

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ.  
ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

DOI: 10.6060/ivecofin.2022522.607

УДК: 004.8

**МЕМОИЗАЦИЯ И АГРЕГАЦИЯ В ВИЗУАЛИЗАЦИИ  
ПОСТРОЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ**

**А.О. Макшанова, М.Ф. Зимнуров**

Анна Олеговна Макшанова (ORCID 0000-0001-5708-2682)  
Российский Химико-Технологический университет им. Д.И. Менделеева, Миусская площадь, 9, стр.33,  
Москва, 125047, Россия  
E-mail: annmakshanova@yandex.ru

Марат Фаридович Зимнуров (ORCID 0000-0002-3115-0912)  
Ивановский государственный химико-технологический университет, просп. Шереметевский, 7, Ива-  
ново, 153000, Россия  
E-mail: zimtir@mail.ru

*Статья посвящена проблеме внедрения и использования информационных технологий в химических исследованиях. Целью работы является выработка методов автоматизации и оптимизации проведения химических исследований с помощью таких инструментов как визуализация экспериментов, структурных формул, свойств исследуемого вещества. Предполагается, что использование вычислительных средств поможет упростить подбор начальных условий и значительно сократить время проведения эксперимента, так как на основе заранее известных свойств веществ и условий, заданных пользователем, система выдаст все возможные результаты, такие как возможность или невозможность протекания реакции, теоретический выход и т.д., тем самым давая пользователю возможность отказаться от бесперспективных вариантов проведения эксперимента на этапе планирования. Ещё одной возможной задачей информационной системы является анализ научных источников литературы, различных патентов, публикаций. Для упрощения запроса и снижения порога вхождения предлагается использовать голосовой ввод. Реализация информационной системы основана на парадигме событийно-ориентированного программирования, как стандартного шаблона при разработке и создании информационных систем со сложными структурами данных. Главной идеей, на основе которой основана работа информационной системы, является то, что информация или знание является объектом, который поддается основным методам работы с данными (агрегация, группировка и т. д.). На основе анализа требований, предъявляемых к системе, был сформулирован универсальный алгоритм построения информационных систем, включающий в себя такие важные шаги, как выделение частных свойств системы, выстраивание таблицы переходов, сопоставление с образцом, использование методов машинного обучения для самосовершенствования системы, возможность получения дополнительных данных, и вывод данных в удобном для конечного пользователя виде.*

**Ключевые слова:** автоматизация химических процессов, генетические алгоритмы, пользовательский опыт, пользовательские интерфейсы, конечные автоматы, генеративная химия, предиктивные модели.

**MEMOIZATION AND AGGREGATION IN THE VISUALIZATION  
OF THE CHEMICAL COMPOUNDS CONSTRUCTION**

**A.O. Makshanova, M.F. Zimnurov**

Anna O. Makshanova (ORCID 0000-0001-5708-2682)  
Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 9 Miusskaya Square, Moscow, 125047, Russia  
E-mail: annmakshanova@yandex.ru

Marat F. Zimnurov (ORCID 0000-0002-3115-0912)  
Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Sheremetevsky ave., 7, Ivanovo, 153000, Russia  
E-mail: zimtir@mail.ru

*The article is devoted to the problem of the introduction and use of information technologies in chemical research. The aim of the paper is to develop methods of automation and optimization of chemical research with the help of such tools as visualization of experiments, structural formulas, properties of the studied substance. It is expected that the use of calculating tools, will help to simplify the selection of initial conditions and significantly reduce the time of the experiment, as on the basis of known properties of substances and conditions specified by the user, the system will give all the possible results, such as possibility or inability of the reaction, theoretical yield, etc., thus giving the user the opportunity to abandon unpromising options for the experiment at the planning stage. Another possible purpose of the information system is to analyze scientific sources of literature, various patents, and publications. To simplify the query and reduce the entry barrier it is proposed to use voice input. The realization of the information system is based on the paradigm of event-driven programming as a standard pattern in the design and creation of information systems with complex data structures. The main idea on which the information system is based is that information or knowledge is an object that lends itself to basic methods of working with data (aggregation, clustering, etc.). Based on the analysis of system requirements, a generic algorithm for construction of information systems has been formulated, which involves such significant steps as allocation of specific properties of the system, construction of a transition table, comparison with a sample, use of machine learning methods for self-improvement of the system, possibility of obtaining additional data, and data output in an end-user-friendly form.*

**Keywords:** chemical process automation, genetic algorithms, user experience, user interfaces, finite state machine, generative chemistry, predictive models.

#### Для цитирования:

Макшанова А.О., Зимнуров М.Ф. Мемоизация и агрегация в визуализации построения химических соединений. *Известия высших учебных заведений. Серия «Экономика, финансы и управление производством» [Ивэкофин]*. 2022. № 02(52). С.106-111. DOI: 10.6060/ivecofin.2022522.607

#### For citation:

Makshanova A.O., Zimnurov M.F. Memoization and aggregation in the visualization of the chemical compounds construction. *Ivecofin*. 2022. N 02(52). С.106-111. DOI: 10.6060/ivecofin.2022522.607 (in Russian)

#### ВВЕДЕНИЕ

Пересечение фундаментальных наук позволяет совершать интересные и очень перспективные открытия. Синергия химии и программирования позволяет оптимизировать и автоматизировать стандартные рабочие процессы, таким образом, хорошим примером может быть химическая визуализация. Визуализация представляет собой совокупность приёмов представления числовой информации или физического явления в виде, удобном для зрительного наблюдения. В химии же визуализация – это аналитическая возможность создания некоего визуального образа распределения компонентов на основе одновременного измерения спектров и пространственной, временной информации. Общими словами, визуализация есть способ представления информации, к примеру, химического соединения, в виде изображения (видео, анимации, абстрактной модели в виде конечных автоматов с таблицами переходов и так далее), удобного для более полного и точного восприятия данной информации, а также использования соиздания пользовательского опыта путем комбинирования UI/UX методов.

Ученые-химики - это люди, имеющие помимо практических навыков, большой пласт теоретических знаний. Теоретический столп можно

представить в виде отдельной системы, некоей базы данных на подобии Википедии, которая в соответствии с классическими подходами по типу кроссинговера путем использования генетических алгоритмов обеспечивает высокопроизводительную индексацию элементов и/или ключей. Так, информация станет воспроизводиться достаточно быстро в сравнении с методом грубого перебора (грубой силы), а также будет способна к разложению на таблицу переходов к заранее построенным конечным автоматам. Раньше аппаратами математики достичь подобного было сложнее, так как требовались ученые, большого влияния имели человеческий фактор и лимиты возможностей вычисления в конкуренции с ЭВМ. Сейчас же технологии искусственного интеллекта и машинного обучения в совокупности с генетическими алгоритмами, подобно «Deus Ex Machina», способны самостоятельно все это реализовать при правильной конфигурации.

#### МАТЕРИАЛЫ

Видов визуализации и представления химических данных существует большое множество. Среди них уравнения реакций, структурные формулы, схемы и цепочки превращений, таблицы свойств и характеристик. Многие информационные системы по работе с химией в качестве объекта изучения позволяют упростить этот процесс.

К примеру, поисковый инструмент индексации Reaxsys агрегирует такие данные, как химические соединения, химические реакции, свойства, связанные библиографические данные, а также обладает набором функций для планирования синтеза, демонстрации экспериментальных процедур из различных журналов и патентов. Следовательно, одним из материалов является информация\знание, поддающееся агрегации, группировке и прочим методам выбора и работы с данными.

Перед химиками в лаборатории часто стоит задача создания новых химических соединений, обладающих заданными свойствами или строением. Для этого необходимо проведение анализа научной литературы, поиска ресурсов, подбора методики и условий синтеза. Следовательно, сама процедура синтеза является материалом, так же, как и все предшествующие и последующие ей процессы и результаты, такие как пробоподготовка, приготовление рабочих растворов, процесс смешения и т. д.

#### МЕТОДЫ

Для автоматизации работы над данными материалами хорошо применимы следующие методы. Например, концепция функционального программирования, включающая в себя методы агрегации, монады и мемоизации, позволяет с легкостью избавиться от “побочных эффектов” при обработке информации, что достаточно важно в сравнении с использованием других концепций вроде объектно-ориентированного программирования, ведь при работе с потенциально опасными материалами необходимо сохранить идемпотентность и быть уверенным, что на каждом из этапов перехода по конечным автоматам с исходным материалом не произойдет неявных преобразований. Поскольку взаимодействие пользователя с информационной системой нуждается в минимизации затрат времени на пользовательский ввод, стоит учесть, что средняя скорость речи достигает 700 знаков в минуту, когда как скорость печати в среднем порядка 200–300 символов в минуту, а при работе с узконаправленной наукой вроде химии эти показатели могут быть замедлены в еще больших масштабах. Следовательно, если настроить абстракцию таким образом, чтобы пользователь системы имел возможность голосом вводить сложные химические материалы, будет достигнута максимально удобная абстракция с точки зрения “пользовательского опыта в пользовательских интерфейсах”. Однако стоит учесть, что, с одной стороны, “обработка естественного языка” является достаточно трудозатратной технологией и от языка к языку видоизменяется, сталкиваясь с работой с “регулярными

выражениями” и “мощностью алфавита”. С другой стороны, химическая наука уже использует нотации для записи и, также, как и математика, она способна быть однозначно прочитана вне зависимости от контекст-ориентированности языка, тем самым имеет возможность достигнуть все той же «идемпотентности».

Методы построения систем с вычислениями в реальном времени позволяют пользователям использовать систему не только как «ввод-вывод», но и как перемещение между переходами в конечном автомате, а значит, пользователь может в реальном времени видеть, как происходит, к примеру, запланированный им синтез. Стоит отметить, что предиктивное поведение модели генеративных алгоритмов также позволяет дополнить предыдущий метод с помощью инструментов статистики и теории вероятности, а значит, построить возможные исходы, к примеру запланированного пользователем синтеза, без четкого понимания результата, тем самым позволив системе генерировать открытия и неоднозначность поведения.

Используя стандартные шаблоны проектирования информационных систем, и структуры данных, имеет место использование парадигмы EDD (Event Driven Development), представляющую собой событийно-ориентированную модель, где с точки входа («событие») наблюдается «расширяемость (Open Closed Principle from SOLID)» итогового результата, даже при использовании “рекурсивных” или “рефлексивных” методов. Подобные применения можно наблюдать в Булевой алгебре, например, дистрибутивность, дополнительность и ассоциативность.

#### ДИСКУССИЯ

##### Подготовительный этап

Для начала необходимо декомпозировать визуализацию и понять алгоритм написания структурной формулы химического соединения как элемента визуализации. Иными словами, нужно выяснить так называемую нотацию. Существует три нотации: брутто-формула, структурная формула, SMILES-формула. Наиболее однозначной и стандартизированной формой представления является структурная формула. Из нее можно объединить в кластеры составные части визуализации химического элемента, где ключом будет свойство, а значение - частью визуализации. В табл. 1 представлено сопоставление свойств представленных структурных формул к элементам конечных автоматов.

Из остальных свойств можно создать единую базу для дальнейшего масштабирования, к примеру, для обеспечения мгновенного поиска и модели предсказания свойств на основе пользовательского ввода. Поскольку система целиком

представляет собой конечный автомат, а функциональное программирование, как говорилось в описании методов, не допускает побочных эффектов, можно явно составить таблицу переходов для элементов. Это позволит, во-первых, обеспечить плавные переходы и предсказания, а, во-вторых, обеспечить последовательную проверку свойств и их взаимосвязей.

**Таблица 1. Сопоставление свойств структурных формул к элементам конечных автоматов**

**Table 1. Matching of structural formula properties to elements of state machine**

Имя свойства	Визуализация структурных формул	Значение в информационной системе
Кратность связи	Количество черточек от 1 до 3	Рациональное число
Молекула – радикал	Точка	Позиция в виде целого числа
Наличие неподеленной электронной пары	Две точки	Позиция в виде целого числа
Заряды на атомах	Плюс/минус	Рациональное число
Наличие сопряженной системы	Пунктирные линии/круг	Целое число/ Позиция в виде целого числа

Сбор функциональных требований и подготовка данных

После проведения сегрегации стало понятно, что осталось научить компьютерную программу генерировать визуализацию по требованию пользователя. Все начинается с того, что пользователь с помощью голосового ввода делает запрос, называя свойства и характеристики, описывает требуемое соединение. При вводе на каждый ключ модель параллельно строит ряд возможных элементов, ориентируясь на возможность пересечения свойств под заданные параметры. Это реализует рекурсивный обход структуры данных «Мар».

Решаемые задачи.

**Поиск необходимого элемента.** Больше не требуется иметь обширный объём теоретической информации, достаточно владеть базовыми представлениями о свойствах исследуемых веществ. Компьютерная программа предоставит все необходимые данные, так как вся информация проиндексирована. Хорошим примером может считаться «Elastic Search» и «Elixir OTP» при работе с огромным потоком данных.

**Предсказание возможных исходов эксперимента.** Не нужно проводить дополнительных экспериментов, так как внутреннее моделирование в системе по изначально известным свойствам исходных соединений способно в кратчайшие сроки просчитать вероятность, выдать пропорции и проценты результата. К примеру, пользователь планирует синтез и вводит в программу запрос: «Смешать вещество X с веществом Y при нагревании», система, проанализировав свойства веществ X и Y при их взаимодействии при повышенной температуре, может выдать результаты проведения реакции, в том числе и неблагоприятные, такие как: отсутствие взаимодействия, маленький выход конечного продукта, вероятность опасности или взрыва. При фармакологических исследованиях на основе огромного количества информации в базах данных и других открытых источниках, модель генетических алгоритмов способна очень быстро найти уже известные патенты, статьи, и другие публикации [24].

**Различные режимы работы.** Существует большое множество различных узконаправленных специалистов (синтетики, аналитики и т. д.), для каждого из которых есть конечные автоматы. При запуске программы пользователь выбирает нужный ему режим работы, или же система, исходя из введенного запроса, включает нужный режим работы, давая пользователю работать только функционалом из специальных пресетов [23]. Высокая отказоустойчивость предотвращает возможность программного сбоя, например, за счёт «OTP Elixir» технологий, а значит все данные будут поступать без прерывания. Это позволит не нарушать целостности расчётов, а также переключаться между предиктивным режимом и режимом эксперимента или поиска свойств в кратчайшие сроки.

Порог входа. Чаще всего для совершения научных открытий и проведения химических исследований необходимо обладать достаточно глубокими фундаментальными теоретическими знаниями. Если необходимость владеть теоретическим фундаментом пропадет, а нужно лишь освоить функционал небольшой программы с минималистичным интерфейсом, тогда появляется пространство для любителей и широкопрофильных специалистов. ПО будет выступать в роли химического консультанта со знанием теоретического столпа. Более того, постановка всех экспериментов может выполняться другой машиной, или же нейросетью. Таким образом, можно добиться обучения с учителем, где последним выступает другая нейронная сеть [14].

#### **Алгоритм построения системы**

Исходя из всего вышеописанного, необходим следующий набор действий, составляющих универсальный алгоритм:

1. Выделение частных свойств системы (превращение структурных химических элементов для компьютера в набор формальных символов (алфавит для конечного автомата)).

2. Выстраивание таблицы переходов на основе частных свойств системы для дистрибуции и следования алгебре логики Буля, что позволяет плавно переходить от одной модификации к другой.

3. Сопоставление с образцом (Pattern matching). Для выстраивания паттерна “строится” так называемый мост между словом и символом для ввода данных и настройки вывода данных.

4. Постоянное повышение точности и скорости получения данных за счёт самосовершенствования генетического алгоритма (старт с 10% прироста, далее повышение до некоего максимума).

5. Адаптация модели генетического алгоритма к возможности получения дополнительных данных (свойств, расширения таблиц, то есть условный человеческий фактор обладания избыточной информацией для повышения качества результатов и оптимизации функций их сбора).

6. Вывод результата, исходя из третьего шага в удобном для прочтения пользовательском виде на основе его предпочтений [15-22].

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог вышесказанному, стоит отметить, что программное обеспечение способно позволить не только облегчить, автоматизировать и улучшить процессы, производимые в химической лаборатории, но и экономить достаточное количество времени для пользователя. Поиск информации будет производиться гораздо быстрее, так как от пользователя будет требоваться лишь голосовой (или текстовый) ввод запроса, а все искательные процедуры будут производить непосредственно алгоритмы программы.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare no conflict of interest.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Карпенко А.П.** Основные сущности популяционных алгоритмов для задачи глобальной оптимизации. *Информационные и математические технологии в науке и управлении*. 2016. №2. С.8-17.
2. **Булатов Ю.Н., Крюков А.В.** Применение генетических алгоритмов для настройки автоматических регуляторов установок распределенной генерации. *Информационные и математические технологии в науке и управлении*. 2016. №2. С.30-45.
3. **Кошев А.Н., Салмин В.В., Генералова А.А., Бычков Д.С.** Разработка генетического алгоритма с адаптивными мутациями для определения глобального экстремума функции n-переменных. *Интернет-журнал «Наукоеведение»*. 2016. №6. Том 8.
4. **Варшавский П.Р., Алехин Р.В., Мьо Ар Кар, Кхайнг Зо Лин** Реализация прецедентного модуля для интеллектуальных систем. *Программные продукты и системы*. 2015. №2 (110). С.26-31.
5. **Макарова Е.С.** Исследование влияния параметров нечеткой модели на точность классификации прецедентов. *Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика*. 2016. №4. С. 7-18.
6. **Варшавский П.Р., Алехин Р.В., Козhevnikov А.В.** Разработка прецедентного модуля для идентификации сигналов при акустико-эмиссионном мониторинге сложных технических объектов. *Программные продукты и системы*. 2019. №2. С.207-213.
7. **Мызников П.В.** Разработка прецедентно-ориентированного подхода обратного реинжиниринга web-интерфейсов. *Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии*. 2018. Том 16. №4. С.115-126.
8. **Варшавский П.Р., Кхайнг Зо Лин, Мьо Ар Кар** Применение методов поиска решения на основе прецедентов в информационных поисковых системах. *Программные продукты и системы*. 2013. №3. С. 114-119.
9. **Куприянова Н.И.** Концептуальная модель кластеризации данных. *Известия Южного федерального университета. Технические науки*. 2012. № 4(129). С. 256-260.

#### REFERENCES

1. **Karpenko A.P.** The main essences of population algorithms for the global optimization problem. *Information and mathematical technologies in science and management*. 2016. N2. P. 8-17. (in Russian).
2. **Bulatov Yu.N., Kryukov A.V.** Application of genetic algorithms for setting up automatic regulators of distributed generation installations. *Information and mathematical technologies in science and Management*. 2016. N2. P. 30-45. (in Russian).
3. **Koshev A.N., Salmin V.V., Generalova A.A., Bychkov D.S.** Development of a genetic algorithm with adaptive mutations to determine the global extremum of the function of n-variables. *Online journal "Naukovedenie"*. 2016. N 6. Vol. 8. (in Russian).
4. **Varshavsky P.R., Alekhin R.V., Myo Ar Kar, Khaing Zo Lin** Implementation of a precedent module for intelligent systems. *Software products and systems*. 2015. N 2 (110). P. 26-31. (in Russian).
5. **Makarova E.S.** Investigation of the influence of fuzzy model parameters on the accuracy of precedent classification. *Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Engineering, and Informatics*. 2016. N 4. P.7-18. (in Russian).
6. **Varshavsky P.R., Alekhin R.V., Kozhevnikov A.V.** Development of a precedent module for signal identification during acoustic emission monitoring of complex technical objects. *Software products and systems*. 2019. N 2. P. 207-213. (in Russian).
7. **Myznikov P.V.** Development of a case-oriented approach to reverse reengineering of web interfaces. *Bulletin of Novosibirsk State University. Series: Information Technologies*. 2018. Vol. 16. N 4. P. 115-126. (in Russian).
8. **Varshavsky P.R., Khaing Zo Lin, Myo Ar Kar** Application of methods for finding solutions based on precedents in information search engines. *Software products and Systems*. 2013. N 3. P. 114-119. (in Russian).
9. **Kupriyanova N.I.** Conceptual model of data clustering. *News of the Southern Federal University. Technical Sciences*. 2012. N 4 (129). P. 256-260. (in Russian).

10. Кучеренко Е.И., Глушенкова И.С., Глушенков С.А. Нечеткое разбиение объектов на основе критериев плотности. *Радиоэлектроника, информатика, управление*. 2016. №1. С.32-39.
11. Суркова А.С., Буденков С.С. Построение модели и алгоритма кластеризации в интеллектуальном анализе данных. *Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского*. 2012. №2-1. С.198-202.
12. Асмус В.В., Бучнев А.А., Пяткин В.П. Жесткая и нечеткая кластеризация данных дистанционного зондирования Земли. *Журнал Сибирского федерального университета. Техника и технологии*. 2016. Том 9. №7. С. 972-978.
13. Сивоголовко Е.В. Методы оценки качества четкой кластеризации. *Компьютерные инструменты в образовании*. 2011. №4. С. 14-31.
14. Jeff Wu, Long Ouyang, Daniel M. Ziegler, Nisan Stiennon, Ryan Lowe, Jan Leike, Paul Christiano Recursively summarizing books with human feedback. <https://arxiv.org/abs/2109.10862>.
15. Зимнуров М.Ф., Макшанова А.О. Интроспекция биохимических процессов с использованием биок cyberнетических методов. *Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством [Ивэкофин]*. 2021. №2 (48). С. 128-134.
16. Астраханцева И.А., Савина А.С., Астраханцев Р.Г. Криптовалюта как феномен платежа в современной цифровой экономике. *Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством [Ивэкофин]*. 2019. № 4(42). С. 3-10. EDN ZDYNOP.
17. Астраханцева И.А. Методология нелинейного динамического управления стоимостью компании: монография. Иваново: ИГЭУ. 2011. 171 с. ISBN 978-5-89482-775-9. EDN QUSMWL.
18. Астраханцева И.А. Методология финансового анализа в рамках экономических экспертиз: монография. Иваново: ИГХТУ. 2021. 236 с. EDN VAKVUL.
19. Астраханцева И.А. Фрактальная финансовая модель стоимости компании. *Аудит и финансовый анализ*. 2011. № 3. С. 70-75. EDN NXVNXB.
20. Астраханцева И.А., Дубов Д.А., Кутузова А.С. Комплаенс-контроль в коммерческом банке. *Аудит и финансовый анализ*. 2015. № 2. С. 288-293. EDN TOPGVJ.
21. Астраханцева И.А., Астраханцев Р.Г. Экономическая сущность и правовой статус криптовалют. *Известия высших учебных заведений. Серия: Экономика, финансы и управление производством [Ивэкофин]*. 2020. № 4(46). С. 3-13. DOI 10.6060/ivecofin.2020464.502. EDN ITQSLJ.
22. Gordina N.E., Borisova T.N., Klyagina K.S., Astrakhantseva I.A., Ilyin A.A., Rumyantsev R.N. Investigation of NH<sub>3</sub> Desorption Kinetics on the LTA and SOD Zeolite Membranes. *Membranes*. 2022. Vol. 12. N 2. P. 147. DOI: 10.3390/membranes12020147. EDN RPUMUD.
23. Зайцев В.А., Головушкин Б.А., Гримицкий П.Н., Ерофеева Е.В. Математическое моделирование работы системы перемещения полотна в процессе отбеливания ткани. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2021. Т. 64. Вып. 12. С. 91-97 DOI: 10.6060/ivkkt.20216412.6452.
24. Гусев Г.И., Гушин А.А., Гриневич В.И., Извекова Т.В., Квиткова Е.Ю., Рыбкин В.В. Деструкция водных растворов 2,4-дихлорфенола в плазменно-каталитическом реакторе барьерного разряда. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2021. Т. 64. Вып. 11. С. 103-111 DOI: 10.60/ivkkt.20216411.6507.
10. Kucherenko E.I., Glushenkova I.S., Glushenkov S.A. Fuzzy partitioning of objects based on density criteria. *Radio electronics, computer science, management*. 2016. N 1. P.32-39. (in Russian).
11. Surkova A.S., Budenkov S.S. Building a clustering model and algorithm in data mining. *Vestnik of Lobachevsky University of Nizhni Novgorod*. 2012. N 2-1. P. 198-202. (in Russian).
12. Asmus V.V., Buchnev A.A., Pyatkin V.P. Rigid and fuzzy clustering of Earth remote sensing data. *Journal of the Siberian Federal University. Engineering and Technology*. 2016. Vol. 9. N 7. P. 972-978. (in Russian).
13. Sivogolovko E.V. Methods for assessing the quality of clear clustering. *Computer tools in Education*. 2011. N 4. P. 14-31. (in Russian).
14. Jeff Wu, Long Ouyang, Daniel M. Ziegler, Nisan Stiennon, Ryan Lowe, Jan Leike, Paul Christiano Recursively summarizing books with human feedback. <https://arxiv.org/abs/2109.10862>.
15. Zinnurov M.F., Makshanova A.O. Introspection of biochemical processes using biocybernetic methods. *Ivecofin*. 2021. N 2 (48). P. 128-134. (in Russian).
16. Astrakhantseva I.A., Savina A.S., Astrakhantsev R.G. Cryptocurrency as a phenomenon of payment in the modern digital economy. *Ivecofin*. 2021. N 4(42). P. 3-10. EDN ZDYNOP. (in Russian).
17. Astrakhantseva I.A. Methodology of nonlinear dynamic cost management of the company: monograph. Ivanovo: ISPU. 2011. 171 p. EDN QUSMWL. (in Russian).
18. Astrakhantseva I.A. Methodology of financial analysis within the framework of economic expertise: monograph. Ivanovo: ISUCT. 2021. 236 p. EDN VAKVUL. (in Russian).
19. Astrakhantseva I.A. Fractal financial model of the company's value. *Audit and financial analysis*. 2011. N 3. P. 70-75. EDN NXVNXB.
20. Astrakhantseva I.A., Dubov D.A., Kutuzova A.S. Compliance control in a commercial bank. *Audit and financial analysis*. 2015. N2. P.288-293. EDN TOPGVJ. (in Russian).
21. Astrakhantseva I.A., Astrakhantsev R.G. Economic essence and legal status of cryptocurrencies. *Ivecofin*. 2020. N4(46). P. 3-13. DOI 10.6060/ivecofin.2020464.502. EDN ITQSLJ. (in Russian).
22. Gordina N.E., Borisova T.N., Klyagina K.S., Astrakhantseva I.A., Ilyin A.A., Rumyantsev R.N. Investigation of NH<sub>3</sub> Desorption Kinetics on the LTA and SOD Zeolite Membranes. *Membranes*. 2022. Vol. 12. N 2. P. 147. DOI: 10.3390/membranes12020147. EDN RPUMUD.
23. Zaitsev V.A., Golovushkin B.A., Grimenitsky P.N., Erofeeva E.V. The mathematical simulation of the cloth movement system in the process of fabric bleaching. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2021. V. 64. N 12. P. 91-97. DOI: 10.60/ivkkt.20216412.6452.
24. Gusev G.I., Gushchin A.A., Grinevich V.I., Izvekova T.V., Kvitkova E.Yu., Rybkin V.V. Destruction of aqueous solutions of 2,4-dichlorophenol in a barrier discharge plasma-catalytic reactor. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2021. Vol. 64. N 11. P. 103-111. DOI: 10.60/ivkkt.20216411.6507.

Поступила в редакцию 20.05.2022  
Принята к опубликованию 02.06.2022

Received 20.05.2022  
Accepted 02.05.2022