

Левыкин В. М.,  
Чалая О. В.

## ВЫДЕЛЕНИЕ КОНТЕКСТНО-ПРОЦЕДУРНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ЗНАНИЕ-ЕМКОГО БИЗНЕС-ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЛОГОВ

*Рассмотрены знание-емкие бизнес-процессы, которые адаптируются исполнителями во время выполнения с использованием персональных знаний и опыта. Показано, что для повышения эффективности управления такими процессами необходимо выявить контекстно-зависимые знания исполнителей и затем включить их в модель процесса. Предложен метод выделения контекстно-процедурных зависимостей знание-емкого бизнес-процесса на основе анализа логов.*

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

### 1. Введение

Процессное управление предприятием основано на построении моделей бизнес-процессов. Бизнес-процесс (БП) содержит последовательность действий по решению одной из функциональных задач предприятия [1]. Для процессного управления характерно снижение адекватности моделей бизнес-процессов с течением времени в силу постоянных эволюционных изменений в деятельности предприятия [2]. Поэтому одна из ключевых задач процессного управления заключается в непрерывном совершенствовании априорно определенных моделей бизнес-процессов. Для выявления различий между априорно заданной моделью «как должно быть» и реальным процессом формируются модели БП «как есть». По результатам сравнения двух моделей совершенствуется модель «как должно быть». Для построения модели выполняющегося процесса «как есть» применяются методы интеллектуального анализа процессов (process mining) [3], использующие в качестве исходных данных логи (журналы регистрации событий), которые содержат записи о поведении БП. Такие методы ориентированы на построение workflow — моделей бизнес-процессов, описывающих возможные последовательности их действий по решению функциональных задач. Однако в рамках парадигмы process mining не уделяется достаточно внимания выявлению причинно-следственных связей, которые обуславливают выбор таких последовательностей.

В то же время такие зависимости определяют поведение гибких процессов, алгоритм действий которых может изменяться при их реализации. К гибким процессам относятся знание-емкие бизнес-процессы, которые характеризуются наличием аспекта знаний, обеспечивающим возможность адаптации к среде и целям выполнения процесса [4]. В связи с этим актуальными являются исследования, посвященные выявлению знаний, определяющих выбор последовательности действий процесса в определенном контексте, на основе анализа журнала регистрации событий. При разработке таких подходов необходимо учитывать особенности структуры лога, который содержит записи не только о выполнении

действий бизнес-процесса, но и о состоянии контекста, в котором эти действия выполняются [5].

Таким образом, актуальность исследований по выделению контекстно-процедурных зависимостей знание-емких бизнес-процессов на основе анализа их логов определяется необходимостью повышения эффективности управления такими процессами путем выявления и учета знаний исполнителей.

### 2. Объект исследования и его технологический аудит

Объектом данного исследования является класс знание-емких (knowledge-intensive) бизнес-процессов. Процессы данного класса отличаются от традиционных БП адаптируемым алгоритмом выполнения действий. Последовательность действий знание-емкого бизнес-процесса может быть изменена исполнителями (knowledge workers) во время его выполнения. При такой адаптации процесса могут использоваться представленные в документальной форме явные знания, а также опыт и личные неформализованные знания исполнителей [4, 6]. Поэтому при управлении ЗБП традиционное процессное управление интегрируется с управлением знаниями.

Основная проблема моделирования и использования таких БП связана с тем, что вносимые исполнителями изменения не отражаются в модели процесса и потому не могут быть верифицированы, а затем использованы в новых экземплярах ЗБП. В то же время психоэмоциональное состояние исполнителей, их мотивация оказывает значительное влияние на эффективность использования таких знаний, что может приводить как к результативным решениям, так и к ошибкам, снижающим эффективность процессного управления. Это свидетельствует о важности экстернализации знаний исполнителей (перевода их в явную, формальную форму) [7] и последующего включения таких знаний в модель ЗБП.

Информация о последовательности действий процесса и, соответственно, об изменении хода его выполнения записывается информационной системой в файл лога (журнала регистрации событий). Поэтому такая

информация отражает зависимости, которые были использованы исполнителями при изменении хода процесса.

Для выявления факторов, которые могут влиять на выполнение ЗБП, проводился технологический аудит, который заключался в исследовании файлов логов в xml — подобном формате хес.

Каждый лог содержит записи, отражающие выполнение одного процесса. Процесс может выполняться несколько раз — т. е. состоять из набора экземпляров. Выполнение каждого экземпляра фиксируется в логе одной трассой. Трасса процесса содержит последовательность событий, полностью отражающую выполнение БП. Каждое событие лога характеризуется набором значений атрибутов объектов (обычно называемых артефактами [8, 9]), с которыми взаимодействует бизнес-процесс при выполнении, например: производимый продукт; исполнитель; подразделение. Совокупность таких артефактов образует контекст бизнес-процесса.

Проведенный аудит показал связь между состоянием контекста, представленного в виде наборов значений атрибутов объектов, а также множеством выбираемых последовательностей действий процесса. Поэтому дальнейшее исследование лога с целью выделения зависимостей между состоянием объектов процесса, а также повторяющимися последовательностями событий создает возможность выявления причинно-следственных зависимостей между контекстом и действиями процесса. Эти зависимости отражают как явные знания, которые были априорно включены в модель процесса, так и опыт работника, который применялся при адаптации процесса. Поэтому их выявление, последующая верификация, а также 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 зависимостей между состоянием артефактов контекста и повторяющимися последовательностями действий ЗБП. Это позволило бы выполнить экстернализацию зависимостей, используемых исполнителями при адаптации бизнес-процесса, и в дальнейшем, после верификации, включить эти зависимости в модель процесса.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ подходов к построению моделей знание-емких бизнес-процессов на основе исследования записанного в логах их поведения.

2. Разработать метод выделения контекстно-процедурных зависимостей знание-емкого бизнес-процесса на основе анализа их логов.

### 4. Анализ литературных данных

Парадигма process mining предусматривает построение workflow — графа с количеством вершин, соответствующим количеству уникальных событий в логе. Вершины и дуги графа соответствуют событиям лога и переходам между событиями. Важность действий (событий) процесса при построении модели обычно не учитывается. В ряде подходов учитывается частота повторения действий [1–5]. Недостаток такой парадигмы

состоит в том, что из полученного графа очень сложно выделить типовые последовательности действий и соответствующие им базовые закономерности их применения. При построении модели гибкого знание-емкого процесса такой граф будет обладать избыточным для анализа количеством вершин и дуг, что затрудняет его практическое использование [10].

Основанные на артефактах (используемых процессом объектах) подходы к моделированию бизнес-процессов позволяют описать последовательность обработки артефактов и соответствующего изменения их состояния [8, 9]. Такие методы направлены на описание контекстных преобразований объектов. Контекст при этом задается через совокупность атрибутов всех используемых процессом объектов. Однако рассматриваемые методы ориентированы на взаимодействие объектов и не обеспечивают возможности построить модель последовательности действий для процесса в целом. Это не позволяет связать состояние контекста и выбираемые с учетом этого состояния цепочки действий и, тем самым, не позволяет учесть в модели правила выбора этих последовательностей.

В то же время состояние контекста для каждого действия процесса задается в логе в виде набора значений атрибутов событий [11, 12], что свидетельствует о возможности извлечения этих зависимостей.

Проведенный анализ литературных данных позволяет сделать вывод о том, что существующие методы process mining используют только последовательность событий в логе и не учитывают влияние состояния артефактов контекста на порядок выполнения процесса. Однако учет влияния состояния артефактов контекста на последовательность действий является особенно актуальным для ЗБП вследствие того, что в них используются знания для усовершенствования workflow — составляющей таких процессов. Поэтому выявление зависимостей между состоянием контекста и действиями создает возможности для повышения эффективности управления такими процессами.

### 5. Материалы и методы исследований

Ключевым отличием знание-емких процессов является использование знаний для адаптации их поведения с учетом состояния контекста. Поэтому для решения поставленной в работе задачи необходимо рассмотреть структуру данного процесса, а также формальное описание его поведения, включающее правила выбора действий.

В соответствии с предлагаемым авторами подходом, знание-емкий бизнес-процесс включает в себя:

- алгоритм выполнения действий, представленный в виде workflow-графа;
- контекст выполнения действий, представленный в виде набора артефактов и связей между артефактами; под артефактами контекста будем понимать все объекты, которые используются действиями процесса;
- зависимости, определяющие взаимосвязь атрибутов артефактов с действиями бизнес-процесса.

Структура ЗБП имеет вид:

$$BP = \langle Ct, Kn, Wf \rangle,$$

где  $Ct$  — контекст бизнес-процесса;  $Kn$  — набор связей между контекстом и действиями в форме правил выбора действий;  $Wf$  — алгоритм действий бизнес-процесса.

Контекст включает в себя множество классов артефактов  $AF$ , а также связи между артефактами  $R_{RI}$ :  $Ct = \langle AF, R_{RI} \rangle$ .

Класс артефактов  $Af \in AF$  определяется набором характеризующих его атрибутов, а также допустимыми непересекающимися множествами значений каждого из атрибутов:  $Af = \{(a_i, V_i | \forall k \neq i V_i \cap V_k = \emptyset)\}$ , где  $Af$  — класс артефактов;  $a_i$  — атрибут всех артефактов класса  $Af$ ;  $V_i$  и  $V_k$  — множества допустимых значений для атрибутов  $a_i$  и  $a_k$  соответственно.

Каждый артефакт  $af \in Af$  определяется упорядоченным набором своих состояний, которые возникают при его взаимодействии с бизнес-процессом и на котором задано отношение строгого порядка:

$$af = \{af_m | \forall m \neq M \exists \forall m' : af_m \succ af_{m'}\}, \quad (1)$$

где  $|M|$  — количество состояний артефакта при выполнении бизнес-процесса;  $\succ$  — отношение строгого порядка, задающее переходы между состояниями артефакта.

Состояние  $af_m$  артефакта  $af \in Af$  в момент  $m$  возникновения события определяется через значения его атрибутов:

$$af_m = \{af_{m,i}^i\} = \{(a_{m,i}, v_{m,ij})\}, v_{m,ij} \in V_i, \quad (2)$$

где  $af_m^m$  — состояние экземпляра артефакта в дискретный момент времени  $m$ ;  $v_{k,ij}^m$  — значение атрибута  $a_{ki}^m$  экземпляра  $af_m$ .

Иными словами, между атрибутами и их значениями задано бинарное отношение  $\langle a_{m,i}, v_{m,ij} \rangle \in \gamma$ .

Каждое выполнение бизнес-процесса записывается в виде последовательности событий на одной трассе. При построении модели методом process mining общие события различных трасс объединяют, формируя тем самым алгоритм работы бизнес-процесса. Поэтому с учетом поставленной в работе задачи анализа уровня действий процесса  $Wf$  целесообразно представить в виде объединения трасс:

$$Wf = \bigcup_k \pi_k, \quad \pi_k \in \Pi, \quad k = \overline{1, K}, \quad (3)$$

где  $\pi_k$  — трасса из лога  $\Pi$ .

Каждая трасса состоит из упорядоченной последовательности событий, между которыми задано отношение перехода. Тогда  $Wf$  представляется в виде объединения упорядоченных последовательностей событий:

$$Wf = \bigcup_{k \in K} \{(e_{k,s}, e_{k,s+1}) | s = \overline{1, S-1}\}, \quad (4)$$

где  $e_{k,s}, e_{k,s+1}$  — последовательно выполнившиеся на трассе  $\pi_k$  события.

На трассе  $\pi_k$  размещается  $S$  событий — т. е.  $|\pi_k| = S$ .

На разных трассах процесса могут возникать одни и те же события. Событие  $e_{k,s}$ , которое возникает хотя бы на двух трассах процесса, будем обозначать без указания индекса трассы:

$$e_s = e_{k,s} | \exists k' \in K : e_{k',s} = e_{k,s}, \quad (5)$$

где  $e_s$  — это  $s$ -событие, которое возникает как минимум на двух трассах  $\pi_k$  и  $\pi_{k'}$  из множества трасс лога;  $K$  — количество трасс лога.

Каждое событие характеризуется набором атрибутов, а также значений этих атрибутов при условии существования такого состояния у соответствующего артефакта:

$$e_s = \{(a_{s,i}, v_{s,ij}) | \exists af_{s,i}\} = \{a_{s,i} \gamma v_{s,ij} | \exists af_{s,i}\}, \quad (6)$$

где  $a_{m,i}$  — это  $i$ -атрибут события  $e_m$ ;  $v_{m,ij}$  — это  $j$ -значение атрибута  $a_{m,i}$ ;  $af_{s,i}$  —  $i$ -атрибута артефакта, которое появилось при возникновении события  $e_s$ ,  $\gamma$  — бинарное отношение между атрибутом и его значением.

Составляющая знаний содержит набор правил  $Rl_{PC}$ , связывающих атрибуты артефактов контекста с действиями либо наборами действий (подпроцессами), а также правила взаимодействия процессов  $Rl_{CM}$ :  $Kn = \langle Rl_{PC}, Rl_{CM} \rangle$ .

Данная работа посвящена выявлению первой составляющей знаний  $Rl_{PC}$ . Любое правило  $rl_{PC} \in Rl_{PC}$  связывает состояние подмножества артефактов контекста в момент  $m$  с последующей цепочкой событий, отражающей выполнение действий бизнес-процесса:

$$rl_{PC} : \bigvee_{l \in L} (\bigvee_{i \in I} af_{m,i}^l) \rightarrow (e_s \succ e_{s+1} \succ \dots \succ e_{s+n}), \quad (7)$$

где  $L$  — количество артефактов, которые составляют прецедент правила в момент  $m$ ;  $n$  — количество действий подпроцесса, которые входят в консеквент данного правила;  $s$  — состояние, в котором начинает выполняться подпроцесс.

В том случае, если правило (7) имеет вид  $rl_{PC} : \bigvee_{l \in L} (\bigvee_{i \in I} af_{m,i}^l) \rightarrow e_{m+1}$ , то это правило выбора действия. Если правило задает последовательность действий начиная с состояния  $m+1$ :  $rl_{PC} : \bigvee_{l \in L} (\bigvee_{i \in I} af_{m,i}^l) \rightarrow (e_{m+1} \succ \dots \succ e_{m+n})$ , то такое правило будем рассматривать как контекстно-процедурное.

Проведенная структуризация контекста бизнес-процесса показывает особенности представления в лог процесса контекстно-процедурных зависимостей, отражающих используемые исполнителями знания. Эти зависимости в общем случае представлены на двух уровнях детализации: артефакты  $\rightarrow$  процедуры; атрибуты и их значения  $\rightarrow$  процедуры. Поэтому в дальнейшем будет рассмотрен подход к выделению контекстно-процедурных зависимостей на обоих указанных уровнях.

## 6. Результаты исследований

Предлагаемый метод направлен на выявление правил, отражающих выбор действий ЗБП в зависимости от состояния контекста.

Исходными данными для метода являются лог знание-емкого бизнес-процесса, а также набор объектов, с которыми этот процесс взаимодействует.

В работе используется размещенный в открытом доступе лог ИТ-подразделения фирмы Volvo. Этот лог содержит записи о бизнес-процессе сервисного обслуживания ИТ-клиентов. Процесс выполняется подразделениями фирмы, размещенными в различных странах. Проблема управления такими процессами состоит в том, что эффективность различных экземпляров процесса, реализуемых в разных странах, существенно отличается. По мнению руководства предприятия, причина неэффективного выполнения процессов в отдельных странах лежит в попытках сотрудников изменить ход процесса, перебросив ответственность на коллег. Таким образом,

данный лог содержит описание бизнес-процесса, на изменение последовательности выполнения и последующее понижение эффективности которого оказывают влияние персональные знания исполнителей.

Процесс использует ряд артефактов, включая: обрабатываемый продукт; исполнитель; подразделение; действие процесса.

Продукт задается своим наименованием. Действие процесса характеризуется атрибутами названия и текущего состояния, а также степени влияния на ход процесса. Подразделение описывается атрибутами названия и страны. Исполнитель определяется с помощью атрибутов имени и выполняемой роли.

Метод предназначен для нахождения зависимостей вида (7). Такие правила содержат две составляющие: состояние контекста и последовательность действий. Поэтому в соответствии с предлагаемым методом необходимо найти повторяющиеся состояния контекста (антецедент правила), а также повторяющиеся отдельные действия, или их последовательности (консеквент правила). Затем необходимо установить связи между антецедентом и консеквентом.

Состояние контекста, как было показано выше, выражается через значения атрибутов артефактов. Эти значения содержатся в описании событий лога. Поэтому состояние контекста представляет собой конъюнкцию атомарных формул, характеризующих состояние отдельных атрибутов событий лога.

Последовательности действий процесса записываются в лог в виде повторяющихся на различных трассах последовательностей событий. Зависимости между контекстом и действиями процесса выражаются через зависимости между атрибутами событий до текущего события включительно, а также записанными в лог последовательностями событий, которые возникли после текущего события.

Каждое событие характеризуется значениями атрибутов артефактов. Поэтому правила (7) вида «состояние → действие» могут быть легко преобразованы в правила вида «состояние1 → состояние2», в которых отдельные действия рассматриваются и характеризуются аналогично другим артефактам контекста бизнес-процесса. Это позволяет представлять процесс с различной детализацией в виде цепочки правил. При необходимости детализации действие преобразуется в соответствующее состояние, которое может служить антецедентом для следующего правила и т. п.

Предлагаемый метод включает в себя следующие этапы.

Этап 1. Фильтрация событий лога.

Этап 2. Формирование повторяющихся последовательностей событий.

Этап 3. Формирование повторяющихся наборов атрибутов, а также артефактов.

Этап 4. Построение зависимостей между артефактами и событиями процесса.

Задача этапа 1 состоит в том, чтобы удалить избыточные данные из лога, а также создать множество уникальных событий, каждое из которых соответствует одно операции. На данном этапе выполняются два шага:

Шаг 1.1. Удаление статических атрибутов  $a_{s,i}^{const}$ . Критерий постоянства атрибута имеет следующий вид: значения такого атрибута неизменны для всех событий лога, с которыми они связаны:

$$a_{s,i}^{const} \Leftrightarrow \exists s, i: e_s = \{a_{s,i} \gamma v_{s,ij}\} \wedge (\forall s' \in S v_{s,ij} = v_{s',ij}), \quad (8)$$

где  $S$  — множество индексов уникальных событий в лог процесса.

Атрибуты  $a_{s,i}^{const}$  отражают неизменный для данного процесса контекст, не влияют на выбор действий ЗБП и поэтому могут быть исключены из дальнейшего рассмотрения.

Шаг 1.2. Объединение событий на основе заданного уровня грануляции времени.

Данный шаг необходимо выполнять в том случае, если события записаны с различной степенью детализации времени либо рассматриваются продолжительные по времени бизнес-процессы, в которых необходимо объединить однотипные операции с заданной степенью обобщения.

Предлагаемый критерий обобщения рассчитывается отдельно по каждой трассе в лог процесса и имеет следующий вид:

$$e_s \equiv e_{s+1} | (\forall i v_{s,ij} = v_{s+1,ij}) \wedge \frac{\tau_{s+1} - \tau_s}{\tau_s - \tau_1} < \epsilon, \quad (9)$$

где  $\tau_s$  и  $\tau_{s+1}$  — временные метки событий  $e_s$  и  $e_{s+1}$  соответственно, которые содержат дату и время возникновения этих событий;  $\tau_1$  и  $\tau_s$  — временные метки первого и последнего события фильтруемой трассы процесса;  $\epsilon$  — пороговый уровень грануляции времени для трассы процесса.

Проиллюстрируем выполнение данного этапа на примере простой трассы лога из 6 событий (табл. 1). Ряд атрибутов (org:group, organization country, organization involved, org:role) не изменяется и потому удовлетворяют критерию (8). Их целесообразно исключить перед дальнейшей обработкой. Отметим, что количество избыточных атрибутов определяется сформированной на предприятии структурой описания с событий.

Таблица 1

Пример трассы лога

События	Атрибуты									
	org:group	resource country	organization country	org:resource	organization involved	org:role	concept:name	impact	lifecycle:transition	
<b>e<sub>1</sub>(e<sub>1</sub>) — 2006-11-07T10:00:36+01:00</b>	—	A2	Sweden	cn	Tomas	M1-2nd	A2-2	Accepted	Medium	In Progress
<b>e<sub>2</sub>(e<sub>1</sub>) — 2006-11-07T13:05:44+01:00</b>	—	A2	Sweden	cn	Tomas	M1-2nd	A2-2	Accepted	Medium	In Progress
<b>e<sub>3</sub>(e<sub>2</sub>) — 2006-11-07T13:05:44+01:00</b>	—	A2	Sweden	cn	Tomas	M1-2nd	A2-2	Accepted	Medium	Wait
<b>e<sub>4</sub>(e<sub>3</sub>) — 2009-12-02T14:24:32+01:00</b>	—	A2	Sweden	cn	Tomas	M1-2nd	A2-2	Accepted	Medium	In Progress
<b>e<sub>5</sub>(e<sub>4</sub>) — 2011-09-03T07:09:09+02:00</b>	—	A2	China	cn	Carrie	M1-2nd	A2-2	Accepted	Medium	In Progress
<b>e<sub>6</sub>(e<sub>5</sub>) — 2012-01-20T10:23:27+01:00</b>	—	A2	China	cn	Carrie	M1-2nd	A2-2	Completed	Medium	Closed

Также в данном иллюстративном примере видно, что продолжительность  $\tau_5 - \tau_1$  выполнения данного экземпляра сервисного бизнес-процесса составляет 6 лет, 2 месяца, 13 дней и 23 часа. В то же время имеются события  $e_1$  и  $e_2$ , с идентичным набором атрибутов, разность временных меток которых  $\tau_2 - \tau_1$  составляет чуть более 3-х часов. Эта пара событий удовлетворяет критерию (9) даже при  $\epsilon = 0,01$ . Поэтому два рассмотренных события целесообразно объединить и рассматривать в качестве отображения в логе только одного действия процесса. В табл. 1 в скобках указаны номера событий после объединения. В табл. 1 отображена только одна трасса в силу ограничений по объему статьи.

Этап 2 посвящен формированию повторяющихся последовательностей событий.

При реализации данного этапа не рассматриваются связи между событиями, а также темпоральная составляющая, поэтому используется адаптированный к особенностям представления лога алгоритм ArgioriAll. Указанный алгоритм обычно применяется для поиска последовательных шаблонов в Data Mining.

Задача данного этапа состоит в том, чтобы найти повторяющиеся на различных трассах лога не менее двух раз последовательности событий. Выбор такого уровня поддержки определяется тем, что типовое решение должно быть использовано хотя бы в двух экземплярах процесса.

Применяемый на данном этапе алгоритм на каждом цикле работы увеличивает длину повторяющихся последовательностей, проверяя уровень поддержки. На первом этапе выявляются повторяющиеся на разных трассах единичные события. Полученные события затем используются на втором этапе в качестве исходного набора данных.

Пример представления результатов данного этапа для четырех трасс лога сервисного процесса, первая из которых представлена в табл. 1, имеет следующий вид (в скобках указана поддержка):  $\langle e_1(2) \rangle, \langle e_2(2) \rangle, \langle e_3(2) \rangle, \langle e_4(3) \rangle, \langle e_5(3) \rangle$ . Затем выполняется объединение событий:  $\langle e_1, e_2(2) \rangle, \langle e_3(2) \rangle, \langle e_4, e_5(3) \rangle$ . В отличие от традиционного алгоритма, при объединении событий необходимо учитывать, что между ними задано отношение строгого порядка, т. е. нельзя объединить  $e_1$  и  $e_3$ .

Результирующая последовательность объединяет тройку и пару событий:  $\langle e_1, e_2, e_3(2) \rangle, \langle e_4, e_5(2) \rangle$ , отражающих два подпроцесса общего БП. Поскольку пример иллюстрирует выделение связей между состоянием и действиями процесса, то дальнейшее объединение событий в единый процесс не выполнялось. Расшифровка этих событий приведена в описании трассы в табл. 1.

Этап 3 посвящен выделению взаимосвязанных атрибутов и артефактов процесса.

При реализации данного этапа используется адаптированный и алгоритм ассоциативных зависимостей FPG (Frequent Pattern-Growth), применяемый в области в Data Mining. Данный алгоритм строит дерево последовательностей часто встречающихся предметов (в данном случае — атрибутов и значений атрибутов событий). Затем для каждого атрибута из исходного дерева строится условное дерево, которое содержит только связанные с ним атрибуты. Путем обхода дерева рассчитывается уровень поддержки связанных атрибутов. В результирующем наборе остаются только атрибуты с уровнем поддержки превышающим заданный. Адаптированный подход отличается

тем, что такие зависимости формируются комплексно, для двух уровней иерархии: артефакт; а также атрибут и значение атрибута.

Для 4-х используемых в примере трасс лога сервисного процесса выделены несколько устойчивых взаимосвязей. В частности, по исполнителям эти взаимосвязанные атрибуты имеют вид:

$$\left\langle \begin{array}{l} \text{resource country} = \text{Sweden, org : resource} = \text{Tomas,} \\ \text{concept : name} = \text{Accepted, impact} = \text{Medium,} \\ \text{lifecycle : transition} = \text{In Progress(5)} \end{array} \right\rangle,$$

$$\left\langle \begin{array}{l} \text{resource country} = \text{China, org : resource} = \text{Carrie,} \\ \text{concept : name} = \text{Accepted, impact} = \text{Medium,} \\ \text{lifecycle : transition} = \text{In Progress(5)} \end{array} \right\rangle,$$

где 5 — уровни поддержки данного набора атрибутов и их значений.

Связи между объектами, как видно из выражений (1), (2), сводятся к связям между подмножествами характеризующих их пар (атрибут, значение). Исполнитель характеризуется парой атрибутов (страна, имя), а действие — (название, стадия жизненного цикла).

Связь между объектами:

$$\begin{aligned} \text{Исполнитель} &= \\ &= \langle \text{resource country} = \text{China, org : resource} = \text{Carrie} \rangle \end{aligned}$$

и

$$\begin{aligned} \text{Действие} &= \\ &= \langle \text{concept : name} = \text{Completed, impact} = \text{Medium,} \\ &\quad \text{lifecycle : transition} = \text{Closed} \rangle \end{aligned}$$

имеет поддержку 4 на четырех трассах. Это означает, что данный исполнитель всегда завершает бизнес-процесс. Связь исполнителя Tomas с действием Accepted имеет поддержку 9. Соответственно, данный исполнитель занимается этим процессом, но не завершает его.

Этап 4 посвящен формированию зависимостей между артефактами и событиями процесса.

На данном этапе не только выявляется зависимость вида (7), но и уточняются атрибуты, которые входят в состав такой зависимости. Для этого выполняются два шага.

Шаг 4.1. Выявление зависимостей между состоянием артефактов контекста и событиями лога, отражающими действия процесса. На данном шаге так же, как и на этапе 2 используется алгоритм поиска последовательных шаблонов ArgioriAll. Применимость данного алгоритма обосновывается тем, что состояние контекста, согласно выражениям (2) и (6) может быть сведено к событиям, вызвавшим это состояние. Это позволяет искать связь между последовательностями событий, соответствующих antecedentu и консеквенту.

Для приведенного в табл. 1 примера состояние процесса задается атрибутами, определяющими страну (resource country), исполнителя (org: resource), наименование (concept: name) и состояние действия (lifecycle: transition), а также важность действия (impact). Значения этих атрибутов задаются в результате возникновения последовательности событий  $\langle e_1, e_2, e_3 \rangle \Rightarrow \langle e_4, e_5 \rangle$ . Результат первых трех событий задается в виде последовательности

изменения состояний объектов «исполнитель» и «действие процесса». Их состояние видно из строки 4 таблицы (событие  $e_3$ ).

Шаг 4.2. Уточнение атрибутов.

На данном шаге из полученной зависимости удаляются повторяющаяся информация — т. е. дублирующиеся значения атрибутов. Также удаляются те атрибуты, которые не изменяются при возникновении следующего события. Например, исполнитель Tomas из Швеции связан со всеми тремя событиями. Очевидно, что достаточно оставить только последнее значение атрибутов *resource country* и *org: resource*. При переходе к  $(e_4, e_5)$  не изменяется имя действия (*concept: name*) и степень его влияния (*impact*). Поэтому их также можно исключить из результирующего правила. Тогда результирующее правило для данного примера на уровне атрибутов будет иметь вид:

$$\begin{aligned} resource\ country &= Sweden \wedge org : resource = Tomas \wedge \\ lifecycle : transition &= InProgress\ N\ Wait\ N\ InProgress \Rightarrow \\ &\Rightarrow e_4\ N\ e_5, \end{aligned}$$

где  $N$  — темпоральный оператор, определяющий связи между состояниями процесса.

В частности, *InProgress N Wait* означает, что после состояния операции *InProgress* обязательно, без промежуточных состояний возникает состояние *Wait*.

Таким образом, данный метод позволяет вывить подпроцессы, а также связи между состоянием артефактов контекста и подпроцессами.

## 7. SWOT-анализ результатов исследований

Проведенный анализ предложенного метода выделения контекстно-процедурных зависимостей знание-емкого бизнес-процесса на основе анализа логов показал следующее.

Среди сильных сторон данного метода следует отметить возможность использования полученных зависимостей в системах менеджмента знаний, что позволяет реализовать бизнес-процесс в форме логического вывода на процессных знаниях. Кроме того, формализация и документирование знаний исполнителей позволяют обосновать повышение стоимости интеллектуального капитала предприятия.

Предлагаемый метод позволяет найти зависимости, которые влияют на выбор действий процесса. Эти зависимости затем включаются в модель ЗБП, что позволяет усовершенствовать такую модель и, как следствие, повысить эффективность процессного управления. Также это позволит нивелировать негативное влияние человеческого фактора при выполнении БП.

Слабые стороны данного исследования связаны с использованием предположений об отсутствии существенных ошибок при записи лога, а также об использовании в структуре лога достаточного для выделения правил количества атрибутов событий.

Лог бизнес-процесса формируется процессно-ориентированной информационной управляющей системой в автоматическом режиме, что в общем случае снижает вероятность ошибок. Однако в таких системах возможна потеря или искажение части данных лога вследствие аппаратно-программных сбоев. В частности, в географи-

чески распределенных системах могут быть искажены временные метки, поскольку они будут указывать не реальное время выполнения действий, а момент времени записи события из очереди событий.

Второе предположение связано с тем, что структура лога конфигурируется при создании модели процесса и с течением времени, по мере его эволюции, может не содержать всех необходимых атрибутов используемых объектов.

Дополнительные возможности предлагаемого метода, обеспечивающие достижение цели исследования, связаны с учетом не только контекстно-процедурных зависимостей, но и взаимосвязей между взаимодействующими процессами.

## 8. Выводы

1. Проведен анализ подходов к построению моделей «как есть» знание-емких бизнес-процессов средствами интеллектуального анализа процессов. Показано, что в рамках парадигмы интеллектуального анализа процессов основное внимание уделяется построению workflow-моделей, описывающих алгоритм действий процесса. Однако такие модели не учитывают влияние контекста на последовательность действий, что не позволяет разделить типовые и высокоэффективные решения, а также выделить правила их использования. Это значительно понижает практическую ценность полученных с помощью традиционных подходов моделей таких процессов.

2. Предложен метод выделения контекстно-процедурных зависимостей знание-емкого бизнес-процесса на основе анализа его лога. Метод предусматривает выявление повторяющихся последовательностей событий, отражающих отдельные процедуры, либо подпроцессы выполняющегося процесса, а также выделение состояний артефактов контекста и связей между артефактами, обуславливающих выполнение указанных действий. Метод создает условия для повышения эффективности процессного управления знание-емкими бизнес-процессами на основе дополнения модели ЗБП зависимостями, отражающими связь свойств артефактов 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. Weske, M. Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures [Text] / M. Weske. — Ed. 2. — Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012. — 403 p. doi:10.1007/978-3-642-28616-2
3. 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
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 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
6. Easterby-Smith, M. Handbook of Organizational Learning and Knowledge Management [Text] / M. Easterby-Smith, M. A. Lyles. — John Wiley & Sons, 2011. — 711 p. doi:10.1002/9781119207245

7. Nonaka, I. Perspective — Tacit Knowledge and Knowledge Conversion: Controversy and Advancement in Organizational Knowledge Creation Theory [Text] / I. Nonaka, G. von Krogh // Organization Science. — 2009. — Vol. 20, № 3. — P. 635–652. doi:10.1287/orsc.1080.0412
8. 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.
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. — Vol. 46, № 4. — P. 703–721. doi:10.1147/sj.464.0703
10. 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
11. Günther, C. W. OpenXES. Developer Guide [Text] / C. W. Günther, E. Verbeek. — Technische Universiteit Eindhoven University of Technology, 2014. — 38 p.
12. 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

## ВИДІЛЕННЯ КОНТЕКСТНО-ПРОЦЕДУРНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ЗНАННЯ-МІСТКИХ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЛОГІВ

Розглянуто знання-місткі бізнес-процеси, які адаптуються виконавцями під час виконання за допомогою персональних знань і досвіду. Показано, що для підвищення ефективності управління такими процесами необхідно виявити контекстно-залежні знання виконавців і потім включити їх в модель процесу. Запропоновано метод виділення контекстно-процедурних залежностей знання-місткого бізнес-процесу на основі аналізу логів.

**Ключові слова:** знання-місткий 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: levykinvictor@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: levykinvictor@gmail.com.*

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

УДК 614:18:574.2

DOI: 10.15587/2312-8372.2016.86247

**Березуцкий В. В.,  
Халиль В. В.,  
Горбенко В. В.,  
Янчик А. Г.,  
Макаренко В. В.,  
Люфтман Д.**

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КИБЕРОПАСНОСТИ НА ПРОФЕССИОНАЛЬНУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ

*Рассмотрены проблемы процесса компьютеризации производств, технологий и жизнедеятельности людей в контексте необходимости и возможности обеспечения кибербезопасности и профессиональной безопасности людей. Показано, что масштабы кибертехнологий вызывают необходимость защищать пользователей от киберугрозы рисков использования компьютеров. Основное внимание обращено на безопасность человека, как главного элемента, определяющего источник угроз и необходимость его защиты.*

**Ключевые слова:** компьютеризация, кибербезопасность, киберугроза, риск, медиа экология, коммуникации, профессиональная безопасность.

### 1. Введение

Распространенная и настойчивая головоломка кибербезопасности остается одним из главных вопросов управления и технологий по всему земному шару, без признаков уменьшения ее важности. На самом деле кибербезопасность остается в списке главных проблем управления и топ-технологий с 1980 г. [1], когда было сделано первое обследование ИТ-тенденций. Проблема

безопасности представляется в контексте безопасности предприятия в целом, а также охраны здоровья и безопасности работников. Киберугрозы исходят не только от влияния внешних программных продуктов, а также факторов, влияющих на условия труда и квалификации работников на всех уровнях, в том числе аутсорсинга. Кроме того, соображения безопасности производства, которые не отвечают нормативным требованиям, также могут привести к нарушению на рабочем месте.