
ОТ РЕДАКЦИИ

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

В статье А. В. Цыганова и Ю. В. Цыгановой об общем подходе к построению градиентных методов параметрической идентификации на основе модифицированной взвешенной ортогонализации Грама–Шмидта и алгоритмов дискретной фильтрации информационного типа рассматривается разработка нового подхода к построению градиентных методов параметрической идентификации для дискретных линейных стохастических систем, содержащих как аддитивные, так и мультипликативные шумы. Авторы исследуют математические модели таких систем с неизвестными параметрами, подлежащими оценке. В своей работе авторы предложили модифицированную взвешенную ортогонализацию Грама–Шмидта для обеспечения численной устойчивости алгоритмов, расширенный информационный LD-фильтр для вычисления критерия идентификации, где LD-разложение обеспечивает симметричность и положительную определенность информационных матриц, и алгоритм вычисления производных, позволяющий аналитически вычислять производные матриц LD-разложения по параметрам модели, что исключает необходимость в численном дифференцировании.

В статье А. А. Jarrah, Н. Ejbbiri и V. Lubashevskiy о важности итеративной диффузии, повышении эффективности оценки критичности ребер в сложных сетях описывается новый метод под названием «важность итеративной диффузии» (Iterative Diffusion Importance, IDI). Алгоритм IDI основан на существующей метрике диффузионной важности (DI) и осуществляет итеративный пересчет значимости ребер после каждого удаления ребра. Предложенный метод помогает идентифицировать значимые связи в графе, имеющие решающее значение для сохранения структурной целостности. Этот алгоритм основан на переоценке критических топологических характеристик на каждом шаге деконструкции графа. Авторы протестировали предложенный алгоритм IDI и два хорошо зарекомендовавших себя метода — Diffusion Importance и Degree Product — для нескольких стандартных наборов данных. Численный эксперимент показал, что эффективность предложенного алгоритма превышает традиционную от 2 до 35 % в зависимости от сложности сети, количества узлов и ребер. Авторы отмечают, что одним из недостатков метода является увеличение сложности вычислений и, соответственно, времени выполнения, но это может быть легко компенсировано предварительным планированием деконструкции сети и снижением частоты повторной оценки итеративного процесса.

Статья М. I. Gaber и А. V. Nechaevskiy о разработке усовершенствованного подхода к обнаружению вторжений с использованием машинного и группового обучения для промышленных сетей интернета вещей посвящена разработке высокоточного и эффективного алгоритма для обнаружения атак в IoT-сетях на основе методов ансамблевого машинного обучения. В статье разработан подход, который позволяет достичь оптимальной производительности при низкой временной сложности, подходящей для сетей IoT реального времени. Для каждого алгоритма определяется поиск по сети для точной настройки гиперпараметров для оптимизации производительности при одновременном обеспечении временной эффективности вычислений. Предлагаемый подход исследован на последних наборах данных по обнаружению вторжений WUSTL-ИОТ-2021 и Edge-ИОТ-2022. В исследовании показана эффективность десяти моделей машинного и группового обучения на отдельных элементах наборов данных. Для управления дисбалансами в наборах данных используется многоклассовая балансировка, основанная на методе синтетической избыточной выборки меньшинства (SMOTE). Классификатор ensemble voting используется

для объединения лучших моделей с лучшими гиперпараметрами, чтобы повысить их преимущества и производительность с наименьшими временными затратами. Оценка алгоритмов машинного и коллективного обучения позволяет выявить наиболее подходящих кандидатов для дальнейшей оптимизации.

Статья N. Shriethar и M. Muthu о распознавании активности на основе топологии (стратифицированные многообразия и разделимость в пространстве датчиков) посвящена разработке нового подхода к распознаванию человеческой активности (Human Activity Recognition, HAR) по данным с носимых датчиков. Основная проблема исследуемого распознавания связана с классификацией видов деятельности, таких как ходьба, сидение или бег, потому что сигналы акселерометра и гироскопа часто перекрываются, а шум усложняет процесс классификации. Авторы предложили подход, при котором сохраняются все шесть измерений и каждое действие рассматривается как шестимерный прямоугольный параллелепипед, определяемый простыми интервальными ограничениями. Авторами предложен индекс отделимости, который определяет, насколько точно будет работать классификация. Этот индекс показывает, как далеко друг от друга расположены поля активности. Авторы протестировали свой подход на стандартных наборах данных UCI-HAR и WISDM и достигли точности 86,1 %. Теоретические прогнозы совпали с фактическими результатами в пределах 3 %.

Статья А. Б. Клименко о математической модели и эвристических методах организации распределенных вычислений в системах интернета вещей посвящена математической модели распределения вычислительных ресурсов в системе, элементы которой значительно ограничены в своих вычислительных возможностях. Каналы передачи данных между элементами системы также ограничены по пропускной способности. Это приводит к необходимости распределять вычислительные задачи между элементами системы, а также требует учитывать не только ресурсные ограничения элементов, но и ограничения на пропускную способность каналов связи. Автор предлагает математическую модель, учитывающую указанные особенности, и предлагает эвристические методы для решения задач оптимизации на базе разработанной модели. Работоспособность методов иллюстрируется в статье результатами нескольких численных экспериментов.

В статье И. В. Антонова и Ю. В. Бруттан о применении больших языковых моделей для интеллектуального поиска и извлечения информации в корпоративных информационных системах детально исследована эффективность архитектуры Retrieval-Augmented Generation (RAG) в сочетании с различными большими языковыми моделями (LLM), что актуально для задач семантического поиска и обработки естественного языка. В работе исследованы проблема современных LLM (ограничение достоверности ответов («галлюцинаций»)) и способы ее решения через интеграцию с RAG, что особенно важно для корпоративных систем, где важна точность информации. Проведен сравнительный анализ 26 LLM, включая локальные и облачные модели (ChatGPT, GigaChat, YandexGPT, Llama и др.), дана их оценка по таким критериям, как точность, полнота, лаконичность и грамотность, что делает результаты исследования репрезентативными. Описана архитектура системы на базе RAG с использованием библиотеки FAISS для векторного поиска и LangChain для взаимодействия с LLM. Приведены технические детали, включая параметры аппаратного обеспечения и скрипты, что дает возможность практической реализации исследований. Авторы полагают, что для рассматриваемых ими задач использование экспертных оценок вместо автоматизированных метрик повышает достоверность результатов, особенно для задач, требующих семантического анализа.

В статье И. Б. Петрова, Д. С. Конова, А. В. Васюкова и М. В. Муратова об определении крупных трещин в геологической среде с использованием сверточных нейронных сетей предложено решение обратной задачи сейсморазведки — определение структуры исследуемой среды по зарегистрированному волновому отклику от нее. В качестве целевого объекта рассматриваются

крупные трещины, размеры и положение которых необходимо определить. Обратная задача решается с помощью сверточных нейронных сетей. Входными данными сети являются сейсмограммы, интерпретируемые как изображения. Выходными являются маски, описывающие среду на структурированной сетке. Для обучения нейронной сети использовались сейсмограммы, полученные с одной трещины. Для итогового тестирования использовались сейсмограммы, полученные с нескольких трещин, которые не были задействованы в ходе обучения сети. Целью тестирования была проверка наличия достаточной общности обученной сети и отсутствия ее переобучения. При тестировании сети авторами было обнаружено, что в случае близко расположенных трещин на сейсмограмме волновые отклики близких трещин сливаются и нейронная сеть интерпретирует их как одну. В работе приведены примеры некоторых таких артефактов и ошибок распознавания в работе сети. При этом авторы указывают, что небольшие трещины на больших глубинах хорошо определяются, если они достаточно пространственно разнесены друг от друга.

Статья А. Г. Фатьянова и В. Ю. Бурмина о сейсмических волновых полях в сферически-симметричной Земле с высокой детальностью посвящена исследованию начально-краевой задачи с граничным условием типа радиально осесимметричной силы, что порождает независимость решения от одной из пространственных компонент. Производится переход в частотную область с использованием разложения Фурье – Лежандра, имеющий целью сведение исходной задачи к двухпараметрическому семейству краевых задач в каждом из сферических слоев. Использование потенциалов продольных и поперечных волн приводит к записи классических уравнений для функций Бесселя. Особенностью рассмотрения высокочастотных сейсмических волн является необходимость вычисления членов сходящегося ряда с большими индексами, что при использовании классической асимптотики функций Бесселя приводит к неустойчивому вычислительному алгоритму из-за влияния машинного округления. Авторами предложено использовать иную асимптотику, что помогает для данной конкретной постановки задачи обойти указанные сложности. С использованием разработанного авторами программного алгоритма решен ряд задач о распространении сейсмических волн в однородной и слоистой моделях Земли.

В статье А. Алмасри и В. Г. Цибулина о мультистабильности для математической модели тритрофической системы на неоднородном ареале рассматривается пространственно-временная модель тритрофной экологической системы (жертва – хищник – суперхищник) в гетерогенной среде с внутригильдийным хищничеством, диффузией и направленной миграцией. В работе рассматривается объединение концепции косимметрии с экологическим моделированием для объяснения существования непрерывных семейств равновесных состояний и их разрушения при нарушении условий косимметрии. Представлены как аналитические результаты, так и численное моделирование, иллюстрирующие мультистабильность и переходы между режимами. Использование теории косимметрии в экологических моделях предлагает новое понимание механизмов генерации семейств положений равновесия. В статье приводятся четкие выводы условий существования косимметрии, семейств положений равновесия и их свойств устойчивости. Моделирование с гетерогенным распределением ресурсов подтверждает теоретические предсказания и иллюстрирует разрушение семейств при возмущениях параметров.

В статье О. Л. Ревуцкой, Г. П. Неверовой и Е. Я. Фрисмана о простейшей модели лимитированной популяции с половой структурой рассматривается модель, которая представляет собой два нелинейных уравнения с дискретным временем. В работе предложен подход, позволяющий оценивать демографические параметры реальных популяций с возрастной структурой на основе только общей численности, что может быть крайне полезно в случае, когда данные наблюдений не отражают половой и возрастной состав популяции, что нередко встречается на практике. В рамках данного подхода получено уравнение с запаздыванием динамики общей численности популяции с учетом половой структуры. Предложенный подход успешно апробирован на ре-

альных данных о численности популяций копытных животных Еврейской автономной области России. В частности, предложенное уравнение с запаздыванием довольно хорошо описывают реальную динамику. Статья содержит достаточно подробный анализ полученных точечных оценок параметров модели, а также обоснование их биологической содержательности.

Статья С. Я. Пак и А. И. Абакумова о модельном исследовании процессов газообмена в фитопланктоне под влиянием фотосинтетических процессов и метаболизма предлагает весьма оригинальный подход к моделированию исследуемых процессов. Рассмотрена иерархия математических моделей динамики кислорода и углекислоты в фитопланктоне. Иерархия моделей построена по возрастающей степени сложности и количества моделируемых процессов. Простейшая модель содержит только динамику газов, затем происходит переход к моделям с взаимодействием и взаимовлиянием газов на формирование и динамику энергоемких веществ и, через них, на ростовые процессы в растительном организме. В статье удачно сочетаются подробное обсуждение процессов газообмена и степени их детализации в разных модельных описаниях с адекватным математическим моделированием, интересным аналитическим и численным исследованием рассматриваемых моделей. Приведен пример сравнения результатов моделирования с данными, полученными в ходе эксперимента. Обнаружено, что модельное решение хотя и не обеспечивает полное повторение абсолютных концентраций биомассы, полученных в ходе лабораторного культивирования, однако общую тенденцию к увеличению/снижению скорости роста культуры улавливает достаточно хорошо.

Статья К. И. Шахгельдян, Н. С. Кукулина, И. Г. Домжалова, Р. Л. Пак и Б. И. Гельцера о случайном лесе факторов риска как прогностическом инструменте неблагоприятных событий в клинической медицине посвящена исследованию прогностических моделей внутригоспитальной летальности у пациентов с инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST, перенесших чрескожное коронарное вмешательство по данным ретроспективных электронных историй болезни 5446 пациентов. Цель работы состоит в разработке и апробации нового ансамблевого метода машинного обучения «случайный лес факторов риска», который обеспечивает высокую точность прогноза при сохранении интерпретируемости модели для клинического применения.

Статья Д. А. Брацуна и К. В. Костарева о математическом моделировании фазовых переходов при коллективном взаимодействии агентов в общем тепловом поле посвящена исследованию коллективного поведения агентов (особей королевских пингвинов) в условиях воздействия на них температурного фактора, инициирующего фазовые переходы второго рода. Фазовые переходы второго рода происходят в тех случаях, когда меняется структура пространственного и/или временного состояния окружающей среды или вещества (симметрия, как характерный признак строения объекта, может полностью исчезнуть или нарушиться). Описание фазового перехода второго рода, как следствие изменения симметрии, дается теорией Ландау. В настоящее время принято говорить не об изменении симметрии, а о появлении в точке перехода параметров порядка среды. В данном случае таким параметром выбрана величина средней завихренности в температурном поле. Величина параметра порядка определяется таким образом, чтобы ее значение в несимметричной фазе было отлично от нуля и равнялось нулю в симметричной фазе.

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*