

УДК 519.711

С.Ф. Чалый, А.Ю. Кальницкая, А.А. Алесковский, И.А. Канивец, А.И. Плис

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков*

## АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СЦЕНАРИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ С ИЗМЕНЯЮЩЕЙСЯ СТРУКТУРОЙ НА ОСНОВАНИИ ЖУРНАЛА СОБЫТИЙ

*В статье предложен подход к распознаванию элементов бизнес-процессов с изменяющейся структурой на основе журналов событий. Отличительной особенностью данного подхода является то, что он базируется на сценарно-ориентированной модели бизнес-процессов и использует транзакции журналов событий, соответствующие некоторым элементам процессов. Подход реализован в виде алгоритма, который содержит четыре этапа.*

**Ключевые слова:** бизнес-процесс с изменяющейся структурой, журнал событий, сценарий, бизнес-объект, бизнес-процедура, алгебра конечных предикатов.

### Введение

Проектирование, совершенствование и эффективное выполнение бизнес-процессов (БП) является серьезной проблемой для крупных и средних организаций всех отраслей промышленности. Современное состояние процессного подхода к управлению предприятиями предполагает формирование гибких бизнес-процессов с изменяющейся структурой (БПИС), для которых последовательность выполнения процедур варьируется в зависимости от эволюции знаний о предметной области и предполагает наличие нескольких сценариев развития процесса. Отличительной особенностью таких процессов является то, что их реализация в каждый момент времени в значительной степени определяется текущим состоянием набора объектов, которыми оперирует БП и набором правил, определенных предметной областью.

Следовательно, такие понятия, как моделирование, управление и управление рисками БПИС прочно входят в обиход и представляют значительный интерес для различных организаций. В свою очередь, тенденции к централизованному и интегрированному деловому моделированию приводят к проектам с большим количеством моделей, инструментов для моделирования и пользователей.

Таким образом, целесообразно проводить верификацию и адаптацию моделируемых ранее БП на основе извлечения данных из журналов событий. Например, журналы транзакций системы планирования ресурсов предприятия могут быть использованы для выделения модели, описывающей БП организации, а сравнение события, в реальном режиме времени с выделенной моделью позволит выявлять и контролировать отклонения. В отличие от классического интеллектуального анализа данных извлечение данных из БПИС не только акцентирует внимание на временных параметрах внутри процессов и

частотах повторения операций, а также задействует причинно-следственные связи между отдельными частями БП.

В связи с изложенным возникает проблема распознавания элементов БПИС на основе журналов событий, что позволяет выполнить верификацию модели БП. Отметим, что подходы к распознаванию БП близки к методам и подходам распознавания образов.

В современных задачах распознавания образов можно выделить два основных направления [1, 2].

1. Изучение способностей к распознаванию, которыми обладают люди и другие живые организмы.
2. Развитие теорий и методов построения устройств, предназначенных для решения отдельных задач распознавания образов в определенных прикладных областях.

На сегодняшний день разработка искусственных систем распознавания образов остается сложной теоретической и технической проблемой. Необходимость такого распознавания возникает в самых различных областях – от медицины и картографии до систем безопасности и оцифровки аналоговых сигналов. Традиционно задачи по распознаванию образов принято включать в круг задач искусственного интеллекта.

Аналогично распознаванию образов распознавание БПИС объединяет ряд научных дисциплин, которые связаны поиском решения общей задачи – выделить необходимые элементы, принадлежащие конкретному классу, среди множества размытых элементов, относящихся к нескольким классам.

Выделение из журнала событий транзакций, которые могут быть включены в БПИС в качестве отдельных его элементов, предполагает экспертную оценку этих транзакций, что, по сути, также входит в круг задач искусственного интеллекта. Таким образом, целесообразно использовать в качестве инструмента для построения подхода к распознаванию

элементов БПИС на основе журналов событий алгебру конечных предикатов [3]. Данная алгебра является неотъемлемой составляющей теории интеллекта – науки о математическом описании интеллектуальных процессов, воспроизводимых человеческим разумом и структур, обеспечивающих реализацию таких процессов средствами вычислительной техники.

На сегодняшний день распознавание элементов бизнес-процессов на основе журналов событий недостаточно широко изучено. Кроме того, традиционные подходы к описанию БП, предполагающие предварительную разработку статической модели процесса, исключают возможность корректировки БПИС, а вместе с ней и необходимость распознавания отдельных элементов процесса. Необходимо отметить, что информация из журналов событий до недавнего времени, также, редко использовалась для анализа процессов, что и определяет важность решаемой задачи. Все вышеизложенное определяет актуальность разработанного подхода к распознаванию элементов БПИС на основе журналов событий.

**Постановка задачи.** Рассмотрим особенности БПИС и журнала событий. Для БП такими особенностями являются непосредственно элементы процесса:

- бизнес-объекты (БО), которыми оперирует БПИС;
- сценарий протекания БПИС, который необходимо корректировать в соответствии с изменениями БО;
- бизнес-процедуры (БПр), которые необходимо корректировать в соответствии с изменениями БО;

Под сценарием БПИС будем понимать последовательность действий, объединяющих группы БО и бизнес-процедур (БПр), позволяющую моделировать зависимость поведения параметров модели БПИС от поведения внешнего мира, а также каких-либо составляющих этой модели. Тогда обобщенное представление сценария  $C = (V, P, T)$  включает в себя следующие элементы: множество БПр сценария  $V = \{v_s\}, v \geq 0$ , множество состояний БПр  $P = \{p_n\}, n \geq 0$  и множество операций, необходимых для выполнения каждой из БПр  $T = \{t_m\}, m \geq 0$  [5].

Отличительной особенностью журнала событий является то, что транзакции располагаются в хронологическом порядке.

Под журналом событий будем понимать перечень транзакций, совершенный пользователем при выполнении БПИС и зафиксированный информационной системой. В свою очередь транзакция отражает отдельные операции в журнале. Тогда процесс распознавания элементов БПИС на основании жур-

нала событий сводится к выбору транзакций, соответствующих операциям в БПр.

Таким образом, требуется разработать подход к распознаванию элементов БПИС на основе журнала событий, который позволит автоматизировать процедуру выявления транзакций, соответствующих элементам БПИС.

Исходными данными для решения поставленной задачи являются:

- многоуровневая модель описания гибких, адаптируемых БПИС [4];
- модель протекания БПИС, ориентированная на сценарий [5];
- набор транзакций журнала событий за выбранный период, отражающий течение БП.

Решение поставленной задачи предполагает выполнение следующих этапов:

- 1) формирование представления элементов сценария и набора транзакций журнала событий в виде алфавита алгебры конечных предикатов, а также отображение множества состояний бизнес-процедур в виде булевой функции;
- 2) верификация алфавита сценария и алфавита транзакций;
- 3) адаптивное распознавание элементов алфавита, полученного в результате верификации;
- 4) формирование представления результатов верификации в виде переключательной цепи и обобщенного алгоритма распознавания элементов БПИС.

### Распознавание элементов БПИС на основе журналов событий

Подход к распознаванию базируется на таких элементах БПИС как сценарий и использует журнал событий, а также алгебру конечных предикатов в качестве математического аппарата [3].

На первом этапе реализации подхода представим элементы сценария и набор транзакций журнала событий как алфавиты алгебры конечных предикатов.

Тогда конечное множество  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_l\}$  – алфавит, описывающий бизнес-процедуры. Элементы множества  $v_1, v_2, \dots, v_l$  являются буквами данного алфавита и представляют собой операции, из которых состоит БПр. Тогда любая последовательность букв  $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_m$  является словом алфавита и представляет собой набор операций, входящих в одну процедуру.

Рассмотренное множество в виде уравнения алгебры конечных предикатов, будет иметь следующий вид:

$$\sigma^{v_1} \vee \sigma^{v_2} \vee \dots \vee \sigma^{v_l} = 1, \quad (1)$$

где  $\sigma$  – буквенная переменная. Совокупность всех корней уравнения совпадает с множеством  $V$ .

Множество состояний БПр представим в виде булевой n-местной функции  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  от n булевых аргументов  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , принимающей булево значение  $y$  и запишем уравнение на языке алгебры конечных предикатов.

$$f(x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1) \sim y^1 = 1, \quad (2)$$

в котором символ  $f$  обозначает операции отрицания, конъюнкции и дизъюнкции алгебры конечных предикатов, примененных к предикатам узнавания букв  $x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1$ , отображающих различные состояния БПр. Теперь  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – это не булевы, а буквенные переменные. Уравнение (2) вместе с системой усеченных законов истинности для переменных  $x_1, x_2, \dots, x_n, y$

$$x_1^0 \vee x_1^1 = 1, x_2^0 \vee x_2^1 = 1, \dots, x_n^0 \vee x_n^1 = 1, y^0 \vee y^1 = 1 \quad (3)$$

представляет собой неявное задание булевой функции  $f$ .

Набор транзакций журнала, также, представим с точки зрения алгебры конечных предикатов, где конечное множество  $E = \{e_1^t, e_2^{t+1}, \dots, e_k^{t+(k-1)}\}$  – алфавит, описывающий журнал событий, а  $e_1^t, e_2^{t+1}, \dots, e_k^{t+(k-1)}$  – буквы, каждая из которых является отдельной транзакцией. Метка  $t$  определяет время, когда транзакция была записана в журнал. В свою очередь  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_s$  слово, состоящее из некоторого количества транзакций, что, по сути, является набором некоторых операций. Тогда уравнение алгебры конечных предикатов будет иметь вид:

$$\tau_1^{e_1^t} \vee \tau_2^{e_2^{t+1}} \vee \dots \vee \tau_k^{e_k^{t+(k-1)}} = 1, \quad (4)$$

где  $\tau$  – буквенная переменная. Совокупность всех корней уравнения совпадает с множеством  $E$ .

Выполнение второго этапа предполагает сравнение слов или отдельных букв алфавитов  $V$  и  $E$ , и составление нового алфавита из совпавших элементов. Сравнение происходит следующим образом. Каждая буква алфавита  $V$  сравнивается с буквой алфавита  $E$ , имеющей тот же порядковый номер. Если буквы совпадают, их включают в новый алфавит. Процесс составления нового алфавита сводится к пересечению множеств.

В качестве примера зададим два конечных алфавита  $V = \{a, b, c\}$  и  $E = \{b^1, c^2, d^3\}$ , а также уравнения для этих множеств  $x^a \vee x^b \vee x^c = 1$  и  $x^{b^1} \vee x^{c^2} \vee x^{d^3} = 1$  соответственно. Тогда для множества  $V \cap E$  (обозначим его  $R$ ):

$$(x^a \vee x^b \vee x^c)(x^{b^1} \vee x^{c^2} \vee x^{d^3}) = 1 \quad (5)$$

или

$$x^b \vee x^c = 1. \quad (6)$$

На третьем этапе необходимо провести адап-

тивное распознавание элементов нового алфавита для получения более точного результата. Для этого целесообразно применить статический подход к распознаванию образов, а именно классификацию образов с помощью функции правдоподобия.

Вероятность принадлежности  $x^b$  и  $x^c$  к алфавиту  $E$  обозначим  $p(E|x^i)$ . Если будет принято, что буква  $x^i$  принадлежит алфавиту  $V$ , когда на самом деле она принадлежит алфавиту  $E$ , классификация убыточна  $L_{VE}$ . Так как  $x^i$  может принадлежать любому из 2-х алфавитов, то математическое ожидание потерь, связанных с отнесением буквы  $x^i$  к алфавиту  $V$ , определяется выражением:

$$r_E(x^i) = \sum_{i=1}^2 L_{VE} p(E|x^i), \quad (7)$$

которое является условным средним риском или условными средними потерями. Отсюда функция правдоподобия будет иметь следующий вид:

$$l_{VE}(x^i) = \frac{p(x^i|E)}{p(x^i|V)}. \quad (8)$$

Критерий качества адаптивного распознавания составляет 94 – 99% и может служить контролем отклонений.

Четвертый этап предполагает интерпретацию полученного равенства. Таким образом, предикат, стоящий в левой части уравнения (1), представим в виде переключательной цепи, распознающей принадлежность буквы  $x$  множеству  $V$ , (рис. 1, а). Условное обозначение цепи представлено на рис. 1, б. Таким образом, если на вход цепи подается буква  $x$ , принадлежащая множеству  $V$ , то на выходе формируется сигнал  $y = 1$ , если же  $x \notin V$ , то цепь формирует сигнал  $y = 0$ .

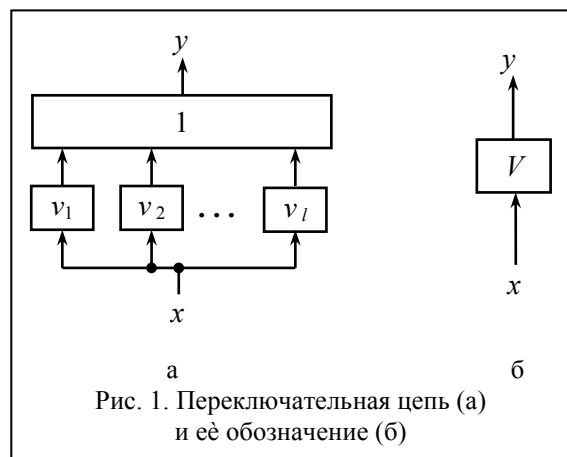


Рис. 1. Переключательная цепь (а) и её обозначение (б)

Полученная цепь является распознавателем принадлежности буквы  $x$  множеству  $V$ .

Перечисленные и описанные выше этапы представим в виде обобщенного алгоритма распознавания элементов БПИС (рис. 2).

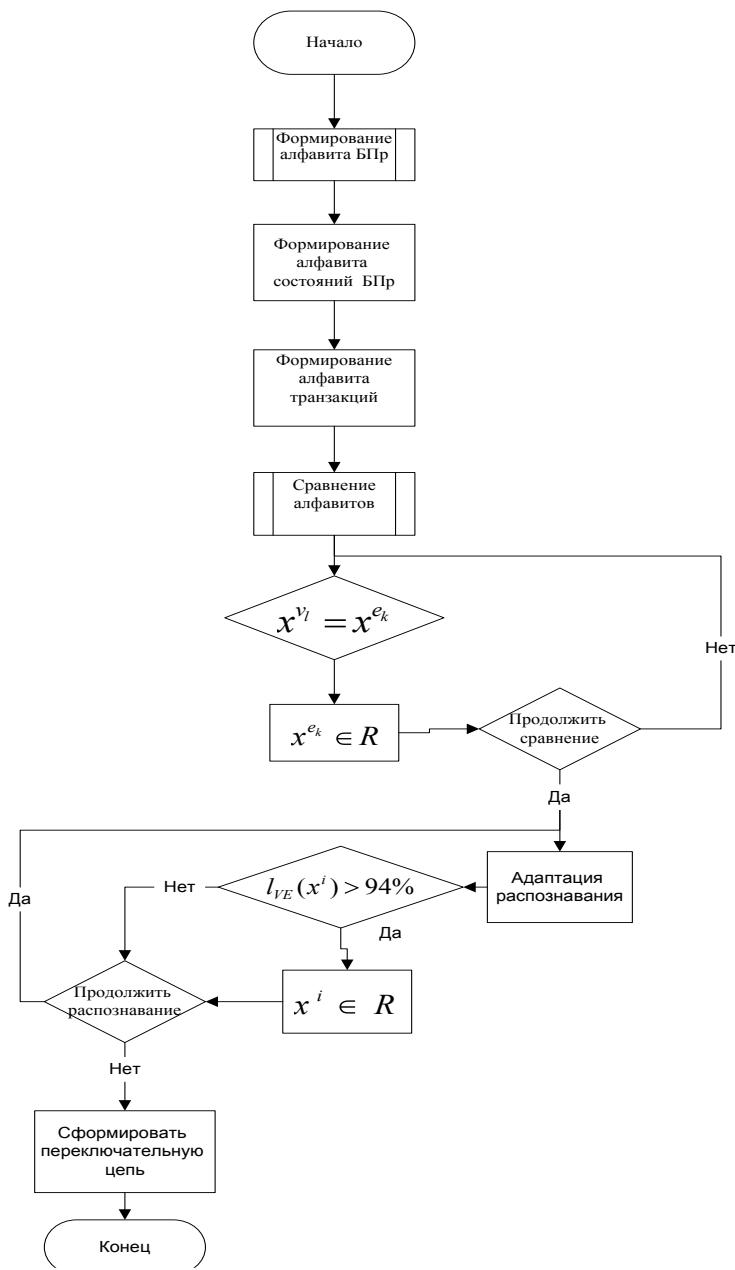


Рис. 2. Обобщенный алгоритм распознавания элементов БПИС

## Выводы

В статье предложен подход к распознаванию элементов БПИС на основе журналов событий, отражающих результат выполнения БП. Подход базируется на использовании сценариев при формировании процессов с изменяющейся структурой и обеспечивает возможность верификации и последующего усовершенствования БП на основе результатов распознавания.

Предложенный подход реализован в виде алгоритма, который автоматизирует усовершенствование элементов БП. Кроме того, подход дает возможность выявлять и контролировать отклонения протекания процесса от выбранной модели сценария.

## Список литературы

1. Ту Дж. Принципы распознавания образов / Дж. Ту, Р. Гонсалес; пер. с англ. И.Б. Гуревича; под ред. Ю.И. Журавлева. – М.: Мир, 1979. – 411 с.
2. Стокман Дж. Компьютерное зрение / Дж. Стокман, Л. Шатино. – М.: Бинум. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
3. Бондаренко М.Ф. Теория интеллекта: учебник / М.Ф. Бондаренко, Ю.П. Шабанов-Кушнаренко. – Х.: НТУ „ХПИ“, 2006. – 587 с.
4. Чалый С.Ф. Разработка референсной модели слабоструктурированных бизнес-процессов / С.Ф. Чалый, А.Ю. Кальницькая // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: ХУПС, 2006. – Вип. 9(58). – С. 133-137.
5. Левикін В.М. Модель формування сценарію бізнес-процесу зі змінною структурою / В.М. Левикін, С.Ф. Чалый, А.Ю. Кальницька // Вісник Академії митної служби України. – 2009. – С. 49-56.

Поступила в редколлегию 22.09.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.П. Авраменко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

## АЛГОРИТМ ВИДІЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СЦЕНАРІЮ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ЗІ ЗМІННОЮ СТРУКТУРОЮ НА ОСНОВІ ЖУРНАЛУ ПОДІЙ

С.Ф. Чалый, А.Ю. Кальницька, А.О. Алесковський, І.О. Канівець, О.І. Плис

У статті запропоновано підхід до розпізнавання елементів бізнес-процесів зі змінною структурою на основі журналу подій. Визначною особливістю даного підходу є те, що він базується на сценарно-орієнтованій моделі бізнес-процесів та дозволяє залучати транзакції журналів подій відповідно до деяких елементів процесів. Крім того, у статті запропоновано спосіб виявлення і контролю відхилень процедур бізнес-процесів від обраних сценаріїв.

**Ключові слова:** бізнес-процеси зі змінною структурою, журнал подій, сценарій, бізнес-об'єкт, бізнес-процедура, алгебра кінцевих предикатів.

## ALGORITHM ALLOCATION ELEMENTS SCRIPT BUSINESS-PROCESSES WITH A CHANGING STRUCTURE ON THE BASIS EVENT LOGS

S.F. Chalyj, A.U. Kalnitskaj, A.A. Aleskovskyj, I.A. Kanivets, A.I. Plis

In article the approach of recognition of elements business-processes with a changing structure on the basis of event logs is offered. Distinctive feature of the given approach is that it is based on the script-focused model business-processes. The model allows to include transactions of event logs, corresponding some elements of processes. Also in article the method of revealing and the control deviations of procedures business-processes from the chosen scripts is offered.

**Keywords:** business-processes with a changing structure, event logs, script, business-object, business-procedure, algebra of finite predicates.