

Методы группового выбора для адаптации решений, полученных в результате рассуждений на основе прецедентов¹

Аннотация. Рассмотрен подход к адаптации решений, полученных в результате рассуждений на основе прецедентов. Подход основан на применении методов группового выбора. Предлагаемый подход может быть рассмотрен как новый метод трансформационной адаптации в контексте планирования. При решении задач планирования прецеденты содержат в качестве решений планы в форме полностью или частично упорядоченных последовательностей действия (частей решения). В результате применения предлагаемого подхода, существующие планы преобразовываются в один единственный план, который и используется для поддержки принятия решений в новой ситуации. Приведено детальное описание подхода и пример его применения при решении практической задачи.

Ключевые слова: принятие решений, прецеденты, методы группового выбора, адаптация.

Введение

Повышение эффективности использования накопленного ранее опыта при решении вновь возникающих проблем остается одной из актуальных задач во многих предметных областях. Одним из методов решения данной задачи является принятие решений на основе прецедентов [1-5] – подход, имитирующий модель человеческих рассуждений к принятию решения по аналогии. Для своего эффективного применения принятие решений на основе прецедентов не требует проведения глубокого анализа предметной области, достаточно использовать поверхностные знания, представленные в виде структурированных образов – прецедентов.

Принятие решений на основе прецедентов (Case-based reasoning, CBR), как отдельное направление исследований в области систем основанных на знаниях, сфокусировано, прежде всего, на решении проблем с помощью накопленного опыта, что связано с разработкой и ис-

следованием методов представления (моделирования), оценки, хранения и индексации, извлечения и адаптации фактических знаний.

Согласно данной методологии процесс решения состоит из этапов [1-5]:

- *извлечение* наиболее похожего прецедента(ов) (**Retrieve**), в ходе данного этапа происходит распознавание текущей проблемной ситуации, информация о которой представлена в виде некоего образа (прецедента) и поиск похожих образов, содержащихся в хранилище образов (базе прецедентов) с использованием различных метрик;

- *повторное использование* информации содержащейся в извлеченном прецеденте (ax) (**Reuse**) с необходимой ее адаптацией;

- *проверка* корректности нового решения (**Revise**);

- *сохранение* нового прецедента в базе прецедентов (**Retain**).

Наибольшей сложностью отличаются этап повторного использования полученного реше-

¹ Работа выполнена при поддержке гранта Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 гг., проект «Система поддержки принятия решений для предупреждения и ликвидации техногенных чрезвычайных ситуаций на основе прецедентного подхода», заявка № 2012-1.2.2-12-000-2007-027 и гранта СП-2012.2012.5 (стипендия Президента РФ).

ния, так как на данном этапе требуется привлечение более глубоких знаний предметной области. Использование этих знаний позволяет оценить качественные отличия между прецедентами-аналогами и текущей проблемной ситуацией и учесть эти отличия при формировании окончательного решения, т.е. произвести *адаптацию* полученных решений с учетом особенностей текущей проблемной ситуации.

Проблема разработки методов адаптации не теряет своей актуальности, начиная с ранних исследований в данной области [6-11]. Для решения задачи адаптации применяют множество подходов, которые можно разделить на две основные группы [1-3, 5-11]:

- подходы, основанные на преобразовании полученного решения (transformational reuse): окончательное решение формируется в результате перенесения (копирования) элементов решения аналогичной проблемной ситуации и его дальнейшего преобразования при помощи операторов преобразования. Преимуществом данного подхода является то, что он требует описания только проблемной ситуации и использует только решения прецедентов и операторы преобразования.

- подходы, основанные на повторном использовании алгоритмов, методов и правил, с помощью которых было получено оригинальное решение прецедента-аналога (derivational reuse): способны получать новое решение для текущей проблемы путем повторения «плана» решения (или логического вывода) в контексте новой проблемной ситуации.

В большинстве случаев для получения окончательного решения необходимо использовать комбинацию методов из разных групп.

В данной работе предлагается подход, который может быть рассмотрен как один из видов преобразующей адаптации, в контексте планирования [10, 11]. При решении задач планирования прецеденты содержат в качестве решений планы в форме полностью или частично упорядоченных последовательностей действий. Эти планы повторно используются в новой ситуации путем их преобразования, если это необходимо.

Предлагается реализовать оператор преобразования на основе методов группового (коллективного) выбора [12-14] Окончательное решение при этом получается в результате агрегации множества решений ближайших аналогов, а не одного наиболее лучшего. Части

решений разных прецедентов комбинируются друг с другом в процессе агрегирования. Упорядоченная последовательность решений соответствует понятию «отношение группового предпочтения» [12-14].

1. Постановка задачи

Одной из особенностей применения прецедентного подхода [1-5] является получение на этапе извлечения в качестве решения набора прецедентов-аналогов, близких по описанию к рассматриваемой ситуации и упорядоченных в соответствии с мерой подобия (близости) описаний. Используя этот набор, пользователь (лицо, принимающее решение) либо принимает решение, описанное в аналоге с наибольшей мерой подобия, либо формирует новое решение на основе решений, содержащихся во множестве наиболее близких аналогов.

В том случае, если назначаемое решение представляет собой упорядоченные (по очередности принятия или важности) последовательности альтернатив, например, перечень мероприятий или действий по ликвидации инцидента или аварии [15-16], или последовательность событий при развитии техногенной катастрофы, то эффективность процесса выбора решения может быть повышена при помощи методов группового выбора [12-14]. Применение методов теории группового выбора позволит сформировать решение по прецеденту не только на основании информации из самого близкого (лучшего) прецедента-аналога, но учесть информацию, содержащуюся в других прецедентах-аналогах (с более низкой оценкой близости), которые в большинстве случаев исключаются из процесса принятия решения.

Рассмотрим формальную постановку задачи.

Дано: множество прецедентов-аналогов $C = \{c_1, \dots, c_M\}$, сформированное по результатам процедуры извлечения прецедентов-аналогов. При этом каждый аналог описывается тройкой: $c_i = \langle p_i, d_i, s_i \rangle$, где p_i – описание i -аналога, d_i – решение i -аналога, s_i – значение оценки близости описания i -аналога и текущей проблемной ситуации, $i \in \overline{1, M}$.

Рассматриваем случай, когда каждое решение прецедента-аналога d_i представляет собой множество альтернатив (событий, действий),

упорядоченных по очередности принятия или наступления, тогда $d_i = \langle A_i^c, d_i^Q \rangle$, где $A_i^c = \{a_{i1}^{h_1}, \dots, a_{iZ_i}^{h_{Z_i}}\}$ – множество альтернатив (событий, действий), причем $A_i^c \cap A_j^c \neq \emptyset$, объединение множеств A_i^c образует множество всех возможных альтернатив, формируемое на основе анализа решений всех прецедентов-аналогов: $A = \bigcup_{i=1}^M A_i^c = \{a^1, \dots, a^H\}$, $H = |A|$, $h_z \in \overline{1, H}$, $d_i^Q = a_{i1}^{h_1} Q_1^i \dots Q_{Z_i-1}^i a_{iZ_i}^{h_{Z_i}}$ – последовательность альтернатив (ранжировка), где $Q \in \{>, \approx\}$, т.е. Q – либо отношение строгого предпочтения, либо отношение эквивалентности соответственно, $Z_i = |A_i^c|$, c – показатель принадлежности альтернатив к прецедентам. При этом возможна ситуация, когда $A_i^c = A_j^c$, но $d_i^Q \neq d_j^Q$, $i, j \in \overline{1, M}$.

Требуется: сформировать решение d^* , учитывающее не только решение прецедента-аналога с самой лучшей оценкой близости, но и агрегирующее решения множества прецедентов-аналогов, обладающих лучшими оценками. При формировании решения d^* должны быть учтены значения оценок близости используемых прецедентов-аналогов.

2. Предлагаемый подход

Предлагаемый подход заключается в представлении информации о решениях прецедентов-аналогов в форме множества наборов данных, которые будут решены комплексом методов группового выбора с последующим согласованием (агрегированием) результатов.

Обобщенный алгоритм предлагаемого подхода состоит из следующих основных шагов:

Шаг 1. Выбор близких аналогов для формирования агрегированного решения с помощью методов группового выбора.

Шаг 2. Формирование множества наборов данных для применения методов группового выбора.

Шаг 3. Решение задач группового выбора для каждого набора данных.

Шаг 4. Формирование агрегированного решения путем согласования (агрегирования) решений, полученных на шаге 3.

Рассмотрим шаги алгоритма подробнее.

Шаг 1: Выбор близких аналогов осуществляется в результате работы процедуры извлечения аналогов. Для решения данной задачи применяется целый ряд методов и их модификаций [1-3]: метод ближайшего соседа, метод на основе деревьев решений, метод на основе учета применимости прецедентов и др. Наиболее часто используемым является метод ближайшего соседа, в основе которого лежит измерение схожести (близости) прецедентов и текущей проблемной ситуации. При этом используются различные метрики, например, Эвклида, Хэмминга и др. [1-5, 17].

В большинстве случаев выбор прецедентов для формирования окончательного решения является субъективным процессом. По этой причине при реализации данного подхода было предложено пользователям самостоятельно определять доверительный интервал для оценки близости. В иллюстративном примере этот интервал определен как $[0.5; 1]$. Таким образом, аналоги со значением оценки близости больше или равные 0,5 будут отобраны для формирования агрегированного решения. Подобное ограничение призвано исключить из дальнейшего рассмотрения прецеденты-аналоги с низкой оценкой близости, сигнализирующей о значительном отличии описания аналога и текущей проблемной ситуации и некорректности использования решения подобного аналога для решения текущей проблемной ситуации.

Результат шага: множество аналогов

$$C^* = \{c_1, \dots, c_m\}, \text{ где } c_i = \langle p_i, d_i, s_i \rangle, i \in \overline{1, m},$$

$$m \leq M, s_i \in [0.5; 1], d_i = \langle A_i^c, d_i^Q \rangle,$$

$$A_i^c = \{a_{i1}^{h_1}, \dots, a_{iZ_i}^{h_{Z_i}}\}, d_i^Q = a_{i1}^{h_1} Q_1^i \dots Q_{Z_i-1}^i a_{iZ_i}^{h_{Z_i}}.$$

Шаг 2: Формирование множества наборов данных T для применения методов группового выбора на основе информации из выбранных прецедентов-аналогов.

Для использования прецедентов в качестве исходных данных для формирования наборов данных для решения задачи группового выбора необходимо:

2.1. Сгруппировать решения прецедентов-аналогов с учетом их качественного и количественного состава (по альтернативам).

2.2. Учесть значения оценки близости прецедентов-аналогов при формировании наборов данных в виде его информационного веса.

Задача 2.1 решается следующим образом: множество прецедентов C^* , отобранных на шаге 1, разбивается на непересекающиеся подмножества \bar{C}_n , $C^* = \bigcup_{n=1}^q \bar{C}_n$, $q \leq m$, $\bar{C}_{n1} \cap \bar{C}_{n2} = \emptyset$,

$n1 \neq n2, \forall n1, n2 \in \bar{1}, q$, каждое из которых представляет собой совокупность прецедентов-аналогов $\bar{C}_n = \{c_{n1}, \dots, c_{nK_n}\}$, $n = \bar{1}, q$. При этом между собой подмножества \bar{C}_n отличаются набором альтернатив, составляющих решения прецедентов-аналогов, т.е. множества альтернатив прецедентов-аналогов из одного множества равны

$$\forall c_{nk1}, c_{nk2} \in \bar{C}_n : A_{nk1}^c = A_{nk2}^c, k1 \neq k2 ;$$

$k1, k2 \in \bar{1}, K_n$, и различны из разных множеств

$$\forall c_{n1k1} \in \bar{C}_{n1}, \forall c_{n2k2} \in \bar{C}_{n2} : A_{n1k1}^c \neq A_{n2k2}^c ;$$

$n1 \neq n2; n1, n2 \in \bar{1}, q; k1 \neq k2; k1, k2 \in \bar{1}, K_n$.

Для каждого подмножества \bar{C}_n формируется набор данных для задачи группового выбора $\bar{C}_n \rightarrow T_n$, $n = \bar{1}, q$. В результате получаем множество наборов $T = \{T_1, \dots, T_q\}$.

Опишем составляющие компоненты набора данных $T_n = \langle A_n^T, R_n, S_n \rangle$, $n = \bar{1}, q, q \geq 1$,

где A_n^T – множество альтернатив набора,

$A_n^T = \{a_{n1}^h, \dots, a_{nL_n}^h\}$, L_n – количество альтернатив набора;

R_n – множество ранжировок,

$R_n = \{\langle d_{n1}^Q, e_{n1} \rangle, \langle d_{n2}^Q, e_{n2} \rangle, \dots, \langle d_{nr}^Q, e_{nr} \rangle\}$, r –

число неповторяющихся решений-ранжировок, $r \leq m$, d_{nr}^Q – решение прецедента-аналога

(представленное в виде ранжировки), одинаковое для некоторого множества прецедентов-аналогов, причем e_{nr} – число прецедентов-аналогов, где решение (ранжировка) имеет вид d_{nr}^Q ;

S_n – информационный вес набора T_n равный среднеарифметическому выражению оценок близости прецедентов-аналогов, составляющих набор.

Таким образом, выполняется отображение компонентов модели прецедента в компоненты набора данных задачи группового выбора: $\{A_{nk}^c\}_k \rightarrow A_n^T, \{d_{nk}^Q\} \rightarrow R_n, \{s_{nk}\} \rightarrow S_n$.

Задача 2.2 решается следующим образом: информационный вес S_n для набора

T_n , $n = \bar{1}, q$ вычисляется как среднеарифметическое оценок близости прецедентов-аналогов, на основании которых сформирован данный набор данных. Данную оценку предполагается использовать на этапе согласования результатов (шаг 4) в качестве информационного веса (показателя важности) определенного набора данных и его решения.

Результат шага: множество наборов данных (задач группового выбора) $T = \{T_1, \dots, T_q\}$, для которых в дальнейшем будет решена задача группового выбора (шаг 3).

Рассмотрим пример, иллюстрирующий выполнение первых двух шагов обобщенного алгоритма предлагаемого подхода.

Дано множество прецедентов-аналогов C , упорядоченное согласно их оценкам близости:

$$c_1 = \langle p_1, d_1, s_1 \rangle, A_1^c = \{a_{11}^1, a_{12}^2, a_{13}^3\},$$

$$d_1^Q = a_{11}^1 \succ a_{12}^2 \succ a_{13}^3, s_1 = 1.0$$

$$c_2 = \langle p_2, d_2, s_2 \rangle, A_2^c = \{a_{21}^1, a_{22}^2, a_{23}^3\},$$

$$d_2^Q = a_{21}^1 \succ a_{22}^2 \succ a_{23}^3, s_2 = 1.0$$

$$c_3 = \langle p_3, d_3, s_3 \rangle, A_3^c = \{a_{31}^1, a_{32}^3, a_{33}^2\},$$

$$d_3^Q = a_{31}^1 \succ a_{32}^3 \succ a_{33}^2, s_3 = 0.8$$

$$c_4 = \langle p_4, d_4, s_4 \rangle, A_4^c = \{a_{41}^1, a_{42}^3, a_{43}^4\},$$

$$d_4^Q = a_{41}^1 \succ a_{42}^3 \succ a_{43}^4, s_4 = 0.7$$

$$c_5 = \langle p_5, d_5, s_5 \rangle, A_5^c = \{a_{51}^1, a_{52}^3, a_{53}^4\},$$

$$d_5^Q = a_{51}^1 \succ a_{52}^3 \succ a_{53}^4, s_5 = 0.6$$

$$c_6 = \langle p_6, d_6, s_6 \rangle, A_6^c = \{a_{61}^3, a_{62}^4\},$$

$$d_6^Q = a_{61}^3 \succ a_{62}^4, s_6 = 0.6$$

$$c_7 = \langle p_7, d_7, s_7 \rangle, A_7^c = \{a_{71}^3, a_{72}^2, a_{73}^1\},$$

$$d_7^Q = a_{71}^3 \succ a_{72}^2 \succ a_{73}^1, s_7 = 0.5$$

$$c_8 = \langle p_8, d_8, s_8 \rangle, A_8^c = \{a_{81}^2, a_{82}^3, a_{83}^1\},$$

$$d_8^Q = a_{81}^2 \succ a_{82}^3 \succ a_{83}^1, s_8 = 0.5$$

$$c_9 = \langle p_9, d_9, s_9 \rangle, \dots, s_9 = 0.3$$

$$c_{10} = \langle p_{10}, d_{10}, s_{10} \rangle, \dots, s_{10} = 0.1$$

$$c_{11} = \langle p_{11}, d_{11}, s_{11} \rangle, \dots, s_{11} = 0.0$$

...

Полное множество альтернатив имеет вид $A = \{a^1, a^2, a^3, a^4\}$.

После введения ограничения на интервал значений оценки близости (шаг 1) $s_i \in [0.5; 1]$, получено множество $C^* = \{c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7, c_8\}$, в результате его анализа сформировано 3 множества прецедентов с одинаковым составом решений (альтернатив): $C^* = \{\bar{C}_1, \bar{C}_2, \bar{C}_3\}$, $\bar{C}_1 = \{c_1, c_2, c_3, c_7, c_8\}$, $\bar{C}_2 = \{c_4, c_5\}$, $\bar{C}_3 = \{c_6\}$. На основании множеств получены наборы данных (шаг 2): $T = \{T_1, T_2, T_3\}$:

$$T_1 = \langle A_1^T, R_1, S_1 \rangle: A_1^T = \{a_{11}^1, a_{12}^2, a_{13}^3\},$$

$$R_1 = \{\langle d_{11}^0, 2 \rangle, \langle d_{12}^0, 1 \rangle, \langle d_{13}^0, 1 \rangle, \langle d_{14}^0, 1 \rangle\},$$

$$d_{11}^0 = a_{111}^1 \succ a_{112}^2 \succ a_{113}^3,$$

$$d_{12}^0 = a_{121}^1 \succ a_{122}^3 \succ a_{123}^2, d_{13}^0 = a_{131}^3 \succ a_{132}^2 \succ a_{133}^1,$$

$$d_{14}^0 = a_{141}^2 \succ a_{142}^3 \succ a_{143}^1, S_1 = 0.76;$$

$$T_2 = \langle A_2^T, R_2, S_2 \rangle: A_2^T = \{a_{21}^1, a_{22}^3, a_{23}^4\},$$

$$R_2 = \{\langle d_{21}^0, 2 \rangle\}, d_{21}^0 = a_{211}^1 \succ a_{212}^3 \succ a_{213}^4, S_2 = 0.65;$$

$$T_3 = \langle A_3^T, R_3, S_3 \rangle: A_3^T = \{a_{31}^3, a_{32}^4\},$$

$$R_3 = \{\langle d_{31}^0, 1 \rangle\}, d_{31}^0 = a_{311}^3 \succ a_{312}^4, S_3 = 0.6.$$

Шаг 3: Решение задач группового выбора из множества T .

Итак, в общем случае на шаге 3 дано: множество наборов данных для решения задачи группового выбора $T = \{T_1, \dots, T_q\}$.

Необходимо получить множество решений $D = \{d_1^*, \dots, d_q^*\}$ для всех наборов из T , при этом $d_n^* = a_{n1}^{h_1} Q_1^n \dots Q_{l-1}^n a_{nl}^{h_l}$ – отношение группового предпочтения в виде ранжировки.

Для повышения эффективности поиска решения для каждого набора предлагается:

- применить для решения каждой задачи параллельно ряд методов, с последующим согласованием результатов. При этом предполагается, что комплексное применение методов обеспечит получение (гарантированного) ре-

шения, снижая вероятность возникновения некорректных решений и парадоксов, и позволит сравнивать решения, полученные разными методами. Данное предположение следует из теоремы Эрроу: ни один метод группового выбора не гарантирует получения решения при любых профилях индивидуальных предпочтений. Однако профили, приводящие к парадоксам, у разных методов отличаются.

- применить алгоритм последовательного согласования результатов, позволяющий постепенно, в два этапа получить решение. На первом этапе функционирует определенный набор методов, результатом выполнения которых являются отношения группового предпочтения. Далее, результаты первого этапа являются исходными данными для второго этапа, на котором функционирует только один метод. Подобный последовательный поиск решения позволяет сравнивать различные методы, комбинировать, анализировать и получать решение, независимое от особенностей (ограничений) того или иного метода, что актуально и при решении практических задач в различных предметных областях.

Результат шага: множество решений $D = \{d_1^*, \dots, d_q^*\}$.

Шаг 4: Формирование агрегированного решения. Основная цель данного шага – получение агрегированного решения d^* в результате согласования промежуточных решений из D . Данный шаг может быть пропущен, если $|D|=1$.

Предлагается с использованием промежуточных решений из D сформировать набор данных T^* и решить задачу группового выбора. Для этого требуется:

- дополнить полученные промежуточные решения $d_n^*, n \in \overline{1, q}$ отсутствующими альтернативами из A с целью формирования множества обобщенных ранжировок R^* одинаковой мощности, при этом добавляемые альтернативы считать эквивалентными. Дополняемые альтернативы не были указаны ранее (т.е. при описании прецедентов и формировании решений в виде набора ранжировок), из этого делается вывод, что на момент формирования решения по прецеденту они либо были не известны, либо считались неpreferred. Именно поэтому добавляемые альтернативы считаются наименее предпочтительными. Информации о

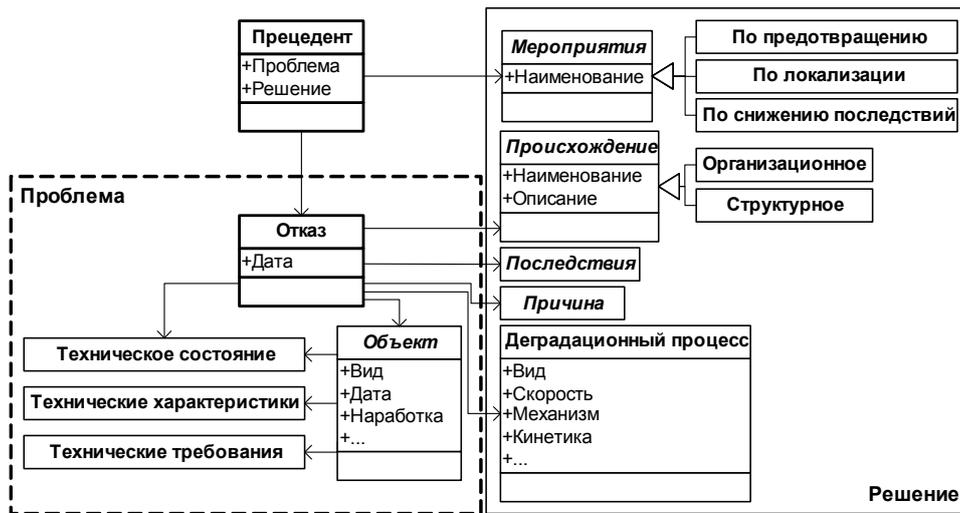


Рис.1. Фрагмент модели прецедента

том, какая из наименее предпочтительных альтернатив (в нашем случае это добавляемые альтернативы) является лучше или хуже – нет, поэтому все добавляемые альтернативы полагаются как равноценные.

- выполнить поиск решения с помощью алгоритма последовательного согласования результатов.

Результат шага: агрегированное решение d^* .

Поясним выполнение шага 4 на примере. В результате решения наборов из $T = \{T_1, T_2, T_3\}$ получены решения: $d_1^* = a_{11}^1 \succ a_{12}^2 \succ a_{13}^3$, $d_2^* = a_{21}^1 \succ a_{22}^3 \succ a_{23}^4$, $d_3^* = a_{31}^3 \succ a_{32}^4$.

Используя полное множество альтернатив $A = \bigcup_{n=1}^3 A_n^T = \{a^1, a^2, a^3, a^4\}$, решения из D дополняются отсутствующими в них альтернативами из A , при этом получено новое множество ранжировок $R^* = \{\langle d_1^{Q*}, e_1^* \rangle, \langle d_2^{Q*}, e_2^* \rangle, \langle d_3^{Q*}, e_3^* \rangle\}$, где $d_1^{Q*} = a_{11}^1 \succ a_{12}^2 \succ a_{13}^3 \succ a_{14}^4$, $e_1^* = 76$; $d_2^{Q*} = a_{21}^1 \succ a_{22}^3 \succ a_{23}^4 \succ a_{24}^2$, $e_2^* = 65$; $d_3^{Q*} = a_{31}^3 \succ a_{32}^4 \succ a_{33}^1 \approx a_{34}^2$, $e_3^* = 60$. e_n^* формируется в результате преобразования информационных весов наборов: $S_n \rightarrow e_n^*$.

В результате поиска решения с помощью алгоритма последовательного согласования получен окончательный результат: $d^* = a_1^1 \succ a_2^3 \succ a_3^2 \approx a_4^4$.

3. Пример применения

Предложенный подход был применен для поддержки специалиста при решении задачи обоснования мероприятий по предотвращению повторных отказов и по снижению последствий отказов на основе прецедентов [15-16]. Прецедент содержал *описание проблемы*: инцидента или отказа на нефтехимическом предприятии в виде перечня диагностических признаков, позволяющих однозначно идентифицировать текущее состояние объекта исследования, и *решение* – в виде перечня мероприятий по предотвращению и снижению последствий отказов. Мероприятия образовывали строго упорядоченную последовательность, что и позволило представить их в виде ранжировок. Используя данную модель прецедента, была разработана система поддержки принятия решений [18]. На Рис.1 представлена модель прецедента в виде диаграммы классов.

В базу прецедентов разработанной системы вошла информация о 200 отказах оборудования на нефтехимических и химических предприятиях за период 1964 -1996 гг. [19].

Для успешного применения прецедентного подхода была произведена индексация прецедентов. При этом использовались группы диагностических признаков, описывающих различные этапы развития процесса деградации технического объекта – его возможные технические состояния (дефектность, поврежденность, разрушение, отказ, аварийная ситуация, авария, чрезвычайная ситуация).

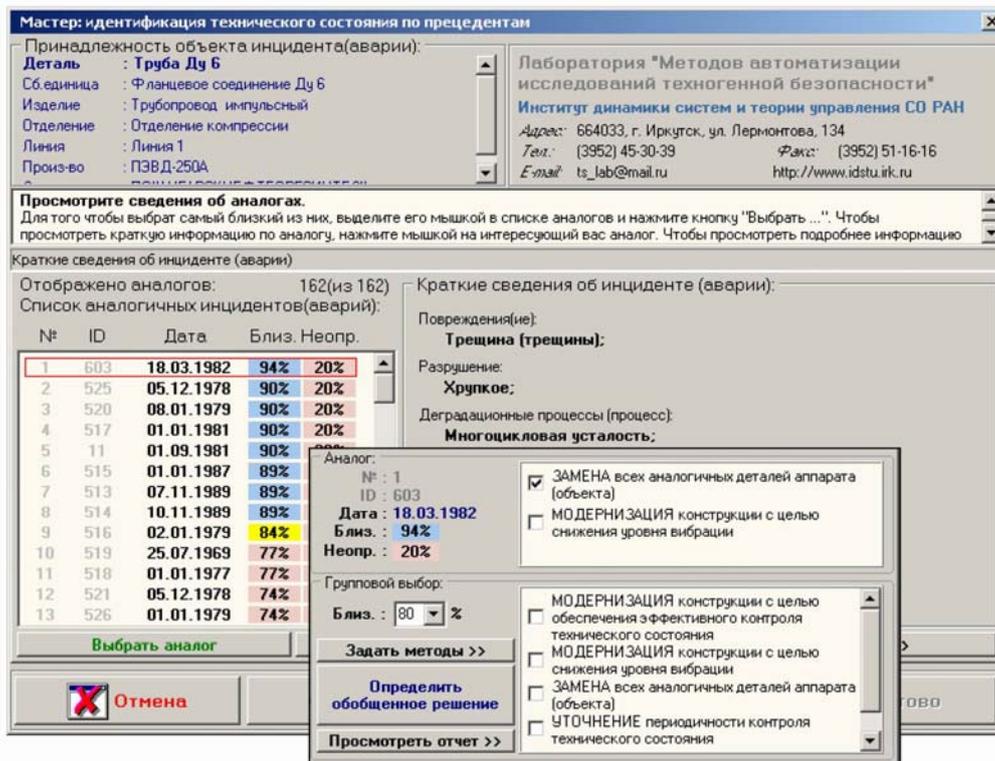


Рис.2. Пример экранной формы системы поддержки принятия решений

Извлечение (поиск) прецедентов осуществляется с помощью метода k -ближайших соседей. Вычисление расстояния между прецедентами в признаковом пространстве осуществляется при помощи метрики Канберра [17], учитывающей нормализацию значений признаков. Результатом работы разработанной системы является набор прецедентов-аналогов, упорядоченных в соответствии с мерой подобия (близости) описаний и с указанием степени неопределенности (неполноты) полученных оценок подобия.

При применении предлагаемого подхода для обработки результатов процедуры извлечения прецедентов был использован алгоритм, последовательно согласовывающий решения в два этапа, при этом на первом этапе были задействованы методы: Борда, Доджсона, Кондорсе, Коупленда, Кумбса, Симпсона, КМ-метод [20], на втором – метод Фишберна.

Пример экранной формы системы поддержки принятия решений представлен на Рис. 2.

Заключение

В работе предложен подход, повышающий эффективность поддержки принятия решений на основе прецедентов при помощи методов

группового выбора. Предлагаемый подход может быть рассмотрен как новый метод трансформационной адаптации, в контексте решения задач планирования. В планировании прецеденты содержат решения (планы) в форме частично или полностью упорядоченных последовательностей действий (частей решений). При помощи специальных операторов происходит преобразование существующих планов в новые, которые и используются в новой ситуации. В предлагаемом подходе оператор преобразования реализован на основе методов группового выбора.

Преимущества подхода:

- оператор преобразования учитывает множество решений лучших (отобранных) прецедентов, а не только одного;
- порядок частей решения определяется при помощи методов группового выбора и представляет собой отношение группового предпочтения.

Ограничения предлагаемого подхода:

- применим только для решения задач планирования, где решения представляют собой последовательности действий;
- окончательное решение является «усредненным», что не всегда является приемлемым.

Практическая значимость подхода заключается в возможности более точно сформировать упорядоченную последовательность, принимая во внимание все точки зрения (набор прецедентов). При этом элементы, занимающие лучшие и худшие позиции, как правило, очевидны, но определение распределения промежуточных элементов в ранжировке (или плане) является сложной задачей.

Продемонстрирован пример применения подхода при решении задачи поддержки специалиста при обосновании мероприятий по предотвращению и по снижению последствий отказов технологических объектов в нефтехимии. Реализация предлагаемого подхода осуществляется путем расширения разработанной ранее системы поддержки принятия решений [15, 18].

Применение подхода позволило расширить множество рекомендаций для предотвращения повторных отказов. Данное расширение стало возможным путем учета решений тех прецедентов, которые ранее игнорировались.

Литература

1. Aamodt A., Plaza E. Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches // *AI Communications*. – 1994. – Vol.7, no.1. – Pp.39-59.
2. Bergmann, R. (2002). Experience Management: Foundations, Development Methodology, and Internet-Based Applications, Springer.
3. Marir F., Watson I.D. Case-Based Reasoning: A Review // *Knowledge Engineering Review*. – 1994. – Vol.9, no.4. – Pp.355-381.
4. Варшавский П.Р., Еремеев А.П. Моделирование рассуждений на основе прецедентов в интеллектуальных системах поддержки принятия решений // *Искусственный интеллект и принятие решений*. – 2009. – № 2. – С.45-57.
5. De Mantaras R.Lopez, Mcsherry D., Bridge D., Leake D., Smyth B., Craw S., Faltings B., Maher M. L., Cox M. T., Forbus K., Keane M., Aamodt A., Watson I. Retrieval, reuse, revision and retention in case-based reasoning // *Knowledge Engineering Review*. – 2005. – Vol. 20(3). – Pp. 215–240.
6. McSherry D. An adaptation heuristic for case-based estimation // *LNCS*. – 1998. – Vol.1488. – Pp. 184-195.
7. Wilke W., Smyth B., Cunningham P. Using configuration techniques for adaptation // *LNCS*. – 1998. – Vol.1400. – Pp. 139-168.
8. Plaza E., Arcos J. L. Constructive Adaptation // *LNCS*. – 2002. – Vol.2416. – Pp.306-320.
9. Mitra R., Basak J. Methods of case adaptation: A survey // *International Journal of Intelligent Systems*. – 2005. – Vol.20 (6). – Pp. 627-645.
10. Muñoz-Avila H., Cox M. T. Case-Based Plan Adaptation: An Analysis and Review // *IEEE Intelligent Systems*. – 2008. – Vol. 23(4). – Pp.75-81.
11. M. T.Cox, H. Muñoz-Avila, R. Bergmann, Case-based planning, *Knowledge Engineering Review*. – 2006. – Vol. 20(3). – Pp. 283-287.
12. Миркин Б.Г. Проблема группового выбора. – М.: Наука, 1974.
13. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2000.
14. Петровский А.Б. Теория принятия решений. – М.: Академия, 2009.
15. Берман А.Ф., Николайчук О.А., Павлов А.И., Юрин А.Ю. Использование прецедентов для обоснования мероприятий по предотвращению отказов механических систем // *Труды Одиннадцатой Национальной конференции по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-08, Дубна, 28 сентября – 3 октября 2008 г., В 4 т. – М.: Ленанд, 2008. – Т.2. – С. 106-113.*
16. Малтугуева Г.С., Юрин А.Ю. Применение методов группового выбора и прецедентных экспертных систем для обоснования мероприятий по предотвращению отказов // *Двенадцатая национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2010 (20-24 сентября 2010 г., г. Тверь, Россия): Труды конференции. – М.: Физматлит, 2010. – Т.3. – С. 146-154.*
17. Лепский А.Е., Броневиц А.Г. Математические методы распознавания образов: Курс лекций. – Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2009. – 155 с.
18. Берман А.Ф., Николайчук О.А., Павлов А.И., Юрин А.Ю. Интеллектуальная система поддержки принятия решений при определении причин отказов и аварий в нефтехимической промышленности // *Автоматизация в промышленности*. – 2006. – № 6. – С. 15-17.
19. Берман А.Ф., Храмова В.К., Николайчук О.А. База данных по отказам оборудования высокого давления химико-технологических линий по производству полиэтилена // *Свидетельство об официальной регистрации базы данных. – М. – Рег. № 990010 от 26.02.99.*
20. Малтугуева Г.С., Юрин А.Ю. Алгоритм коллективного выбора на основе обобщенных ранжировок для поддержки принятия решений // *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. – 2009. – №3. – С.57-62.

Юрин Александр Юрьевич. Старший научный сотрудник Института динамики систем и теории управления СО РАН (ИДСТУ СО РАН), доцент Национального исследовательского Иркутского государственного технического университета (НИ ИрГТУ). В 2002 г. окончил НИ ИрГТУ. Кандидат технических наук, доцент. Автор 20 печатных работ. Область научных интересов: искусственный интеллект, интеллектуальные системы поддержки принятия решений, экспертные системы. E-mail: iskander@irk.ru