

УДК 004.891.3

В. М. ЛЕВЫКИН, О. В. ЧАЛАЯ

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОНТЕКСТА ЗНАНИЕ-ЕМКОГО БИЗНЕС-ПРОЦЕССА

У роботі на основі структуризації знання-місткого бізнес-процесу, розроблені ієрархічна модель контексту такого процесу, а також модель життєвого циклу артефакту контексту. Ієрархічна модель контексту визначає ієрархію артефактів як об'єктів, з якими взаємодіє бізнес-процес. Модель дозволяє аналізувати обробку артефактів не лише в часовому, а і в просторовому аспекті, забезпечуючи можливість структуризації такого процесу з урахуванням організаційної структури підприємства. Запропонована узагальнена модель життєвого циклу артефакту містить набір його атрибутів, а також впорядковану послідовність дій по обробці артефакту в рамках одного екземпляру бізнес-процесу. Модель забезпечує можливість о поетапного удосконалення бізнес-процесу шляхом адаптації послідовності дій в рамках життєвого циклу окремих артефактів.

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

В работе на основе структуризации знания-емкого бизнес-процесса, разработаны иерархическая модель контекста такого процесса, а также модель жизненного цикла артефакта контекста. Иерархическая модель контекста определяет иерархию артефактов как объектов, с которыми взаимодействует бизнес-процесс. Модель позволяет анализировать обработку артефактов не только во временном, но и в пространственном аспекте, обеспечивая возможность структуризации такого процесса с учетом организационной структуры предприятия. Предложенная обобщенная модель жизненного цикла артефакта содержит набор его атрибутов, а также упорядоченную последовательность действий по обработке артефакта в рамках одного экземпляра бизнес-процесса. Модель обеспечивает возможность в поэтапного усовершенствования бизнес-процесса путем адаптации последовательности действий в рамках жизненного цикла отдельных артефактов.

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

In this paper, based on the structuring of knowledge-capacious business process, a hierarchical model the context of this process, as well as the model of artifact context lifecycle is developed. The hierarchical context model defines a hierarchy of artifacts - objects, which interact with the business process. The model allows you to analyze processing artifacts, not only in time but also in the spatial aspect, enabling the structuring of this process, taking into account the organizational structure. The proposed generalized model of artifact lifecycle contains a set of its attributes and an ordered sequence of processing artifact actions that corresponds a single instance of a business process. The model makes it possible continuous improvement of the business process by adapting the sequence of actions in the framework of individual artifacts lifecycle.

Keywords: knowledge-intensive business process, intelligent process analysis, process control, context, artifact.

Введение. Процессный подход к управлению предприятием основан на построении моделей бизнес-процессов (БП) и дальнейшем управлении БП с использованием полученной модели. Модель бизнес-процесса определяет набор последовательностей действий, позволяющих решить одну из функциональных задач предприятия [1, 2].

При моделировании бизнес-процессов основное внимание уделяется построению workflow – графа, описывающего алгоритм выполнения процесса. Такой подход эффективен для процессов с априорно заданной структурой. Однако для процессов с изменяющейся структурой требуется итеративная перестройка workflow – описания.

Знание-емкие бизнес-процессы (ЗБП) являются процессами с изменяющейся структурой. В отличие от традиционных бизнес-процессов с априорно заданной структурой, ЗБП включают в себя компоненту знаний [3]. Указанная компонента определяет выбор действий ЗБП, позволяющих достичь цели процесса с учетом текущего состояния предметной области [4].

Множество взаимосвязанных объектов предметной области, взаимодействующих с бизнес-процессом, составляют контекст выполнения ЗБП. Свойства и состояние объектов контекста определяют набор исходных данных для компоненты знаний, задающей выбор последовательности действий по решению соответствующей функциональной задачи.

Поэтому при моделировании знание-емких бизнес-процессов традиционную workflow – модель необходимо дополнить не только описанием зависимостей, определяющих выбор нужной

последовательности действий, но и моделью контекста, задающей область определения для компоненты знаний.

Анализ последних исследований и публикаций. Моделирование объектов контекста, которые используются бизнес-процессом, рассматривается в рамках основанного на артефактах (artifact-centered) подхода [5–7]. Такой подход основан на выделении артефактов (объектов, взаимодействующих с бизнес-процессом) и построении для каждого артефакта информационной модели, а также модели жизненного цикла [8]. Первая из указанных моделей содержит описание артефакта в виде набора характеризующих артефакт данных. Вторая модель содержит подпроцесс обработки артефакта, начиная от его создания и до удаления с указанием вызывающих его событий [8].

Основанный на артефактах подход используется для моделирования синхронизации состояний объектов без явного задания последовательности действий бизнес-процесса, задающего их обработку. Это сужает область применения указанного подхода до бизнес-процессов конвейерного типа, в которых последовательность действий определяется последовательностью операций жизненного цикла используемых объектов [9, 10].

При использовании знание-емких бизнес-процессов необходимо рассматривать не отдельные артефакты, а совокупность взаимодействующих объектов, которые составляют контекст ЗБП. Однако в настоящее время не исследованы вопросы моделирования контекста бизнес-процесса с позиций

системного подхода, с учетом как свойств отдельных объектов, так и взаимосвязей между ними.

Изложенное определяет актуальность темы данной работы.

Целью данной статьи является разработка модели контекста знание-емкого бизнес-процесса, задающей описание объектов контекста в виде набора атрибутов, а также связей между этими объектами. Это даст возможность выполнить выявление и верификацию компоненты знаний путем исследования записей о поведении уже выполнившихся процессов и, тем самым, сократить затраты на получение адекватной модели знание-емкого бизнес-процесса.

Иерархическая модель контекста знание-емкого бизнес-процесса. Перед детализацией и построением модели контекста необходимо рассмотреть общую структуру ЗБП, а также последовательность взаимодействия контекста с другими составляющими такого процесса.

ЗБП включает в себя следующие составляющие (рис. 1):



Рис. 1 – Взаимодействие составляющих знание-емкого бизнес-процесса

– набор последовательностей действий (workflow);

– контекст, состоящий из набора используемых процессом объектов;

– знания, определяющие выбор predetermined последовательности действий

На уровне workflow знание-емкий бизнес-процесс объединяет в себе несколько традиционных под-процессов с априорно определенной последовательностью действий.

Выбор последовательности действий, позволяющих достичь цели процесса, осуществляется на уровне знаний в соответствии с состоянием контекста ЗБП.

Контекст содержит набор объектов (артефактов), которые используются при выполнении действий процесса, а также влияют на его выполнение. В дальнейшем выражение «объект, который

используется при выполнении действий процесса» «артефакт» будем рассматривать как эквивалентные по смыслу.

Взаимодействие между составляющими ЗБП осуществляется следующим образом:

– текущее состояние контекста, определяемое через состояние и взаимосвязи его объектов, задает условия для выполнения predetermined последовательностей действий процесса;

– выбор действий процесса осуществляется с помощью правил, относящихся к уровню знаний; antecedent правил задается через атрибуты, а также значения атрибутов объектов контекста бизнес-процесса;

– в результате выполнения predetermined последовательности действий (подпроцесса ЗБП) изменяются значения атрибутов объектов контекста и, следовательно, состояние контекста в целом.

Модель структуры ЗБП представляется следующим короткежем:

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

где Ct – контекст бизнес-процесса;

Kn – набор правил выбора действий ЗБП в зависимости от контекста;

Wf – набор последовательностей действий бизнес-процесса.

Контекст содержит множество составляющих его объектов и связи между этими объектами:

$$Ct = \langle AF, R_{Ct} \rangle, \quad (2)$$

где AF – множество объектов, составляющих контекст;

R_{Ct} – контекстные зависимости, которые включают в себя связи между артефактами.

Основная задача, которая решается при построении иерархической модели контекста, заключается в интеграции процессного и функционального подходов к управлению предприятием. Используемые при процессном управлении БП горизонтально связывают различные подразделения предприятия, формируя цепочку вход (материалы, ресурсы) → обработка → выход (ценный для потребителя результат, продукт, сервис).

Функциональный подход к управлению связан с существующей организационной структурой предприятия и основан на многоуровневой детализации выполняемых функциональных задач по подразделениям таким образом, чтобы исполнители нижнего уровня выполняли наиболее простые, атомарные операции. При функциональном подходе учитывается как иерархия задач, так и иерархия исполнителей. Учет иерархий задач и исполнителей дает возможность структурировать бизнес-процесс по подразделениям, подзадачам. На каждом уровне иерархии бизнес-процесс можно рассматривать с различной степенью детализации.

Контекст включает в себя все объекты, используемые при реализации действий БП, в том числе исполнителей, подразделения организации,

подзадачи и т.п. Поэтому для интеграции функционального и процессного подходов в ЗБП необходимо построить иерархию артефактов контекста. После этого с каждым объектом в иерархии связывается подпроцесс, который включает в себя операции по взаимодействию с артефактом. Такой подпроцесс будем рассматривать как сервис по работе с артефактом.

Операции по использованию артефактов выполняются только в случае возникновения соответствующих условий, выраженных через состояние этих артефактов. Состояние артефактов задается набором их атрибутов, а также значениями этих атрибутов.

Многоуровневое представление контекста, включающее в себя рассмотренные элементы, представлено на рис. 2.



Рис. 2 – Иерархическое представление контекста знание-емкого бизнес-процесса

Таким образом, при построении иерархической модели контекста необходимо определить классы артефактов через его их атрибуты и множества допустимых значений этих атрибутов, задать отношения между классами артефактов, а также определить сервисы по обработке артефактов.

Класс артефактов задается через набор атрибутов, а также множество значений этих каждого из атрибутов с учетом ограничений на допустимые значения атрибутов:

$$Af = \{(a_i, V_i | \forall k \neq i V_i \cap V_k = \emptyset)\}, \quad (3)$$

где Af – класс артефактов;

a_i – атрибут всех артефактов класса Af ;

V_i, V_k – множество допустимых значений атрибутов a_i и a_k соответственно.

Каждый из экземпляров артефактов af произвольного класса Af характеризуется набором значений атрибутов в текущий момент времени.

$$af^m = \{a_i, v_{ij}\}, v_{ij} \in V_i, \quad (4)$$

где af^m – состояние экземпляра артефакта в дискретный момент времени m ;

v_{ij} – значение атрибута a_i экземпляра af^m .

Иерархия классов артефактов формируется на основе отношения обобщения/детализации. Данное отношение показывает, что более общий объект определяется через набор более детальных объектов. Иными словами, детальные объекты входят в состав более общего. Поэтому отношение обобщения/детализации в рассматриваемой интерпретации представляет собой отношение включения для множеств. Тогда при определении всех артефактов контекста необходимо определять иерархию через отношения включения:

$$AF = (\{Af\}, R^H), R^H = \{ \subset, \subseteq \}, \quad (5)$$

где R^H – отношение включения.

Для построения общей иерархии артефактов отношение включения будем считать тотальным:

$$\forall (Af_k, Af_l) \exists r_{k,l}^H \in R^H | k \neq l, \quad (6)$$

где Af_k, Af_l – отличающиеся классы артефактов;

$r_{k,l}^H$ – одно из отношений из множества $\{ \subset, \subseteq \}$.

В практическом плане это означает, что все артефакты будут упорядочены по степени детализации, и при выделении сервисов по уровням иерархии мы сможем детализовать любой сервис за исключением самого нижнего уровня детализации.

С учетом того, что каждый класс артефактов представляется множеством его экземпляров, а каждый экземпляр – множеством состояний, то иерархия экземпляров контекста примет вид:

$$AF = (\{ \{ \{ a_i, v_{ij} \} \}, \{ \subset, \subseteq \} \}, \quad (7)$$

где $\{ a_i, v_{ij} \}$ – описание экземпляра артефакта в некоторый дискретный момент времени в формате набора пар (атрибут, значение).

Сервис представляет собой последовательность действий по обработке одного объекта заданного класса. Перечень действий, доступный в конкретном контексте, также может быть определен как набор артефактов. Этот набор действий – артефактов упорядочен отношением перехода, переводящим процесс обработки используемых ЗБП объектов из одного состояния в другое.

Тогда произвольный сервис включает упорядоченный набор действий по обработке класса артефактов:

$$Sr = (Af, \{d_i\}, R^T), \quad (8)$$

где d_i – действие по обработке артефакта Af ;

R^T – отношения между действиями процесса во временном аспекте.

Отношение между действиями процесса определяется на основе отношения перехода: $R^T = \{>, >, \geq\}$, где $>$ – отношение перехода между двумя последовательными действиями; $>$ – транзитивное замыкание отношения перехода; \geq – отношение достижимости.

Сервис по обработке артефакта содержит всю доступную в рамках исходного бизнес-процесса последовательность действий, обеспечивающих взаимодействие БП этим артефактом. В наиболее общем случае первым действием сервиса будет создание объекта, а последним – его уничтожение. Такой сервис, очевидно, представляет собой полный жизненный цикл артефакта.

При процессном управлении объекты не всегда создаются и уничтожаются бизнес-процессом. Поэтому под жизненным циклом артефакта будем понимать последовательность действий с объектом в рамках одного экземпляра бизнес-процесса. Каждый экземпляр бизнес-процесса создается и выполняется однократно.

В информационных управляющих системах последовательность действий экземпляра бизнес-процесса обычно фиксируется в виде последовательности событий в логе (журнале регистрации событий бизнес-процесса). Такая последовательность составляет одну трассу лога. Из этого следует, что жизненный цикл артефакта отражен в трассах лога.

Тогда модель жизненного цикла артефакта должна включать описание артефакта, а также набор действий над ним, который отражен в логе при записи одного экземпляра бизнес-процесса.

Пусть лог Π состоит из набора трасс π . Каждая трасса содержит запись о выполнении одного экземпляра процесса в виде упорядоченной последовательности событий e_i : $\pi = (\{e_i\}, >)$. Тогда жизненный цикл артефакта, реализованный на трассе π , содержит только те действия d_i процесса, которые обладают следующими признаками: записаны на трассе π ; обладают атрибутами артефакта.

Модель жизненного цикла артефакта определяется следующим образом:

$$Lc = \left(\left\{ af \in Af, \right. \right. \\ \left. \left. \left\{ d_i \mid (\forall d_i \exists e_i \in \pi) \wedge \exists a_{e_i} : a_{e_i} = a_{af} \right\}, > \right\} \right), \quad (9)$$

где af – артефакт, для которого определяется жизненный цикл;

e_i – событие, содержащее запись о действии d_i ;

a_{e_i} – атрибут события e_i ;

a_{af} – атрибут артефакта af .

Набор сервисов SR определяется следующим образом:

$$SR = (\{AF, \{d_i\}\}, R^T). \quad (10)$$

где Sr – сервис как набор упорядоченных действий d_i .

С учетом иерархической структуры классов артефактов (7), а также отношений между действиями над этими классами, иерархическая модель контекста знание-емкого бизнес-процесса имеет вид:

$$M_{Cr} = (\{\{a_i, v_{ij}\}\}, R^H, \{\{d_i\}\}, R^T). \quad (11)$$

Отношения R^H упорядочивают артефакты в пространственном аспекте, а R^T упорядочивают связанные с ними сервисы во временном аспекте.

Поскольку артефакты отображены атрибутами и их значениями, а действия в логе отражаются событиями, для которых также указаны атрибуты и значения, то мы можем задать и пространственные и временные отношения для наборов ((атрибут, значение), действие):

$$M_{Cr} = (\{\{a_i, v_{ij}\}, d_i\}, R^H, R^T). \quad (12)$$

В иерархической модели контекста (12) артефакты упорядочены по своим атрибутам в пространственном аспекте, а связанные с ними действия – во временном, что позволяет отражать результаты как процессного, так и функционального управления.

Выводы. В данной статье разработаны иерархическая модель контекста знание-емкого бизнес-процесса, а также модель жизненного цикла артефакта контекста. Иерархическая модель контекста знание-емкого бизнес-процесса включает себя в описание артефактов в виде множества пар (атрибут, значение), упорядоченных по отношению включения, а также набора связанных с атрибутами действий, упорядоченных по отношению перехода. Данная модель позволяет рассматривать обработку артефактов в пространственном и временном аспектах, что дает возможность разбить знание-емкий процесс на логически связанные фрагменты с предопределенной структурой и запускать эти фрагменты с помощью уровня знаний с учетом текущего состояния контекста ЗБП.

Предложена модель жизненного цикла артефакта, которая содержит набор характеризующих артефакт атрибутов, а также упорядоченную последовательность действий по обработке артефакта в рамках одного экземпляра бизнес-процесса, что обеспечивает возможность непрерывного поэтапного усовершенствования ЗБП путем адаптации последовательности действий в рамках жизненного цикла артефакта.

Список литературы

1. *Vom Brocke J.* Handbook on Business Process Management 1. Introduction, Methods, and Information Systems / *J. vom Brocke, M. Rosemann.* – Berlin: Springer-Verlag, 2015. – 709 p.
2. *Weske M.* Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures. Second Edition / *M. Weske.* – Berlin: Springer-Verlag, 2012. – 403 p.
3. *Gronau N.* KMDL-Capturing, Analysing and Improving Knowledge-Intensive Business Processes / *N. Gronau, C. Müller, R. Korff* // Journal of Universal Computer Science. – 2005. – № 11 (4). – P. 452–472.

- Gronau N. Modeling and Analyzing knowledge intensive business processes with KMDL: Comprehensive insights into theory and practice (English/ N. Gronau. – Gito, 2012. – 522 p.
- Cohn D. Business artifacts: A data-centric approach to modeling business operations and processes/ Cohn D, Hull R. // IEEE Data Eng. Bull. – 2009. – № 32. – P. 3–9.
- Bhattacharya K. Artifact-centered operational modeling: Lessons from customer engagements / K. Bhattacharya, N. S. Caswell, S. Kumaran, A. Nigam, F. Y. Wu // IBM Systems Journal. – 2007. – № 46 (4). – P. 703–721.
- Nigam A. Business artifacts: An approach to operational specification / A. Nigam, N. S. Caswell // IBM Systems Journal. – 2003. – № 42 (3). – P. 428–445.
- Hull R. Business Artifacts with Guard-Stage-Milestone Lifecycles: Managing Artifact Interactions with Conditions and Events / R. Hull // DEBS. – 2011. – P. 51–62.
- Müller D. Data-driven modeling and coordination of large process structures / D. Müller, M. Reichert, J. Herbst // Springer. – LNCS. – Vol. 4803. – P. 131–149.
- Fahland D. Many-to-many: Some observations on interactions in artifact choreographies / D. Fahland, De Leoni, M. Van Dongen, van der Aalst W. M. P. // 3rd Central-European Workshop on Services and their Composition(ZEUS), 2011. – Режим доступа: <http://ceur-ws.org/Vol-705/paper1.pdf>. – Дата обращения: 14 ноября 2016.
- Weske M. *Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures*. Berlin, Springer-Verlag Publ., 2007. 368 p.
- Gronau N., Müller C., Korf R. KMDL-Capturing, Analysing and Improving Knowledge-Intensive Business Processes. *Journal of Universal Computer Science*. 2005. no. 11 (4), pp. 452–472.
- Gronau N. *Modeling and Analyzing knowledge intensive business processes with KMDL: Comprehensive insights into theory and practice* (English), Gito, 2012. 522 p.
- Cohn D., Hull R. Business artifacts: A data-centric approach to modeling business operations and processes. *IEEE Data Eng. Bull.* 2009, no. 32, pp. 3–9.
- Bhattacharya K., Caswell N. S., Kumaran S., Nigam A, Wu F. Y. Artifact-centered operational modeling: Lessons from customer engagements. *IBM Systems Journal*. 2007, no. 46 (4), pp. 703–721.
- Nigam A, Caswell N. S. Business artifacts: An approach to operational specification. *IBM Systems Journal*. 2003, no. 42 (3), pp. 428–445.
- Hull R. Business Artifacts with Guard-Stage-Milestone Lifecycles: Managing Artifact Interactions with Conditions and Events. *DEBS*. 2011, pp. 51–62.
- Müller D., Reichert M., Herbst J. Data-driven modeling and coordination of large process structures, Springer. *LNCS*. Vol. 4803, pp. 131–149.
- Fahland D., De Leoni, M., Van Dongen, B. F., van der Aalst, W.M.P. Many-to-many: Some observations on interactions in artifact choreographies, *3rd Central-European Workshop on Services and their Composition (ZEUS)*. 2011. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-705/paper1.pdf>. (accessed 14.11.2016)

References

- Vom Brocke J. *Handbook on Business Process Management 1. Introduction, Methods, and Information Systems*. Berlin, Springer-Verlag Publ., 2015. 709 p.

Поступила (received) 16.11.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Ієрархічна модель контексту знання-ємного бізнес-процесу / В. М. Левикін, О. В. Чала // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – X. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 37 (1209). – С. 43–47. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-0023.

Ієрархическая модель контекста знание-емкого бизнес-процесса / В. М. Левыкин, О. В. Чала // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 37 (1209). – С. 43–47. – Библиогр.: 10 назв. – ISSN 2079-0023.

Hierarchical model of context of knowledge-intensive business process / V. M. Levykin, O. V. Chala // Bulletin of NTU "KhPI". Series: System analysis, control and information technology. – Kharkov : NTU "KhPI", 2016. – No. 37 (1209). – P. 43–47. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-0023.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Левикін Віктор Макарович – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних управляючих систем Харківського національного університету радіоелектроніки, м. Харків, тел.: (057) 702-14-51; e-mail: levykinvictor@gmail.com.

Чала Оксана Вікторівна – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних управляючих систем Харківського національного університету радіоелектроніки, м. Харків, тел.: (057) 702-14-51; e-mail: oksana.chala@nure.ua.

Левыкин Виктор Макарович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой информационных управляющих систем Харьковского национального университета радиоэлектроники, г. Харьков, тел.: (057) 702-14-51; e-mail: levykinvictor@gmail.com.

Чала Оксана Викторовна – кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры информационных управляющих систем Харьковского национального университета радиоэлектроники, г. Харьков, тел.: (057) 702-14-51; e-mail: oksana.chala@nure.ua.

Levykin Viktor – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Control Systems of the Kharkiv National University of Radioelectronics, c. Kharkiv, (057) 702-14-51; e-mail: levykinvictor@gmail.com.

Chala Oksana – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Information Control Systems of the Kharkiv National University of Radioelectronics, c. Kharkiv, (057) 702-14-51; e-mail: oksana.chala@nure.ua.