

УДК 37-0444.3:005.6  
DOI 10.20339/AM.02-26.055

А.А. Зарипов,

аспирант

направление подготовки 6.8.7. «Методология и технология профессионального образования»

Факультет педагогического образования

МГУ имени М.В. Ломоносова

<https://orcid.org/0009-0008-6794-5048>

e-mail: a\_zaripov9622@mail.ru

О.В. Андриушкова,

канд. хим. наук, доцент,

зав. лабораторией методики обучения химии кафедры общей химии

Химический факультет

МГУ имени М.В. Ломоносова

e-mail: andryushkovaov@my.msu.ru

<https://orcid.org/0000-0002-1566-3427>

## ТИПОЛОГИЗАЦИЯ И ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАЧ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

В статье рассматривается подход к конструированию фондов оценочных средств (ФОС), основанный на типологии учебных задач и нечеткой оценке их сложности. Обосновывается необходимость перехода от разрозненных наборов заданий к структурированным фондам, в которых каждая задача описана не только по содержанию, но и по уровню сложности. Предлагается модель, в которой сложность задачи представлена трехкомпонентной структурой (предметная, математическая и эвристическая составляющие), а интегральная сложность определяется методами нечеткой логики.

Приводится описание практической реализации модели: выбор и типологизация задач, привлечение преподавателей для оценивания компонентов сложности, построение функций принадлежности и базы правил нечеткого вывода, вычисление интегрального индекса сложности и его включение в структуру ФОС. Показано, как полученные результаты позволяют ранжировать задачи и конструировать варианты контролируемых материалов. Обсуждается возможность переноса подхода на другие учебные дисциплины.

**Ключевые слова:** фонд оценочных средств, учебные задачи, типология задач, теория нечетких множеств, нечеткая логика.

## TYPOLOGY AND COMPLEXITY ASSESSMENT OF CALCULATION PROBLEMS BASED ON FUZZY LOGIC

**Artem A. Zaripov**, Postgraduate student, Major in 6.8.7. "Methodology and Technology of Professional Education", Faculty of Pedagogical Education, Lomonosov Moscow State University, <https://orcid.org/0009-0008-6794-5048>, e-mail: a\_zaripov9622@mail.ru

**Olga V. Andryushkova**, Cand. Sci. (Chemistry), Docent, Associate Professor, Head of the Laboratory of Methods of Teaching Chemistry, Department of General Chemistry, Faculty of Chemistry, Lomonosov Moscow State University, Russia; <https://orcid.org/0000-0002-1566-3427>; e-mail: andryushkovaov@my.msu.ru

This article examines an approach to constructing Fond of Appraisal Monitoring (FAM) based on a typology of learning tasks and a fuzzy assessment of their complexity. It substantiates the need to move from disparate sets of tasks to structured pools in which each task is described not only by content but also by difficulty level. A model is proposed in which task complexity is represented by a three-component structure (subject, mathematical, and heuristic components), and integral complexity is determined using fuzzy logic methods.

A description of the practical implementation of the model is provided: selecting and classifying tasks, engaging instructors to assess complexity components, constructing membership functions and a fuzzy inference rule base, calculating the integral complexity index, and incorporating it into the AST structure. It demonstrates how the obtained results enable task ranking and the design of assessment materials. The possibility of transferring the approach to other academic disciplines is discussed.

**Keywords:** Fond of Appraisal Monitoring, educational tasks, task typology, fuzzy set theory, fuzzy logic

### Введение

Обновление содержания образования, развитие цифровых ресурсов и ориентация на прозрачность процедур оценивания усиливают роль фондов оценочных средств (ФОС) как инструмента управления качеством обучения [1]. ФОС позволяют задавать единые требования к контролю и обеспечивать сопоставимость результатов.

В работах по проектированию и использованию ФОС подчеркивается, что их эффективность определяется не только качеством отдельных заданий, но и продуманностью структуры фонда: распределением заданий по темам, видам деятельности и уровням сложности [2–4]. Нормативные документы и организационно-методические материалы отдельно акцентируют необходимость связать ФОС с целями образовательной программы и планируемыми результатами обучения [5–8].

Ключевой единицей ФОС является учебная задача. Через систему задач в ФОС проявляются содержание дисциплины, типы учебной деятельности и уровни сложности, с которыми сталкивается обучающийся. В математике и смежных областях это подробно анализируется в классических работах Ю.М. Колягина, А.Я. Цукаря, Л.М. Фридмана и др. [9–11], в химическом образовании – в трудах по методике решения задач и методике обучения химии [12–17].

Л.М. Фридман подчеркивает, что типологизация задач всегда условна и зависит от многих факторов, в том числе от того, кто именно решает задачу и какими средствами располагает [11]. В работе А.А. Рединовой задачи рассматриваются как инструмент формирования метапредметных умений; показано, что правильно подобранные типы задач позволяют развивать универсальные учебные действия, не привязываясь к одной дисциплине [18].

Таксономия учебных целей Б. Блума и ее современные интерпретации позволяют детализировать образовательные цели в соответствии с уровнями когнитивного, аффективного и психомоторного развития обучающихся [19]. Она позволяет соотнести конкретную задачу с уровнем «знание», «понимание», «применение», «анализ», «синтез», «оценивание» и тем самым планомерно выстраивать уровень сложности заданий в ФОС.

В отечественной методике обучения химии и другим естественным наукам подчеркивается важность выделения познавательных, творческих, проблемных и экспериментальных задач, однако формальные критерии сложности чаще всего задаются в виде общих характеристик («повышенный уровень», «олимпиадная задача» и т.д.) [12; 13; 20–22]. При этом остается нерешенной задача корреляции типологии задач с количественной оценкой их сложности и включения этой оценки в структуру ФОС.

Параллельно развивается направление, связанное с использованием теории нечетких множеств и нечеткой логики для описания объектов с размытыми границами и субъективными оценками. Теория нечетких множеств Л. Заде изначально была предложена для формализации понятий естественного языка, когда нельзя однозначно отнести объект к классу «да» или «нет» [23; 24]. На ее основе построен широкий спектр моделей, применяемых в том числе к оценке качества образования, обработке экспертных суждений и моделированию сложных педагогических систем [25].

*Цель статьи* – описать модель трехкомпонентной (предметной, математической и эвристической) сложности учебных задач, реализованную на основе теории нечетких множеств и встроенную в процедуру конструирования ФОС по химии, с учетом возможности ее переноса на другие учебные дисциплины.

## Фонд оценочных средств как элемент системы оценивания

Фонд оценочных средств определяется как комплекс контрольно-измерительных и методических материалов, направленных на всестороннюю оценку достигнутых обучающимися результатов и обеспечивающих системность контроля. В.Л. Зудин, А.Г. Маланов и В.Ф. Шевчук рассматривают ФОС по дисциплине как фактор повышения качества обучения и подчеркивают, что он должен быть структурированным, содержать задания различных типов и уровней сложности [2]. В.И. Демаков и Ю.Э. Голодков, в свою очередь, определяют ФОС как «некоторое множество средств педагогических измерений, с помощью которых преподаватель должен производить оценивание полученных обучающимися знаний и умений в рамках определенной дисциплины или отдельной компетенции» [3].

С.А. Вдовина показывает, что разработка ФОС в условиях реализации ФГОС требует согласования содержания заданий с планируемыми результатами обучения и видами контрольных испытаний [4]. И.Н. Медведева и соавторы рассматривают структуру ФОС на уровне образовательной программы и отмечают, что фонд должен включать в себя спецификации заданий, критерии оценивания и описания уровней освоения [26].

В условиях цифровизации общего образования возникает необходимость методического сопровождения педагога при проектировании и обновлении ФОС: возрастает роль электронных ресурсов, онлайн-платформ, автоматизированных систем тестирования. Это, в свою очередь, требует более формализованного описания элементов ФОС, включая тип задач и уровень их сложности.

В исследованиях по систематике формирования ФОС подчеркивается, что фонд должен строиться не как «случайное множество» заданий, а как упорядоченная система, отражающая структуру содержания, виды деятельности и уровни сложности [8; 27; 28]. Ключевая идея заключается в переходе от простого накопления задач к их целенаправленной типологизации и иерархизации.

## Типологизация учебных задач: дидактические аспекты

В математическом образовании задачи традиционно рассматриваются как основной инструмент обучения и развития мышления. Ю.М. Колягин подчеркивает, что через систему задач задается логика курса, обеспечивается связь теории с практикой и формируется опыт применения знаний в новых ситуациях [5]. А.Я. Цукарь предлагает типологию математических задач, в которой важное ме-

сто занимает степень алгоритмируемости: выделяются алгоритмические, полуалгоритмические и эвристические задачи [10]. Л.М. Фридман, анализируя сюжетные задачи, показывает, как через усложнение условий и структуры сюжета можно планомерно повышать интеллектуальную нагрузку на учащихся [11].

В химическом образовании значимость задач как средства обучения и контроля подчеркивается в классических трудах С.Г. Шаповаленко, а также в методических пособиях по решению задач [12–14]. Рассматриваются качественные, расчетные, экспериментальные, познавательные и творческие задачи, которые выполняют различные функции в учебном процессе. Бунькова и Русскина акцентируют, что химическая задача выступает одновременно и как средство формирования знаний, и как инструмент воспитательного воздействия [15].

П.А. Оржековский анализирует психолого-педагогические требования к творческой задаче по химии и указывает на необходимость ее многовариантности, проблемности и ориентации на самостоятельный поиск решения [16]. М.Д. Трухина рассматривает познавательные задачи как средство развития поисковой активности, рефлексии и осознанного усвоения теоретического материала [17]. В сборнике под редакцией И.Я. Лернера показана роль познавательных задач в обучении гуманитарным наукам, что дополнительно иллюстрирует междисциплинарный характер задачного подхода [29].

Современные представления о метапредметных результатах обучения усиливают внимание к задачам, ориентированным на формирование универсальных учебных действий. А.А. Рединова разрабатывает типологию задач, направленных на формирование метапредметных умений и навыков (умение структурировать текст, анализировать информацию, строить рассуждение), подчеркивая их «переносимость» между различными предметными областями [18].

На основе анализа дидактических работ было предложено рассматривать сложность учебной задачи как трехкомпонентную структуру:

- ◆ предметная (содержательная) сложность — глубина и насыщенность содержания, количество привлекаемых понятий и межпредметных связей;
- ◆ математическая сложность — объем вычислений, количество преобразований, необходимость использования нескольких формул и алгоритмов;
- ◆ эвристическая сложность — степень неопределенности способа решения, необходимость выбора стратегии, выдвижения и проверки гипотез, работы с недостающей или избыточной информацией.

Такая триада позволяет интегрировать классические дидактические подходы к типологизации задач с требова-

ниями к ФОС как к формализованной системе оценочных средств.

### Теория нечетких множеств как инструмент описания сложности задач

Теория нечетких множеств Л. Заде предлагает аппарат для описания ситуаций, в которых границы понятий размыты, а суждения носят нестрогий характер [23]. В рамках этой теории каждому элементу сопоставляется степень принадлежности нечеткому множеству — число от 0 до 1. Это позволяет формализовать высказывания вроде «задача в значительной степени сложная» или «уровень сложности ближе к высокому, чем к среднему».

Ключевое понятие теории нечетких множеств — лингвистическая переменная, принимающая значения в виде слов естественного языка («низкая сложность», «средняя сложность», «высокая сложность»). Каждому лингвистическому значению сопоставляется функция принадлежности. В практических приложениях часто используются простые треугольные и трапециевидные функции, а также гауссовы (колоколообразные) функции [30–33].

В педагогических исследованиях нечеткие модели применяются для оценки качества образования, обработки экспертных суждений и моделирования сложных многокритериальных ситуаций [25, 34]. Показано, что использование нечеткой логики позволяет учитывать разнородные показатели, агрегировать мнения экспертов и строить на их основе интегральные индексы исследуемых параметров.

В рассматриваемой модели сложности задачи три компоненты (предметная, математическая, эвристическая) выступают в качестве отдельных лингвистических переменных. Для каждой из них задаются термы «низкая сложность», «средняя сложность», «высокая сложность», которым соответствуют функции принадлежности.

В работе используется трапециевидная функция принадлежности. Трапециевидная функция принадлежности может быть определена четырьмя параметрами:  $a$  — левая граница спада,  $b$  — левая граница максимума,  $c$  — правая граница максимума,  $d$  — правая граница спада.

Трапециевидная функция принадлежности задается системой уравнений:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < a \text{ или } x > d; \\ \frac{x-a}{b-a}, & \text{если } a \leq x < b; \\ 1, & \text{если } b \leq x \leq c; \\ \frac{d-x}{d-c}, & \text{если } c < x \leq d. \end{cases}$$

График трапециевидной функции принадлежности представлен на рис. 1.

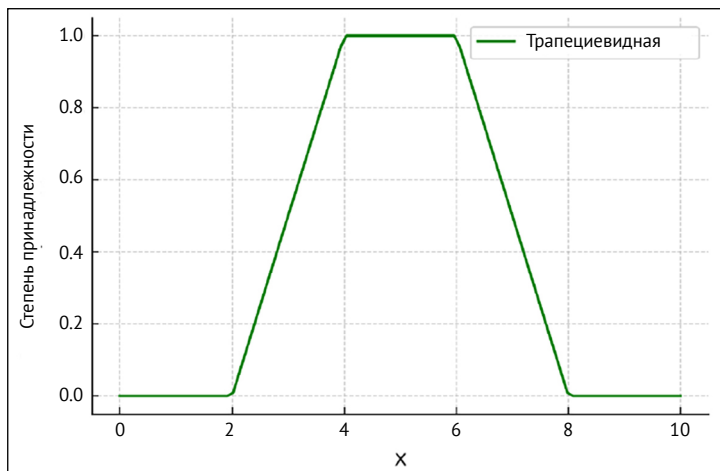


Рис. 1. Трапециевидная функция принадлежности

Трапециевидная функция принадлежности позволяет задавать плато (где функция принадлежности равна единице), что делает ее пригодной для описания устойчивых состояний. Такие функции используют для работы с системами, имеющими явные диапазоны.

Трапециевидная функция обладает простотой задания и расчета, а также удобна для интерпретации. При этом в случаях, когда распределение экспертных оценок имеет более сложный характер или высокую степень неопределенности, может быть использована гауссова функция принадлежности, обеспечивающая плавное изменение степени принадлежности [30–32].

Для получения интегральной оценки сложности используется стандартный механизм нечеткого вывода (например, по типу Мамдани) и методы дефаззификации (центр тяжести, бисектор площади и др.) [30–32]. Зарубежные работы, посвященные развитию нечетких энтропий и новых способов учета лингвистических оценок, подтверждают продуктивность такого подхода для задач принятия решений [35].

### Практическая реализация модели и примеры результатов

#### Выбор и типологизация задач

Практическая реализация модели проводилась на материале задач по химии, что позволило включить в анализ широкий спектр заданий: качественные, расчетные, экспериментальные, познавательные, творческие, а также задачи олимпиадного уровня. Отбор задач опирался на ранее раз-

работанную типологию олимпиадных и учебных задач, где учитывалась их роль в формировании различных видов деятельности и уровней мыслительных операций [36; 37].

Для каждой задачи фиксировались: тема, тип (качественная, расчетная, экспериментальная, познавательная, творческая и др.), предполагаемый уровень подготовленности учащегося, характер требуемых действий в терминах таксономии Блума. Это позволило связать место задачи в содержании курса с ее функцией в контроле: от проверки базовых знаний до диагностики готовности к решению нестандартных задач.

#### Построение функций принадлежности и вычисление интегрального индекса сложности

На основе полученных экспертных оценок преподавателей были заданы функции принадлежности для соответствующих лингвистических термов для каждой компоненты. Были использованы трапециевидные функции принадлежности с перекрывающимися областями, что отражает плавный переход между уровнями сложности. Пример трапециевидной функции принадлежности для математической сложности задачи представлен на рис. 2.

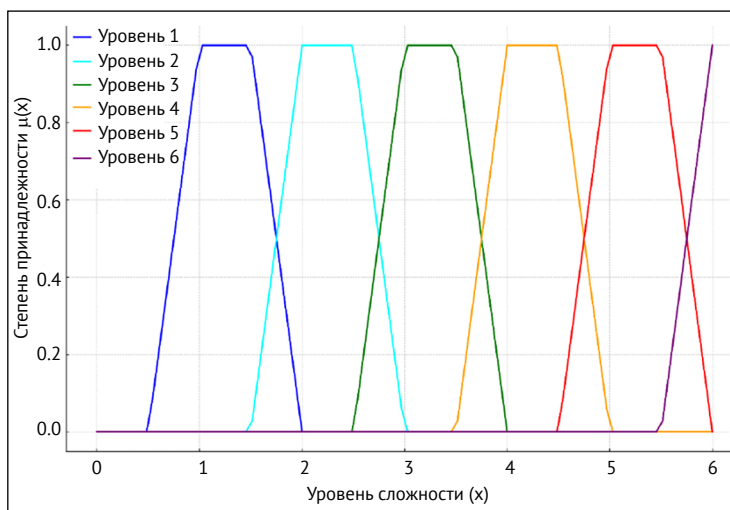


Рис. 2. Пример трапециевидной функции принадлежности для математической сложности задачи (термы «низкая», «средняя», «высокая»)

В качестве механизма нечеткого вывода использовалась схема Мамдани, реализованная в среде нечеткого моделирования (MATLAB Fuzzy Logic Toolbox). На этапе дефаззификации сравнивались несколько методов; наилучшие результаты по стабильности и интерпретируемости показали методы центра тяжести и бисектора площади.

Для каждой задачи в итоге был получен интегральный числовой индекс сложности. На основе этих значений задачи были упорядочены по возрастанию сложности.

**Нечеткая оценка письменных работ с использованием телеграм-бота**

Инструменты нечеткой логики были дополнительно использованы для интерпретации результатов письменных работ студентов с помощью специализированного телеграм-бота @fuzzygraderbot, разработанного учащимся Университетской гимназии МГУ имени М.В. Ломоносова Р.И. Азнагуловым.

В качестве входных данных в модель поступали:

- ◆ итоговый балл за каждый вопрос работы;
- ◆ химическая, математическая и эвристическая сложность задачи;
- ◆ важность вопроса (вес вопроса в общей структуре работы).

Преподаватель заполнял шаблон таблицы (рис. 3), в котором фиксировались значения сложности и важности вопросов, а также баллы студентов. Затем таблица отправлялась в бот, программа выполняла вычисления и возвращала нормированные значения, учитывающие не только набранные баллы, но и структуру сложности заданий.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
1	Номер задания			1	2	3	4	5	6	7
2	Максимум баллов									
3	Математическая сложность	(1-6)								
4	Химическая сложность	(1-6)								
5	Эвристическая сложность	(1-6)								
6	Итоговая сложность	(1-6)								
7	Важность вопроса (1-5)									
8	(Итоговые баллы вводит бот)									
9										
10	Номер задания									
11	УЧЕНИК	Итого		1	2	3	4	5	6	7
12	Итоговые баллы									
13	Итоговые баллы									
14	Итоговые баллы									
15	Итоговые баллы									
16	Итоговые баллы									
17	Итоговые баллы									
18	Итоговые баллы									
19	Итоговые баллы									
20	Итоговые баллы									
21	Итоговые баллы									
22	Итоговые баллы									
23	Итоговые баллы									

Рис. 3. Шаблон Excel-таблицы для загрузки данных письменных работ

Сравнение обычных оценок с результатами, полученными с помощью нечеткой модели, показало, что для части студентов итоговый балл практически не менялся, а для другой части значительно корректировался на несколько единиц. Это дает преподавателю дополнительный аргумент при принятии решения о выставлении итоговой отметки

**Литература**

1. Тарасова Н.В., Пастухова И.П., Чигрина С.Г. Некоторые аспекты методического сопровождения учителей в условиях цифровизации общего образования // Перспективы науки и образования. 2021. № 5 (53). С. 481–494.

и позволяет более гибко учитывать вклад сложных и ключевых вопросов работы.

Отметим, что описанный алгоритм не привязан исключительно к химии: если преподаватель любой дисциплины может описать свои задачи через критерии сложности и важности, он может использовать аналогичный инструмент для обработки результатов письменных работ.

**Заключение**

Предложенный подход сочетает типологизацию учебных задач и оценку их сложности на основе теории нечетких множеств. На основе анализа работ по математической и химической дидактике, а также исследований, посвященных метапредметным задачам и таксономии учебных целей, обоснована трехкомпонентная структура сложности задачи (предметная, математическая, эвристическая).

Использование лингвистических переменных и функций принадлежности позволяет формализовать экспертные мнения преподавателей о сложности задач и получить интегральный индекс, который может быть включен в спецификацию задачи в ФОС. Практическая реализация модели на материале задач по химии показала, что такой индекс обеспечивает более тонкое ранжирование задач и позволяет конструировать контрольные работы с заданным профилем сложности.

Методологические основания подхода имеют междисциплинарный характер: триада сложности и нечеткая модель

могут быть перенесены на курсы других предметных областей, где ведущую роль играют учебные задачи. В перспективе модель может быть интегрирована в цифровые банки заданий и системы тестирования, обеспечивая автоматизированное формирование вариантов работ и поддержку педагогических решений при проектировании ФОС.

**References**

1. Tarasova, N.V., Pastukhova, I.P., Chigrina, S.G. Some aspects of methodological support for teachers in the context of the digitalization of general education. *Prospects for Science and Education*. 2021. No. 5 (53). Pp. 481–494.

2. Зудин В.Л., Маланов А.Г., Шевчук В.Ф. Фонд оценочных средств по дисциплине как фактор повышения качества обучения // *Агроинженерия*. 2013. № 4. С. 25–33.
3. Демаков В.И., Голодков Ю.Э. Назначение и перспективы использования фондов оценочных средств для совершенствования образовательной деятельности // *Международ. науч.-исслед. журн.* 2016. № 7-2 (49). С. 8–10.
4. Вдовина С.А. Разработка фонда оценочных средств в условиях реализации федеральных государственных образовательных стандартов // *Концепт*. 2013. № 3 (19). С. 144–150.
5. Положение о фондах оценочных средств образовательных программ высшего образования: утв. решением Ученого совета СПбПУ от 23.04.2018 № 3. СПб., 2018. URL: <https://www.spbstu.ru/upload/dmo/pol-fos-10-07-2017.pdf> (дата обращения: 22.04.2025).
6. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/) (дата обращения: 12.04.2025).
7. Положение о фонде оценочных средств образовательных программ среднего профессионального и высшего образования – программ бакалавриата, программ специалитета, программ магистратуры в Дагестанском государственном университете. Махачкала, 2023. URL: [https://dgu.ru/files-oop/Polojenie\\_o\\_FOS\\_2023.pdf](https://dgu.ru/files-oop/Polojenie_o_FOS_2023.pdf) (дата обращения: 18.04.2025).
8. Михайлова Н.С., Минин М.Г., Муратова Е.А. Разработка фонда оценочных средств в проектировании образовательных программ: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского гос. пед. ун-та, 2007. 227 с.
9. Колягин Ю.М. Задачи в обучении математике: в 2 ч. М.: Просвещение, 1977.
10. Цукарь А.Я. О типологии математических задач // *Современные проблемы обучения математике*: сб. ст. М.: Просвещение, 1985. С. 15–18.
11. Фридман Л.М. Сюжетные задачи по математике: история, теория, методика. М.: Школьная пресса, 2002. 208 с.
12. Шаповаленко С.Г. Методика обучения химии. М.: Учпедгиз, 1963. 668 с.
13. Методика решения задач по химии: учебно-методическое пособие (Сост. Е.В. Лагуткина). Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2014. 44 с.
14. Ерыгин Д.П., Шишкин Е.А. Методика решения задач по химии: учеб. пособие. М., 1989. 173 с.
15. Бунькова Е.А., Русскина И.С. Химическая задача и ее роль в учебно-воспитательном процессе // *Вопросы науки и образования*. 2020. № 3 (87). С. 120–123.
16. Оржековский П.А. О психолого-педагогических требованиях к творческой задаче по химии // *Химия в школе*. 1997. № 6. С. 53–65.
17. Трухина М.Д. Познавательные задачи по химии: педагогический и методический аспекты // *Наука и школа*. 2015. № 5. С. 93–100.
18. Рединова А.А. Формирование метапредметных умений и навыков: типология задач // *Преподаватель XXI век*. 2018. № 1. С. 189–197.
19. Расулова Н.Ф., Акрамова Л.Ю., Рахимова Д.У. Таксономия учебных целей Блума в 21 веке // *Теория и практика современной науки*. 2017. № 1 (19). С. 828–832.
20. Андрияшкова О.В., Буданова А.А. Построение иерархии задач по химии на основе типологизации // *Естественнонаучное образование: методические основы разработки заданий по химии*: сб-к. М.: МГУ, 2022. Т. 18. С. 193–206.
21. Каверина А.А., Молчанова Г.Н., Свириденкова Н.В., Сностина М.Г. Из опыта разработки заданий по оценке естественнонаучной грамотности школьников при обучении химии // *Педагогические измерения*. 2017. № 2. С. 91–96.
22. Бадалян Е.Р. Организация учебной деятельности студентов на основе типологии учебных задач // *Качество дистанционного образования, новые технологии управления бизнесом. Концепции, проблемы, решения: Материалы XVIII Международной научно-практической конференции, 14 декабря 2016 г.* Жуковский: Международный институт менеджмента ЛИНК, 2017. С. 5–6.
2. Zudin, V.L., Malanov, A.G., Shevchuk, V.F. The fund of assessment tools for the discipline as a factor in improving the quality of education. *Agroengineering*. 2013. No. 4. Pp. 25–33.
3. Demakov, V.I., Golodkov, Yu.E. Purpose and prospects of using assessment tools to improve educational activities. *International Scientific Research Journal*. 2016. No. 7-2 (49). Pp. 8–10.
4. Vdovina, S.A. Development of an assessment toolkit in the context of implementing federal state educational standards. *Concept*. 2013. No. 3 (19). Pp. 144–150.
5. Regulations on assessment tools for higher education programs: approved by decision of the Academic Council of SPbPU No. 3 dated April 23, 2018. St. Petersburg, 2018. URL: <https://www.spbstu.ru/upload/dmo/pol-fos-10-07-2017.pdf> (accessed on: 22.04.2025).
6. Federal Law No. 273-ФЗ of December 29, 2012, "On Education in the Russian Federation." URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_140174/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/) (accessed on: 12.04.2025).
7. Regulations on the fund for evaluating educational programs of secondary vocational and higher education – bachelor's programs, specialist programs, master's programs at Dagestan State University. Makhachkala, 2023. URL: [https://dgu.ru/files-oop/Polojenie\\_o\\_FOS\\_2023.pdf](https://dgu.ru/files-oop/Polojenie_o_FOS_2023.pdf) (accessed on: 18.04.2025).
8. Mikhailova, N.S., Minin, M.G., Muratova, E.A. Development of an assessment tool fund in the design of educational programs: textbook. Tomsk: Tomsk State Pedagogical University Press, 2007. 227 p.
9. Kolyagin, Yu.M. Tasks in teaching mathematics: in 2 parts. Moscow: Prosveshchenie, 1977.
9. Kolyagin, Yu.M. Problems in Teaching Mathematics: in 2 parts. Moscow: Prosveshchenie, 1977.
10. Tsukar, A.Ya. On the Typology of Mathematical Problems. In: *Contemporary Problems in Teaching Mathematics: collection of articles*. Moscow: Prosveshchenie, 1985. Pp. 15–18.
11. Friedman, L.M. Story Problems in Mathematics: History, Theory, Methodology. Moscow: Shkolnaya Pressa, 2002. 208 p.
12. Shapovalenko, C.G. Methods of Teaching Chemistry. Moscow: Uchpedgiz, 1963. 668 p.
13. Methods for Solving Problems in Chemistry: Teaching Guide (Compiled by E.V. Lagutkina). Barnaul: Alt. University Press, 2014. 44 p.
14. Erygin, D.P., Shishkin, E.A. Methods for Solving Chemistry Problems: Teaching Aid. Moscow, 1989. 173 p.
15. Bunkova, E.A., Russkina, I.S. Chemical problems and their role in the educational process. *Issues of Science and Education*. 2020. No. 3 (87). Pp. 120–123.
16. Orzhekovsky, P.A. On the psychological and pedagogical requirements for creative tasks in chemistry. *Chemistry at school*. 1997. No. 6. Pp. 53–65.
17. Trukhina, M.D. Cognitive tasks in chemistry: pedagogical and methodological aspects. *Science and school*. 2015. No. 5. Pp. 93–100.
18. Redinova, A.A. Formation of meta-subject skills and abilities: typology of tasks. *Teacher of the 21st Century*. 2018. No. 1. Pp. 189–197.
19. Rasulova, N.F., Akramova, L.Yu., Rakhimova, D.U. Taxonomy of Bloom's educational objectives in the 21st century. *Theory and practice of modern science*. 2017. No. 1 (19). Pp. 828–832.
20. Andryushkova, O.V., Budanova, A.A. Building a hierarchy of chemistry tasks based on typology. In: *Natural science education: methodological foundations for developing chemistry tasks: collection*. Moscow: Moscow State University, 2022. Vol. 18. Pp. 193–206.
21. Kaverina, A.A., Molchanova, G.N., Sviridenkova, N.V., Snostina, M.G. From the experience of developing tasks for assessing the natural science literacy of schoolchildren in chemistry education. *Pedagogical Measurements*. 2017. No. 2. Pp. 91–96.
22. Badalyan, E.R. Organization of students' educational activities based on the typology of educational tasks. *Quality of distance education, new business management technologies. Concepts, problems, solutions: Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference, December 14, 2016*. Zhukovsky: International Institute of Management LINK, 2017. Pp. 5–6.

23. Zadeh L.A. Fuzzy sets // *Information and Control*. 1965. Vol. 8 (3). Pp. 338–353.
24. Kulkari A.P. Fuzzy Logic Fundamentals // *Computer Vision and Fuzzy-neural Systems*. Prentic Hall, 2001. Pp. 61–103.
25. Митин А.И., Филочева Т.А. Оценка качества образовательных услуг: моделирование на базе теории нечетких множеств и нечеткой логики // *Моделирование и анализ данных*. 2016. № 1. С. 3–20.
26. Медведева И.Н., Мартынюк О.И., Панькова С.В., Соловьева И.О. О подходах к формированию фонда оценочных средств по образовательной программе // *Вестник Псковского государственного университета*. Серия: Естественные и физико-математические науки. 2015. № 7. С. 75–91.
27. Фёдорова И.В., Мясин Д.А. Фонд оценочных средств в учебном процессе: новые подходы к формированию и применению на основе ФГОС // *Ученые записки Санкт-Петербургского имени В.Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии*. 2012. № 2 (42). С. 187–197.
28. Боровков А.И., Киселева К.Н., Романов П.И. Нормативные правовые и методические основы формирования фондов оценочных средств основных образовательных программ высшего образования // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Гуманитарные и общественные науки*. 2016. № 2 (244). С. 131–139.
29. Познавательные задачи в обучении гуманитарным наукам (Под ред. И.Я. Лернера). М.: Педагогика, 1972. 239 с.
30. Рыжов А.П. Элементы теории нечетких множеств и ее приложений. URL: <http://intsys.msu.ru/staff/ryzhov/FuzzySetsTheoryApplications.htm> (дата обращения 12.04.2025).
31. Чернов В.Г. Основы теории нечетких множеств. Решение задач многокритериального выбора альтернатив: учеб. пособие. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2005. 100 с.
32. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.
33. Нечеткие математические модели. URL: [https://moodle.nirhtu.ru/pluginfile.php/13997/mod\\_folder/content/0/Лекции/Нечеткие%20математические%20модели.pdf?forcedownload=1](https://moodle.nirhtu.ru/pluginfile.php/13997/mod_folder/content/0/Лекции/Нечеткие%20математические%20модели.pdf?forcedownload=1) (дата обращения 12.04.2025).
34. Андрияшкова О.В., Григорьев С.Г. Методика оценки качества обучения на основе негэнтропии // *Информатика и образование*. 2019. № 34 (10). С. 37–45.
35. Thakur P., Kaczyńska A., Gandotra N. et al. The Application of the New Pythagorean Fuzzy Entropy to Decision-Making using Linguistic Terms // *Procedia Comput. Sci*. 2022. Vol. 207. Pp. 4525–4534.
36. Андрияшкова О.В., Зарипов А.А. О типологии олимпиадных задач // *Химия в школе*. 2023. № 5. С. 57–63.
37. Андрияшкова О.В., Зарипов А.А. Конструирование ФОС на основе типологии задач и нечетких множеств // *Alma mater (Вестник высшей школы)*. 2024. № 6. С. 32–40. <http://doi.org/10.20339/AM.06-24.032>
23. Zadeh, L.A. Fuzzy sets. *Information and Control*. 1965. Vol. 8 (3). Pp. 338–353.
24. Kulkari, A.P. Fuzzy Logic Fundamentals. In: *Computer Vision and Fuzzy-neural Systems*. Prentic Hall, 2001. Pp. 61–103. (In Eng.)
25. Mitin, A.I., Filicheva, T.A. Assessment of the quality of educational services: modeling based on fuzzy set theory and fuzzy logic. *Modeling and Data Analysis*. 2016. No. 1. Pp. 3–20.
26. Medvedeva, I.N., Martynyuk, O.I., Pankova, S.V., Solovyova, I.O. Approaches to the formation of an assessment toolkit for educational programs. *Vestnik of Pskov State University. Series: Natural and Physical-Mathematical Sciences*. 2015. No. 7. Pp. 75–91.
27. Fedorova, I.V., Myachin, D.A. Assessment tools in the educational process: new approaches to their development and application based on the Federal State Educational Standards. *Scientific Notes of the V.B. Bobkov St. Petersburg Branch of the Russian Customs Academy*. 2012. No. 2 (42). Pp. 187–197.
28. Borovkov, A.I., Kiseleva, K.N., Romanov, P.I. Regulatory, legal, and methodological foundations for the formation of assessment tools for basic higher education programs. *Scientific and Technical Gazette of St. Petersburg State Polytechnic University. Humanities and Social Sciences*. 2016. No. 2 (244). Pp. 131–139.
29. Cognitive Tasks in Teaching Humanities (Edited by I.Ya. Lerner). Moscow: Pedagogy, 1972. 239 p.
30. Ryzhov, A.P. Elements of fuzzy set theory and its applications. URL: <http://intsys.msu.ru/staff/ryzhov/FuzzySetsTheoryApplications.htm> (accessed on: 12.04.2025).
31. Chernov, V.G. Fundamentals of Fuzzy Set Theory. Solving Multi-Criteria Alternative Selection Problems: Textbook. Vladimir: VLSU Publishing House, 2005. 100 p.
32. Leonenkov, A.V. Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH. St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2005. 736 p.
33. Fuzzy mathematical models. URL: [https://moodle.nirhtu.ru/pluginfile.php/13997/mod\\_folder/content/0/Лекции/Нечеткие%20математические%20модели.pdf?forcedownload=1](https://moodle.nirhtu.ru/pluginfile.php/13997/mod_folder/content/0/Лекции/Нечеткие%20математические%20модели.pdf?forcedownload=1) (accessed on: 12.04.2025).
34. Andryushkova, O.V., Grigoriev, S.G. Methodology for assessing the quality of teaching based on negentropy. *Informatics and Education*. 2019. No. 34 (10). Pp. 37–45.
35. Thakur, P., Kaczyńska, A., Gandotra, N. et al. The Application of the New Pythagorean Fuzzy Entropy to Decision-Making using Linguistic Terms. *Procedia Comput. Sci*. 2022. Vol. 207. Pp. 4525–4534. (In Eng.)
36. Andryushkova, O.V., Zaripov, A.A. On the Typology of Olympiad Problems. *Chemistry at School*. 2023. No. 5. Pp. 57–63.
37. Andryushkova, O.V., Zaripov, A.A. Designing FOS based on the typology of problems and fuzzy sets. *Alma mater (Vestnik vysshey shkoly)*. 2024. No. 6. Pp. 32–40. <http://doi.org/10.20339/AM.06-24.032>