Реализация процессного подхода к управлению предполагает построение модели бизнес-процесса (БП), а также последующее ее конфигурирование в процессной информационно-управляющей системе. Традиционно модель представляется в виде workflow - графа, описывающего последовательности действий бизнес-процесса, а также взаимосвязи между этими последовательностями [1,2].

Однако для знание-емких бизнес-процессов (ЗБП) построение такой модели связано со значительными трудностями в силу того, что ход выполнения процесса может быть изменен исполнителями на основе знаний. Для принятия решений по изменению хода процесса могут использоваться как явные, так и неявные знания. Явные знания обычно представлены в документарной форме. Неявные знания отражают опыт исполнителя и очень плохо переводятся в вербальную форму. На основе неявных знаний могут быть выстроены частные варианты реализации ЗБП. Однако причины, по которым были выполнены частные последовательности действий, обычно неизвестны в силу неявного характера знаний. Модель ЗБП, содержащая все известные сценарии выполнения процесса (включая частные случаи) становится многовариантной, характеризуется значительным количеством ветвлений, что затрудняет анализ и практическое использование. Основная причина указанных трудностей состоит в том, что в модели на одном уровне детализации приводятся как ключевые последовательности действий, так и редко используемые частные случаи.

Поэтому проблема многоуровневой детализации знание-емкого бизнес-процесса несомненно является актуальной.

В настоящее время при моделировании бизнес-процессов используются два основных подхода: процедурный (workflow)[1-3] и подход к управлению последовательностью действий процесса на основе данных [4-7].

Первый подход моделирует процесс через действия и управляющие структуры посредством изменения состояния его исполняемого экземпляра. Изменение его состояния происходит только после выполнения действия БП. Недостаток данного подхода состоит в том, что все действия приводятся на одном уровне детализации, без учета их важности для достижений целей организации, а также уровня исполнителей этих действий в организационной иерархии.

Попытка построения детализованного/обобщенного представления бизнес-процесса была предпринята в работах [8,9]. Однако при детализации рассматривались статистические критерии (вероятность достижения заданного состояния, частота появления заданного подмножества состояний и т.п.). Семантика детализации, влияние детализации на принятие решений, а также учет условий среды, в которых выполнялись действия процесса, в этих работах не рассматривались.

Второй подход к моделированию бизнес-процессов интенсивно используется фирмой IBM. Он основан на выделении артефактов – объектов, с которыми взаимодействует бизнес-процесс. В соответствии с данным подходом создается информационная модель артефакта и модель его жизненного цикла в рамках рассматриваемого бизнес-процесса [10]. Первая модель включает в себя набор всех используемых бизнес-процессом атрибутов, а вторая содержит набор

последовательностей действий по обработке артефакта, реализующий все варианты его обработки артефакта [11].

Основанный на артефактах подход позволяет представить бизнес-процесс с различной степенью детализации. Для этого необходимо скрыть подмножество артефактов и связанных с ними действий, которые не влияют на принятие решений на заданном уровне иерархии. Однако данный подход ориентирован на моделирование синхронизации состояний артефактов без явного задания последовательности действий по их использованию. Указанный недостаток не позволяет обобщить/детализовать общую схему действий бизнес-процесса.

Таким образом, вопросы детализации/обобщения представления знание-емкого бизнес-процесса с учетом контекста его выполнения требуют дальнейшего рассмотрения.

1. Постановка задачи

Целью статьи является разработка метода обобщения/детализации представления знание-емкого бизнес-процесса, который бы обеспечивал возможность его анализа и корректировки с заданной степенью грануляции, обеспечивающей эффективное решение задач процессного управления.

2. Метод обобщения представления бизнес-процесса

При реализации управления бизнес-процессами предприятие должно иметь несколько детализованных/обобщенных моделей каждого таких процессов. Очевидно, что руководство организации должно использовать максимально обобщенное описание ЗБП, обеспечивающее принятие общих решений по управлению предприятием. В то же время непосредственные исполнители процесса должны иметь полную схему действий процесса на участке их ответственности, обеспечивающую решение их текущих задач.

Поэтому уровень детализации ЗБП в общем случае зависит от следующих факторов:

- уровня исполнителей в иерархии организации, в которой выполняется процесс;
- уровня решаемых этими исполнителями задач.

При обобщении модели бизнес-процесса часть информации о его действиях скрывается (либо удаляется). При этом необходимо сохранить существенные для каждого уровня информацию и знания, которые необходимы для принятия решений исполнителями.

Предлагаемый метод ориентирован на использование в задачах интеллектуального анализа процессов [12]. Интеллектуальный анализ процессов

предназначен для построения их workflow — моделей на основе анализа логов. Лог содержит набор последовательностей событий, каждая из которых отражает однократное выполнение бизнес-процесса.

Отметим, что при решении задач интеллектуального анализа ЗБП методы process mining формируют спагетти подобные модели [12], использование которых связано со значительными трудностями.

События лога характеризуются меткой времени, а также набором значений атрибутов артефактов, с которым взаимодействует бизнес-процесс. Например, с событием могут быть связаны следующие атрибуты:

- наименование обрабатываемого процессом объекта;
- страна, в которой выполняется бизнес-процесс;
- наименование организации, в которой выполняется бизнес-процесс;
- наименование подразделения организации, в котором выполнялись соответствующие действия бизнес-процесса;
- имя исполнителя;
- роль исполнителя;
- наименование действия процесса, информация о котором сохранена в событии лога;
- текущее состояние действия процесса (в частности, ожидание ресурсов, выполнение, ожидание запроса пользователя).

Из приведенного примера видно, что лог может содержать информацию о иерархической структуре организации в формате:

```

страна->
организация->
подразделение->
исполнитель.

```

Поиск такой информации может быть выполнен аналитиком, либо с использованием методов data mining. Однако в целом можно утверждать, что необходимая для детализации иерархия содержится в логе в форме значений атрибутов событий.

Пусть структурная модель знание-емкого бизнес-процесса задана в виде набора элементов workflow, контекста, а также связывающих их зависимостей, определяющих возможность выполнения действий процесса в зависимости от контекста:

$$BP = (Ct, Kn, Wf), \quad (1)$$

где Ct — контекст бизнес-процесса; Kn — составляющая знаний ЗБП; Wf — workflow — описание ЗБП.

Контекст, в свою очередь, состоит из набора артефактов, между которыми существуют контекстные зависимости:

$$Ct = (Af, R_{Ct}), Af = \{af_i\}, R_{Ct} : af_i \rightarrow af_k \mid \quad (2)$$

$$af_i, af_k \in Af,$$

где Ct — контекст бизнес-процесса; Af — множество артефактов, составляющих контекст; R_{Ct} — контекстные зависимости между артефактами бизнес-процесса, af_i, af_k — артефакты контекста бизнес-процесса.

Тогда структурная модель знание-емкого процесса на текущем уровне детализации имеет вид:

$$BP^* = (Ct^* = \{(a_{si}, v_{si}^j) \mid \quad (3)$$

$$\forall (a, v) \in Ct^* \exists e \in \Pi : e(a) = v\},$$

$$Kn^* \subseteq Kn \mid \forall r \in Kn \nexists (a, v) \in Ct^*,$$

$$Wf^* \subseteq Wf \mid \forall wf \in Wf^* \nexists r \in Kn^*$$

где Ct^* — выделенное для текущего уровня подмножество свойств артефактов контекста, которое определяется через набор имеющихся в логе атрибутов событий и значений этих атрибутов; e — событие лог процесса; Π — лог процесса a_{si} — s атрибут i — артефакта; v_{si}^j — значение атрибута a_{si} ; Kn^* — подмножество знаний для текущего уровня детализации; Wf^* — подмножество возможных последовательностей работ для данного уровня детализации.

Из выражения (3) видно, что для построения требуемого уровня детализации представления знание-емкого бизнес-процесса могут быть отобраны только те атрибуты a_{si} и их значения v_{si}^j , которые записаны в логе.

Уровень знаний Kn^* может содержать только такие зависимости r , которые используют выделенные атрибуты артефактов контекста Ct^* .

В свою очередь, любая возможная последовательность работ $wf \in Wf^*$ на заданном уровне детализации задается только теми правилами, которые используют выделенное подмножество атрибутов артефактов контекста Ct^* .

Предлагаемый метод включает в себя следующие этапы.

Этап 1. Выбор основного и вспомогательного критериев для каждого уровня детализации модели бизнес-процесса.

Пусть $attribute_value_{ij}$ — атомарное высказывание, о j — значении i — атрибута. Данное высказывание является истинным в том случае, если в логе существует событие, с которым связан i — атрибут, причем в записи события этот атрибут принимает j — значение. Тогда основной критерий Kr для текущего уровня детализации определяется через конъюнкцию/дизъюнкцию атомарных высказываний $attribute_value_{ij}$ з следующим образом:

$$Kr = \bigvee_j (\bigwedge_i attribute_value_{ij}). \quad (4)$$

Данное определение основного критерия дает возможность задать альтернативные варианты значений для выбранного подмножества атрибутов артефактов бизнес-процесса.

С точки зрения практического применения это означает, что помимо основного варианта поведения процесса в модель на требуемом уровне детализации могут быть включены и альтернативные, уникальные последовательности действий. Это дает возможность выполнить сравнительный анализ типового и единичного решения и усовершенствовать модель на основе результатов анализа.

Вспомогательный критерий базируется на дополнительной извлекаемой из лога информации. Поскольку лог содержит записи о каждой реализации процесса, то в результате его анализа можно получить информацию о частоте возникновения событий, отражающих действий процесса, а также временном интервале, необходимом для достижения конечного состояния процесса.

Дополнительное сокрытие действий для заданного уровня детализации выполняется в том случае, если частота появления событий в логе ниже заданного порога, либо время достижения конечного состояния превышает заданный порог. Такое использование вспомогательного критерия позволяет выделить типовые варианты процесса.

Обратный подход заключается в выделении решений, для которых частота появления в логе ниже заданного порога. В этом случае выделяются частные решения в конкретных ситуациях, которые получены в результате изменения бизнес-процесса исполнителями.

Полный критерий представляет собой конъюнкцию основного и вспомогательного критериев.

Этап 2. Выделение и обобщение линейных последовательностей действий процесса.

Поскольку в модели (3) на заданном уровне детализации существенными являются действия, для фиксирующих событий которых выполняется условие $\forall (a, v) \in Ct^* \exists e \in \Pi : e(a) = v$, то критерием сокрытия линейной последовательности действий является наличие такой пары событий в трассе лога, которая обладает следующими характеристиками:

- события характеризуются атрибутами и их значениями из априорно отобранного подмножества контекста Ct^* ;
- все события между событиями из указанной пары не содержат атрибутов из множества Ct^* .

$$\begin{aligned} \exists \{e_n\} \in \pi, \Pi = \{\pi\}, i = \overline{1, I}, e_n = \{(a, v)\}_n : \\ (\forall i \neq 1, I \{ (a, v) \}_n \cap Ct^* = \emptyset) \wedge \quad , \quad (5) \\ \forall i = 1, I \{ (a, v) \}_n \subset Ct^* \end{aligned}$$

где π — трасса лога, которая содержит запись одно-

кратного выполнения бизнес-процесса, e_n — событие трассы π лог; $\{(a, v)\}_n$ — множество атрибутов и их значений, которые характеризуют n -событие лог.

Этап 3. Обобщение последовательностей событий на нескольких трассах лог

В отличие от этапа 2, в данном случае выполняется сопоставление последовательностей событий на нескольких трассах лог. Сопоставляются пары одинаковых событий (e_1, e_n) , принадлежащие различным трассам лог. Если последовательность событий $(e_2, \dots, e_i, \dots, e_{n-1})$ между e_1 и e_n совпадает для всех трасс лог, то мы имеем линейную последовательность действий, которая скрывается аналогично этапу 2.

В том случае, если последовательности аналогичных событий не совпадают, в логе между событиями e_1 и e_n зафиксирован блок ветвлений. Обработка этого блока выполняется на этапе 4.

Этап 4. Выделение и обобщение блоков ветвлений в виде последовательности действий.

На данном этапе необходимо обработать две ситуации:

- во всех вариантах ветвления между событиями e_1 и e_n отсутствуют события, которые характеризуются атрибутами Ci^* ;
- существуют трассы, на которых имеются промежуточные события с атрибутами из Ci^* .

В первой ситуации выполняется сокрытие событий, которые расположены между событиями e_1 и e_n .

Во второй ситуации рекурсивно выполняется обобщение последовательностей для промежуточных событий согласно этапам 2 и 3, либо обобщение блоков ветвления согласно этапу 4.

Результатом данного этапа является множество пар событий вида (e_1, e_n) для всех трасс процесса, промежуточные события между которыми необходимо скрыть в модели.

Этап 5. Применение вспомогательного частотного критерия. Данный критерий может применяться как для сокрытия, так и для выделения уникальных, разовых последовательностей событий.

В первом случае выполняется обобщение, выделяется наиболее типовое выполнение процесса. Практическое назначение данного уровня модели — поддержка работы в нормальном режиме.

Во втором случае выполняется выделение уникальных решений, основанных на применении исполнителями своих неявных знаний. Практическое назначение данной детализации модели состоит в том, чтобы выделить, проанализировать в дальнейшем включить в модель новые проверенные на практике решения, тем самым повысив ее адекватность.

Этап 6. Построение модели бизнес-процесса с заданным уровнем детализации.

Исходными данными для текущего этапа являются:

- модель процесса, полученная на основе интеллектуального анализа логов и содержащая знаниевую и workflow — составляющие;
- набор пар событий, полученный в результате этапа 5 и отражающий существенные для данного уровня детализации действия процесса.

Вершины workflow — графа, полученные в результате анализа логов, соответствуют событиям процесса. Поэтому на данном этапе из графа потока работ удаляются все промежуточные вершины, между парами событий $E = \{(e_1, e_n)\}$, а также правила из Kn , которые не связаны с событиями из E .

Результатом данного этапа является workflow — граф Wf^* , который содержит только используемые на данном уровне рассмотрения события, соответствующие действиям процесса, также набор правил, задающих связь между подмножеством атрибутов контекста Ci^* и графом Wf^* . Отметим, что в общем случае граф Wf^* представляет собой совокупность последовательностей работ для различных значений атрибутов a_{si} в соответствии с критерием (4).

Выводы

Предложена структурная модель знание-емкого процесса на отдельном уровне детализации. Модель включает в себя: подмножество выделенных атрибутов артефактов контекста и их значений при условии наличия последних в логе процесса; подмножество правил из уровня знаний ЗБП, ограниченное зависимостями, использующими выделенные атрибуты артефактов контекста; подмножество последовательностей работ, использующее выделенные на заданном уровне детализации правила. Модель обеспечивает возможность построения обобщенного/детализованного представления ЗБП на основе априорно заданных характеристик элементов контекста, что дает возможность согласовать иерархию элементов контекста и иерархию представления процесса.

Предложен метод обобщения представления знание-емкого бизнес-процесса на основе анализа его логов. Метод включает в себя этапы выделения представленных в логе подмножеств атрибутов объектов для каждого уровня детализации и проведения обобщения действий процесса с использованием выделенных атрибутов. При проведении обобщения объединяются цепочки последовательных действий, блоки ветвления/объединения результатов ветвления, а также скрываются частные реализации процесса. Критерием обобщения является наличие в описании событий в логе процесса

заданного набора значений атрибутов. Действия процесса, которым в логике соответствуют события без заданного подмножества атрибутов, скрываются из рассмотрения на каждом уровне.

Представленный метод, в отличие от существующих, учитывает связь действий процесса с контекстом. Поскольку контекст включает в себя артефакты, соответствующие организационной структуре предприятия, то метод позволяет выделить уровни детализации/обобщения в соответствии с иерархией подразделений в организации. Это дает возможность интегрировать функциональный и процессный подходы к управлению в рамках одного предприятия.

Метод позволяет повысить эффективность интеллектуального анализа процессов путем выделения существенных для анализа и принятия решений подмножеств действий, что создает условия для решения проблемы «спагетти-подобных» workflow — моделей.

Список литературы:

1. *Weske M.* Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures. Second Edition/ M. Weske. — Springer, 2012. — 403 p.
2. *OMG: Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0 (2011).* — режим доступа: <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF>
3. *Vom Brocke, J.* Handbook on Business Process Management 1. Introduction, Methods, and Information Systems / J. vom Brocke, M. Rosemann. — Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015. — 709 p.
4. *Cohn D.* Business artifacts: A data-centric approach to modeling business operations and processes/ Cohn D., Hull R. //IEEE Data Eng. Bull. — 2009. — №32. — pp. 3–9.
5. *Bhattacharya K.* Artifact-centered operational modeling: Lessons from customer engagements/ K. Bhattacharya, N. S. Caswell, S. Kumaran, A. Nigam, F. Y. Wu // IBM Systems Journal. — 2007. — №46 (4). — pp. 703–721.
6. *Nigam A.* Business artifacts: An approach to operational specification/ A. Nigam, N. S. Caswell/ IBM Systems Journal. — 2003. — № 42(3). — pp. 428–445.
7. *Hull R.* Business Artifacts with Guard-Stage-Milestone Lifecycles: Managing Artifact Interactions with Conditions and Events// DEBS, — 2011. — pp. 51–62.
8. *Polyvyanyy A.* Process model abstraction: a slider approach/ A. Polyvyanyy, S. Smirnov, M. Weske //Enterprise Distributed Object Computing Conference. EDOC '08. 12th International IEEE, Munchen, 15–19 Sept. 2008. — режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/4377458>.
9. *Polyvyanyy A.* Reducing complexity of large EPCs/ A. Polyvyanyy, S. Smirnov, M. Weske // Modellierung betrieblicher Informationssysteme — Modellierung zwischen SOA und Compliance, Saarbrücken, Nov 2008. — режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/221149446>.
10. *Muller D.* Data-driven modeling and coordination of large process structures / D. Muller, M. Reichert, J. Herbst // Springer. — LNCS. — Volume 4803. — p.p. 131–149.
11. *Fahland D.* Many-to-many: Some observations on interactions in artifact choreographies/ De Leoni, M., Van Dongen, B. F., van der Aalst, W. M. P. // 3rd Central-European Workshop on Services and their Composition (ZEUS), — 2011. — режим доступа: <http://ceur-ws.org/Vol-705/paper1.pdf>.
12. *Van der Aalst, W. M. P.* Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes / W. M. P. Van der Aalst. — Springer Berlin Heidelberg, 2011. — 352 p.

Поступила в редколлегию 11.11.2016