

УДК 519.7

С.Ф. Чалый, И.Б. Буцукина

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

## ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПРЕЦЕДЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ

В статье рассмотрены вопросы представления и извлечения прецедентов для задач процессного управления. Обоснована возможность построения прецедентов на основе анализа логов процессов средствами *process mining*. Показана возможность ситуационного представления знаний о процессах. Предложен метод построения прецедентов для задач процессного управления, основанный на анализе выделенных подмножеств логов. Выделение подмножеств осуществляется с учетом ограничений по субъектам, объектам процесса, а также по особенностям предметной области. Первые два ограничения позволяют представить процесс в виде набора ситуаций, каждая из которых связана с решением прикладной задачи процесса. Ограничения по предметной области позволяют выделить специализированные и обобщенные прецеденты и сформировать их иерархию. В полученной иерархической структуре обобщенный прецедент отражает все возможные варианты решения задачи, а специализированные – отдельные способы решения с учетом специфики предметной области.

**Ключевые слова:** прецедент, вывод на основе прецедентов, процессы, интеллектуальный анализ процессов, ограничения.

### Введение

Вывод на основе прецедентов (CBR – Case-Based Reasoning) основан на идее использования накопленного в результате решения известных задач опыта и знаний для решения вновь возникающих проблем. Термин «прецедент», согласно словарям, означает имевший место случай или поведение в определенной ситуации, которые рассматриваются как образец для последующих случаев подобного рода [1]. Рассматриваемый подход основан на том, что обычно эксперт при возникновении новой проблемы использует известные подходы, адаптируя их с учетом особенностей рассматриваемой проблематики.

Поэтому при использовании прецедентов реализуются две задачи: нахождения и использования похожих ситуаций; постоянного накопления и применения вновь полученного опыта.

Прецедент представляет собой структурированный фрагмент знания в заданной предметной области. Такой фрагмент основан на имеющемся опыте и представляет собой образец достижения поставленной цели.

Представление знаний на основе прецедентов базируется на работе [2, 3] Р.С. Шенка и Р.П. Абельсона, которые предложили представлять знания в виде скриптов, обеспечивающих обработку типовых ситуаций. Основная идея разработанного данного подхода заключается в представлении концептуальных зависимостей между объектами (субъектами) предметной области посредством конечного набора простых действий, которые

субъект выполняет с объектом. Данный подход отображает концепцию процессного управления.

При использовании вывода на основе прецедентов возникают две ключевые проблемы: извлечения прецедентов (1) и определения подобия задачи и прецедента (2). Решение первой проблемы требует разработки алгоритмов формирования прецедентов. Такие алгоритмы в значительной степени зависят от особенностей предметной области.

В данной статье рассматривается решение первой из проблем применительно к задачам процессного управления.

**Целью** данной статьи является разработка метода формирования прецедентов для задач процессного управления средствами интеллектуального анализа процессов.

### 1. Процессный подход и представление процессных знаний

Процессный подход к управлению [4] реализуется, в отличие от традиционного управления по выполняемым функциям, через управление бизнес-процессами организации.

Организация при процессном подходе рассматривается в широком смысле – не только традиционные предприятия, но и любые организованные группы исполнителей, которые взаимодействуют, например, через сеть интернет. Указанные исполнители (группы исполнителей) связаны между собой бизнес-процессами. Иными, словами, процессный подход основан на использовании горизонтальных связей.

С помощью таких связей реализуется заданная процессом последовательность действий.

Реализация аналогичных процессов, решающих одни и те же задачи, может отличаться для различных организаций. В основе подобных процессов лежит один общий алгоритм действий, а варианты выбора и исполнения отдельных процедур в рамках общей последовательности зависят от специфики организации.

Бизнес-процесс можно обобщить для заданной предметной области, построив его референсную модель.

Данная модель содержит знания обо всех возможных вариантах выбора подпоследовательностей действий (т.е., обо всех возможных ветвлениях при алгоритмическом описании процесса).

Такая обобщенная модель содержит знания о типовых подходах к решению задачи процессного управления и представляет собой прецедент, который может быть использован при организации вывода на основе прецедентов.

Указанное представление процессных знаний, составляющих прецедент, характеризуется следующими особенностями:

- знания представляются в виде последовательностей действий, отражающих причинно-следственные связи между субъектами и объектами предметной области, что соответствует предлагаемому в работе [2] подходу;

- знания отражают зависимости между действиями с привязкой ко времени – т.е. относятся к категории темпоральных;

- адаптация прецедента осуществляется с помощью правил.

Таким образом, при реализации представления рассматриваемых темпоральных знаний целесообразно объединить процедурный и декларативный подход и включить в представление:

- набор предопределенных последовательностей действий (процедурная часть);

- набор ограничений, определяющих выбор альтернатив из последовательностей действий (декларативная часть).

Тогда появляется возможность описать знания в виде набора реализованных ситуаций  $s_i$  (или ситуаций, которые должны быть выполнены в будущем), а также взаимосвязей между ними. Каждая из ситуаций формализует знания о состоянии предметной области в результате выполненных действий (или выполнения действий в будущем). О выполнении действий свидетельствуют произошедшие в предметной области события  $e_{ki}$ , что позволяет исключить рассмотрение переменных, отражающих текущее состояние предметной области и учитывать события, которые свидетельствуют об изменении значений переменных.

Изложенное свидетельствует о том, что мы можем при формализации представления знаний использовать набор (лог) событий, фиксирующих выполнение действий процесса. Указанные события обладают атрибутом времени (временной меткой), что позволяет задать отношения между ними на временной шкале. Эти отношения отражают причинно-следственные связи между действиями процесса.

Отметим, что при построении таких связей важен не только факт наступления неких событий, а также их упорядоченность на временной шкале. При составлении отношений порядка между событиями могут учитываться не только конкретные моменты времени, но и интервалы между событиями

Таким образом, при формировании представления знаний о процессах необходимо на основе отношений между событиями определить последовательности  $f(A_i)$  действий  $a_{ij}$ , которые влияют на состояние предметной области и приводят к возникновению той или иной ситуации.

В то же время выполнение действий ситуации связано с ограничениями предметной области. Только при выполнении заданного для каждой ситуации набора ограничений может быть выполнено первое действие ситуации.

Это и свидетельствует о необходимости формирования системы ограничений при представлении процессных знаний.

## 2. Метод извлечения прецедентов для задачи процессного управления

Интеллектуальный анализ процессов (process mining) представляет собой методологию построения моделей процессов путем анализа последовательностей событий, которые фиксируются информационными системами. В результате анализа происходит выделения знаний, отражающих причинно-следственные зависимости между событиями и действиями (выполняемыми задачами) процесса.

Результатом интеллектуального анализа процессов (ИАП) обычно является усовершенствование процессов из рассмотренных предметных областей.

Таким образом, ИАП направлен на выявление знаний о статических и динамических аспектах выполненных процессов и, на этой основе, на уточнение их моделей с возможной последующей корректировкой в соответствии с заданными требованиями. Последовательность действий процесса можно рассматривать как форму представления процедурных знаний. Допустимые причинно-следственные связи между действиями процесса представляют собой набор декларативных знаний в

форме правил, ограничивающий допустимые последовательности действий для текущего состояния предметной области. Иными словами, правила задают ограниченный набор возможных траекторий реализации процесса.

Выбор текущей траектории определяется значениями входных переменных предметной области, а также критериями оценки результативности и эффективности процесса.

При такой трактовке процесса его выполнение можно рассматривать как аналог традиционного логического вывода в искусственном интеллекте, отличающийся сочетанием процедурных и декларативных знаний.

В качестве сходных данных при построении прецедента выступают лог процесса, а также набор ограничений, позволяющий выделить требуемый фрагмент процесса. Лог процесса объединяет набор следов выполнения процесса. Каждый  $j$ - след  $s_j$  процесса  $P$  представляет собой набор событий, отражающих последовательность выполнившихся задач (активностей, действий) при однократной реализации данного процесса. Лог процесса объединяет все фиксированные его реализации и имеет вид:

$$L_P = \{s_j\}, s_j = \{e_{i,j}\} \mid \forall e_{i,j} \exists p_k \in P$$

Ограничения, задающие фрагмент лога и соответствующий ему фрагмент процесса, определяются на основе дополнительной информации лога о субъектах и объектах процесса. Эта информация обычно имеет произвольную форму и зависит от предметной области и специфики процесса.

Такая информации чаще всего включает в себя:

- сведения о территориальной принадлежности процесса (например, страна, город и т.п.) или же о других особенностях предметной области;
- данные о субъектах процесса (например, исполнителях либо группах, категориях исполнителей); такие данные могут включать в себя как имена конкретных субъектов, так и кодированное обозначение категорий;
- сведения об объектах, которыми оперирует процесс; объекты могут быть классифицированы по видам, типам непосредственно в логике; в качестве таких объектов могут выступать, например, документы, сообщения, физические предметы, с которыми оперирует процесс.

Общая идея метода заключается в построении прецедента  $S$  на основе выделения подмножеств событий лога процесса, соответствующих отдельной ситуации. Каждая ситуация, как обсуждалось выше, связана с решением одной из типовых задач, реализуемых процессом.

Выделение ситуаций осуществляется на основе комбинации ограничений по данным о субъектах и объектах.

Ограничение по объектам позволяет выделить подпроцесс, состоящий из нескольких ситуаций. В рамках одного процесса традиционно решаются задачи, связанные с обработкой объектов заданных типов.

Такую обработку для объекта одного типа можно представить в виде последовательности процедур, состоящих из элементарных действий процесса. Каждая процедура реализует одну из задач. Последняя решается в рамках конкретной ситуации.

Ограничение по субъектам позволяет выделить одну из ситуаций из полученного ранее подпроцесса. Действительно, ограничение по субъектам (группам субъектов) позволяет выделить часть организационной структуры, связанной с процессом и реализующей ограниченный перечень функций. Комбинация субъектов и объектов фактически определяет выделенный перечень функций, применяемых к субъектам выбранного типа. Иными словами, данная комбинация ограничений задает возможные условия для искомого инцидента и позволяет формализовать его ситуативное представление.

Третье базовое ограничение позволяет выделить специализированные инциденты. Обычно признак территориальной принадлежности процесса свидетельствует об отличиях при выполнении процесса, связанных со спецификой предметной области.

Объединение логов с различной территориальной принадлежностью позволяет построить обобщенную модель прецедента, содержащую различные вариации выполнения задачи. Однако при выборе прецедентов необходимо подобрать наиболее подходящий – т.е. специализированный вариант.

Поэтому использование ограничения по предметной области позволяет выстроить иерархическую модель прецедента в обобщенного представления, которое разбивается на ряд специализированных.

Предлагаемый метод включает в себя следующие основные этапы.

Этап 1. Формирование набора ограничений по объектам, субъектам процесса и особенностям предметной области

Этап 2. Отбор подмножества событий лога, отражающих решение задач с заданным в ограничении набором субъектов процесса.

Этап 3. Дополнительный отбор подмножества событий лога с учетом ограничения по типам субъектов.

Етап 4. Формирование набора подмножеств событий лог по ограничениям по предметной области.

Етап 5. Построение набора специализированных инцидентов на основе выделенных с учетом ограничений по предметной области подмножеств лог.

Етап 6. Выделение причинно-следственных зависимостей, определяющих применение специализированных инцидентов.

Етап 7. Построение обобщенной модели инцидента, включающей полученные ранее специализированные модели и условия их применения.

## Выводы

В статье рассмотрены вопросы представления и извлечения прецедентов для задач процессного управления.

Предложен метод построения прецедентов для задач процессного управления на основе использования технологии интеллектуального анализа процессов.

В соответствии с предложенным методом, прецедент формируется путем анализа логов существующих процессов с учетом ограничений по субъектам, объектам процесса, а также по особенностям предметной области.

Ограничения по субъектам и объектам позволяют представить процесс в виде набора ситуаций, каждая из которых связана с решением прикладной задачи процесса.

Ограничения по предметной области позволяют сформировать иерархию прецедентов, к которой обобщенный прецедент отражает все возможные варианты решения задачи, а специализированные – отдельные способы решения с учетом специфики предметной области.

В практическом аспекте предложенный метод упрощает оценку близости задач при выборе прецедентов путем перехода от обобщенного прецедента к специализированным.

## Список литературы

1. Большой энциклопедический словарь: [А – Я] / Гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Большая Российская энциклопедия; СПб.: Норинт, 1997. — 1408 с.
2. Schank R.C. Scripts, Plans, Goals and Understanding / R.C. Schank, R.P. Abelson. — Erlbaum, Hillsdale, New Jersey, US, 1977, - 248 p.
3. Knowledge Structures James / A. Galambos, John B. Black, Robert P. Abelson. — Published by Psychology Press, 1986 – 272 p.
4. Елиферов В.Г. Бизнес-процессы: Регламентация и управление / В.Г. Елиферов, В.В. Репин. — М.: ИНФРА-М, 2004. — 319 с.

Поступила в редколлегию 21.05.2015

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.Ю. Шабанов-Кушнарченко, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

## ФОРМУВАННЯ ПРЕЦЕДЕНТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ПРОЦЕСІВ

С.Ф. Чалий, І.Б. Буцукіна

*У статті розглянуті питання представлення та формування прецедентів для задач процесного управління. Показана практична застосованість побудови прецедентів на основі аналізу логів процесів засобами process mining. Запропоновано метод побудови прецедентів для задач процесного управління на основі використання технології інтелектуального аналізу процесів. Відповідно до запропонованого методу, прецедент формується шляхом аналізу логів існуючих процесів з урахуванням обмежень по суб'єктам, об'єктах процесу, а також за особливостями предметної області. Перші два обмеження дозволяють уявити процес у вигляді набору ситуацій, кожна з яких пов'язана з вирішенням прикладної задачі процесу. Обмеження предметної області дозволяють виділити спеціалізовані та узагальнені прецеденти і сформувати їх ієрархію. В отриманій ієрархічній структурі узагальнений прецедент відображає всі можливі варіанти вирішення завдання, а спеціалізовані - окремі способи вирішення з урахуванням специфіки предметної області.*

**Ключові слова:** прецедент, виведення на основі прецедентів, процеси, інтелектуальний аналіз процесів, обмеження.

## REMOVING THE PRECEDENT WITH MINING TECHNOLOGY PROCESSES

S.F. Chalyy, I.B. Bytsukina

*The questions of representation and retrieval of cases for process management tasks. The possibility of building precedents based on log analysis processes by means of process mining. The possibility of a situational representation of knowledge about the processes. A method of constructing precedent for the problems of process management, based on an analysis of selected subsets of logs. Selecting subsets is subject to restrictions on the subject, object of the process, as well as on the specifics of the subject area. The first two constraints allow the present process as a set of situations, each of which is connected with solving the problem of the application. Restrictions on domain allow to allocate specialized and generalized form precedents and their hierarchy. The resulting hierarchical structure n generalized precedent reflects all possible solutions to the problem, and specialized - individual solutions to specific to the subject area.*

**Keywords:** precedent, a conclusion based on precedents, processes, mining process, limitations.