

УДК 658.3:004[825+853]

### БАЗА ЗНАНИЙ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА ДЛЯ СИСТЕМИ УПРАВЛЕННЯ ПЕРСОНАЛОМ В УМОВАХ ОТДАЛЁННОГО СОТРУДНИЧЕСТВА

**К. В. Темник**

Донецкий национальный технический университет

просп. Б. Хмельницького, 84, г. Донецк, 83050, Україна. E-mail: [kirill\\_temnik@mail.ru](mailto:kirill_temnik@mail.ru)

Выбраны и обоснованы табличные структуры данных для хранения и обработки информации, составляющие базу знаний интеллектуального агента–исполнителя, входящего в состав системы управления персоналом в условиях удалённого сотрудничества. Для каждой категории данных разработаны и обоснованы способы их персонализации. Способы разделены на направления с учётом участников процесса удалённого сотрудничества, относительно которых они разработаны. Создан алгоритм корректировки весовых коэффициентов правил нечёткого вывода, основанный на концепции пессимистического представления.

**Ключевые слова:** интеллектуальный агент, база знаний, алгоритм персонализации, удалённое сотрудничество, правило нечёткого вывода.

### БАЗА ЗНАНЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АГЕНТА ДЛЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ В УМОВАХ ВІДДАЛЕНОГО СПІВРОБІТНИЦТВА

**К. В. Темник**

Донецький національний технічний університет

просп. Б. Хмельницького, 84, м. Донецьк, 83050, Україна. E-mail: [kirill\\_temnik@mail.ru](mailto:kirill_temnik@mail.ru)

Вибрано та обґрунтовано табличні структури даних для зберігання та обробки інформації, що складають базу знань інтелектуального агента–виконавця, який входить до складу системи управління персоналом в умовах віддаленого співробітництва. Для кожної категорії даних розроблено та обґрунтовано способи їх персоналізації. Способи розділено на напрямки з урахуванням учасників процесу віддаленого співробітництва, стосовно яких їх розроблено. Створено алгоритм коректування вагових коефіцієнтів правил нечіткого виведення, що ґрунтується на концепції песимістичного уявлення.

**Ключові слова:** інтелектуальний агент, база знань, алгоритм персоналізації, віддалене співробітництво, правило нечіткого виводу.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Исследование, выполняемое автором, направлено на повышение эффективности управления персоналом в условиях удалённого сотрудничества за счёт разработки интеллектуальной многоагентной системы управления с возможностью эффективного анализа доступной информации о рабочем процессе. Одной из задач, которые необходимо решить для достижения поставленной цели, является синтез нечёткой модели интеллектуальной деятельности удалённых сотрудников для анализа метаданных процесса сотрудничества, где в качестве метаданных выступает информация о личном отношении сотрудника к параметрам выполнения работ.

Для достижения эффективного решения указанной задачи в работе [1] автором предложена концепция, на основе которой в [2] выполнено проектирование интеллектуальной многоагентной системы управления, ориентированной на использование методологии нечёткого вывода, позволяющей объединить с помощью интегральных структур данных всю доступную информацию о процессах рабочего взаимодействия между менеджером и удалённым сотрудником. На основании полученных данных имеется возможность выполнять прогнозы относительно рабочего поведения сотрудника. По этой причине для получения высокого уровня соответствия прогнозных результатов фактической информацией о рабочем взаимодействии должна непрерывно модифицироваться относительно рабочего опыта конкретных его участников, а также иметь подходящую для этого структуру хранения.

Использование технологии интеллектуальных агентов для решения составных задач в предметных областях, которым свойственна неполнота либо размытость имеющейся в распоряжении системы информации об окружающей среде, становится всё более массовым явлением, как в практической, так и в исследовательской областях [3, 4]. Вопросы проектирования баз знаний для интеллектуальных систем различного назначения, а также разработки способов наполнения и обработки баз знаний для систем нечёткого вывода также представляют собой популярное направление и достаточно полно отражены, например, в работах [5, 6].

В области синтеза нечётких моделей интеллектуальной деятельности удалённых сотрудников релевантных работ не выявлено.

Целью данной работы является разработка структуры и способов обработки базы знаний интеллектуального агента–исполнителя, входящего в состав системы управления персоналом в условиях удалённого сотрудничества.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Для обеспечения функционирования алгоритма нечёткого вывода, база знаний агента–исполнителя должна включать в себя две наиболее общие категории информации:

- данные определения функций принадлежности значений лингвистических переменных и их модификации;

- базу правил нечёткого вывода.

Функции принадлежности используемых в системе нечётких переменных имеют общий вид, показанный на рис. 1.

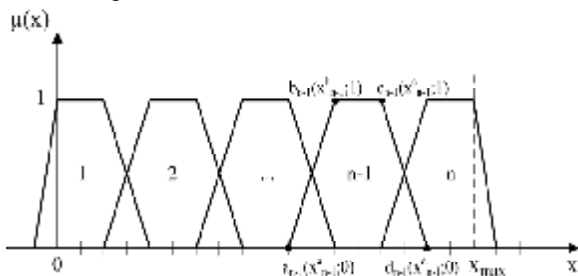


Рисунок 1 – Вид функций принадлежности

Данные их определения собираются в табличной структуре данных, показанной в табл. 1.

Таблица 1 – Структура данных определения функций принадлежности

Название лингвистической переменной		Степень сложности			...
Размерность универсума	$x^{max}$	22,5			...
	$k$	1			...
Название нечёткой переменной		Высокая	Выше среднего	...	...
Точка А	$x$	-0,1	2,5	...	...
	$\mu(x)$	0	0	...	...
Точка В	$x$	0	5	...	...
	$\mu(x)$	1	1	...	...
Точка С	$x$	2,5	7,5	...	...
	$\mu(x)$	1	1	...	...
Точка D	$x$	5	10	...	...
	$\mu(x)$	0	0	...	...

Важным элементом рассматриваемой структуры является поле коэффициента  $k$ , позволяющий корректно отслеживать и реагировать на любые изменения показателя максимального значения универсума лингвистической переменной ( $x^{max}$ ), которая отражает один из аспектов общей характеристики анализируемой работы. Подобные изменения могут возникать как вследствие изменения условий выполнения работ, так и предпочтений менеджера. На этапе инициализации системы указанный коэффициент равен единице, после чего рассчитывается по формуле:..

$$k = \frac{x_{new}^{max}}{x_{old}^{max}} \quad (1)$$

В указанной формуле:

- $x_{old}^{max}$  – предел универсума, использовавшийся до изменения;
- $x_{new}^{max}$  – новый предел универсума.

На этапе построения функции принадлежности координата  $X$  каждой точки умножается на  $k$ , в результате чего она приобретает нужный масштаб.

База правил нечёткого вывода представляет собой набор продукций вида «ЕСЛИ Степень\_ценности= $X$  И Степень\_сложности= $Y$  И Запас\_времени= $Z$  ТО Отношение= $M$ ». При этом каждая лингвистическая переменная левой части продукции может иметь по пять различных вариантов, что определяет общую размерность базы правил числом в 125 штук. В качестве ключевых особенностей можно указать на тот факт, что для обеспечения персонализации базы знаний относительно определённого исполнителя, каждой продукции ставится в соответствие весовой коэффициент  $w$  (инициализируется нулём) и флаг коррекции  $f$  (инициализируется единицей) способ обработки которых рассматривается ниже. Таким образом, база правил нечёткого вывода размещается в структуре, пример которой показан в табл. 2.

Таблица 2 – Структура данных базы правил нечёткого вывода

Left	Right	w	f
ЕСЛИ Степень_ценности= Высокая И Степень_сложности= Низкая И Запас_времени= Маленький	Отношение= Наилучшее	1	0
ЕСЛИ Степень_ценности= Высокая И Степень_сложности= Низкая И Запас_времени= Больше среднего	Отношение= Наилучшее	1	0
...	...	...	...
ЕСЛИ Степень_ценности= Высокая И Степень_сложности= Низкая И Запас_времени= Большой	Отношение= Наилучшее	1	0
ЕСЛИ Степень_ценности= Высокая И Степень_сложности= Ниже среднего И Запас_времени= Маленький	Отношение= Наилучшее	1	0
...	...	...	...
ЕСЛИ Степень_ценности= Низкая И Степень_сложности= Высокая И Запас_времени= Большой	Отношение= Наихудшее	1	0

Отметим также, что продукции в базе разделены на два поля: поле подусловий («left») и поле подзаклучений («right»). Такое разделение позволяет бо-

лее ефективно обробляти інформацію, в першу чергу в задачах пошуку.

С точки зору учасників процесу способи персоналізації розділимо на два напрямки:

- персоналізація відносно виконавця;
- персоналізація відносно менеджера.

Говорячи про персоналізацію бази знань агента-виконавця з точки зору удаленого співробітника, в першу чергу необхідно відзначити той факт, що, оскільки рівномірне зменшення значень змінної «відношення» в правилах нечіткого виводу є неотъемлемою частиною запропонованого методу (табл. 2), а максимальне значення аргумента функцій належності її значень не має специфічної семантичної навантаженості (вибирається довільно), то вказана інформація не може бути ефективно використана для розглянутих цілей. Як наслідок, в основі розглянутого напрямку персоналізації лежить маніпулювання ваговими коефіцієнтами окремих продукцій на основі інформації про фактичне відношення виконавця до параметрів виконаних робіт.

На рис. 2 показано алгоритм корекції вагових коефіцієнтів правил нечіткого виводу в базі знань агента-виконавця.

На рис. 2 прийнято позначення, які перераховано нижче.

1. Параметр «*data*». Вхідні дані алгоритму – набір формальних даних виконаної роботи.

2. Параметр «*step*». Вхідні дані алгоритму – параметр корекції. Всі чисельні зміни вагових коефіцієнтів є кратними значенню цього параметра.

3. Параметр «*result*». Вхідні дані алгоритму – показник відношення до параметрів роботи, отриманий в результаті нечіткого виводу (результат прогнозування).

4. Параметр «*choice*». Вхідні дані алгоритму – фактичний показник відношення.

5. Массив «*rules[]*». Набір правил нечіткого виводу. Кожен елемент масиву є структурою даних, що містить одну продукцію і всі пов'язані з нею дані. Припускається, що даний масив є як вхідним, так і вихідним, оскільки всі внесені в нього зміни відбиваються на рівні бази знань агента.

6. Структура «*prior*». Початкова інформація – визначає пріоритет слідування підумов в правилах нечіткого виводу, містить три поля «1», «2», «3», значеннями яких є назви відповідних лінгвістических змінних.

7. Функція «*res\_fuz(name, data)*». Дана функція є алгоритмічною реалізацією запропонованого в загальному дослідженні етапу фазифікації результату, дія якої поширюється на всі нечіткі змінні, що беруть участь у формуванні підумов. В якості вхідних даних функція приймає назву лінгвістическої змінної, а також набір формальних даних виконаної роботи. В

якості вихідних даних є нечітке значення вказаної змінної.

8. Функція «*find\_dif(value1, value2)*». Призначена для визначення необхідних для корекції даних. В якості вхідних даних приймає два різних значення відношення. В якості вихідних даних повертає структуру, що складається з двох полів: умовне відстань між значеннями (скільки значень між ними) і напрямку зміщення другого значення відносно першого (приймає умовне значення «+1/-1» в залежності від того, чи краще чи гірше друге значення першого).

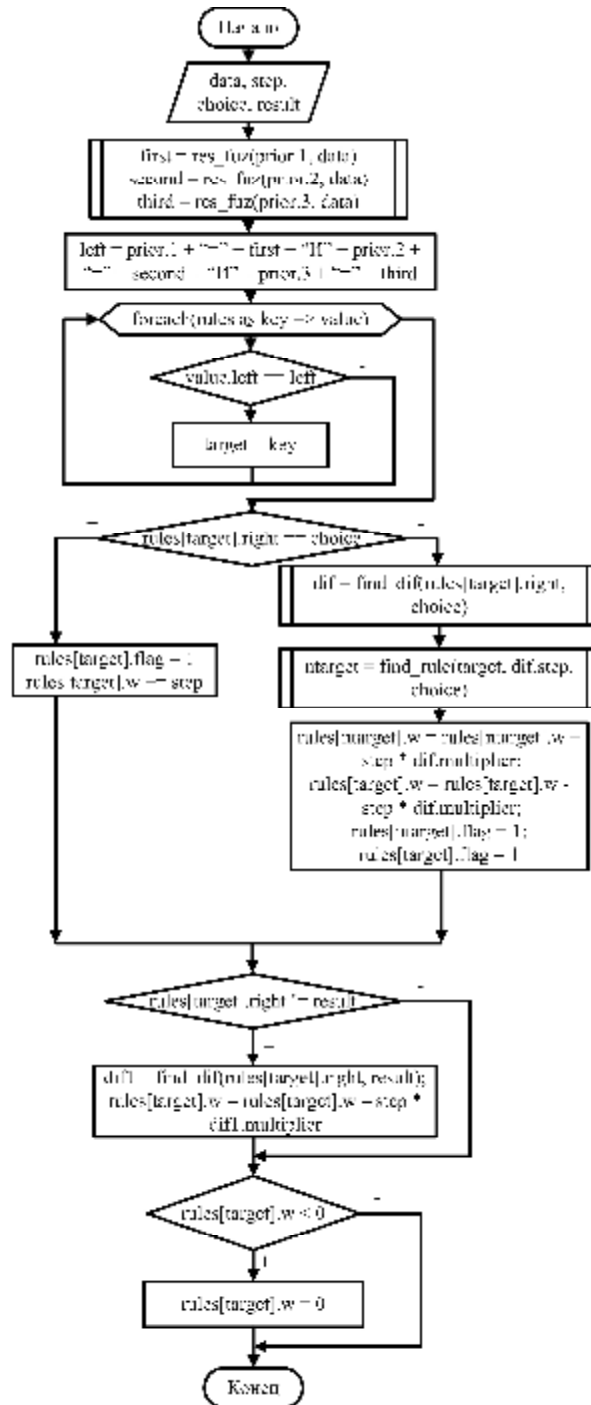


Рисунок 2 – Алгоритм корекції вагових коефіцієнтів

9. Функция «*find\_rule(start, step, value)*». Назначение данной функции – поиск первого правила, подзаключение которого совпадает со значением *value*, начиная с правила номер *start* с шагом *step*. Используется в тех случаях, когда подзаключение выбранной продукции не совпадает с фактическим выбором исполнителя. В качестве выходных данных возвращает номер найденного правила.

Отметим также, что в приведённом алгоритме имеется ряд промежуточных переменных, спецификация которых отдельно не рассматривается. Для записи выражений используется семантика скриптового языка «РНР», за исключением оператора «.», который в данном случае используется для обозначения доступа к элементам структурных типов данных.

Существо предложенного алгоритма заключается в корректировке весовых коэффициентов продукций системы нечёткого вывода на основе сравнительной обработки различных значений показателя отношения, которые перечислены ниже.

1. Фактическое отношение (параметр «*choice*»), т.е. то, которое пользователь системы указал самостоятельно по факту выполнения работы.

2. Прогнозное отношение (параметр «*result*»). Данное значение показателя отношения является результатом выполнения описанной выше процедуры нечёткого вывода.

3. Расчётное отношение (параметр «*rules[target].right*»). В отличие от предыдущих двух, данное значение не выступает в качестве входных данных алгоритма, а выводится уже в процессе его исполнения как правая часть правила, левая часть которого соответствует значениям, полученным в результате работы функции «*res\_fuz()*».

Именно последнее из описанных значений (расчётное) является основным для сравнения с эталонным (фактическим). Данная особенность обусловлена тем, что манипуляции производятся на уровне продукций, а специфика процесса нечёткого вывода не позволяет выделить одно определённое правило и всех имеющихся. Поэтому для того, чтобы выявить «сработавшее» правило используется предложенный механизм, при чём, в общем случае, полагается, что расчётное и прогнозное значения всегда совпадают. Однако на тот случай, если указанное предположение в некоторый момент окажется ложным, алгоритмом предусмотрена уменьшающая корректировка весового коэффициента правила, соответствующего расчётному значению пропорционально степени его отдалённости от прогнозного.

Говоря же об этапе основного сравнения между расчётным и фактическим значениями, главным образом следует отметить тот факт, что в случае их несовпадения корректировка выполняется сразу по двум направлениям. С одной стороны уменьшается вес правила, подзаключение которого не соответствует факту. С другой же стороны выполняется поиск ближайшего правила, подзаключение которого совпадает с фактом, и его вес увеличивается. Благодаря данному факту процесс обучения ускоряется. При этом для всех правил, которые обрабатываются алгоритмом (даже если коэффициент не изменялся) поле «*flag*» устанавливается в значение «1», что способствует скорейшему увеличению качества текущей базы знаний в целом.

Таким образом, с использованием указанных данных (значений) по мере выполнения исполнителем работ проводится обучение соответствующей ему МРПС с целью индивидуализации поведения

входящего в неё интеллектуального агента относительно опыта этого исполнителя.

Отметим также, что наиболее важной особенностью предложенного алгоритма персонализации является положенная в его основу (и выступающая на данном этапе исследования в качестве ограничения) концепция пессимистического представления. Её суть заключается в том, что функция «*res\_fuz()*» в случае возникновения двоякой ситуации («либо ..., либо ...») выбирает в качестве результата то значение, которое соответствует менее удовлетворительным условиям. Такой подход гарантирует, что указанная функция всегда выдаст одно значение, однако он базируется на дискуссионном предположении о том, что в равных условиях менеджер всегда будет склонен представить ситуацию в худшем свете, а не наоборот.

С точки зрения второго направления персонализации менеджер может настроить параметры нечёткого вывода на двух различных этапах работы системы управления, которые показаны ниже.

1. Этап инициализации системы. Поскольку на этом этапе выполняется формирование набора продукций нечёткого вывода, то менеджеру предоставляется возможность указать наиболее подходящий, по его мнению, порядок следования переменных, формирующих подусловия. С учётом того, что в упорядоченном списке продукций значения переменных подусловий изменяются в сторону убывания справа налево, то задавая указанный порядок, менеджер, фактически, определяет приоритет значимости соответствующих параметров работы. Например, если менеджером будет задан порядок «Степень\_ценности»-«Запас\_времени»-«Степень\_сложности», то конечные продукции №1 и №2 будут иметь вид «ЕСЛИ Степень\_ценности = Высокая И Запас\_времени = Маленький И Степень\_сложности = Низкая ТО Отношение = Наилучшее» и «ЕСЛИ Степень\_ценности = Высокая И Запас\_времени = Маленький И Степень\_сложности = Ниже\_среднего ТО Отношение = Наилучшее» соответственно.

2. Этап функционирования системы. Поскольку на этапе инициализации функции принадлежности значений нечётких переменных определяются автоматически, то уже в процессе функционирования системы менеджер имеет возможность их корректирования на основе собственных предпочтений и убеждений. На данном этапе исследования предполагается, что подобная корректировка может быть выполнена менеджером вручную с помощью интерактивного визуального интерфейса, а визуальные изменения на графике будут отражаться в базе знаний интеллектуального агента посредством изменения значений в табл. 1. Поскольку изменения могут быть произвольными лишь в той мере, в которой они не будут выводить функцию принадлежности за пределы стабильного функционирования, то в рамках рассматриваемого визуального представления может быть предложено только два типа модификации:

- параллельное смещение левой стороны трапеции (на одинаковое значение меняются X-координаты точек *a* и *b*);
- параллельное смещение правой стороны трапеции (*c* и *d*).

Наиболее важным моментом в данном случае является выбор способа «реакции» функций принадлежности нечёткой переменной на изменения, производимые с одной из них. В данном случае харак-



тер такой реакции можно разделить на категории по двум признакам.

По признаку направленности изменение может быть:

– однонаправленным, когда смещение одной стороны влияет только на трапеции, находящиеся в соответствующей стороне, и не изменяет положения другой стороны этой же трапеции;

– двунаправленным, когда смещение одной из сторон трапеции приводит к симметричному смещению и противоположной её стороны и соответствующему симметричному влиянию.

По признаку связанности изменение может быть:

– не связанным – в ответ на изменения размера текущей трапеции соответственным образом меняется размер только непосредственно примыкающей к ней другой трапеции;

– связанным – в ответ на изменения размера текущей трапеции пропорционально меняются размеры всех трапеций, находящихся с соответствующей стороны).

Поясняющие иллюстрации не приводятся в силу своей очевидности.

**ВЫВОДЫ.** В результате проведённого исследования получены результаты, которые перечислены ниже.

1. Для интеллектуального агента-исполнителя системы управления персоналом в условиях удалённого сотрудничества разработана структура и состав базы знаний, которые позволяют реализовать нечёткий способ прогнозирования отношения исполнителей к параметрам выполнения работ.

2. Выбраны и рассмотрены способы персонализации компонентов базы знаний относительно связанных с ней участников процесса удалённого со-

трудничества, что позволило повысить качество выполняемых системой прогнозов.

3. В качестве способа персонализации с точки зрения удалённого сотрудника на основе предложенной автором концепции пессимистического представления разработан алгоритм корректировки весовых коэффициентов правил нечёткого вывода. Использование указанного алгоритма позволяет формализовать субъективный опыт исполнителя относительно выполненных им работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Моделирование рабочего поведения удалённых сотрудников с использованием интеллектуальных агентов / А.Н. Шушюра, К.В. Темник // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2011. – № 6/2 (54). – С. 19–21.

2. Темник К.В. Формальное графическое представление многоагентных систем в задаче управления персоналом в условиях удалённого сотрудничества // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2012. – № 3 (55). – С. 145–151.

3. Wooldridge M. *An Introduction To Multiagent Systems*. – Liverpool: John Wiley & Sons; 2-nd Edition, 2009. – 484 p.

4. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг. – М.: Вильямс, 2006. – 1408 с.

5. Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.

6. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб.: БВХ–Петербург, 2005. – 736 с.

#### INTELLECTUAL AGENT KNOWLEDGE BASE FOR PERSONNEL CONTROL SYSTEM IN THE REMOTE EMPLOYMENT CONDITIONS

**K. Temnyk**

Donetsk National Technical University

prosp. B. Khmelnytsky 84, Donetsk, 83050, Ukraine. E-mail: [kirill\\_temnik@mail.ru](mailto:kirill_temnik@mail.ru)

Tabular data structures for the information storing and processing that makes the knowledge base of the intellectual agent-performer, which is a part of the personnel management system in the remote employment conditions, are selected and substantiated. The ways for their personalization are developed and grounded for each data category. These ways are partitioned into the directions regarding the participants of the remote employment process whom they are developed for. The algorithm of weight factors adjustment for fuzzy inference rules based on pessimistic representation concept is developed.

**Key words:** intellectual agent, knowledge base, personalization algorithm, remote employment, fuzzy inference rule.

#### REFERENCES

1. Work behavior of remote employers modeling with usage of intellectual agents / A.N. Shushura, K.V. Temnyk // *Eastern-European journal of enterprise technologies*. – 2011. – № 6/2 (54). – PP. 19–21. [in Russian]

2. Temnyk K.V. Multiagent systems formal graphical representation in the task of personnel management in remote employment conditions // *Radioelectronic and computer systems*. – 2012. – № 3 (55). – PP. 145–151. [in Russian]

3. Wooldridge M. *An Introduction To Multiagent Systems* / M. Wooldridge. – Liverpool: John Wiley & Sons; 2-nd Edition, 2009. – 484 p.

4. *Artificial Intelligence A Modern Approach* / S. Russel, P. Norvig. – Moscow: Williams, 2006. – 1408 p. [in Russian]

5. *Intellectual systems knowledge bases* / T.A. Gavrylova, V.F. Horoshevsky. – SPb.: Pyter, 2000. – 384 p. [in Russian]

6. Leonenkov A.V. *Fuzzy modeling in the MATLAB and fuzzyTECH environments*. – SPb.: BVH–Peterburg, 2005. – 736 p. [in Russian]

Стаття надійшла 12.12.2012.

Рекомендовано до друку  
д.т.н., доц. Ляшенко В.П.