

Левыкин В. М.,
Чалая О. В.

ВЫДЕЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНТЕКСТА ЗНАНИЕ-ЕМКИХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЛОГОВ

Исследованы знание-емкие бизнес-процессы, которые характеризуются влиянием знаний исполнителей на последовательность действий процесса. Показано, что для повышения эффективности управления такими процессами необходимо формализовать знания исполнителей и включить их в модель процесса. Предложен метод выделения элементов контекста знание-емких бизнес-процессов на основе анализа логов, который создает условия для выявления знаний исполнителей.

Ключевые слова: знание-емкий бизнес-процесс, интеллектуальный анализ процессов, процессное управление.

1. Введение

Реализация управления бизнес-процессами (БП) предполагает наличие модели таких процессов. В настоящее время различают два основных подхода к ее построению: создание модели «как должно быть» и разработка модели «как есть». В первом случае модель создается экспертами, на основании известной информации о процессе [1]. Однако для сложных многовариантных бизнес-процессов на этапе построения модели обычно доступна не вся исходная информация, что приводит к возникновению проблемы адекватности модели таких процессов. Для решения данной проблемы методами интеллектуального анализа процессов (process mining) [2] создается модель выполняющегося процесса «как есть». В качестве исходных данных при ее построении используются логи бизнес-процесса. Уточнение первой модели на основе анализа модели «как есть» позволяет повысить эффективность процессного управления.

В настоящее время при моделировании традиционных бизнес-процессов используется многоаспектное описание [3], которое включает в себя: последовательность действий; данные; ресурсы. Последовательность действий (workflow) фактически задает алгоритм работы процесса. Аспект данных включает в себя описание элементов данных, которые используют процесс, правила либо процедуры их создания, обработки, хранения [4]. Ресурсный аспект [5, 6] позволяет описать контекст выполнения бизнес-процесса. Контекст отражает текущие цели процесса, внешнюю среду, а также особенности организации, в которой выполняется БП [7]. Знание-емкие бизнес-процессы отличаются от традиционных процессов наличием аспекта знаний [8], что обеспечивает возможность адаптации к текущему состоянию внешней среды, динамически изменяющимся требованиям и целям с учетом контекста.

В связи с этим актуальными являются исследования, посвященные выявлению знаний, влияющих на последовательность действий процесса, на основе анализа записей об их выполнении.

При разработке соответствующих подходов необходимо учитывать особенности структуры лога, содержащего записи о поведении бизнес-процессов. Лог включает в себя набор трасс, отражающих однократное выполнение

процесса. Трасса содержит набор событий, отражающих выполнение действий процесса. События описываются набором значений переменных, характеризующих контекст бизнес-процесса. Поэтому при построении моделей знание-емких бизнес-процессов целесообразно использовать основанные на анализе логов подходы, которые применяются в области process mining [2].

Из сказанного следует, что актуальность исследования по выделению элементов контекста знание-емких бизнес-процессов на основе анализа их логов определяется необходимостью более эффективного управления такими процессами путем учета контекстно-ориентированных знаний, влияющих на ход их выполнения.

2. Объект исследования и его технологический аудит

Объектом данного исследования является знание-емкий (knowledge-intensive) бизнес-процесс. Отличительная особенность знание-емкого бизнес-процесса состоит в том, что на порядок его выполнения оказывают значительное влияние знания работников. При построении модели такого процесса, а также при его выполнении, совместно используются подходы управления знаниями и процессного управления.

Основная проблема моделирования и применения таких процессов связана с возможностью его изменения во время выполнения. Данная проблема определяется возможностью исполнителей (knowledge workers) изменять процесс на основе своих знаний согласно текущему контексту. Исполнители применяют как явные (формальные, общедоступные), так и личные (неявные) знания при принятии решений о выборе дальнейшего хода процесса. Контекст в данном случае рассматривается как виртуальная среда выполнения знание-емкого бизнес-процесса. Рассматриваемая проблема вызвана использованием неявных знаний, которые не отражены в документах и модели процесса. На применение таких знаний часто влияет мотивация и эмоциональное состояние исполнителя, что может снижать эффективность процессного управления.

Для выявления факторов, которые могут влиять на выполнение знание-емкого бизнес-процесса, проводился технологический аудит, который заключался в исследовании записей о выполнении таких процессов,

представленных в виде файлов логов в формате хес. Каждый лог содержит набор записей о выполнении экземпляров бизнес-процессов. Запись о выполнении экземпляра — трасса процесса — содержит последовательность событий, возникших в ходе его выполнения. Каждое событие характеризуется набором значений атрибутов, отражающих состояние контекста бизнес-процесса в момент его возникновения.

Проведенный аудит показал связь между значениями параметров событий и действиями процесса. Поэтому дальнейшее исследование лога процесса с целью выделения значений параметров событий, которые отражают влияние контекста на процесс, создает условия для выявления зависимостей между контекстом и ходом процесса. Эти зависимости отражают знания, которые использовались работником в ходе выполнения процесса. Поэтому их выявление и включение в модель процесса позволяет повысить эффективность процессного управления.

3. Цель и задачи исследования

Цель исследования — разработка подхода к повышению эффективности управления знание-емкими бизнес-процессами на основе выявления элементов контекста, которые могут влиять на ход его выполнения. Это позволило бы выполнить экстернализацию скрытых зависимостей, оказывающих влияние на ход выполнения процесса, включить их в модель процесса и тем самым повысить эффективность процессного управления.

Для достижения поставленной цели необходимо:

1. Провести анализ подходов к построению моделей знание-емких бизнес-процессов на основе исследования записанного в логах их поведения.
2. Разработать метод выделения элементов контекста знание-емких бизнес-процессов на основе анализа их логов.

4. Анализ литературных данных

Применение существующих методов process mining к знание-емким процессам приводит к созданию spaghetti-like — моделей последовательности действий БП [2]. Последние получили такое название потому, что при графическом представлении имеют вид блюда со спагетти. Модель отображается в виде графа с большим количеством (сотнями) переплетенных связей между вершинами. Вершины отражают действия процесса, а дуги — переходы между действиями.

При анализе графа последовательности действий БП обычно решают задачи выявления причинно-следственных связей между действиями процесса, получения обобщающей информации о бизнес-процессе, сравнения графов процессов, выявления шаблонов выполнения действий и т. п. Однако при увеличении количества вершин и дуг выше определенного порога (обычно несколько десятков вершин) значительно падает способность восприятия и обработки таких графов человеком [9]. Поэтому анализ и практическое использование полученного спагетти-представления последовательности действий БП вызывают значительные трудности.

Традиционные методы process mining формируют спагетти-модели по следующим причинам. Во-первых, большинство методов process mining направлено на построение моделей процессов с неизменной структурой, причем основное внимание уделяется workflow — аспекту БП,

а не аспекту ресурсов [5]. При построении модели используются записанные в логах последовательности событий, и не используется априорная информация о процессе [2, 10, 11]. Поэтому указанные методы не учитывают отклонения в последовательности действий БП в зависимости от текущих целей, типа процесса (ограничений на процесс), состояния организации, в которой выполняется процесс, а также состояния внешней для процесса среды. Иными словами, такие методы не учитывают контекст действий процесса [7]. Состояние контекста обычно отражается в логе в виде атрибутов событий.

Во-вторых, логи процесса содержат события с различной степенью детализации. Смещение таких событий с разной грануляцией приводит к построению спагетти-модели. В такой модели на одном уровне размещаются действия, которые в действительности выполняются на различных уровнях иерархии организации, в которой реализуется БП. Существующий адаптивный подход к построению модели БП использует частоту появления событий и расстояния между ними на шкале времени [12] и не учитывает остальные атрибуты события в логе.

Проведенный анализ литературных источников позволяет сделать вывод о том, что существующие методы интеллектуального анализа процессов используют только атрибут времени событий в логе и не учитывают влияние контекста на порядок выполнения процесса. В то же время, учет влияния контекста на последовательность действий является особенно актуальным для знание-емких БП в силу того, что в них используются знания для трансформации таких процессов. Поэтому выявление элементов контекста создает возможности для усовершенствования моделей таких процессов.

5. Материалы и методы исследования

Ключевым отличием знание-емких процессов является право работников изменять алгоритм действий процесса на основе использования собственных знаний, как явных, так и неявных. Поэтому проблематика управления и усовершенствования требует рассмотрения порядка применения знаний. Такие знания могут применяться двояко: с одной стороны для поддержки выполнения БП, а с другой — знания являются результатов выполнения процесса. Для традиционных БП с предопределенной структурой знания используются только для поддержки процесса. В то же время для знание-емких бизнес-процессов знания могут выступать и в качестве результата процесса. Особенностей применения знаний в БП представлены в табл. 1.

Приведенные особенности применения знаний исполнителями показывают важность контекстно-ориентированного подхода к построению моделей знание-емких бизнес-процессов. Предлагаемый контекстно-ориентированный подход направлен на экстернализацию (преобразование в явную, формальную форму) знаний о таких процессах. В соответствии с предлагаемым подходом, первоначально производится обработка лога процесса. При обработке лога выделяются его фрагменты, которые содержат повторяющиеся последовательности событий с заданными значениями атрибутов, отражающих контекст выполнения процесса. Последующий анализ выделенных фрагментов лога позволяет получить зависимости, которые определяют поведение знание-емкого процесса в зависимости от контекста.

Таблица 1

Применение знаний исполнителями знание-емких БП

Используются для поддержки БП		Являются результатом знание-емкого БП	
Назначение и особенности знаний	Вид знаний	Назначение и особенности знаний	Вид знаний
Используются при выполнении типовых повторяющихся действий процесса в предопределенном контексте	явные	Используются при принятии решений о формировании, выполнении, выборе либо изменении последовательности действий процесса с учетом текущего контекста	явные, неявные
Представлены в виде формальных правил и процедур	явные	Зависят от личности и компетентности исполнителя, знания не формализованы и не представлены в документах	неявные
Легко автоматизируются в силу повторяемости действий и формальных правил их выполнения	явные	Представляются в недокументированной форме и потому с трудом поддаются автоматизации	неявные
Выполняют исполнители с низкой квалификацией	явные, неявные	Выполняют исполнители с очень высокой квалификацией	явные, неявные

Затем необходимо сравнить шаблоны поведения процесса в различном контексте.

По результатам сравнения выделяются различия в действиях процесса. Данные различия содержат не выделенные ранее знания.

Таким образом, в результате сравнения контекстных зависимостей и паттернов поведения можно выполнить экстернализацию контекстно-зависимых неявных знаний. Например, при рассмотрении такой составляющей контекста как цели, можно выделить зависимости, отражающие эффективную работу исполнителей и затягивание времени обработки заданий либо обман клиента.

Данную задачу, в частности, рассматривает в качестве приоритетной ИТ-подразделение фирмы Volvo,

осуществляющее сервисное обслуживание ИТ-клиентов в различных странах. Руководство подразделения предоставило в открытый доступ логи бизнес-процессов сервисного обслуживания в Швеции, Франции, Бразилии, Китае для анализа и получения контекстно-зависимых знаний. Выявление таких знаний необходимо, например, чтобы получить ответы на вопросы: «Почему эффективность подразделения в Швеции выше, чем в других странах при использовании унифицированных бизнес-процессов? Не является ли перебрасывание ответственности между сотрудниками причиной задержек в обслуживании?».

6. Результаты исследований

Разработанный метод направлен на последовательное выявление элементов контекста с различными видами связей: устойчивыми связями только между контекстными составляющими, зависимостями между контекстными составляющими и действиями одного процесса и уникальными зависимостями для нескольких экземпляров процесса (либо нескольких процессов). Общая последовательность этапов предлагаемого метода, исходные данные и результаты этих этапов приведены в табл. 2.

Рассмотрим этапы данного метода более формально, а также проиллюстрируем выполнение данного метода на примере лога процессов сервисного обслуживания ИТ-подразделения фирмы Volvo. Исходный лог представлен в формате *hex* и состоит из блоков трасс π_k , отмечаемых как *<trace>*, фиксирующих выполнение экземпляра процесса и событий e_i , отмечаемых как *<event>* и фиксирующих выполнение отдельных операций, как показано на рис. 1.

Трасса обладает наименованием, которое кодируется в форме последовательности символов, в данном примере последовательностью чисел: «1-467153946».

Каждое событие содержит набор атрибутов A_i , указывающих на исполнителей (*org:resource*), обрабатываемое изделие (*product*), наименование операции (*concept:name*), ее текущее состояние (*lifecycle:transition*), а также временную метку (*time:timestamp*). Форма описания исходного события приведена на рис. 2.

Таблица 2

Основные этапы метода

№	Наименование этапа	Исходные данные	Результат этапа
1	Предварительная обработка лога с целью выделить фрагменты с искомыми контекстными зависимостями.	Лог, информация о контексте в форме набора искомых атрибутов событий и подмножества допустимых значений для каждого атрибута. Может использоваться онтология предметной области	Фрагменты логов, связанные с исходным контекстом
2	Выявление элементов контекста, которые связаны с бизнес-процессом и обладают статическими взаимосвязями, путем сопоставления атрибутов событий фрагментов лога	Результаты этапа 1, порог ε_1 появления в логе событий с заданными атрибутами	Подмножества событий, между атрибутами которых могут существовать реляционные зависимости
3	Выявление элементов контекста, которые влияют на поведение процесса (либо на которые влияют действия процесса), путем выявления изменяющихся атрибутов для последовательностей событий	Результаты этапа 2, порог ε_2 появления в логе последовательностей событий с изменяемыми значениями атрибутов	Подмножества последовательностей событий, между атрибутами которых могут существовать реляционные зависимости
4	Сравнение результатов 2 и 3 этапов для различных наборов исходных данных целью выявить общие и уникальные для отдельных трасс элементы контекста	Результаты этапов 2 и 3	Общие элементы контекста, для различных трасс процесса в случае традиционных БП, или же уникальные для отдельных трасс в случае знание-емких бизнес-процессов

```
<trace>
<string key="concept:name" value="1-467153946"/>
<event>
...
</event>
...
<event>
...
</event>
</trace>
```

Рис. 1. Структура трассы исходного лога

```
<event>
  <string key="org:group" value="S42"/>
  ...
  <date key="time:timestamp" value="2011-01-31T11:12:22+01:00"/>
</event>
```

Рис. 2. Структура события лога

Характеризующий полный лог бизнес-процесса набор атрибутов объединяет пересекающиеся подмножества атрибутов отдельных событий БП:

$$A = \cup A_i, \cap A_i \neq \emptyset, \quad (1)$$

где A — набор атрибутов событий, содержащийся в логе процесса; A_i — подмножество атрибутов отдельного события e_i .

Контекст бизнес-процесса в логе описывается набором атрибутов событий, а также множеством возможных значений таких атрибутов:

$$\begin{aligned} Ct &= (A = \{a_j\}, V = \{v_j\}, R), \\ R: A &\rightarrow V, \forall a_j \in A \exists v_j \in V, v_j = \{v_{j,1}\}, \end{aligned} \quad (2)$$

где Ct — описание контекста в логе процесса; V — множество возможных значений атрибутов событий процесса; $v_j = \{v_{j,1}\}$ — множество возможных значений $v_{j,1}$ атрибута a_j .

Исходные данные для первого этапа включают в себя лог $L = \{\pi_k\}$ и искомый контекст $Ct^* \subseteq Ct$, представленный подмножеством атрибутов событий, а также значений атрибутов:

$$Ct^* = (A^*, V^*, R) | \forall a_j \in A^* \exists v_j^* \in V_j, A^* \subseteq A, v_j^* \in V^*, \quad (3)$$

где Ct^* — подмножество элементов контекста, которые используются в качестве входных данных; A^* — подмножество атрибутов событий, используемых для выделения трасс лога.

На первом этапе выполняется поиск трасс лога, события которых связаны с задаваемым в качестве входных данных контекстом. В силу уникальности трасс знание-емких БП, формируемых посредством применения знаний исполнителей, в качестве искомым фрагментов лога рассматриваются трассы процесса, а не просто отдельные последовательности событий.

Результат первого этапа включает в себя набор трасс, у которых контекст задается элементами множества Ct^* . В частности, для задачи поиска неэффективных исполнителей процессов сервисного обслуживания в ИТ-подразделение фирмы Volvo в качестве входных данных целесообразно указать: страна, бизнес-процессы в ко-

торой будут проанализированы; перечень продукции, по которой наблюдаются задержки.

Соответственно, начальное подмножество атрибутов имеет вид: $A^* = ("resource\ country", "product")$. Множество значений атрибутов задает ограничения по допустимым наименованиям страны и продукта.

Для иллюстрации работы метода зададим следующие множества значений:

$$V^* = \{{"France"}, {"PROD582"}, {"PROD790"}, {"PROD423"}, {"PROD267"}, {"PROD436"}\}.$$

Отображение R связывает наименования атрибутов и подмножеств их значений, поэтому для страны выполняется: $v_{resource\ country} = {"France"}$, а для продукта:

$$v_{product} = {"PROD582"}, {"PROD790"}, {"PROD423"}, {"PROD267"}, {"PROD436"}.$$

Результатом первого этапа является подмножество исходного лога, содержащее перечень трасс экземпляров процесса, события которых содержат заданный набор атрибутов и их значений:

$$L^1 = \{\pi_k | \forall e_i \in \pi_k a_{i,j} \in A^* \wedge v_j^* \in V^*\}. \quad (4)$$

При реализации первого этапа для лога процесса сервисного обслуживания при заданных исходных данных результатом первого этапа являются трассы, которые зафиксировали выполнение сервисного обслуживания по продуктам из V^* во Франции. Такой список при заданных входных данных включает в себя следующие трассы: {1-364285768, 1-603556351, 1-623778166, 1-652256138, 1-658538636, 1-660051308}.

На втором этапе выполняется поиск элементов контекста, между которыми могут быть статические связи. Исходными данными этапа является подмножество трасс L^1 . Элементы контекста задаются в логе атрибутами событий. Это означает, что статические связи между элементами контекста сводятся к связям между атрибутами событий. Поэтому на данном этапе выполняется поиск таких подмножеств значений атрибутов, доля событий с которыми в исходном логе процесса превышает заданный порог ϵ_1 :

$$\begin{aligned} V^2 &= \{v_i\}, |v_i| > 1: \forall (v_{i,j}, v_{i,n} \in v_i) \frac{|e_i|}{|E|} > \epsilon_1, \\ &|\forall e_i \exists v_{i,j} \in v_i, e_i \in \pi_k, \pi_k \in L^1, \end{aligned} \quad (5)$$

где V^2 — искомое множество значений атрибутов v_i ; v_i — множество значений атрибутов события e_i ; $v_{i,j}, v_{i,n}$ — значения атрибутов $a_{i,j}$ и $a_{i,n}$ события e_i ; ϵ_1 — пороговый уровень для отбора событий со значениями атрибутов из множества v_i ; E — количество событий в исходном логе L .

Результатом данного этапа является множество событий, значения атрибутов которых удовлетворяют условию (5):

$$E^2 = \{e_i | v_i \subset V^2\}, \quad (6)$$

где E^2 — подмножество событий со значениями атрибутов из V^2 .

Эти связи отражают зависимости реляционного типа, как было показано ранее. В дальнейшем экстернализация таких зависимостей позволяет выявить связи между объектами предметной области, которые могут влиять на последовательность действий бизнес-процесса.

При реализации второго этапа для подмножества трасс L^1 лога процесса сервисного обслуживания выполняется поиск событий, частота совместного появления значений атрибутов которых превышает заданный порог. В частности, в рассматриваемом логе сервисного обслуживания в 40 трасс процесса включено 1141 событие — т. е. $|E| = 1141$.

Комбинация атрибутов и значений $org:role = "V3_2"$, а также $resource\ country = "France"$ встречается 209 раз, что при установленном пороге $\epsilon_2 = 0,1$ позволяет включить ее в подмножество $v_i \subset V^2$, соответствующие события — в множество E^2 . В дальнейшем данное подмножество может быть проанализировано средствами data mining, однако даже из приведенного примера видно, что в международном разделении труда на данной фирме сотрудники из Франции специализируются на выполнении в бизнес-процессе сервисного обслуживания роли "V3_2".

Результаты этапа для данного примера включают в себя перечень событий с $org:role = "V3_2"$, а также $resource\ country = "France"$ в хес — формате, как показано на рис. 3.

На третьем этапе выполняется поиск элементов контекста, которые могут влиять на выполнение либо приостановку, завершение действия бизнес-процесса. Любое изменение процесса фиксируется в логе в виде событий. В то же время процесс влияет на контекст. Поэтому выполняется цепочка контекст -> действие процесса (событие в логе) -> новый контекст. Иными словами, влияние контекста на последовательность действий процесса отражается через изменение самого контекста. Последний представлен в логе атрибутами событий. Следовательно, на данном этапе необходимо найти последовательности событий, которые характеризуются изменением значения как минимум одного атрибута, причем количество появления таких пар в логе должно превышать заданный порог:

$$E^3 = \{E_s\},$$

$$|E_s| > 1: \frac{|E_s|}{|E| \times \max(|A_s|)} > \epsilon_2,$$

$$|\forall (e_i \succ e_{i+1}) \in E_s \exists (v_{i,j} \neq v_{i+1,j})|,$$

$$A_s = \{a_{s,j}\}, \quad (7)$$

где E^3 — результирующий набор подмножеств событий; E_s — подмножество событий из одной трассы, связанных отношением перехода, для которых изменился хотя бы один атрибут события; A_s — множество наборов изменяющихся атрибутов $a_{s,j}$ событий из множества E_s ; E — множество всех событий лога; \succ — отношение перехода; ϵ_2 — пороговый уровень для отбора последовательностей событий, $e_i \succ e_{i+1}$ означает, что события e_i и e_{i+1} размещены последовательно в одной трассе лога; $v_{i,j}, v_{i+1,j}$ — значения j -атрибута событий e_i и e_{i+1} соответственно.

Пример представления результатов данного этапа приведен на рис. 4.

На четвертом этапе выполняется сравнение результатов 2 и 3 этапов для различных исходных данных. Поэтому данный этап выполняется после многократного выполнения этапов 1–3 с разными наборами входных данных.

Цели такого сравнения отличаются для традиционных процессов с жестко заданной структурой и для знание-емких процессов. Для традиционных БП задача анализа состоит в том, чтобы найти такие элементы контекста, которые являются общими для различных трасс процесса. Это позволит выделить наиболее общие зависимости, которые определяют типовые последовательности действий при выполнении бизнес-процесса. Поэтому результаты определяются следующим образом:

$$E_{BP}^{4,2} = \cap E_n^2, E_{BP}^{4,3} = \cap E_n^3, \quad (8)$$

```
<event>
...
<string key="resource country" value="France"/>
...
<string key="org:role" value="V3_2"/>
...
<date key="time:timestamp" value="2012-02-03T11:04:14+01:00"/>
</event>
```

Рис. 3. Пример события с отобранными по результатам этапа 2 значениями атрибутов

```
<event>
...
<string key="resource country" value="France"/>
...
<string key="org:resource" value="Guy Andre"/>
...
<string key="org:role" value="V3_2"/>
<string key="concept:name" value="Queued"/>
...
<string key="lifecycle:transition" value="Awaiting Assignment"/>
<date key="time:timestamp" value="2012-02-03T11:05:35+01:00"/>
</event>
<event>
...
<string key="resource country" value="France"/>
...
<string key="org:resource" value="Magalie"/>
...
<string key="org:role" value="V3_2"/>
<string key="concept:name" value="Accepted"/>
...
<string key="lifecycle:transition" value="In Progress"/>
<date key="time:timestamp" value="2012-02-03T11:59:04+01:00"/>
</event>
```

Рис. 4. Последовательность событий с изменяемым значением атрибутов "org:resource", "concept:name", "lifecycle:transition"

где $E_{BP}^{4,2}$ — результирующее множество, которое включает события со связями между элементами контекста; $E_{BP}^{4,2}$ — результирующее множество, которое включает события со связями между элементами контекста и действиями процесса; E_n^2, E_n^3 — результаты этапов 2 и 3 соответственно для n -набора исходных данных.

Знание-емкий бизнес-процесс характеризуется влиянием исполнителей на последовательность действий. При анализе необходимо найти зависимости, которые отражают такие решения в логике процесса. Поэтому во втором случае задача состоит в том, чтобы найти элементы контекста, которые характерны для подмножеств трасс процесса. В данном случае выбирается два подмножества исходных данных: для тех трасс процесса, которые содержат искомые результаты и для типовых трасс процесса. Из результатов этапов 1–3 удаляются элементы, которые содержат типовое поведение. Последнее характерно для второй группы результатов:

$$E_{KBP}^{4,2} = (\cap E_s^2) \setminus (\cap E_n^2), E_{KBP}^{4,3} = (\cap E_s^3) \setminus (\cap E_n^3), \\ s = \overline{1, S}, n = \overline{1, N}, \quad (9)$$

где $E_{KBP}^{4,2}$ — результирующее множество, которое включает события со связями между элементами контекста для знание-емкого процесса; $E_{KBP}^{4,3}$ — результирующее множество, которое включает события со связями между элементами контекста и действиями процесса для знание-емкого процесса; $E_s^2, E_n^2, E_s^3, E_n^3$ — результаты этапов 2 и 3 соответственно для s - и n -наборов исходных данных.

Реализация последнего этапа для рассматриваемого лога позволяет создать, в частности, набор событий, связанный с передачей заказа от одного сотрудника к другому. Исследование такого набора поможет выявить причины несвоевременного обслуживания. Например, при анализе рассматриваемого лога путем сопоставления атрибутов «concept:name» со значением «Queued» и «lifecycle:transition» со значением «Awaiting Assignment» для нескольких стран можно сравнить количество задержек, связанных с передачей ответственности работниками с ролью «V3_2». Последняя будет определяться количеством элементов множества $E_{KBP}^{4,3}$. При нахождении страны, количество задержек для которой является максимальным, необходимо выполнить детализацию зависимостей — в частности, с учетом имен исполнителей либо кода обрабатываемого продукта. Для этого дополняется перечень входных атрибутов и их значений, после чего выполняются этапы метода.

Таким образом, итеративное применение предлагаемого метода позволяет выделить представленные атрибутами событий элементы контекста, которые влияют на выполнение бизнес-процесса.

7. SWOT-анализ результатов исследований

Проведенный анализ предложенного метода выделения элементов контекста знание-емких бизнес-процессов на основе анализа логов показал следующее.

Среди сильных сторон данного метода необходимо отметить возможность использования полученных наборов событий не только для анализа непосредственно экспертом по процессному управлению, но и для применения в качестве входных данных для методов интеллектуального анализа данных. Во втором случае

могут быть получены формальные правила, отражающие связь контекста бизнес-процесса с его допустимыми и возможными последовательностями действий. Данный метод создает возможности для повышения эффективности знание-емких бизнес-процессов, а также условия для их тиражирования путем включения в модель процесса знаний, полученных в результате анализа выделенных элементов контекста. Это позволяет уменьшить влияние человеческого фактора при выполнении такого процесса.

Слабые стороны данного исследования связаны с использованием двух предположений: о формировании логов информационной системой только в формате хес, а также о корректности внесенных в лог данных. Действительно, логи бизнес-процессов предприятий, которые используются при проведении исследований в области интеллектуального анализа процессов, предоставляются в данном формате. Однако при всех преимуществах формата хес он является относительно новым и потому используется далеко не всеми процессными информационными системами. Второе предположение связано с нормальной работой информационной системы. Однако на практике возможна потеря или искажение части данных лога вследствие аппаратно-программных сбоев.

Дополнительные возможности предлагаемого метода, обеспечивающие достижение цели исследования, связаны с учетом не только контекста одного процесса из одного лога, но и контекста взаимодействующих процессов.

8. Выводы

1. Проведен анализ подходов к построению моделей знание-емких бизнес-процессов на основе обработки их логов. Показано, что традиционные методы интеллектуального анализа процессов не учитывают контекстную составляющую, что приводит к созданию spaghetti — like — моделей. Практическое использование таких моделей связано со значительными трудностями.

2. Предложен метод выделения элементов контекста знание-емких бизнес-процессов на основе анализа их логов. В практическом аспекте метод обеспечивает возможности для повышения эффективности управления знание-емкими бизнес-процессами путем включения в модель зависимостей, отражающих связь контекста с действиями процесса.

Литература

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. 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
3. La Rosa, M. Configurable multi-perspective business process models [Text] / M. La Rosa, M. Dumas, A. H. M. ter Hofstede, J. Mendling // Information Systems. — 2011. — Vol. 36, № 2. — P. 313–340. doi:10.1016/j.is.2010.07.001
4. Müller, D. Data-Driven Modeling and Coordination of Large Process Structures [Text] / D. Müller, M. Reichert, J. Herbst // On the Move to Meaningful Internet Systems 2007: CoopIS, DOA, ODBASE, GADA, and IS. — Springer Science + Business Media. — P. 131–149. doi:10.1007/978-3-540-76848-7_10
5. Cohn, D. Business artifacts: A data-centric approach to modeling business operations and processes [Text] / D. Cohn, R. Hull // Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering. — 2009. — Vol. 32, № 3. — P. 1–7.

6. 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. — Vol. 46, № 4. — P. 703–721. doi:10.1147/sj.464.0703
7. 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
8. 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.
9. 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
10. 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
11. Kalynychenko, O. Implementation of search mechanism for implicit dependences in process mining [Electronic resource] / O. Kalynychenko, S. Chalyi, Y. Bodyanskiy, V. Golian, N. Golian // 2013 IEEE 7th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS). — Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2013. — Available at: \www/URL: <https://doi.org/10.1109/idaacs.2013.6662657>
12. Gunther, C. W. Using process mining to learn from process changes in evolutionary systems [Text] / C. W. Gunther, S. R. Ma, M. Reichert, W. M. P. van der Aalst, J. Recker // International Journal of Business Process Integration and Management. — 2008. — Vol. 3, № 1. — P. 61–78. doi:10.1504/ijbpm.2008.019348

ВИДІЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНТЕКСТУ ЗНАННЯ-ЄМНИХ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЛОГІВ

Досліджено знання-ємні бізнес-процеси, які характеризуються впливом знань виконавців на послідовність дій процесу.

Показано, що для підвищення ефективності управління такими процесами необхідно формалізувати знання виконавців і включити їх у модель процесу. Запропоновано метод виділення елементів контексту знання-ємних бізнес-процесів на основі аналізу логів, який створює умови для виявлення знань виконавців.

Ключові слова: знання-ємний бізнес-процес, інтелектуальний аналіз процесів, процесне управління.

Левькин Виктор Макарович, доктор технических наук, профессор, кафедра информационных управляющих систем, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина, e-mail: levkyinvictor@gmail.com.

Чала Оксана Викторовна, кандидат экономических наук, доцент, кафедра информационных управляющих систем, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Украина, e-mail: oksana.chala@nure.ua.

Левикін Віктор Макарович, доктор технічних наук, професор, кафедра інформаційних управляючих систем, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.

Чала Оксана Вікторівна, кандидат економічних наук, доцент, кафедра інформаційних управляючих систем, Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна.

Levykin Viktor, Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine, e-mail: levkyinvictor@gmail.com.

Chala Oksana, Kharkiv National University of Radio Electronics, Ukraine, e-mail: oksana.chala@nure.ua

УДК 004.891.3

DOI: 10.15587/2312-8372.2016.80970

Чалый С. Ф.,
Левькин И. В.

ВЫЯВЛЕНИЕ ИНТЕРВАЛОВ ОЖИДАНИЯ В БИЗНЕС-ПРОЦЕССАХ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ СОБЫТИЙ

Исследованы бизнес-процессы, совместно использующие ресурсы. Показано, что снижение эффективности управления такими процессами связано с ожиданием доступа к общим ресурсам. На основе исследования логов бизнес-процессов определены необходимые и достаточные условия для возникновения интервалов ожидания в ходе выполнения процесса. Предложен метод выявления интервалов ожидания на основе анализа записей логов таких процессов.

Ключевые слова: бизнес-процесс, интеллектуальный анализ процессов, процессное управление, ресурсы, интервал ожидания.

1. Введение

Процессное управление предприятием заключается в разработке моделей всех необходимых для предприятия бизнес-процессов и последующем управлении этими процессами [1]. Управление бизнес-процессами заключается в мониторинге выполняющихся последовательностей действий таких процессов и корректировке действий при необходимости. Эффективность процессного управления определяется своевременным достижением целей вы-

полняющихся процессов. Поэтому задачи управления набором взаимодействующих бизнес-процессов включают в себя не только построение workflow-модели процесса, но и поиск узких мест с последующим прогнозированием длительности его выполнения [2].

Несвоевременное выполнение действий процесса обычно связано с существованием скрытых интервалов ожидания при доступе к ресурсам. Такие задержки не включаются в состав последовательности действий в модели бизнес-процесса. К ресурсам, вызывающим