

УДК 004.043

DOI: [10.26102/2310-6018/2022.38.3.018](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2022.38.3.018)

Применение фрактального исчисления для анализа результатов ассоциативно-вербального эксперимента

В.Р. Баринов✉, Ю.Н. Филиппович

*Московский Политехнический Университет,
Москва, Российская Федерация
inarael@yandex.ru*

Резюме. В работе обосновывается гипотеза об использовании фрактальных исчислений для обработки результатов ассоциативно-вербального эксперимента. Результаты ассоциативно-вербальных экспериментов представляют собой неструктурированные данные, имеющие большой объем. Актуальность исследования обусловлена тем, что существующие методы обработки результатов ассоциативно-вербальных экспериментов не могут быть унифицированы ввиду того, что получаемые данные имеют значительные различия в форматах. В свою очередь это ограничивает возможности создания и применения типовых алгоритмов обработки данных для различных ассоциативно-вербальных экспериментов. Одной из основных проблем компьютерной лингвистики является неоднородность иерархических структур, описывающих сознание человека и его речь, а также их постоянное видоизменение. Одним из возможных решений данной проблемы может стать использование метода фрактальных исчислений, с помощью которого можно создать модель языкового сознания, имеющего не только сложную собственную структуру, но находящуюся в постоянном взаимодействии с другими структурами реального мира. Ведущими российскими учеными обоснованы способы и методы решения аналогичных задач с неструктурированными данными в других предметных областях научного знания, что проанализировано в данной статье. На основе представленных исследований ученых приводится сравнительный анализ существующих моделей фракталов для решения задач в различных областях деятельности, а также выдвигается гипотеза о возможности применения данного метода для его использования в модели языкового сознания.

Ключевые слова: фрактал, исчисление, ассоциативно-вербальный эксперимент, искусственный интеллект, большие данные, языковое сознание, информационный поиск.

Для цитирования: Баринов В.Р., Филиппович Ю.Н. Применение фрактального исчисления для анализа результатов ассоциативно-вербального эксперимента. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2022;10(3). Доступно по: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1206>
DOI: 10.26102/2310-6018/2022.38.3.018

Fractal calculus application for analysis of the results of an associative-verbal experiment

V.R. Barinov✉, Y.N. Filippovich

*Moscow Polytechnic University,
Moscow, Russian Federation
inarael@yandex.ru*

Abstract. The paper supports the hypothesis on the use of fractal calculus to process the results of an associative-verbal experiment. The results of associative-verbal experiments are unstructured data with a large volume. The relevance of the study is due to the fact that the existing methods of processing the results of associative-verbal experiments cannot be unified because the data obtained have significant differences in formats. In turn, this limits the possibilities of creating and applying typical data processing algorithms for various associative-verbal experiments. One of the main problems of

computational linguistics is the heterogeneity of hierarchical structures describing human consciousness and speech, as well as their constant modification. One of the possible solutions to this problem is to employ the method of fractal calculus that can help develop a model of linguistic consciousness having not only a complex structure of its own but is in constant interaction with other structures of the real world. Leading Russian scientists have substantiated means for addressing similar issues with unstructured data in other academic fields, which is analyzed in this article. Based on the presented research of scientists, a comparative analysis of existing fractal models for solving problems in various fields of activity is given, and a hypothesis about the possibility of using this method to model linguistic consciousness is suggested.

Keywords: fractal, calculus, associative-verbal experiment, artificial intelligence, big data, language consciousness, information search.

For citation: Barinov V.R., Filippovich Y.N. Fractal calculus application for analysis of the results of an associative-verbal experiment. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2022;10(3). Available from: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1206> DOI: 10.26102/2310-6018/2022.38.3.018 (In Russ.).

Введение

Одной из главных задач психолингвистики является определение сущности и содержания языкового сознания. Наиболее распространенным методом исследования языкового сознания является ассоциативно-вербальный эксперимент (АВЭ). Результаты таких экспериментов позволяют выявлять связи между словами-стимулами и словами-реакциями, что, в свою очередь, является основой в создании тезауруса. Виды проводимых АВЭ различаются по различным критериям (объему, содержанию, направлению и т. д.), что свидетельствует о большом количестве задач, которые сложно унифицировать. Эксперимент может масштабироваться и проводиться как для нескольких слов, так и для значительного количества стимулов языка. Ассоциативно-вербальный эксперимент может проводиться как с небольшой группой людей, так и с целой фокус-группой из нескольких тысяч человек, составляющих определенный слой населения. Такое разнообразие АВЭ в конечном итоге приводит к появлению больших массивов неструктурированных данных, что в свою очередь, затрудняет применение типовых алгоритмов обработки данных.

Одной из наиболее важных задач в современной компьютерной лингвистике является разработка новых методик обработки экспериментальных данных, которые позволили бы перейти на качественно новый уровень исследований в области психолингвистики. Необходимость разработки новых методик обусловлена тем, что полученные результаты ассоциативно-вербальных экспериментов не структурированы, имеют значительный объем, и к ним невозможно применять методы, с помощью которых производится обработка реляционных баз данных.

В настоящее время существуют несколько технологий, которые позволяют автоматизировать обработку результатов АВЭ, однако, пока не найдено универсального решения, которое позволяло бы работать с результатами в реальном времени, поскольку обработка большой базы данных требует значительных затрат времени. Сложность обработки результатов АВЭ состоит также в том, что алгоритм, разработанный для одного АВЭ, невозможно применить для обработки данных другого АВЭ, из-за того, что получаемые результаты разных АВЭ имеют значительные различия, не зависящие от объема эксперимента.

Постановка задачи

В настоящее время не существует универсального решения для решения большинства задач по обработке полученных результатов АВЭ на основе имеющихся систем вычислений и алгоритмов обработки данных.

Одним из возможных способов решения данных задач могут стать фрактальные исчисления, позволяющие повысить скорость и эффективность обработки результатов ассоциативных экспериментов. Обоснование возможности применения методов фрактального исчисления для обработки результатов АВЭ является целью настоящего исследования.

Материалы исследования представляют собой аналитический обзор научных работ, опубликованных по данной проблеме, и обоснование гипотезы о возможности использования фрактального исчисления для обработки результатов ассоциативно-вербального эксперимента.

Как уже упоминалось выше, основной сложностью в компьютерной лингвистике является создание модели языкового сознания, что обусловлено тем, что язык и сознание являются стохастическими структурами, находятся в постоянном движении, значительно видоизменяются, что, в свою очередь, затрудняет построение алгоритмической модели.

Яркой иллюстрацией АВЭ, в которой отражены изменяемые параметры языкового сознания, являются исследования Ю.Н. Караулова, опубликованные в работе «Русский язык и языковая личность» [2]. В данном труде приводится описание ассоциативного эксперимента, суть которого состоит в следующем. Участники эксперимента были разделены на две фокус группы: студенты-филологи и студенты-нефилологи. В качестве стимулов им были предъявлены несколько цитат из комедии А.С. Грибоедова «Горе от ума». Примером стимула послужила фраза «Сюда я больше не ездук», а реакциями были понятия, описывающие следующие ситуации: «место, куда не хочется приезжать» (обобщенная ситуация), «место, куда не хочется приезжать, потому что там произошло что-то плохое» (обобщенно-конкретизированная ситуация) и «место, куда не хочется приезжать, по каким-либо причинам» (конкретная ситуация).

Разработка методики

Большой научный интерес представляет интерпретация результатов данного АВЭ, представленная в работе Семенец О.П. «Текстопорождающий потенциал прецедентных феноменов в языковом сознании говорящих». [1] По результатам проведения АВЭ было получено большое количество различных ответов от обеих фокус-групп. По результатам обработки данных эксперимента были выделены три группы реакций: *обобщенная ситуация, обобщенно-конкретизированная ситуация и конкретная ситуация*, представляющие собой три достаточно конкретных понятия, существующие в языковом сознании. Одинаковых ответов на «фразу-стимул» практически не было, каждый из респондентов формулировал ответ по-разному, при этом смысловая составляющая ответа была идентичной. В результатах АВЭ также прослеживаются заметные различия в ответах двух участвовавших фокус-групп. Так, филологи намного чаще описывали конкретную ситуацию, в то время как нефилологи склонялись к описанию абстрактных понятий. Другими словами, различия в ответах также зависят от профессиональной подготовки участников опроса. Обобщая итоги проведенного эксперимента, можно сделать вывод об ограниченном числе обобщенных реакций на стимул, которые, тем не менее, облечены сотнями различных словоформ.

Как видно из представленного материала, результаты АВЭ представляют из себя большой массив неструктурированной информации, который сложно обработать стандартными методами.

Представим в виде блок-схемы методику оптимизации обработки результатов АВЭ:

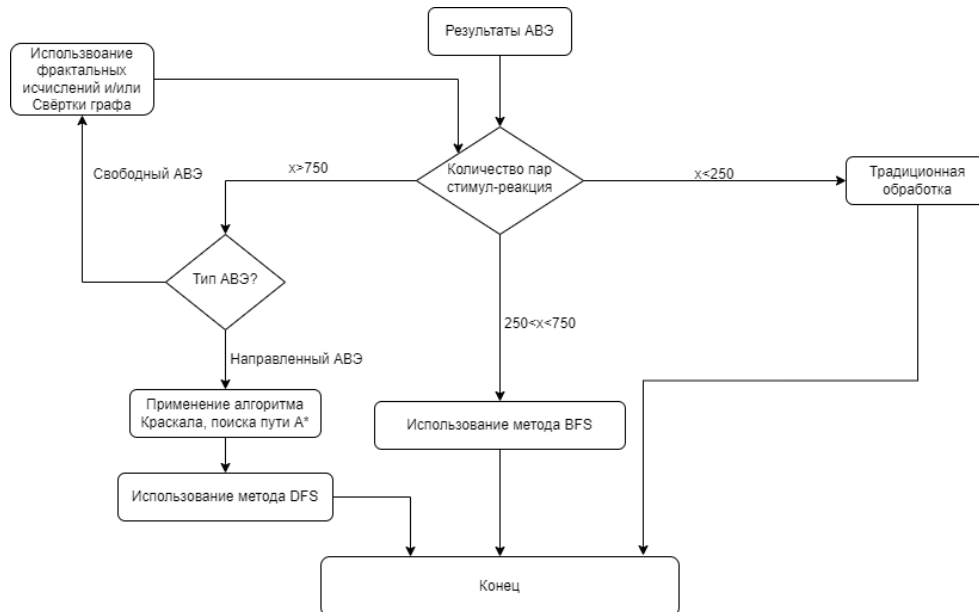


Рисунок 1 – Предлагаемая методика оптимизации обработки результатов АВЭ
Figure 1 – Proposed technique for optimizing the processing of associative and verbal experiment results

Для целей нашего исследования приведем определение термина «фрактал», в трактовке А.Г. Самченко, основанного на трудах Б. Мандельброта и М. Шредера: «*Фрактал* в математике – это множество точек в евклидовом пространстве, обладающее свойством самоподобия, то есть однородности в различных шкалах измерения» [10]. «Это сложная архитектура, обладающая следующими признаками: самоподобие (иерархический принцип организации), способность к развитию (принцип непрерывности формообразования), дробная метрическая размерность (принцип сингулярности меры), размытость, нечеткость контуров (принцип неопределенности границ) и геометрическое представление хаотической динамики (принцип динамического хаоса)» [18].

Как видно из представленного определения, по совокупности параметров языковое сознание имеет схожесть с фракталом, что позволяет нам выдвинуть гипотезу о возможности использования фракталов для его моделирования.

Рассмотрим подробнее исследования ученых по вопросам применения фракталов в различных областях научного знания.

В работах А.А. Потапова были предложены фрактальные сигнатуры, которые значительно отличаясь от классических гауссовских сигнатур, позволяют выявлять малозаметные закономерности в радиолокационных изображениях на фоне незначительных помех. [3;4;5] В качестве объекта исследований были взяты снимки человеческого мозга и человеческого лица, по ним были выработаны соответствующие фрактальные сигнатуры. Практическая значимость исследований А.А. Потапова состоит в обосновании возможности сокращения информации необходимой для передачи. Автор отмечает, что нужно передать лишь общую структуру фрактала, количество уровней и точки, в которых структура повторяется. Автор также приводит описание методов структуризации фракталов в реальном мире, поясняя, что повторяющиеся структуры появляются в случайных местах. Данный фактор затрудняет работу с фрактальными

исчислениями, но не делает их невозможными. Данный фактор, тем не менее, является важным, так как значительно расширяет сферу применения подобного метода в связи с тем, что под подобное описание попадает значительно большее количество структур реального мира.

Исследования Ю.Г. Кабалдина посвящены изучению возможности применения систем искусственного интеллекта для диагностики состояния оборудования и износа инструмента на предприятии. [13;14] Автор утверждает, что системы резания, применяемые на современных предприятиях, являются самоорганизующимися системами. Принцип самоорганизации базируется на факте существования множества параметров с нелинейными связями и использовании параметризации лишь для тех факторов, которые значительно влияют на изменение работы системы. Такие параметры автор называет *параметрами порядка*. В этой системе определяющим фактором является параметр износа резца, который оказывает существенное влияние на работу всей системы. Для отслеживания степени его износа на данный момент используются интеллектуальные системы, основывающиеся на сборе и обработке информации, которые, в свою очередь, подают запрос на изменение параметров порядка в целях поддержания системы в рабочем состоянии. Современные системы собирают информацию при помощи датчиков сил и крутящего момента, датчиков мощности и вибродатчиков. Автор выделяет четыре основных недостатка современных систем контроля: необходимость пересчета допустимых значений при каждом изменении внешних параметров (таких как геометрия предмета), отсутствие способностей к самообучению, низкий уровень адаптивности (системы необходимо перенастраивать каждый раз при изменении параметров) и отсутствие возможностей прогнозировать сбои. Для сравнения автор приводит в пример системы диагностики на основе искусственного интеллекта, которые нивелируют вышеуказанные недостатки. Наиболее подходящим методом автор находит вейвлет-анализ виброакустического сигнала. Такой подход предполагает фиксацию движений и звуков, издаваемых системой, с последующей записью их в базу данных. Графическая форма представления результатов диагностики представляет собой эллипс, являющийся фрактальной структурой, незначительно отклоняющийся от оптимальной структуры, представляющей собой круг. Данное отклонение обусловлено существованием упругих и диссипативных связей внутри системы. С целью устранения имеющихся недостатков в производственном цикле была использована нейронная сеть, использующая в качестве обучающей выборки фрактальную структуру. Результаты эксперимента показывают улучшение качества работы станка и приближение изделия к идеальной форме даже при заметном факторе износа резца. Такой результат свидетельствует о больших возможностях применения фрактальных структур в качестве обучающих выборок для нейронных сетей, что приводит к повышению эффективности работы системы в целом.

Еще одним примером использования фрактальных сигнатур и исчислений может служить область контроля за гидродинамическими и литодинамическими потоками. Так, Н.В. Соколова [9] в своей статье приводит пример фрактальных структур нескольких рангов, использующихся в современном управлении гидро- и литодинамическими потоками. Использование данной методологии позволяет минимизировать формализацию фактических данных, при этом не сильно их упрощая, что имеет существенное значение, так сохраняется первоначальная постановка задачи и исходные фактические данные для построения прогнозов. Наиболее важным теоретическим выводом, которое делает автор в данной статье, является информация о разработке прогрессивного метода фрактального анализа Бенуа Мальдебротом в 2002 году, который может быть использован для описания различных стохастических процессов.

Один из потенциальных вариантов применения теории фракталов предлагает А.Г. Самченко в своей статье, посвященной фрактальным структурам в пространственном решении объектов архитектуры [12]. Как отмечает автор, за основу своей статьи он взял фундаментальный труд Бенуа Мандельброта «Фрактальная геометрия природы», а также «Фрактальность природных и архитектурных форм» В. Исаевой, «Фракталы, хаос, степенные законы» М. Шредера и «Новая парадигма в архитектуре» Ч. Дженкса. Во всех вышеуказанных работах проводится подробный анализ и описание фрактальных структур и применимости их в сфере архитектуры. В своей работе А.Г. Самченко рассматривает перспективные возможности применения фрактальных исчислений в сфере архитектуры.

Большое количество публикаций посвящено вопросам моделирования самосознания в искусственном интеллекте. Одной из основных проблем создания действующего искусственного интеллекта является задача понимания и адаптации полученных в результате работы знаний. Так, любая нейронная сеть или классификатор настраивают в первую очередь себя, фактически «рефлексируют», подстраиваясь под поставленную задачу. Однако, системы, использующие такую методологию, не могут создавать общие параметры, которые облегчили бы их работу в будущем. Лишь некоторые системы способны создавать некоторые элементы улучшения. Например, имеются данные о феномене порождения интерлингвы движком сервиса Google Translate, что позволило ему повысить скорость своей работы. [6]. Известна одна уникальная особенность человеческого интеллекта, которую практически невозможно реализовать методами, которые на данный момент используются в сфере искусственного интеллекта: человеческий мозг обладает способностью приказывать организму выполнять те или иные действия без осознания выполнения этих действий человеком (ходьба или дыхание). В это же время, методология, основанная на фрактальных исчислениях, обучает систему обрабатывать типовую часть фрактала, а затем лишь указывать на элементы большой системы, где соответствующие фрактальные модели встречаются. Подобный метод значительно сильнее напоминает работу человеческого мозга и схож с реальным процессом обучения человека.

Классическая теория прогнозирования предполагает тезис о полной предсказуемости поведения динамических систем. В то же время в природе содержатся сложноорганизованные, стохастические нелинейные системы, предсказать поведение которых на основе современных теорий не представляется возможным. Например, в статье В.Д. Селютина, В.Н. Юшина «Стохастичность как внутреннее свойство динамических систем» рассматриваются вопросы горизонта предсказуемости частично детерминированных процессов [11]. Автором вводится специализированная функция концентрации, которая является характеристикой качества предсказуемости. Кроме того, автор изучает коэффициент корреляции между наблюдением и прогнозом, который становится параметром детерминированности наблюдаемого процесса. Основной проблемой, считает автор, является фактор влияния малых изменений на итоговый результат в дальнейшем. Даже незначительные изменения в начальной модели или характеристиках динамической переменной влекут за собой непредсказуемые изменения в дальнейшем, так как небольшие отклонения все сильнее и сильнее отклоняются от графика предсказаний. В качестве примера стохастической системы исследователи В.Д. Селютин, В.Н. Юшин приводят публикации о неблагоприятных геомагнитных днях, влияющих на здоровье человека, и отмечают, что уровень достоверности этих прогнозов низкий.

Статья исследователей В.С. Поликарпова, Е.В. Поликарповой, В.А. Поликарпова посвящена изучению вопроса связи реального мира с методологией фрактальных исчислений [7]. Автор уделяет особое внимание тому факту, что использование именно

немарковских структур позволило добиться таких результатов. Указывается, что подобное стало возможным благодаря стремительному развитию такой науки как синергетика. Автор также отмечает следующие особенности фрактала, так как считает их наиболее важными: фракталы имеют дробную размерность, они могут выступать как способ самоорганизации природных систем. Более того, фракталы делокализованы и не обладают определенной размерностью. Все это позволяет работать с ними как с наиболее точными моделями систем реального мира. Как известно, любая математическая модель, создаваемая с целью описания реального процесса, не может полностью отобразить всю полноту и многообразие его элементов и внешних связей, но имеет возможность выделить в ней некоторые закономерности, которые, имеют способность к повторению. Ссылаясь на статьи своих коллег [8], исследователи в качестве систем реального мира указывают, например, структуру космического пространства, различные системы человеческого организма.

На основании вышеизложенного сделаем вывод, что подобная стохастическая структура полностью совпадает с описанием человеческого языка как феномена культуры и сознания. Язык как система также фрактален: он не имеет видимых границ, постоянно изменяется и подстраивается под нужды общества, фактически самоорганизовывается. При этом мы можем в нем выделить некие закономерности, которые повторяются как на микроуровне, так и на макроуровне.

По мнению группы исследователей В.С Поликарпова, Е.В. Поликарповой, В.А. Поликарпова, которое мы разделяем, возможность исследования какой-либо части структуры позволяет делать выводы об общем строении всей системы, если система является фрактальной. Таким образом, можно сделать вывод о возможности работы с частью исследуемой системы как с целой и применения фрактальных исчислений для анализа языкового сознания и результатов АВЭ.

Практическое применение фрактальной теории нашло свое применение в синергетике. Существуют два основных принципиальных способа формирования регулярных фрактальных структур: инъективный и сюръективный. Оба способа приводятся в статье В.В. Иванова «Принципы модулярного строения регулярных фрактальных структур» [15].

Первый из них предполагает сжимание структуры или области поиска до тех пор, пока не будет найдена фрактальная закономерность, второй способ предполагает бесконечное расширение области поиска с целью обнаружения такой точки на этой области, на которую ложится исследуемая фрактальная структура. Наиболее значимое различие этих способов проявляется в методике обработки орбит фракталов. Орбиты фракталов здесь – элементы, не являющиеся частью основной структуры, но входящие в область поиска. *Сюръективный* метод решает проблему орбит следующим образом: благодаря возможности расширять область поиска бесконечно фрактальные структуры будут друг друга повторять с определенной периодичностью, выстраивая классический фрактал. *Инъективный* метод предполагает сужение области поиска каждой из орбит до такой степени, что строение может совпадать с фрактальной структурой, фактически каждая из структур рассматривается как параллельная совпадающая фрактальная структура. Данные выводы сделаны, в том числе и на основе трудов Г. Биркгофа [16].

Важно отметить, что при обоих подходах при конечном числе итераций формируются предфракталы (компактные или конечно-размерные соответственно), состоящие из самоподобных модулей. При этом лишь использование сюръективной методологии мы можем качественно симулировать процессы, происходящие в природе, так как инъективный метод приводит к искажению данных из-за фактического «подгона» данных под сигнатуру. Таким образом, можно сделать вывод о возможности представления любой фрактальной структуры при помощи использования любых

одинаковых минимальных модулей, строение и форма которых содержат структурную информацию как о самой фрактальной структуре, так и о ее любом предфрактале. Также любая регулярная фрактальная структура принадлежит к определенной иерархии. В связи с тем, что изучаемая нами структура относится к естественному человеческому феномену, мы не можем использовать инъективный подход.

Помимо методологии поиска фрактальных сигнатур важно учесть и другие параметры, которые позволяют формировать детерминированные фрактальные структуры. Рассмотрим статью В.В. Иванова [17] «Простые и гибридные детерминистические мономодулярные фрактальные структуры». В данной статье автор рассматривает возможность формирования детерминистических модулярных структур, в том числе и фрактальных, которые наиболее оптимально располагаются в ячеистом пространстве, которое может быть как двухмерным, так и трёхмерным.

Это является важным показателем для нашего исследования, так как граф ассоциативно-вербального эксперимента, который планируется обработать при помощи указанного метода, не является планарным, пока не выведен на более высокий ранг фрактальной сигнатуры.

Заключение

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод, что сфера применения фрактальных исчислений крайне обширна, что подтверждается использованием их в моделях, которые с высокой точностью моделируют процессы или системы реального мира. Языковое сознание человека или культуры также, очевидно, является системой, существующей в реальном мире (языковое сознание фактически является картиной мира человека, т. е. совокупностью образов, с помощью которых человек взаимодействует с окружающим миром). Все это позволяет говорить о возможности использования фрактальных исчислений для обработки результатов ассоциативно-вербального эксперимента.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Семенец О.П. Текстопорождающий потенциал прецедентных феноменов в языковом сознании говорящих (на материале ассоциативного эксперимента). *Социо- и психолингвистические исследования*. 2016;4:88–91.
2. Караулов Ю.Н. *Русский язык и языковая личность*. М.: Педагогика-пресс; 1987.
3. Потапов А.А. Фракталы, скейлинг и дробные операторы в радиотехнике и электронике: современное состояние и развитие. *Журнал радиоэлектроники*. 2010;1.
4. Потапов А.А. *Фракталы и хаос как основа новых прорывных технологий в современных радиосистемах*. Дополнение к книге: Кроновер Р. «Фракталы и хаос в динамических системах»: Пер. с англ. М.: Техносфера; 2006. С. 374–479.
5. Потапов А.А., Черных В.А. *Дробное исчисление А.В. Летникова, теория фракталов и скейлинг*. Под ред. А.А. Потапова. М.: Физматлит; 2009.
6. Баринов В.Р., Баринова Н.В. Исследование феномена создания интерлингвы самим сервисом «Google Translate». *Наука, техника и образование*. 2017;3(33):47–49.
7. Поликарпов В.С., Поликарпова Е.В., Поликарпова В.А. Фрактальный подход как методологическое основание взаимосвязи естествознания и медицины; *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014;11-3:493–496.
8. Зеленый Л.М., Милованов А.В. Фрактальная топология и странная кинетика: от теории перколяции к проблемам кинетической электродинамики. *Успехи физических наук*. 2004;174(8):809–852.

9. Соколова Н.В. Природные фрактальные структуры управления гидро- и литодинамическими потоками; *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2019;9-2:25–30.
10. Мандельброт Б. *Фрактальная геометрия природы*. М.: «Институт компьютерных исследований»; 2002.
11. Селютин В.Д., Юшин В.Н. Стохастичность как внутренне свойство динамических систем. *Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки*. 2011;5:169–172.
12. Самченко А.Г. Фракталы и фрактальные структуры в объемно-пространственном решении объектов архитектуры. *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры*. 2015;3(113):58–61.
13. Кабалдин Ю.Г., Лаптев И.Л., Шатагин Д.А., Зотов В.О., Серый С.В. Интеллектуальные системы диагностики состояния оборудования и износа инструмента. *Машиностроение: сетевой электронный научный журнал*. 2014;2(2):47–50.
14. Кабалдин Ю.Г., Биленко С.В., Серый С.В. *Управление динамическими процессами в технологических системах механообработки на основе искусственного интеллекта*. Комсомольск-на-Амуре: ГОУ ВПО «Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т»; 2003.
15. Иванов В.В., Таланов В.М. Принципы модулярного строения регулярных фрактальных структур. *Успехи современного естествознания*. 2012;3:56–57.
16. Биркгоф Г., Барти Т. *Современная прикладная алгебра*. М.: Мир; 1976. 400 с.
17. Иванов В.В. Простые и гибридные детерминистические мономодулярные фрактальные структуры. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2016;11-6:1124–1128.
18. Шредер М. *Фракталы, хаос, степенные законы: миниатюры из бесконечного рая*; пер. с англ. Ю.А. Данилова, А.Р. Логунова; под ред. А.В. Борисова. М.; Ижевск: Регуляр. и хаот. динамика; 2005.

REFERENCES

1. Semenev O.P. Tekstoporozhdayushij potencial precedentnyh fenomenov v yazykovom soznanii govoryashih (na materiale associativnogo eksperimenta). *Socio- i psiholingvisticheckie issledovaniya*. 2016;(4):88–91. (In Russ.).
2. Karaulov Yu.N. Russkij yazyk i yazykovaya lichnost. M.: *Pedagogika-press*; 1987. (In Russ.).
3. Potapov A.A. Fraktaly, skejling i drobnye operatory v radiotehnike i elektronike: sovremennoe sostoyanie i razvitie. *Zhurnal radioelektroniki*. 2010;1. (In Russ.).
4. Potapov A.A. *Fraktaly i haos kak osnova novyh proryvnyh tehnologij v sovremennyh radiosistemah*. Dopolnenie k knige: Kronover R. «Fraktaly i haos v dinamicheskikh sistemah»: Per. s angl. M.: Tehnosfera; 2006. P. 374–479. (In Russ.).
5. Potapov A.A., Chernyh V.A. *Drobnoe ischislenie A.V. Letnikova, teoriya fraktalov i skejling*. Pod red. A.A. Potapova. M.: Fizmatlit; 2009. (In Russ.).
6. Barinov V.R., Barinova N.V. Issledovanie fenomena sozdaniya interlingvy samim servisom «Google Translate». *Nauka, tehnika i obrazovanie*. 2017;3(33):47–49. (In Russ.).
7. Polikarpov V.S., Polikarpova E.V., Polikarpova V.A. Fraktalnyj podhod kak metodologicheskoe osnovanie vzaimosvyazi estestvoznaniya i mediciny. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovaniy*. 2014;11-3:493–496. (In Russ.).
8. Zelenyj L.M., Milovanov A.V. Fraktalnaya topologiya i strannaya kinetika: ot teorii perkolyacii k problemam kineticheskoy elektrodinamiki. *Uspehi fizicheskikh nauk*. 2004;174(8):809–852. (In Russ.).

9. Sokolova N.V. Prirodnye fraktalnye struktury upravleniya gidro- i litodinamicheskimi potokami. *Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk*. 2019;9-2:25–30. (In Russ.).
10. Mandelbrot B. *Fraktalnaya geometriya prirody*. M.: «Institut kompyuternyh issledovanij»; 2002. (In Russ.).
11. Selyutin V.D., Yushin V.N. Stohastichnost kak vnutrenne svojstvo dinamicheskikh sistem. *Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye, tehnicheckie i medicinskie nauki*. 2011;5:169–172. (In Russ.).
12. Samchenko A.G. Fraktaly i fraktalnye struktury v obemno-prostranstvennom reshenii obektov arhitektury. *Vestnik Donbasskoj nacionalnoj akademii stroitelstva i arhitektury*. 2015;3(113):58–61. (In Russ.).
13. Kabaldin Yu.G., Laptev I.L., Shatagin D.A., Zotov V.O., Seryj S.V. Intellektualnye sistemy diagnostiki sostoyaniya oborudovaniya i iznosa instrumenta. *Mashinostroenie: setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal*. 2014;2(2):47–50. (In Russ.).
14. Kabaldin Yu.G., Bilenko S.V., Seryj S.V. *Upravlenie dinamicheskimi processami v tehnologicheskikh sistemah mehanoobrabotki na osnove iskusstvennogo intellekta*. Komsomolsk-na-Amure: GOU VPO «Komsomolskij-na-Amure gos. tehn. un-t»; 2003. (In Russ.).
15. Ivanov V.V., Talanov V.M. Principy modulyarnogo stroeniya reguljarnyh fraktalnyh struktur. *Uspеhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2012;3:56–57. (In Russ.).
16. Birkhof G., Barti T. *Sovremennaya prikladnaya algebra*. M.: Mir; 1976. (In Russ.).
17. Ivanov V.V. Prostye i gibridnye deterministicheskie monomodulyarnye fraktalnye struktury. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij*. 2016;11-6:1124–1128. (In Russ.).
18. Shreder M. *Fraktaly, haos, stepennye zakony: miniatyury iz beskonechnogo raya*. Per. s angl. Yu.A. Danilova, A.R. Logunova; pod red. A.V. Borisova. M.; Izhevsk: Reguljar. i haot. dinamika; 2005. 527 p. (In Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Баринoв Владимир Романович, аспирант Московского Политехнического Университета, Москва, Российская Федерация.
e-mail: inarael@yandex.ru
ORCID: [0000-0001-7770-9702](https://orcid.org/0000-0001-7770-9702)
ELIBRARY ID: 896844

Vladimir Romanovich Barinov, Postgraduate Student, Moscow Polytechnic University, Moscow, Russian Federation.

Филиппович Юрий Николаевич, кандидат технических наук, доцент Московского Политехнического Университета, Москва, Российская Федерация.
e-mail: y_philippovich@mail.ru
ORCID: [0000-0001-9419-2282](https://orcid.org/0000-0001-9419-2282)
ELIBRARY ID: 75605

Yury Nikolaevich Filippovich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at Moscow Polytechnic University, Moscow, Russian Federation.

Статья поступила в редакцию 14.06.2022; одобрена после рецензирования 25.07.2022; принята к публикации 23.09.2022.

The article was submitted 14.06.2022; approved after reviewing 25.07.2022; accepted for publication 23.09.2022.