

15. *Professional'nyj standart «Rukovoditel' proektov v oblasti informacionnyh tekhnologij»* [Professional standard "Project Manager in the field of information technology"], utverzhden prikazom Ministerstva truda i soczashchity RF ot 18.11.2014 № 893n.

16. *Professional'nyj standart «Rukovoditel' razrabotki programmogo obespecheniya»* [Professional standard "Head of software development"], utverzhden prikazom Ministerstva truda i soczashchity RF ot 17.09.2014 № 645n.

17. *Professional'nyj standart «Sistemnyj administrator informacionno-kommunikacionnyh sistem»* [Professional standard "System administrator of information and communication systems"], utverzhden prikazom Ministerstva truda i soczashchity RF ot 05.10.2015 № 684n.

18. *Professional'nyj standart «Sistemnyj programmist»* [Professional standard "System Programmer"], utverzhdenym prikazom Mintruda Rossii ot 05.10.2015 №685n.

19. *Professional'nyj standart «Specialist po bezopasnosti komp'yuternyh sistem i setej»* [Professional standard "Specialist in security of computer systems and networks"] utverzhden prikazom Ministerstva truda i soczashchity RF ot 01.11.2016 № 598n.

20. *Professional'nyj standart «Specialist po zashchite informacii v telekommunikacionnyh sistemah i setyah»* ["Specialist in information security in telecommunication systems and networks"], utverzhden prikazom Ministerstva truda i soczashchity RF ot 03.11.2016 № 608n.

21. *Professional'nyj standart «Specialist po integracii prikladnyh reshenij»* [Professional Standard "Application Solutions Integration Specialist"], utverzhden prikazom Ministerstva truda i soczashchity RF ot 05.09.2017 № 658n.

22. *Professional'nyj standart «Specialist po informacionnym sistemam»* [Professional Standard "Information Systems Specialist"], utverzhden prikazom Ministerstva truda i soczashchity RF ot 18.11.2014 № 896n.

23. *Professional'nyj standart «Specialist po kontrolyu kachestva informacionno-kommunikacionnyh sistem»*, utverzhden prikazom Ministerstva truda i soczashchity RF ot 05.06.2017 № 475n.

24. *Professional'nyj standart «Specialist po podderzhke programmno-konfiguriruemym informacionno-kommunikacionnyh setej»* [Professional standard "Specialist in support of software-configured information and communication networks"], utverzhden prikazom Ministerstva truda i soczashchity RF ot 26.06.2017 № 514n.

25. *Professional'nyj standart «Specialist po testirovaniyu v oblasti informacionnyh tekhnologij»* [Professional standard "Specialist in testing in the field of information technology"], utverzhden prikazom Ministerstva truda i soczashchity RF ot 11.04.2014 № 225n.

26. Fionova L.R. *Adaptivnaya sistema nepreryvnogo obrazovaniya v sfere dokumentacionnogo obespecheniya upravleniya na osnove kompetentnostnogo podhoda* [Adaptive system of continuous education in the field of documentation management based on the competence approach]. Penza, PSU Publishing House, 2009. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19898372> (accessed 10.12.2018).

27. Fionova L.R. Postroenie modeli professional'nogo standarta dlya avtomatizacii razrabotki dolzhnostnyh instrukcij [Building a professional standard model to automate the development of job descriptions]. *Modelirovanie, optimizaciya i informacionnye tekhnologii : nauchnyj zhurnal* [Modeling, optimization and information technology. Science Magazine], 2018, no. 3 (18). Available at: <http://moit.vivt.ru/> {https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2017/08/Fionova_3_1_17.pdf} (accessed 10.12.2018).

УДК 658.562:004.12

К ВОПРОСУ О ФОРМАЛИЗАЦИИ ВЕРБАЛЬНЫХ ОЦЕНОК, ПОЛУЧЕННЫХ ЭКСПЕРТНЫМИ МЕТОДАМИ, ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ПРИНЯТИЮ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИЕЙ

Статья поступила в редакцию 20.11.2018, в окончательном варианте – 19.12.2018.

Аль-Бусаиди Саид Султан Саид, Тамбовский государственный технический университет, 392000, Российская Федерация, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106, аспирант, e-mail: al-busaidi2020@hotmail.com

Пономарев Сергей Васильевич, Тамбовский государственный технический университет, 392000, Российская Федерация, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106,

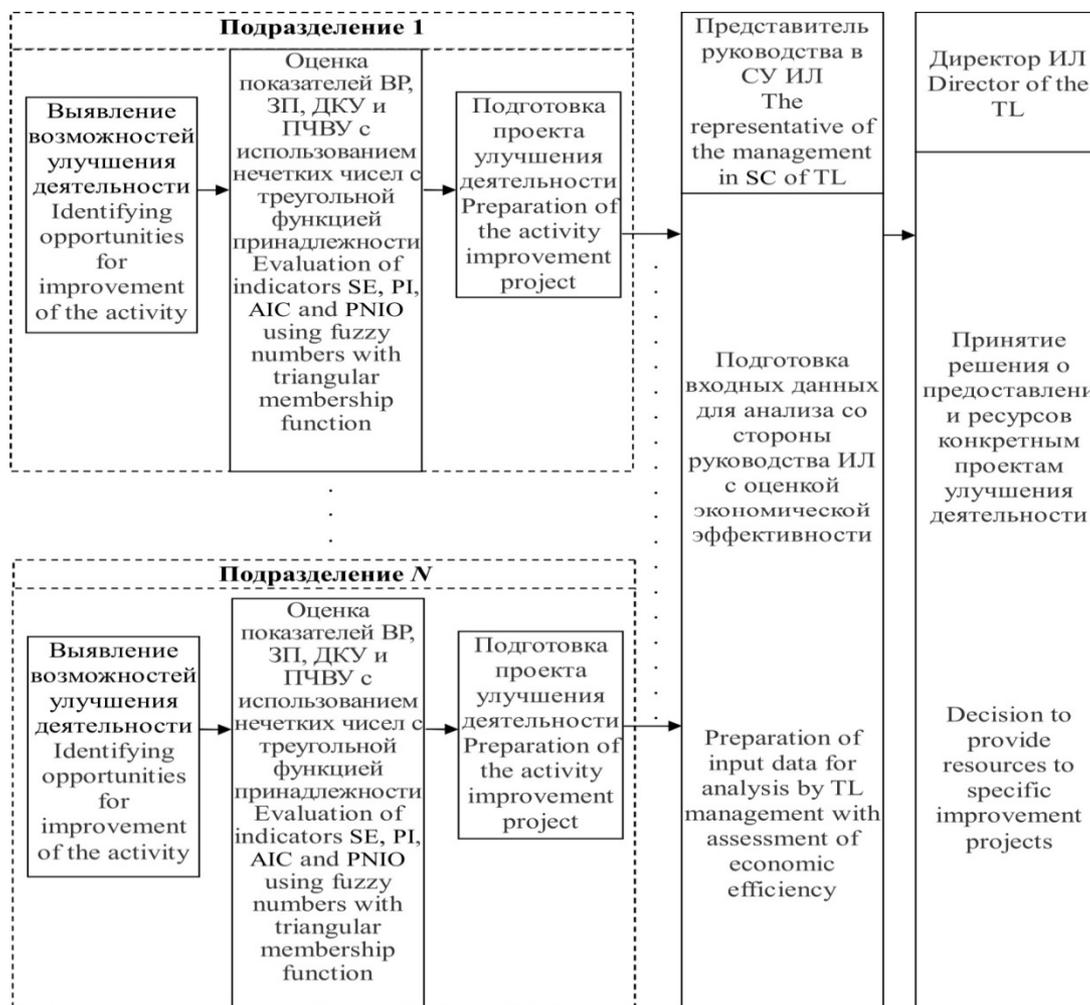
доктор технических наук, профессор, e-mail: svponom@yahoo.com, ORCID 0000-0003-0228-912X

Целью выполненной работы является улучшение процесса входного контроля сырья в испытательной лаборатории. Рассмотрены методы формализации вербальных показателей-концептов в рамках процесса поддержки принятия управленческого решения при оценивании экспертами как имеющихся рисков, так и выявленных возможностей улучшения деятельности с применением балльных квалиметрических шкал. Приведен пример вычисления параметров функций принадлежности треугольных нечетких чисел в рамках процесса поддержки принятия управленческого решения. По представленным в заявках руководителей подразделений сведениям о показателях результативности и эффективности проектов улучшения деятельности, лицо, принимающее решение, имеет возможность методом перебора выбрать оптимальное управленческое решение, обеспечивающее наиболее высокую экономическую эффективность от осуществления (реализации) проектов улучшения. Графическое представление функции принадлежности для нечеткого числа «Приоритетное число возможности улучшения» позволило лицу, принимающему решение, утвердить предложенный командой (группой) экспертов план внедрения проекта улучшения деятельности по проведению испытаний закупаемого сырья «Уайт-спирит». Проведенные

работы подтвердили правильность принятого управленческого решения. После внедрения проекта улучшения затраты на проведение бизнес-процесса входных испытаний сырья «Уайт-спирит» снизились примерно на 5 % при одновременном увеличении объема выполненной работы на 1 %.

Ключевые слова: принятие решений, нечеткие условия, экспертное оценивание, формализация вербальных оценок, деятельность, проект, улучшение, вероятность реализации, значимость последствий, доступность контроля и управления, приоритетное число возможности улучшения

Графическая аннотация (Graphical annotation)



Обозначения: ЗП – значимость положительных последствий предлагаемого улучшения; ВР – вероятность реализации предлагаемого улучшения; ДКУ – доступность (легкость) контроля и управления процессами после внедрения предлагаемого улучшения; ПЧВУ – приоритетное число возможности улучшения; СУ – система управления; ИЛ – испытательная лаборатория.

The graphic annotation uses symbols: SE – significance of the positive effects of the proposed improvement; PI – probability of implementation of the proposed improvement; AIC – availability (ease) of process inspection and control after implementation of the proposed improvement; PNIO – priority number of improvement opportunities; SC – system of control; TL – testing laboratory.

EXPERT METHODS IN THE PREPARATION OF MANAGERIAL DECISION-MAKING IN THE MANAGEMENT SYSTEM OF THE TESTING LABORATORY

The article was received by editorial board 20.11.2018, in the final version – 19.12.2018.

Al-Busaidi Said S.S., Tambov State Technical University, 106 Sovetskaya St., Tambov, 392000, Russian Federation,

post-graduate student, e-mail: al-busaidi2020@hotmail.com

Ponomarev Sergey V., Tambov State Technical University, 106 Sovetskaya St., Tambov, 392000, Russian Federation,

Doct. Sci. (Engineering), Professor, e-mail: svponom@yahoo.com, ORCID 0000-0003-0228-912X

The methods of formalization of verbal indicators-concepts in the process of support of managerial decision - making in the evaluation of experts as the existing risks and identified opportunities for improvement with the use of score scales are considered. The purpose of the work is to improve the process of input control of raw materials in the testing laboratory. An example of calculating the parameters of the membership functions of triangular fuzzy numbers in the process of supporting management decision-making is given. According to the information about effectiveness and efficiency performance indicators of improvement projects presented in the applications of heads of departments, the decision-maker has the opportunity to select the optimal management solution that provides the highest economic efficiency due to the implementation of improvement projects. The graphical representation of the membership function for the fuzzy number "priority number of improvement opportunities" allowed the decision maker to approve the plan proposed by the team of experts for the implementation of the project to improve the testing of purchased raw materials "white spirit". The work carried out confirmed the correctness of the management decision. After the implementation of the improvement project, the costs of the "white spirit" raw material input testing business process decreased by about 5 %, while the volume of work performed increased by 1 %.

Key words: decision-making, fuzzy conditions, expert evaluation, formalization of verbal evaluations, activity, project, improvement, probability of implementation, significance of consequences, availability of monitoring and control, priority number of opportunities for improvement

Введение. Ранее авторами были предложены [14] три варианта подходов и методов использования балльных оценок показателя «Индикатор возможности улучшения», при рассмотрении вариантов улучшения функционирования процесса в системе менеджмента (СМ) испытательной лаборатории (ИЛ). На практике эти подходы приходится осуществлять (реализовывать) с использованием так называемых экспертных методов. При этом каждый i -ый эксперт при работе в составе команды, включающей в себя m экспертов, предоставляет вербальные оценки значений концептов (например, рассмотренных ниже показателей BP_i , $ЗП_i$, $ДКУ_i$, $i = 1, \dots, m$). Они с применением приведенных в [14] квалиметрических шкал легко преобразуются в балльные оценки. При этом сформулированные каждым экспертом вербальные оценки обычно несколько отличаются от оценок других экспертов. В связи с этим, возникает задача формализации для совокупности вербальных оценок, полученных экспертными методами с целью дальнейшего использования.

Конкретной технической целью данной работы является улучшение процесса входного контроля сырья в испытательной лаборатории (ИЛ) предприятия, производящего промышленную продукцию. ИЛ этого предприятия выполняет испытания и физико-химические анализы при осуществлении входного, промежуточного и выходного контроля веществ, материалов и изделий. При принятии управленческих решений по запросам руководителей подразделений о выделении им ресурсов на улучшение деятельности (в рамках выполнения процесса «Анализ со стороны руководства» по требованиям ISO/IEC 17025:2005 [19] в системе менеджмента ИЛ) директор лаборатории (лицо, принимающее решение) предпочитает сравнивать поступившие к нему проекты улучшения с учетом параметров функций принадлежности треугольных нечетких чисел [2-4, 11,20]. Эти числа используются при оценке интегрального показателя «Приоритетное число возможности улучшения» $ПЧВУ = BP \times ЗП \times ДКУ$, определяемого по частным показателям «Значимость положительных последствий ЗП предлагаемого улучшения», «Вероятность реализации BP предлагаемого улучшения» и «Доступность (легкость) контроля и управления $ДКУ$ -процессами после внедрения предлагаемого улучшения». Ниже рассматриваются вопросы формализации вербальных оценок показателей BP , $ЗП$, $ДКУ$ и $ПЧВУ$, получаемых экспертными методами.

Краткий обзор подходов к формализации вербальных оценок показателей-концептов при оценивании имеющих рисков и возможностей улучшения деятельности ИЛ в случае применения балльных квалиметрических шкал. Ниже рассмотрен вариант формализации вербальных оценок, полученных экспертными методами и рекомендуемый для использования в случае решения задач, связанных с подготовкой и принятием управленческих решений [2] в отношении рисков и возможностей улучшения деятельности по требованиям ГОСТ Р ИСО 9001 – 2015. Такой подход следует использовать в случае, когда для оценки частных показателей-концептов рисков используются четырехбалльные шкалы, рассмотренные в статье [13], а для оценки частных показателей-концептов возможностей улучшений деятельности – четырехбалльные шкалы, предложенные в нашей статье [14]. При одновременном использовании предложенных в [13, 14] четырехбалльных шкал для совместной оценки как рисков, так и возможностей улучшения деятельности, после введения дополнительного нейтрального элемента (соответствующего состоянию, когда отсутствуют и риски, и возможности улучшения), можно ввести рассмотренную ниже девятиэлементную балльную квалиметрическую шкалу.

Значения вербальных оценок частных показателей-концептов чаще всего представляют собой численно не измеримые величины. Поэтому для их формализации обычно вводят лингвистическую переменную (ЛП) «Уровень фактора» F и задают терм-множество ее значений. В нашем случае оно может состоять из девяти элементов, относящихся к двум областям значений [2]:

- отрицательной (QF^-), соответствующей имеющимся рискам в деятельности ИЛ;
- положительной (QF^+), соответствующей имеющимся возможностям улучшения деятельности в ИЛ.

Указанное терм-множество может быть задано, например, в виде[2]:

$QF = \{QF^-; H; QF^+\} = \{\text{Высокий отрицательный (B)}; \text{Выше среднего отрицательный (BC)}; \text{Средний отрицательный (C)}; \text{Ниже среднего отрицательный (HC)}; \text{Нейтральный (H)}; \text{Ниже среднего положительный (HC}^+\text{)}; \text{Средний положительный (C}^+\text{)}; \text{Выше среднего положительный (BC}^+\text{)}; \text{Высокий положительный (B}^+\text{)}\}$. (1)

Такому терм-множеству значений ЛП ставят в соответствие нечеткие числа (НЧ), заданные функциями принадлежности (ФП) на отрезке вещественной оси $[-1; 1]$.

В настоящее время применяют различные варианты построения ФП [9, 16] для частных показателей-концептов. С целью успешной формализации информации, носящей вербальный характер, следует использовать такой метод формирования трапецевидной ФП $\mu(x)$, который позволяет получать НЧ со следующими свойствами:

- нормальностью, т.е. в области определения D НЧ существуют такие значения аргумента $x \in D$ функции принадлежности $\mu(x)$, в которых $\mu(x) = 1$;
- непрерывностью, т.е. ФП $\mu(x)$ должна быть определена в любой точке $x \in D$, где D – область определения НЧ;
- унитолерантностью, т.е. существует такой единственный отрезок $[x_1; x_2] \in D$, в котором $\mu(x) = \text{const} = 1$ при $x \in [x_1; x_2]$; в случае, когда $x_1 = x_2$, интервал $[x_1; x_2]$ может обращаться в точку, а НЧ с трапецевидной функцией принадлежности превращаются в НЧ с треугольной функцией принадлежности.

Авторами публикаций [8, 9] было показано, что такие свойства нечетких чисел реализуются только при использовании для формирования ФП методов назначения и корректировки параметров. Эти методы позволяют получать трапецевидные и треугольные НЧ [2, 17].

В связи с этим терм-множеству лингвистической переменной F в качестве семейства функций принадлежности часто ставят в соответствие девятиуровневый классификатор, в котором соответствующие ФП нечетких чисел являются трапециями. В трапецевидных НЧ параметрами ФП являются четыре величины $(a_1; a_2; a_3; a_4)$: a_1 и a_4 - абсциссы (координаты) нижнего основания трапеции; a_2 и a_3 - абсциссы (координаты) верхнего основания трапеции. Такое терм-множество (1) часто задают в виде [2]:

$$\{B^+(-1; -1; -0,85; -0,75); BC^+(-0,85; -0,75; -0,65; -0,55); C^+(-0,65; -0,55; -0,45; -0,35); HC^+(-0,45; -0,35; -0,25; -0,15); H(-0,25; -0,15; 0,15; 0,25); HC^+(0,15; 0,25; 0,35; 0,45); C^+(0,35; 0,45; 0,55; 0,65); BC^+(0,55; 0,65; 0,75; 0,85); B^+(0,75; 0,85; 1; 1)\}. \quad (2)$$

Если значение фактора с равной степенью предпочтительности может быть отнесено к любому значению в пределах $[-1; 1]$, и требуется получить соответствие между вербальными (качественными) и количественными оценками, то классификатор (2) позволяет это сделать с достаточно высокой достоверностью.

В приведенном выше классификаторе (2), являющемся разновидностью «серой» шкалы Поспелова [15], переход от одного свойства к другому происходит постепенно. Это отличается от интервального шкалирования, которое широко применяется в системах когнитивного моделирования [1, 7, 10, 12]. В [18] отмечается, что «применение «серых» шкал позволяет лучше отразить оценки экспертов в условиях неопределенности».

Применение классификатора позволяет от качественного описания уровня фактора перейти к стандартному количественному виду соответствующей ФП на множестве нечетких трапецевидных чисел (2). Отметим, что вместо трапецевидных НЧ в ряде случаев могут быть использованы треугольные НЧ. При использовании НЧ с треугольной функцией принадлежности, терм-множество, аналогичное приведенному выше терм множеству (2), может быть задано в виде:

$$\{B^+(-1; -1; -0,8); BC^+(-0,95; -0,75; -0,55); C^+(-0,7; -0,5; -0,3); HC^+(-0,45; -0,25; -0,05); H(-0,2; 0,0; 0,2); HC^+(0,05; 0,25; 0,45); C^+(0,3; 0,5; 0,7); BC^+(0,55; 0,75; 0,95); B^+(0,8; 1; 1)\}. \quad (3)$$

Правила агрегирования значений частных показателей-концептов[2]. Для вычисления значений интегральных показателей-концептов в рассматриваемой иерархии необходимо агрегировать влияния нижестоящих частных показателей-концептов путем применения различных видов сверток (мультипликативной, аддитивной, минимаксной и др.). Вид свертки определяется спецификой влияния концептов друг на друга.

Наиболее простая, аддитивная свертка нечувствительна к крайним значениям входящих в нее слагаемых из-за возможной неограниченной компенсации одних значений за счет других.

В отличие от аддитивной, значение мультипликативной свертки при малых значениях отдельных сомножителей резко уменьшается. Это приводит к исключению нежелательных вариантов при принятии решения. Поэтому, в случаях, когда все влияющие факторы критично значимы и взаимосвязаны, представляется целесообразным применение мультипликативной свертки для вычисления зависимого фактора K [2]

$$K = \prod_i K_i^{S_i}, \quad (4)$$

где K_i – значения частных показателей-концептов, влияющих на интегральный зависимый показатель K ; S_i – определенные некоторым образом веса, приписываемые каждому частному показателю-концепту K_i .

В случае, если значение каждого влияющего концепта не является критически значимым и допускается компенсация влияния концептов на K , то может быть применена аддитивная свертка [2]:

$$K = \sum_i S_i K_i. \quad (5)$$

Весовые коэффициенты S_i обычно определяются путем опроса экспертов или задаются лицом, принимающим решение (ЛПР). При этом надо учесть, что качественные («мягкие») оценки: *сравнение, отнесение к классу, упорядочение* – гораздо надежнее, чем *назначение* количественных оценок важности критериев, субъективных вероятностей, весовых коэффициентов полезностей и т.п. [6, 11]. К тому же часто эксперту или ЛПР затруднительно дать однозначные численные оценки. В таких случаях предпочтительнее ранговые методы. При их использовании частные показатели-концепты K_i требуется лишь упорядочить по степени их влияния на интегральный показатель K .

Одним из наиболее эффективных является метод нестрогого ранжирования (МНР): эксперт производит нумерацию концептов по возрастанию их влияния. При этом допускается, что ему не удастся для некоторых концептов различить степень их важности. Тогда при ранжировании эксперт помещает их на одну позицию в произвольном порядке. Проранжированные концепты последовательно нумеруются, после чего весовые коэффициенты показателя-концепта определяются его позицией (номером) в составленной экспертом иерархии показателей.

Если на одной позиции оказались несколько неразличимых по степени влияния показателей-концептов, то, обычно, их вес принимается равным среднему арифметическому номеров в списке (т.е. рангов). В [3] предложено модифицировать данный метод, приняв за вес каждого из неразличимых концептов номер группы, которую они образуют, как одного объекта, участвующего в упорядочении.

Например, пусть показатели-концепты K_i ($i=1, \dots, m$) при $m = 5$ упорядочены экспертом по степени их влияния на интегральный показатель K следующим образом [2]:

$$K_3; (K_1, K_4); K_5; K_2.$$

В связи с тем, что показатели-концепты 1 и 4 неразличимы по степени влияния, они оба занимают вторую позицию. Сумма всех номеров равна: $1+2+2+3+4 = 12$. Следовательно, весовой коэффициент показателя-концепта K_3 составляет $1/12$, показателей-концептов K_1 и K_4 – по $2/12$, показателей-концептов K_5 – $3/12$, K_2 – $4/12$. Сумма полученных таким образом весовых коэффициентов составляет единицу.

Этот способ оценки весов влияния может быть использован ЛПР или руководителем команды экспертов при определении значений коэффициентов весомости оценок концептов (например, для значений показателей BP_i , $ЗП_i$, $ДКУ_i$, $i = 1, \dots, m$), полученных от каждого отдельного эксперта, входящего в состав команды численностью m человек.

В случае вербальных оценок концептов при нахождении свертки под произведением или суммой понимается произведение или сумма НЧ, соответствующих значениям ЛП «Уровень фактора». Результат в этом случае тоже является нечетким числом.

Для выполнения арифметических операций с нечеткими числами целесообразно воспользоваться специальным программным обеспечением [2, 7].

Формализация вербальных оценок частных показателей-концептов BP , $ЗП$, $ДКУ$ и $ПЧВУ$ с применением десятибалльных квалиметрических шкал, предложенных нами в статье [14]. Ниже рассматривается подход к решению задачи, состоящей в следующем.

Дано: для предлагаемого проекта улучшения рассматриваемого процесса системы менеджмента (СМ) испытательной лаборатории (ИЛ) группой экспертов, включающей в себя m человек, предоставлены вербальные оценки частных показателей $ЗП_i$, BP_i и $ДКУ_i$ ($i = 1, \dots, m$).

Требуется: частным оценкам BP_i , $ЗП_i$, и $ДКУ_i$ ($i = 1, \dots, m$) поставить в соответствие усредненные балльные оценки \overline{BP} , $\overline{ЗП}$, $\overline{ДКУ}$ и представить их в виде нечетких чисел с функциями принадлежности треугольной формы. Затем, с целью обеспечения достоверности и объективности подготавливаемого и затем принимаемого управленческого решения, нужно найти значения параметров треугольной функции принадлежности нечеткого числа, соответствующего показателю «Приоритетное число возможности улучшения». Оно определяется по формуле [14]

$$\overline{ПЧВУ} = \overline{BP} \times \overline{ЗП} \times \overline{ДКУ}.$$

Примечание. После получения от руководителей подразделений ИЛ заявок-предложений (требующих выделения материально-финансовых ресурсов) по улучшению процессов в их сфере ответственности, лицо, принимающее решение (ЛПР), может сравнить поступившие к нему проекты (с точки зрения вероятности реализации \overline{BP} , значимости последствий $\overline{ЗП}$, доступности контроля и управления $\overline{ДКУ}$ для улучшаемых процессов) по величине показателя $\overline{ПЧВУ}$. При этом по параметрам треугольных функций принадлежности ЛПР имеет возможность оценить достоверность и объективность представленных ему данных о проектах улучшения деятельности. С учетом представленных в заявках руководителей данных о показателях «Результативность» и «Эффективность», рассмотренных в нашей статье [5], ЛПР имеет возможность методом перебора выбрать оптимальное управленческое решение, обеспечивающее наиболее высокую экономическую эффективность от осуществления проектов улучшения.

Предложенные нами в статье [14] десятибалльные квалиметрические шкалы для перехода от предоставленных экспертами вербальных оценок к балльным оценкам частных показателей-концептов:

- 1) «Значимость положительных последствий ЗП предлагаемого улучшения»;
- 2) «Вероятность реализации ВР предлагаемого улучшения»;
- 3) «Доступность (легкость) контроля и управления ДКУ процессами после внедрения предлагаемого улучшения», приведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Квалиметрические шкалы балльных оценок показателей: ЗП, ВР и ДКУ (применительно к этапу разработки процесса производства технического объекта) и параметры a_{1z} , a_{2z} , a_{3z} соответствующих функций принадлежности

Показатель ЗП	Показатель ВР	Показатель ДКУ	Параметры ФП		
			a_{1z}	a_{2z}	a_{3z}
1 – практически отсутствует	1 – почти нулевая вероятность	1 – контроль и управление (КиУ) невозможны	0,0	0,1	0,2
2 – очень незначительная	2 – очень низкая	2 – очень плохие КиУ	0,1	0,2	0,3
3 – незначительная	3 – низкая	3 – плохие КиУ	0,2	0,3	0,4
4 – очень слабая	4 – ниже умеренной	4 – очень слабые КиУ	0,3	0,4	0,5
5 – слабая	5 – умеренная	5 – слабые КиУ	0,4	0,5	0,6
6 – выше слабой	6 – выше умеренной	6 – умеренные возможности КиУ	0,5	0,6	0,7
7 – умеренная	7 – умеренно высокая	7 – умеренно-хорошие возможности КиУ	0,6	0,7	0,8
8 – выше умеренной	8 – высокая	8 – хорошие КиУ	0,7	0,8	0,9
9 – важная	9 – очень высокая	9 – очень хорошие КиУ	0,8	0,9	1
10 – очень важная	10 – практически 100% вероятность	10 – отличные возможности КиУ	0,9	1,0	1,0

Значения показателей-концептов ВР, ЗП, ДКУ, в соответствии с введенными в статье [14] квалиметрическими шкалами, могут принимать целочисленные значения от 1 и до 10. Поэтому в результате работы каждого i -ого эксперта, входящего в составы команды из m экспертов, чаще всего получаются целочисленные значения балльных оценок частных показателей-концептов $ЗП_i$, $ВР_i$ и $ДКУ_i$ ($i=1, \dots, m$). Однако нередко наиболее квалифицированные эксперты предоставляют дробные значения балльных оценок частных показателей-концептов.

Следует отметить, что при агрегировании предоставленных экспертами только целочисленных оценок частных показателей-концептов $ЗП_i$, $ВР_i$ и $ДКУ_i$ с применением аддитивной свертки типа (5), в большинстве случаев получаются дробные значения усредненных балльных оценок частных показателей-концептов \overline{BP} , $\overline{ЗП}$, $\overline{ДКУ}$, вычисляемых по формулам:

$$\overline{BP} = \sum_{i=1}^m k_i \times BP_i \quad (6вр)$$

$$\overline{ЗП} = \sum_{i=1}^m k_i \times ЗП_i, \tag{бзп}$$

$$\overline{ДКУ} = \sum_{i=1}^m k_i \times ДКУ_i, \tag{бдку}$$

где $ЗП_i$, $ВР_i$ и $ДКУ_i$ – балльные оценки частных показателей-концептов, полученные в результате работы i -го эксперта ($i = 1, \dots, m$); k_i – коэффициенты весомости предоставляемых i -м экспертом оценок $ЗП_i$, $ВР_i$ и $ДКУ_i$, задаваемые ЛПР или руководителем команды экспертов на основе имеющихся у них опыта работы с экспертами (с учетом образования, квалификации и компетентности каждого эксперта).

В данной работе, с целью повышения достоверности получаемых интегральных оценок индикатора возможности улучшения деятельности в виде приоритетного числа возможности улучшения

$\overline{ПЧВУ}$, вычисляемого по формуле

$$\overline{ПЧВУ} = \overline{ВР} \times \overline{ЗП} \times \overline{ДКУ} \tag{7}$$

каждой усредненной балльной оценке частных показателей-концептов $\overline{ВР}$, $\overline{ЗП}$, $\overline{ДКУ}$ ставятся в соответствие нечеткие числа (НЧ) с функциями принадлежности треугольной формы (см. рис. 1), параметры которых приведены в правом столбце таблицы 1.

На каждом графике (рис. 1 а, б, в, г) под аргументами $x_{вр}$, $x_{зп}$, $x_{дку}$ и $x_{пчву}$ понимаются безразмерные величины

$$x_{вр} = \overline{ВР} / ВР_{\max}, \quad x_{зп} = \overline{ЗП} / ЗП_{\max}, \quad x_{дку} = \overline{ДКУ} / ДКУ_{\max} \quad \text{и} \quad x_{пчву} = \overline{ПЧВУ} / ПЧВУ_{\max},$$

где $ВР_{\max} = ЗП_{\max} = ДКУ_{\max} = 10$, а значение $ПЧВУ_{\max} = 1000$, так как в соответствии с [14] $ПЧВУ_{\max} = ВР_{\max} \times ЗП_{\max} \times ДКУ_{\max}$.

Из рисунка 1а, б, в видно, что максимальное значение каждой функции принадлежности (ФП), соответствующее полученным усредненным балльным оценкам $\overline{ВР}$, $\overline{ЗП}$, $\overline{ДКУ}$ частных показателей-концептов, равно «1», а величина отклонения основания каждой треугольной ФП (от абсциссы максимального значения ФП) численно равна 0,1 единиц аргументов $x_{вр}$, $x_{зп}$, $x_{дку}$ и $x_{пчву}$, что обеспечивает одинаковые по величине перекрытия между графиками всех треугольных ФП.

Функции принадлежности (ФП) треугольных нечетких чисел $\overline{ВР}$, $\overline{ЗП}$, $\overline{ДКУ}$, заданные в данной работе в виде терм-множества (3), после усреднения (свертки по формулам (бвр), (бзп), (бдку), приведенным выше) результатов работы экспертов по оценке значений показателей $ЗП_i$, $ВР_i$ и $ДКУ_i$, были представлены с использованием трех параметров:

$$\mu_{вр}(x, a_{1вр}, a_{2вр}, a_{3вр}), \tag{8вр}$$

$$\mu_{зп}(x, a_{1зп}, a_{2зп}, a_{3зп}) \tag{8зп}$$

$$\mu_{дку}(x, a_{1дку}, a_{2дку}, a_{3дку}), \tag{8дку}$$

где $a_{2вр}$, $a_{2зп}$, $a_{2дку}$ – значения аргументов x нечетких чисел $\overline{ВР}$, $\overline{ЗП}$, $\overline{ДКУ}$, соответствующие абсциссам максимальных значений их ФП треугольной формы; $a_{1вр} = (a_{2вр} - 0, 1)$, $a_{1зп} = (a_{2зп} - 0, 1)$, $a_{1дку} = (a_{2дку} - 0, 1)$ – значения аргументов x нечетких чисел $\overline{ВР}$, $\overline{ЗП}$, $\overline{ДКУ}$, соответствующие минимальным (левым) значениям абсцисс оснований их ФП треугольной формы; $a_{3вр} = (a_{2вр} + 0, 1)$, $a_{3зп} = (a_{2зп} + 0, 1)$, $a_{3дку} = (a_{2дку} + 0, 1)$ – значения аргументов x нечетких чисел $\overline{ВР}$, $\overline{ЗП}$, $\overline{ДКУ}$, соответствующие максимальным (правым) значениям абсцисс оснований их ФП треугольной формы. Отметим, что при $a_{2вр}$, $a_{2зп}$ и $a_{2дку}$ более 0,9, значения правых абсцисс оснований ФП задаются в виде $a_{3вр} = 1, 0$, $a_{3зп} = 1, 0$, $a_{3дку} = 1, 0$.

Функция принадлежности нечеткого числа «Приоритетное число возможности улучшения» $\overline{ПЧВУ}$ также имеет треугольную форму и может быть задана (см. рис. 1г) с использованием трех параметров

$$\mu_{пчву}(x, a_{1пчву}, a_{2пчву}, a_{3пчву}), \tag{8пчву}$$

где $a_{2нчey}$ – значения аргумента x нечеткого числа $\overline{ПЧВУ}$ (вычисляемое по усредненным бальным оценкам $\overline{ВР}, \overline{ЗП}, \overline{ДКУ}$ частных показателей-концептов), соответствующее координате максимального значения его ФП треугольной формы; $a_{1нчey}$ – значение аргумента x нечеткого числа $\overline{ПЧВУ}$, соответствующее минимальному (левому) значению координаты оснований его ФП треугольной формы; $a_{3нчey}$ – значение аргумента нечеткого числа $\overline{ПЧВУ}$, соответствующее максимальному (правому) значению координаты основания его ФП треугольной формы.

При выполнении практических расчетов значения параметров $a_{1нчey}, a_{2нчey}, a_{3нчey}$ функции принадлежности $\mu_{пчву}(x, a_{1нчey}, a_{2нчey}, a_{3нчey})$ треугольного нечеткого числа $\overline{ПЧВУ}$ вычисляются по формулам:

$$a_{1нчey} = a_{1ер} \cdot a_{1зн} \cdot a_{1dky}, \quad (9-1)$$

$$a_{2нчey} = a_{2ер} \cdot a_{2зн} \cdot a_{2dky}, \quad (9-2)$$

$$a_{3нчey} = a_{3ер} \cdot a_{3зн} \cdot a_{3dky}, \quad (9-3)$$

где $a_{2нчey}$ – значение параметра нечеткого числа $\overline{ПЧВУ}$, соответствующее координате максимальных значений его ФП треугольной формы (вычисляемое по формуле (9-2) по усредненным бальным оценкам параметров $a_{2ер}, a_{2зн}, a_{2dky}$ нечетких чисел $\overline{ВР}, \overline{ЗП}, \overline{ДКУ}$, определенным в процессе работы команды экспертов); $a_{1нчey}$ – значения параметра нечеткого числа $\overline{ПЧВУ}$, соответствующее минимальному (левому) значению координаты основания его ФП треугольной формы (вычисляемое по формуле (9-1) по усредненным бальным оценкам параметров $a_{1ер} = (a_{2ер} - 0, 1), a_{1зн} = (a_{2зн} - 0, 1), a_{1dky} = (a_{2dky} - 0, 1)$ нечетких чисел $\overline{ВР}, \overline{ЗП}, \overline{ДКУ}$, определенным в процессе работы команды экспертов); $a_{3нчey}$ – значения параметра нечеткого числа $\overline{ПЧВУ}$, соответствующее максимальному (правому) значению координаты основания его ФП треугольной формы (вычисляемое по формуле (9-3) по усредненным бальным оценкам параметров $a_{3ер} = (a_{2ер} + 1), a_{3зн} = (a_{2зн} + 0, 1), a_{3dky} = (a_{2dky} + 0, 1)$ нечетких чисел $\overline{ВР}, \overline{ЗП}, \overline{ДКУ}$, определенным в процессе работы команды экспертов). Напомним, что в данной работе при $a_{2ер}, a_{2зн}$ и a_{2dky} более $0,9$, значения правых абсцисс оснований ФП задаются в виде $a_{3ер} = 1, 0, a_{3зн} = 1, 0, a_{3dky} = 1, 0$.

Практическое использование предложенных методов. Изложенные выше подходы и методы вычисления параметров функций принадлежности треугольных нечетких чисел были использованы при практическом применении системы подготовки и принятия решений в системе управления испытательной лабораторией предприятия, производящего промышленную продукцию. Значения использованных в данной работе параметров a_{1z}, a_{2z}, a_{3z} функций принадлежности $\mu_z(x, a_{1z}, a_{2z}, a_{3z})$ для нечетких чисел $\overline{ВР}, \overline{ЗП}, \overline{ДКУ}$ приведены в правом столбце таблицы 1. При этом нижний индекс z в обозначениях a_{1z}, a_{2z}, a_{3z} в правом столбце таблицы 1 может принимать значения $ер, зн$ или dky для соответствующих нечетких чисел $\overline{ВР}, \overline{ЗП}, \overline{ДКУ}$.

При обработке результатов ранее выполненной работы, рассмотренной в статье [5], с применением изложенных выше подходов и методов, были определены параметры функций принадлежности

$$\mu_{вр}(x, a_{1ер}, a_{2ер}, a_{3ер}),$$

$$\mu_{зн}(x, a_{1зн}, a_{2зн}, a_{3зн}),$$

$$\mu_{dky}(x, a_{1dky}, a_{2dky}, a_{3dky}),$$

$$\mu_{пчву}(x, a_{1нчey}, a_{2нчey}, a_{3нчey}),$$

приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры функций принадлежности нечетких чисел \overline{BP} , $\overline{ЗП}$, $\overline{ДКУ}$ и $\overline{ПЧВУ}$, рассчитанные по данным статьи [5]

\overline{BP}	$a_{2ep} = 0,9$	$a_{1ep} = 0,8$	$a_{3ep} = 1,0$
$\overline{ЗП}$	$a_{2zn} = 1,0$	$a_{1zn} = 0,9$	$a_{3zn} = 1,0$
$\overline{ДКУ}$	$a_{2dky} = 0,9$	$a_{1dky} = 0,8$	$a_{3dky} = 1,0$
$\overline{ПЧВУ}$	$a_{2pchyu} = 0,81$	$a_{1pchyu} = 0,576$	$a_{3pchyu} = 1,0$

Приведенные в таблице 2 результаты вычислений проиллюстрированы на рисунке.

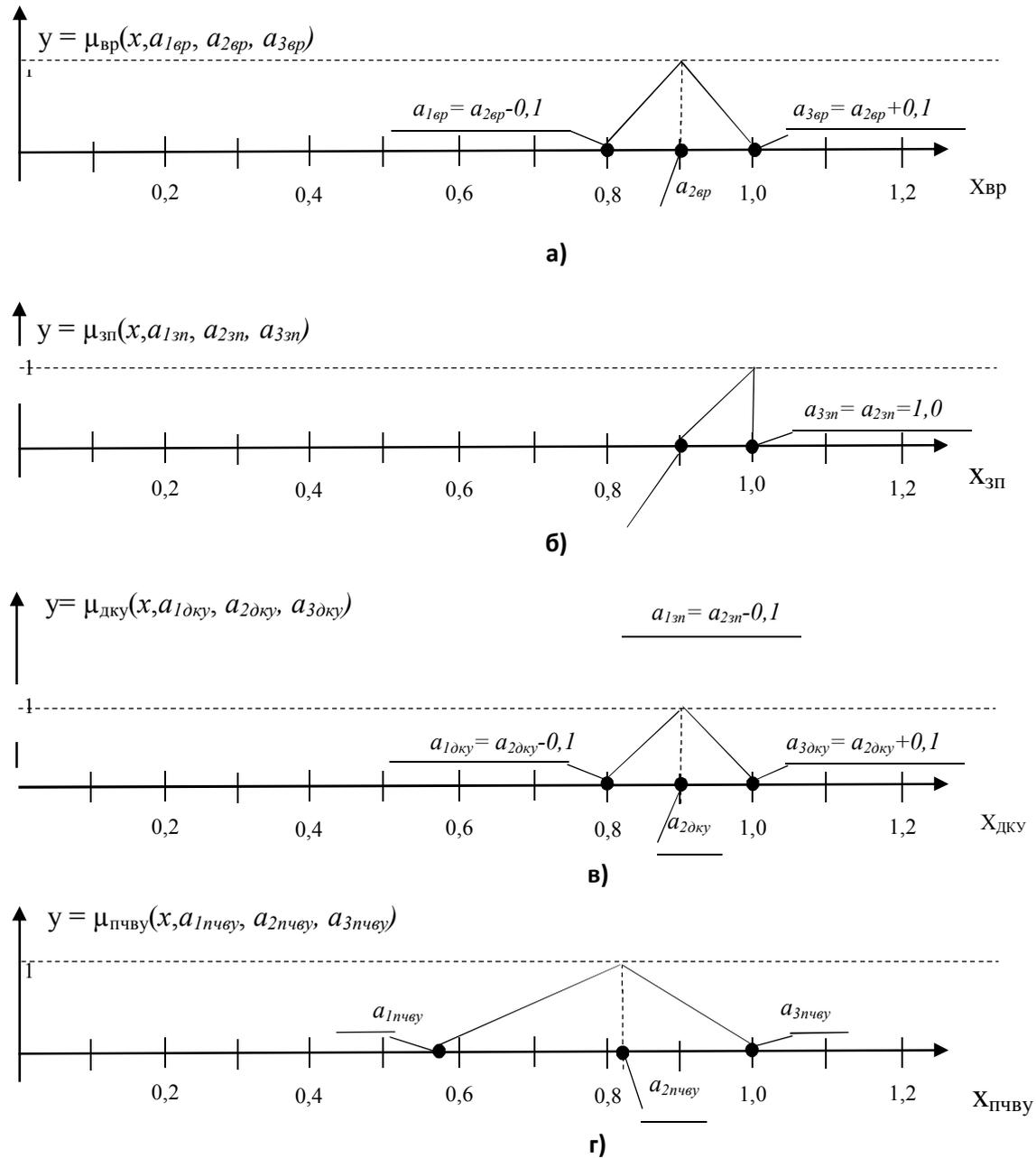


Рисунок – Параметры функций принадлежности треугольных нечетких чисел, используемых для представления результатов формализации вербальных оценок экспертов в виде усредненных балльных оценок частных показателей-концептов: а – для \overline{BP} , б – для $\overline{ЗП}$, в – для $\overline{ДКУ}$, г – для $\overline{ПЧВУ}$

Заключение. Графическое представление (см. рис. г) функции принадлежности $\mu_{ПЧВУ}(x, a_{1ПЧВУ}, a_{2ПЧВУ}, a_{3ПЧВУ})$ для нечеткого числа «Приоритетное число возможности улучшения» $\overline{ПЧВУ}$ позволило ЛПР, утвердить предложенный командой экспертов план внедрения улучшения деятельности по проведению испытаний закупаемого сырья «Уайт-спирит» на содержание серы. Проведенные работы подтвердили правильность принятого решения (оценки результативности и эффективности этого решения приведены в статье [5]) об улучшении процесса входного контроля закупаемого сырья. В частности, после внедрения проекта улучшения затраты на проведение бизнес-процесса входных испытаний сырья «Уайт-спирит» снизились примерно на 5 % при одновременном увеличении объема выполненной работы на 1 %.

Библиографический список

1. Авдеева З. К. Интегрированная система «КУРС» для когнитивного управления развитием ситуаций / З. К. Авдеева, В. И. Максимов, В. М. Рабинович // Тр. ИПУ РАН. – М. : ИПУ РАН, 2001. – Т. XIV. – С. 89–114.
2. Ажмухамедов А. И. Модели и методы информационной поддержки управления социальной подсистемой организации на основе нечеткого когнитивного подхода : дис. ... канд. техн. наук Специальности 05.13.01, 05.13.10 / И. М. Ажмухамедов. – Тамбов, 2017. – 159 с.
3. Ажмухамедов И. М. Математическая модель комплексной безопасности компьютерных систем и сетей на основе экспертных суждений / И. М. Ажмухамедов // Инфокоммуникационные технологии. – 2009. – № 4. – С. 103–107.
4. Алексеев В. В. Моделирование информационного воздействия на эргатический элемент в эрготехнических системах / В. В. Алексеев, С. И. Корыстин, В. А. Малышев, В. В. Сысоев. – М. : Стенвилд, 2003. – 200 с.
5. Аль-Бусаиди С. С. С. Применение показателей исполнения деятельности при планировании и принятии управленческого решения об улучшении входного контроля сырья / С. С. С. Аль-Бусаиди, Т. И. Шакирова, С. В. Пономарев // Вестник ТГТУ. – 2018. – № 2. – С. 258–270.
6. Асанов А. А. Влияние надежности человеческой информации на результаты применения методов принятия решений / А. А. Асанов, О. И. Ларичев // Автоматика и телемеханика. – 1999. – № 5. – С. 20–31.
7. Коростелев Д. А. Система поддержки принятия решений на основе нечетких когнитивных моделей «ИГЛА» / Д. А. Коростелев, Д. Г. Лагерев, А. Г. Подвесовский // Труды 11-й нац. конф. по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2008. – М. : Изд-во URSS, 2008. – Т. 3. – С. 327–329.
8. Корченко А. Г. Построение систем защиты информации на нечетких множествах. Теория и практические решения / А. Г. Корченко. – Киев: МК-Пресс, 2006. – 320 с.
9. Корченко А. Г. Исследование статистических методов формирования функций принадлежности. / А. Г. Корченко, В. А. Рындюк // Защита информации : сб. науч. тр. – Киев : НАУ, 2002. – Вып. 2 (9). – С. 54–60.
10. Кулинич А. А. Система концептуального моделирования социально-политических ситуаций «Компас» / А. А. Кулинич, В. И. Максимов // Современные технологии управления : сб. докл. науч.-практ. семинара «Современные технологии управления для администрации городов и регионов». – М., 1998. – С. 115–123.
11. Ларичев О. И. Качественные методы принятия решений / О. И. Ларичев, Е. М. Мошкович. – М. : Наука, 2006. – 208 с.
12. Максимов В. И., Программный комплекс «Ситуация» для моделирования и решения слабоформализованных проблем / В. И. Максимов, А. К. Григорян, Е. К. Корноушенко // Междунар. конф. по проблемам управления. – М. : Изд-во ИПУ РАН, 1999. – Т. 2. – С. 58–65.
13. Пономарев С. В. Практические подходы к оценке рисков в СМК / С. В. Пономарев // Методы менеджмента качества. – 2016. – № 7. – С. 30–35.
14. Пономарев С. В. Применение балльных квалиметрических шкал для оценки индикатора возможности улучшения в СМК / С. В. Пономарев, С. С. С. Аль-Бусаиди // Методы менеджмента качества. – 2016. – № 11. – С. 14–18.
15. Поспелов Д. С. «Серые» и/или «черно-белые» [шкалы] / Д. С. Поспелов // Прикладная эргономика. Специальный выпуск «Рефлексивные процессы». – 1994. – № 1. – С. 26–39.
16. Проталинский О. М. Применение методов искусственного интеллекта при автоматизации технологических процессов / О. М. Проталинский. – Астрахань : Изд-во АГТУ, 2004. – 184 с.
17. Ротштейн А. П. Нечеткая надежность алгоритмических процессов / А. П. Ротштейн, С. Д. Штовба. – Винница : Континент – ПРИМ, 1997. – 142 с.
18. Ярушкина, Н.Г. Нечеткие гибридные системы. Теория и практика / Н.Г. Ярушкина. – М.: Физматлит, 2007. – 208с.
19. ISO/IEC 17025:2005 "General requirements for the competence of testing and calibration laboratories".
20. Zadeh Lotfi. From computing with numbers to computing with words – from manipulation of measurements to manipulation of perceptions // International Journal of Applied Math and Computer Science. – 2002. – Vol. 12, № 3. – P. 307–324.

References

1. Avdeeva Z. K., Maksimov V. I., Rabinovich V. M. Integrirovannaya Sistema "KURS" dlya kognitivnogo upravleniya razvitiem situaciy [Integrated system "COURSE" for cognitive management of situations]. Tr. IPU RAN [Proceedings of the IPU RAS]. Moscow, IPU Russian Academy of Sciences Publ., 2001, Vol. XIV, pp. 89–114.
2. Azhmukhamedov A. I. *Modeli i metodi informacionnoy podderzhki upravleniya socialnoy podsystemoy organizacii na osnove nechetkogo kognitivnogo podkhoda* : diss. ... kand. tekhn. Nauk. Specialnosti 05.13.01, 05.13.10 [Models and methods of information support of management of social subsystem of the organization on the basis of fuzzy cognitive approach : diss. ... candidate tehn. science. Specialities 05.13.01, 05.13.10]. Tambov, 2017. 159 p.

3. Azhmukhamedov I. M. Matematicheskaya model kompleksnoy bezopasnosti komp'uternikh system i setey na osnove ekspertnykh suzheniy [Mathematical model of complex security of computer systems and networks on the basis of expert judgments]. *Infokommunikacionnie tekhnologii* [The information and communication technologies], 2009, no. 4.
4. Alekseev V. V., Koristin S. I., Malishev V. A., Sisoev V. V. *Modelirovanie informacionnogo vozdeistviya na ergaticheskii obekt v ergotekhnicheskikh sistemakh* [Modelling of information impact on ergatic element in ergotechnical systems]. Moscow, Stensvil Publ., 2003, 200 p.
5. Al-Busaidi S. S. S., Shakirova T. I., Ponomarev S. V. Primenenie pokazateley ispolneniya deyatelnosti pri planirovani i prinyatii upravlencheskogo resheniya ob uluchshenii vkhodnogo kontrolya sirya [Application of performance indicators in the planning and management decision-making on improving the input control of raw materials]. *Vestnik Tamb. gos. tekhn. un-ta* [Transactions of Tambov State Technical University], 2018, no. 2, pp. 258–270. DOI: 10.17277/ vestnik.2018.02.pp.258-270.
6. Asanov A. A., Larichev O. I. Vliyanie nadezhnosti chelovecheskoy informacii na rezultati primeneniya metodov prinyatiy aresheniy [The influence of reliability of human information on the results of decision-making methods]. *Avtomatika i telemekhanika* [Automation and Telemechanics], 1999, no. 5, pp. 20–31.
7. Korostelev D. A., Lagerev D. G., Podvesovskiy A. G. Sistema podderzhki prinyatiy aresheniy na osnove nechetkikh kognitivnykh modeley "IGLA" [Decision support system based on fuzzy cognitive models "NEEDLE"]. *Trudy 11 nac. konf. po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnim uchastiem KII-2008* [Proceedings of the 11th National. Conf. on artificial intelligence with international participation KII-2008]. Moscow, URSS Publ., 2008, vol. 3, pp. 327–329.
8. Korchenko A. G. *Postroenie sistemi zashchiti informacii na nechetkikh mnozhestvakh. Teoriya i prakticheskie recheniya* [Construction of information security systems on fuzzy sets. Theory and practical solutions]. Kiev, MR-Press Publ., 2006, 320 p.
9. Korchenko A. G., Rindyuck V. F. Issledovanie statisticheskikh menodov formirovaniya funkciy prinadlezhnosti [Research of statistical methods of formation of membership functions]. *Zashchita informacii: sb. nauch. tr.* [Information protection: Collection of scientific works]. Kiev, NAU Publ., 2002, iss. 2 (9), pp. 54–60.
10. Kulinich A. A., Maksimov V. I. Sistema konceptualnogo modelirovaniya socialno-politicheskikh situaciy "Compass" [The system of conceptual modeling of socio-political situations "Compass"]. *Sovremnietekhnologiiupravleniya : sb. dokl. nauch.-prakt. seminar "Sovremnietekhnologii upravleniya dlya administracii gorodov i regionov"* [Sat. Doc. "Modern management technologies". Scientific-prakt. seminar "Modern management technologies for the administration of cities and regions"]. Moscow, 1998, pp. 115–123.
11. Larichev O. I., Moshkovich E. M. *Kachestvennye metodi prinyatiya resheniy* [Qualitative methods of decision-making]. Moscow, Nauka Publ., 2006, 208 p.
12. Maksimov V. I., Grigoryan A. K., Kornoushenko E. K. Programmnyi kompleks "Situaciya" dlya modelirovaniya i resheniya slaboformalizovannykh problem ["Situation" software package for modeling and solving weakly formalized problems]. *Mezhdunar. konf. po problemam upravleniya* [Int. Conf. on management problems]. Moscow, Publishing House of IPU RAS, 1999, vol. 2, pp. 58–65.
13. Ponomarev S. V. Prakticheskie podkhodi k ocnke riskov v SMK [Practical approaches to risk assessment in the QMS]. *Metodi menedzhmenta kachestva* [Quality management methods], 2016, no. 7, pp. 30–35.
14. Ponomarev S. V., Al-Busaidi S. S. S. Primenenie ballnykh kvalimetriceskikh shkal dlya ocenki indiratora vozmozhnosti uluchsheniya v SMK [The use of score qualimetric scales to assess the indicator of the possibility of improvement in the QMS]. *Metodi menedzhmenta kachestva* [Quality management methods], 2016, no. 11, pp. 14–18.
15. Pospelov D. S. "Serie" i/ili "cherno-belie" [shkali] [Grey and / or black and white [scales]]. *Prikladnaya ergonomika. Special'nyy vipusk "Refleksivni eprocessi"* [Applied ergonomics. Special issue "Reflexive processes"], 1994, no. 1, pp. 26–39.
16. Protalinskiy O. M. *Primenenie metodov iskusstvennogo intellekta pri avtomatizacii tekhnologicheskikh processov* [Application of artificial intelligence methods for technological processes automation]. Astrakhan, AGTU Publ., 2004, 184 p.
17. Rotshteyn A. P., Shtovba S. D. *Nechetskaya nadezhnost algoritmicheskikh processov* [Fuzzy reliability of algorithmic processes]. Vinnica, Kontinent – PRIMPubl., 1997, 142 p.
18. Yarushkina N. G. *Nechenki egibridnie sistemi. Teoriya i prartika* [Fuzzy hybrid systems. Theoryandpractice]. Moscow, Fizmatlit, 2007, 208 p.
19. *ISO/IEC 17025:2005 "General requirements for the competence of testing and calibration laboratories"*.
20. Zadeh Lotfi. From computing with numbers to computing with words – from manipulation of measurements to manipulation of perceptions. *International Journal of Applied Math and Computer Science*, 2002, vol. 12, no. 3, pp. 307–324.