
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 Ю. В. Цыгановой и А. В. Цыганова о LD-фильтре для оценки состояния парных марковских моделей посвящена решению задачи оценивания состояния парных марковских моделей с гауссовскими шумами. Авторы исследуют численно устойчивую модификацию парного фильтра Калмана (ПФК). Работа является естественным продолжением цикла работ авторов и М. В. Куликовой, одна из которых опубликована в нашем журнале в пятом номере в 2025 году. В начале статьи приводится обзор работ, лежащих в основе рассматриваемой области исследований. Предложенная авторами модификация основана на блочно-матричном LD-разложении. В статье приводится теоретическое обоснование эквивалентности предложенного подхода и стандартного метода парной фильтрации, а также приводится его сравнение со стандартной квадратно-корневой (SR) и UD-модификациями. В результате численных экспериментов показано, что на плохо обусловленных данных стандартный метод ПФК может не работать, а предложенная LD-модификация ПФК дает более точные результаты, чем SR-модификация, и работает быстрее, чем UD-модификация. Исследуемый алгоритм реализован в среде MATLAB и может быть предоставлен авторами по запросу.

В статье Р. С. Рогулина о QUBO-формализации двухэшелонной задачи маршрутизации транспорта с опциональной активацией промежуточных узлов (диагностика штрафного ландшафта и гибридный алгоритм) рассматривается проблема оптимизации указанной маршрутизации транспорта (2E-VRP) в лесопромышленном комплексе Сибири с применением QUBO-подхода (Quadratic Unconstrained Binary Optimization). Автор предлагает оригинальную QUBO-формулировку задачи, проверяет ее на модельной постановке точным решением, диагностирует причины неэффективности прямого генетического алгоритма и разрабатывает трехстадийный эвристический конвейер для получения допустимых решений на макрорегиональном масштабе. Работа выполнена на стыке операционных исследований, оптимизации типа квантового отжига и отраслевой логистики. Переход к QUBO-формулировкам открывает перспективу использования квантовых и гибридных решателей, а макрорегиональное рассмотрение (19 субъектов РФ, 207 узлов) представляет практический интерес.

В статье С. В. Соколова, В. А. Погорелова и И. В. Решетниковой об автономной навигации на аналитических траекториях с использованием инерциально-оптических измерений рассматривается решение задачи автономной навигации подвижных объектов, движущихся по программным траекториям, на основе применения интегрированной инерциально-оптической навигационной системы. Интерес к автономным навигационным системам постоянно растет в связи с подавлением сигналов от спутниковых навигационных систем (наиболее точных на текущий момент). Одним из наиболее перспективных и исследуемых направлений в автономной навигации является разработка различных методов обработки информации, содержащейся в видеопотоке, регистрируемом видеокамерой объекта, для последующего определения его скоростей — линейной и угловой. Оригинальность представленной работы состоит, во-первых, в нетрадиционном использовании оптической информации — не для непосредственного определения скоростей, а для формирования наблюдателя навигационного вектора. Во-вторых — в отсутствии необходимости непосредственного вычисления поля скоростей видеопотока, традиционно требующего больших

вычислительных затрат, критичных для бортовых вычислителей. И, в-третьих, — в сокращении размерности вектора навигационных параметров, формируемого по инерциальным измерениям, при соответствующей трансформации его наблюдателя, построенного по измерениям оптического потока, за счет использования аналитических зависимостей координат. Возможность реального применения предложенного подхода продемонстрирована на численном примере.

Статья Д. В. Садина и Е. Н. Широковой о моделировании разлета газозвеси с большим отношением давлений и плотностей посвящена математическому моделированию распространения газозвеси с твердыми частицами со значительным начальным перепадом давления и плотности (до шести порядков) между газовой смесью с частицами и без них. Вычислительный алгоритм основан на методе крупных частиц. Рассматривается одномерный случай разлета газозвеси с сопоставлением полученных результатов с аналитическим решением для предельного случая при числах Стокса, близких к нулю. Рассмотрена также двумерная задача о разлете газозвеси, находящейся в объеме в форме цилиндра. Приведены профили типа численных Шлирен-визуализаций в разные моменты времени и отношение давлений в определенных точках в зависимости от времени. Полученные результаты для частиц разных размеров демонстрируют схожие результаты на качественном уровне.

Статья А. В. Шмидта о приближенном решении одной модели дальнего осесимметричного турбулентного следа посвящена методу асимптотического решения задачи моделирования осесимметричного турбулентного течения в области дальнего следа, возникающего при обтекании тела. Метод асимптотического решения, рассмотренный автором в данной статье, не является традиционным для краевых задач гидроаэродинамики в теории струй или свободных течений. В традиционном подходе применения асимптотических методов на основе теории возмущений малый параметр для построения асимптотических разложений представляется *экзогенной* (заданной в рамках модели) величиной. В данной работе малый параметр является *эндогенной* (определяемой в рамках модели) величиной. В качестве малого параметра принимается величина, представленная в работе как автомодельная переменная, характеризующая изменение расчетных величин, являющихся функциями дефекта скорости течения, кинетической энергии турбулентности и скорости диссипации кинетической энергии турбулентности в направлении радиальной компоненты. В работе предложен оригинальный подход для асимптотического анализа и построения приближенного решения.

Статья А. В. Касьянова, К. А. Бабиной и Е. В. Пархомчук о методе анализа геометрических параметров частиц и построения их распределений по данным сегментации микрофотографий с использованием параметризованных полигонов посвящена разработке методики автоматизированного анализа морфологии и размеров частиц на основе микрофотографий. В работе новая методика анализа частиц тестировалась на сферических, кубических и частицах, имеющих форму гексагональной призмы, а также их смеси. В работе обсуждается получение частиц соответствующих форм и их микрофотографий. Далее описываются используемые в исследовании сервисы и вычислительная техника, а также этапы проведения работы, включая подготовку данных, обучение нейронной сети и сегментирование новых изображений с использованием обученной нейронной сети. В статье приведено подробное описание процедуры обработки сегментации и процесса анализа сегментированных объектов. Проведенный анализ показал, что метод эффективно идентифицирует и характеризует частицы различных типов, что позволяет получать распределения для отдельных параметров, а также дает инструмент для автоматизированного анализа частиц сложной формы.

Статья С. А. Баженова, Р. Р. Ходырева, Т. В. Кабановой, С. Э. Шипилова, Д. А. Вражнова и Ю. В. Кистенева об обнаружении малоразмерных объектов на аэрофотоснимках с использованием сверточных нейронных сетей посвящена решению указанной задачи с помощью модифицированной архитектуры YouOnlyLookOnce (YOLO) v11. В работе проводится анализ нейро-

сетевых архитектур, относящихся к классу предиктивных моделей, и приведены их достоинства и недостатки. Предложенные в работе модификации направлены, во-первых, на повышение вычислительной эффективности, что дает возможности ее использования на борту беспилотных летательных аппаратов, а во-вторых — для улучшения точности идентификации объектов. В результате приведены оценки пяти модификаций архитектуры YOLO v11, показывающие, что полученные модели позволили уменьшить время обработки изображений минимум в два раза при сохранении точности распознавания малоразмерных объектов.

Статья А. М. М. Аль. Коаерджи, О. М. Огородниковой и А. И. Огородникова о классификаторе на базе оптимизированной архитектуры YOLO11 с применением инструментов CBAM и Grad-CAM для надежной диагностики больных растений посвящена исследованию влияния механизмов внимания на эффективность и интерпретируемость модели классификации, построенной на базе YOLO11m-Cls. В работе представлен анализ результатов диагностики болезней растений в зависимости от сверточных блоков CBAM (Convolutional Block Attention Module), внедренных на разных уровнях архитектуры. В исследовании сравнивались базовая модель без механизма внимания, модель с добавлением CBAM только в магистральную часть и гибридная модель, сочетающая сокращенное внимание в магистральной части с дополнительным блоком CBAM на уровне классификационного слоя. Наилучшие результаты показала гибридная архитектура, которая обеспечивает баланс между устойчивостью и способностью детектировать с повышением параметров точности.

Статья Е. М. Аврахам и А. С. Креймера об автоматизированном анализе морфологических признаков растений в раннем онтогенезе для задач селекции на основе нейросетевой сегментации и графовых методов посвящена новому подходу, объединяющему методы глубокого обучения и графового моделирования, что позволяет перейти от простой сегментации к реконструкции топологически целостной структуры растения. Подобный синтез обеспечивает автоматическое выделение отдельных растений с учетом биологических закономерностей роста. Такой подход обеспечивает не только выделение контуров объектов, но и реконструкцию их структурной организации, включая главный и боковые корни, а также росток, что существенно расширяет возможности фенотипирования. Высокая степень автоматизации и устойчивость метода позволяют алгоритму работать без ручной настройки параметров, демонстрируя стабильность к вариативности формы корневых систем и шумам изображений, что делает его применимым для массового анализа больших наборов данных. Это выводит метод на уровень, значительно превосходящий традиционные полуавтоматические системы, требующие вмешательства пользователя.

Статья А. О. Гречневой, В. Д. Тарасова, Д. А. Тархова и А. В. Шатрова о нейросетевом моделировании полной системы нитрификации аммония с идентификацией параметров посвящена применению метода физически информированных нейронных сетей для моделирования процесса нитрификации при очистке сточных вод. Используемый в работе метод физически информированных нейронных сетей (Physics-Informed Neural Networks, PINN) позволяет объединить процедуры идентификации параметров системы и решения уравнений модели. Таким образом, одновременно уточняются и веса нейронной сети, и физические параметры системы. Авторами показан сравнительный анализ трех архитектур PINN-сетей с оптимизацией параметров по Парето. Эти архитектуры содержали одинаковое фиксированное число нейронов в скрытых слоях, различное постоянное число нейронов или растущее в процессе обучения число нейронов. Наилучшее соответствие экспериментальным данным при допустимом уровне невязки уравнений обеспечила архитектура с различным постоянным числом нейронов.

Статья Е. Ю. Щетинина и А. А. Шевчука о реакционно-диффузионной многокомпонентной модели эволюции ткани миокарда на основе параметров распределения Дирихле посвящена математическому моделированию процесса постинфарктного ремоделирования миокардиальной ткани. Авторы исследуют эволюцию пяти состояний миокарда, используя систему уравнений

типа «реакция – диффузия». Работа позволяет лучше понять механизмы формирования рубцов и прогнозировать появление зон, вызывающих аритмию. В статье предложено описание состояния миокарда с помощью параметров распределения Дирихле. Это дает возможность одновременно определить состав миокарда и оценивать уровень неопределенности в переходных зонах. В аналитической части статьи авторы строго доказали существование и единственность глобального слабого решения, проведен анализ его устойчивости. В практической части представлены результаты численных экспериментов для модельных задач в одномерном и двумерном пространствах.

Статья К. С. Курочки, В. В. Комракова, Е. Л. Цитко, К. А. Панарина и Т. С. Семенчени об алгоритме конечных элементов для моделирования поясничного отдела позвоночника с учетом физической нелинейности материала посвящена рассмотрению задачи определения напряженно-деформированного состояния поясничного отдела позвоночника. Авторы рассматривают модель, в которой выделены позвонки и межпозвоночные диски. Позвонки описываются как упругие тела, межпозвоночные диски — как упругопластические. Рассматривается статическая вертикальная нагрузка. Для построения приближенного решения с учетом упругопластических деформаций межпозвоночного диска предлагается использовать замену его неким линейно-упругим материалом, что способствует упрощению вычислений, поскольку не требует пересчета матрицы жесткости. При рассмотрении задачи в рамках линейной теории упругости используется метод линейных конечных элементов.

Статья С. А. Корневой, А. П. Черняева и А. Н. Осипова о кинетическом моделировании репарации радиационно-индуцированных двунитевых разрывов ДНК с учетом ультрамедленной компоненты посвящена разработке полуэмпирической модели репарации. Модель применялась к анализу экспериментальных данных по облучению культуры мезенхимальных стволовых клеток человека гамма-излучением и нейтронами нейтронного генератора. В работе обосновывается необходимость дополнительного учета в «стандартной» кинетической модели репарации в качестве начальных условий не одной, а двух фракций сложных двунитевых разрывов ДНК (ДР ДНК). Показано, что наличие ультрамедленно репарируемой фракции сложных ДР ДНК, которую можно отождествить с кластерными ДР, позволяет с единых позиций корректно описать наблюдаемые экспериментальные данные для излучений с низкой и высокой линейной передачей энергии. Параметры модели имеют ясную биологическую интерпретацию. Скорость ультрамедленной компоненты репарации на два порядка ниже скорости репарации «простых» повреждений, что хорошо согласуется с представлениями о труднорепарируемых кластерных повреждениях и разрывах в гетерохроматине.

Статья И. В. Щербаня, Л. В. Лысенко, О. Г. Щербань и К. Ю. Калитина о статистическом анализе и моделировании паттернов активации обонятельной луковицы на основе немаркированных пространственных точечных процессов посвящена пространственной структуре распределенного кодирования запахов в обонятельной луковице. В работе авторы проверяют, отклоняется ли пространственный паттерн активированных гломерул обонятельной луковицы при предъявлении двух запахов от полностью случайного процесса. Для этого предлагается оптимизированный вариант представления паттерна при помощи немаркированного пространственного процесса. Фактически авторы заменяют маркер размера активированной области на количество или плотности точек, следуя определенному ими правилу. Оценки функций Рипли и распределения расстояний между ближайшими соседями отклоняются от полностью случайного расположения. Далее авторы моделируют пространственные паттерны при помощи алгоритма Штрауса. Наблюдаемые паттерны в целом этой моделью могут воспроизводиться.

Статья Р. А. Жукова, А. Д. Прачева и Е. А. Ламзиной об идентификации типа распределения и его применении при оценке функционирования сложных систем на основе байесовских интеллектуальных технологий посвящена разработке методики идентификации типа вероятностного

распределения показателей сложных социально-эколого-экономических систем на примере объектов региональной экономики. Методика была апробирована на примере экономической подсистемы Тульской области. В работе осуществлена интеграция идентификации типа распределения индикаторов с их байесовской оценкой с учетом нормативов. Это позволило использовать их при вероятностной оценке результатов функционирования элементов подсистемы.

В статье А. Т. Мустафина о модели диффузии технологии, основанной на уравнениях «потребитель – ресурс», рассматриваются применение и развитие подходов математической популяционной экологии к решению макроэкономических задач оценки и прогноза распространения технологий. В работе приводятся описание и обоснование рассматриваемых содержательных задач, используемых и предлагаемых подходов, подробно обсуждаются сложности, связанные с тем, что рассматриваемые автором процессы «диффузии технологии» не являются диффузией в обычном понимании этого процесса, а использование экологической терминологии и методологии хорошо аргументируется библиографическими ссылками. В работе получено интересное сопоставление результатов моделирования с динамикой реальных процессов.

В статье В. Ю. Осипова о нейросетевом обосновании управляющих решений по цифровизации города рассматривается разработка нового метода указанных решений на основе анализа многомерных временных рядов. В работе рассмотрены правила прямого и обратного преобразования многомерных временных рядов и моделирование работы потоковой импульсной рекуррентной нейронной сети. Такие правила позволяют исключить потери информации в сети и обеспечить ее устойчивое функционирование. Под цифровизацией города в работе понимались данные о месячных объемах отгруженных компьютеров, электронных и оптических изделий, а эффективность управляющих решений оценивалась по суммарным объемам отгруженной продукции на горизонте с января по декабрь 2026 года в миллиардах рублей.

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

*С уважением от имени редакции,
Н. Митин*