

УДК 004.891.3

В.М. ЛЕВЬКИН, О.В. ЧАЛАЯ

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МНОГОВАРИАНТНОГО ЗНАНИЕ-ЕМКОГО БИЗНЕС-ПРОЦЕССА

В данной работе решается задача разработки модели многовариантного знание-емкого бизнес-процесса, которая объединяет его контекст, знания об условиях выполнения действий процесса с учетом состояния контекста, а также набор допустимых последовательностей действий (workflow). Предлагаемое в модели атрибутивное представление как артефактов, так и контекстных зависимостей может быть получено путем анализа логов реальных процессов методами process mining. В практическом плане это позволяет выполнить экстернализацию и затем включить в модель процесса зафиксированные в лог зависимости между контекстом и действиями и, тем самым, повысить адекватность модели.

Ключевые слова: знание-емкие бизнес-процессы, интеллектуальный анализ процессов, лог процесса

В.М. ЛЕВИКІН, О.В. ЧАЛА

Харківський національний університет радіоелектроніки

РОЗРОБКА МОДЕЛІ БАГАТОВАРІАНТНОГО ЗНАННЯ-ЄМНОГО БИЗНЕС-ПРОЦЕСУ

У даній роботі вирішується задача розробки моделі багатоваріантного знання-ємного бізнес-процесу, яка об'єднує його контекст, знання про умови виконання дій процесу з урахуванням стану контексту, а також набір допустимих послідовностей дій. Запропоноване в моделі атрибутивне представлення як артефактів контексту, так і контекстних залежностей може бути отримано шляхом аналізу логів реальних процесів методами інтелектуального аналізу процесів. У практичному плані це дозволяє виконати екстерналізацію і потім включити в модель процесу зафіксовані в лозі залежності між контекстом і діями і, тим самим, підвищити адекватність моделі.

Ключові слова: знання-ємні бізнес-процеси, інтелектуальні аналіз процесів, лог процесу

V.M. LEVYKIN, O.V. CHALA

Kharkiv National University of Radio Electronics

MODELLING LESS-STRUCTURED KNOWLEDGE-INTENSIVE BUSINESS PROCESS

In this paper, we solve the problem of development multivariate model knowledge-inclusive approach that integrates its context, knowledge of the conditions of a process of action, taking into account the context of the state, as well as the set of valid sequences of actions (workflow). The proposed model attributive view as artifacts and contextual dependencies can be obtained by analyzing the logs of real processes means process mining. In practical terms, this allows you to externalize, and then to include in the model of the process recorded in the log relationship between context and action and thereby improve the adequacy of the model.

Keywords: knowledge intensive business processes, process mining, event log

Постановка проблемы

Процесний підхід к управленню [1] заключається в описанні діяльності підприємства в виде множенства взаємодіюючих бізнес-процесів (БП), а также дальнєйшем управленні такими бізнес-процесами. Кожний бізнес-процес визначає одну или нескілько можлих послєдовностей дій по досяженню локальних цілей підприємства. Совокупність локальних цілей задає глобальну цєль діяльності підприємства. Управленє бізнес-процесом предусматриває моніторинг и піддержку виконання задаваної процесом послєдовності дій на основе использования его модели. Модель бізнес-процесу описує алгоритм дій, позволяючих досягнути цєль процесу, а также ресурси, необхідні для виконання процесу и задаючіє огранєчення на виконання его дій [2].

Знание-емкіє (knowledge intensive) бізнес-процеси (ЗБП) [3] віличаються от традиційних процесів с предопределенным алгоритмом дій наличием уровня знаній. ЗБП представляють собою гнбкіє адаптуєміє процесу, которые характеризуються многовариантностью, изменяемой

последовательностью действий, наличием частных реализаций, связанных с возникновением специфических ситуаций. Такие процессы используются при решении сложных задач, требующих креативности, опыта и интуиции исполнителей [4]. Последовательность действий по достижению цели процесса в ЗБП не может быть полностью определена на этапе построения модели, поскольку исполнители обладают возможностью вносить изменения в ход его выполнения на основе своих знаний. Такие знания могут быть как формализованными (явными), так и неявными, доступными лишь конкретному исполнителю. Это значительно усложняет построение моделей таких процессов с помощью традиционных подходов, основанных на анализе документации и интервьюировании исполнителей.

В случае затруднений с построением моделей бизнес-процессов традиционными методами используются технологии интеллектуального анализа процессов (process mining) [5,6]. Методы и технологии process mining направлены на построение моделей «as is» выполняющихся бизнес-процессов на основе анализа их логов. Лог бизнес-процесса содержит упорядоченную по времени последовательность событий для каждого полного выполнения БП. События фиксируют выполнение соответствующих действий процесса, а также состояние используемых процессом объектов.

При построении моделей знание-емких бизнес-процессов методами process mining возникают следующие проблемы, связанные с использованием знания исполнителей в ходе процесса:

проблема построения моделей ЗБП как гибких процессов[5];

проблема моделирования изменений знание-емкого бизнес-процесса во время его выполнения [7];

Данная работа посвящена рассмотрению проблемы построения моделей гибких ЗБП. Указанная проблема связана с тем, что гибкий бизнес-процесс содержит многоуровневую последовательность работ. Разделение ЗБП на уровни осуществляется на основе связанных с процессом знаний (в общем случае включающих неявную составляющую). Каждому вышележащему уровню может соответствовать несколько вариантов действий на нижележащем уровне, что и предопределяет многовариантность таких процессов.

Полученные с помощью существующих методов интеллектуального анализа модели последовательностей действий гибких знание-емких процессов содержат большое количество вершин (соответствующее количеству событий во всех трассах лога в предельном случае) и связывающих их дуг. Отображение дуг в графе процесса не зависит от уровня исполнителей действий процесса в иерархии организации. Такие графы получили название спагетти-подобных моделей [5]. Анализ и практическое использование спагетти-подобных моделей крайне затруднено. Поэтому для решения проблемы построения моделей гибких знание-емких процессов необходимо структурировать workflow – описание на основе используемых исполнителями знаний, а также информации об объектах, которые используются ЗБП. Изложенное свидетельствует об актуальности темы данной работы.

Анализ последних достижений и публикаций

Существующие подходы к моделированию ЗБП обычно отражают в модели факт применения знаний исполнителей, однако не экстернализируют (не включают в модель процесса) эти знания [3,4]. В то же время использование указанных знаний в ходе процесса обеспечивает выбор одного из возможных вариантов его дальнейшей реализации.

Применение методов построения традиционных workflow-моделей выполняющихся процессов на основе анализа логов многовариантных знание-емких процессов, не имеющих жестко заданной структуры, приводит к созданию spaghetti-like – моделей, которые графически отображаются в виде графа, напоминающего блюдо со спагетти. Визуальный анализ таких моделей с целью выделить иерархию подпроцессов, а также зависимости, определяющие выбор того или иного варианта действий связан со значительными трудностями в силу когнитивных ограничений человека – аналитика [8]. Основные причины построения слабо пригодных при практическом использовании моделей «as is» связаны с тем, что такие модели реализуют процедурный подход и ориентированы на детализацию workflow – аспекта БП [5]. Знания о среде, в которой выполняется процесс, обычно не отражаются в его модели [6]. В результате в модели не учитывается влияние контекста на ход выполнения процесса, хотя состояние контекста отражено в логах в виде атрибутов событий.

В то же время выполнение любого процесса имеет ценность для пользователя лишь в определенном контексте, связанном с обработкой и преобразованием необходимых для него объектов (артефактов). Основанный на артефактах подход к моделированию БП [9-11] предполагает выделение артефактов и их жизненного цикла в рамках контекста рассматриваемого бизнес-процесса [12]. Данный подход направлен на моделирование взаимодействия объектов без явного задания использующего их бизнес-процесса.

Таким образом, существующие подходы к моделированию бизнес-процессов акцентируют внимание преимущественно на одном из их аспектов, что не позволяет построить практически применимые модели ЗБП. Соответственно, дополнение традиционной workflow-модели элементами

контекста позволит отобразить в модели ЗБП правила принятия решений, определяющих выбор одной из последовательностей действий многовариантного бизнес-процесса.

Формулирование цели исследования

Целью работы является разработка модели многовариантного знание-емкого бизнес-процесса, которая обеспечивала бы возможность обоснования решений по реализуемым действиям процесса с учетом знаний исполнителей о процессе. При построении такой модели зависимости, используемые исполнителями для выбора хода выполнения процесса, могут быть получены путем анализа логов и затем включены в модель ЗБП.

Изложение основного материала исследования

Знание-емкий бизнес-процесс реализуется в форме последовательности принятия решений по выбору и последующей реализации действий, позволяющих достичь его цели в условиях текущего контекста. Под контекстом будем понимать виртуальную среду, в которой выполняются действия процесса. Принятие решений в общем случае осуществляется коллективом исполнителей на основе информации о текущем состоянии контекста, знаний о типовой последовательности работ и о влиянии контекста на ход процесса. Результирующий экземпляр процесса формируется в виде последовательности выбранных действий, полученных в результате взаимодействия исполнителей. Модель процесса объединяет все реализуемые в данном контексте экземпляры ЗБП.

Таким образом, знание-емкий бизнес-процесс включает в себя следующие ключевые составляющие:

- контекст как среду выполнения процесса, состоящую из набора артефактов и связей между этими артефактами; под артефактами понимаются любые объекты, с которыми взаимодействует процесс в ходе выполнения;

- знания о выполнении процесса, отражающие зависимости между контекстом и действиями процесса; аспект знаний задает необходимые и достаточные условия для выполнения последовательности действий по достижению цели процесса;

- последовательность действий процесса, реализуемая в условиях конкретного контекста; совокупность возможных последовательностей определяет workflow-описание знание-емкого процесса.

Приведенная структуризация задает последовательность построения модели ЗБП в виде взаимодействия следующих трех уровней: контекст->уровень знаний-> workflow –описание, как показано на рис. 1.

Контекст в рамках предлагаемого подхода представляет собой область определения ЗБП. Контекст содержит множество взаимосвязанных артефактов, взаимодействующих с бизнес-процессом. Последние исследования контекста бизнес-процесса [13] показали, что в качестве основных артефактов можно рассматривать: объекты, которые использует процесс; набор возможных действий процесса; исполнители процесса (как объектов управления для руководящих ими сотрудников), цель процесса. Связи между артефактами определяют набор ограничений на допустимое множество действий процесса. Иными словами, ограничения на workflow – последовательность могут быть выражены в терминах статических и динамических связей между объектами ЗБП, исполнителями и т.п. Например, организационная структура предприятия задает иерархические связи между исполнителями. Последние ограничивают полномочия конкретных исполнителей по выполнению процесса и потому отражают организационные ограничения на ЗБП.

Таким образом, при описании контекста как области определения ЗБП необходимо задать множество артефактов, между которыми существуют контекстные зависимости:

$$Ct = (Af, R_{Ct}), Af = \{af_i\}, R_{Ct} : af_i \rightarrow af_k \mid af_i, af_k \in Af, \quad (1)$$

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.

Каждый из артефактов характеризуется набором атрибутов. В свою очередь, каждый i – атрибут артефакта обладает непустым множеством возможных значений V_i . Указанные значения могут изменяться с течением времени, в ходе выполнения бизнес-процесса. Соответственно, артефакт характеризуется множеством пар (атрибут, значение), которые могут возникнуть в ходе выполнения бизнес-процесса:

$$af = \{a_i, v_{ij} \mid v_{ij} \in V_i\}, \quad (2)$$

где af - артефакт контекста, в котором оперирует бизнес-процесс; a_i - i – атрибут артефакта; v_{ij} - значение атрибута a_i в один из моментов времени в ходе выполнения бизнес-процесса; V_i - множество возможных значений атрибута a_i .

Множество R_{Ct}^A характеризует взаимосвязи между свойствами артефактов. Например, для процессов документооборота существует связь между артефактами «Документ» и «Визирующее лицо». Данная связь влияет на подпроцесс визирования. Рассматриваемое отношение R_{Ct}^A может быть выражено через атрибуты следующим образом: *Документ.Виза* → *Визирующее лицо.Должность*. Очевидно, что должность визирующего лица конкретного предприятия остается неизменной на протяжении продолжительного времени и может быть изменена только при изменении процессов документооборота. Данный пример показывает, что отношения между атрибутами задают статический аспект описания контекста.

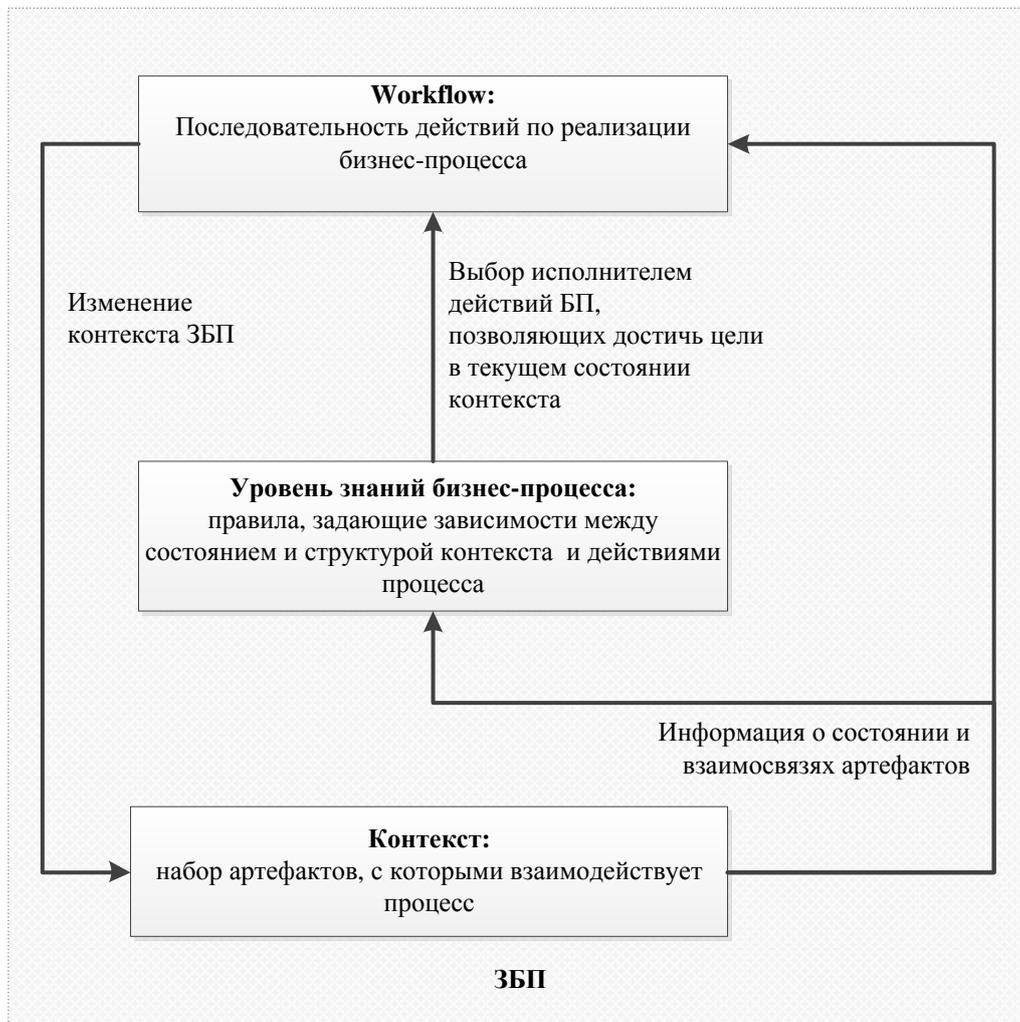


Рис. 1. Взаимодействие уровней представления знание-емкого бизнес-процесса

Представленное описание артефактов позволяет детализовать контекстное отношение между артефактами R_{Ct} учетом атрибутов и их значений:

$$R_{Ct} = R_{Ct}^A \cup R_{Ct}^V, \tag{3}$$

где R_{Ct}^A - набор возможных отношений между атрибутами артефактов; R_{Ct}^V - набор возможных отношений между значениями атрибутов.

В свою очередь, отношения между значениями атрибутов зависят изменения атрибутов в результате выполнения процесса и, следовательно, от момента времени, когда действия процесса выполнялись. Поэтому отношение R_{Ct}^V характеризует динамический аспект описания контекста. Данные отношения дополняют отношения между атрибутами R_{Ct}^A . Для рассматриваемого выше примера контекстных зависимостей в процессе документооборота данное отношение связывает наименование конкретного документа с фамилией визирующего его исполнителя. При указании наименования

конкретного документа, ви́зы, а также ФІО визирующего лица, отношение между значениями атрибутов принимает следующий вид: Документ. Наименование (Наименование конкретного документа), Документ. Виза (Наименование визы на документе) → Документ. Визирующее лицо. ФІО (Значение ФІО).

Таким образом, в статическом аспекте контекст определяется множеством артефактов и схемой отношений между атрибутами. Такая реляционная схема задает общую модель контекста без учета темпоральной составляющей.

Темпоральную (временную) составляющую можно учесть путем введения в понятия «экземпляр контекста». Под экземпляром контекста Ct^m будем понимать множество экземпляров артефактов в дискретный момент времени t_m , а также набор истинных отношений между значениями атрибутов в этот момент:

$$Ct^m = (\{af_l^m\}, R_{Ct}^{m,V} \subset R_{Ct}^V) \quad (4)$$

где af_l^m - состояние l - артефакта в момент времени t_m ; $R_{Ct}^{m,V}$ - подмножество отношений между значениями атрибутов, которые присутствуют в экземпляре контекста.

Состояние артефакта определяется с учетом выражения (2) следующим образом:

$$af_l^m = (a_{li}, v_{li}^j, t_m), \quad (5)$$

где af_l^m - состояние артефакта в момент времени t_m .

Подмножество $R_{Ct}^{m,V}$ содержит только актуальные для экземпляра контекста отношения. Иными словами, данное подмножество содержит только те зависимости, которые выполняются для значений атрибутов в момент времени t_m :

$$R_{Ct}^{m,V} = \left\{ r_{v^{**}}^{v_{li}^j} \mid \exists (a_{li}, v_{li}^j, t_m) \wedge \exists (a^*, v^{**}, t_m) \right\}, \quad (6)$$

где v_{li}^j - j - значение i - атрибута l - артефакта в момент времени t_m ; a^* - атрибут некоего не l - артефакта; v^{**} - значение атрибута a^* некоего артефакта контекста; a_{li} - i - атрибут l - артефакта; $r_{v^{**}}^{v_{li}^j}$ - отношение между значениями атрибутов.

Тогда экземпляр контекста можно представить непосредственно через значения атрибутов и выполняющиеся в момент t_m отношения между этими значениями:

$$Ct^m = \left\{ a_{li}, v_{li}^j, t_m, \left\{ r_{v^{**}}^{v_{li}^j} \mid \exists (a_{li}, v_{li}^j, t_m) \wedge \exists (a^*, v^{**}, t_m) \right\} \right\}, \quad (7)$$

С учетом статического и динамического аспектов контекст объединяет набор экземпляров Ct^m и содержит статические связи между атрибутами:

$$Ct = \left\{ \{Ct^m\}, R_{Ct}^A \right\}. \quad (8)$$

Как уже отмечалось ранее, ключевая особенность ЗБП заключается в том, что исполнители обладают возможностью адаптировать ход выполнения процесса с учетом контекста с тем, чтобы достичь цели процесса. Достижение цели процесса базируется на сотрудничестве исполнителей. Это сотрудничество основано на использовании знаний в предметной области в целом и о контексте в частности.

Совокупность используемых знаний всех исполнителей составляет уровень знаний в модели ЗБП. Данный уровень обеспечивает обоснованный выбор взаимодействующими исполнителями последовательности действий процесса в текущем контексте.

Контекст представлен в виде глобальной, общей для всех исполнителей схемы (8). При выполнении процесса информацию о контексте учитывает конечное число исполнителей.

В рамках представленной парадигмы контекста как среды, в которой выполняются действия процесса, контекст должен содержать все объекты, с которыми эти операции взаимодействуют. Это обосновывает целесообразность рассмотрения исполнителей процесса в качестве артефактов контекста, т.е. объектов, характеризующихся набором свойств и изменяющих значения этих свойств в ходе процесса, а также обладающих отношениями с другими элементами контекста. Такой подход подтверждается практикой традиционного процессного управления. Действительно, исполнитель бизнес-процесса с априорно определенной структурной ограничен рамками должностных инструкций, а также workflow – описанием процесса. Должностные инструкции задают набор атрибутов исполнителя, а описание последовательности действий – допустимое множество значений этих атрибутов. С позиций отдельного исполнителя другие работники, так же как и иные объекты, обладают набором свойств.

Уровень знаний ЗБП представляется следующим образом:

$$Kn = \left\{ Wk_k \in Af, Ct_k \subset Ct \mid \bigcup_k Ct_k = Ct, Rl_k \right\}, k = \overline{1, K} \quad (9)$$

где Kn - составляющая знаний ЗБП; Wk_k - k – исполнитель бизнес процесса, в процессе участвует K исполнителей; Ct_k - локальные знания о контексте k – исполнителя; Rl_k - правила, определяющие запуск действий бизнес-процесса k – исполнителем.

Знания о запуске действий процесса охватывают как зависимость действий текущего процесса от состояния контекста, так и от действий других процессов:

$$Rl_k = Rl_k^{Ct} \cup Rl_k^{Wf}, \quad (10)$$

где Rl_k^{Ct} - знания об определяемых контекстом условиях запуска доступных исполнителю действий процесса; Rl_k^{Wf} - знания о влиянии других процессов на выполнение доступных исполнителю действий процесса.

Знания об определяемых контекстом условиях запуска доступных исполнителю действий процесса представляются в виде пары (условие, действие):

$$Rl_k^{Ct} = \{c, d\}, d \in D_k, \quad (11)$$

где c – условие запуска действия d процесса; D_k - доступный k – исполнителю набор действий бизнес-процесса.

Условие определяется либо наличием заданных значений у атрибутов артефактов предметной области, либо наличием связей между атрибутами и их значениями:

$$c = \bigwedge_{i,m} (v(a_{li}, t_m) = v_{li}^j \mid af_i^m = (a_{li}, v_{li}^j, t_m)) \wedge \exists r_{a^*}^{a_{li}} \wedge \exists r_{v^{**}}^{v_{li}^j}, \quad (12)$$

$$\mid r_{a^*}^{a_{li}} \in R_{Ct}^A, r_{v^{**}}^{v_{li}^j} \in R_{Ct}^V, v \in V$$

где $v(a_i, t_m)$ - отображение, которое ставит в соответствие идентификатору атрибута a_{li} артефакта af_i значение этого атрибута v_{li}^j в момент времени t_m ; v_{li}^j - j – значение i – атрибута артефакта; v^{**} – значение атрибута a^* одного из артефактов контекста; $V = \{V_i\}$ - множество значений всех атрибутов контекста; $r_{a^*}^{a_{li}}$ - отношение между атрибутом a_{li} и другим атрибутом a^* ; $r_{v^{**}}^{v_{li}^j}$ - отношение между значением v_{li}^j текущего атрибута a_{li} и значением атрибута a^* другого артефакта контекста.

Для того, чтобы отобразить зависимости между процессами (коммуникативные зависимости), достаточно объединить контекст нескольких процессов и рассматривать действия процесса как артефакты контекста. Правомочность представления отдельных действий в виде артефактов ЗБП в рамках рассматриваемой парадигмы определяется тем, что каждое действие обладает несколькими атрибутами, в частности: наименование; состояние; продолжительность. Значения этих атрибутов изменяются по мере выполнения бизнес-процесса.

Представив действия в виде артефактов объединенного контекста нескольких взаимодействующих бизнес-процессов, мы получаем возможность детализовать зависимости Rl_k^{Wf} в виде (11) и (12).

Поскольку каждый исполнитель обладает лишь локальными знаниями, то для достижения глобальной цели процесса необходимо, чтобы совокупность знаний о контексте Ct_k отдельных k – исполнителей полностью определяли контекст, а также были доступны возможные последовательности действий D_k отдельных исполнителей. Данные условия определяются следующим образом:

$$\bigcup_k Ct_k = Ct. \quad (13)$$

$$\bigcup_k D_k = D. \quad (14)$$

Таким образом, знание-емкий бизнес-процесс обеспечивает совместное принятие исполнителями решений по выполнению действий процесса на основе совокупности информации о текущем состоянии артефактов контекста, а также знаний о взаимосвязях артефактов контекста и влиянии указанной информации и знаний на возможность выполнения действий ЗБП.

Выбор исполнителями конкретной последовательности действий формирует экземпляр бизнес-процесса. Каждый экземпляр содержит линейную последовательность действий, связанную оператором X (neXttime)[], выполняемую в условиях конкретного контекста. Оператор X темпоральной логики задает истинность логической формулы в следующий дискретный момент времени на пути реализации процесса.

Данная последовательность разворачивается во времени, что позволяет в общем случае представить ее средствами линейной темпоральной логики.

$$Wf_{\pi} = X_s rl_{ks}, rl_{ks} \in Rl_k, \quad (15)$$

где Wf_{π} - последовательность действий одного экземпляра процесса на одном пути выполнения π ; rl_{ks} - правило выбора и выполнения s действия ЗБП k - исполнителем; $X_s rl_{ks}$ - последовательность применения различными исполнителями правил выбора действий для данного экземпляра процесса.

Из приведенной формулы пути видно, что формирование экземпляра знание-емкого бизнес-процесса по сути представляет собой разворачивающийся в реальном времени логический вывод на контекстно-ориентированных знаниях. Как уже отмечалось ранее, эти знания могут быть представлены в явной и неявной форме. Первые могут быть непосредственно включены в workflow – последовательность (15). Неявные же знания не могут быть использованы в модели без выполнения экстернализации. Важная особенность предлагаемого подхода состоит в том, что современные информационно-управляющие системы обычно фиксируют последовательность (15) в форме лога. Выполнение каждого экземпляра процесса фиксируется в логе в виде соответствующей трассы π . Последняя содержит список событий, отражающих соответствующие действия процесса. Каждое событие характеризуется набором переменных, отражающих наименование и значение атрибутов объектов, с которыми оперирует бизнес-процесс. Поэтому существует принципиальная возможность получения зависимостей rl_{ks} методами интеллектуального анализа процессов.

Полное workflow – описание Wf ЗБП объединяет все его известные экземпляры Wf_{π} :

$$Wf = \bigwedge_{\pi} Wf_{\pi}, \quad (16)$$

Это означает, что у различных экземпляров ЗБП (т.е. на различных путях реализации процесса) могут быть объединены применяемые последовательности правил rl_{ks} , и workflow – описание принимает вид:

$$Wf = \bigwedge_{\pi} X_s rl_{ks}. \quad (17)$$

Такое представление модели позволяет построить общую схему взаимодействия исполнителей Wk_k при реализации знание-емкого бизнес-процесса.

Полученные представления контекста (8), уровня знаний (9) и workflow (17) позволяют определить модель знание-емкого бизнес-процесса как совокупность контекста Ct , уровня знаний Kn и workflow – последовательности Wf при условии, что для любого применяемого в Wf правила запуска действий rl_{ks} выполняются начальное условие c_{ks} .

$$BP = (Ct, Kn, Wf \mid \forall rl_{ks} = (c_{ks}, d_{ks}) \exists v(a_{li}, t_m) = v_{li}^j \vee \exists r_{a^*}^{a_{li}} \vee \exists r_{v^{**}}^{v_{li}^j}), \quad (18)$$

где c_{ks} - условие, истинность которого обеспечивает применение правила rl_{ks} ; d_{ks} - действие, выполняемое процессом в результате успешного применения правила rl_{ks} .

Истинность начального условия определяется в момент t_m запуска действия d_{ks} на основе следующих факторов:

наличия требуемых значений a_{li} атрибутов артефактов контекста;

существования связи $r_{a^*}^{a_{li}}$ между атрибутами контекста;

существования связи между значениями $r_{v^{**}}^{v_{li}^j}$ атрибутов контекста:

Выводы

Предложена модель многовариантного знание-емкого процесса, которая объединяет его контекст, знания об условиях выполнения действий процесса с учетом состояния контекста, а также набор допустимых последовательностей действий (workflow). Контекст содержит набор артефактов, а также статических и динамических зависимостей между артефактами. Артефакты представлены множеством их атрибутов, а также значениями этих атрибутов. Знания формализуют влияние состояния контекста, а также контекстных зависимостей, на реализуемые действия процесса. Workflow отражает последовательность использования знаний исполнителями ЗБП при реализации действий во всех выполняющихся и выполненных экземплярах процесса.

Предлагаемое в модели атрибутивное представление как артефактов, так и контекстных зависимостей может быть получено путем анализа логов реальных процессов методами process mining. В практическом плане это позволяет выполнить экстернализацию и затем включить в модель процесса зафиксированные в логе зависимости между контекстом и действиями и, тем самым, повысить адекватность модели.

Список использованной литературы

1. Vom Brocke, J. Handbook on Business Process Management 1. Introduction, Methods, and Information Systems [Text] / J. vom Brocke, M. Rosemann. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015. – 709 p. doi:10.1007/978-3-642-45100-3
2. Weske, M. Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures [Text] / M. Weske – 2nd ed. – Presented at Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012. – 403 p.
3. Gronau N. KMDL-Capturing, Analysing and Improving Knowledge-Intensive Business Processes / N. Gronau, C. Müller, R. Korf // Journal of Universal Computer Science. - 2005. – №11(4). – pp. 452- 472.
4. Gronau, N. Modeling and Analyzing knowledge intensive business processes with KMDL: Comprehensive insights into theory and practice (English) [Text] / N. Gronau. – Gito, 2012. – 522 p.
5. Van der Aalst, W. M. P. Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes [Text] / W. M. P. Van der Aalst. – Springer Berlin Heidelberg, 2011. – 352 p. doi:10.1007/978-3-642-19345-3.
6. Van der Aalst, W. M. P. Process Mining in the Large: A Tutorial [Text] / W. M. P. Van der Aalst // Business Intelligence. – Springer Science + Business Media, 2014. – P. 33–76. doi:10.1007/978-3-319-05461-2_2.
7. Bose R.P. Jagadeesh Chandra. Dealing With Concept Drifts in Process Mining. [Text] / R.P. Jagadeesh Chandra Bose, W.M.P. van der Aalst, I. Zliobaite, and M. Pechenizkiy. // IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, 25(1):154-171, 2014.
8. Görg, C. Visual Representations [Text] / C. Görg, M. Pohl, E. Qeli, K. Xu // Human-Centered Visualization Environments. – Springer Science + Business Media. – P. 163–230. doi:10.1007/978-3-540-71949-6_4.
9. Bhattacharya K. Artifact-centered operational modeling: Lessons from customer engagements [Text] /K. Bhattacharya, N. S. Caswell, S. Kumaran, A. Nigam, F. Y. Wu // IBM Systems Journal. - 2007. – №46(4). – pp. 703-721.
10. Nigam A. Business artifacts: An approach to operational specification [Text] / A. Nigam, N. S. Caswell/ IBM Systems Journal.- 2003.-№ 42(3). – pp. 428-445.
11. Hull R. Business Artifacts with Guard-Stage-Milestone Lifecycles: Managing Artifact Interactions with Conditions and Events// DEBS, – 2011. – pp. 51-62.
12. Müller D. Data-driven modeling and coordination of large process structures [Text] / D. Müller, M. Reichert, J. Herbst // Springer. - LNCS. - Volume 4803. - p.p. 131–149.
13. Vom Brocke, J. On the role of context in business process management [Text] / J. vom Brocke, S. Zelt, T. Schmiedel // International Journal of Information Management. – 2016. – Vol. 36, № 3. – P. 486–495. doi:10.1016/j.ijinfomgt.2015.10.002