

С. Ф. ЧАЛЫЙ, И. Б. ПРИБЫЛЬНОВА**СИТУАЦИОННЫЙ ПОДХОД К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ТЕМПОРАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ ПРЕЦЕДЕНТОВ**

У роботі запропонований ситуаційний підхід до подання і моделювання темпоральних знань прецеденту, що відрізняється використанням обмежень при доступі до ситуації, а також інтеграцією послідовності операцій, що забезпечують перехід між ситуаціями. Підхід створює умови для опису рішення задачі в складі прецеденту на декількох рівнях деталізації. Удосконалено ситуаційна модель подання знань в складі прецеденту, яка відрізняється від існуючих використанням транзакції, що реалізує перехід між ситуаціями і складається з послідовності дій, що відображають визначену послідовність зміни станів предметної області. У практичному аспекті виділення транзакцій дозволяє виділити тільки ті стани предметної області, які є істотними для побудови процесу рішення задачі в складі прецеденту і потім організувати логічний висновок на ситуаціях.

Ключові слова: вивід на основі прецедентів, ситуація, темпоральні знання, ситуаційне обчислення.

В работе предложен ситуационный подход к представлению и моделированию темпоральных знаний прецедента, отличающийся использованием ограничений при доступе к ситуации, а также интеграцией последовательности операций, обеспечивающих переход между ситуациями. Подход создает условия для описания решения задачи в составе прецедента на нескольких уровнях детализации. Усовершенствована ситуационная модель представления знаний в составе прецедента. Модель отличается от существующих использованием транзакционного описания перехода между ситуациями, состоящего из последовательности действий, отражающих определенную последовательность изменения состояний предметной области. В практическом аспекте выделение транзакций позволяет выделить только те состояния предметной области, которые являются существенными для построения процесса решения задачи в составе прецедента, и затем организовать логический вывод на ситуациях.

Ключевые слова: вывод на основе прецедентов, ситуация, темпоральные знания, ситуационное исчисление.

In this paper we propose a situational approach to reporting and modeling of temporal knowledge of precedent, wherein the use of restrictions on access to the situation, as well as the integration of workflow, providing a transition between the situations. Approach creates conditions for solving the problem in describing the composition of a precedent for multiple levels of detail. Improved situational model of knowledge representation in the composition of a precedent, which is different from the existing use of the transaction, which realizes the transition between the situations and consisting of a series of actions, reflect a predetermined sequence of changes in the states domain. The practical aspect of the allocation of the transaction allows select only those states of the subject areas that are essential for the construction of the problem solving process as part of a precedent and then organize the logical conclusion to the situation.

Keywords: case-based reasoning, situation, temporal knowledge, situational calculus.

Введение. Вывод на основе прецедентов (СВР – Case-Based Reasoning) основан на идее использования накопленного в результате решения известных задач опыта и знаний для решения вновь возникающих проблем. Термин «прецедент» означает имевший место случай или поведение в определенной ситуации, которые рассматриваются как образец для последующих случаев подобного рода [1].

Прецедент представляет собой структурированный фрагмент знания в заданной предметной области, который основан на имеющемся опыте и представляет собой образец достижения поставленной цели [2].

СВР – подход основан на том, что обычно эксперт при возникновении новой проблемы использует известные решения, адаптируя их с учетом особенностей рассматриваемой проблематики. Поэтому основанный на прецедентах подход заключается, во-первых, в нахождении и использовании похожих ситуаций, и, во-вторых, в постоянном накоплении и применении вновь полученного опыта.

Подходы к представлению прецедентов в значительной степени определяются свойствами используемых знаний. В частности, темпоральные знания о процессах и явлениях, которые изменяются во времени, обладают рядом особенностей: относительность во времени; ограниченность; необходимость выделения уровней детализации; наличие статической и динамической составляющих [3], которые приводят к трудностям при реализации прецедентного подхода.

Это требует разработки усовершенствованных подходов к представлению знаний в составе прецедентов. Изложенное определяет актуальность темы данной работы.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время разработан ряд базовых подходов к представлению темпоральных знаний, которые учитывают их специфические особенности, на основе использования темпоральных логик, ситуационного и событийного исчисления, удовлетворения временных ограничений [4–7].

Темпоральные логики обеспечивают формальную основу для описания изменений истинности утверждений во времени путем учета причинно-временных связей.

Событийное исчисление позволяет представить знания в составе прецедента в виде последовательности взаимосвязанных событий.

Ситуационное исчисление формализует темпоральные знания в виде наборов ситуаций, состояние которых может быть описано средствами темпоральной логики, а изменение состояний – как последовательность событий, отражающих результаты выполнения соответствующих действий.

Однако принятый в ситуационном исчислении подход предполагает, что переходы между ситуациями необходимо выполнять после каждого действия. Вопросам интеграции промежуточных операций в единое интегральное действие не уделяется достаточно внимания [1].

Целью данной статьи является разработка ситуационного подхода к представлению темпоральных знаний в составе прецедента.

Это дает возможность решать задачу подбора прецедентов на основе оценки близости ситуаций, а также реализовать решение практических задач путем логического вывода на ситуациях.

Исходные ситуации могут быть получены на основе анализа записей о процессах решения задачи, например логов информационных систем.

Ситуационная модель представления знаний в составе прецедента. Предлагаемый подход к представлению темпоральных знаний в составе прецедента базируется на общей последовательности их получения и использования. Поэтому можно выделить базовую цепочку изменения, адаптации, приобретения таких знаний:

- получение знаний о текущем состоянии предметной области;
- адаптация знаний о возможных действиях, направленных на изменение состояния подмножества объектов предметной области;
- выбор действий в текущем состоянии предметной области с учетом заданного априорно критерия эффективности;
- реализация действий, которая приводит к изменению состояния подмножества объектов в предметной области;
- получение знаний о новом состоянии предметной области.

В данном случае можно выделить три типа операций по получению и использованию темпоральных знаний:

- получение информации о предметной области;
- преобразование информации в знания;
- формирование действий на основе знаний о новом состоянии.

Указанный набор операций позволяет отразить текущую ситуацию в предметной области на основе ситуационного исчисления [6]. Действительно, информация о предметной области отражает значение набора ее текущих переменных. Полученные на основе информации знания связывают текущее состояние с предварительно выполненными действиями. Набор новых действий позволяет создать новую ситуацию в предметной области. Такой набор реализуется только при наличии заданного состояния предметной области – т. е. заданной ситуации. Иными словами, выполнение последовательности действий по переходу в новую ситуацию осуществляется только при выполнении набора ограничений, задающего необходимое состояние предметной области. Реализация действий по изменению состояния предметной области позволяют выработать новые знания.

Таким образом, все изменения в предметной области могут быть рассмотрены как результат выполненных ранее действий и отражать текущую ситуацию $s_i, i = \overline{1, I}$. При таком рассмотрении целесообразно не использовать явное представление времени, например в виде последовательности моментов

t_k , а описывать ситуации, а также отдельные действия, либо их последовательности, приведшие к указанным ситуациям. Действия, вызывающие переход между ситуациями могут быть представлены логическими терминами.

Исходное состояние предметной области формализуется в виде начальной ситуации s_0 . Особенность начальной ситуации состоит в том, что она отражает состояние предметной области до начала выполнения хотя бы одного действия.

Следовательно, основная особенность ситуационного представления темпоральных знаний заключается в том, что поведение совокупности взаимодействующих объектов предметной области описывается через множество сменяющих друг друга ситуаций. Переход между ситуациями осуществляется по мере выполнения действий над соответствующими объектами.

Исходя из изложенных особенностей получения и использования темпоральных знаний, в рамках предлагаемого ситуационного подхода к представлению таких знаний необходимо определить:

- знания о доступности ситуаций;
- знания об ограничениях на выполнение ситуаций;
- порядок перехода между ситуациями;
- структуру ситуации, которая обеспечивала бы возможность формализации знаний на основе логов с использованием методов интеллектуального анализа процессов.

Обозначим через K предикат, формализующий доступность ситуаций как элементов единого ситуационного представления темпоральных знаний.

Доступность ситуации s_i из начальной ситуации определяется на основе истинности ограничений для текущей ситуации:

$$(\forall s_i) K(s_i, s_0) \supset C_i, \quad (1)$$

где s_i – ситуация, для которой определяется доступность; s_0 – начальная ситуация; C_i – ограничения для ситуации.

Текущее состояние в ситуации s_i может быть представлено на основе значений переменных x_k и отношений между ними в виде формул f_j . Тогда утверждение, что формула f_j истинна в ситуации s_i означает истинность знаний о данной ситуации в некоторый момент времени:

$$s_i \models f_j \Leftrightarrow \exists t_k : f_j = true, \quad (2)$$

где t_k – момент времени, в который f_j истинна в ситуации s_i .

Истинность формулы в соответствии с предлагаемым подходом является результатом выполнения связанного с ситуацией набора действий A_i .

Связанные с ситуаций действия выполняются только при наличии соответствующих условий. Эти условия могут быть представлены в формате набора

ограничений C_i для каждой ситуации s_i . Тогда возможность выполнения связанных с ситуацией действий A_i определяется истинностью логической формулы на основе текущего состояния, выраженного вектором текущих переменных:

$$C_i = f(\overline{X}, s_i) = true \Rightarrow Poss(A_i, s_i), \quad (3)$$

где предикат $Poss$ будет истинным в том случае, если существует возможность выполнить связанные с ситуацией действия A_i .

Условием перехода от ситуации s_{i-1} к ситуации s_i является только такое изменение вектора переменных состояния $\overline{x_{i-1}}$ в ситуации s_{i-1} , при котором будут удовлетворены ограничения C_i для ситуации s_i :

$$\exists \{x_{i-1}\} \subseteq X: C_i = f(\{x_{i-1}\}, s_i) = true. \quad (4)$$

Указанное изменение состояния является результатом выполнения комплексных действий (процедуры, подпроцесса). Для его обозначения адаптируем принятый в ситуационном исчислении предикат $Do(A_i, \{x_{i-1}\}, s_i)$. В данной интерпретации этот предикат принимает истинное значение в том случае, если из исходного состояния, описываемого набором переменных $\{x_{i-1}\}$ удастся достичь требуемого состояния в ситуации s_i , в результате выполнения паттерна, включающего действия A_i .

Необходимые условия истинности данного предиката включают в себя:

- возможность начала выполнения паттерна действий A_i в состоянии предметной области, описываемым набором переменных $\{x_{i-1}\}$; иными словами, значения переменных должны удовлетворять ограничению (2);
- возможность завершения паттерна, включающего действия A_i в ситуации s_i .

Тогда переход между ситуациями представляется в виде (5):

$$\begin{aligned} Do(A_i, s_{i-1}, s_i) = \\ (\forall a_{ik} \in A_i Poss(A_i, s_i) = true) \wedge \\ (Do(A_i, \{x_{i-1}\}, s_i) = true) \end{aligned} \quad (5)$$

Приведенная адаптация предиката перехода между ситуациями позволяет реализовать такой переход в виде транзакции, объединив элементарные действия в единую группу.

Действия, связанные с ситуацией, реализуют некоторый алгоритм, позволяющий достичь требуемого состояния предметной области. Поэтому в целом при переходе между ситуациями могут использоваться более сложные наборы операций: последовательность, ветвление, цикл, параллельное выполнение.

Таким образом, представление ситуационное представление темпоральных знаний в составе прецедента включает в себя: логическое описание состояния ситуации; набор интегральных действий, реали-

зующих отдельные подпроцессы и отображаемых в транзакционной форме; ограничения для ситуации.

Данная модель используется в рамках ситуационного подхода к представлению и моделированию темпоральных знаний. Предлагаемый подход обладает следующими особенностями.

Знания об изменяющихся во времени процессах, явлениях, объектах представляются в форме набора ситуаций. С каждой ситуацией связан определенный алгоритм действий. Реализация этого алгоритма изменяет состояние предметной области и, собственно, создает требуемое состояние ситуации. Знания о последовательности действий представляются в виде предиката $f(A_i)$. Истинность данного предиката свидетельствует о выполнении алгоритма действий и достижении желаемого состояния в конкретной ситуации. Алгоритм может быть выполнен полностью, что приводит к переходу к новой ситуации, либо не выполнен вообще. Частичное выполнение алгоритма означает, что переход к новой ситуации не выполнен и потому рассматривается так же, как и его невыполнение.

Для выполнения связанного с ситуацией набора действий и достижения требуемого состояния необходимо, чтобы текущее состояние удовлетворяло заданным ограничениям C_i . Указанные ограничения представляются в виде предиката, аргументами которого являются переменные, отражающие текущее состояние предметной области. Значения данных переменных, за исключением начальной ситуации s_0 изменяются в результате выполнения наборов действий, связанных с предшествующими ситуациями.

Представление набора действий в форме транзакции позволяет не описывать промежуточные действия, которые существенно не изменяют состояние предметной области (frame problem). Это особенно важно при решении задач интеллектуального анализа процессов, ведь построение процессных моделей основано на анализе событий, отражающих результаты выполнения последовательности действий. Поэтому в такой трактовке все действия изменяют состояние предметной области.

Выводы. Усовершенствована ситуационная модель представления знаний в составе прецедента. Модель отличается от существующих реализацией перехода между ситуациями в форме транзакции, состоящей из последовательности действий, отражающих предопределенную последовательность изменения состояний предметной области. В практическом аспекте выделение транзакций позволяет выделить только те состояния предметной области, которые являются существенными для построения процесса решения задачи в составе прецедента и затем организовать логический вывод на ситуациях.

Предложен ситуационный подход к представлению и моделированию темпоральных знаний, основанный на использовании ситуации с учетом связанных с ней ограничений, а также моделировании перехода между ситуациями в форме транзакций. Подход создает условия для описания решения задачи в

составе прецедента на нескольких уровнях детализации.

7. Kowalski R. A. A logic-based calculus of events/ R. A. Kowalski, M. J. Sergot // *New Generation Computing*. – № 4(1). – 1986. – P. 67–95.

Список литературы

1. Kolodner J. L. *Case-Based Reasoning*/ J. L. Kolodner // San Mateo, CA: Morgan Kaufmann, 1993. – 668 p.
2. Varshavskii P. R. Modeling of case-based reasoning in intelligent decision support systems / P. R. Varshavskii, A. P. Eremeev // *Scientific and Technical Information Processing*. Vol. 37, 2010 – P. 336–345.
3. Allen J. F. Towards a general theory of action and time/ J. F. Allen // *Artificial Intelligence*. – № 23 (2). – 1984. – P. 123–154.
4. Alur R. Real-time logics: complexity and expressiveness / R. Alur, T. A. Henzinger// *Information and Computation*. – № 104(1). – 1993. – P. 35 – 77.
5. Emerson E. A. Temporal Modal Logic / E. A. Emerson// *Handbook of Theoretical Computer Science*, 1990. – P. 997–1071.
6. Reiter R. *Knowledge in Action: Logical Foundations for Specifying and Implementing Dynamical Systems*./ R. Reiter // The MIT Press, 2001. – 401 p.

References (transliterated)

1. Kolodner J. L. *Case-Based Reasoning*. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publ., 1993. 668 p.
2. Varshavskii P. R. Modeling of case-based reasoning in intelligent decision support systems. *Scientific and Technical Information Processing*. 2010, no. 37, pp. 336–345.
3. Allen J. F. Towards a general theory of action and time. *Artificial Intelligence*. no. 1984, 23 (2), pp. 123–154.
4. Alur R. Real-time logics: complexity and expressiveness. *Information and Computation*. 1993, no. 104 (1), pp. 35–77.
5. Emerson E. A. Temporal Modal Logic. *Handbook of Theoretical Computer Science*, 1990. pp. 997–1071.
6. Reiter R. *Knowledge in Action: Logical Foundations for Specifying and Implementing Dynamical Systems*. The MIT Press, 2001. 401 p.
7. Kowalski R. A. A logic-based calculus of events. *New Generation Computing*. 1986, no. 4 (1), pp. 67–95.

Поступила (received) 21.11.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Ситуаційний підхід до представлення темпоральних знань прецедентів / С. Ф. Чалый, І. Б. Прибыльнова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Х. : НТУ «ХПІ», 2016. – № 45 (1217). – С. 70–73. – Бібліогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0023.

Ситуационный подход к представлению темпоральных знаний прецедентов / С. Ф. Чалый, И. Б. Прибыльнова // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Системний аналіз, управління та інформаційні технології. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – № 45 (1217). – С. 70–73. – Библиогр.: 7 назв. – ISSN 2079-0023.

Situational approach to the representation of temporal knowledge of precedents / S. F. Chaly, I. B. Pribylnova // *Bulletin of NTU "KhPI"*. Series: System analysis, control and information technology. – Kharkov : NTU "KhPI", 2016. – No. 45 (1217). – P. 70–73. – Bibliogr.: 7. – ISSN 2079-0023.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Чалый Сергей Федорович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри інформаційних управляючих систем Харківського національного університету радіоелектроніки, м. Харків, тел.: (057) 702-14-51; e-mail: serhii.chalyi@nure.ua.

Прибыльнова Инна Борисівна – доцент кафедри економічної кібернетики та управління економічною безпекою Харківського національного університету радіоелектроніки, м. Харків, тел.: (057) 702-14-90; e-mail: inna.butsukina@nure.ua.

Чалый Сергей Федорович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных управляющих систем Харьковского национального университета радиоэлектроники, г. Харьков, тел.: (057) 702-14-51; e-mail: serhii.chalyi@nure.ua.

Прибыльнова Инна Борисовна – доцент кафедры экономической кибернетики и управления экономической безопасностью Харьковского национального университета радиоэлектроники, г. Харьков, тел.: (057) 702-14-90; e-mail: inna.butsukina@nure.ua.

Chalyi Serhii – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Information Control Systems of the Kharkiv National University of Radioelectronics, c. Kharkiv, (057) 702-14-51; e-mail: serhii.chalyi@nure.ua.

Pribylnova Inna – Associate Professor of the Department of Department of Economic Cybernetics and Management of Economic Security of the Kharkiv National University of Radioelectronics, c. Kharkiv, (057) 702-14-90; e-mail: inna.butsukina@nure.ua.