

---

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 М. О. Гордейчук и О. М. Киселева об устойчивости алгоритма квантовой оценки фазы при равномерном распределении собственных значений рассматривается один из квантовых алгоритмов. Этот алгоритм является важным инструментом квантовых вычислений. Принципиально квантовый алгоритм Шора для разложения чисел на множители, квантовый алгоритм для решения систем линейных уравнений, а также методы квантового моделирования химических реакций и материалов используют алгоритм оценки фазы (Quantum Phase Estimation, QPE) как ключевую подпрограмму. В своей работе авторы исследуют устойчивость QPE в случае, когда собственные значения унитарного оператора равномерно распределены на единичной окружности комплексной плоскости. Внимание сосредоточено на двух вопросах: зависимость точности восстановления фазы от числа используемых кубитов и влияние малых возмущений входных данных на возможность различить соседние фазы. В работе получены фундаментальные ограничения разрешающей способности QPE, обусловленные как конечной разрядностью квантового регистра, так и неточностями во входных данных, а также установлено, что различимость соседних фаз в спектре унитарного оператора возможна лишь при условии, что амплитуда возмущения не превышает минимального расстояния между фазами.

Статья Д. Ю. Капитана, П. А. Овчинникова, К. С. Солдатова, П. Д. Андрюшенко и В. Ю. Капитана об оптимизированных методах машинного обучения для исследования термодинамического поведения сложных спиновых систем посвящена разработке и применению сверточных нейронных сетей (CNN) как универсального вычислительно эффективного инструмента для анализа термодинамического поведения спиновых систем, что является задачей на стыке математического моделирования и машинного обучения. В работе для исследования макроскопических свойств спиновых систем была рассмотрена задача получения зависимости между пространственным распределением обменных взаимодействий и термодинамическими характеристиками. Для ее решения было реализовано и обучено несколько архитектур сверточных нейронных сетей. Для оценки точности работы CNN было проведено сравнение с полносвязными нейронными сетями и специализированными глубокими архитектурами. Результаты проведенных исследований показали, что CNN-архитектуры превосходят традиционные полносвязные и глубокие нейронные сети в точности предсказаний для рассматриваемых систем.

В статье С. А. Антиповой и А. М. Журкина о ресурсно-адаптивном подходе к разметке текстовых данных в структурированном виде с использованием малых языковых моделей рассматривается применение таких моделей для автоматической разметки текстовых данных в формате QA-пар (пар вопросов – ответов) при ограниченных вычислительных ресурсах (CPU, отсутствие GPU). В работе исследуется, насколько малые языковые модели (SLM) способны обеспечивать устойчивую и воспроизводимую генерацию QA-пар для документов с определенной строгой структурой, таких как нормативно-правовые акты, распоряжения, ГОСТы, справочные документы, научные статьи и т. п., и определить оптимальный компромисс между качеством, скоростью и аппаратными затратами. В работе предложен программный конвейер, использующий версии SLM: Gemma-3-4b для генерации вопросов и ответов, Qwen-2.5-3b для их верификации. Представлены результаты эксперимента по разметке документов, проведено сравнение производительности автоматического подхода с ручной разметкой.

В статье А. А. Чечиной, Н. Г. Чурбановой и М. А. Трапезниковой о модели клеточных автоматов для описания смешанного потока легковых и грузовых автомобилей на многополосных магистралях исследуется проблема математического моделирования транспортных потоков, связанная с неоднородным составом. Представлена разработанная авторами модель с транспортными средствами различных типов на примере двух типов — легковых и грузовых автомобилей. В модели учитываются различия между типами транспортных средств в скоростных характеристиках, по габаритам и в стратегиях движения и смены полосы. Модель реализована в терминах клеточных автоматов, обобщая известную модель Нагеля – Шрекенберга. Введены стохастические элементы в виде вероятностей смены полосы. Достоинством моделирования является стремление к детальному приближению к реальным условиям. Приведены результаты выполненных тестовых расчетов для двух конфигураций фрагмента сети. Результаты показывают, что на основе модели можно сделать вывод о положительном влиянии введенных ограничительных мер для грузовых автомобилей на пропускную способность многополосной дороги.

Статья М. О. Петрова, Е. А. Рындина и Н. В. Андреевой о нейроморфном процессоре с аппаратным обучением на основе сверточной нейронной сети для анализа аудиоспектрограмм посвящена исследованию аппаратно-ориентированной сверточной нейронной сети (СНС), предназначенной для классификации аудиоспектрограмм на устройствах с ограниченными вычислительными ресурсами (edge-устройствах). Особое внимание уделено реализации аппаратного режима обучения, что выделяет работу на фоне большинства edge-решений, ориентированных только на обработку данных. Работоспособность разработанной архитектуры проверялась на решении задачи распознавания звуковых спектрограмм и определения источника звука. Результаты работы показывают, что предложенное архитектурное решение обучается и эффективно решает бинарную задачу классификации звуков двигателей автомобилей и самолетов.

В статье И. В. Антонова, Ю. В. Бруттан, М. А. Горелова и Ю. С. Яковлева о гибридной нейронной сети для прогнозирования характеристик покрытия при газопламенном напылении представлены разработка и исследование гибридной модели искусственной нейронной сети. Авторы предлагают комплексный подход, объединяющий обработку визуальных данных (серий изображений пламени) с табличными технологическими параметрами, что позволяет формировать более точные прогнозы. Работа носит исследовательский характер и сочетает теоретическую часть с экспериментальными результатами. Программная реализация выполнена с использованием современных инструментов (PyTorch, Streamlit, ONNX), что определяет прикладную значимость работы. Авторами также продемонстрирована визуализация механизма внимания и реализована поддержка экспорта модели, что делает предложенный подход потенциально применимым в промышленных условиях.

В статье А. О. Шлыковой, Ю. А. Шевченко, С. В. Минина и А. П. Королевой о каскадной модели нейронной сети с физической поддержкой для предсказания потерь давления трехфазной смеси в трубопроводе предложена разработка нейронной сети для прогнозирования перепада давления в смеси нефти, газа и воды в трубопроводе с повышением точности, интерпретируемости и снижением вычислительных затрат. Обучение и тестирование предложенной модели проводились на синтетическом наборе данных, сгенерированном с использованием полуэмпирической модели, а верификация выполнялась на независимых экспериментальных данных. В работе исследовалась каскадная нейронная сеть, которая декомпозировала сложную задачу прогнозирования перепада давления на три последовательные и физически интерпретируемые подзадачи: прогнозирование коэффициента удержания жидкости (доля поперечного сечения трубы, занятая жидкостью), классификация режима течения и непосредственный расчет перепада давления, что позволило повысить точность итогового прогноза. В работе показано, что предложенная модель сочетает в себе высокую точность, относительно низкие вычислительные затраты и прозрач-

---

ность результатов, что дает возможность ее применения в системах оперативного мониторинга и управления технологическими процессами.

Статья Г. В. Копытова и А. Н. Дроздова об использовании сервис-контейнеров Docker для создания систем поддержки принятия врачебных решений (СППВР) на базе веб-браузера посвящена разработке технологии построения браузерных СППВР, обеспечивающей переносимость, воспроизводимость и доступность без установки локального ПО. В работе представлена общая архитектура предлагаемой системы, описываются процессы разработки компонентов сервис-контейнеров, проксирования HTTP- и WebSocket-запросов в сервис-хабе и сборки и развертывания сервис-контейнера СППВР, а также дается оценка временных затрат при использовании данной технологии для создания СППВР. Результаты проделанной работы показывают, что возможна эффективная разработка приложений СППВР, основанных на сервис-контейнерах с использованием Docker и веб-интерфейсе, работающем непосредственно в браузере без установки специализированного ПО на рабочий компьютер врача.

Статья М. В. Максименко и А. А. Тихонова о модификации электродинамического метода трехосной стабилизации космического аппарата (КА) на орбитах с большим наклоном посвящена преодолению ограниченности возможностей электродинамической системы управления (ЭДСУ) для КА, движущихся по орбитам, близким по наклону к полярным, в силу наличия в этом случае таких точек на траектории КА, в которых возможно совпадение линий действия вектора геомагнитной индукции и вектора скорости КА относительно магнитного поля Земли (МПЗ). Предложенная оптимизация электродинамического метода управления угловым движением КА минимизирует энергозатраты на создание управляющих моментов. Также рассмотрена его модификация, позволяющая гарантировать ограниченность вектора статического момента заряда первого порядка в процессе генерирования управляющего лоренцева момента вне зависимости от наклона орбиты КА. Расчеты, проведенные в работе, подтверждают целесообразность использования предложенной оптимизации управления на практике.

Статья Д. В. Акуловой и М. А. Шеремета об одномерной вычислительной модели теплового состояния молочной железы с внутритканевым новообразованием посвящена исследованию теплового состояния молочной железы с раковой опухолью на основе модифицированного биотеплового уравнения Пеннеса с учетом перфузии крови, объемного внутреннего тепловыделения и пространственного нагрева, описываемого экспоненциально затухающим законом Бугера – Ламберта – Бера. В работе рассматривалась одномерная многослойная модель, включающая четыре слоя здоровой ткани, а также слой злокачественного новообразования. Для оценки гибели клеток ткани авторы использовали модель повреждения Аррениуса первого порядка. Разработанная модель была протестирована на аналитическом и численном решениях, полученных другими исследователями. В результате проведен анализ нестационарного влияния лазерного воздействия на поверхность ткани при условии различного расположения опухоли. Установлены некоторые термодинамические особенности, отражающие присутствие опухоли.

Статья А. Дарвиша и В. Н. Леоненко о снижении вычислительной сложности при калибровке агентных эпидемиологических моделей (применение суррогатных моделей глубокого обучения) посвящена обратной задаче калибровки агентных моделей (АМ) для моделирования распространения респираторных заболеваний в Санкт-Петербурге. Калибровка агентных моделей является довольно сложной и трудозатратной. В своей работе авторы сравнивают три современных подхода в машинном обучении для создания суррогатных моделей, которые могут использоваться для аппроксимации результатов агентных моделей. В своем исследовании авторы задачу калибровки АМ по эпидемиологическим данным сформулировали как задачу контролируемого обучения, в которой последовательности, получаемые из эпидемиологических траекторий, связываются с эпидемиологическими параметрами. Наилучшие результаты показало моделирование

последовательностей на основе внимания, далее шла распределенная регрессия, а вероятностное глубокое обучение показало наихудшие результаты.

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*