

УДК 658.012.32:331.108

Д.Э. Лысенко

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков*

## АДАПТАЦИЯ МЕТОДА ПРЕЦЕДЕНТОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА ОТБОРА И РАССТАНОВКИ ПЕРСОНАЛА ПРОЕКТА

*Произведен обзор современных тенденций в развитии теории прецедентов. Рассмотрена возможность адаптации теории прецедентов для задач управления человеческими ресурсами. Разработана методика функционирования специализированной системы поддержки прецедентных решений для подбора и расстановки персонала проекта.*

*управление человеческими ресурсами, теория прецедентов, отбор персонала*

### Введение

**Постановка проблемы в общем виде.** Любой специалист в процессе выполнения своей работы накапливает знания, умения, навыки наиболее эффективного, по затратам времени, интеллектуальных и физических усилий, способа выполнения работы и обеспечения требуемого качества результатов. Одним из аспектов этого процесса является накопление в памяти исполнителей стандартных, типовых, т.е. повторяющихся ситуаций и соответствующих им эффективных решений. Эффективность обеспечивается методом проб и ошибок, результатами моделирования, экспериментов, решением оптимизационных задач. В целом это позволяет специалисту для стандартных или близких к ним ранее встречавшихся ситуаций формировать эффективные решения, пропуская или минимизируя промежуточные работы, связанные с затратами времени, интеллектуальных и материальных ресурсов. Такая ситуация характерна для любых сфер человеческой деятельности. В этой связи необходимо иметь информацию об исполнителях с опытом подобного рода работ с той или иной степенью близости подобия. В связи с этим возникла идея произвести объединения «опыта» с его носителем и занесение в базу данных предшествующих результатов работы сотрудника, его формализации и на этой основе автоматизации процессов формирования стандартных решений, связанных с подбором и расстановкой кадров при формировании творческих коллективов (проектных команд) исполнителей.

**Обзор публикаций.** Работы в этом направлении начинались с развития так называемого «ситуационного управления» [1 – 4]. Однако понимание универсальности и широких возможностей подхода привело к созданию и быстрому развитию «теории прецедентов» известной еще как «Case-Based Reasoning» (CBR), т.е. метод рассуждений на основе прецедентов [5].

По определению Р. Шенка [5] «Для исполните-

лей CBR – это способ решения новых проблем путем адаптации решений, которые использовались ранее в аналогичных ситуациях».

Прецедент представляет собой информационный блок, включающий в себя базовую ситуацию и соответствующее ей решение. В процессе профессиональной деятельности в некоторой области формируются проблемно-ориентированные прецеденты, которые накапливаются в хранилище, в качестве которого могут выступать традиционные СУБД, специализированные серверы знаний, многомерные базы данных и т.д.

При возникновении новой проблемной, т.е. требующей решения, ситуации по базе данных производится поиск персонала, «опыт» которого совпадает или близок к проблемной. Прецедентное решение используется в качестве прототипа решения для новой ситуации. Если подходящий прецедент отсутствует в хранилище, то задача решается традиционными методами, а полученные результаты образуют новый прецедент.

**Выделение нерешенной части проблемы в общем виде.** На наш взгляд, очень важной задачей является использование теории прецедентов как инструмента поиска и расстановки кандидатов на выполнение конкретных проектных работ путем присовокупления к служебной характеристике работника информации о его трудовой деятельности в виде формально представленного «опыта» его предшествующей деятельности.

**Постановка цели и задач.** Основной целью является адаптация метода рассуждений на основе прецедентов для процесса управления человеческими ресурсами проектов в части:

- организации процесса сбора и хранения информации о задействованном персонале и эффективности его работы;
- сокращения затрат на привлечение и отбор кадров за счет совершенствования процесса подготовки требований к персоналу;

- сокращения количества нанимаемого персонала, соответствующего формальным требованиям, но не способного решать поставленные задачи;
- избежания затрат на проекты, которые не могут быть реализованы из-за недостатка персонала требуемых профессий, квалификации и т.д.

### Решение поставленных задач

Для решения поставленных задач необходимо построить специализированную систему поддержки прецедентных решений (СППР), которая образуется из математических моделей и аппаратно-программных средств реализации прецедентного метода принятия решений [6].

Построение СППР прецедентного типа предполагает решение следующего круга задач:

- разработка способа представления знаний о ситуации, возможных решениях и исполнителях;
- разработка метода выбора исполнителей с соответствующими прецедентами;
- разработка метода идентификации и адаптации решений;
- разработка метода хранения и индексации прецедентов.

Типовой прецедент представляет собой структуру, состоящую из: описания проблемы, характеризующего сложившуюся ситуацию на момент активизации прецедента, и решения, содержащего список возможных вариантов принятия решений и список исполнителей, связанных с данной проблемой [7]. На основе этого утверждения можно дать следующее формальное определение.

Прецедент  $e$  есть пара  $\langle s, r \rangle \in \Theta = S \cdot R$ , состоящая из ситуации  $s \in S$  и связанного с ней решения  $r \in R$ .

Ситуация  $s \in S$  задается с помощью множества формул [8] специализированного языка  $L$ . Всякой ситуации  $s$  могут соответствовать несколько решений, таким образом, допустимы прецеденты вида  $\langle s, r \rangle$  и  $\langle s, r' \rangle$ , которые различны в случае, если  $r \neq r'$ .

Данные в СППР представлены множеством прецедентов  $M$ :

$$M = \{ \langle s_1, r_1 \rangle, \langle s_2, r_2 \rangle, \dots, \langle s_n, r_n \rangle \}. \quad (2)$$

Каждый прецедент  $e_i$  может рассматриваться как условная импликация

$$s_i \Rightarrow r_i, \quad (3)$$

таким образом, если задана некоторая ситуация  $s \approx s_j$  и существует прецедент  $e_j = \langle s_j, r_j \rangle$ , можно утверждать, что  $r_j$  является приближенным (или правдоподобным) решением для ситуации  $s$ .

Более того, чем ближе ситуация  $s$  к ситуации  $s_j$ , тем правдоподобнее,  $r_j$  является решением для  $s$ .

Для нахождения степени близости ситуации  $s$  к ситуации  $s_j$  и соответственно оценки близости решения  $r_j$  к искомому используется функция подобия  $\zeta$ , на ее основе строится отношение подобия между прецедентами и выводится мера подобия  $SM$ .

Отношение подобия может быть построено только для множества входных факторов ситуации  $I$  [9].

Прецедентная система представляет собой структуру  $\langle M, SM_\Omega, K \rangle$ , где  $M$  – хранилище прецедентов,  $SM_\Omega$  – мера подобия, заданная на множестве интерпретаций  $\Pi$  языка  $L$ , описывающего входные ситуации,  $K$  – множество формул языка  $L$ .

Множество формул  $K$  составляет некоторую базу знаний о предметной области, полученную экспертным путем.

Для каждого прецедента  $e_i$  можно с помощью оценки подобия вычислить степень уместности решения  $r_i$  в ситуации, близкой к  $s_i$ . В случае, если для этого можно также использовать имеющиеся знания о предметной области, можно утверждать, что формула

$$K \rightarrow (s \rightarrow \diamond_{SM_i} s_i) \quad (4)$$

выполнима для класса ситуаций  $s_{e_i}$ .

Хранилище прецедентов  $M$  задает экстраполяцию отношения импликации для (2.2), и фактически является базой знаний, содержащей приближенные импликации:  $M^* = \{ s_i \Rightarrow_{\zeta_i} r_i \mid (s_i, r_i) \in M \}$ . Соответственно формула

$$M^* \rightarrow (s_i \Rightarrow_{\zeta_i} r_i) \quad (5)$$

также выполнима для класса ситуаций  $s_{e_i}$ .

Таким образом, можно сказать, что прецедентная система выполняет функцию вывода по аналогии:

$$\left\{ K \rightarrow (s \rightarrow \diamond_{SM_i} s_i) \right\}_{i=1..n} \cup \{ K, M^*, s \} \succ \diamond_{SM_i \otimes \zeta_i} r_i. \quad (6)$$

Одной из главных задач сценарно-прецедентной СППР является накопление и упорядочение достаточно большого и уместного для принятия решений множества прецедентов, для хранения которых используются хранилища (или базы) прецедентов, в каждом из которых имеется, кроме технической, так же и кадровая информация об исполнителях.

Алгоритм формирования базы прецедентов включает следующие фазы [10]:

- 1) задания весов признаков для определения уровня значимости прецедента в рассматриваемой базе;
- 2) кластеризации прецедентов по выявленным признакам;

3) выбора требуемого множества прецедентов на основе критерия подобия ситуаций.

На первом этапе определяется оценочная функция признаков – чем меньше (больше) значение имеет эта функция, тем более важен соответствующий признак. Оценочная функция позволяет в дальнейшем производить отбор уместных прецедентов, используя отношение подобия, построенное на множестве наиболее важных признаков.

Следовательно, необходимо определить значения весовых коэффициентов признаков  $w$  таким образом, чтобы значение оценочной функции было минимальным. Для заданного набора весов признаков

$$w_j (w_j \in [0,1], j = 1, \dots, n) \quad (7)$$

и пары прецедентов  $e_p$  и  $e_q$ , выражение (8) определяет взвешенную меру близости  $d_{pq}^{(w)}$ , а выражение (9) – меру подобия прецедентов  $SM_{pq}^{(w)}$  [11]:

$$d_{pq}^{(w)} = \left( \sum_{j=1}^n w_j^2 (x_{pj} - x_{qi})^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (8)$$

$$SM_{pq}^{(w)} = \frac{1}{1 + a \cdot d_{pq}^{(w)}}, \quad (9)$$

где  $x$  – значения признаков;  $a$  – ненулевой положительный коэффициент.

Если все веса  $w$  одинаковы и равны 1, то мера близости соответствует евклидовой мере и обозначается как  $d_{pq}$ , а соответствующая ей мера подобия –  $SM_{pq}$ .

Оценочная функция признаков определяется следующим образом:

$$E(w) = \frac{2 \cdot \left[ \sum_p \sum_{q(q < p)} \left( SM_{pq}^{(w)} \cdot (1 - SM_{pq}) + SM_{pq} \cdot (1 - SM_{pq}^{(w)}) \right) \right]}{N \cdot (N - 1)} \quad (10)$$

где  $N$  – число прецедентов в базе прецедентов.

Для минимизации значения выражения используется градиентный метод [12, 13].

На фазе 2 выполняется кластеризация базы прецедентов.

Кластеризация базы прецедентов используется для ускорения операций выборки сходных прецедентов и предварительного разбиения базы прецедентов на компактные множества покрытия [14].

В основу разработанного алгоритма кластеризации положено понятие матрицы сходства, определяемой на основе выражений (8) и (9). Алгоритм кластеризации следующий:

1) Задается уровень значимости (пороговый уровень)  $\beta \in [0,1]$ .

2) Определяется матрица сходства  $SM = (SM_{pq}^{(w)})$  в соответствии с выражениями (2.10) и (2.11).

3) Определяется модифицированная матрица подобия

$$SM1 = SM \cdot SM = (S_{pk}), \quad (11)$$

где  $s_{pk} = \max_k \left[ \min \left( SM_{pq}^{(w)}, SM_{kq}^{(w)} \right) \right]$ .

4) Если  $SM1 \subset SM$ , то определяются отдельные кластеры на основе правила "прецедент  $p$  и прецедент  $q$  принадлежат одному и тому кластеру тогда и только тогда, когда  $s_{pq} \geq \beta$ ", в противном случае матрица  $SM$  заменяется на  $SM1$  и выполняется возврат к шагу 3.

После того как исходная база данных разделена на отдельные кластеры, можно реализовать процедуру поиска подобных прецедентов (на основе отношения подобия).

В системе поддержки прецедентных решений, построенной на основе представленного подхода к формированию базы прецедентов, временные затраты на поиск решения существенно снижаются, в результате чего быстродействие системы увеличивается.

Для реализации методов поиска и обновления хранилища прецедентов могут использоваться модели подобия или допустимости, основанные на использовании нечетких или приближенных множеств для формирования групп подобных элементов, в данном случае прецедентов.

### Заключение

В данной работе проанализирован и рассмотрен механизм применения метода рассуждений на основе прецедентов при планировании и отборе персонала проекта, путем хранения знаний об опыте исполнителей (прецедентах) и последующего выбора из прецедентной базы данных именно тех кандидатов, у которых присутствует опыт выполнения требуемых проектных работ. Данный метод направлен на применение в проектах следующих классов: крупные консалтинговые проекты (реструктуризация предприятий), проекты по строительству новых объектов недвижимости или по ремонту/восстановлению сложных сооружений, наукоемкие проекты по созданию образцов новой техники, проекты по созданию нового направления бизнеса. В качестве дальнейшего развития метода формирования базы прецедентов для уточнения множества признаков и множества покрытия возможно использование методов и алгоритмов технологии извлечения знаний [15, 16]. Другие направления для дальнейших исследований лежат в области поставленных задач.

## Список литературы

1. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. – М: Наука, 1986. – 288 с.
2. Прохоренков А.М., Никитенко А.А., Ерёмченко Д.С. Применение ситуационных моделей в системах управления технологическими процессами // Материалы всероссийской научно-техн. конф. «Наука и образование – 2002». – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2002. – Т.3. – С. 81-96.
3. Сорочан М.В., Кузemin А.Я. Понятное представление ситуации при поиске и классификации проектных решений // Прикладная радиоэлектроника. – 2004. – Т.3, №3. – С. 60-66.
4. Slipchenko M., Kuzemin A., Sorochan M., Torojev A. Situation Centers in Modern State // Proc. of the Sec.Intern. Conf. iTech 2004. – Varna, Bulgaria. – 2004. – P. 96-98.
5. Schank Roger C., Riesbeck C. Inside Case-Based Reasoning. – NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, 1989. – 338 p.
6. Трахтенгеру Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. – М.: Наука, 1998. – 420 с.
7. Aamodt A., Plecza E. Case-Based Reasoning: Foundational issues, metodological variations a system approaches // AI Communications. 1994. – Vol.4, №1. – P. 39-59.
8. Варшавский П.Р. Применение метода аналогий в рассуждении на основе прецедентов для интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Девятая Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2004. – М.: Физматлит, 2004. – Т.1. – С. 218-226.
9. Kolonder J. Case-Based Reasoning. – Magazin Kaufmann. – San Mateo. –1993. – 386 p.
10. Ничипоренко О.А. Использование технологии Case-Based Reasoning в проектировании программных систем // Перспективные информационные технологии и информационные системы. – Таганрог, 2002. – №3. – С. 27-32.
11. Gomez A., Pavon R., Losa R. Corchadov: Integrated Rule Based Systems with Change along Time in CBR Enviroment // Simposio de Informacia Telecomunicaciones SIT'02-Lissaton, 2002. – P. 193-203.
12. Checkland P.B. Systems Thinking, Systems Practice. – NY: Wiley, 1981. – 386 p.
13. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. – М. ИНПРО-РЕС, 1995. – 228 с.
14. Kozko B. Fuzzy cognitive maps // Int. Journal man-mashine Studies. – 1986. – Vol. 24. – P. 65-75.
15. Blausius K., Grawemeyer B., John I. and others. Knowledge-based Interpretation of Business Letters // 21st Annual German Conference on AI (KI '97). – 1997. – № D-97-3. – P. 130-143.
16. Haase K., Frammer D. Representing knowledge in the large // IBM System Journal. – 1996. – №35. – P. 381-397.

*Поступила в редколлегию 29.01.2008*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.М. Вартамян, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.