

УДК 004.82

МОДЕЛІ ШАБЛОНІВ ПОВЕДІНКИ ОБ'ЄКТІВ КОНТЕКСТУ ЗНАННЯ-ЄМНОГО БІЗНЕС-ПРОЦЕСУ**В. М. Левикін, О. В. Чала**Харківський національний університет радіоелектроніки
просп. Науки, 14, м. Харків, 61166, Україна. E-mail: oksana.chala@nure.ua

Запропоновано темпоральні логічні моделі шаблонів поведінки об'єктів бізнес-процесу. Запропоновані моделі задають патерни створення і видалення об'єктів, їх послідовної і паралельної обробки, розгалуження і злиття результатів обробки, синхронізації, циклічного виконання і очікування обробки (зберігання об'єктів). Запропоновані моделі відрізняються від існуючих тим, що вони задають елементи обробки у вигляді набору станів і зв'язків між цими станами. Кожен стан об'єкта задається через висловлювання на множині його атрибутів. Зв'язки між станами визначаються за допомогою темпоральних операторів. Життєвий цикл об'єкта формується з представлених моделей шаблонів. У практичному плані запропонована модель дозволяє отримати патерни конкретних об'єктів на основі аналізу логів відповідних бізнес-процесів. Це дає можливість включити патерни поведінки об'єктів в модель знання-ємного бізнес-процесу і тим самим встановити обмеження на його зміну під час виконання.

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

МОДЕЛИ ШАБЛОНОВ ПОВЕДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ КОНТЕКСТА ЗНАНИЕ-ЕМКОГО БИЗНЕС-ПРОЦЕССА**В. М. Левыкин, О. В. Чала**Харьковский национальный университет радиоэлектроники
просп. Науки, 14, г. Харьков, 61166, Украина. E-mail: oksana.chala@nure.ua

Предложены темпоральные логические модели шаблонов поведения объектов бизнес-процесса. Предложенные модели задают паттерны создания и удаления объектов, их последовательной и параллельной обработки, ветвления и слияния результатов обработки, синхронизации, циклического выполнения и ожидания обработки (хранения объектов). Предложенные модели отличаются от существующих тем, что они задают элементы обработки в виде набора состояний и связей между этими состояниями. Каждое состояние объекта задается через высказывание на множестве его атрибутов. Связи между состояниями определяются посредством темпоральных операторов. Жизненный цикл объекта формируется из представленных моделей шаблонов. В практическом плане предложенная модель позволяет получить паттерны конкретных объектов на основе анализа логов соответствующих бизнес-процессов. Это дает возможность включить паттерны поведения объектов в модель знание-емкого бизнес-процесса и тем самым задать ограничения на его изменение во время выполнения.

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

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Моделирование бизнес-процессов направлено на формализацию алгоритмов достижения бизнес-целей организации. Модель бизнес-процесса объединяет набор последовательностей действий по достижению целей в различном контексте (состоянии контекста), исполнителей, реализующих процесса, а также набор ресурсов, необходимых для выполнения действий процесса.

Традиционно при моделировании бизнес-процессов (БП) формализуется его поведение в виде workflow - графа, описывающего последовательность его действий, а также взаимосвязей между этими действиями [1, 2]. Такая модель включает в себя действия процесса и управляющие структуры. Данные и объекты, с которыми оперирует процесс, задают условия для выполнения действий БП, так и для контроля их завершения. При моделировании формируется экземпляр процесса, задающий допустимые в конкретном контексте последовательности действий.

Моделирование БП выполняется посредством изменения состояния его исполняемого экземпляра. Изменение состояния процесса происходит по мере выполнения его действий.

Однако указанные действия представляют ценность для пользователя лишь в определенном кон-

тексте, связанном с обработкой и преобразованием необходимых для него данных. Такие данные описывают множество взаимодействующих с БП объектов – как виртуальных, так физических [3]. Объекты могут выступать в роли ресурсов и результатов работы процесса, могут использоваться процессом и влиять на ход процесса, также одновременно использоваться в рамках нескольких процессов.

Последовательность обработки объектов в значительной степени зависит от их свойств и потому задает ограничения на допустимые последовательности действий процесса в целом. Однако рассмотренный процедурный подход не позволяет эффективно выделить циклы обработки важных для пользователя данных.

Особенно актуальной проблема выделения циклов обработки объектов является для знание-емких бизнес-процессов (ЗБП) [4]. Ход выполнения таких процессов в значительной степени определяется исполнителями на основе их персональных знаний с учетом допустимых циклов обработки объектов, с которыми оперирует ЗБП.

Моделирование поведения объектов БП реализуется в рамках основанного на артефактах (artifact-centered) подхода [5–6]. Такой подход предполагает

выделение артефактов и их жизненного цикла в рамках рассматриваемого бизнес-процесса [7].

При построении моделирования артефакта создается описание его статических и динамических аспектов: информационная модель и модель его жизненного цикла.

Основанный на артефактах подход направлен преимущественно на моделирование синхронизации состояний объектов бизнес-процесса без явного задания последовательности действий по их обработке. В основном данный подход используется для бизнес-процессов, ориентированных на конвейерную обработку, в которых последовательность действий определяется последовательностью операций жизненного цикла объекта.

В то же время в знание-емких бизнес-процессах последовательность действий определяется на основе знаний о поведении и обработке артефактов. Эти знания отражают типовые шаблоны действий над артефактами. Указанные шаблоны могут быть получены на основе анализа логов знание-емких бизнес-процессов и в дальнейшем включены в традиционную workflow – модель с целью повышения адекватности последней.

Проведенный сравнительный анализ подходов к моделированию БП показывает, что последовательность действий процесса зависит от контекста их выполнения и, следовательно, от состояния и поведения составляющих контекст артефактов.

Целью работы является разработка моделей шаблонов поведения артефактов знание-емкого бизнес-процесса, задающих ограничения на порядок выполнения его действий при изменении процесса исполнителями во время выполнения.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Целью моделирования контекстной составляющей знание-емких бизнес-процессов является построение статического и динамического описания артефактов контекста.

При описании статического аспекта артефакт представляется в виде набора всех связанных с ним переменных, которые используются при выполнении бизнес-процесса. Динамический аспект содержит набор последовательностей действий по обработке артефакта от его создания до уничтожения [8].

Артефакты обычно рассматривают как идентифицируемые и обладающие встроенным внутренним описанием информационные сущности, которые используются владельцами бизнеса для создания стоимости [6].

С помощью артефактов задают: результаты работы процесса; необходимую для выполнения процесса информацию; исполнителей процесса; ограничения на допустимые последовательности действий. Поэтому совокупность взаимодействующих артефактов определяет контекст бизнес-процесса.

Под артефактами контекста ЗБП будем понимать все физические и информационные объекты, с которыми этот процесс взаимодействует: бизнес-объекты; исполнители, подразделения организации, множество возможных действий процесса. Поэтому в дальнейшем термины «артефакт» и «объект» будем использовать как синонимы.

Статические характеристики артефакта описываются посредством набора его атрибутов и значений этих атрибутов. Динамические характеристики артефакта задаются через описание его жизненного цикла.

Жизненный цикл охватывает последовательность действий процесса по созданию, использованию и удалению артефакта.

Особенность ЗБП состоит в применении знаний для адаптации поведения процесса в целом и жизненного цикла артефактов в частности. Поэтому для описания жизненного цикла необходимо формализовать шаблонные последовательности действий по работе с объектами процесса. В дальнейшем построение жизненного цикла осуществляется путем объединения этих формализованных шаблонов.

Исходя из изложенных предпосылок, модель жизненного цикла артефакта знание-емкого процесса представим как модель Крипке [9] M_{Aft} над множеством условий запуска действий процесса C :

$$M_{Aft} = (s_0, S_{Aft}, D_{Aft}, F_{Aft}), \quad (1)$$

где S_{Aft} – конечное множество состояний рассматриваемого артефакта; s_0 – начальное состояние жизненного цикла артефакта, $s_0 \in S_{Aft}$; D_{Aft} – отношение переходов между состояниями; $F_{Aft} : S_{Aft} \rightarrow 2^C$ – отображение, которое с каждым состоянием $s \in S_{Aft}$ связывает подмножество атомарных высказываний $c \in C$, истинных в этом состоянии.

Каждое из условий представляется в виде логической формулы состояния над атрибутами артефакта. Предлагаемые модели шаблонов задают правила перехода между состояниями модели M_{Aft} в формате формул темпоральной логики.

Типовые шаблоны поведения артефактов контекста бизнес-процесса включают в себя [10]:

- создание артефакта;
- удаление артефакта;
- последовательная обработка артефакта;
- параллельная (псевдопараллельная) обработка артефакта;
- ветвление;
- слияние ветвей обработки;
- синхронизация;
- цикл;
- ожидание обработки (нахождение в хранилище).

Создание артефакта в модели, начиная с s $s+1$ – состояния, на пути π определяется следующим выражением:

$$M_{Aft}, \pi^s \models \text{absent}U\text{create}, \quad (2)$$

где π – путь реализации процесса, в логике представлен в виде трассы; *absent* – атомарное высказывание об отсутствии артефакта на основе атрибутов других объектов контекста бизнес-процесса; *create* – атомарное высказывание об артефакте на основе атрибутов данного артефакта.

Семантика вираження (2) состоит в том, в последовательности состояний на пути π *absent* будет истинным до тех пор пока в следующем состоянии не станет истинным *create*.

Возможность создания артефакта в любом состоянии текущего процесса задается правилом:

$$G(\text{absent} \Rightarrow (\text{absent} \cup \text{create})), \quad (3)$$

где G – логический оператор, задающий соблюдение заданного свойства в каждом состоянии пути.

Удаление артефакта в модели его жизненного цикла формируется аналогично:

$$M_{Aft}, \pi^s \models \text{create} \cup \text{absent}, \quad (4)$$

Правило удаления артефакта в любой момент на пути задается аналогично выражению (2).

Правило удаления созданного артефакта в будущем на текущем пути будет иметь вид:

$$F(\text{absent} \Rightarrow (\text{create} \cup \text{absent})), \quad (5)$$

где F - логический оператор, задающий соблюдение свойства удаления артефакта в одном из последующих состояний текущего пути.

Последовательная обработка артефакта в модели задается следующим образом:

$$M_{Aft}, \pi^s \models \text{operation1} \ X \ \text{operation2}, \quad (6)$$

где *operation1*, *operation2* – действия (результаты действий) по обработке артефакта; оператор X задает истинность формул *operation1*, *operation2* в двух последовательных состояниях процесса.

Правило обязательного выполнения *operation2* после *operation1* на пути процесса имеет вид:

$$G(\text{operation1} \Rightarrow (\text{operation1} \ X \ \text{operation2})), \quad (7)$$

Псевдопараллельная обработка артефакта, при которой действия над артефактом выполняются в произвольном порядке, в модели задается традиционно:

$$M_{Aft}, \pi^s \models \text{operation1} \vee \text{operation2} \cup \text{operation3}, \quad (8)$$

где *operation3*- операция, которая выполнится после достижения результатов параллельной обработки *operation1* и *operation2*.

Правило параллельной обработки до достижения заданного результата, задаваемое для всех состояний жизненного цикла, имеет вид:

$$G(\text{operation1} \vee \text{operation2} \Rightarrow (\text{operation1} \vee \text{operation2} \cup \text{operation3})). \quad (9)$$

Ветвление в модели M_{Aft} определяется следующим образом:

$$M_{Aft}, \pi^s \models \text{operation1} \ X \ \text{operation2} \ . \quad (10) \\ \vee \ \text{operation3}$$

Семантика выражения (10): если в состоянии s выполнилось действие *operation1*, то в состоянии $s+1$ будет выполнено действие *operation2* либо *operation3*.

Слияние результатов в модели имеет вид

$$M_{Aft}, \pi^s \models (\text{operation1} \wedge \text{operation2}) \ . \quad (11) \\ X \ \text{operation3}$$

В соответствии с выражением (11), при истинности в состоянии s формул *operation1* и *operation2* в состоянии $s+1$ будет истинна формула *operation3*, свидетельствующая о завершении соответствующего действия.

Синхронизация предусматривает обработку процессом нескольких артефактов. При этом значения атрибутов одного артефакта изменяются в зависимости от значения атрибутов другого артефакта. Например, сотрудник ожидает подтверждения заказа, после чего отправляет заявку на склад.

Синхронизация в приведенном выше смысле означает, что из данного состояния существует некий путь, который приводит к синхронизированному состоянию артефакта.

$$M_{Aft}, s \models \text{artefact_state} \ . \quad (12)$$

где *artefact_state* – логическая формула, задающая состояние артефакта.

Цикл в модели задается условиями обработки и завершения:

$$M_{Aft}, \pi^s \models \text{do} \cup \text{end}, \quad (13)$$

где *do* – результат выполнения действий над артефактом, зафиксированный в текущем состоянии; *end* – условие выхода из цикла, которое может быть выражено и через свойства других артефактов контекста.

Как видим, цикл обработки и цикл создания артефакта задаются аналогично.

Ожидание обработки задается через свойства артефактов, которые влияют на процесс (исполнители, организация, набор действий и т.п.):

$$M_{Aft}, \pi^s \models \text{artefact_state} \wedge \text{control_state} \quad (14) \\ X \ \text{waiting},$$

где *artefact_state* – состояние артефакта, выраженное через формулу значений его атрибутов, в состоянии s модели; *control_state* – состояние управляющих объектов; *waiting* – состояние ожидания.

Предлагаемый подход позволяет реализовать модели поведения артефактов на основе анализа логов процессов методами process mining [11, 12].

Традиційно методи process mining використовуються для побудови workflow – моделі бізнес-процеса путем аналізу та виявлення закономірностей в їх логах. В логах записана послідовність подій, що виникають при реалізації процесу. Кожне подія фіксує виконання одного з дій бізнес-процеса та характеризується набором атрибутів об'єктів, з якими взаємодіє процес.

При побудові workflow – моделі традиційними методами process mining виконується порівняльний аналіз послідовностей подій для різних реалізацій одного і того ж процесу, однак атрибути артефактів зазвичай не розглядаються. Ці атрибути можуть бути використані для виявлення розглянутих моделей шаблонів поведінки артефактів.

Приклад фрагмента логу з записом про послідовну обробку об'єкта «PROD706» наведено на рис. 1. Даний об'єкт представляє собою продукт, по відношенню до якого виконується сервісне обслуговування.

```
<event>
<string key="org:role" value="A2_1"/>
<string key="concept:name" value="Accepted"/>
<string key="product" value="PROD706"/>
<string key="lifecycle:transition"
value="In Progress"/>
<date key="time:timestamp"
value="2011-02-24T16:17:46+01:00"/>
</event>
<event>
<string key="org:role" value="A2_1"/>
<string key="concept:name" value="Accepted"/>
<string key="product" value="PROD706"/>
<string key="lifecycle:transition"
value="In Progress"/>
<date key="time:timestamp"
value="2011-02-24T16:17:52+01:00"/>
</event>
```

Рисунок 1 – Фрагмент логу з записом про послідовну обробку об'єкта «PROD706»

В наведеному прикладі ролі виконавців виділені овалом, оброблюваний процесом продукт – прямокутником, а дії БП – стрілкою.

З рис. 1 видно, що виконавець з роллю «A2_1» послідовно працює з об'єктом «PROD706» в 16:17 та в 17:52.

Для даної пари подій реалізується шаблон послідовного виконання операцій. Признаками послідовного виконання, як видно з рис. 1, є наступні:

- в послідовно розміщених в логі подіях вказана обробка одного і того ж об'єкта;
- обробка в послідовно розміщених в логі подіях виконується виконавцем з однієї і тієї ж роллю;
- назва дії процесу (або підпроцесу) не змінюється.

Даний шаблон формально представляється наступним чином:

$$\begin{aligned}
 &concept1:concept_name = "Accepted", \\
 &product1:product = "PROD706", \\
 &role1:org_role = "A2_1", \quad (15) \\
 &concept1 \wedge product1 \wedge role1 \Rightarrow \\
 &X \text{ concept1} \wedge product1 \wedge role1
 \end{aligned}$$

де *concept1*, *product1*, *role1* – атомарні висловлювання про виконуваний дію, оброблюваному об'єкту та ролі виконавця відповідно.

Семантика даного виразу наступна: якщо для поточної події для продукту «PROD706» роль виконавця «A2_1» та поточна дія «Accepted», то наступна дія даного виконавця буде такою ж.

Предумова та висновок в виразі (15) ідентичні, оскільки в атрибутах подій відсутня додаткова інформація про окремі операції, наведено тільки назва загальної дії – «Accepted».

Отже, ми не можемо уточнити семантику послідовності операцій по обробці «PROD706». На практиці в результатуючій моделі життєвого циклу дана пара подій може бути зображена як парі послідовних дій та як однією дією, що охоплює всі події.

Приклад фрагмента логу з записом про збереження об'єкта «PROD706» наведено на рис. 2.

```
<event>
<string key="organization involved"
value="Org line C"/>
<string key="org:role" value="A2_1"/>
<string key="concept:name" value="Accepted"/>
<string key="product" value="PROD706"/>
<string key="lifecycle:transition"
value="In Progress"/>
<date key="time:timestamp"
value="2011-02-24T16:17:52+01:00"/>
</event>
<event>
<string key="organization involved"
value="Org line V7n"/>
<string key="concept:name" value="Queued"/>
<string key="product" value="PROD706"/>
<string key="lifecycle:transition"
value="Awaiting Assignment"/>
<date key="time:timestamp"
value="2011-02-24T16:19:35+01:00"/>
</event>
<event>
<string key="organization involved"
value="Org line V7n"/>
<string key="concept:name" value="Accepted"/>
<string key="product" value="PROD706"/>
<string key="lifecycle:transition"
value="In Progress"/>
<date key="time:timestamp"
value="2011-02-28T13:46:38+01:00"/>
</event>
```

Рисунок 2 – Фрагмент логу з записом про збереження об'єкта «PROD706»

В приведенном примере действия БП отмечены стрелками, организация, работающая с объектом «PROD706», обведена овалом.

Из рис. 2. видно, что в 19:35 изменилась организация, в которой обрабатывается артефакт. При поступлении в организацию «Org line V7n» артефакт «PROD706» размещается в хранилище (операция «Queued»), после чего через 4 дня в 13:46 принимается на обработку (операция «Accepted» в атрибутах события).

В данном случае реализован шаблон хранения артефакта в следующем виде:

concept1:concept_name = "Accepted",
concept2:concept_name = "Queued",
product:product = "PROD706",
organization1:org_involved = "Org line C",
organization2:org_involved = "Org line V7n",⁽¹⁶⁾
concept1 \wedge *product* \wedge *organization1* \Rightarrow
N concept2 \wedge *product* \wedge *organization2*
N concept1 \wedge *product* \wedge *organization2*

где *organization1*, *organization 2* – атомарные высказывания об организациях, в которых выполняются принимает рассматриваемые действия процесса.

Семантика данного выражения такова: если в текущем состоянии над «PROD706» работают в организации «Org line C», то в следующем состоянии данный объект помещается в хранилище в организации «Org line V7n».

Формирование шаблонов поведения артефактов в общем случае дает возможность уточнить требования в рамках информационной системы процессного управления [13].

ВЫВОДЫ. В статье предложены темпоральные логические модели шаблонов поведения объектов, с которыми оперирует бизнес-процесс. Предложенные модели задают паттерны создания и удаления объектов, их последовательной и параллельной обработки, ветвления и слияния результатов обработки, синхронизации, циклического выполнения и ожидания обработки (хранения объектов). Предложенные модели отличаются от существующих тем, что они задают элементы обработки в виде набора состояний и связей между этими состояниями. Каждое состояние объекта задается через высказывание на множестве его атрибутов. Связи между состояниями определяются посредством темпоральных операторов. Жизненный цикл объекта формируется из представленных моделей шаблонов.

В практическом плане предложенная модель позволяет получить паттерны конкретных объектов на основе анализа логов соответствующих бизнес-процессов. Такая возможность определяется тем обстоятельством, что входящие с состав лога события описываются посредством набора значений атрибутов объектов, с которыми оперирует процесс. Это дает возможность выявить паттерны поведения

объектов путем сопоставления значений атрибутов таких объектов, принадлежащих различным событиям лога.

ЛІТЕРАТУРА

1. Vom Brocke, J., Rosemann M. Handbook on Business Process Management 1. Introduction, Methods, and Information Systems. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015. – 709 p.
2. Weske M. Business Process Management: Concepts, Languages, Architectures – 2nd ed. – Presented at Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012. – 403 p.
3. Cohn D., Hull R. Business artifacts: A data-centric approach to modeling business operations and processes // Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering. – 2009. – Vol. 32, № 3. – P. 1–7.
4. Gronau N. Modeling and Analyzing knowledge intensive business processes with KMDL: Comprehensive insights into theory and practice (English). – Gito, 2012. – 522 p.
5. Artifact-centered operational modeling: Lessons from customer engagements / K. Bhattacharya, N.S. Caswell, S. Kumaran, A. Nigam, F.Y. Wu // IBM Systems Journal. – 2007. – Vol. 46, № 4. – P. 703–721.
6. Nigam A., Caswell N.S. Business artifacts: An approach to operational specification / IBM Systems Journal. – 2003. – № 42(3). – P. 428–445.
7. Data-Driven Modeling and Coordination of Large Process Structures / 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.
8. Many-to-many: Some observations on interactions in artifact choreographies/ Fahland D. De Leoni, M., Van Dongen, B.F., van der Aalst, W.M.P. // 3rd Central-European Workshop on Services and their Composition (ZEUS), – 2011. – режим дост упа: <http://ceur-ws.org/Vol-705/paper1.pdf>.
9. Kripke S.A. Semantical Considerations on Modal Logic // Acta Philosophica Fennica № 16. – 1963. – P. 83–94.
10. Modeling business contexture and behavior using business artifacts / Rong Liu, Kamal Bhattacharya, Frederick Y. Wu // CAiSE'07 Proceedings of the 19th international conference on Advanced information systems engineering, – 2007. – P. 324–339.
11. Van der Aalst, W. M. P. Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes. – Springer Berlin Heidelberg, 2011. – 352 p.
12. Van der Aalst, W. M. P. Process Mining in the Large: A Tutorial // Business Intelligence. – Springer Science + Business Media, 2014. – P. 33–76.
13. Особенности отображения онтологий предметной области в описания элементов информационной системы / В.М. Левыкин, М.В. Евланов, М.А. Керносов, М.Э. Керносова // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2014. – Вип. 5(88).– С. 83–91.

MODELLING PATTERNS OF THE ARTEFACTS BEHAVIOUR OF THE KNOWLEDGE - INTENSIVE BUSINESS PROCESSES

V. Levykin, O. Chala

Kharkiv National University of Radio Electronics

prosp. Nauka, 14, Kharkiv, 61166, Ukraine. E-mail: oksana.chala@nure.ua

Purpose. Goal of this article is to improve the quality of existing models of knowledge-intensive business process through adding the patterns of business artefacts behavior. **Results.** The logic template models of the objects behavior within the business process are proposed. The proposed model sets the patterns of creating and deleting objects, their serial and parallel processing, branching and merging processing of the results, synchronization, looping and waiting for processing (storage facilities). **Originality.** The proposed model differs from the existing ones in that they set the processing elements in the form of a set of states and relations between these states. Each state of the object is given by the statement on the set of its attributes. Relations between states are determined by the temporal operators. The life cycle of the object is formed from the presented model templates. **Conclusions.** The proposed model allows to obtain patterns of specific objects based on the log analysis of relevant business processes. This makes it possible to include patterns of behavior of objects in the model of the knowledge-capacious business process, and thus, to set a limit on the change at runtime. Further researches in this area are aimed on the development of an algorithm of mining of artifact patterns. References 10.

Key words: knowledge-intensive business process, intelligent process analysis, process control, artefact, workflow.

REFERENCES

1. Vom Brocke, J., Rosemann, M. (2015). Handbook on Business Process Management 1. Introduction, Methods, and Information Systems. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 709 p.
2. Mathias, Weske (2012). Business Process Management: Concepts, Languages, Architecture 2nd ed., 403 p.
3. Cohn, D., Hull, R. (2009, September). Business artifacts: A data-centric approach to modeling business operations and processes. Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering, Vol. 32, № 3, pp. 1–7.
4. Gronau, N. (2012). Modeling and Analyzing knowledge intensive business processes with KMDL: Comprehensive insights into theory and practice (English). Gito, 522 p.
5. Bhattacharya, K., Caswell, N.S., Kumaran, S., Nigam, A., Wu, F.Y. (2007). Artifact-centered operational modeling: Lessons from customer engagements. *IBM Systems Journal*, Vol. 46, № 4, pp. 703–721.
6. Nigam, A., Caswell, N.S. (2003). Business artifacts: An approach to operational specification. *IBM Systems Journal*, Vol. 42, № 3, pp. 428–445.
7. Müller, D., Reichert, M., Herbst, J. (2007). Data-Driven Modeling and Coordination of Large Process Structures. *On the Move to Meaningful Internet Systems 2007: CoopIS, DOA, ODBASE, GADA, and IS*. Springer Science + Business Media, pp. 131–149.
8. Fahland, D. De Leoni, M., Van Dongen, B. F., van der Aalst, W. M. P. (2011) Many-to-many: Some observations on interactions in artifact choreographies. 3rd Central-European Workshop on Services and their Composition (ZEUS), <http://ceur-ws.org/Vol-705/paper1.pdf>.
9. Kripke, S.A. (1963). Semantical Considerations on Modal Logic. *Acta Philosophica Fennica Vol. 16*, pp. 83–94.
10. Rong Liu, Kamal Bhattacharya, Frederick Y. Wu (2007). Modeling business contexture and behavior using business artifacts. CAiSE'07 Proceedings of the 19th international conference on Advanced information systems engineering, pp. 324–339.
11. Van der Aalst, W. M. P. (2011). *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes*. Springer Berlin Heidelberg, 352 p.
12. Van der Aalst, W. M. P. (2014). Process Mining in the Large: A Tutorial. *Business Intelligence*. Springer Science + Business Media, pp. 33–76.
13. Levykin, V., Ievlanov, M., Kernosov, M., Kernosova, M. (2014), "Features of domain ontology into the elements of information system mapping", Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, vol. 5, pp. 83–91.

Стаття надійшла 11.11.2016.