

11. Бородин А.С., Волков А.Н., Мутханна А.С.А., Кучерявый А.Е. Искусственный интеллект в сетях связи пятого и последующих поколений // Электросвязь. 2021. № 1. С. 17–22.

Для цитирования: Виноградов Г.П., Кирсанова Н.В. Архитектура модели агента с автономным поведением // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2025. № 4 (28). С. 82–90.

THE ARCHITECTURE OF THE AGENT MODEL WITH AUTONOMOUSE BEHAVIOR

G.P. VINOGRADOV, Dr. Sc., N.V. KIRSANOVA, Senior Lecturer

Tver State Technical University,
22, Af. Nikitin emb., 170026, Tver, e-mail: lena.tver@inbox.ru

Development of models and algorithms for the behavior of artificial entities (agents), demonstrating autonomous behavior, that correspond to their personal and motivational state, as well as environmental conditions, is an actual problem. Entity autonomy assumes the presence of an internal structure and mechanism that allow you to have your own needs and interests, based on them it will dynamically generate and choose goals that define self-reliance autonomous behavior. Internal autonomous allows the agent to function and demonstrate behavior, even in the absence of external stimuli, due to the constant change in its internal emotional and physiological state. This work offers the architecture and the model for representing internal driving factors of intelligent virtual agents, as well as and managing them using the concept of motivation.

Keywords: reflexive management, autonomous behavior, decision-making, model, compromise.

Поступила в редакцию/received: 30.09.2025; после рецензирования/revised: 07.10.2025;
принята/accepted: 10.10.2025

УДК 004.02

DOI: 10.46573/2658-5030-2025-4-90-98

ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРСОНАЛА НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

С.В. ТОРШИН, асп., А.В. КАПИТАНОВ, д-р техн. наук

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»,
127055, Москва, пер. Вадковский, д. 1, e-mail: av.kapitanov@stankin.ru

© Торшин С.В., Капитанов А.В., 2025

Управление процессом формирования рабочих коллективов из числа персонала на промышленных предприятиях в редких случаях основано на какой-либо определенной информации. Учитывая, что производственный процесс требует высокого

*Вестник Тверского государственного технического университета.
Серия «Технические науки». № 4 (28), 2025*

уровня профессионализма персонала и быстрой адаптации к изменениям, традиционные подходы к оценке компетенций и профессиональных возможностей сформированной команды могут оказаться недостаточными. Чаще всего для принятия решений требуются разнородные данные. В статье приведены аргументы в пользу того, что методология теории нечетких множеств может быть использована в решении вопросов оценки различных качеств персонала и позволит принимать рациональные управленческие решения в процессе расстановки штата. Она позволяет учесть неопределенности и субъективные факторы при оценке уровня знаний и навыков сотрудников и создавать более точные и многоаспектные модели компетенций, которые включают как объективные показатели, так и экспертные оценки. Данные модели могут использоваться в информационно-аналитических системах поддержки принятия управленческих решений при расстановке штата.

Ключевые слова: поддержка принятия решений, комплектация производственного персонала, цифровая модель компетенций, эффективность производственного процесса, теория нечетких множеств.

ВВЕДЕНИЕ

Оперативное планирование персонала на современном промышленном предприятии является одной из ключевых задач, влияющих на эффективность всего производственного цикла. Традиционно при расстановке сотрудников по сменам или внутри производственной бригады используются четкие количественные критерии, такие как квалификация, стаж работы, опыт и т. д. Однако реальные производственные ситуации часто характеризуются значительной степенью неопределенности и неоднозначности, что затрудняет применение классических методов оценки и принятия решений. Поэтому аксиомы и теоремы математического анализа и теории вероятностей в данном случае не могут в полной мере учесть все неопределенности имеющихся характеристик [1]. Теория вероятности, к примеру, имеет место в случае большого количества анализируемых данных. В решении задач расстановки персонала чаще всего источником неопределенности выступает нечеткость или расплывчатость характеристик, а не случайность.

Теория нечетких множеств, разработанная Лотфи Заде в 1965 году [2], представляет собой мощный инструментарий для обработки такой неопределенности. Она позволяет работать с лингвистическими переменными, более точно отражающими реальную ситуацию, чем традиционные числовые величины.

Следует также отметить, что разработка и внедрение новых элементов методологии управления персоналом происходит постоянно, поскольку результатом эффективной и качественной работы сотрудников будет являться конечная эффективность любого процесса [3]. Для помощи в принятии управленческих решений разрабатываются различные модели и алгоритмы, которые закладываются в применяемые информационные технологии. Целью данной работы является исследование применения методологии теории нечетких множеств в оценке компетенции сотрудников для дальнейшего применения в алгоритмах оперативного планирования производственного персонала.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В статье исследуется возможность применения теории нечетких множеств как инструмента оценки компетенции состава производственной бригады для улучшения процесса расстановки персонала по сменам. Решение такого рода задачи может быть

применено в алгоритмах информационно-аналитических систем, используемых в целях цифровизации процессов определения потребности и распределения персонала внутри предприятия. Для реализации требуемой оценки квалификации сотрудников требуется создание модели. В качестве критериев для ее разработки определим знание технологий, опыт работы, стаж, профессиональные компетенции и возможности их дальнейшего развития, склонность к конфликтам.

В качестве математического аппарата для описания выбранных критериев будущей модели используется теория нечетких множеств, а параметры модели задаются за счет лингвистических переменных, выраженных в виде слова или словосочетания. Это является несомненным преимуществом, так как дает возможность приблизительного описания рассматриваемых характеристик, избегая применения чисел.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для примера оценки уровня компетенции некоторого сотрудника бригады введем лингвистическую переменную K («компетенция сотрудника») с множеством значений: K_1 (очень низкая), K_2 (низкая), K_3 (средняя), K_4 (высокая), K_5 (очень высокая), с универсальным множеством в виде отрезка $[0, 1]$.

Все термы множества K будут именами нечеткого множества на отрезке $[0, 1]$ и представляют собой трапециевидные нечеткие числа (рис. 1) [4].

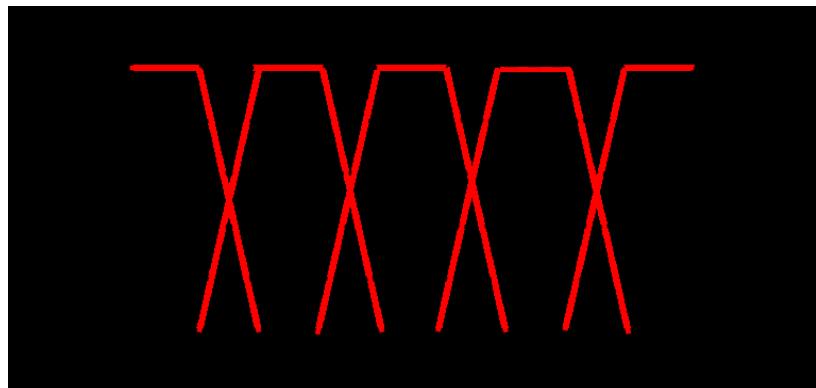


Рис. 1. Трапециевидные нечеткие числа

В табл. 1 занесем функции принадлежности каждого терма, применяя для расчета формулу трапециевидных нечетких чисел:

$$\mu(K) = \begin{cases} 0, & \text{если } K < a_1 \\ \frac{K - a_1}{a_2 - a_1}, & \text{если } a_1 \leq K < a_2 \\ 1, & \text{если } a_2 \leq K < a_3 \\ \frac{K - a_4}{a_3 - a_4}, & \text{если } a_3 \leq K < a_4 \\ 0, & \text{если } K > a_4 \end{cases}$$

Таблица 1. Функции принадлежности терм-множеств К

K_n	Характеристика терма	Отрезок L	Функция принадлежности K_n
K_5	Очень слабый	$K_5 \in [0,00; 0,23]$	$\mu_5 = \begin{cases} 1, & \text{если } 0 \leq K \leq 0,13 \\ 10 \cdot (0,23 - K), & \text{если } 0,13 < K \leq 0,23 \end{cases}$
K_4	Слабый	$K_4 \in [0,13; 0,43]$	$\mu_4 = \begin{cases} 1 - 10 \cdot (0,23 - K), & \text{если } 0,13 < K \leq 0,23 \\ 1, & \text{если } 0,23 < K \leq 0,33 \\ 10 \cdot (0,43 - K), & \text{если } 0,33 < K \leq 0,43 \end{cases}$
K_3	Средний	$K_3 \in [0,33; 0,63]$	$\mu_3 = \begin{cases} 1 - 10 \cdot (0,45 - K), & \text{если } 0,33 < K \leq 0,43 \\ 1, & \text{если } 0,43 < K \leq 0,53 \\ 10 \cdot (0,65 - K), & \text{если } 0,53 < K \leq 0,63 \end{cases}$
K_2	Сильный	$K_2 \in [0,53; 0,83]$	$\mu_2 = \begin{cases} 1 - 10 \cdot (0,63 - K), & \text{если } 0,53 < K \leq 0,63 \\ 1, & \text{если } 0,63 < K \leq 0,73 \\ 10 \cdot (0,83 - K), & \text{если } 0,73 < K \leq 0,83 \end{cases}$
K_1	Сильнейший	$K_1 \in [0,73; 1,00]$	$\mu_1 = \begin{cases} 1 - 10 \cdot (0,83 - K), & \text{если } 0,73 \leq K < 0,83 \\ 1, & \text{если } 0,15 \leq K < 1 \end{cases}$

Для формирования заключения об уровне компетенции сотрудника эксперт может использовать анализ индикаторов его работы. Рассмотрим пример, в котором эксперт исследовал пять индикаторов:

Z_1 – выполнение сотрудником плана производства (факт выполненной работы по отношению к нормативу);

Z_2 – уровень качества производимой сотрудником продукции (количество соответствующей требуемому качеству продукции по отношению ко всей произведенной сотрудником продукции);

Z_3 – соблюдение правил техники безопасности на рабочем месте (количество дней работы без несчастного случая по отношению к общему количеству отработанных дней);

Z_4 – простои оборудования по техническим и технологическим причинам (фактически отработанное время работы оборудования, закрепленного за сотрудником, к фонду рабочего времени оборудования);

Z_5 – отсутствие сотрудника на рабочем месте по уважительным причинам (фактически отработанное время по отношению к плановому времени работы сотрудника).

Все перечисленные индикаторы принимают значения на некотором числовом отрезке и представляют собой числовые переменные. Каждую переменную необходимо рассматривать как множество, являющееся носителем лингвистической переменной C_i [5]. Составляющие термы этой переменной:

C_{i1} – очень слабый уровень индикатора Z_i ;

C_{i2} – слабый уровень индикатора Z_i ;

C_{i3} – средний уровень индикатора Z_i ;

C_{i4} – высокий уровень индикатора Z_i ;

C_{i5} – очень высокий уровень индикатора Z_i .

Схема перехода от количественных значений индикаторов к высказываниям об уровне компетенции сотрудника представлена на рис. 2.

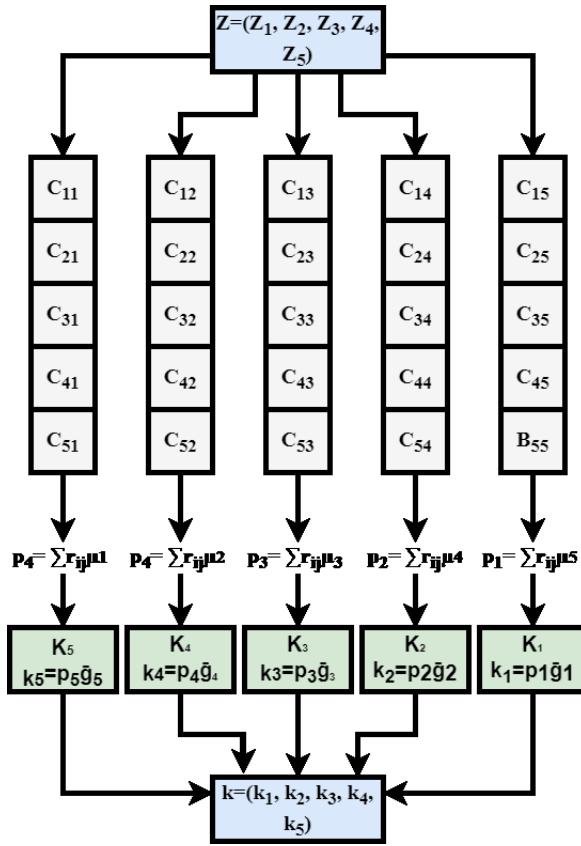


Рис. 2. Схема перехода от количественных значений индикаторов к информации об уровне компетенции сотрудника

Для того чтобы сопоставить результаты числовых значений индикаторов работы с лингвистическими переменными, следует провести ранжирование абсолютных значений индикаторов по возрастанию, от наименее важных к наиболее важным. Другими словами, необходимо сопоставить каждому индикатору Z_i его весовое значение r_i , показывающее «вклад» индикатора в уровень компетенции сотрудника. Если значения веса всех показателей отсортированы, и при этом $r_n < r_{n-1} < \dots < r_1$, то используют формулу Фишберна:

$$r_i = \frac{2(n-i+1)}{(n-1)n}.$$

Функция перехода от значений индикаторов работы сотрудника к весу термов лингвистической переменной К имеет вид

$$p_k = \sum_{i=1}^5 r_i \mu_{ri}, k = 1, 2, 3, 4, 5.$$

Значение переменной К вычисляют по следующей формуле, заранее рассчитав вес каждого терма лингвистической переменной K_i :

$$\kappa = \sum_{i=1}^5 p_k \bar{g}_k, k = 1, 2, 3, 4, 5,$$

где \bar{g}_k является серединой отрезка – носителем терма $K_k \in (a_{k1}, a_{k4})$.

В качестве примера проведем вычисления уровня компетенции сотрудника на примере машиниста гофроагрегата 5-го разряда, работающего на участке по производству гофрированных картонных листов на ООО «Павлово-Посадский гофрокомбинат», где были изучены значения производственных индикаторов за февраль и март 2025 года. Значения индикаторов (трапециевидные числа) содержатся в табл. 2, а значения μ функции принадлежности вычислены по приведенной выше формуле трапециевидных чисел.

Таблица 2. Экспертные оценки показателей

Индикатор	Терм				
	C_{i1}	C_{i2}	C_{i3}	C_{i4}	C_{i5}
Z_1	0; 0,11; 0,26	0,11; 0,25; 0,41; 0,51	0,44; 0,51; 0,53; 0,66	0,54; 0,66; 0,71; 0,76	0,71; 0,79; 1; ∞
Z_2	0; 0; 0,21; 0,23	0,21; 0,22; 0,26; 0,44	0,25; 0,42; 0,51; 0,55	0,53; 0,53; 0,66; 0,71	0,69; 0,79; 0,89; 1
Z_3	0; 0; 0,09; 0,16	0,07; 0,16; 0,22; 0,33	0,25; 0,35; 0,35; 0,41	0,36; 0,44; 0,49; 0,62	0,49; 0,67; 0,81; 1
Z_4	0; 0; 0,11; 0,26	0,11; 0,26; 0,32; 0,35	0,31; 0,3; 0,53; 0,61	0,51; 0,61; 0,67; 0,76	0,68; 0,77; 0,89; 1
Z_5	0; 0; 0,21; 0,45	0,22; 0,49; 0,51; 0,5	0,51; 0,52; 0,61; 0,72	0,62; 0,74; 0,82; 1	0,76; 0,87; 0,99; ∞

Заполним табл. 3 результатами первичной обработки индикаторов и вычислим значение функции принадлежности лингвистической переменной K = «компетенция сотрудника» за февраль и март 2025 года, взяв за основу схему из рис. 2.

Таблица 3. Первичная обработка индикаторов

Эмпирические значения индикатора		Значение функции принадлежности	
Февраль 2025	Март 2025	Февраль 2025	Март 2025
$Z_1 = 0,9$	$Z_1 = 1$	$\mu_{13} = 1$	$\mu_{15} = 1$
$Z_2 = 0,77$	$Z_2 = 0,62$	$\mu_{22} = 1$	$\mu_{25} = 0,2$
$Z_3 = 0,43$	$Z_3 = 0,55$	$\mu_{33} = 0,2$	$\mu_{34} = 0,8; \mu_{35} = 0,2$
$Z_4 = 0,9$	$Z_4 = 0,86$	$\mu_{45} = 1$	$\mu_{44} = 0,6; \mu_{45} = 0,4$
$Z_5 = 0,83$	$Z_5 = 0,94$	$\mu_{54} = 0,8; \mu_{55} = 0,2$	$\mu_{54} = 0,1; \mu_{55} = 0,9$

Получим следующие значения:

$$K_{\text{февраль } 2025} = \sum_{j=1}^5 \kappa_j \cdot \mu_{j1} = 0,93625;$$

$$K_{\text{март } 2025} = \sum_{j=1}^5 \kappa_j \cdot \mu_{j1} = 0,29554.$$

В результате применения предложенной в статье модели можно сделать вывод, что уровень компетенции машиниста гофроагрегата 5-го разряда очень высок. С

помощью предложенной модели может быть описан уровень компетенций любого сотрудника производственной бригады. К тому же предложенная модель оценки компетенций сотрудников обладает хорошей чувствительностью к числовым оценкам и позволяет минимизировать риски ошибок экспертов [6].

Использование модели позволяет делать прогнозы о том, какие комбинации сотрудников будут наиболее эффективны в той или иной смене или бригаде, а применение теории нечетких множеств в сочетании с информационно-аналитическими системами помогает улучшить качество принятия решений. Система может предоставлять рекомендации по формированию оптимальных команд, распределению ролей и задач среди сотрудников, а также предлагать меры по развитию и обучению персонала. На рис. 3. показан алгоритм поддержки принятия решений.

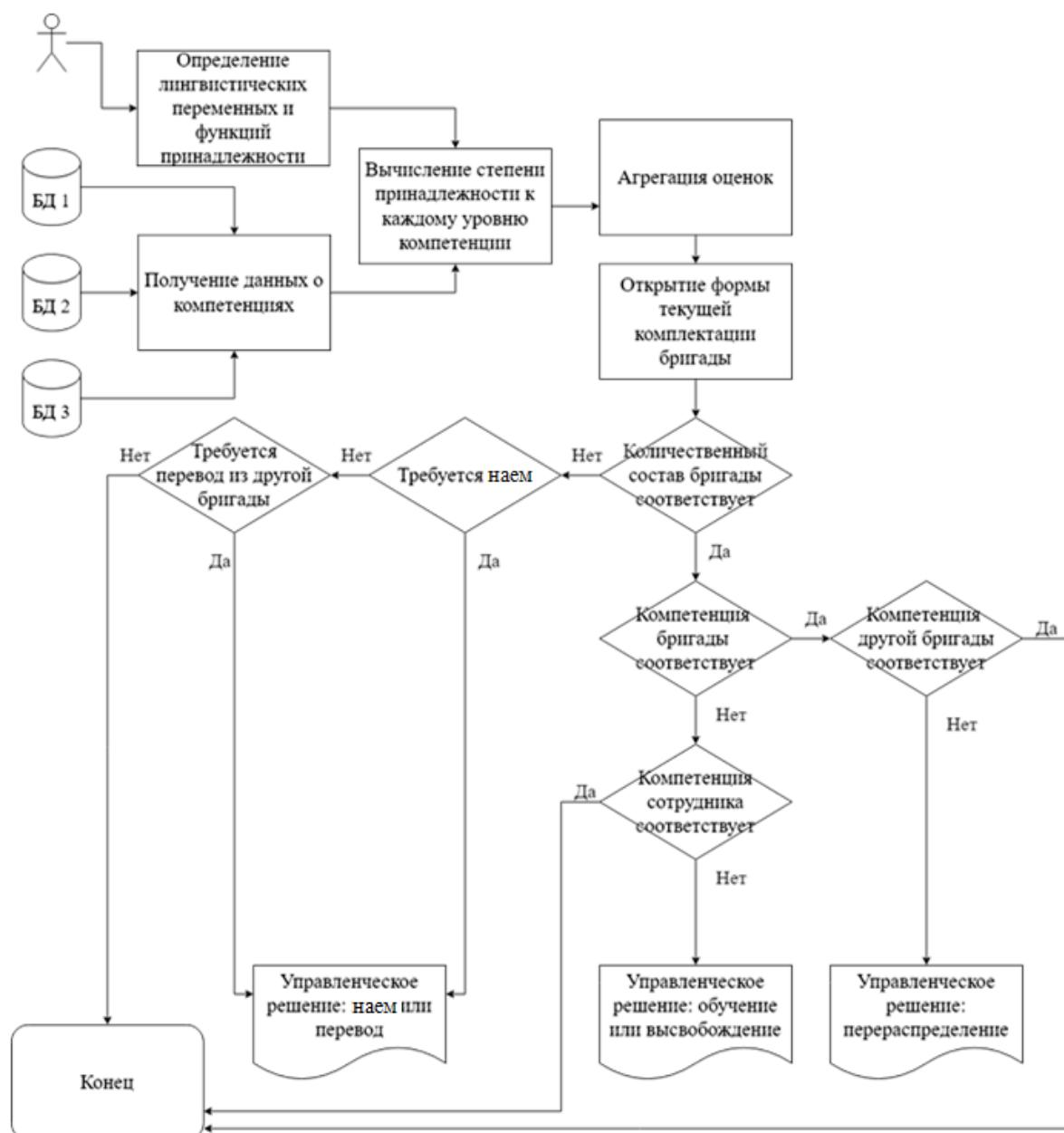


Рис. 3. Алгоритм поддержки принятия решений со встроенной моделью оценки компетенций

Интеграция предлагаемой модели в алгоритм поддержки принятия решений позволит создать эффективный информационно-аналитический инструмент для долгосрочного использования, способный автоматизировать процесс принятия решений на основе теории нечетких множеств. Преимуществами такого инструмента будут являться автоматизация процесса расстановки персонала, объективность решений при выборе сотрудников и способность адаптироваться к изменениям в данных, в том числе об обучении сотрудников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, интеграция теории нечетких множеств с информационно-аналитическими системами открывает широкие возможности для повышения эффективности управления персоналом. Это позволяет автоматизировать сложные процессы оценки сотрудников и бригад, повышать точность прогнозов и рекомендаций, а также быстрее адаптироваться к изменяющимся условиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьева Д.Р., Гареева Г.А., Басыров Р.Р. Основы нечеткой логики: учебно-методическое пособие. Набережные Челны: НЧИ КФУ, 2018. 42 с.
2. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 165 с.
3. Катаева В.И., Козырев М.С. Методы принятия управленческих решений. М.: Директ-Медиа. 2015. 197 с.
4. Конышева Л.К., Назаров Д.М. Основы теории нечетких множеств: учебное пособие. СПб.: Питер, 2011. 192 с.
5. Блюмин С.Л., Шуйкова И.А. Модели и методы принятия решений в условиях неопределенности. Липецк: ЛЭГИ, 2001. 139 с.
6. Демидов А.В. Методы и модели стратегического управления предприятием в условиях неопределенности внешней среды: на примере предприятий легкой промышленности: дис. ... к. э. н. Москва, 2003. 159 с.

Для цитирования: Торшин С.В., Капитанов А.В. Поддержка принятия управленческих решений в задачах оперативного планирования производственного персонала на основе теории нечетких множеств // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки». 2025. № 4 (28). С. 90–98.

SUPPORT FOR MAKING MANAGEMENT DECISIONS IN THE PROBLEMS OF OPERATIONAL PLANNING OF PRODUCTION STAFF BASED ON THE THEORY OF FUZZY SETS

S.V. TORSHIN, Postgraduate, A.V. KAPITANOV, Dr. Sc

Moscow State University of Technology «STANKIN»,
1, Vadkovsky lane, Moscow, 127055, e-mail: av.kapitanov@stankin.ru

In rare cases, the management of the process of forming work collectives from among the personnel in industrial enterprises is based on some specific information. Given that the production process requires a high level of professionalism of the staff and rapid adaptation to changes, traditional approaches to assessing the competencies and professional capabilities of

the formed team may be insufficient. Most often, heterogeneous data is required for decision-making. The article provides arguments in favor of the fact that the methodology of the theory of fuzzy sets can be used in solving issues of assessing various qualities of personnel and will allow making rational managerial decisions in the process of staffing. It allows you to take into account uncertainties and subjective factors when assessing the level of knowledge and skills of employees and create more accurate and multidimensional competency models that include both objective indicators and expert assessments. These models can be used in information and analytical management decision support systems for staffing.

Keywords: decision support, recruitment of production personnel, digital competence model, efficiency of the production process, theory of fuzzy sets.

Поступила в редакцию/received: 15.08.2025; после рецензирования/revised: 14.08.2025;
принята/accepted: 28.08.2025

УДК 004.891.3

DOI: 10.46573/2658-5030-2025-4-98-106

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЛИЗИСТОЙ ОБОЛОЧКИ ПОЛОСТИ РТА

Г.Б. БУРДО¹, д-р техн. наук, С.Н. ЛЕБЕДЕВ², д-р мед. наук,
Ю.В. ЛЕБЕДЕВА², канд. мед. наук, И.С. ЛЕБЕДЕВ², ординатор

¹ Тверской государственный технический университет,
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22, e-mail: gbtms@yandex.ru

² Тверской государственный медицинский университет,
170100, Тверь, ул. Советская, 4, e-mail: lebedev_s@tvergma.ru

© Бурдо Г.Б., Лебедев С.Н., Лебедева Ю.В., Лебедев И.С., 2025

В статье обобщены результаты работы по созданию интеллектуальных средств поддержки принятия решений для диагностики предраковых заболеваний и опухолей слизистой оболочки полости рта. Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения качества оказания первичной медико-санитарной помощи пациентам с такими заболеваниями. Целью работы является анализ разработанных авторами методик поддержки принятия решений при диагностике опухолевых заболеваний слизистой оболочки полости рта с помощью интеллектуальных экспертных систем. Рассмотрены три типа методик создания диагностических интеллектуальных экспертных систем для выявления опухолевых заболеваний слизистой оболочки полости рта: экспертные системы, основанные на весовых коэффициентах, экспертные системы индивидуальной поддержки решений на основе интеллектуальных моделей и экспертные системы коллективной поддержки решений на основе интеллектуальных моделей. В основу разработок положен обобщенный опыт практикующих врачей. Кратко охарактеризованы подходы к разработке экспертных систем.

Ключевые слова: новообразования, слизистая оболочка рта, поддержка принятия решений, экспертные системы, нечеткие множества, искусственный интеллект, производственные модели знаний.