
ОТ РЕДАКЦИИ

Мы продолжаем серию редакционных статей, направленных на то, чтобы дать читателям более объемное представление о материалах, представленных в журнале. Этот номер содержит пять тематических разделов: «Математические основы и численные методы моделирования», «Численные методы и основы их реализации», «Модели в физике и технологии», «Анализ и моделирование сложных живых систем» и «Модели экономических и социальных систем».

Статья П. Ю. Середы-Калинина и А. С. Власовой об объяснимом искусственном интеллекте (принципы, методы и применение) представляет собой аналитический обзор современного состояния в области объяснимого искусственного интеллекта (ХАИ). Обобщив предлагаемые в разных публикациях принципы объяснимого искусственного интеллекта, авторы рассмотрели три основных принципа ХАИ: ориентация на конечного пользователя, социальная ответственность и техническая достоверность. В обзоре авторы предложили классификацию методов ХАИ по постановке задачи, методологии и результату. Далее рассматриваются приложения методов ХАИ для классических алгоритмов машинного обучения. Помимо общего описания, приводится анализ двух наиболее распространенных методов: SHAP (SHapley Additive exPlanations) и LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations), с обсуждением их положительных и отрицательных сторон. Описывая методы ХАИ для компьютерного зрения, авторы рассмотрели методы на основе градиентов, методы визуализации активаций, методы на основе возмущений и метод высокоуровневых концептуальных объяснений. В настоящее время большой интерес вызывают системы искусственного интеллекта, основанные на обработке естественного языка и больших языковых моделях, поэтому авторы уделили особое внимание методам ХАИ для обработки естественного языка. В обзоре обсуждается не только специфика применения ХАИ к большим языковым моделям, но и вопросы необходимости новых подходов и специализированных методик объяснения. Список используемых первоисточников в обзоре содержит 43 публикации.

В статье М. Л. Маслакова о моделировании и вычислении плотности распределения вероятностей и функции распределения фаз огибающей фазоманипулированного сигнала представлено исследование сигналов с фазовой модуляцией или манипуляцией и особенности их статистического анализа. В частности, изучается статистический анализ фаз символов комплексной огибающей фазоманипулированного радиосигнала. В работе подробно рассмотрено разложение функции распределения вероятностей и ее плотности в ряд Фурье и выведены аналитические выражения для коэффициентов этого ряда. Также автор провел сравнение рассматриваемой плотности распределения с круговым нормальным распределением и распределением Мизеса, которые являются близкими к исследуемым. Отдельное место занимает обсуждение вопросов, связанных с численной реализацией полученных аналитических результатов.

В статье Я. А. Холодова, Х. Саллум, А. Джнади, К. Ю. Хубиева и А. Петренко о применении алгоритма QUBO для отбора траекторий обучения с подкреплением методом Монте-Карло рассматривается оценка эффективности применения квадратичной неограниченной бинарной оптимизации (QUBO) с помощью алгоритма квантового отжига для формирования обучающей выборки перед применением метода Монте-Карло. Авторы предложили подход, оптимизирующий отбор обучающих данных и структурирующий выборки. Особенностью этого подхода является то, что QUBO интегрируется непосредственно в контур обучения с подкреплением. В работе рассматриваются два подхода к решению задач QUBO: симуляция квантового отжига (Simulated Quantum Annealing, SQA) и симуляция бифуркации (Simulated Bifurcation, SB). При реализации этих подходов авторы использовали облачную платформу *Qonquester Cloud*, а стратегии обучения исследовали в стохастической среде *GridWorld*. Результаты численных экспериментов

показали стабильное превосходство предложенного подхода над стандартным методом Монте-Карло.

В статье А. Н. Кусюмова, С. А. Кусюмова и Е. В. Романовой об оценке спектра пульсаций временной выборки компонент 3D-вектора скорости на основе гипотез А. Н. Колмогорова рассматривается задача обтекания цилиндра потоком вязкой несжимаемой жидкости в трехмерной постановке. Численное моделирование проводится в пакете ANSYS Fluent. В работе приводится сравнение полученных расчетов с численными экспериментами. Основной упор авторы делают на анализе спектральных характеристик турбулентного потока в следе за цилиндром. Этот анализ проводится с использованием преобразований Фурье. В своей работе авторы представили широкий обзор литературы, описание методов моделирования и спектрального анализа течений и их особенности.

Статья В. В. Черепанова о простом численном методе расщепления для решения линейного кинетического уравнения Больцмана с интенсивным рассеянием посвящена развитию методов для решения линейного уравнения излучения для сред с высоким альбедо рассеивания. Приводится обширное рассмотрение существующих численных методов с обсуждением их достоинств и недостатков на примере задач переноса излучения в плоском слое. Рассматриваются трудности, возникающие при использовании явного одношагового метода установления и двухшаговой схемы «предиктор – корректор». В работе предложена трехшаговая схема расщепления по физическим процессам. На первом шаге используется противопотоковая схема и при некоторых ограничениях задается условие на величину шага по времени типа условия Куранта. На втором шаге учитывается действие интегральной компоненты исходного уравнения. Третий шаг учитывает эффекты собственного излучения и ослабления среды. На численном примере показывается, что метод сходится при использовании полученного на первом этапе условия устойчивости.

Статья А. Г. Соловьёва, Т. М. Соловьёвой, А. И. Иванькова, А. Х. Исламова и А. И. Куклина о принципах устойчивого научного ПО (опыт разработки программы обработки данных малоуглового рассеяния нейтронов) посвящена опыту двадцатилетнего развития программного обеспечения (ПО) для обработки данных на спектрометре малоуглового рассеяния ЮМО. Многие аспекты многолетней модернизации ПО, связанные со сменой как компьютерных систем, так и спектрометров, ранее неоднократно описывались частью авторов в статьях в разных журналах. В данной работе обобщается накопленный опыт в области модификации любого ПО для научных экспериментов, которое разрабатывалось годы назад для старых сопрягаемых физических устройств. В своей статье авторы детализируют программную реализацию своей работы, описывая функциональность отдельных классов в модели объектно ориентированного программирования.

Статья И. К. Гималтдинова и А. С. Родионова о численном моделировании возникновения пика напряжения при отражении ударно-волнового импульса от зернистой пористой среды посвящена теоретическому объяснению эффекта резкого усиления сигнала внутри плотного слоя гранулированной среды при многократном воздействии ударной волны, который в последние годы изучался экспериментально. Авторы связывают данный эффект с межгранулярными напряжениями, которые возникают в фазе частиц при их значительном уплотнении. Математическая модель основана на двухфазной модели, восходящей к работам Р. И. Нигматулина. Авторы добились совпадения расчетных и экспериментальных данных за счет корректировки формулы для межгранулярных напряжений, введя туда коэффициент затухания, моделирующий трение частиц друг о друга.

Статья М. О. Шамиева и А. Г. Трофимова об изучении пространственно-временных предвестников неустойчивости плотин с использованием фреймворка CNN-BiGRU посвящена применению гибридных архитектур глубокого обучения (CNN-BiGRU) для анализа многомерных

гидрометеорологических временных рядов при мониторинге безопасности гидротехнических сооружений и разработке систем раннего предупреждения. В работе рассматривается сверточная двунаправленная рекуррентная нейронная сеть с управляемыми вентилями. Сверточная структура сети находит локальные краткосрочные паттерны, а двунаправленная рекуррентная структура моделирует долгосрочные зависимости и эволюцию динамики. Полученные в работе результаты показывают, что фреймворк CNN–BiGRU решает поставленные задачи.

Статья Ю. В. Никитюка, Л. Н. Марченко, А. Н. Сердюкова и Ю. В. Бруттан о моделировании лазерной полировки кварцевого стекла посвящена разработке и сравнительному анализу моделей для оптимизации основных показателей процесса лазерной полировки CO₂-лазером. Набор данных, который использовался в работе для построения и верификации прогностических моделей, был сгенерирован на основе конечно-элементной модели, реализованной в среде ANSYS. Авторы сравнивали четыре прогностические модели: полиномиальной регрессии, нечеткой системы вывода, адаптивной нейро-нечеткой системы и нейронной сети типа «многослойный персептрон». Это сравнение показало значительное превосходство нейросетевой модели.

Статья А. В. Хельваса, К. К. Панкратова, Т. С. Афанасенко, Ш. М. Гаджимирзаева, А. А. Саидова, Р. А. Пашкова и С. А. Стрельниковой о моделировании полностью роботизированного склада со стеллажами глубокого хранения посвящена оптимизации работы склада за счет дискретного мультиагентного моделирования движения роботов. В работе авторы рассматривают различные алгоритмы размещения товаров в зонах склада: алгоритм определения местоположения ближайшего канала, алгоритм наиболее пустого размещения в группе каналов и алгоритм наиболее заполненной группы каналов размещения. Предложенная авторами модель позволяет оптимизировать распределение работ между роботами, оценивать производительность склада и выявлять оптимальный уровень загруженности хранилища.

Статья С. В. Лагоши, Д. В. Вerveйко, П. О. Лукина, А. Р. Браже и А. Ю. Верисокина о паттернах возбуждения в сетях тормозных и возбуждающих нейронов в модели нейроглиоваскулярной единицы посвящена разработке и численному исследованию динамики математической модели малого фрагмента клеточных структур паренхимы головного мозга. Авторы модифицируют и несколько усложняют модель нейроглиоваскулярной единицы (НГВЕ) по сравнению с ранее известными моделями, которые обычно рассматривают взаимосвязи одиночного нейрона с одиночным же астроцитом и близкорасположенным участком кровеносного сосуда. В работе учтено наличие в НГВЕ не только пирамидальных, но и интернейронов, а также рассмотрен тот факт, что один астроцит может охватывать своими отростками глутаматные синапсы нескольких пирамидальных нейронов. Нейроны описаны в духе формализма Ходжкина–Хаксли, астроцит представлен кальциевой динамикой, а также блоком описания производства арахидоновой кислоты и ее метаболитов. Сосудодвигательные реакции даны на основе линейных зависимостей. Далее авторы объединяют модели отдельных НГВЕ в двумерную решетку, что на простейшем уровне имитирует небольшой участок паренхимы, и в численном эксперименте исследуют, какие пространственно-временные паттерны динамики получаются в результате.

Статья E. Jenitta и R. Senthamarai о модели задержки, структурированной по стадиям развития, для биологического контроля белокрылки шероховатой спиральной формы на кокосовых плантациях посвящена разработке и анализу математической модели, описывающей динамику белокрылки. В своей работе авторы показывают преимущества использования биологического контроля для смягчения воздействия вредителя на кокосовые пальмы. В модель включена поэтапная схема с задержкой созревания и лагом в реализации мер контроля. В статье описывается нахождение положения равновесия системы и проводится анализ устойчивости при оценке поведения системы. Также представлены результаты численного моделирования предложенной системы. Результаты показывают, что введение популяции паразитоидов может эффективно сни-

зять численность белокрылки шероховатой, представляя собой многообещающую стратегию для смягчения воздействия вредителя на плантацию кокосовых пальм.

Статья С. В. Калачина и Е. С. Калачиной о дискретной сетевой динамической системе для моделирования распространения паники в группах людей посвящена математическому моделированию распространения паники в группах социально связанных индивидов с учетом индивидуальности их темперамента. Разработанная модель представляет собой динамическую систему с дискретным временем, задаваемую нелинейным отображением. Социум индивидов задается случайным графом Эрдёша–Реньи (ЭР) с двухсторонними связями. Авторы выделяют следующие факторы: темперамент агента, социальное влияние, коллективное заражение, лавинообразные эффекты и стрессовый фактор. Также учитывается численность агентов. Приводятся два численных эксперимента. Авторы проводят оценку качества разработанной математической модели.

Статья А. В. Зайды и А. О. Савельева об автоматизированном выявлении противоречивости в контенте социальных медиа (подход на основе предварительно обученных моделей) посвящена методам автоматического выявления противоречивых тем и сущностей в текстах социальных сетей на примере данных Reddit, связанных с политическим кризисом в Шри-Ланке 2022 года. Противоречивость контента авторы определяют как феномен провоцирования разногласий и конфликтов в обсуждениях и анализируют численные оценки эмоциональности сообщений. В работе предложен показатель эмоциональной дивергенции для количественной оценки противоречивости контента. В исследованном примере рассматривались данные, содержащие обсуждения политики, общественных деятелей, организаций и локаций, связанных с обозначенным кризисом.

Статья А. А. Печникова о применении индекса дружбы и фильтра диспаритета для анализа библиометрических журнальных сетей посвящена анализу графа журнальных пересечений с применением методов, указанных в названии статьи. Автор рассматривает реальную сеть, содержащую 63 журнала и почти 69 тысяч статей. Ее математическая модель является графом пересечений с использованием коэффициента Жаккара, обладающим рядом специфических свойств. В результате исследования связей графа журнальных пересечений с использованием индекса дружбы выявлены значимые вершины, определяющие структурные свойства этого графа. Применение функции диспаритета позволило выявить ядро графа, содержащее наиболее сильно связанные вершины. В работе также обсуждается содержательная интерпретация полученных результатов.

Статья Е. В. Шлипакова, И. А. Утешева, М. М. Аркушина, В. А. Грянченко, Д. Е. Щербакова и И. В. Яценко о применении статистических методов для выявления аномалий в результатах экзаменов на уровне образовательной организации посвящена применению методов математической статистики к анализу результатов экзаменов на примере Основного государственного экзамена (ОГЭ) по математике в 2023/2024 году. В работе предложены два критерия аномальности результатов: первый основан на сравнении величины скачка эмпирической функции распределения результатов школы с общерегиональным уровнем, второй — на сравнении баллов, полученных по результатам ОГЭ и диагностической работы, проведенной в 8 классе. В результате проведенного исследования авторы предложили методику определения наиболее подозрительных результатов экзаменов, которые могут свидетельствовать о нечестности при их проведении.

Мы надеемся, что данный материал позволит читателям лучше ориентироваться в этом номере журнала и привлечет более пристальное внимание к какой-либо из опубликованных статей.

*С уважением от имени редакции,
Н. Митин*