

DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-76-86

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К ОБУЧЕНИЮ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

С. О. Крамаров<sup>1,2</sup> ✉, М. И. Кадомцев<sup>3</sup>, Л. В. Сахарова<sup>3</sup>, А. А. Бочаров<sup>4</sup><sup>1</sup> МИРЭА — Российский технологический университет, г. Москва, Россия<sup>2</sup> Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия<sup>3</sup> Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия<sup>4</sup> Южный университет (ИУБиП), г. Ростов-на-Дону, Россия

✉ maoovo@yandex.ru

## Аннотация

В статье рассмотрен нечетко-множественный подход к моделированию компетентностно-ориентированного подхода к обучению в техническом вузе. Разработана новая методика оценки уровня сформированности компетенций у студентов на основе результатов аттестации стандартными средствами. Предложенная методика основана на нечетко-множественном агрегировании результатов, полученных при решении студентами различных оценочных заданий.

Оценочные задания выбирались из соответствующих наборов, рекомендованных экспертами для проверки уровня сформированности компетенций, а также отобранных конкретным преподавателем на основе предложенных рекомендаций. В исследовании применен аппарат матричного агрегирования данных на основе системы нечетко-логических выводов — стандартных нечетких многоуровневых  $[0, 1]$ -классификаторов, позволяющих учитывать значимость (весомость) различных типов оценочных средств и конкретных заданий.

Разработанный алгоритм позволяет вычислить долю студентов, обладающих соответствующим уровнем освоения компетенций, на каждом из направлений обучения в целом, а также на конкретных специальностях по отдельности. Последующая фазификация задачи позволяет получить оценки набора, соответствующие пессимистическому, среднеожидаемому и оптимистическому прогнозам, и тем самым решить задачу оптимизации набора в вузы с учетом реальных потребностей кадрового рынка для конкретного региона.

**Ключевые слова:** компетенции, методика оценки, система нечетко-логических выводов, оценочные средства.

## Для цитирования:

Крамаров С. О., Кадомцев М. И., Сахарова Л. В., Бочаров А. А. Математическое моделирование компетентностно-ориентированного подхода к обучению на основе теории нечетких множеств. *Информатика и образование*. 2022;37(5):76–86. DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-76-86

# MATHEMATICAL MODELING OF THE COMPETENCY-BASED APPROACH IN EDUCATION BASED ON THE THEORY OF FUZZY SETS

S. O. Kramarov<sup>1,2</sup> ✉, M. I. Kadomtsev<sup>3</sup>, L. V. Sakharova<sup>3</sup>, A. A. Bocharov<sup>4</sup><sup>1</sup> MIREA — Russian Technological University, Moscow, Russia<sup>2</sup> Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia<sup>3</sup> Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia<sup>4</sup> Southern University (IMBL), Rostov-on-Don, Russia

✉ maoovo@yandex.ru

## Abstract

The article considers a fuzzy-set approach to modeling a competency based approach in education at a technical university. A new methodology for assessing the level of formation of students' competencies based on the results of certification by standard means has been developed. The proposed methodology is based on fuzzy-set aggregation of the results obtained when students solve various assessment tasks.

© Крамаров С. О., Кадомцев М. И., Сахарова Л. В., Бочаров А. А., 2022

Assessment tasks were selected from the appropriate sets recommended by experts to check the level of competency development, as well as selected by a particular teacher based on the proposed recommendations. The study used the apparatus of matrix data aggregation based on a system of fuzzy-logical inferences — standard fuzzy multilevel [0, 1]-classifiers that allow taking into account the significance (weight) of various types of assessment means and specific tasks.

The developed algorithm makes it possible to calculate the proportion of students with the appropriate level of mastery of competencies in each of the areas of study in general, as well as in specific specialties separately. The subsequent fuzzification of the problem makes it possible to obtain recruitment estimates corresponding to the pessimistic, average expected, and optimistic forecasts, and thereby solve the problem of optimizing university recruitment, taking into account the real needs of the personnel market for a particular region.

**Keywords:** competencies, assessment methodology, system of fuzzy-logical conclusions, assessment tools.

**For citation:**

Kramarov S. O., Kadomtsev M. I., Sakharova L. V., Bocharov A. A. Mathematical modeling of the competency-based approach in education based on the theory of fuzzy sets. *Informatics and Education*. 2022;37(5):76–86. (In Russian.) DOI: 10.32517/0234-0453-2022-37-5-76-86

## 1. Введение

Компетенции — это характеристики, используемые для дифференциации уровней обучения и производительности людей в конкретной задаче. Компетенции являются базовыми качествами индивида, имеющими причинные связи с эффективной деятельностью после обучения [1].

В настоящее время существуют два основных подхода к обучению с точки зрения его конечных результатов: *традиционный*, ориентированный на знания, умения, навыки, и *компетентностный*, направленный на создание методологического аппарата учебной деятельности и на формирование у обучающихся способности решать проблемы различной сложности на основе имеющейся информации.

В традиционном подходе уровень образованности пропорционален объему знаний, что облегчает задачу оценки достигнутых студентами результатов обучения. Что же касается компетенций, то они не сводятся к применению совокупности предметных умений; они полидисциплинальны, причем уровень полидисциплинарности нарастает по мере продвижения к выпускающим кафедрам. Вследствие этого при оценке компетенций невозможно использовать традиционные оценочные методы и средства и методологический аппарат оценки результатов обучения является предметом исследований и дискуссий.

Понятия «компетенция» и «компетентность» получили достаточно широкое распространение с середины 60-х годов прошлого века, явившись основой становления компетентностного подхода в образовании (Дж. Б. Уотсон, Э. Л. Торндайк, Б. Ф. Скиннер, Ф. Тейлор, Б. С. Блум, Н. Хомский, Р. Уайт, Дж. К. Равен, Ж. Делор, В. Хутмахер, Т. Хоффман). В России начало исследований по проблематике компетентностного подхода по отношению к различным видам деятельности связано с работами В. И. Байденко [2], И. А. Зимней [3], А. Г. Каспржака [4], В. Ландшера [5], А. К. Марковой [6], Н. С. Сахаровой [7], Ю. Г. Татура [8], А. В. Хуторского [9] и др.

В статье А. М. Morcke, Т. Dornan, В. Eika [10] утверждается, что «образование, основанное на результатах, и образование, основанное на компетенциях, в основном сосредоточены на продукте, а не на процессе, любые различия между ними незначительны». В докладе Е. А. Jones, R. Voorhees [11] компетенция определяется как «результат комплексного

обучения, в котором навыки, способности и знания взаимодействуют, образуя наборы» и имеют ценность по отношению к задаче, для которой они собраны.

Компетентностный подход к образованию соответствует принципам проекта Tuning Educational Structures in Europe («Настройка образовательных структур в Европе»), который был инициирован в 2000 году [12]. Особое внимание уделено компетентностному подходу в книге «Теории и модели учебного дизайна: личностно-ориентированная парадигма образования» [13]. Универсальные принципы обучения, основанного на компетенциях (Competency-Based Education — CBE), представлены в статье В. К. Benson [14].

Технология обучения в CBE как модель обучения, оценки и управления учебной программой в настоящее время внедряется в некоторых программах послесреднего и высшего образования. Существуют различные методологии, которые преподаватели и педагоги-дизайнеры могут использовать для обучения на основе компетенций.

Так, преподаватели (учителя, тьюторы, инструкторы) посредством онлайн-сервисов предоставляют обучающимся учебные материалы для изучения и выполнения заданий в своем собственном темпе. Доступ к онлайн-инструментам обучения, таким как электронные книги и учебные материалы, созданные преподавателями, обучающиеся могут получить через системы управления обучением (Learning Management Systems — LMS) или через веб-порталы курсов. Для автоматического оценивания можно использовать бесплатные обучающие веб-платформы, такие как Google Classroom и Fresh Grade, которые дают немедленную обратную связь обучающимся, преподавателям и администраторам.

Студенты Университета Пердью (США) разработали в Open Passport специальные цифровые значки, которые играют роль сертификатов о владении той или иной компетенцией: студент получает значок, когда осваивает определенную компетенцию. «Компетенции и соответствующие им значки — это не простые конструкции, а сложные наборы навыков и способностей, которые необходимо определить и отработать, прежде чем будет достигнуто мастерство» [15].

Другими технологиями обучения, которые используют многие разработчики институциональных и учебных программ, преподаватели, являются Show Evidence, Mastery Connect, Path Brite и др.

На основе международного проекта Tuning Educational Structures in Europe [12] был разработан проект «Настройка образовательных программ в российских вузах» (Tuning Education Programmes in Russian HEIs) [16], однако на пути его реализации возникло немало проблем, связанных с особенностями существовавшей ранее системы отечественного образования и российской/советской педагогической школы.

Для отечественного образования рассматриваемый подход не является чем-то новым. Ориентация на усвоение умений, способов деятельности и, более того, обобщенных способов действия была ведущей в работах многих отечественных педагогов и психологов еще до внедрения в образование компетентностного подхода (В. В. Давыдов, В. В. Краевский, Н. В. Кузьмина, И. Я. Лернер, М. Н. Скаткин, Г. П. Щедровицкий и др.). Однако формализация данного подхода требует дополнительных исследований. В первую очередь необходима разработка методики оценивания степени сформированности компетенций у студента, которая учитывала бы особенности и традиции отечественного образования. В настоящее время в указанном направлении ведется активная работа такими исследователями, как В. И. Блинов [17], М. В. Гуськова [18], О. А. Донских [19], Е. М. Дорожкин, Е. Ю. Щербина [20] и др.

При этом компетенция трактуется современными отечественными исследователями как «комплекс взаимообусловленных аспектов деятельности, связанных с:

- аккумуляцией знаний, определяющих профессиональное ядро специалиста;
- аккумуляцией знаний, определяющих дополнительную альтернативную область;
- ориентацией на витальные и социальные ценности;
- развитием коммуникативно-прагматических качеств личности;
- совершенствованием селективности мотивационного срока при выборе вида деятельности» [7].

Разработанный на данный момент подход к оцениванию уровня сформированности компетенций состоит в многоступенчатых критериально-ориентированных измерениях, позволяющих получить обоснованные оценки на основе пошагового алгоритма [21, 22].

Таким образом, *отечественный компетентностно-ориентированный подход представляет собой современное переосмысление существовавшего подхода к подготовке специалистов и основан на четко сформулированных и обоснованных требованиях, структурирован, имеет разработанную нормативно-правовую базу. Особое внимание в нем уделяется разработке и научному обоснованию оценки результатов обучения, которая согласуется с системой СВЕ, однако демонстрирует и отличия, касающиеся, в первую очередь, детальной проработки моделей измерителей.*

Для оценки компетенций разработан **целый ряд оценочных средств:**

- деловая и/или ролевая игра;
- кейс-задача;
- коллоквиум;
- контрольная работа;
- круглый стол, дискуссия, полемика, диспут, дебаты;
- портфолио;
- проект;
- рабочая тетрадь;
- разноуровневые задачи и задания;
- расчетно-графическая работа;
- реферат;
- доклад, сообщение;
- собеседование;
- творческое задание;
- тест;
- тренажер;
- эссе и т. д.

Для каждого вида оценочного средства имеются характеристики, нормативы представления в фонде оценочных средств, а также система градаций для выставления оценки. Устанавливаются соответствия между видами оценочных средств и уровнями оценки овладения компетенцией (см. рис.).

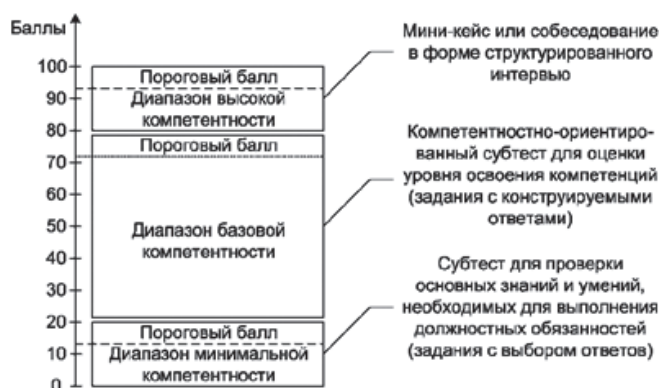


Рис. Трёхступенчатая модель оценивания уровней сформированности профессиональных компетенций

Fig. Three-stage model for assessing the levels of formation of professional competencies

Следует отметить, что большинство предлагаемых методов оценки компетенций довольно сложны, требуют значительных временных затрат при их применении на практике и порождают следующие **проблемы.**

*Во-первых*, для оценки каждой из компетенций (либо их кластера) требуется составлять свой набор заданий и, соответственно, кардинально пересматривать уже существующие средства оценки. Между тем в настоящее время на большинстве профилирующих кафедр существует детально разработанная методическая база (банки тестов, вопросы для собеседования, коллоквиума, зачета, экзамена, индивидуальные и типовые задания и т. п.), в целом пригодная для оценки профессиональных компетенций.

*Во-вторых*, процесс оценки каждого кластера компетенций должен осуществляться отдельно, причем в несколько этапов.

*В-третьих*, при таком подходе требуется разрабатывать сложную систему начисления баллов за каждое задание, продумывать распределение баллов между оценочными средствами. При этом малейшее изменение структуры заданий, добавление либо исключение одиночного средства оценки приводят к необходимости заново пересчитывать всю систему оценки.

*В-четвертых*, балльная система оценки компетенций приводит к ситуации, когда, недобрав один-два балла, студент получает неоправданно низкую аттестационную оценку.

Все это указывает на *необходимость совершенствования существующих подходов в сторону их упрощения, адаптации под уже существующие фонды оценочных средств и предложенные ранее методы проверки знаний*.

Мы предлагаем **модифицированный подход к оценке уровня сформированности компетенций**, основанный на теории нечетких множеств [23–25], универсальном математическом аппарате, позволяющем учесть неопределенность экспертных оценок. Кроме того, нами предложен алгоритм, позволяющий рассчитать объем набора студентов на различные программы по заданному направлению в соответствии с компетентностно-ориентированным подходом на основе потребностей регионального кадрового рынка.

## 2. Методы

В целях повышения универсальности методики, а также ее вариативности **нами предложен вариант нечетко-множественной модификации, основанный на стандартных нечетких четырехуровневых [0,1]-классификаторах**, которые представляют собой системы нечетко-логических выводов, успешно применяемых для комплексной оценки сложных социально-экономических систем на основе ранжированных совокупностей показателей, имеющих числовое выражение [26, 27].

Суть метода заключается в том, что и факторам, на основе которых оценивается система, и итоговой оценке ставятся в соответствие лингвистические переменные с терм-множеством из  $N$  термов (здесь мы будем рассматривать  $N = 4$ ) и носителем в виде единичного отрезка.

Для применения системы необходимо построить матрицу, в которой каждому из занумерованных факторов будет соответствовать строка, а столбцу — терм терм-множества лингвистической переменной. На пересечении строк и столбцов будут указываться значения функции принадлежности числового значения фактора соответствующему терму. Кроме того, необходимо будет также указать вектор-столбец весовых коэффициентов факторов, величина которых определяется на основе экспертного ранжирования. На основе построенной матрицы по заданному алгоритму будет осуществляться агрегирование исход-

ных данных в итоговое числовое значение оценки с последующим лингвистическим распознаванием. Именно поэтому такую схему агрегирования данных на основе стандартных нечетких многоуровневых [0,1]-классификаторов часто называют матричной.

В настоящем исследовании **матричная схема** предлагается для агрегирования произвольного количества балльных оценок, полученных студентом при текущей аттестации, в итоговую стандартную оценку по стандартной балльной шкале: «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Оценка характеризует уровень овладения студентом рассматриваемой компетенцией:

$M: \{\text{поле балльных оценок}\} \rightarrow \{\text{поле итоговых оценок по 4-балльной шкале}\}$ .

**Мы предлагаем рассматривать следующие пять этапов.**

**Этап 1.** Выделение списка исследуемых компетенций. Кластеризация списка исследуемых компетенций. Описание компетенций или их кластеров в форме наблюдаемых признаков проявления.

**Этап 2.** Формирование банка оценочных средств, включающего стандартные оценочные средства с учетом специальности, профиля, преподаваемых предметов, традиционных методов оценки знаний студентов, а также предлагаемых модификаций.

**Этап 3.** Для каждого кластера компетенций (или отдельно взятой компетенции) необходимо выполнить следующие действия:

- Определить весовые коэффициенты видов оценочных средств с точки зрения их значимости для оценки исследуемого кластера компетенций (определяются группой экспертов).
- Определить весовые коэффициенты конкретных оценочных средств внутри вида с точки зрения их значимости для оценки исследуемого кластера компетенций (определяются преподавателем, осуществляющим контроль).
- Рассчитать весовые коэффициенты для каждого конкретного оценочного средства: весовой коэффициент подгруппы — весовой коэффициент внутри группы.

**Этап 4.** Формирование лингвистической переменной для оценки уровня сформированности компетенции проводить в следующем порядке:

- Введение лингвистической переменной  $G = \text{«уровень сформированности компетенции»}$ . Универсальным множеством для переменной  $G$  является отрезок  $[0, 1]$ , а множеством значений переменной — терм-множество  $G = \{G_1, G_2, G_3, G_4\}$ , где функции принадлежности термов соответствуют стандартным трапециевидным функциям следующих нечетких четырехуровневых классификаторов [27, 28]:
  - $G_1 = \text{«низкий уровень сформированности компетенции / неудовлетворительно»}$ ;
  - $G_2 = \text{«уровень сформированности компетенции ниже среднего / удовлетворительно»}$ ;
  - $G_3 = \text{«уровень сформированности компетенции выше среднего / хорошо»}$ ;



- $G_4$  = «высокий уровень сформированности компетенции / отлично».
- Формирование лингвистической переменной для оценки выполнения вида оценочного средства, когда водится лингвистическая переменная  $C_i$  = «оценка выполнения оценочного средства  $i$ -го вида». Универсальным множеством для переменной  $C_i$  является отрезок  $[0, 1]$ , а множеством значений переменной — термножество  $C = \{C_1, C_2, C_3, C_4\}$ , где:
  - $C_{i1}$  = «низкий результат выполнения / не удовлетворительно»;
  - $C_{i2}$  = «результат выполнения ниже среднего / удовлетворительно»;
  - $C_{i3}$  = «результат выполнения выше среднего / хорошо»;
  - $C_{i4}$  = «высокий результат выполнения / отлично».

Каждый терм из множеств  $C$  также является частью нечеткого подмножества, представляющего собой нечеткое трапециевидное число. Существенно, что изначально для оценки выполнения студентом оценочного средства задается любое удобное количество баллов (20, 40, 100 и т. д. в зависимости от существующих подходов к оценке и необходимости детализации результатов). Затем экспертным методом определяются «области уверенности в оценке» (например, «однозначно высокий результат, “отлично”, начиная с 95 баллов» и «однозначно результат выше среднего, “хорошо”, от 75 до 85 баллов»). Между значениями 85 и 95 лежит область неуверенности эксперта, колебаний относительно того, как стоит оценить работу — на «хорошо» или на «отлично». На основании этого необходимо построить функции принадлежности результата конкретным термам: «хорошо» и «отлично». При этом функции принадлежности в областях уверенности будут равны 1, а в областях неуверенности — заданы линейными функциями. При формировании функций принадлежности подмножеств  $C_{i1}, C_{i2}, C_{i3}, C_{i4}$  можно применять как равномерную сетку, так и неравномерную, используя оценки экспертов.

**Этап 5.** Формирование оценки уровня сформированности компетенции.

Для формирования правила перехода от нормированных оценок, полученных на основе каждого средства оценки, будем использовать алгоритм матричного агрегирования данных, основанный на стандартных нечетких четырехуровневых  $[0, 1]$ -классификаторах [27, 28].

Для этого:

- Проводится формирование таблицы, состоящей из  $N$  строк (по количеству оценочных средств) и десяти столбцов:
  - 1) номер оценочного средства;
  - 2) наименование оценочного средства;
  - 3) баллы / максимум;
  - 4) набранные баллы;
  - 5) нормированное значение: набранные баллы / максимум;

6) вес оценочного средства  $k_j, j = 1, 2, \dots, N$ ;  
 7–10) значения функций принадлежности термам  $\mu_{ij}, i = 1, 2, \dots, 5; j = 1, 2, \dots, N$ .

- Осуществляется вычисление весов термов согласно алгоритму стандартных нечетких четырехуровневых  $[0, 1]$ -классификаторов.
- Проводится вычисление числового значения итоговой переменной «уровень сформированности компетенции», когда получаем значения самой переменной  $g$  «уровень сформированности компетенции» по формуле:

$$g = \sum_{j=1}^4 p_j \cdot \bar{g}_j,$$

где  $\bar{g}_j$  — середина промежутка, который является носителем термина  $G_j$ .

- Осуществляется лингвистическое распознавание переменной «уровень сформированности компетенции», где значение функции принадлежности будем рассматривать как меру истинности термина  $G_i$ .

Будем предполагать, что для заданного направления обучения в регионе выделено определенное количество учебных мест  $S$ . Для распределения их по специальностям будем использовать компетентностно-ориентированный подход, а также модель Марковица (известную в финансовом анализе как модель оптимизации портфеля ценных бумаг) [28].

Пусть внутри отрасли имеются  $N$  специальностей. Через  $x_i$  будем обозначать долю специалистов от общего количества для каждой из специальностей. Тогда очевидно, что:

$$x_i = \frac{S_{i0}}{S}, \quad x_i \geq 0, \quad \sum_{i=1}^N x_i = 1, \quad i = 1, \dots, N. \quad (1)$$

Для каждой из специальностей можно получить следующие характеристики:

- 1) средний уровень освоения кластера компетенций  $r_i$ , полученный на основе статистики по различным группам студентов каждой из специальностей;
- 2) среднеквадратическое отклонение от уровня освоения кластера компетенций каждой из специальностей  $\sigma_i$ ;
- 3) корреляционную матрицу  $\{\rho_{ij}\}$ , коэффициенты которой характеризуют корреляцию между уровнем освоения кластера компетенций  $i$ -й и  $j$ -й специальностью.

Ожидаемый средний уровень освоения кластера компетенций по заданным направлениям в регионе может быть задан формулой:

$$r = \sum_{i=1}^N x_i \cdot r_i, \quad (2)$$

где  $r$  — среднее ожидаемое отношение количества студентов, овладевших заданным кластером компетенций, к общему количеству обучающихся. Есть характеристика кластера компетенций, а также качества образования в регионе, а его риск, или стандартное среднеквадратическое отклонение, определяется по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i \cdot x_j \cdot \rho_{ij} \cdot \sigma_i \cdot \sigma_j}. \quad (3)$$

Задача оптимизации распределения студентов по специальностям имеет следующее описание: определить вектор  $\{x_{ij}\}$  вида (1), максимизирующий целевую функцию  $r$  вида (2) при заданном ограничении на уровень риска  $\sigma$ , оцениваемый (3). Тогда:

$$\{x_{\text{opt}}\} = \{x\} \mid r \rightarrow \max, \sigma = \text{const} \leq \sigma_M, \quad (4)$$

где  $\sigma_M$  — риск специальности с максимальным средним уровнем освоения кластера компетенций каждой из специальностей.

Формула (4) есть не что иное, как классическая задача квадратичной оптимизации, которая может решаться любыми известными вычислительными методами. Как вариант, можно рассматривать задачу:

$$\{x_{\text{opt}}\} = \{x\} \mid r = R, \sigma \rightarrow \min, \quad (5)$$

т. е. минимизировать уровень риска при заданном среднем уровне освоения кластера компетенций по направлениям обучения в регионе.

Данная формулировка задачи видится более практически применимой, поскольку отражает реальную потребность региона в специалистах. Существенно, что исходные данные задачи нежелательно указывать в виде обычных чисел. Как правило, это приводит к результату, отличающемуся от того, который имеет место на практике, что обусловлено вероятностной неопределенностью задачи. Более правомерно учитывать не только среднеожидаемые значения входных параметров, но и их риск (средне-квадратичные отклонения). Осуществить такой учет позволяет использование «фаззификации» исходной задачи, или нечеткого размытия входных параметров.

Все входные параметры будем представлять в виде нечетких треугольных чисел, т. е. чисел, для которых указано их наиболее вероятное, среднеожидаемое прогнозное значение  $a$  ( $\mu = 1$ ), а также пессимистический ( $a - \delta$ ) и оптимистический ( $a + \delta$ ) прогнозы ( $\mu = 0$ ).

Чтобы преобразовать задачу к виду, пригодному для использования нечетких исходных данных, воспользуемся сегментным способом [28]. Определим уровень принадлежности  $\alpha$  как ординату; требуется, чтобы значение функции принадлежности было не меньше  $\alpha$ . Тогда пересечение графика функции принадлежности с прямой  $\mu = \alpha$  дает пару значений, которые называются границами интервала достоверности (соответствует  $\mu \geq \alpha$ ).

Если задан уровень принадлежности  $\alpha$  и два нечетких треугольных числа  $A$  и  $B$  с границами принадлежности  $[a_1, a_2]$  и  $[b_1, b_2]$ , то основные операции над ними могут быть записаны посредством формул над  $a_1, a_2, b_1, b_2$ . Задавая уровень принадлежности  $\alpha$ , а также входные параметры задачи (1)–(5) в виде нечетких треугольных чисел, получим решение в виде так же нечеткого треугольного числа.

Если рассматривать задачу в динамике (зависимость от времени), то решение получим в виде «коридора», нижней границей которой будет пессимистический прогноз, верхней — оптимистический, а внутри «коридора» будет находиться кривая, соответствующая среднеожидаемому прогнозу.

Таким образом, после решения задачи (1)–(5) численными либо аналитическими методами мы будем иметь три вектора  $\{x_i\}$  значений, соответствующих долям специалистов от общего количества для каждой из специальностей. Первый вектор будет соответствовать «наихудшему» варианту, соответствующему минимальному уровню освоения компетенций каждой из специальностей, второй — среднеожидаемому, а третий — оптимистическому варианту, при котором уровень освоения студентами каждой из специальностей комплекса компетенций максимален.

Описанная выше модель может быть использована для решения важных практических задач, в том числе для построения автоматизированных комплексов, направленных на цифровизацию высшего образования [29]. **Модель оценки уровня освоения компетенций может быть реализована в виде блока соответствующей интеллектуальной платформы, направленной на реализацию индивидуальной образовательной траектории студента вуза.** Модель расчета распределения студентов по специальностям внутри направления для обеспечения максимального уровня освоения компетенций может быть использована для формирования программного обеспечения, обеспечивающего эффективное управление вузом [30, 31].

**Этап 1.** Кластеризация компетенций внутри их набора для заданного направления. Осуществляется группой экспертов.

**Этап 2.** Оценка региональной потребности в специалистах, обладающих заданными кластерами компетенций, и оценка количества рабочих мест для удовлетворения спроса отрасли и возможности совмещения занятости.

**Этап 3.** Расчет на основе статистических данных среднего уровня освоения кластеров компетенций студентами заданного направления и расчет количества студентов, которых необходимо набрать для обеспечения требуемого количества специалистов, владеющих каждым кластером компетенций, а также выбор максимального значения из полученных данных.

**Этап 4.** Фаззификация оценок и формирование экспертами множества пессимистических, среднеожидаемых и оптимистических показателей.

**Этап 5.** Решение задачи оптимизации (1)–(5) для каждого кластера компетенций и формирование для каждого кластера компетенций векторов  $\{x_i\}$ , соответствующих долям специалистов от общего количества для каждой из специальностей.

**Этап 6.** Формирование итоговых векторов  $\{x_i\}$  на основе логических операций над нечеткими числами.

### 3. Результаты

В качестве примера рассмотрим процесс оценки сформированности компетенции у студентов заданного направления на основе выбранных оценочных средств.

**Этапы 1 и 2** будем считать уже определенными на основе предыдущих данных.

#### Этап 3.

3.1. Предположим, что для оценки выбранного кластера компетенций предложены следующие четыре средства оценки:

- контрольная работа;
- кейс-задача;
- расчетно-графическая работа;
- тест.

В определении весомости для оценки компетенций участвуют три эксперта.

Экспертами построены следующие матрицы парных соотношений:

$$W^1 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$W^2 = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix};$$

$$W^3 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Обрабатываем результаты.

1-й эксперт:

$$N^1 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k m_{ij} = 2 + 2 + 3 + 1 = 8;$$

$$(w_1)^1 = \sum_{j=1}^k m_{1j} / N^1 = 2/8 = 0,25;$$

$$(w_2)^1 = \sum_{j=1}^k m_{2j} / N^1 = 2/8 = 0,25;$$

$$(w_3)^1 = \sum_{j=1}^k m_{3j} / N^1 = 3/8 = 0,375;$$

$$(w_4)^1 = \sum_{j=1}^k m_{4j} / N^1 = 1/8 = 0,125.$$

2-й эксперт:

$$N^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k m_{ij} = 1 + 3 + 0 + 2 = 6;$$

$$(w_1)^2 = \sum_{j=1}^k m_{1j} / N^2 = 1/6 = 0,167;$$

$$(w_2)^2 = \sum_{j=1}^k m_{2j} / N^2 = 3/6 = 0,5;$$

$$(w_3)^2 = \sum_{j=1}^k m_{3j} / N^2 = 0/6 = 0;$$

$$(w_4)^2 = \sum_{j=1}^k m_{4j} / N^2 = 2/6 = 0,333.$$

3-й эксперт:

$$N^3 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k m_{ij} = 1 + 2 + 2 + 1 = 6;$$

$$(w_1)^3 = \sum_{j=1}^k m_{1j} / N^3 = 1/6 = 0,167;$$

$$(w_2)^3 = \sum_{j=1}^k m_{2j} / N^3 = 2/6 = 0,333;$$

$$(w_3)^3 = \sum_{j=1}^k m_{3j} / N^3 = 2/6 = 0,333;$$

$$(w_4)^3 = \sum_{j=1}^k m_{4j} / N^3 = 1/6 = 0,167.$$

Находим средние значения весов для каждого из средств оценки:

$$w_i = \frac{1}{3} \sum_{l=1}^3 (w_i)^l, \quad i = 1, \dots, 4;$$

$$w_1 = \frac{1}{3} \left( \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{6} \right) = \frac{7}{36};$$

$$w_2 = \frac{1}{3} \left( \frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} \right) = \frac{13}{36};$$

$$w_3 = \frac{1}{3} \left( \frac{3}{8} + 0 + \frac{1}{3} \right) = \frac{17}{72};$$

$$w_4 = \frac{1}{3} \left( \frac{1}{8} + \frac{1}{3} + \frac{1}{6} \right) = \frac{15}{72}.$$

Таким образом, получены следующие весовые коэффициенты видов оценочных средств в целом:

- контрольная работа:  $w_1 = \frac{7}{36}$ ;
- кейс-задача:  $w_2 = \frac{13}{36}$ ;
- расчетно-графическая работа:  $w_3 = \frac{17}{72}$ ;
- тест:  $w_4 = \frac{15}{72}$ .

3.2. Будем считать, что студенту предлагаются две контрольные работы, оцениваемые по 50 баллов каждая. Первая из них считается более значимой, чем вторая: первая — 60 % материала, вторая — 40 %. Соответственно, их весовые коэффициенты будут равны:

$$w_{11} = \frac{7}{36} \cdot \frac{3}{5} = \frac{21}{180};$$

$$w_{12} = \frac{7}{36} \cdot \frac{2}{5} = \frac{14}{180};$$

Кроме того, для оценивания используются:

- одна 40-балльная кейс-задача:  $w_2 = \frac{13}{36}$ ;

**Оценка сформированности компетенции на основе данных аттестации студента с использованием теории нечетких множеств****Assessment of the formation of competency based on the data of the student's certification using the theory of fuzzy sets**

№ п/п	Средство оценки	Баллы, максимум	Набранные баллы	Нормированное значение	Вес	Терм 1	Терм 2	Терм 3	Терм 4
1	Контрольная работа 1	50	32	0,64	$\frac{21}{180}$	0	0	1	0
2	Контрольная работа 2	50	44	0,88	$\frac{14}{180}$	0	0	0	1
3	Кейс-задача	40	38	0,95	$\frac{13}{36}$	0	0	0	1
4	Расчетно-графическая работа	100	76	0,76	$\frac{17}{72}$	0	0	0,4	0,6
5	Тест 1	100	90	0,9	$\frac{15}{144}$	0	0	0	1
6	Тест 2	100	63	0,63	$\frac{15}{144}$	0	0	1	0
	Вес терма					0	0	0,315	0,685

- одна расчетно-графическая работа в 100 баллов:

$$w_3 = \frac{17}{72};$$

- два равнозначных теста по 100 баллов каждый:

$$w_4 = \frac{15}{72} \cdot \frac{1}{2} = \frac{15}{144};$$

$$w_4 = \frac{15}{72} \cdot \frac{1}{2} = \frac{15}{144}.$$

**Этап 4.** Будем считать, что функции принадлежности лингвистических переменных  $C_i$  = «оценка выполнения оценочного средства  $i$ -го вида» описываются равномерным распределением [27, 28].

**Этап 5.** Строим таблицу сформированности компетенций (см. табл.).

5.1. Оценка освоения конкретным студентом кластера компетенций, если он набрал:

- 1-я контрольная работа: 32 балла;
- 2-я контрольная работа: 44 балла;
- кейс-задача: 38 баллов;
- расчетно-графическая работа: 76 баллов;
- 1-й тест: 90 баллов;
- 2-й тест: 63 балла.

5.2. Центрирование полученного нечеткого множества и получение численного значения оценки:

$$G = 0 \cdot 0,15 + 0 \cdot 0,45 + 0,315 \cdot 0,65 + 0,685 \cdot 0,85 = 0,787.$$

5.3. Для значения  $G = 0,787$  функции принадлежности термов:  $\mu_3 = 0,13$ ,  $\mu_4 = 0,87$ . Поскольку итоговое значение функции принадлежности четвертого терма значительно больше, можно утверждать, что имеет место высокий уровень сформированности компетенции («отлично»).

## 4. Выводы

Авторами предложен нечетко-множественный подход к реализации компетентностно-ориентированного подхода к обучению в техническом вузе. Разработана новая методика оценки уровня сформированности компетенций у студентов на основе результатов аттестации стандартными оценочными средствами. Построена методика оценки уровня сформированности компетенции у студента на основе результатов аттестации и теории нечетких множеств.

Следует отметить, что:

1. Анализ источников (статей) показал, что отечественная система обучения, основанная на компетенциях, характеризуется, в первую очередь, детальной проработкой моделей измерителей для оценки сформированности компетенций. При этом существующие модели отличаются сложностью и затрудненной реализуемостью в реальном образовательном процессе.
2. Разработана новая методика, которая может использовать существующие и общепризнанные алгоритмы оценки уровня сформированности компетенций СВЕ и их адаптации для отечественных аналогов.
3. Предложенная методика основана на агрегировании баллов, полученных при выполнении различных оценочных заданий, веса которых определяются на основе экспертных оценок. Ее преимуществом по сравнению с существующими методиками балльной оценки являются универсальность, возможность учета любого количества оценочных средств без дополнительной подстройки расчетного алгоритма.



4. Разработанная методика позволяет учитывать значимость различных средств оценки на основе алгоритмизированного расчета их весовых коэффициентов с учетом мнений экспертов.
5. Методика имеет четкий алгоритм и легко реализуема на основе программного обеспечения в составе интеллектуальной образовательной платформы, направленной на реализацию индивидуальной образовательной траектории студента.
6. Предложенный алгоритм позволяет рассчитать объем набора студентов на различные программы по заданному направлению в соответствии с компетентностно-ориентированным подходом, а также оценить уровень освоения компетенций на направлении в целом и на конкретных специальностях в отдельности; модель, положенная в основу алгоритма, является аналогом задачи оптимизации фондового портфеля, или задачи Марковица.
7. Полученная фазификация задачи позволяет рассчитать оценки набора, соответствующие пессимистическому, среднеожидаемому и оптимистическому прогнозам.

#### Список источников / References

1. Звонников В. И., Челышкова М. Б., Зорин И. В. Современные подходы к индивидуализации итоговой аттестации студентов. *Профессиональное образование: современные подходы и перспективы развития*. М.: Университетская книга; 2019:109–114. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39162407&pff=1>
- [Zvonnikov V. I., Chelyshkova M. B., Zorin I. V. Modern approaches to the individualization of the final certification of students. *Vocational education: Modern approaches and development prospects*. Moscow, University book; 2019:109–114. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39162407&pff=1>]
2. Байденко В. И. Компетенции в профессиональном образовании (К освоению компетентностного подхода). *Высшее образование в России*. 2004;(11):3–13. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompetentsii-v-professionalnom-obrazovanii-k-osvoeniyu-kompetentnostnogo-podhoda>
- [Baidenko V. I. Competences in vocational education (To mastering the competency-based approach). *Vysshee Obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. 2004;(11):3–13. (In Russian.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompetentsii-v-professionalnom-obrazovanii-k-osvoeniyu-kompetentnostnogo-podhoda>]
3. Зимняя И. А. Ключевые компетентности как результативно-целевая основа компетентностного подхода в образовании. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов; 2004. 38 с.
- [Zimnyaya I. A. Key competences as the result-target basis of the competence based approach in education. Moscow, Research Center for Quality Problems in Specialist Training; 2004. 38 p. (In Russian.)]
4. Каспржак А. Г. Исследования PISA как основания для принятия управленческих решений. *Тенденции развития образования: проблемы управления*. М.: Университетская книга; 2005:244–253.
- [Kasprzhak A. G. PISA studies as a basis for making managerial decisions. *Trends in the Development of Education: Problems of Management*. Moscow, University book; 2005:244–253. (In Russian.)]

5. Ландшеер В. Концепция «минимальной компетентности». *Перспективы: Вопросы образования*. 1988;(1):27–34. [Landsheer V. The concept of “minimal competence”. *Perspectives: Educational Studies*. 1988;(1):27–34. (In Russian.)]
6. Маркова А. К. Психологический анализ профессиональной компетентности учителя. *Советская педагогика*. 1990;(8):82.
- [Markova A. K. Psychological analysis of teacher's professional competence. *Soviet Pedagogy*. 1990;(8):82. (In Russian.)]
7. Сахарова Н. С. Категории «компетентность» и «компетенция» в современной образовательной парадигме. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 1999;(3):51–58. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9290157>
- [Sakharova N. S. Categories “competence” and “competency” in the modern educational paradigm. *Vestnik of the Orenburg State University*. 1999;(3):51–58. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9290157>]
8. Медведев В. П., Татур Ю. Г. Подготовка преподавателя высшей школы: компетентностный подход. *Высшее образование в России*. 2007;(11):46–56. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/podgotovka-prepodavatelya-vysshey-shkoly-kompetentnostnyy-podhod>
- [Medvedev V. P., Tatur Yu. G. Higher school teacher training: Competence based approach. *Vysshee Obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. 2007;(11):46–56. (In Russian.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/podgotovka-prepodavatelya-vysshey-shkoly-kompetentnostnyy-podhod>]
9. Хуторской А. В. Образовательные компетенции в дидактике и методике лично-ориентированного обучения. *Известия Международной славянской академии образования им. Я. А. Коменского*. 2003;(2):167–171.
- [Khutorskoy A. V. Educational competencies in didactics and methodology of student-centered learning. *Proceedings of the International Slavic Academy of Education named after I. A. Comenius*. 2003;(2):167–171. (In Russian.)]
10. Morcke A. M., Dornan T., Eika B. Outcome (competency) based education: an exploration of its origins, theoretical basis, and empirical evidence. *Advances in Health Sciences Education*. 2013;18(4):851–863. DOI:10.1007/s10459-012-9405-9
11. Jones E. A., Voorhees R. Defining and assessing learning: Exploring competency-based initiatives. Report of the National Postsecondary Education Cooperative Working Group on Competency-Based Initiatives in Postsecondary Education. Washington: National Center for Education Statistics; 2002. 3 p.
12. Bezanilla M. J., Wagenaar R., González Ferreras J. M. Tuning Educational Structures in Europe. Final Report. Pilot project. Phase 1. Learning outcomes: Competences. Universidad de Deusto; 2005. 386 p. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/317001773\\_Tuning\\_Educational\\_Structures\\_In\\_Europe\\_Final\\_Report\\_Pilot\\_project\\_Phase\\_1\\_Learning\\_outcomes\\_Competences](https://www.researchgate.net/publication/317001773_Tuning_Educational_Structures_In_Europe_Final_Report_Pilot_project_Phase_1_Learning_outcomes_Competences)
13. Reigeluth C. M., Beatty B. J., Myers R. D. Instructional-design theories and models. Vol. IV: The learner-centered paradigm of education. NY, Routledge; 2016. 10 p. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/306576609\\_Instructional-design\\_theories\\_and\\_models\\_Vol\\_IV\\_The\\_learner-centered\\_paradigm\\_of\\_education\\_-\\_Table\\_of\\_Contents\\_Preface\\_and\\_unit\\_forewords\\_180](https://www.researchgate.net/publication/306576609_Instructional-design_theories_and_models_Vol_IV_The_learner-centered_paradigm_of_education_-_Table_of_Contents_Preface_and_unit_forewords_180)
14. Benson B. K. Scaffolding (Coming to terms). *English Journal*. 1997;86(7):126–127.
15. Evans J. J., Garcia E., Smith M. T., Van Epps A. S., Fosmire M., Matei S. A. An assessment architecture for competency-based learning: Version 1.0. IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). October 2015. DOI:10.1109/FIE.2015.7344340

16. Сорокопуд Ю. В. Система компетенций преподавателя высшей школы в контексте методологических подходов проекта «Tuning Education Programmes in Russian HEIs» («Настройка образовательных программ в российских вузах») и ФГОС ВПО 3-го поколения. *Сибирский педагогический журнал*. 2009;(10):28–36. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-kompetentsiy-prepodavatelya-vysshey-shkoly-v-kontekste-metodologicheskikh-podhodov-proekta-tuning-education-programmes-in/viewer>

[Sorokopud Yu. V. System of competencies high school teacher in the context of methodological approaches project «Tuning Education Programmes in Russian HEIs» («Setting up educational programmes in Russian universities») and standards 3<sup>rd</sup> generation. *Siberian Pedagogical Journal*. 2009;(10):28–36. (In Russian.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-kompetentsiy-prepodavatelya-vysshey-shkoly-v-kontekste-metodologicheskikh-podhodov-proekta-tuning-education-programmes-in/viewer>]

17. Блинов В. И., Батрова О. Ф., Есенина Е. Ю., Факторович А. А. Концепция оценивания квалификаций. *Образование и наука*. 2012;(10):46–67. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18268133>

[Blinov V. I., Batrova O. F., Yesenina Y. Y., Faktovich A. A. The concept of qualifications assessment. *The Education and Science Journal*. 2012;(10):46–67. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18268133>]

18. Гуськова М. В. Количественные и качественные исследования в образовательной эвалюации. *Педагогика*. 2013;(3):23–29. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kolichestvennye-i-kachestvennye-issledovaniya-v-obrazovatelnoy-eyaluatsii>

[Guskova M. V. Quantitative and qualitative studies in education evaluation. *Russian Education and Society*. 2013;(3):23–29. (In Russian.) Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/kolichestvennye-i-kachestvennye-issledovaniya-v-obrazovatelnoy-eyaluatsii>]

19. Донских О. А. Дело о компетентностном подходе. *Высшее образование в России*. 2013;(5):36–45. Режим доступа: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/3550>

[Donskikh O. A. Matter of competency-based approach. *Vysshee Obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*. 2013;(5):36–45. (In Russian.) Available at: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/3550>]

20. Дорожкин Е. М., Щербина Е. Ю. Тенденции развития профессионального образования в условиях социально-экономических преобразований. *Образование и наука*. 2013;(6):64–73. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19117724>

[Dorozhkin E. M., Scherbina E. Yu. Trends in the development of vocational education in the context of socio-economic transformations. *The Education and Science Journal*. 2013;(6):64–73. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19117724>]

21. Звонников В. И., Челышкова М. Б. Оценка компетентности менеджеров. *Высшее образование сегодня*. 2013;(4):14–19. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19862992>

[Zvonnikov V. I., Chelyshkova M. B. Assessment of the competence of managers. *Higher Education Today*. 2013;(4):14–19. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19862992>]

22. Малигин А. А., Щаницина С. В. Современная теория тестов как теоретическая основа современных подходов к оцениванию результатов обучения. *Известия высших учебных заведений. Серия: Гуманитарные науки*. 2012;3(4):324–327. Режим доступа: [https://www.isuct.ru/e-publ/gum/sites/ru.e-publ.gum/files/2012/t03n04/humscience\\_2012\\_t03n04\\_324.pdf](https://www.isuct.ru/e-publ/gum/sites/ru.e-publ.gum/files/2012/t03n04/humscience_2012_t03n04_324.pdf)

[Malygin A. A., Shchanitsina S. V. Modern test theory as a theoretical basis for modern approaches to assessing

learning outcomes. *News of Higher Schools. Series Humanities*. 2012;3(4):324–327. (In Russian.) Available at: [https://www.isuct.ru/e-publ/gum/sites/ru.e-publ.gum/files/2012/t03n04/humscience\\_2012\\_t03n04\\_324.pdf](https://www.isuct.ru/e-publ/gum/sites/ru.e-publ.gum/files/2012/t03n04/humscience_2012_t03n04_324.pdf)]

23. Заде Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М.: Мир; 1976. 167 с.

[Zade L. A. The concept of a linguistic variable and its application to making approximate decisions. Moscow, Mir; 1976. 167 p. (In Russian.)]

24. Блюмин С. Л., Шуйкова И. А., Сараев П. В., Черпаков И. В. Нечеткая логика: алгебраические основы и приложения. Липецк: ЛЭГИ; 2002. 111 с.

[Blyumin S. L., Shuykova I. A., Saraev P. V., Cherpakov I. V. Fuzzy logic: Algebraic foundations and applications. Lipetsk, Lipetsk Environmental and Cultural Institute; 2002. 111 p. (In Russian.)]

25. Коньшева Л. К., Назаров Д. М. Основы теории нечетких множеств. СПб.: Питер; 2011. 192 с.

[Konysheva L. K., Nazarov D. M. Fundamentals of the theory of fuzzy sets. St. Petersburg, Piter; 2011. 192 p. (In Russian.)]

26. Крамаров С. О., Сахарова Л. В. Управление сложными экономическими системами методом нечетких классификаторов. *Научный вестник Южного института менеджмента*. 2017;(2):42–50. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29676608>

[Kramarov S. O., Sakharova L. V. Management of complex economic systems using fuzzy classifiers. *Scientific Bulletin of the Southern Institute of Management*. 2017;(2):42–50. (In Russian.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29676608>]

27. Крамаров С. О., Сахарова Л. В. Методика нечетко-множественной оценки устойчивости сельскохозяйственного производства в районах региона и их ранжирования. *Вестник Алтайской академии экономики и права*. 2020;(9-2):269–274. DOI: 10.17513/vaael.1329

[Kramarov S. O., Sakharova L. V. Methodology for fuzzy-multiple assessment of sustainability of agricultural production in regions and their ranking. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*. 2020;(9-2):269–274. (In Russian.) DOI: 10.17513/vaael.1329]

28. Недосекин А. О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами. *Аудит и финансовый анализ*. 2000;(2):1–59. Режим доступа: [https://auditfin.com/fin/2000/2/fin\\_2000\\_21\\_rus\\_04\\_01.pdf](https://auditfin.com/fin/2000/2/fin_2000_21_rus_04_01.pdf)

[Nedosekin A. O. Fuzzy sets applications to finance management. *Audit & Finance Analysis*. 2000;(2):1–59. (In Russian.) Available at: [https://auditfin.com/fin/2000/2/fin\\_2000\\_21\\_rus\\_04\\_01.pdf](https://auditfin.com/fin/2000/2/fin_2000_21_rus_04_01.pdf)]

29. Арапова Е. А., Крамаров С. О., Сахарова Л. В. Разработка концепции интеллектуальной платформы для реализации индивидуальной траектории обучения с учетом базового уровня знаний и психотипа обучающегося. *Вестник кибернетики*. 2022;(1):6–15. DOI: 10.34822/1999-7604-2022-1-6-15

[Arapova E. A., Kramarov S. O., Sakharova L. V. Concept development of an intelligent platform aimed at implementing an individual learning path according to the student's basic level of knowledge and psychological type. *Proceedings in Cybernetics*. 2022;(1):6–15. (In Russian.) DOI: 10.34822/1999-7604-2022-1-6-15]

30. Акперов Г. И., Храмков В. В., Горбачева А. А. Using soft computing methods for the functional benchmarking of an intelligent workplace in an educational establishment. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020;1095:54–60. DOI: 10.1007/978-3-030-35249-3\_6

31. Kramarov S., Khranov V., Bezuevskaya V. Fuzzy models of educational process management: Digital transformation. *Communications in Computer and Information Science*. 2020;1201:78–85. DOI: 10.1007/978-3-030-46895-8\_6

**Информация об авторах**

**Крамаров Сергей Олегович**, доктор физ.-мат. наук, профессор, советник президента университета, МИРЭА — Российский технологический университет, г. Москва, Россия; профессор кафедры технологии и профессионально-педагогического образования, Академия психологии и педагогики, Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-3743-6513>; *e-mail*: maooovo@yandex.ru

**Кадомцев Максим Игоревич**, канд. физ.-мат. наук, доцент, и. о. зав. кафедрой «Медиакоммуникации», факультет «Медиакоммуникации и мультимедийные технологии», Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-3306-9528>; *e-mail*: kadomtsev@mail.ru

**Сахарова Людмила Викторовна**, доктор физ.-мат. наук, доцент, профессор кафедры «Медиакоммуникации», факультет «Медиакоммуникации и мультимедийные технологии», Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-4897-4926>; *e-mail*: L\_Sakharova@mail.ru

**Бочаров Анатолий Анатольевич**, научный сотрудник, Южный университет (ИУБиП), г. Ростов-на-Дону, Россия; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0001-6261-9130>; *e-mail*: a.a.bocharov1980@gmail.com

**Information about the authors**

**Sergey O. Kramarov**, Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Professor, Advisor to the President of the University, MIREA — Russian Technological University, Moscow, Russia; Professor at the Department of Technology and Vocational Pedagogical Education, Academy of Psychology and Educational Sciences, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-3743-6513>; *e-mail*: maooovo@yandex.ru

**Maksim I. Kadomtsev**, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Docent, Acting Head of the Department “Media Technologies”, “Media Communications and Multimedia Technologies” Faculty, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-3306-9528>; *e-mail*: kadomtsev@mail.ru

**Lyudmila V. Sakharova**, Doctor of Sciences (Physics and Mathematics), Docent, Professor at the Department “Media Technologies”, “Media Communications and Multimedia Technologies” Faculty, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-4897-4926>; *e-mail*: L\_Sakharova@mail.ru

**Anatoly A. Bocharov**, Research Fellow, Southern University (IMBL), Rostov-on-Don, Russia; *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0001-6261-9130>; *e-mail*: a.a.bocharov1980@gmail.com

*Поступила в редакцию / Received*: 25.05.2022.

*Поступила после рецензирования / Revised*: 21.08.2022.

*Принята к печати / Accepted*: 23.08.2022.