



Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И УПРАВЛЕНИИ**

**ТЕЗИСЫ XXX Байкальской
Всероссийской конференции
с международным участием
1 - 9 июля**

Иркутск - Байкал 2025

КОНФЕРЕНЦИЯ
«ИНФОРМАЦИОННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И УПРАВЛЕНИИ»,
ВКЛЮЧАЮЩАЯ МОЛОДЕЖНУЮ ШКОЛУ-СЕМИНАР

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

1 июля – 9 июля

2025

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ИЗ БАЗЫ ЗНАНИЙ

Алексеев Р.В.¹, Лукьянов Н.Д.², Массель Л.В.¹

¹*Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск*

²*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск*
alekseevrv@ex.istu.edu

В условиях стремительного роста объемов структурированных и неструктурированных данных, актуальной задачей становится разработка эффективных методов обработки знаний [1]. Современные базы знаний включают онтологии, графы знаний и текстовые документы, что требует универсальных инструментов для их анализа и интеграции. Онтологии, представленные в формате Ontology Web Language (OWL), обеспечивают формальное описание предметной области посредством классов, свойств и индивидов. Они поддерживают логический вывод, что позволяет автоматически классифицировать сущности и выявлять новые связи между ними [2]. В то же время графы знаний, основанные на модели Resource Description Framework (RDF), используют модель триплетов (субъект–предикат–объект), что делает их удобными для семантического представления данных [3]. Текстовые документы, в отличие от онтологий и графов, часто содержат неструктурированную информацию, требующую дополнительной обработки. Для работы с онтологиями в формате OWL применяется библиотека owlready2, которая позволяет загружать онтологии, извлекать классы, свойства и индивиды, а также выполнять логический вывод. Загрузка онтологии осуществляется с помощью метода get_ontology(), а перебор классов выполняется через итерацию по onto.classes(). Библиотека поддерживает интеграцию с реазонерами (HermiT, Pellet), что позволяет, в случае необходимости, автоматически обогащать онтологии новыми связями. Обработка RDF-графов реализуется с использованием библиотеки rdflib, которая предоставляет инструменты для загрузки и анализа RDF-данных в различных форматах (Turtle, RDF/XML, N-Triples). Для извлечения данных применяются SPARQL-запросы, позволяющие гибко фильтровать и агрегировать информацию. Текстовые документы требуют предварительной обработки с применением методов Natural Language Processing (NLP), посредством таких библиотек, как spaCy или NLTK, которые позволяют извлекать сущности, ключевые термины и семантические связи. Затем, полученные данные могут быть преобразованы в структурированный формат (RDF/OWL) для дальнейшего использования. Проектируемый модуль включает три ключевых компонента: загрузчик данных, процессор запросов и экспортер. Загрузчик отвечает за парсинг данных из различных источников (OWL-файлы, RDF-графы, текстовые документы и т.д.). Процессор запросов обеспечивает выполнение SPARQL-запросов, логический вывод и семантический анализ. Экспортер формирует результаты обработки в удобном формате (отчеты, JSON-LD, базы данных) для дальнейшего использования. Интеграция owlready2 и rdflib позволяет унифицировать обработку разнородных данных.

Разрабатываемый модуль обработки данных позволит обеспечить эффективную работу с онтологиями, графами знаний, текстовыми документами и другими форматами данных. В качестве основного решения предлагается использование библиотек owlready2, rdflib, а также методов NLP, что позволит гибко настраивать процесс извлечения и анализа знаний.

Список источников

1. Томашевская, В. С. Способы обработки неструктурированных данных / В. С. Томашевская, Д. А. Яковлев // Российский технологический журнал. – 2021. – Т. 9, № 1(39). – С. 7-17. – DOI 10.32362/2500-316X-2021-9-1-7-17.
2. Лаврищева, Е. М. Семантические ресурсы для разработки онтологии научной и инженерной предметных областей / Е. М. Лаврищева, Л. Е. Карпов, А. Н. Томилин // Научный сервис в сети Интернет: труды XVIII Всероссийской научной конференции, Новороссийск, 19–24 сентября 2016 года / ИПМ им. М.В. Келдыша РАН. – Новороссийск: Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, 2016. – С. 223-239.
3. Knowledge Graph Essentials and Key Technologies / V. S. Gurin, E. V. Kostrov, Yu. Yu. Gavrilenko [et al.] // Modern Information Technologies and IT-Education. – 2019. – Vol. 15, No. 4. – P. 932-944. – DOI 10.25559/SITITO.15.201904.932-944.

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ДЕЙСТВИЯМ ПРИ УГРОЗЕ РАЗМЫВА ПУТЕЙ НА УЛАН-БАТОРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

Аршинский Л.В.¹, Знайдюк А.Н.¹, Кириллова Т.К.¹,
Старцев С.П.², Сэлэнгэ Мунхсайхан²

¹Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск

²Улан-Баторская железная дорога, Улан-Батор

larsh@mail.ru

Улан-Баторская железная дорога (УБЖД) – один из важнейших компонентов транспортного комплекса Монголии. Одной из серьёзных проблем эксплуатации дороги являются сложные погодные условия, обусловленные географическим положением Монголии. Несмотря на общий сухой резко-континентальный климат, персонал дороги ежегодно сталкивается с проблемой размыва путей, обусловленных влиянием паводков. В настоящее время ликвидация последствий размывов ведётся в основном «по факту»: по получении сигнала о событии бригады выезжают на место, оценивают обстановку и принимают необходимые меры. Для эффективной борьбы с размывами более успешной стратегией является предсказание возможности подобных событий по месту и времени для своевременной подготовки парирующих мероприятий. Для предсказания места возможного размыва с учётом прогноза погоды и наличия ИССО в Иркутском государственном университете путей сообщения (ИрГУПС) была разработана модель, рассчитывающая уровень угрозы [1]. Модель учитывает такие характеристики обстановки как: состояние земляного полотна, характеристика пути, высота насыпи, и т.д. Основанная на такой модели система поддержки принятия решений (СППР) изначально была реализована в простейшей форме в виде электронной таблицы. Развитием табличного подхода стала разработка СППР в виде геоинформационной системы (ГИС) СКОРД 1.0, отображающей прогноз размыва на карте и выдающий рекомендации по мерам противодействия. ПО реализовано как веб-приложение с использованием ГИС-технологий. Результат работы с цветовой индикацией степени опасности выводится на карту – рисунок 1. Отдельно, через личные кабинеты пользователей выдаются управленческие рекомендации – рисунок 2.

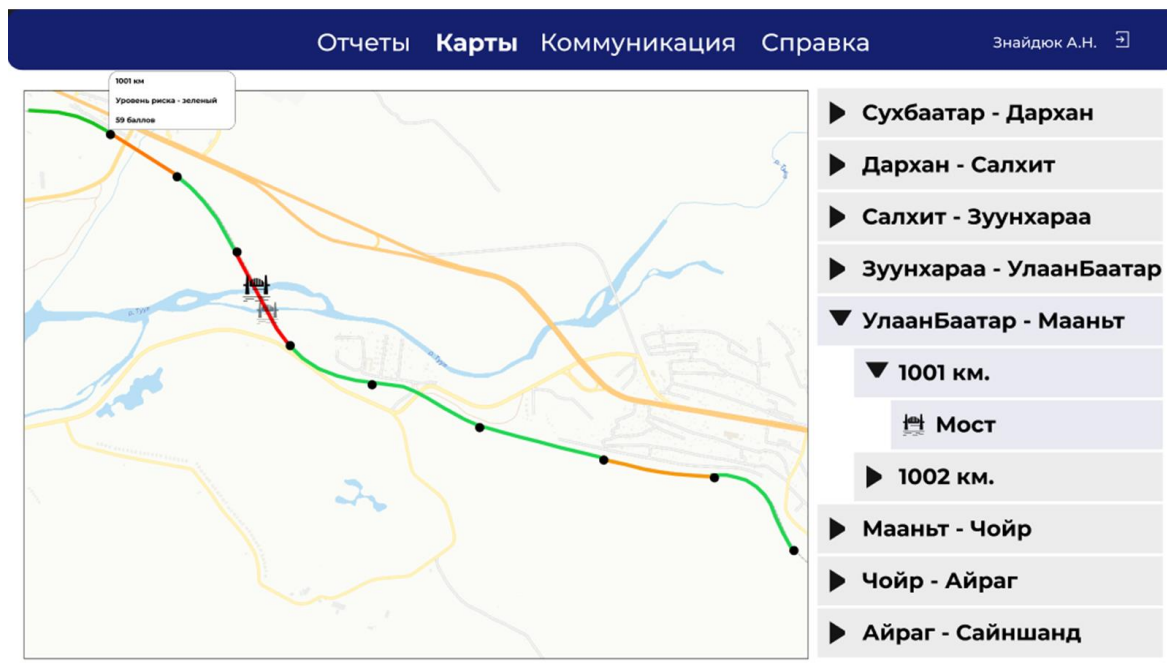


Рис. 1. Крупномасштабная карта с отображением ИССО

Уведомления



Рис. 2. Пример управленческих рекомендаций

Представленная система реализована в основном. По её полному завершению она позволит руководству и службам дороги повысить оперативность принимаемых решений, уменьшая последствия размывов железнодорожных путей.

Список источников

1. Филатов Е.В., Ковенькин Д.А., Подвербный В.А. К вопросу анализа рисков размывов пути на Улан-Баторской железной дороге // Наукосфера, 2023. № 8-1. С. 113-122.

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ЗАДАЧАХ ДИФРАКЦИИ НА МНОГОМАСШТАБНЫХ СТРУКТУРАХ МЕТОДОМ МОМЕНТОВ

Аушев В.М.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва

Т1 Интеграция, Москва

aushevvm@gmail.com

Моделирование рассеяния электромагнитных волн на сложных комбинированных структурах, содержащих проводящие и диэлектрические материалы, является одной из ключевых задач прикладной электродинамики. Особый интерес представляет анализ таких объектов в X-диапазоне (8-12 ГГц), который широко используется в радиолокации, спутниковой связи и системах дистанционного зондирования. Точный расчет эффективной площади рассеяния (ЭПР) в этом диапазоне частот необходим как для разработки малозаметных летательных аппаратов, так и для оптимизации антенн и радиопоглощающих покрытий [1, 2].

Важным аспектом моделирования в области высоких частот, в частности, в X-диапазоне, является учет радиопоглощающих материалов (РПМ), которые применяются для снижения уровня рассеяния и минимизации электромагнитных помех [1, 2, 3]. Современные РПМ, такие как углепластик, благодаря своим электромагнитным и прочностным свойствам находят применение в авиационной и космической промышленности, а также в военной технике. Корректное численное моделирование объектов с подобными материалами требует использования точных и вычислительно эффективных методов. Одним из таких инструментов для моделирования рассеяния электромагнитных волн является метод моментов, основанный на представлении решения в интегральном виде и требующий решения соответствующих интегральных уравнений [4]. Однако его прямое применение к большим объектам, содержащим десятки миллионов неизвестных, сопряжено с крайне высокими вычислительными затратами. В связи с этим в данной работе для решения системы интегральных уравнений применяется многоуровневый быстрый метод мультиполей (MLFMM), который позволяет снизить вычислительную сложность до $O(N)$ и $O(N \log N)$ в области низких и высоких частот соответственно [5].

Задачи, представляющие практический интерес, могут содержать не только миллионы неизвестных, но и компоненты разных пространственных масштабов. В результате при дискретизации расчетной области возникают элементы, линейные размеры которых отличаются на несколько порядков, что может значительно замедлить сходимость при решении СЛАУ итерационным методом. Для решения подобных задач мы предлагаем новый тип предобуславливателя, основанный на анализе топологических связей между элементами расчетной сетки в комбинации с локальными геометрическими характеристиками. Такой подход позволяет значительно сократить число итераций при решении системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) по сравнению с классическими предобуславливателями, особенно в случае многомасштабных геометрий.

В данной работе проводится численный анализ рассеяния электромагнитных волн на объектах сложной формы, включая идеальные проводники и диэлектрики, а также конструкции, содержащие радиопоглощающие материалы. Проведено сравнение с коммерческим программным обеспечением CST Studio Suite, использующим решатель на основе тех же интегральных уравнений, которые мы рассматриваем в работе. Кроме этого, реализованный программный комплекс верифицирован в широком диапазоне частот на тестовой задаче рассеяния на сфере, имеющей аналитическое решение. Показана эффективность предложенного метода для решения задач с десятками миллионов неизвестных на частотах до 18 ГГц для объектов метровых размеров.

Список источников

1. Knott E.F., Shaeffer J.F., Tuley M.T. Radar cross section. Raleigh: SciTech Publishing, 2004.
2. Anand S. Planar polarization rotation reflective surface for X-band RCS reduction in microstrip patch antenna // Adv. Elect. Eng. Electron. Energy. 2023. 4. 100164.

3. Junior M.A.D.A. Influence of the permittivity on carbon fiber particulates applied in radiation absorbing materials // GJRE. 2017. 7 N8. 7-14.
4. Jin J.-M. Theory and computation of electromagnetic fields. Hoboken: Wiley, 2010.
5. Gumerov N.A., Duraiswami R. Fast multipole methods for the Helmholtz equation in three dimensions. Oxford: Elsevier. 2004.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИСПЕТЧЕРСКОГО ГРАФИКА БРАТСКОЙ ГЭС

Бердников В.М., Осипчук Е.Н., Абасов Н.В.

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск
berdvm98@gmail.com

Братская ГЭС (БрГЭС) является главным регулятором всего Ангаро-Енисейского каскада (АЕК) с широкими возможностями многолетнего регулирования. Действующие Правила использования водных ресурсов (ПИВР), принятые в 1988 г., определяли режимы совместной работы всех ГЭС каскада. Критерием эффективного функционирования АЕК являлась максимизация гарантированной зимней мощности, составляющая 9800 МВт. После введения в эксплуатацию Богучанской ГЭС величина гарантированной мощности изменилась, которая так и не была определена в действующих ПИВР. Кроме того, были уменьшены диапазоны регулирования оз. Байкал до 1 м (456–457 м ТО) и Братского водохранилища на 3 м (минимальный уровень повышен до 394.73 м БС).

На практике при назначении режимов ГЭС широко используются диспетчерские графики, включающие зависимости назначаемого расхода ГЭС от уровня водохранилища. В связи с обозначенными выше ограничениями, режимы БрГЭС существенно изменились, однако ее диспетчерский график не был определен.

В ИСЭМ СО РАН разработана имитационная система моделирования режимов работы отдельных ГЭС и каскадов, которая эффективно применяется для режимов АЕК. На основе модифицированного диспетчерского графика БрГЭС из ПИВР определены линии зон по минимизации летних холостых сбросов и максимизации гарантированной зимней мощности. Зимний режим БрГЭС определяется текущим уровнем Братского водохранилища, накопленным объемом воды в оз. Байкал и мощности Енисейской ветви каскада.

Для определения параметров диспетчерского графика БрГЭС в зимний период была разработана специальная матрица перехода в различные зоны с учетом 5 возможных сценариев назначения расхода (нормальный, пониженный, повышенный, экстремально высокий и низкий) и определением в них гарантированной зимней мощности АЕК. Для уточнения коэффициентов матрицы была разработана нейронная сеть (рис.), обучение которой проводилось на основе данных расчета режимов ГЭС по имитационной модели, покрывающей все возможные сценарии расходов.

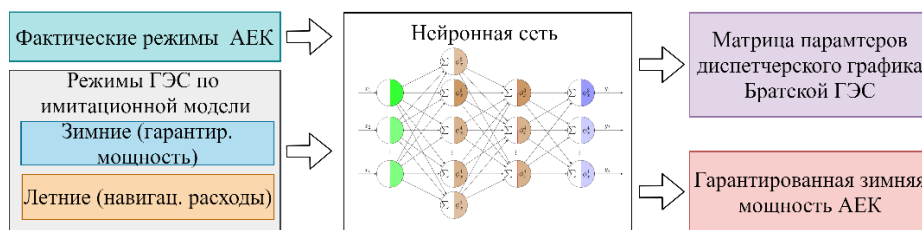


Рис. 1. Уточнение параметров диспетчерского графика

С помощью разработанного подхода определена гарантированная зимняя мощность АЕК с учетом Богучанской ГЭС в зависимости от ограничений на минимальный уровень оз. Байкал и Братского водохранилища в диапазоне 11200–11600 МВт. В дальнейшем предполагается исследование возможности использования ресурсов Красноярского водохранилища для повышения гарантированной зимней мощности АЕК.

Благодарности. Работа выполнена в рамках проекта государственного задания ИСЭМ СО РАН (№ FWEU-2021-0003, рег. номер: АААА-А21-121012090014-5) программы фундаментальных исследований РФ на 2021–2025 гг.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КРИТИЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Береснева Н.М., Еделев А.В.

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск
beresneva@isem.irk.ru

В статье представлены результаты комплексной оценки критичности элементов Единой системы газоснабжения (ЕСГ) по отношению к топливно-энергетическому комплексу (ТЭК) страны. Данная оценка проводилась на базе оптимизационной территориально-производственной модели функционирования ТЭК страны. Эта модель воспроизводит взаимодействие угольной, газовой, нефтеперерабатывающей отраслей, электро- и теплоэнергетики. Газовая отрасль в модели представлена детализированной расчетной схемой, включающей источники газа, его подъемные хранилища, компрессорные станции, участки магистральных газопроводов. Потребности в газе категоризованы на экспортные поставки, энергетические нужды (на отпуск электроэнергии и тепла тепловыми электрическими станциями и котельными), прочие региональные потребности. Актуальность комплексного анализа критичности газовых элементов объясняется существенной долей газа в топливно-энергетических балансах субъектов РФ, геополитическими реалиями последних лет.

Проведенный анализ критичности газовых элементов включал выбор уязвимых и скрытых объектов ЕСГ, проводился в рамках адаптированной методики определения критических элементов отраслевых систем энергетики. Данная методика выстроена на анализе топологических и потоковых показателей функционирования отдельных отраслей, ориентирована на выявление уязвимых и скрытых элементов расчетных схем, на определение так называемых узких мест (элементов с недостаточным резервом производственных мощностей). Принципиальными отличиями уязвимых и скрытых элементов являются:

- существенное снижение уровня обеспеченности энергоресурсами всех категорий потребителей в случае неработоспособности уязвимых элементов;
- существенный вклад отказов скрытых элементов в комбинациях с прочими отраслевыми объектами в каскадное развитие крупных возмущений.

Актуальность представленного материала с практической точки зрения объясняется фактом определения скрытых элементов в детализированной схеме ЕСГ России в контексте взаимосвязанного функционирования отраслевых систем энергетики по всему множеству категорий потребителей. Ранее определялись только уязвимые газовых элементы в рамках двухуровневой схемы модельных исследований ТЭК страны.

В методологическом плане актуальность материала объясняется фактом формализации методики классификации критических отраслевых элементов, адаптированной путем введения многокритериальной оценки недоотпуска энергоресурсов различным категориям потребителей а рассматриваемом территориальном разрезе.

Благодарности. Источник финансирования проект государственного задания № FWEU-2021-0003 (регистрационный номер: АААА-А21-121012090014-5)

Список источников

1. Надежность топливо- и энергоснабжения потребителей с позиций обеспечения энергетической безопасности / С.М. Сендеров [и др.]; отв. ред. Н. И. Воропай; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т систем энергетики им. Л.А. Мелентьева. – Новосибирск: СО РАН, 2022. – 132 с.
2. Сендеров С.М., Береснева Н.М. Анализ возможностей энергоснабжения потребителей в условиях похолоданий при крупномасштабных нештатных ситуаций в газовой отрасли // Известия Российской академии наук. Энергетика. 2024. №2. С. 21-33.
3. Назарова И.А., Малашенко Ю.Е., Новикова Н.М. Управление топливно-энергетической системой при крупномасштабных повреждениях. IV. Априорные оценки структурно-функциональной уязвимости. // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2018. № 6. С. 84-100.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ РУ ПРИ ИНТЕНСИВНЫХ ТЕРМОПУЛЬСАЦИЯХ

Бесчеров Д.Е., Большухин М.А., Будников А.В., Ереев М.Н.,
Марков А.С., Панов В.А., Свешников Д.Н.

Опытнo-конструкторское Бюро Машиностроения им. И.И. Африкантова, Нижний Новгород
bescherov@okbm.nnov.ru

Теплообменное оборудование современных реакторных установок (РУ) функционирует в условиях интенсивных термоциклических воздействий, обусловленных высокочастотными термопульсациями при эксплуатации, которые приводят к реализации различных механизмов термоусталости. При длительном воздействии температурных пульсаций в конструкционном материале оборудования возникают повреждения в виде термоусталостных трещин, которые в процессе своего дальнейшего развития могут привести к потере не только его работоспособности, но и нарушению безопасности. Таким образом, задача повышения точности расчета кинетики накопления усталостных повреждений в конструкционных материалах при воздействии температурных пульсаций является весьма актуальной.

В АО «ОКБМ Африкантов» разработана методика численного эксперимента, позволяющая проводить оценку влияния интенсивных термоциклических нагрузок на ресурсные характеристики оборудования РУ. Методика основана на подходе, при котором численными методами с применением суперЭВМ решается так называемая «связанная» задача: «теплогидравлика – теплопроводность – напряженно-деформирование состояние (НДС) – поврежденность».

Для оборудования, работающего в условиях случайных термопульсаций, которые приводят к воздействию стохастического термоциклического нагружения, потребовалось дальнейшее совершенствование и развитие указанной методики.

С целью решения поставленной задачи АО «ОКБМ Африкантов» проводит экспериментальные исследования на специально сконструированном в НГТУ им. Р.Е. Алексеева стенде для моделирования термоциклического нагружения экспериментальных моделей случайными температурными пульсациями. Уникальные конструктивные решения данного стенда прорабатывались для достижения не только возможности смоделировать сложный процесс возникновения стохастических термопульсаций в стенке испытываемых образцов, но и возможности достоверных измерений экспериментальных данных по нагруженности температурным полем.

В результате проведенных экспериментальных исследований получены:

- данные о температуре теплоносителя в зоне смещения его потоков;
- данные о напряженно-деформированном состоянии материала экспериментальных моделей при случайных термоциклических нагрузках, возникающих в зоне смещения потоков с различной температурой;
- данные об усталостной долговечности стали 12X18H10T при воздействии случайных термоциклических нагрузок, обусловленных смещением теплоносителей с различной температурой.

Для сравнения результатов эксперимента с результатами расчета была создана 3D модель экспериментального образца. Проведены теплогидравлические расчеты 3D модели, а по их результатам – расчеты НДС в условно-упругой и упругопластической постановках. Полученные результаты расчета верифицированы путем сравнительного анализа их с экспериментальными данными.

По результатам расчетов НДС проведена оценка долговечности экспериментального образца при воздействии стохастических температурных пульсаций с помощью разработанных в АО «ОКБМ Африкантов» программных средств.

Учитывая результаты расчетов и контроля кинетики накопления усталостных повреждений в материале экспериментальных моделей, были проведены их металлографические исследования, которые подтвердили достоверность результатов оценки долговечности, полученные по методике оценки влияния случайных термоциклических нагрузок на ресурсные характеристики оборудования РУ.

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ КОРРЕКЦИИ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДВОДНОГО АППАРАТА НА ОСНОВЕ МЕТОДА ДЛИННОЙ БАЗЫ

Богомолов В.В., Караулов В.Г.

Университет ИТМО, Санкт-Петербург
АО «Концерн «ЦНИИ «Электронприбор», Санкт-Петербург
bogomolov.v.v@yandex.ru

В докладе рассматриваются алгоритмы коррекции показаний навигационной системы счисления подводного аппарата (ПА) по относительному лагу и курсоуказателю по измерениям дальностей до точечных ориентиров, в качестве которых под водой используются гидроакустические маяки [1]. В настоящей работе применяется метод длинной базы [2]. Предполагается, что измерения дальностей содержат некоррелированные для разных маяков белозумные помехи и постоянную погрешность одинаковую для всех маяков, а погрешности курсоуказателя описываются в виде стационарного марковского процесса первого порядка. При решении задачи счисления учитывается неопределенность модели, порожденная неточностью задания составляющих течения и описываемая стационарными марковскими процессами первого порядка. Задача коррекции формулируется в рамках байесовского подхода как задача фильтрации, нелинейность которой порождена нелинейной зависимостью измерений от оцениваемых параметров.

Проводится сравнительный анализ эффективности использования рекуррентного алгоритма калмановского типа и нерекуррентного алгоритма, основанного на методах фактор граф оптимизации (factor graph optimization- FGO) [3, 4], в благоприятных и неблагоприятных условиях. Под неблагоприятными условиями подразумевается совокупность причин, обусловленных расположением маяков относительно автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА) и уровнем априорной неопределенности, при которых в задаче коррекции возникает неоднозначность в определении местоположения АНПА. В случае, когда погрешности априорных координат сопоставимы с дальностями до маяков, возникают трудности с применением алгоритмов калмановского типа, основанных на линеаризации измерений.

При проведении анализа эффективности отыскиваются действительные (полученные по множеству реализаций) и расчетные среднеквадратические погрешности оценок координат согласно методике, описанной в [5]. Проанализирована состоятельность алгоритмов. Показано, что в неблагоприятных условиях алгоритм на основе FGO обладает преимуществом перед алгоритмом калмановского типа в силу нерекуррентного способа обработки измерений. Отмечается совпадение результатов, полученных с использованием FGO и нерекуррентного алгоритма калмановского типа. Обсуждается возможность построения нерекуррентных алгоритмов калмановского типа и алгоритмов, основанных на комбинированном их применении совместно с FGO алгоритмом.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-19-00626, <https://rscf.ru/project/23-19-00626/>

Список источников

1. Кошаев Д.А. Относительное позиционирование и определение ориентации автономного необитаемого подводного аппарата по данным от гидроакустических маяков. // Гироскопия и навигация. 2022. №4. С. 122-141.
2. Кебкал К.Г., Машошин А.И. Гидроакустические методы позиционирования автономных необитаемых подводных аппаратов // Гироскопия и навигация. 2016. №3. С. 115–130. DOI 10.17285/0869-7035.2016.24.3.115-130.
3. F. Dellaert, M. Kaess ‘Factor Graphs for Robor Perceprion’, Foundations and Trends in Robotics, vol. 6, no. 1-2, pp. 1-139, 2017.
4. Степанов О.А., Моторин А.В., Золотаревич В.П., Исаев А.М., Литвиненко Ю.А. Рекуррентные и нерекуррентные алгоритмы в задачах обработки навигационной информации. Отличия и взаимосвязь с алгоритмами оптимизации на графах // Материалы XXXI Санкт-Петербургской

- международной конференции по интегрированным навигационным системам (МКИНС 2024). Санкт-Петербург, 2024. С. 336–344.
5. Степанов О.А., Исаев А.М. Методика сравнительного анализа рекуррентных алгоритмов нелинейной фильтрации в задачах обработки навигационной информации на основе предсказательного моделирования // Гироскопия и навигация. 2023. Том 31. №3 (122). С. 48-65.

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СТЕНДА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МИКРОСЕТИ

Боднюк М.Е.

Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, Иркутск
maks.bodnyuk@mail.ru

В докладе описывается архитектура системы мониторинга имитационного стенда распределённых микросетей, с помощью которой можно собирать данные с имитационного стенда, однако у базовой архитектуры есть ряд недостатков [1]: отсутствует возможность хранения значений наблюдаемых параметров, обмен данными между устройствами, высокая погрешность измерений, низкая частота опроса данных. Эти ограничения не позволяют комплексно обрабатывать данные и прогнозировать изменения параметров при экстремальных нагрузках, оказываемые на микросеть. Это обуславливает невозможность применения системы мониторинга для рассматриваемой предметной области. В этом контексте была предложена модифицированная архитектура системы мониторинга микросетей. В модифицированную систему мониторинга микросетей входят: ОПС-сервер, база данных, интерфейс программного приложения (API), вспомогательного приложения, приложения визуализации. На данный реализована часть архитектуры на базе доступных инструментальных средств, а именно: разработан API, разработан модуль имитации работы стенда, разработан модуль визуализации. Мы провели сравнительный анализ характеристик базовой и модифицированной архитектур. Рассмотренные характеристики: Поддержка передачи данных по телекоммуникационной сети (h_1), Масштабируемость программного и аппаратного обеспечения (h_2), Поддержка аппаратной отказоустойчивости (h_3), визуализация данных (h_4), отсутствие необходимости в разработке дополнительного программного обеспечения (h_5). Баллы для каждого варианта архитектуры были рассчитаны следующим образом: $s = \sum_{i=1}^n d_i w_i$, где: n - количество характеристик, d_i представляет уровень поддержки характеристики h_i в архитектуре ($d_i=1,00$ полная поддержка, $d_i=0,75$ высокий уровень, $d_i=0,50$ для средний уровень, $d_i=0,25$ низкий уровень, $d_i=0$, отсутствует), w_i - это относительный вес h_i , основанный на его важности для решаемой задачи мониторинга. Веса w_i упорядочены в порядке убывания их важности, $i = \overline{1, n}$, для весов w_i выполняется следующее условие $\sum_{i=1}^n w_i = 1$. Значения d_i и w_i и рассчитанный балл s для каждой архитектуры приведены в таблице I. Значения d_i были определены на основе анализа характеристик рассматриваемых архитектур. Весовые коэффициенты w_i отражают совокупные субъективные оценки. Оценочные баллы для этой архитектуры достигли значения 0,46 по сравнению со значением 0,16 для базовой архитектуры. Результаты сравнения.

Architecture	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	w_1	w_2	w_3	w_4	w_5	s
Basic architecture	0	0	0.25	0.50	0.50	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10	0.16
Modified architecture	0.50	0.25	0.25	1	0.50	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10	0.46

Благодарности. Работа выполнена в рамках гранта № 075-15-2024-533 Минобрнауки РФ на выполнение крупного научного проекта по приоритетным направлениям научно-технологического развития (№ гос. рег. 124052100088-3).

Список источников

1. Бычков И.В., Феоктистов Г.А., Боднюк М., Карамов Д.Н. Система мониторинга физической модели микросети // Автометрия. 2025. Т. 61. № 2. С. 5-12.

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАРЯЖЕННОСТИ ЛИТИЙ-ИОННОГО АККУМУЛЯТОРА

Букреев В.Г., Хоанг Фу Нам

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск
bukreev@tpu.ru

В настоящее время литий-ионные аккумуляторы широко используются в различных устройствах и системах, начиная от мобильных телефонов и заканчивая электромобилями [1].

Однако их эксплуатация сопряжена с рисками, связанными с деградацией и возможными авариями. Для повышения безопасности и эффективности их использования требуется точное определение степени заряженности (SOC) [2]. Нейросетевые технологии представляют собой перспективное решение для этой задачи. Они способны обрабатывать большие объемы данных и прогнозировать поведение аккумуляторов, что позволяет более точно оценить их состояния.

В рамках данного исследования была поставлена цель разработать и реализовать нейронную модель на базе Python для оценки SOC литий-ионных аккумуляторов с достаточно высокой точностью. Разработанная модель, основанная на многослойном персептроне (MLP), обучалась и тестировалась на основе реальных данных, полученных из экспериментов с литий-ионными аккумуляторами. В качестве среды разработки был выбран язык программирования Python, благодаря его гибкости и наличию обширного количества библиотек для разработки нейросетевой модели и научных вычислений.

Обучение MLP происходит с использованием метода обратного распространения ошибки (backpropagation), который корректирует веса и смещения нейронов для минимизации ошибки предсказания [3]. Данные для обучения были собраны в реальных условиях эксплуатации литий-ионных аккумуляторов, что позволяет модели учитывать различные эксплуатационные факторы [4].

Результаты показали, что предложенная модель MLP способна с достаточно высокой точностью оценивать степень заряженности литий-ионных аккумуляторов (рис. 1). Это позволяет использовать модель в реальных приложениях для мониторинга и управления аккумуляторами.

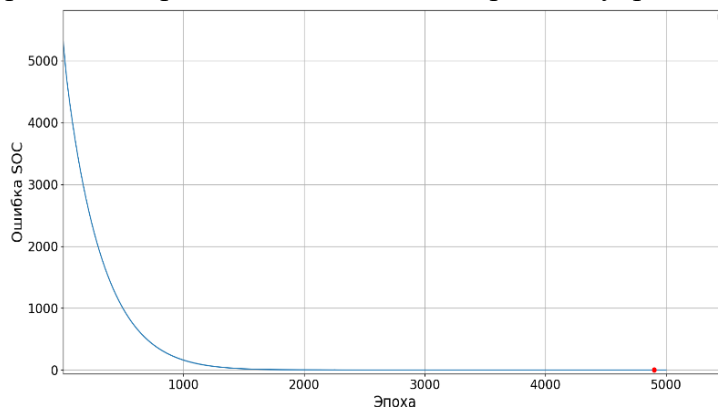


Рис. 1. Процесс уменьшения ошибки SOC в ходе обучения нейронной сети

Разработанный алгоритм на базе Python продемонстрировал свою эффективность в задаче оценки SOC литий-ионных аккумуляторов. Дальнейшие исследования могут быть направлены на улучшение модели и ее адаптацию для других типов аккумуляторов и условий эксплуатации.

Список источников

1. Chen J. et al. SOC estimation for lithium-ion battery using the LSTM-RNN with extended input and constrained output // Energy. – 2023. – Vol. 262. – DOI 10.1016/j.energy.2022.125375.
 2. Оспанбеков, Б. К. Повышение энергетической эффективности и эксплуатационных показателей электромобилей: дис. ... канд. техн. наук / Оспанбеков Бауржан Кенесович. – Москва, 2017. – 160 с.
 3. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание : Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
 4. Pecht M. Battery Data Set. CALCE, CALCE Battery Research Group, Maryland, MD; 2017.
2. [Электронный ресурс]. URL: <https://web.calce.umd.edu/batteries/data.htm>.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕСТРОЕНИЙ БЕСПИЛОТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С УЧЕТОМ КООПЕРАТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ

Быков Н.В.

Российский университет транспорта (ПУТ-МИИТ), Москва
nik.bkv@gmail.ru

В работе рассматривается влияние алгоритмов перестроения беспилотных автомобильных транспортных средств (БАТС) на характеристики движения в многополосном потоке. Предложена модификация модели Revised S-NFS для трафика, включающего управляемые человеком транспортные средства (HDV) и БАТС, движущиеся в режимах адаптивного (ACC) и кооперативного (CACC) круиз-контроля [1, 2].

Разработан алгоритм перестроения для БАТС, учитывающий возможность кластеризации в режиме CACC. Введён стимулирующий критерий, позволяющий согласовать стремление БАТС к выбору более выгодной полосы с необходимостью сохранять структуру кластера. Перестроение из кластера разрешено только его головному элементу.

Проведено сравнение трёх типов БАТС: без перестроения (AV), с кооперативным перестроением (AV-C) и дефекторов (AV-D), способных покидать кластеры. Моделирование на кольцевой двухполосной дороге показало, что AV-C обеспечивает наибольший поток, а AV-D — лучшие характеристики внедрения в поток, насыщенный HDV.

Анализ социальной динамики выявил дилеммы типа «охоты на оленя»: хотя максимум общественного выигрыша достигается при полной замене HDV на БАТС, индивидуальные предпочтения ведут к равновесию, где преобладают HDV. Кооперативные БАТС повышают стабильность потока, но менее выгодны индивидуально; дефекторы напротив — стимулируют личную выгоду, но ухудшают глобальные показатели.

Дополнительно проанализирована устойчивость системы к появлению неисправных БАТС. Модели с возможностью перестроения (AV-C и AV-D) показали лучшую адаптивность, чем AV. Полученные результаты могут быть использованы при разработке стратегий внедрения БАТС в реальный транспорт.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 24-21-00306.

Список источников

1. Kukida S., Tanimoto J., Hagishima A. Analysis of the influence of lane changing on traffic-flow dynamics based on the cellular automaton model // International Journal of Modern Physics C. 2011. Vol. 22. No. 1. P. 1–11. DOI: 10.1142/S012918311101621X
2. Tanimoto J., Futamata M., Tanaka M. Automated vehicle control systems need to solve social dilemmas to be disseminated // Chaos, Solitons & Fractals. 2020. Vol. 138. P. 109861. DOI: 10.1016/j.chaos.2020.109861.

ПРИМЕНЕНИЕ МИВАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЛОГИЧЕСКОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ УМНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Варламов О.О.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва

НИИ Мивар, Москва

ovar@yandex.ru

Опыт научных исследований и практических работ показал, что в области умных производственных систем возможно и целесообразно создание миварных экспертных систем (МЭС) для повышения интеллектуализации принятия решений и обработки информации. Это позволяет повысить качество производимой продукции и перейти на новый уровень создания автоматизированных систем управления производственными системами. Для создания полноценных МЭС в области умных производственных систем необходимо провести разноплановую научную и практическую работу, причем силами людей разных специальностей, которые должны быть объединены в единый коллектив. Эволюционное развитие каждой миварной экспертной системы умных производственных систем обеспечивается тем, что МЭС обладает свойством эволюционности и в любой момент времени может быть добавлено, изменено или удалено любое правило. Это многократно проверено в ходе выполнения групповых научных проектов, когда эволюционно добавлялись новые правила по добавляемым процессам принятия решений и обработки информации для различных производственных систем.

НЕЙРОСЕТЬ В ОБРАБОТКЕ ВИДЕОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЧИСЛЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Вашукевич Е.Ю., Иваньо Я.М.

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, п. Молодежный
stevenorton2610@gmail.com

В пастбищном скотоводстве актуально автоматизировать мониторинг численности сельскохозяйственных животных и их состояние. Для этого можно использовать беспилотные авиационные системы со средствами обработки видеоматериалов о животных. Однако проблемой при идентификации животных в видеопотоке состоит в возможном повторном подсчёте одной особи между кадрами. Для решения этой проблемы имеет место применение трекинга.

Для выполнения этой задачи можно использовать Tracking-by-Detection решения по трекингу объектов. Наиболее распространенным решением для этого является алгоритм SORT (Simple Online and Realtime Tracking). В его основе лежит объединение результатов детектирование на основе применения фильтра Калмана, который позволяет определить будущее расположение трека и венгерского алгоритма, который определяет связь между всеми результатами детектирования между кадрами. В качестве метрики может использоваться как IoU (отношение результата логического И боксов в их логическом ИЛИ), так и расстояние Махаланобиса.

Однако в этом алгоритме есть несколько существенных недостатков. В первую очередь это проблемы перекрытия объектов и переключение идентификатора. Если первая проблема маловероятна ввиду съемки с высоты, то переключение трека может значительно понизить точность подсчёта. Для решения этой проблемы существуют решения по реидентификации треков в виде DeepSORT и VoTSORT. Они используют нейросети для извлечения признаков внешнего вида, которые позволяют избежать этих проблем. Также большим плюсом алгоритма VoTSORT является учет движения камеры, что критически важно при съемке с беспилотной авиационной системы.

Для улучшения работы этого алгоритма можно:

- использовать собственную нейросеть для извлечения фич, например, сконцентрировать её на более узкой задаче распознавания животных, что увеличит разницу между признаками разных животных;
- добавить долгосрочную память, что позволит не считать одно животное дважды, даже при его повторном попадании в область камеры через некоторое время.

Применение этих алгоритмов позволит повысить точность подсчета особей. Однако важно учесть и другую характеристику – скорость работы алгоритмов. При необходимости подсчета животных в реальном времени можно использовать менее тяжеловесные решения, но это может привести к понижению точности.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ

Волкова Т.А.¹, Кузякина М.В.^{1,2}, Карагян А.В.¹, Ряскин А.А.¹

¹*Кубанский государственный университет, Краснодар*

²*Кубанский государственный технологический университет, Краснодар*

marinavkuazyakina@gmail.com

В работе представлен опыт создания цифровых двойников объектов культурного наследия Краснодарского края, проведен геоинформационный анализ полученных моделей. Основной целью данной статьи является оценка перспектив развития концепции цифровых двойников объектов культурного наследия на основе изучения фотограмметрической технологии их создания на примере объектов культурного наследия Краснодарского края. Определены возможные способы использования и перспективы развития созданных цифровых двойников.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научно-инновационного проекта № НИП-20.1/200.

СЕМАНТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ РЕГИОНА

Ворожцова Т.Н., Гальперова Е.В.

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск
tnn@isem.irk.ru

Исследование долгосрочной динамики потребности в топливно-энергетических ресурсах и влияния на нее их стоимости остается в ряду наиболее важных задач, решение которых является основой при принятии стратегических решений в области энергетической и экономической безопасности страны и регионов. Важной чертой современной энергетики является ориентация на нужды конечного потребителя, поэтому акцент прогноза смещается на региональный уровень, где происходит согласование интересов отдельных производителей и потребителей энергии. Перспективное развитие региональных энергетических систем, характеризуется многоаспектностью, взаимосвязанностью, высокой неопределенностью показателей, факторов и процессов, что позволяет отнести их к слабоструктурированным системам, в которых законы и закономерности развития ситуации можно описать в основном качественно [1]. Трудности совместного рассмотрения большого количества взаимосвязанных факторов при отсутствии достаточной количественной информации о динамике процессов позволяет преодолеть применение технологий семантического моделирования, которые и предназначены для структуризации, анализа и принятия решений в сложных неопределенных ситуациях.

В работе предложена трехуровневая технология исследования сложной многоаспектной задачи оценки влияния развития распределенной генерации на электропотребление региона, включающая сочетание онтологического, когнитивного и математического моделирования (рис. 1).

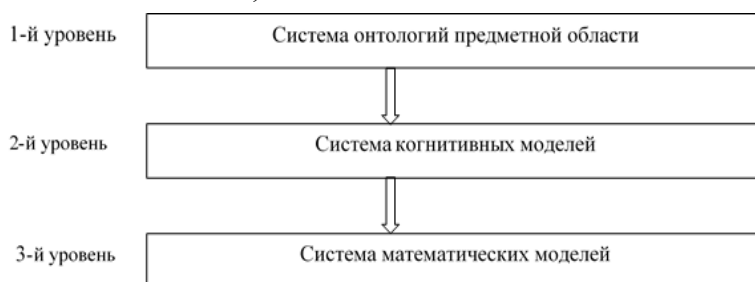


Рис. 1. Трехуровневая технология моделирования и прогнозирования влияния развития распределенной генерации на электропотребление региона

Использование семантического моделирования при решении поставленной задачи позволяет систематизировать и структурировать состав объектов описываемой предметной области, выявить их основные характеристики [2]. Онтологическое моделирование обеспечивает наглядность наиболее важных взаимосвязей объектов исследования. Когнитивное моделирование отражает причинно-следственные связи между показателями, характеризующими объекты региональной энергосистемы и дает возможность сформировать последовательность действий для решения поставленной задачи. Система математических моделей [3] обеспечивает количественные характеристики объектов и показатели, отражающие взаимное влияние объектов и позволяет получить численный результат решения поставленной задачи.

Благодарности. Работа выполняется в рамках проекта государственного задания № FWEU-2021-0007 (регистрационный номер: AAAA-A21-121012090007-7) и проекта государственного задания № FWEU-2021-0003 (рег. № AAAA-A21-121012090014-5) программы фундаментальных исследований РФ на 2021-2030 гг.

Список источников

1. Кулинич А.А. Компьютерные системы моделирования когнитивных карт: подходы и методы // Проблемы управления № 3. – 2010. – с. 2-16.

2. Массель Л.В., Массель А.Г. Семантическое моделирование при построении цифровых двойников энергетических объектов и систем. *Онтология проектирования*. 2023. Т.13, №1(47). С.44-54. DOI:10.18287/2223-9537-2023-13-1-44-54
3. Гальперова Е.В. Метод и модели для оценки влияния развития распределенной генерации на спрос и цену электроэнергии в регионе // *Информационные и математические технологии в науке и управлении*. 2021. № 3 (23). С. 101-116. DOI:10.38028/ESI.2021.23.3.009.

ПРИМЕНЕНИЕ IN-MEMORY DATA GRID В ИЗУЧЕНИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ

Воскобойников М.Л.¹, Феоктистов А.Г.¹, Еделев А.В.²

¹Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, Иркутск

²Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск

mikev1988@icc.ru

Исследование живучести энергосистем является чрезвычайно важной и актуальной проблемой в области энергетики. Оно связано с большой вычислительной сложностью процессов осуществления экспериментов. В докладе предлагается подход к автоматизации экспериментов в рамках таких исследований в разнородной вычислительной среде на основе разработки и выполнения научных рабочих процессов (НРП). Особенность подхода заключается в использовании технологии IMDG (In-Memory Data Grid) для хранения и обработки расчетных данных в оперативной памяти узлов среды, что позволяет существенно сократить время вычислений. Создание НРП и управление ими осуществляется с помощью системы FDE-SWFs [1]. При использовании IMDG возникает проблема определения требуемого объема оперативной памяти (ОП) узлов среды для хранения и обработки данных. Применение официальной методики [2] для решения этой проблемы дает заниженные оценки требуемого объема ОП. Это обуславливает невозможность применения данной методики для рассматриваемой предметной области. В этом контексте была реализована новая методика прогнозирования требуемого объема ОП и выделения необходимого числа узлов на основе детального изучения структуры исходной базы данных и извлечения знаний о ключевых параметрах предметной области, оказывающих существенное влияние на изменение размера данных. Рассмотрены две модельные энергетические инфраструктуры локального и национального уровней. Получены оценки накладных расходов на хранение данных и индексов, которые позволили с высокой точностью спрогнозировать требуемый объем ОП при размещении базы данных на узлах в сравнении с другими методиками.

Благодарности. Работа поддержана Минобрнауки РФ, проект № FWEW-2021-0005 «Технологии разработки и анализа предметно-ориентированных интеллектуальных систем группового управления в недетерминированных распределенных средах».

Список источников

1. Feoktistov, A., Voskoboinikov, M., Tchernykh, A. Framework for Development and Execution of Scientific WorkFlows: Designing Service-Oriented Applications // Programming and Computer Software. 2024. Vol. 50(8), P. 900–913. DOI: doi.org/10.1134/S0361768824700828.
2. Capacity Planning [Электронный ресурс] // URL: <https://apacheignite.readme.io/docs/capacity-planning> (дата обращения: 29.04.2025).

РАЗРАБОТКА ГИБКОЙ АРХИТЕКТУРЫ ИНТЕГРАЦИИ РАЗНОРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Гавенко О.Ю.¹, Шашок Н.А.²

¹Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, Иркутск

²Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий,
Новосибирск

olga.yu.gavenko@mail.ru

Актуальная проблема в современных задачах обработки информации – это эффективное использование мультимодальных эмбедингов [1], а также эмбедингов, сгенерированных моделями векторизации данных, адаптированными под обработку данных различных форматов в информационных системах. Существующие подходы, основанные на применении специализированных моделей для каждого типа данных либо общей модели для нескольких типов данных, ограничивают гибкость интеграции разнородных источников, требуя разработки сложных мультимодальных архитектур или регулярного переобучения систем, что является необходимым при добавлении новых источников данных.

Для решения этой проблемы авторами доклада предлагается модульная архитектура информационной системы хранения, обработки и анализа данных, в которой каждый источник обрабатывается независимым модулем поиска с отдельной моделью генерации эмбедингов. Такая архитектура позволяет использовать единую векторную базу данных, способную интегрировать разнотипные данные через различные схемы хранения и индексации (рис. 1).



Рис. 1. Представление модульной архитектуры

Ключевой задачей предложенного подхода является разработка потенциальной ресурсоёмкости поддержки множества параллельно функционирующих моделей, что требует оптимизации вычислительных затрат. В качестве возможного направления исследований рассматривается внедрение адаптивных модулей поиска, способных динамически выбирать источники данных или специализированные хранилища на основе метаданных, описывающих искомые данные и хранилища, что, в свою очередь, снижает нагрузку на систему без потери гибкости.

В докладе представлен предлагаемый подход в формате экспериментального минимально функционального прототипа архитектуры информационной системы, разрабатываемой авторами работы.

Список источников

1. T. Shao-Yen, N. Shrikanth, G. Panayiotis. Multimodal Embeddings From Language Models for Emotion Recognition in the Wild. // IEEE Signal Processing Letters. 2021. Vol. 28. 608-612 p-p.

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ В РЕГИОНЕ

Гальперова Е.В.

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск
galper@isem.irk.ru

Одной из новых задач долгосрочного прогнозирования, возникающих в условиях очередного энергоперехода, является оценка влияния масштабов распределенной генерации на электропотребление в регионе. Сложности в решении указанной задачи обусловлены необходимостью учета большого количества взаимосвязанных, зачастую разнонаправленных, экономических, технических, социальных и поведенческих факторов, в условиях значительного роста неопределенности будущего развития энергетики, экономики и общества [1].

Для решения задачи оценки влияния масштабов распределенной генерации на электропотребление в регионе предлагается поэтапный итеративный подход, показанный на рисунке 1.



Рис. 1. Принципиальная схема предлагаемого подхода для оценки влияния масштабов распределенной генерации на электропотребление в регионе

Для реализации подхода используется набор экономико-математических моделей разного типа, назначения и точности представления информации [2, 3]. При этом результаты решения одних, полученные на определенном этапе, являются исходной информацией для моделей, используемых на других этапах.

- Для определения потребности в электроэнергии региона – эконометрическая имитационная модель, основанная на обработке рядов статистической отчетности по отдельным группам потребителей и возможности учета перспективных направлений технологического развития.

- Для определения средней стоимости производства электроэнергии в регионе по вариантам прогноза – оптимизационная стохастическая модель региональной электроэнергетической системы, критерием которой является минимум стоимости производства и передачи электроэнергии.
- Для определения величины предельной стоимости электроэнергии для производственных потребителей – имитационная финансово-экономическая модель расчета рентабельности производства продукции.
- Для определения возможных вариантов строительства объектов РГ у разных групп потребителей – имитационная модель, основанная на определении дисконтированного срока окупаемости капитальных вложений в проект РГ за счет экономии затрат на покупную электроэнергию.

Предлагаемый для решения поставленной задачи подход и инструментарий позволяет проводить многовариантные расчеты с учетом качества имеющейся информации и получить изменение потребности в электроэнергии при разных вариантах развития РГ в регионе.

Благодарности. Работа выполняется в рамках проекта государственного задания (№ FWEU-2021-0003 рег. № АААА-А21-121012090014-5) программы фундаментальных исследований РФ на 2021-2030 гг.

Список источников

1. Филиппов С.П., Дильман С.Д., Илюшин П.В. Распределенная генерация и устойчивое развитие регионов // Теплоэнергетика. 2019. № 12. С. 4-17.
2. Гальперова Е.В. Методы и модели для оценки влияния развития распределенной генерации на спрос и цену электроэнергии в регионе // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2021. № 3 (23). С. 101-116.
3. Кононов Ю.Д., Тыртышный В.Н., Кононов Д.Ю. Использование стохастического моделирования при выборе вариантов энергоснабжения регионов с учетом инвестиционных рисков // Информационные и математические технологии в науке и практике. 2018. № 2 (10). С. 80-87.

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ОЦЕНОК ПРИТОКА В ОЗЕРО БАЙКАЛ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ ГЛОБАЛЬНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ CFSV2

Гасан В.С.¹, Абасов Н.В.¹, Осипчук Е.Н.¹, Гаченко А.С.²

¹Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск

²Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, Иркутск
viktor-gasan@yandex.ru

Для эффективного планирования режимов работы Ангарского каскада ГЭС требуются прогностические оценки притока в оз. Байкал, являющегося определяющим водохранилищем каскада и её первой ступени – Иркутской ГЭС. В условиях глобального изменения климата статистические подходы к долгосрочному прогнозированию притока в водохранилища имеют значительные ограничения.

Одной из эффективных глобальных климатических моделей является Climate Forecast System Version 2 (CFSv2), которая на основе объединенной модели циркуляции атмосферы, океана и ледового покрова ежедневно (с временным интервалом от 6 часов) формирует прогностические ансамбли на период до 10 месяцев.

Разработанная в ИСЭМ СО РАН на базе системы ГеоГИПСАР технология обработки данных реанализа и прогностических ансамблей глобальных климатических моделей включает мониторинг, накопление, преобразование и их сохранение в специальных хранилищах данных. Для исследования притока в оз. Байкал выделены бассейны водосбора крупных рек с разбиением на отдельные ячейки, для которых на основе ГИС-данных определены средний уровень и уклон, а также тип почвы. По прогностическому ансамблю на заданный период времени определяются вероятностные осадки, которые сравниваются с накопленными в реанализе данными по специальной мере близости для каждой ячейки исследуемого бассейна.

Выделение наиболее близких годов-аналогов позволяет в вероятностной форме определить приток в оз. Байкал, по которому формируются оценки для заданных интервалов показателей обеспеченности (рис.1). Уточнение вероятностей производится по разным наборам прогностических ансамблей. Верификация прогностических оценок проведена на примере фактических данных 2023-2024 гг.

В дальнейшем планируется уточнение вероятностей с помощью температурного режима, поверхностного стока, а также нейросетевых методов.



Рис.1 Формирование вероятностных оценок притока

Благодарности. Работа выполнена в рамках гранта № 075-15-2024-533 Министерства науки и высшего образования РФ на выполнение крупного научного проекта («Фундаментальные исследования Байкальской природной территории на основе системы взаимосвязанных базовых методов, моделей, нейронных сетей и цифровой платформы экологического мониторинга окружающей среды»).

МЕТОДИЧЕСКАЯ ОСНОВА ИССЛЕДОВАНИЯ КАСКАДОВ ОТКАЗОВ В МНОГОСЛОЙНЫХ СЕТЯХ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНЫХ МОДЕЛЕЙ

Гвоздев В.Е.¹, Бежаева О.Я.¹, Ракипова А.С.¹, Приходько В.Е.²,
Тепляшин П.Н.², Ракипов Р.Р.³

¹Уфимский университет науки и технологий, Уфа

²НИИ «Солитон», Уфа

³Уральский округ войск национальной гвардии РФ, Екатеринбург

wega55@mail.ru

Концепция сетецентрического управления представляет собой качественно новый подход к выработке и реализации децентрализованного управления с учетом динамически изменяющихся состояний окружающей среды, систем информационного обеспечения управления; состояния исполнительных систем. Это обусловлено одновременным существованием разных ситуаций в разных объектах управления, что вынуждает использовать в разных ситуациях разные комбинации централизованной и децентрализованной стратегий управления; учетом при реализации управления не только временного, но территориального факторов; изменением роли киберфизических объектов и киберфизических систем, в том числе беспилотных; при решении задач управления; возникновением новых, с точки зрения функциональной надежности, источников опасности, к числу которых относятся каскадные отказы в многоуровневых системах управления [1-4].

Системы сетецентрического управления относятся к классу сложных систем, что обуславливает их разноаспектный анализ. Одним из направлений исследований является рассмотрение с позиций многослойных систем [5]. Сложность задач сетецентрического управления предопределяет многоуровневость децентрализованной системы сетецентрического управления. Критическим фактором эффективного и результативного решения задач сетецентрического управления является функциональная надежность и живучесть системы информационного обеспечения управления [6].

В докладе рассматривается подход к построению структурных моделей каскадных отказов в многослойных сетях. Основу подхода составляет аппарат теории графов, а также известная модель Quality Function Deployment – QFD [7]. Построение структурных моделей в рамках предлагаемого подхода создаст условия, во-первых, для моделирования различных сценариев развития каскадных отказов; во-вторых, для оценивания целесообразности формирования разных защитных барьеров на пути распространения отказов.

Список источников

1. Adilson E. M., Lai Y.-C. Cascade-based attacks on complex networks // *Phys. Rev.* 2002, 5p. DOI: 10.1103/PhysRevE.66.065102
2. Valdez L. D., Shekhtman L., La Rocca C. E., Zhang X., Buldyrev S. V., Trunfio P. A., Braunstein L. A., Havlin S. Review Cascading failures in complex networks // *Journal of Complex Networks* (2020) 8, Advance Access Publication on 31 May 2020, 23p. DOI: 10.1093/comnet/cnaa013
3. Di Muro M. A., Valdez L. D., Rêgo H. H. A., Buldyrev S. V., Stanley H. E., Braunstein L. A. Cascading Failures in Interdependent Networks with Multiple Supply-Demand Links and Functionality Thresholds//Cite as: arXiv:1708.00428 [physics.soc-ph] (or arXiv:1708.00428v1 [physics.soc-ph] for this version), 30p. DOI: 10.48550/arXiv.1708.00428
4. Buldyrev S. V., Parshani R., Paul G., Stanley H. E., Havlin S. Catastrophic cascade of failures in interdependent networks // *NATURE*. Vol. 464. 2010. 4p. DOI: 10.1038/nature08932
5. Strategy for a Net-Centric, Service Oriented DoD Enterprise //DoD Net-Centric Services Strategy, Prepared by the DoD CIO, March 2007, 18 p.
6. Сурма И. В., Анненков В. И., Карпов В. В., Моисеев А. В. «Сетецентрическое управление»: современная парадигма развития систем управления в вооруженных силах ведущих держав мира // *Национальная безопасность*. № 2(31), 2014. 11с. DOI: 10.7256/2073–8560.2014.2.11393
7. Quality Function Deployment (QFD): Key Components of QFD // <https://bgmcgroup.com/quality-function-deployment-qfd-key-components-of-qfd/>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОДБОРА САПР ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА

Говорков А.С.

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск
govorkov_as@ex.istu.edu

Система автоматизированного проектирования (САПР), применяемая на предприятии для создания цифровой модели сооружений или изделий, представляет собой совокупность нескольких программных продуктов, каждый из которых определяет строго определенные функции в составе производственной системы предприятия [1].

Рациональный выбор САПР начинается на этапе подготовки к созданию цифровой модели. Выбор должен учитывать: программное обеспечение (ПО), необходимое для 3D-моделирования готового объекта, а также конечное ПО, предназначенное для вывода всего комплекта проектной документации на печать, либо для формирования электронного комплекта документации для отправки заказчику [2].

В условиях санкций иностранных государств необходимо подходить к выбору программных продуктов, учитывая всех их особенности, преимущества и функционал. Кроме того, необходимо рассматривать возможность организации технической поддержки этих программных продуктов, а также их адаптацию к тому отечественному ПО, которое используется для составления вспомогательных документов, входящих в комплект проектной документации.

Для эффективной организации работ между отдельным ПО с целью возможности его взаимодействия друг с другом, необходимо разработать методику, которая бы позволила снизить время взаимодействия и реализовать механизмы взаимодействия. Эти механизмы предусматривают передачу информации из одного программного комплекса в другой с целью обработки информации и автоматического формирования дополнительных документов (счет, ведомостей объемов работ, спецификаций и т.д.) [3].

В связи с этим, весьма актуальной является разработка концепции подбора САПР и формирования основных принципов передачи информации.

Список источников

1. Гуськова И.В. Реинжиниринг как метод оптимизации эффективности отечественных предприятий / И.В. Гуськова, И.Д. Кузнецова // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. - 2017. - № 1(49). – С. 27-35. - ISSN: 2413-5399.
2. Дутов А.В. Большие вызовы для авиации, авиастроения и развития авиационных технологий: монография / А.В. Дутов, В.В. Клочков, С.М. Рождественская – Москва: ФГУП ГосНИИАС, 2017. – 124 с.
3. Завилов И.М. Особенности стратегического управления АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» / И.М. Завилов // Российское предпринимательство. - 2016. - № 24. Том 17. - С. 3633–3642.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ УСТАНОВОК РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Говорков А.С., Короткова К.Е.

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск
govorkov_as@istu.edu

Цифровой двойник — это виртуальная модель, точно отражающая физический объект, процесс или систему, созданная на основе данных, позволяющая отслеживать состояние объекта, проводить анализ и моделировать различные состояния объекта. [1].

Целью данной статьи является обоснование использования технологии цифровых двойников в сфере электроэнергетики.

Задача статьи: создание теоретического основания повышения устойчивости и эффективности установок распределенной генерации с использованием технологии цифровых двойников.

Технологии цифровых двойников активно применяются в различных технических областях, в том числе и в электроэнергетике, как в России, так и за рубежом. Но имеют свою специфику применения, обусловленную характером отрасли, технологическими особенностями и требованиями к надежности и эффективности [2].

Цифровые двойники в энергетическом секторе обеспечивают высокую степень мониторинга, анализа и управления, что критически важно для надежности, эффективности и устойчивости энергетических систем, позволяют в реальном времени отслеживать состояние и производительность оборудования, что способствует раннему выявлению неисправностей и проведению диагностики на основе актуальных данных.

Цифровые двойники могут прогнозировать вероятные отказы оборудования, что позволяет планировать профилактическое обслуживание и минимизировать время простоя, снижая затраты на ремонты. Они помогают оптимизировать рабочие процессы, что повышает общую эффективность энергетических систем. Электроэнергетика России находится на разных стадиях цифровизации и создание цифровых двойников играет немаловажную роль в этом процессе. Рынок цифровизации только начинает формироваться, поэтому важно импортозамещение технологий для создания цифровых двойников — этот рынок только начинает формироваться.

Список источников

1. Моравель В.И., Борисов В.А. Возможности использования цифровых двойников в задачах электроэнергетики // Современные научные исследования и инновации. 2022. № 6 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2022/06/98404> (дата обращения: 01.12.2024).
2. Внедрение цифровых двойников как одно из ключевых направлений цифровизации производства Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-tsifrovyyh-dvoynikov-kak-odno-iz-klyuchevykh-napravleniy-tsifrovizatsii-proizvodstva/viewer>

ОБ ОБРАТИМОЙ ТРЕХМЕРНОЙ СИСТЕМЕ, СОДЕРЖАЩЕЙ АТТРАКТОР И РЕПЕЛЛЕР ЛОРЕНЦА

Гонченко А.С., Гонченко С.В.

*Нижегородский национальный исследовательский университет имени Н.И. Лобачевского,
Нижний Новгород
agonchenko@mail.ru*

В работе рассматривается семейство трехмерных обратимых по времени систем, обладающих также симметрией лоренцевского типа (такой же как у известной системы Лоренца). Показывается, что в некоторой области параметров система имеет одновременно аттрактор Лоренца и симметричный ему репеллер Лоренца. В двухпараметрических семействах изучены бифуркационные сценарии возникновения такой динамики, а также ее разрушения.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект 24-11-00339).

ГЕНЕРАТИВНЫЕ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ПИРАМИДАЛЬНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ БЫСТРОГО ОБУЧЕНИЯ

Дорогов А.Ю.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет, Санкт-Петербург
ПАО «Информационные телекоммуникационные технологии», Санкт-Петербург
yaksa2006@yandex.ru*

Термин "генеративная модель" используется для описания моделей, которые способны из независимого шума генерировать экземпляры выходных образов подобные образам обучающей выборки. К семейству генеративных моделей относятся вариационные автоэнкодеры (VAE) [1]. Обычный автоэнкодер, состоит из двух основных частей: энкодера, преобразующего входные данные в сжатое представление (латентное пространство), и декодера, который восстанавливает данные из латентного пространства. Вариационный автоэнкодер добавляет в эту архитектуру случайный шум, предполагая, что в латентном пространстве данные распределены согласно предварительно выбранному вероятностному распределению, чаще всего нормальному с единичной матрицей ковариаций.

Для реализации энкодера и декодера обычно используются многослойные нейронные сети, которые обучаются методом обратного распространения ошибок с минимизацией одновременно двух критериев: совпадения образов на входе и выходе автоэнкодера и соответствия эмпирического распределения латентных переменных предварительно заданному вероятностному закону. Процесс обучения занимает много времени, не всегда сходится и может приводить к локальным минимумам.

Вариационные автоэнкодеры имеют линейный прототип – это вероятностный метод главных компонент (англ. Probabilistic Principal Component Analysis – PPCA) [2]. В данной работе рассмотрено построение генеративных моделей с использованием метода PPCA и реализация этих моделей на основе многослойных пирамидальных нейронных сетей быстрого обучения БНС [3]. Благодаря самоподобной структуре, БНС способны быстро обучаться к произвольным многомерным функциям. Этими функциями могут быть, координатные компоненты многомерного отображения векторов из латентного пространства в пространство образов, полученные методом PPCA. В докладе представлены методы обучения БНС к матрицам PPCA-декодеров. Приводятся примеры построения реализующих БНС для набора данных MNIST. Показаны результаты генерации образов по набору MNIST.

Список источников

1. Tutorial on Variational Autoencoders, Carl Doersch, 2016, <https://arxiv.org/abs/1606.05908>.
2. Michael E. Tipping and Christopher M. Bishop. Probabilistic principal component analysis. J. R. Statist. Soc. B (1999) 61, Part 3, pp. 611-622, Microsoft Research, Cambridge, UK.
3. Дорогов А. Ю. Самоподобные нейронные сети быстрого обучения / А.Ю. Дорогов. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2024. – 188 с. www.dorogov.su.

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЕХАНИЗМАМИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОДЪЕМНОГО КРАНА

Дунаев М.П.

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск
mdunaev10@mail.ru

Грузоподъемный кран – машина, предназначенная для подъёма и перемещения груза, подвешенного с помощью грузового крюка или другого грузозахватного органа.

Рабочий цикл крана состоит из трёх этапов:

1. захват груза;
2. рабочий ход (перемещение груза, разгрузка);
3. холостой ход (возврат грузоподъемного механизма в исходное положение).

Рабочий и холостой ход на диаграммах движения имеют также три характерных участка: разгон, установившееся движение и торможение.

Очень важное значение имеют участки разгона и торможения, так как именно в эти моменты и возникают динамические нагрузки.

Классификация подъемных кранов может быть проведена по следующим показателям.

1. По конструкции: стреловые, мостовые, козловые, консольные.
2. По возможности перемещения: стационарные, передвижные.
3. По типу привода: ручные, электрические, гидравлические, пневматические, с двигателем внутреннего сгорания.
4. По типу грузозахватного органа: крюковые, грейферные, магнитные, клешевые, контейнерные.

В настоящее время весьма актуальным становится автоматизация работы подъемно-транспортного оборудования, что позволяет не только сократить время ручного труда машиниста крана, тем самым облегчив условия его труда, но и улучшить производительность процесса погрузочно-разгрузочных работ.

Целью работы является разработка системы автоматизированного управления механизмом перемещения подъемного крана.

Для реализации данной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ конструкции объекта управления;
- разработать циклограммы работы механизмов перемещения;
- разработать алгоритм работы ПЛК системы управления;
- разработать программу работы ПЛК системы управления;
- предложить техническую реализацию системы управления;
- определить экспериментальные циклограммы работы.

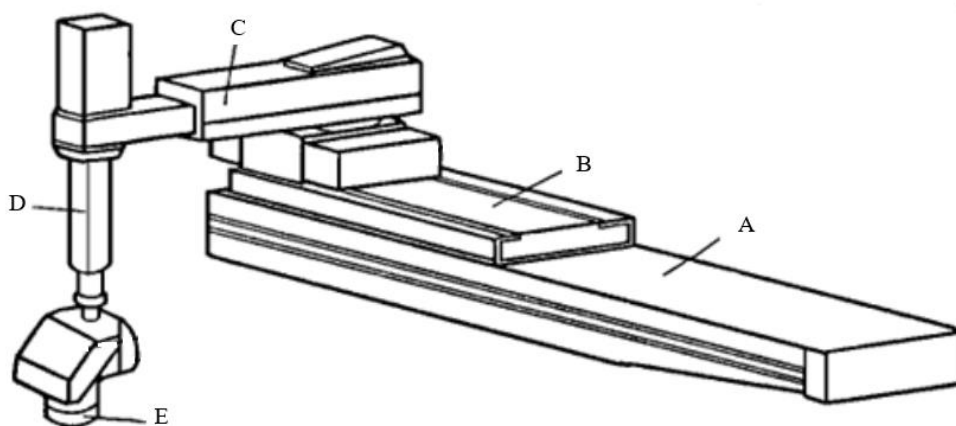


Рис. 1. Внешний вид электрического консольного крана с магнитным захватом

Анализ объекта управления. На рис. 1 представлен внешний вид электрического консольного крана с магнитным захватом. Основные узлы крана:

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ ИНТЕРВАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Жирабок А.Н.¹, Зуев А.В.²

¹Дальневосточный федеральный университет, Владивосток

²Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, Владивосток

zhirabok@mail.ru

Рассматривается задачи преобразования заданной нелинейной системы к линейной редуцированной (имеющей меньшую размерность) системе специального вида и приложения полученного результата к решению задачи диагностирования. Преобразование заданной системы реализуется на основе производной Ли. При решении задачи диагностирования используются интервальные наблюдатели, достоинством которых является возможность эффективного учета неопределенностей, возможных в исходной системе: внешних возмущений и шумов измерений. Интервальный диагностический наблюдатель строится на основе редуцированной системы, построенной так, чтобы она была нечувствительной или минимально чувствительной к внешним возмущениям. Интервальный наблюдатель формирует две невязки таким образом, что при отсутствии дефектов значения одной из них являются неположительными, второй – неотрицательными, т.е. если число нуль находится между этими значениями, то дефекты, на обнаружение которых рассчитан наблюдатель, в системе отсутствуют. Если нуль не попадает между этими значениями, это квалифицируется как появление дефекта. Типичный график обнаружения дефекта приведен на рисунке 1.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России, проект FZNS-2023-0011.

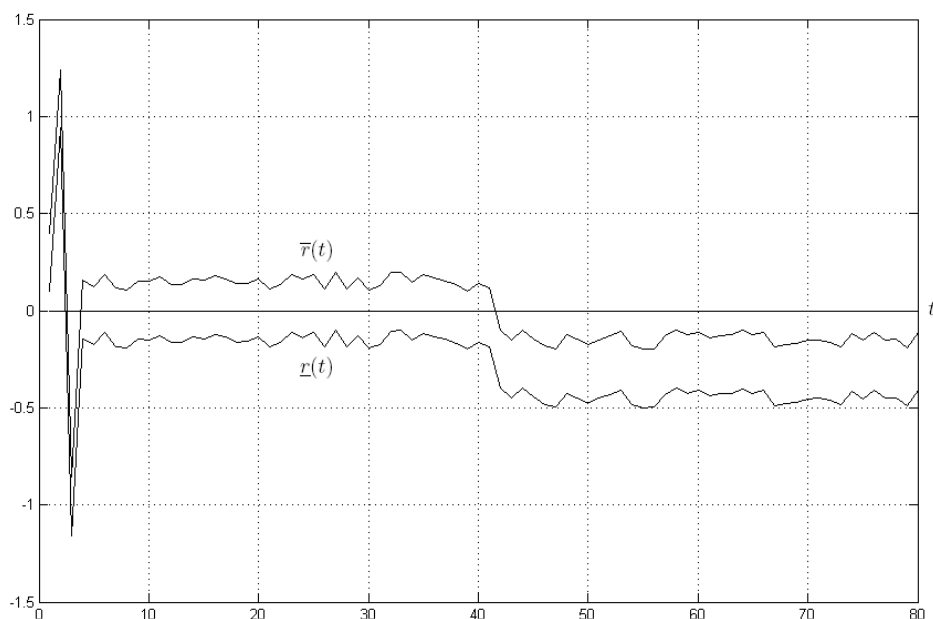


Рисунок 1. График обнаружения дефекта

ИНСТРУМЕНТЫ МОНИТОРИНГА ДАННЫХ УСТРОЙСТВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Камышев Н.Л.¹, Исаева О.С.²

¹*Сибирский Федеральный Университет, Красноярск*

²*Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск*

nik.novov@gmail.com

Стремительное развитие технологий Интернета вещей (IoT) предлагает инновационные решения для автоматизации и контроля различных технологических процессов. Одним из актуальных направлений применения IoT является мониторинг параметров в ситуациях, когда их стабильность играет важную роль для функционирования сложных систем.

В рамках настоящего исследования технологии интернета вещей используются для контроля микроклимата технологических помещений, в которых размещено телекоммуникационное оборудование Красноярского научного центра СО РАН [1]. Межмашинное взаимодействие выполняется по протоколу MQTT в схеме «Издатель-подписчик», где издателями выступают IoT-устройства, а подписчиком – разрабатываемые инструменты мониторинга. Они связаны с брокером, в задачи которого входит получение данных и их распределение по подпискам. Для реализации инструментов выполнена интеграция современных систем сбора, хранения, визуализации и анализа данных. Хранение данных выполняется в json-подобном формате в СУБД MongoDB, что позволяет существенно экономить занимаемые ресурсы. Структура базы состоит из трех коллекций, используемых для исходных данных, api-запросов и результатов анализа. Визуализация и контроль данных реализованы с помощью создания api и механизмов передачи данных в связке Prometheus и Grafana. В Prometheus созданы метрики, объединяющие сложные запросы к данным и формирующие уведомления на их основе. Для контроля данных заданы стационарные критерии, описывающие требования к микроклимату в технологических помещениях и динамические критерии, характеризующие изменение их статистических характеристик. В Grafana построены интерактивные аналитические панели, содержащие диаграммы, графики и таблицы. Графические представления и оповещения передаются в чат-бот telegram. Все инструменты логически связаны в единую систему, для проверки работоспособности которой используется механизм heartbeat. Программным обеспечением генерируется периодический сигнал, пересылаемый по всем компонентам, для индикации нормальной работы или для синхронизации данных.

Внедрение инструментов мониторинга на основе технологии интернета вещей для задач оперативного выявления отклонений контролируемых параметров позволяет минимизировать риски повреждения оборудования и повысить его надёжность, а также демонтирует высокий потенциал для адаптации такого подхода под другие задачи, связанные с управлением критически важными инфраструктурами.

Список источников

1. Исаева О.С. Построение цифрового профиля устройств Интернета вещей // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2023. № 2(30). С. 36-44. doi: 10.25729/ESI.2023.30.2.004.

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ РАЗНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Климов Е.С., Иваньо Я.М., Петрова С.А.

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, п. Молодежный
kes17.99@mail.ru

Оценка вероятности проявления засух имеет большое значение для определения рисков производства сельскохозяйственной продукции. Одним из индикаторов формирования этого экстремального события является урожайность сельскохозяйственных культур, прежде всего, зерновых.

Разработка качественных моделей прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур позволяет определять разные ситуации получения урожая, в том числе неблагоприятные, когда наблюдаются значительные потери относительно плановых показателей, как, например, в 2015 и 2024 годах для большинства районов Иркутской области.

Многолетние исследования показывают, что урожайность зерновых культур во многом зависит от метеорологических факторов в начальный период вегетации. При этом на разных отрезках этого периода факторы влияют на итоговую урожайность не одинаково. Учет этого факта можно использовать для улучшения факторной модели прогнозирования биопродуктивности.

Разнообразие природно-климатических факторов Иркутской области, которая включает в себя три сельскохозяйственные зоны с восьмью агроландшафтными районами, отражается на виде математических моделей и результатах моделирования.

При построении моделей прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур для разных агроландшафтных районов применены методы машинного обучения и нейронных сетей. В качестве оценки точности моделирования использованы средняя абсолютная и относительная погрешность.

Прогнозирование выполнено для шести сельскохозяйственных культур (пшеница, ячмень, овес, капуста, картофель, свёкла). В качестве факторов использованы средние суточные температуры воздуха и осадков за вегетационный период. Прогнозы строились на основе всего вегетационного периода и найденных интервалов начала вегетационного периода, в которые метеорологические факторы в наибольшей степени влияли на результативный признак.

Применение модели бустинга над деревьями решений и нейронной сети позволили определить их возможности для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в разных условиях природной среды.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект № 24-21-00502, <https://rscf.ru/project/24-21-00502/>

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОЛЛАБОРАТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ГЕОПОРТАЛА ИДСТУ СО РАН

Климонов М.С.

Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, Иркутск
mihail.klimonov@gmail.com

Геопортал института динамики систем и теории управления СО РАН (ИДСТУ СО РАН) предоставляет множество веб-сервисов для получения, обработки и визуализации пространственных данных различной тематики. Большое количество и разнотипность сервисов усложняют поиск нужного инструмента: научные сотрудники не всегда осведомлены о сервисах, разработанных в других лабораториях, способных помочь в решении исследовательских задач [1]. Целью разработки рекомендательной системы является повышение удобства поиска и использования веб-сервисов на геопортале за счёт автоматического подбора релевантных сервисов под интересы пользователя. В качестве решения предложен подход, основанный на анализе пользовательского опыта (истории взаимодействия пользователей с сервисами): система собирает статистику вызовов сервисов и с помощью методов коллаборативной фильтрации выявляет скрытые предпочтения и шаблоны использования для формирования персональных рекомендаций. Такой подход преодолевает ограничения традиционных способов поиска (онтологии, каталоги), обеспечивая персонализированный выбор сервисов для каждого специалиста без необходимости поддержания мета информации о веб-сервисах.

В рамках развития рекомендательной системы были реализованы методы коллаборативной фильтрации, основанные на следующих подходах:

- **Memory-based.** Данные методы основаны на поиске корреляций между пользователями (user-based) или сервисами (item-based). Эти методы направлены на поиск похожих объектов. В качестве примера такого подхода был реализован метод ближайших соседей для пользователей (kNN).
- **Model-based.** Данные методы основаны на аппроксимации матрицы взаимодействия «пользователь-сервис». Эти методы направлены на то, чтобы спрогнозировать релевантность (оценку) сервиса для пользователя. Для данного подхода были рассмотрены методы: SVD, TSVD, NMF, ALS.
- **Hybrid.** Гибридные методы, комбинирующие несколько подходов к оценке сервисов. В основе современных гибридных методов лежат нейронные сети, дающие взвешенную оценку сочетания user-based и item-based подходов. В качестве таких методов приведены: LightFM, PNCFS.

Проведено сравнение методов по метрикам: точности (precision), полноты (recall), выгоды (nDCG). На основе проведенного анализа по результатам сравнения был выбран лучший метод, на основе которого реализована рекомендательная модель веб-сервисов.

Список источников

1. Фёдоров Р.К., Бычков И.В., Ружников Г.М. Формирование композиций сервисов на основе статистических данных пользователей // Вестник Новосибирского гос. ун-та. Сер. Информ. технологии. 2021. Т. 19, №2. С. 115-130. DOI: 10.25205/1818-7900-2021-19-2-115-130.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ С ПОМОЩЬЮ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

Козлов М.В.^{1,2}, Михеев А.В.¹, Еделев А.В.¹

¹*Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск*

²*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск*
tax28k@gmail.com

Одной из актуальных проблем исследования развития и функционирования сложных систем, таких как, например, системы энергетики, является разнородность и комплексность факторов, непосредственно влияющих на такие системы. Для возможности многофакторного анализа таких систем был спроектирован и разработан программный инструментарий, который реализует имитационный подход динамического когнитивного моделирования для учета взаимовлияния комплексных факторов на развитие системы во времени [1]. Однако составление динамических когнитивных карт остается трудоемким процессом, требующим глубоких знаний, которые к тому же часто отражают субъективный взгляд конкретного эксперта. Учитывая успехи технологий генеративного искусственного интеллекта, автоматическое построение динамических когнитивных карт для упрощения работы экспертов и увеличения объективности оценки моделируемых ситуаций представляется актуальным и перспективным направлением.

С другой стороны, существует необходимость анализа и корректной интерпретации значительного объема количественных данных разнообразных и множественных параметров, полученных в результате оптимизационных расчетов на достаточно подробных моделях интегрированных энергетических систем. Эти параметры (например, изменение выработки или потребления конкретного энергоресурса в узлах сети энергосистемы, установленной мощности, рост или падение надежности и другие) могут быть рассмотрены как факторы, влияющие на развитие и функционирование системы. В силу разнообразия и количества параметров ясная и полезная интерпретация полученных результатов затруднена. Параметры часто не только коррелируют между собой, но и могут иметь скрытые причинно-следственные зависимости, которые крайне важно понимать для повышения интерпретируемости полученных результатов экспертом. В противном случае практическую применимость моделей энергосистем снижается [2].

В данной работе предлагается рассмотреть возможности использования больших языковых моделей (LLM), способных семантически анализировать метаданные (названия столбцов и таблиц) для генерации гипотез о причинно-следственных связях. Как показано в исследовании [3], LLM в комбинации с предварительной фильтрацией (соединение таблиц через join, удаление дубликатов, отбор по взаимной информации) эффективно идентифицируют релевантные причинно-следственные пары между переменными из разных источников, что может быть использовано для автоматического построения структуры динамической когнитивной карты.

На данный момент существует множество решений, в основе которых лежат попытки семантически связать релевантные причинно-следственные пары между переменными из разных источников. Работа [4] посвящена развитию доступности средств причинно-следственного анализа через тонкую настройку модели Llama 2. Автор выделил основные проблемы стандартных GPT моделей и предложил собственный трехэтапный подход по выделению причинно-следственных связей, результатом которого является интерпретация причинно-следственных связей с помощью специально обученной LLM на основе Llama 2. Данный подход позволил получить 98% точности при извлечении причинно-следственных связей на основе данных. В статье [5] исследуется способность больших языковых моделей (LLM) строить причинно-следственные рассуждения и далее формировать причинно-следственные графы (casual DAGs).

Дальнейшие исследования предполагают разработку методики и реализующих ее программных средств с использованием локальных LLM для анализа причинности, выявления причинно-следственных связей на основе количественных наборов данных при моделировании энергетических систем, и, следовательно, автоматического построения динамических когнитивных карт для повышения интерпретируемости полученных результатов.

Список источников

1. Козлов, М. В. Информационное проектирование инструментария для динамического когнитивного моделирования в энергетике / М. В. Козлов, А. В. Михеев // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2024. – № 4(36). – С. 146-158. – DOI 10.25729/ESI.2024.36.4.014. – EDN LHCBLV.
2. Bröchin, Manuel, Bryn Pickering, Tim Tröndle, and Stefan Pfenninger. “Harder, Better, Faster, Stronger: Understanding and Improving the Tractability of Large Energy System Models.” *Energy, Sustainability and Society* 14, no. 1 (June 3, 2024): 27. <https://doi.org/10.1186/s13705-024-00458-z>.
3. Liu, Junfei, Shaotong Sun, and Fatemeh Nargesian. “Causal Dataset Discovery with Large Language Models.” In *Proceedings of the 2024 Workshop on Human-In-the-Loop Data Analytics*, 1–8. Santiago AA Chile: ACM, 2024. <https://doi.org/10.1145/3665939.3665968>.
4. Jiang, Haitao, Lin Ge, Yuhe Gao, Jianian Wang, and Rui Song. “LLM4Causal: Democratized Causal Tools for Everyone via Large Language Model.” arXiv, October 28, 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.17122>.
5. Kıcıman, Emre, Robert Ness, Amit Sharma, and Chenhao Tan. “Causal Reasoning and Large Language Models: Opening a New Frontier for Causality.” arXiv, August 20, 2024. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.00050>.

МЕТОД РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ РЕТРОСПЕКТИВНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В ДВУМЕРНОЙ ПОСТАНОВКЕ

Колесник С.А., Стифеев Е.М.

Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет), Москва

В прямых задачах механики сплошных сред, в том числе в задачах теплопроводности, математическая модель связывает причину (начальные и граничные условия, коэффициенты, уравнения) с результатом (тепловые потоки, температурные поля и т.д.).

В обратных задачах, наоборот, по результату определяют причины, которые обычно не могут быть описаны математическими моделями, что делает их часто некорректными. В таких задачах причинные характеристики определяются на основе экспериментальных данных, которые используют прямые математические модели и методы решения обратных задач.

Если на основе этих экспериментальных данных, таких как пространственно-временное распределение температур, восстанавливаются начальные условия, то такая обратная задача называется ретроспективной. Если по этим экспериментальным данным – пространственно-временному распределению температур – восстанавливаются начальные условия, то обратная задача называется ретроспективной.

В данной работе описана методология численного решения обратных ретроспективных задач теплопроводности в двумерной области на примере краевой задачи в прямоугольнике (1):

$$\begin{cases} u_t = a^2 u_{xx} + b^2 u_{yy} + f(x, y, t), & x \in [0, l_x], y \in [0, l_y], t > 0, \\ u(x, y, 0) = \varphi(x, y), & t = 0, \\ u_x(0, y, t) + h_1 u(0, y, t) = f_1(y, t), & x = 0, \\ u_x(l_x, y, t) + h_2 u(l_x, y, t) = f_2(y, t), & x = l_x, \\ u_y(x, 0, t) + h_3 u(x, 0, t) = f_3(x, t), & y = 0, \\ u_y(x, l_y, t) + h_4 u(x, l_y, t) = f_4(x, t), & y = l_y. \end{cases} \quad (1)$$

В задаче (1) требуется определить неизвестное начальное условие $\varphi(x, y)$ по известным температурным наблюдениям: $u(x_i, y_j, t_k) = u_{ijk}, i = \overline{1, I}, j = \overline{1, J}, k = \overline{1, K}$.

Решение построено с использованием следующих методов: метод параметрической идентификации с использованием двумерных линейно-непрерывными базисных функций, триангуляция области, метод переменных направлений, минимизация функционала невязки, регуляризация Тихонова, неявный градиентный спуск, решётчатый поиск параметра регуляризации.

Разработан алгоритм и программный комплекс, проведены вычислительные эксперименты по восстановлению начального условия, описанных выше задач. Показано, что разработка и использование различных регуляризирующих функционалов позволяет использовать экспериментальные данные, полученные с высокой погрешностью, при этом погрешности результатов остаются в окрестности погрешности экспериментальных данных.

Решение двумерной краевой задачи (1) по восстановлению неизвестной функции сразу двух переменных получено впервые. На текущий момент известны различные методы решения обратных задач по восстановлению функции только одной переменной. Для этого обобщены методы из [1-4] для одномерных случаев.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке гранта РНФ №22-19-00419П.

Список источников

1. Формалёв В.Ф., Колесник С.А. Математическое моделирование сопряжённого теплопереноса между вязкими газодинамическими течениями и анизотропными телами. М.: ЛЕНАНД, 2019. - 320 с.
2. Колесник С.А. Метод идентификации нелинейных компонентов тензора теплопроводности анизотропных материалов// Математическое моделирование. 2014. Т. 26. № 2. С. 119-132.

3. Колесник С.А. Идентификация компонентов тензора теплопроводности анизотропных композиционных материалов // Механика композиционных материалов и конструкций. 2012. Т. 18. № 1. С. 111-120.
4. Формалев В.Ф., Колесник С.А., Кузнецова Е.Л. Моделирование сопряженного теплообмена в пакетах малогабаритных плоских газодинамических сопел с охлаждением // Теплофизика высоких температур. 2015. Т. 53. № 5. С. 735.

ПРОЦЕДУРЫ СЛИЯНИЯ И ОТБОРА ГИПЕРБОКСОВ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА ТИПА MIN-MAX

Коломников Р.Е.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск
kolomnikov0405@gmail.com

В эпоху развития цифровых технологий и роста объема обрабатываемой информации традиционные методы машинного обучения сталкиваются с проблемой создания моделей, неспособных адаптироваться к новым данным без полного переобучения. Нечеткие классификаторы типа Min-Max [1] обеспечивают возможность инкрементного обучения, однако классический алгоритм построения приводят к формированию избыточного количества гипербоксов, что затрудняет интерпретацию результатов и снижает скорость получения результата. Таким образом разработка алгоритмов, позволяющих сократить количество гипербоксов без потери точности классификации, является актуальной задачей.

Для решения указанной проблемы разработаны процедуры слияния и отбора гипербоксов. Процедура слияния объединяет гипербоксы одного класса на основе перекрытий между ними, предварительно проверяя, не создаст ли новый гипербокс перекрытие с гипербоксами других классов. Процедура отбора основана на оценке полезности гипербоксов, учитывающей четыре параметра: точность классификации, плотность гипербокса, давность использования и "репутацию". Для обеспечения защиты новых гипербоксов от удаления, реализован защитный период для новых гипербоксов и механизм сохранения хотя бы одного гипербокса для каждого класса.

Экспериментальная проверка на 43 общедоступных наборах данных [2] показала, что применение разработанных процедур приводит к значительному уменьшению количества правил в среднем в 15,11 раз (с 1311,24 до 88,08 гипербоксов) при сохранении качества классификации. Среднее значение F1-меры снизилась незначительно: с 0,77 до 0,76, причем эта разница статистически не различима на уровне $\alpha = 0,05$, в то время как уменьшение количества правил статистически различимо на данном уровне. Особенно показательны результаты для некоторых наборов данных: для "coil2000" количество правил уменьшилось в 24 раза при сохранении точности, для "ring" наблюдалось одновременное улучшение F1-меры на 32% и сокращение правил в 71 раз. Таким образом, разработанные процедуры позволяют создавать значительно более компактные и интерпретируемые модели без потери точности классификации.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 24-21-00168).

Список источников

1. Simpson P.K. Fuzzy Min-Max Neural Networks-Part 1: Classification // IEEE Transaction on neural networks. – 1992. – Vol. 3, № 5. – P. 776-786.
2. Alcalá-Fdez J. KEEL Data-Mining Software Tool: Da-ta Set Repository, Integration of Algorithms and Experimental Analysis Framework / J. Alcalá-Fdez, A. Fernández, J. Luen-go, J.
2. Derrac, S. García, L. Sánchez, F. Herrera // Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing. – 2011 – Vol. 17, No. 2-3. – P. 255-287.

ХОЛОНИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ИЭС И ЕЕ ОБЪЕКТАМИ

Колосок И.Н., Коркина Е.С.

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск
kolosok@isem.irk.ru

В условиях цифровизации и развития информационных технологий появляется возможность разработки и использования более эффективных способов управления новыми объектами и структурами, создаваемыми в рамках ИЭС. Один из таких способов базируется на применении холонических систем, ориентированных на более простой подход к настройке и управлению производственными процессами, следовательно, энергообъекты могут быстро реагировать на динамические изменения в системе, в частности, в электроэнергетике - на запросы рынка [1]. Применение холонического подхода в энергетике рассмотрено в работах [1-3и др.].

Холоны - это автономные самостоятельные единицы, которые обладают определенной степенью независимости и справляются с непредвиденными обстоятельствами, не запрашивая указаний у вышестоящих инстанций [4]. На разных уровнях агрегирования холоны способны объединяться для решения конкретной задачи, в результате формируется иерархия саморегулируемых холонов – холархия.

Первоначально холархия была внедрена в производство [5]: холоническое производство – это парадигма распределенного управления, нацеленная на решение проблем с частыми изменениями и сбоями. В холонических производственных системах (ХПС) определены три типа базовых холонов: ресурс, продукт и заказ.

- Холон-ресурс состоит из физической части и информационной части, управляющей ресурсом;
- Холон-продукт включает в себя функциональные характеристики (дизайн, процессы, товарное качество) и информацию о технологическом процессе и о продукции;
- Холон-заказ представляет собой производственную задачу: сроки и управление (диспетчирование).

Каждый холон может включать в себя взаимодействующие подхолоны, одновременно тот же холон является частью суперхолона. На каждом уровне (холоны, подхолоны) сотрудничают и конкурируют, создавая в системе новые свойства, не присущие каждому из них в отдельности. Такая структура напоминает и иерархию, и мультиагентную систему (MAS). Однако, холонический подход подразумевает динамичность и гибкость, и это одно из отличий от традиционного подхода MAS. Холонический системный подход хорошо подходит для управления энергетическими системами, традиционно иерархическими.

ИЭС и ее объекты являются киберфизическими системами (КФС). В [6] указано, что холон имеет те же функции, что и КФС. Структура холона-КФС состоит из двух основных частей: информационная (обязательная, отвечает за принятие решений на высоком уровне) и физическая (в случае, если холон представляет собой физическое оборудование и отвечает за передачу решений и управляющих воздействий на связанный физический компонент).

Распределенная архитектура холонов является основой для построения и моделирования КФС в форме холархии. В отличие от холонов в структуре агента не существует такого разделения между физической частью и частью обработки информации. Поэтому в [6] предлагается использовать агенты и функциональные блоки на разных уровнях управления: кибернетическая часть КФС работает off-line с помощью агентов. Физическая часть КФС в режиме реального времени управляет технологическими устройствами низкого уровня с помощью функциональных блоков. Благодаря согласованию на основе агентов такая распределенная КФС будет обладать большей гибкостью, адаптируемостью, интеллектуальностью и возможностью устранения неисправностей.

В качестве примера в докладе рассмотрено применение холонического подхода для усовершенствования структуры управления Агрегатором Управления спросом (УС). Агрегатор УС – это специально созданная структура для работы с производителями ЭЭ, в которой происходит

обмен энергией между множеством заинтересованных сторон. Он является одним из важнейших приложений, создаваемых в ЕЭС России при переходе к ИЭС. В работах авторов [7 и др.] агрегатор УС на электроэнергию в России рассматривается как КФС, имеющая кластерную структуру. Это позволяет применить холонический подход к его структуре: агрегатор УС является суперхолоном, отдельные кластеры – холонами, а входящие в кластер активные потребители – подхолонами. Применение холонической архитектуры позволяет учесть автономию пользователей, реализовать рекурсивную агрегацию пользователей как системы систем и динамическую реконфигурацию пользователей при стохастических изменениях структуры Агрегатора и условий его функционирования. Такой подход повышает устойчивость и безопасность управления, обеспечивает гибкость услуг по управлению спросом, что играет важную роль в реализации интеллектуальной сети.

Благодарности. Исследование проводится в рамках проекта государственного задания (№ FWEU-2021-0001) программы фундаментальных исследований Российской Федерации на 2021-2030 годы (рег. № АААА-А21-121012190027-4).

Список источников

1. Rehtanz, C.; Ulbig, A.; Palaniappan, R.; Faulwasser, T.; Saidi, S.; Schmeink, A.; Wietfeld, C. Towards Holonic Power and Energy Systems – A novel ICT Architecture as Enabler for Resiliency. 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijepes.2021.000000>
2. Negeri, E. O. Smart Power Grid: A Holonic Approach. 2014. doi:10.4233/uuid:956cd759-ed0a-48c7-a311-0baa1d60f5df
3. Манусов В.З., Хасанзода Н. Построение холонической инфраструктуры интеллектуальных сетей в концепции Smart Grid с учетом двустороннего потока энергии. PROBLEMELE ENERGETICII REGIONALE 2017, 3 (35), 84-93.
4. Howell, S.; Rezgui, Y.; Hippolyte, J.L.; Jayan, B.; Li, H. Towards the next generation of smart grids: Semantic and holonic multi-agent management of distributed energy resources. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 77 (2017) 193–214
5. Monostori, L. Cyber-physical production systems: Roots, expectations and R&D challenges. Procedia CIRP, 17 (2014) 9 – 13.
6. <https://mw.unipro.energy/rubric/proizvodstvo/upravlenie-sprosom-na-elektroenergiyu-zachem-eto-nuzhno/>
7. Колосок И.Н., Коркина Е.С. Demand Response агрегатор как бизнес-процесс в условиях цифровизации энергетики // Релейная защита и автоматизация. – 2021. – № 4. – С. 22-27.

МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ НЕЧЁТКОГО ВЫВОДА НА ОСНОВЕ МЯГКИХ ПРОТОТИПОВ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА «КИТОВ»

Корышев Н.П.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск
koryshev1997@gmail.com

В области анализа данных новым и актуальным направлением исследований является разработка интеллектуальных систем, способных дообучаться с поступлением новых данных [1]. Одним из алгоритмов построения таких систем является алгоритм построения автономной системы нечёткого вывода на основе мягких прототипов (SPAFIS) [2]. Он состоит в генерации и постоянной корректировке базы нечётких правил классификатора, формирующихся по рассчитываемым «мягким прототипов» из пакета поступивших данных.

Цель данной работы состояла в улучшении работоспособности SPAFIS. Для выполнения этой цели был применён метаэвристический алгоритм «китов» (WOA) [3] над базой правил, сформированной по итогам работы SPAFIS. WOA призван оптимизировать параметры правил и улучшить точность классификации.

Для экспериментальной проверки работоспособности модифицированного алгоритма SPAFIS (SPAFIS+WOA) параметр гранулярности в SPAFIS был выбран равным 1 (для уменьшения числа правил в базе). Схема кросс-валидации во время эксперимента – 5-кратная, количество запусков на каждой обучающей подвыборке – 3. В таблице 1 приводятся результаты проверки работоспособности SPAFIS и SPAFIS+WOA на 5 наборах данных: средние точности на обучающих (*tra*) и тестовых (*tst*) выборках и количества правил (*R*).

Таблица 1. Результаты экспериментальной проверки алгоритмов.

Алгоритмы	Iris			Heart			Balance			Banana			Spambase		
	<i>tra</i>	<i>tst</i>	<i>R</i>	<i>tra</i>	<i>tst</i>	<i>R</i>	<i>tra</i>	<i>tst</i>	<i>R</i>	<i>tra</i>	<i>tst</i>	<i>R</i>	<i>tra</i>	<i>tst</i>	<i>R</i>
SPAFIS+WOA	92,5	93,3	3,4	64,8	64,8	10,4	87	86,4	6,8	60,5	61,3	3,6	65,36	65,7	36,8
SPAFIS	91,3	90,7		64,7	63,7		87,6	86,2		60,1	60,1		66,6	65,9	

Результаты показывают, что работоспособность предлагаемого SPAFIS+WOA в целом лучше, чем у оригинального SPAFIS. Точность классификации увеличивалась там, где у классификатора было относительно невысокое количество нечётких правил.

Список источников

1. Anomaly detection in streaming data: A comparison and evaluation study / I.F. Vázquez, A. Hartl, T. Zseby, A. Zimek // Expert Systems with Application. – 2023. – Vol. 233. – P. 120994.
2. Gu X. A soft prototype-based autonomous fuzzy inference system for network intrusion detection / X. Gu, G. Howells, H. Yuan // Information Sciences. – 2024. – Vol. 677. – P. 120964.
3. Mirjalili S. The Whale Optimization Algorithm / S. Mirjalili, A. Lewis // Advances in Engineering Software. – 2016. – No. 95. – P. 51–67.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ ИЗ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ

Кравец А.Г., Струкова И.В., Бондаренко А.Г.

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград

AllaGKravets@yandex.ru

В условиях быстро меняющегося технологического ландшафта и усиления глобальной конкуренции, способность точно прогнозировать технологическое развитие становится ключевым фактором для обеспечения инновационного лидерства и принятия обоснованных стратегических решений на уровне государства и отдельных организаций. В ходе ряда выполненных исследований [1] рассмотрены вопросы прогнозирования технологического развития на основе данных из открытых источников.

В рамках исследований проведен системный обзор существующих подходов к технологическому прогнозированию, методов интеллектуального анализа данных и современных программных систем [2, 3]. Доклад посвящен разработке и исследованию метода и программной системы для прогнозирования технологического развития с использованием интеллектуального анализа данных из открытых источников (научные статьи, патенты, новостные ресурсы). В работе предложены:

- новый интегрированный метод прогнозирования технологического развития, отличающийся интеграцией этапов сбора, обработки естественного языка, автоматической разметки и ансамблевого моделирования при анализе разнородных открытых данных, позволяющий повысить объективность и достоверность прогнозов, в том числе в российском технологическом контексте;
- формальные алгоритмы для всего цикла обработки открытых данных: от сбора данных и идентификации ключевых терминов до формирования временных рядов, их разметки, кластеризации и ансамблевого прогнозирования (LSTM, GRU, XGBoost).

В ходе исследований была реализована программная система и проведен ряд вычислительных экспериментов, подтверждающих повышенную точность и эффективность ($R^2=0.75$) предложенного ансамблевого подхода по сравнению с альтернативными методами.

Список источников

1. Кравец, А. Г. Прогнозирование технологических тенденций на основе анализа разнородных данных / А. Г. Кравец, Т. В. Нгуен // Программные продукты и системы. – 2022. – № 3. – С. 396-412.
2. Формирование метрик инновационного потенциала и перспективности для задачи технологического прогнозирования / Д. М. Коробкин, С. А. Фоменков, А. Р. Злобин, Г. А. Верещак // Информационные технологии. – 2023. – Т. 29, № 4. – С. 215-223.
3. Liu, P., Zhou, W., Feng, L. et al. Mapping and comparing the technology evolution paths of scientific papers and patents: an integrated approach for forecasting technology trends/ Liu, P., Zhou, W., Feng, L. et al.// Scientometrics. - 2024. - № 129. - С. 1975-2005.

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ЭВОЛЮЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МЕТАЭВРИСТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Курейчик В.В., Бова В.В.

Южный федеральный университет, Таганрог

vkur@sfedu.ru

Среди всех современных проблем в области искусственного интеллекта и информационных технологий выделим следующие: «проклятие размерности»; поддержка принятия решений в реальном масштабе времени и преждевременная сходимость алгоритмов. Для эффективного решения этих проблем разработаны основные элементы и положения теорий эволюционного моделирования и биоинспирированного поиска включающие в себя модели, методы и алгоритмы метаэвристической оптимизации, позволяющие решать NP-трудные и сложные задачи за полиномиальное время. Сегодня известно о существовании более 300 различных метаэвристик, основанных на различных аналогиях, включая основной класс, инспирированных природными системами [1,2]. Перед учеными всегда возникали вопросы связанные с развитием природы. Почему она экономна? Каким образом она находит оптимальные пути и наиболее устойчивые формы? и т.п. Заметим, что природа в своих структурах научилась сохранять информацию о предыдущих состояниях и процессах, а также выработала специальные механизмы воздействия на процессы экономии и ускорения эволюции. Ученым необходимо правильно моделировать и распределять эти воздействия для учета самоорганизации и смены одной устойчивой структуры другой на различных иерархических уровнях. При этом экспоненциально возрастает сложность оптимизационных задач за счет обработки больших объемов информации, что приводит к необходимости модернизации структуры интеллектуальных систем, а также подходов и методов при решении NP-сложных оптимизационных задач. Одним из таких подходов является использование эффективной методологии применения метаэвристик для решения различных NP-сложных и трудных задач оптимизации. Он основан на моделировании естественных процессов, протекающих в природе, которые могут осуществляться как последовательными, так параллельными преобразованиями [1,2]. Построены и описаны архитектуры поиска на основе различных моделей эволюций, отличающихся изменчивостью и механизмами выживания. С учетом построенных моделей разработан ряд модифицированных метаэвристических методов и алгоритмов. Они с успехом применяются для решения любой оптимизационной задачи, обладающей большой размерностью, которая допускает графовое или гиперграфовое представление. Проведены исследования разработанных метаэвристик на тестовых задачах бенчмарках, показавших свою эффективность.

Список источников

1. Курейчик В.В., Родзин С.И. Вычислительные модели эволюционных и роевых биоэвристик (обзор)// Информационные технологии. Т. 27., № 10., 2021. – С. 507–520.
2. Гладков Л.А., Кравченко Ю.А., Курейчик В.В., Родзин С. И. Интеллектуальные системы: модели и методы метаэвристической оптимизации /. – Чебоксары: ООО "Издательский дом "Среда", 2024. – 228 с.

РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ ПО КРИТЕРИЮ СТОИМОСТИ С ДООПТИМИЗАЦИЕЙ ПО КРИТЕРИЮ ВРЕМЕНИ

Куцый Н.Н., Маланова Т.В.

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск
kucyinn@mail.ru

В классической транспортной задаче рассматривается минимизация стоимости перевозки при условии, что вся продукция из пунктов производства должна быть вывезена, а все потребности пунктов потребления должны быть удовлетворены. Может возникнуть необходимость в улучшении полученного плана, исходя из минимума времени перевозки всей продукции. То есть необходимо определить сначала план транспортной задачи, доставляющий минимальное значение суммарной стоимости перевозки всей продукции. А затем определить на полученном множестве оптимальных планов экстремальное значение функции времени перевозки.

Таким образом, необходимо определить множество планов перевозки $\|x_{ij}\|_{m,n}$, удовлетворяющих минимуму целевой функции

$$L = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

при ограничениях:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, i = 1, \dots, m \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, j = 1, \dots, n \\ x_{ij} \geq 0, \end{cases} \quad (2)$$

Здесь m и n – число пунктов отправления, и назначения; a_i и b_j – количество товаров на i -м складе и количество товаров в j -й заявке соответственно; c_{ij} – стоимость перевозки, $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$. Решение задачи (1) – (2) необходимо улучшить, если это возможно, исходя из минимизации следующей функции по времени:

$$T = \max_{x_{ij} > 0} t_{ij} \quad (3)$$

при сохранении минимальной общей стоимости перевозки, где t_{ij} – время перевозки всей продукции из i -го пункта отправления в j -й пункт назначения, $i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$.

Алгоритм решения задачи

1. Решить задачу (1)-(2) методом потенциалов.
2. Если в последней оценочной матрице небазисным переменным соответствуют нулевые значения, то можно улучшить план по критерию T , и перейти к пункту 3, иначе завершить поиск оптимального плана по критерию времени.
3. Выполнить улучшение плана по критерию T , то составить новый план.
4. Повторить пункты 1-3 до тех пор, пока дооптимизация оптимального плана по критерию (3) станет невозможной.

Список источников

1. Зайченко Ю.П. Исследование операций: учеб. для вузов / Ю. П. Зайченко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Киев: Выща шк., 1988. – 552 с.
2. Зуховицкий С.И. Линейное и выпуклое программирование. С.И. Зуховицкий, Л.И. Авдеева. 2-е изд., перераб. М.: Наука, 1967. – 460 с.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКА ОБРАБОТАННЫХ ЗАПРОСОВ МОДЕЛИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО УЗЛА С МНОГОЯДЕРНЫМ ПРОЦЕССОРОМ ПРИ ПУАССОНОВСКОЙ МОДЕЛИ ПОСТУПАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ

Лапатин И.Л.

Томский государственный университет, Томск
ilapatin@mail.ru

Ухудшение качества обслуживания в различных технических службах связано с проблемой конкуренции за ресурсы. Современные технические системы обслуживают множество клиентов, их запросы могут замедлять друг друга, даже если у системы достаточно ресурсов для обслуживания их всех пользователей. При этом моделирование скорости обслуживания в таких системах должно учитывать зависимость от количества клиентов, работающих с ними. Модели массового обслуживания подходят для описания таких услуг, поскольку они могут учитывать изменчивый характер параметров системы.

В текущей работе предлагается рассматривать математическую модель многоядерного процессора в виде системы массового обслуживания с неограниченным числом приборов и зависимостью скорости обслуживания от числа запросов в системе. Поступление запросов от клиентов описывается марковским модулированным случайным потоком однородных событий (ММРР) [1], который задан генератором $Q = [q_{vm}]$ интенсивностей вероятностей переходов цепи Маркова $m(t) = 0, 1, \dots, M$ с непрерывным временем, управляющей потоком, и диагональной матрицей Λ условных интенсивностей λ_m наступления событий в m -ом состоянии ММРР, когда его управляющая цепь $m(t)$ принимает значение $m = 0, \dots, M$. Предполагается, что поступающие запросы без задержек начинают обрабатываться на сервере, но скорость обработки зависит от общего числа запросов, которые в каждый момент времени выполняются параллельно. Интенсивность обслуживания каждого запроса определяется функцией $\mu f(i)$, где μ – интенсивность обслуживания единственной заявки в системе (без конкуренции), а $f(i)$ – функция деградации, значения которой являются безразмерным коэффициентом снижения интенсивности обслуживания в зависимости от числа заявок i в системе.

Для того, чтобы исследовать подобный класс моделей функционирования многоядерных процессоров авторами предлагается рассмотреть модификацию метода асимптотического анализа [2], применение которого позволяет построить достаточно точную аппроксимацию для допредельного дискретного распределения вероятностей числа заявок в системе с неограниченным числом приборов и зависимостью скорости обслуживания от числа заявок в условии высокой интенсивности входящего потока, что моделирует рост запросов от клиентов для их обработки при коррелированном характере вычислительной нагрузки системы.

Список источников

1. Назаров А. А., Пауль С. В., Лизюра О. Д. Асимптотический анализ RQ-системы ММРР|M|1 с разнотипными вызываемыми заявками // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2021. Т. 21, вып. 1. С. 111–124.
2. Моисеев А. Н., Назаров А. А. Бесконечнолинейные системы и сети массового обслуживания. Томск : Изд-во НТЛ, 2015. – 240 с.

АЛГОРИТМ РАСЧЁТА ТОКА В ЦЕПИ ЛИТИЙ-ИОННОЙ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ШЕФЕРДА

Ле Жа Хоанг Хай Шон, Букреев В.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск
bukreev@tpu.ru

Для обеспечения надежной эксплуатации литий-ионных аккумуляторных батарей (ЛИАБ) крайне важно точно прогнозировать их состояние и предотвращать потенциальные сбои, связанные с перегревом и другими эксплуатационными рисками. Одним из ключевых аспектов прогнозирования состояния батарей является мониторинг и точное определение тока, проходящего через батарею, так как этот параметр напрямую влияет на процесс накопления и выделения тепла, а также на общую производительность аккумулятора.

В данной работе представлен алгоритм для моделирования тока через цепь ЛИАБ на основе модели Шеферда, записывающийся следующим выражением [1, 2]:

$$U_{\text{вых}}(t) = E_0 - K \frac{Q}{Q + 0,1i(t)} i_{AK}(t) - K \frac{Q}{Q - i(t)} + Ae^{(-Bi(t))} - R_0 i_{AK}(t), \quad (1)$$

Принятые обозначения: E_0 – максимальное напряжение аккумулятора, В; R_0 – внутреннее сопротивление, Ом; K – поляризационная составляющая, В; A – экспоненциальная составляющая, В; B – инверсная экспоненциальная составляющая, $Aч^{-1}$; Q – полная емкость аккумулятора, Ач; $i_{AK}(t)$ – текущее значение тока разряда аккумулятора, А; интегральная величина $i(t) = \int i_{AK}(t) dt$, определяется протекающим током в аккумуляторе, Ач.

Для расчета напряжения батареи применяется метод суммирования напряжений отдельных ячеек, включая как исправные, так и поврежденные ЛИА, что позволяет моделировать поведение батареи в аварийных условиях. При этом напряжение каждого ЛИА моделируется случайным образом, что обеспечивает адекватность реальной работы батареи, поскольку в процессе эксплуатации характеристики отдельных ЛИА могут изменяться.

Все моделирование выполнено с использованием языка программирования Python [3], который обладает широким набором инструментов для численного анализа и моделирования сложных процессов.

Результаты моделирования про-демонстрировали высокую точность предложенного алгоритма при описании динамики тока в ЛИАБ. Графические представления результатов подтверждают адекватность модели и её применимость для оценки состояния аккумуляторных систем в различных режимах эксплуатации (рис. 1).

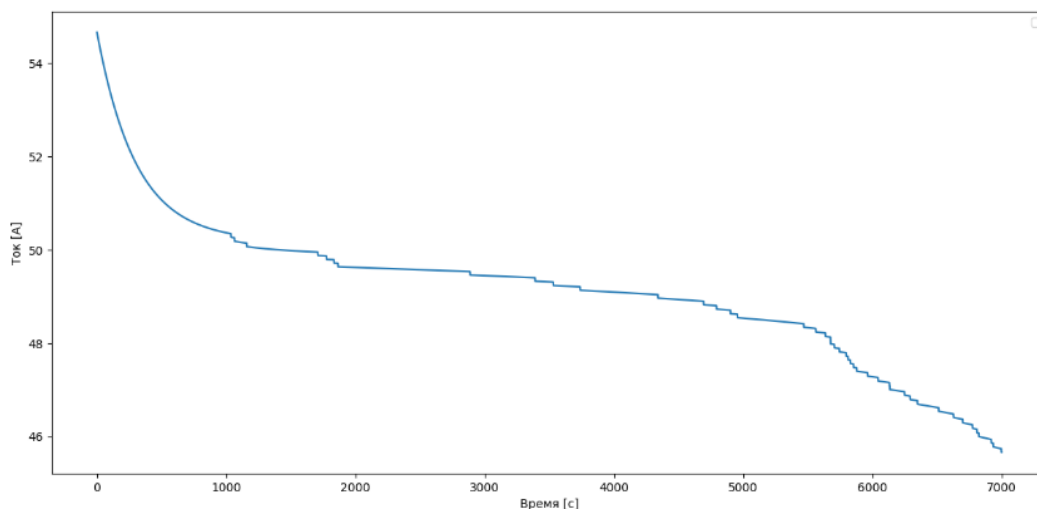


Рис. 1. График тока через цепь ЛИАБ в режиме разряда

Список источников

1. Tremblay O., Dessaint L.A. Experimental validation of a battery dynamic model for EV applications // World electric vehicle journal. 2009. № 3 (2). С. 289–298.
2. Брянцев А.А., Букреев В.Г. Алгоритм определения параметров модели Шеферда для построения имитатора литий-ионного аккумулятора // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2019. № 22 (1). С. 95–99.
3. Python W. Python. Python releases for windows, 2021, vol. 24.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ АНСАМБЛЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Ломакина Л.С., Двитовская А.Н., Корелин К.А.

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Нижний Новгород
llomakina@list.ru*

Современные промышленные системы требуют внедрения высокоточных методов диагностирования и прогнозирования для минимизации риска аварийных ситуаций и оптимизации затрат на обслуживание. Рост числа датчиков, генерирующих огромные объемы данных в режиме реального времени, а также необходимость прогнозирования редких, но катастрофических отказов, обуславливают потребность в переходе к интеллектуальным и адаптивным решениям.

Однако традиционные подходы машинного обучения часто недостаточно эффективны при работе с зашумленными данными, нелинейными зависимостями и высокой размерностью признакового пространства.

Ансамблевые методы машинного обучения базируются на принципе коллективного принятия решений, где предсказания множества моделей объединяются для минимизации ошибок [1]. Математическое обоснование их эффективности следует из теоремы Кондорсе о жури присяжных [2]:

$$P(\eta > 0.5) \rightarrow 1 \text{ при } M \rightarrow \infty$$

где P - вероятность прогноза ансамбля, η - вероятность прогноза моделей, M - количество моделей.

В данной работе рассматриваются принципы работы ансамблевых моделей машинного обучения и их преимущества для задач диагностирования и прогнозирования объектов [3,4]. Основное внимание уделено методам Бэггинга (Bagging), Бустинга (Boosting) и Стэкинга (Stacking).

Был рассмотрен ансамблевый подход, используя метод бэггинга, на основе сверточных нейронных сетей (CNN) и применен для классификации дефектов микроструктуры металла.

Рассмотренная реализация ансамблевого подхода на основе нейронных сетей продемонстрировала увеличение точности классификации дефектов микроструктуры металла по сравнению с одиночной моделью. Предложенный подход снижает дисперсию ошибок и повышает устойчивость прогнозов, что подтверждает его практическую ценность для промышленных систем.

Список источников

1. Jadam A.F., Toray M.K. Ensemble Learning: Methods, Techniques, Application. Июнь 2024. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/381773312_Ensemble_Learning_Methods_Techniques_Application.
2. Краковский Ю.М., Лузгин А.Н. Исследование современных методов построения прогнозирующих ансамблей применительно к задаче интервального прогнозирования. Современные технологии. Системный анализ. Моделирование, №3 (55), 2017: 94-101.
3. Кашницкий Ю. С. История развития ансамблевых методов классификации в машинном обучении. Июнь 2015. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/278019662_Istoria_razvitia_ansamblevyh_metodov_klassifikacii_v_masinnom_obucenii.
4. Чернышова Г.Ю., Самаркина Е.А. Методы интеллектуального анализа данных для прогнозирования финансовых временных рядов. Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Экономика. Управление. Право. 2019. Т. 19, вып. 2: 181-188.

НЕЙРО-НЕЧЕТКАЯ СИСТЕМА КЛАССИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЙ ОБЪЕКТОВ СЛОЖНОЙ СТРУКТУРЫ

Ломакина Л.С., Чернобаев И.Д., Беляева Л.А.

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,
Нижний Новгород
llomakina@list.ru*

В машинном обучении задача классификации заключается в определении принадлежности объекта к заданной категории в результате обработки его признакового описания. В задачах диагностики состояние объекта рассматривается как категория, характеризующая его работоспособность, режим работы или степень износа. Объекты сложной структуры как правило содержат множество признаков, требующих предварительной обработки, и при этом могут характеризоваться наличием последовательностей, полуструктурированных элементов, отношений иерархии.

Известно, что искусственные нейронные сети (ИНС) обладают свойствами универсального аппроксиматора [1] и обеспечивают высокую точность в прикладных задачах, однако, их решения сложно интерпретировать [2]. Точность решения может снижаться из-за наличия погрешностей и неточностей в данных. Для работы с подобными данными применяют инструмент нечетких множеств (НМ).

Нечеткая логическая система (НЛС) способна аппроксимировать любую непрерывную функцию в заданной области [3]. Принцип работы НЛС построен на совокупной обработке НМ в соответствии с заданными правилами. Решения НЛС - интерпретируемые, но построение подобных систем требует применения экспертных знаний прикладной области при составлении базы правил.

В работе рассматривается подход к объединению инструментов НЛС и ИНС для построения системы классификации состояний объектов сложной структуры. Модель нечеткой функции активации (НФА) нейрона [4] описывается с применением НМ и функций принадлежности (ФП), объединенных правилами активации в НЛС. Такой подход позволяет использовать различные типы НМ, и алгоритмы дефаззификации [5]. Рассматриваемая НФА имеет вид:

$$F(x) = \begin{cases} P x k(x), & x \in (0; 1] \\ N x k(-x), & x \in [-1; 0] \end{cases} \text{ где } k(x) = 0.5 \left(\frac{1}{\alpha + x - \alpha x} + \frac{1 - \alpha}{1 - \alpha x} \right) \quad \left| \quad k(\sigma) = 0.5 \left(\frac{1}{\alpha + \sigma - \alpha \sigma} + \frac{1 - \alpha}{1 - \alpha \sigma} \right) \right.$$

где $P, N, \alpha \in [0, 1]$ - изменяемые параметры, обновление которых выполняется в соответствии с правилом обучения ИНС.

В слоях нейронов с НФА, в процессе обучения, оптимизируются не весовые коэффициенты, а параметры НФА, что делает функцию адаптируемой. Построенные нейро-нечеткие системы классификации, объединяют аппарат нейросетевого моделирования и НЛС. Сравнительная оценка качества нейро-нечетких систем классификации показала улучшение в ряде экспериментов в сравнении с аналогичными системами на основе ИНС.

Список источников

1. Lu Y, Lu J. A universal approximation theorem of deep neural networks for expressing probability distributions. *Advances in neural information processing systems*. 2020;33:3094-105.
2. Zhang Y, Tiño P, Leonardis A, Tang K. A survey on neural network interpretability. *IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence*. 2021 Aug 24;5(5):726-42.
3. Kosko B. Fuzzy systems as universal approximators. *IEEE transactions on computers*. 1994 Nov;43(11):1329-33.
4. Ломакина Л.С. Чернобаев И.Д. Нейро-нечеткие классификаторы. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2021;9(4). Доступно по: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1092> DOI
5. Naaz S, Alam A, Biswas R. Effect of different defuzzification methods in a fuzzy based load balancing application. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*. 2011 Sep 1;8(5):261.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ РУ

Лонин К.А., Ереев М.Н., Соловьев С.А., Патрушев В.Л.

Опытно-конструкторское Бюро Машиностроения им. И.И. Африкантова, Нижний Новгород
lonin_ka@okbm.nnov.ru

В соответствии с требованиями нормативных документов [1, 2] при проектировании оборудования реакторных установок (РУ) для их безопасной эксплуатации и при обосновании прочности должны быть рассмотрены внешние динамические воздействия природного или техногенного характера (сейсмические, ударные) и внутренние, связанные с вибрацией самого оборудования и внешних источников.

Сложность реализации и значительная стоимость экспериментальной отработки изделия в обоснование динамической защищенности на опытных образцах в процессе проектирования в АО «ОКБМ Африкантов» заменяются численными экспериментами с использованием САД и САЕ программных средств и разработкой элементов цифровых двойников. Учитывая пространственный характер динамического воздействия, разрабатываются 3D конструкторские и расчетные компьютерные модели (РУ и оборудования). В настоящее время известен целый ряд как отечественных кодов (ЛОГОС-прочность, Fidesys и др.), так и зарубежных (ANSYS, LS-DYNA, MSC.ADAMS и др.), имеющих широкие функциональные возможности для решения динамических задач.

При моделировании процессов динамического воздействия в расчетной модели в случае большой нагруженности конструкции используются адекватные современные модели упругопластического деформирования используемых конструкционных материалов, а для повышения динамической защищенности производится подбор и оптимизация соответствующих демпферов и виброизоляторов.

При обосновании динамической защищенности применяются две концепции компьютерного моделирования:

- Первая концепция. Численное моделирование объекта исследования в целом с входящим в него упрощенных моделей оборудования и деталей.
- Вторая концепция. Численное моделирование отдельного оборудования с использованием подробных моделей отдельных деталей, сборочных единиц с элементами крепления.

Для верификации цифровых моделей, используемых при численном моделировании, проводятся технически возможные специальные измерения или применяются результаты ранее выполненных экспериментов по идентификации параметров аналогичного оборудования. Примером является экспериментальное определение модальных характеристик оборудования на специальных стендах, создающих вибрационные и ударные воздействия.

Характерными примерами реализации используемых концепций по расчетно-экспериментальному обоснованию прочности оборудования РУ при динамическом нагружении в АО «ОКБМ Африкантов» являются:

- Компьютерная модель реакторной установки типа РИТМ-200 с ее верификацией по результатам измерений на натурном объекте, используемая, также, в обоснование сейсмостойкости блоков биологической защиты и исполнительных механизмов системы управления и защиты (ИМ СУЗ).
- Компьютерная модель шкафов системы управления, используемая, также, для анализа динамической прочности электронных компонент и узлов их креплений;
- Компьютерная модель блока арматуры с трубопроводами систем РУ, используемая, также, при обосновании прочности при динамическом воздействии.
- Компьютерная модель ИМ СУЗ.

Применение данных концепций в АО «ОКБМ Африкантов» позволяет на ранних этапах проектирования создавать оптимальные конструкции оборудования различного назначения с обоснованием их динамической защищенности и вибропрочности.

Список источников

1. ПНАЭ Г-7-002-86. Номы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. М., «Энергоатомиздат», 1989 г.
2. НП-064-17. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии», 2017 г.

СТРУКТУРИЗИЦИЯ АЛГОРИТМОВ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ ПОЛИЛИНЕЙНЫМИ ФУНКЦИЯМИ

Лукацкий А.М., Дубынин Е.В.

Институт энергетических исследований РАН, Москва
lukatskii.a.m.math@mail.ru

Рассматривается проблема построения структуры на множестве алгоритмов, описываемых полилинейными функциями. Полилинейные функции возникают как в моделях содержательных предметных областей, например, в экономических моделях балансового типа, в физических моделях, описываемых уравнениями теории относительности, так и в абстрактно математических конструкциях, таких как алгебра Грассмана [1]. Основным инструментом их исследования является полилинейное программирование. Структуризация в таких моделях сводилось, как правило, к организации данных, подставляемых в полилинейные функции модели.

Ранее был предложен подход, позволяющей описывать полилинейную модель при помощи единой сводной таблицы. Такой подход дает возможность структурировать не только данные, но и алгоритмы их обработки. Для реализации такой структуры используется ранее предложенная табличная форма описания полилинейных функций [2]. Конструкция иллюстрируется на примере модели межотраслевого баланса и ее различных модификаций. Рассмотрен, в частности, вариант полилинейной модели для решения экологических проблем применительно к задаче сокращения вредных выбросов предприятиями.

Формой описания полилинейной модели является сводная таблица, в которой строки, по очереди, образуют переменные модели, полилинейные ограничения модели, критерий модели, столбцы образуют мономы модели и замыкающий столбец представляет моном нулевой степени (свободные члены ограничений модели).

Табличное описание дает возможность производить сравнение алгоритмов полилинейного программирования. Оно позволяет однозначно восстановить полилинейную модель, однако обратный переход от модели к таблице неоднозначен. Чтобы избежать этой неоднозначности, вводится упорядоченность на множестве мономов полилинейной модели с заданным набором переменных. Это дополняется стандартизацией диапазонных ограничений переменных модели путем приведения их к отрезку $[0,1]$.

Программный комплекс, производящий расчеты на табличном описании полилинейной модели, реализован на языке программирования Visual Basic.

Список источников

1. Винберг Э.Б. Курс алгебры. — М.: Факториал Пресс, 2002. — ISBN 5-88688-060-7
2. Lukatskii A. M.; Dubynin E. V. An Approach to Digitalization of Multilinear Models // Published in: 2024 17th International Conference on Management of Large-Scale System Development (MLSD). Date of Conference: 24-26 Sept. 2024, Date Added to IEEE Xplore: 06 November 2024, DOI: 10.1109/MLSD61779.2024.10739467. Publisher: IEEE Publication Year: 2024, Page(s): 1-4.

АДАПТИВНОЕ ИСКЛЮЧЕНИЕ НЕЭФФЕКТИВНЫХ КЛАСТЕРОВ В ЭВОЛЮЦИОННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

Малашин И.П., Тынченко В.С., Курашкин С.О., Мартысюк Д.А.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва
scorpion_ser@mail.ru

В настоящее время оптимизация сложных систем и процессов является ключевой задачей во многих прикладных областях, таких как машинное обучение, управление ресурсами, биоинформатика и инженерное проектирование. Одной из основных проблем при решении таких задач является высокая размерность пространства поиска и наличие областей, содержащих неэффективные или субоптимальные решения. Традиционные эволюционные и стохастические алгоритмы оптимизации могут тратить значительные вычислительные ресурсы на исследование этих зон, что снижает их эффективность.

Авторами работы [1] было проведено исследование, направленное на совершенствование эволюционных алгоритмов оптимизации за счёт динамического исключения неэффективных кластеров решений в пространстве поиска. Основная идея метода заключается в интеграции механизмов кластерного анализа и адаптивного управления для повышения эффективности генетических алгоритмов (ГА).

Исследование [2] демонстрирует эффективность генетических алгоритмов для оптимизации национального бюджета, где механизмы естественного отбора позволяют автоматизировать поиск баланса между экономическими и социальными показателями. На примере нефтегазовой отрасли показано, что ГА способны обрабатывать десятки тысяч параметров с точностью до 90%, сокращая время расчетов на 25-30% по сравнению с традиционными методами. Несмотря на преимущества, авторы отмечают необходимость учета гуманитарных факторов, что требует разработки гибридных решений. Перспективы работы связаны с интеграцией ГА в системы государственного управления для среднесрочного бюджетного планирования и оценки эффективности программ.

В исследовании [3] принята за основу процедура динамического исключения неэффективных кластеров в эволюционных алгоритмах, где эффективность кластера оценивается по двум критериям: плотности распределения решений (количество индивидов) и их средней пригодности относительно популяции. Экспериментально подтверждено [4], что исключение областей с низкой плотностью и качеством решений сокращает вычислительные затраты на 20-25%, повышая скорость сходимости алгоритма при сохранении точности оптимизации. Применяя метод динамического исключения неэффективных кластеров, процесс оптимизации можно формализовать следующим образом:

Для каждого кластера C_k (где $k = \overline{1, K}$) вычисляются количество индивидов (1) и средняя пригодность (2):

$$N_{\text{IndSet}_k^g} = |C_k|, \quad (1)$$

$$\overline{F}_{\text{IndSet}_k^g} = \frac{1}{M_k^g} \sum_{m=1}^{M_k^g} F_{\text{Ind}_m^{g,k}} \quad (2)$$

где M_k^g — число индивидов в кластере, C_k — пригодность m -го индивида.

Кластер признаётся неэффективным, если одновременно выполняются два критерия: количество индивидов в нём меньше среднего по популяции ($N_k < \overline{N}$, где $\overline{N} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K N_k$), и средняя пригодность его решений ниже общепопуляционного уровня ($\overline{F}_k < \overline{F}$, где $\overline{F} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M F_m$). Такая двойная проверка гарантирует исключение только тех областей поиска, которые статистически малоперспективны как по плотности, так и по качеству решений. Подобная фильтрация позволяет алгоритму фокусироваться на перспективных областях, повышая эффективность поиска оптимальных решений.

Заключение. Авторами исследования предложен метод динамического исключения неэффективных кластеров, основанный на анализе плотности распределения решений и их средней пригодности. Экспериментально доказано, что данный подход позволяет сократить вычислительные затраты на 20-25% за счёт исключения заведомо неперспективных областей поиска. Результаты демонстрируют повышение скорости сходимости алгоритма при сохранении точности нахождения глобального оптимума.

Список источников

1. Белоглазов Д.А., Коберси И.С., Финаев В.И. Разработка адаптивного эволюционного алгоритма оптимизации на основе аппарата нечеткой логики // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. №4 (141). С. 169-175.
2. Демченков А.В., Девлетов Р.Р., Ковалева К.А., Мирончук В.А. Применение генетических алгоритмов в оптимизации национального бюджета // Индустриальная экономика. 2023. №5. С. 129-136.
3. Михайлов А. Н. Эволюционные алгоритмы: эффективные подходы к решению задач оптимизации и управления в сложных системах // Вестник науки. 2024. №12 (81). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsionnye-algoritmy-effektivnye-podhody-k-resheniyu-zadach-optimizatsii-i-upravleniya-v-slozhnyh-sistemah> (дата обращения: 30.04.2025).
4. Рыбак В. А. Использование генетических алгоритмов для решения оптимизационных задач природопользования // МНИЖ. 2025. №3 (153). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-geneticheskikh-algoritmov-dlya-resheniya-optimizatsionnyh-zadach-prirodopolzovaniya> (дата обращения: 30.04.2025).

ФОРМИРОВАНИЕ ИМПЛАНТА ДЛЯ ПЛАСТИКИ ДЕФЕКТА ЧЕРЕПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-МОДЕЛЕЙ

Медиевский А.В.¹, Зотин А.Г.², Симонов К.В.³

¹*Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого,
Красноярск*

²*Сибирский государственный университет науки и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева,
Красноярск*

³*Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск*

Современная медицина активно развивается в направлении персонализированного подхода к лечению пациентов, что особенно важно в области челюстно-лицевой хирургии, нейрохирургии и реконструктивной хирургии. Одной из ключевых задач в этих областях является восстановление дефектов черепа, возникающих вследствие травм, врожденных аномалий, опухолей или хирургических вмешательств.

Разработана и апробирована методика формирования импланта для пластики дефекта черепа с учетом результатов обработки томограмм пациентов. Тем самым упрощен процесс создания импланта из титановых сеток, что делает методику более доступной. Предложены этапы моделирования дефектов черепа с применением статистической модели формы.

Представлен процесс моделирования в виде алгоритмической схемы в зависимости от особенностей пациента. Для создания протеза используется 3D-модель черепа, на основе которого формируется зеркальное отражение интактной поверхности через медиально-сагиттальную плоскость с последующей адаптацией скопированной поверхности к краям дефекта. При невозможности применения данного подхода для закрытия дефекта подготовлена методика на основе применения статистической модели формы.

Обоснованы преимущества и перспективы использования предлагаемой технологии в клиническую практику для улучшения качества лечения. В результате применения 3D-моделей получены положительные результаты в виде уменьшения продолжительности операции за счет упрощения интраоперационной адаптации универсального импланта и улучшения косметических характеристик для пациента.

В рамках развития персонализированного подхода к лечению пациентов в области реконструктивной хирургии по-новому решена задача восстановления дефектов черепа. Это позволяет специалистам точно визуализировать анатомические структуры, выделять области дефектов, реконструировать недостающие фрагменты и создавать индивидуальные импланты.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗНОТИПНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ОБЛАЧНЫХ УЗЛОВ НА МНОГОЯДЕРНЫХ ПРОЦЕССОРАХ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Моисеев А.Н.

Томский государственный университет, Томск
moiseev.tsu@gmail.com

В настоящее время облачные сервисы становятся все более популярными как среди частных, так и среди корпоративных пользователей. Провайдеры облачных услуг стремятся минимизировать свои затраты на покупку оборудования и операционные расходы, сохраняя при этом высокое качество услуг для пользователей с целью привлечения и удержания большего их числа. Обычно оборудование для облачных сервисов представляет собой многопроцессорные станции (серверы) на базе многоядерных высокопроизводительных процессоров. Такие серверы объединяют в кластеры, называемые узлами облачной сети. Основными технологиями, применяемыми для организации рабочего пространства пользователей в облачной сети, являются виртуализация (применение виртуальных машин) и контейнеризация (применение контейнеров). Несмотря на определенные отличия в технологиях, оба подхода достаточно похожи с точки зрения их работы с ресурсами оборудования (ядрами процессоров, оперативной памятью, внешними устройствами). Не зависимо от того, какой подход используется, соответствующие единицы виртуализации (будем обозначать их как VU – virtualization unit) – виртуальные машины или контейнеры – нуждаются в определенных ресурсах, которые могут быть в это время заняты другими VU. Тогда программам внутри VU приходится ожидать освобождения ресурса либо разделять его с другими VU, что приводит к увеличению времени исполнения этих программ, а в конечном счете – запросов пользователей. А это означает снижение качества услуг.

Таким образом, перед провайдером возникает задача: какое минимальное количество ресурсов предоставить, чтобы качество услуг оставалось не ниже заданного уровня? В представленном докладе описан подход к решению данной задачи, который основан на моделировании работы облачных узлов в виде систем массового обслуживания.

VU моделируются как заявки, которые поступают в систему, а пребывая в ней используют определенное количество разнотипных ресурсов. Конкуренция за ресурсы между VU одного узла выливается в снижение скорости обслуживания каждой VU, которое мы моделируем в виде эффекта деградации скорости обслуживания заявок, зависящего от общего числа VU в узле. При этом имеется возможность моделировать разнотипные VU в виде заявок разных типов, что выражается в разных параметрах или законах распределения продолжительности выполнения запросов. Также, используя многофазные модели, мы можем моделировать различные состояния каждой VU, например, активное (рабочий режим), когда потребление ресурсов этой VU максимальное, и пассивное (режим сна), когда потребление ресурсов минимальное или почти отсутствует. В результате удастся решить задачу нахождения многомерного совместного стационарного распределения вероятностей числа VU на фазах, что позволяет рассчитать различные операционные характеристики узла.

Кроме того, сформулировав определенные критерии, учитывающие объемы имеющихся ресурсов и качество обслуживания, можно решить описанную выше задачу как задачу оптимизации такого критерия. Подробное описание модели, аналитические выводы и решение задачи оптимизации представлены в докладе.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ М/М/∞ С ММРР ПОТОКОМ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЗАЯВОК

Моисеева С.П., Монгуш В., Королев Д.А.

Томский государственный университет, Томск

smoiseeva@mail.ru

Рассматривается система массового обслуживания с неограниченным числом обслуживающих приборов на вход которой поступает простейший поток положительных заявок с параметром λ . Любая положительная заявка, приходящая в систему, сразу начинает обслуживание в течениит случайного времени, распределенного по экспоненциальному закону с параметром μ , выбирая любой из свободных приборов. Также в систему поступает марковский модулированный пуассоновский поток отрицательных заявок, определяемый эргодической цепью Маркова, заданной матрицей инфинитезимальных характеристик и набором неотрицательных величин – условных интенсивностей наступления событий, когда цепь Маркова сохраняет свое состояние. Отрицательная заявка, приходящая в систему, не взаимодействуя с обслуживающимися положительными заявками, ожидает прихода новой положительной заявки, «уничтожает» её и обе покидают систему. В случае если система пуста, отрицательная заявка ожидает поступления положительной и повторяет указанную процедуру. Ставится задача исследования двумерного случайного процесса– числа положительных и отрицательных заявок в системе в стационарном режиме. Работа обобщает результаты, ранее полученные в [1] для пуассоновских потоков.

Для анализа применяется метод асимптотического анализа [2] при условии высокой интенсивности входящих потоков. Доказано, что число положительных заявок в таком условии является дискретизированным гауссовским, а число отрицательных определяется геометрическим распределением вероятностей.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №.24-21-00454, <https://rscf.ru/project/24-21-00454/>

Список источников

1. Королев Д.А., Моисеева С.П. Моделирование передачи многомодальной информации с ограничением времени жизни пакетов // Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем: материалы Всероссийской конференции с международным участием, Москва, РУДН, 8–12 апреля 2024 г. М.: Изд-во РУДН, 2024. С. 65–68.
2. Назаров А. А., Моисеева С. П. Методы асимптотического анализа в теории массового обслуживания – Томск: Изд-во НТЛ. – 2006. – 112 с.

ДИСКРЕТНАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА С ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТИ

Нгуен Дык Зуи, Букреев В.Г.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск
nguyenzuy151099@gmail.com

Непрерывные модели электродвигателей демонстрируют ограниченную адекватность при описании нелинейных динамических эффектов и дискретных управляющих воздействий, характерных для ШИМ-преобразователей. Модель объекта в пространстве состояний на интервалах дискретности ШИМ можно записать следующими уравнениями [1]:

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= A_1 x(t) + b_1 U(t) \quad \text{при } t \in (t_0 + jT, t_0 + jT + \gamma(u(jT))) \\ \dot{x}(t) &= A_2 x(t) + b_2 U(t) \quad \text{при } t \in (t_0 + jT + \gamma(u(jT)), t_0 + (j+1)T) \end{aligned} \quad (1)$$

где $x(t)$ – вектор состояния силового части; A_1, A_2 – матрицы параметров силового преобразователя, исполнительного электродвигателя и механической системы; b_1, b_2 – n -мерные векторы; $U(t)$ – импульсное напряжение с выхода силового преобразователя.

Формирование широтно-импульсного сигнала $U(t)$ осуществляется согласно выражениям [1]:

$$U(t) = \begin{cases} U_{\text{CФ}}(t) \operatorname{sign}(u(jT)) & \text{при } t \in (t_0 + jT, t_0 + jT + \gamma(u(jT))) \\ 0 & \text{при } t \in (t_0 + jT + \gamma(u(jT)), t_0 + (j+1)T) \end{cases} \quad (2)$$

$$\gamma = \begin{cases} |k(t)u(jT)| & \text{при } |k(t)u(jT)| \leq T \\ T & \text{при } |k(t)u(jT)| > T \end{cases} \quad (3)$$

где $k(t)$ – коэффициент передачи ШИМ; $U_{\text{CФ}}(t)$ – выходные напряжения силового преобразователя; γ – относительная длительность выходного напряжения силового импульсного преобразователя.

Линеаризованное дискретное представление модели с ШИМ на интервале дискретности T можно записать следующим уравнением [1]:

$$x(k+T) = Fx(k) + [Gx(k) + A_2 bUT]\gamma + bUT \quad (4)$$

где $F = e^{A_2 T}$; $G = e^{A_2 T}(A_1 - A_2)$

Моделирование на Python [2,3] подтвердило, что дискретная модель пространства состояний обеспечивает высокую точность воспроизведения динамики тока и угловой скорости двигателя (рис. 1).

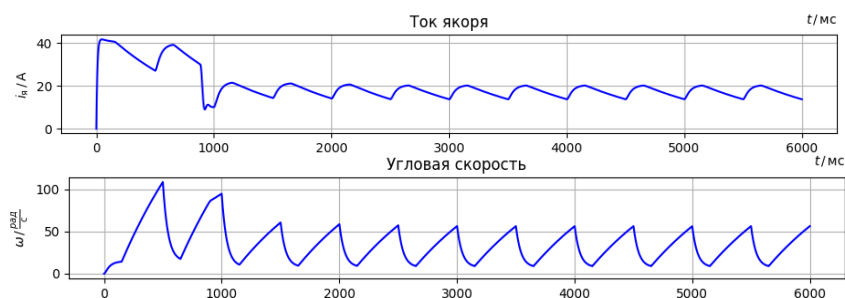


Рис. 1. График зависимости тока и угловой скорости двигателя от времени в дискретной модели

Список источников

1. Букреев В.Г., Параев Ю.И. Адаптивные регуляторы в дискретных системах управления сложными электромеханическими объектами. - Томск: Изд-во Том. ун-та, 2000. - 278 с. 500 экз. ISBN 5-7511-1082-X.
2. Harris, C.R., Millman, K.J., van der Walt, S.J. et al. Array programming with NumPy. Nature 585, 357–362 (2020). DOI: 10.1038/s41586-020-2649-2.
3. Virtanen, P., Gommers, R., Oliphant, T.E. et al. SciPy 1.0: fundamental algorithms for scientific computing in Python. Nat Methods 17, 261–272 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41592-019-0686-2>.

О ПРЕДЕЛЬНОМ ПЕРЕХОДЕ В ЗАДАЧЕ О РАВНОВЕСИИ УПРУГОГО ТЕЛА С ТОНКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ ТИМОШЕНКО

Николаева Н.А.

Северо-Восточный федеральный университет, Якутск
niknataf@mail.ru

Рассматривается обоснование предельного перехода по параметру жесткости в задаче равновесия двумерного упругого тела с трещиной и с тонким упругим включением. Упругое включение моделируется балкой Тимошенко. Трещина точкой пересечения делит включение на две части. Таким образом, возникает контакт частей включения в одной точке. Указанная точка является точкой сопряжения. На берегах трещин задаются краевые условия взаимного непроникания берегов [1]. В этом случае, исходя из геометрии расположения трещины и включения, условие непроникания учитывается и в точке сопряжения [2-3]. Наличие данного краевого условия исключает взаимное проникание частей включения друг в друга и является естественным с точки зрения механики. Целью данной работы является анализ предельного перехода при стремлении параметра к бесконечности. В этом случае в пределе получается задача о сопряжении модели жестких включений в упругих телах при наличии трещины [2].

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (проект FSRG-2023-0025).

Список источников

1. Хлуднев А. М. Задачи теории упругости в негладких областях. – М.: Физматлит, 2010.
2. Николаева Н. А. О равновесии упругих тел с трещинами, пересекающими тонкие включения // Сиб. журн. индустр. математики. 2019. Т. 22, № 4. С. 68–80.
3. Николаева Н. А. Задача о равновесии упругого тела с трещиной и тонкими включениями, которые сопряжены между собой // Дальневосточный математический журнал. 2024. Т. 24, № 1. С. 73–95.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МНОГОЯДЕРНЫХ ПРОЦЕССОРОВ ПРИ НЕПУССОНОВСКОМ ХАРАКТЕРЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ

Пауль С.В., Иванова А.С.

Томский государственный университет, Томск
paulsv82@mail.ru

Ухудшение качества обслуживания в различных технических службах связано с проблемой конкуренции за ресурсы. Современные технические системы обслуживают множество клиентов, их запросы могут замедлять друг друга, даже если у системы достаточно ресурсов для обслуживания их всех пользователей. При этом моделирование скорости обслуживания в таких системах должно учитывать зависимость от количества клиентов, работающих с ними. Модели массового обслуживания подходят для описания таких услуг, поскольку они могут учитывать изменчивый характер параметров системы.

В текущей работе предлагается рассматривать математическую модель многоядерного процессора в виде системы массового обслуживания с неограниченным числом приборов и зависимостью скорости обслуживания от числа запросов в системе. Поступление запросов от клиентов описывается марковским модулированным случайным потоком однородных событий (ММРР) [1], который задан генератором $Q = [q_{vm}]$ интенсивностей вероятностей переходов цепи Маркова $m(t) = 0, 1, \dots, M$ с непрерывным временем, управляющей потоком, и диагональной матрицей Λ условных интенсивностей λ_m наступления событий в m -ом состоянии ММРР, когда его управляющая цепь $m(t)$ принимает значение $m = 0, \dots, M$. Предполагается, что поступающие запросы без задержек начинают обрабатываться на сервере, но скорость обработки зависит от общего числа запросов, которые в каждый момент времени выполняются параллельно. Интенсивность обслуживания каждого запроса определяется функцией $\mu f(i)$, где μ – интенсивность обслуживания единственной заявки в системе (без конкуренции), а $f(i)$ – функция деградации, значения которой являются безразмерным коэффициентом снижения интенсивности обслуживания в зависимости от числа заявок i в системе.

Для того, чтобы исследовать подобный класс моделей функционирования многоядерных процессоров авторами предлагается рассмотреть модификацию метода асимптотического анализа [2], применение которого позволяет построить достаточно точную аппроксимацию для допредельного дискретного распределения вероятностей числа заявок в системе с неограниченным числом приборов и зависимостью скорости обслуживания от числа заявок в условии высокой интенсивности входящего потока, что моделирует рост запросов от клиентов для их обработки при коррелированном характере вычислительной нагрузки системы.

Список источников

1. Назаров А. А., Пауль С. В., Лизюра О. Д. Асимптотический анализ RQ-системы ММРР|M|1 с разнотипными вызываемыми заявками // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2021. Т. 21, вып. 1. С. 111–124.
2. Моисеев А. Н., Назаров А. А. Бесконечнолинейные системы и сети массового обслуживания. Томск : Изд-во НТЛ, 2015. – 240 с.

ЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЗАЦИИ КАЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА БУЛЕВЫХ СЕТЕЙ

Пашинин А.А., Опарин Г.А., Богданова В.Г.

Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, Иркутск
apcrol@gmail.com

Представлены результаты, связанные с применением разработанного ранее логического метода [1] в инструментальной среде HPCSOMAS-MSС [2] для автоматизации качественного анализа и структурно-параметрического синтеза булевых сетей. Рассмотрено использование разработанных авторами логических, классификационных [3], дифференциальных [4] и других двоичных динамических моделей для организации централизованного и децентрализованного управления вычислениями. В случае централизованного управления логико-динамические модели применяются для принятия решения управляющими агентами на этапах классификации запроса пользователя, планирования вычислений и выбора подсети семантической сети вычислительных агентов. Для организации децентрализованного управления предложена конечно-автоматная дискретно-событийная модель динамики вычислительного агента. Рассмотрены примеры применения предложенного подхода для автоматизации проведения вычислительных экспериментов на ряде задач качественного анализа булевых сетей. Приведена вычислительная модель проведения экспериментов, включающая микросервисы визуализации сравнительного анализа результатов решения тестовых задач. Отмечены преимущества предложенного подхода. Сократить вычислительные затраты позволяет применение двоичных динамических моделей, которые обеспечивают выполнение всех необходимых преобразований для решения задач планирования и классификации только с использованием быстродействующих операций алгебры логики над двоичными переменными.

Благодарности. Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № 121032400051-9.

Список источников

1. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. Qualitative analysis of autonomous synchronous binary dynamic systems // MESA. 2019. Vol. 10 (3). P. 407-419.
2. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A., Gorsky S.A. Microservice-oriented approach to automation of distributed scientific computations // Proceedings of the 42nd MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO 2019). IEEE. 2019. P. 236-241.
3. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. Classification in binary feature space using logical dynamic models // Proceedings of the 44th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO 2021). IEEE. 2021. P. 1020-1025.
4. Oparin G.A., Bogdanova V.G., Pashinin A.A. Binary Dynamic Models of Structural Synthesis of Programs // Proceedings of the 46th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO). IEEE. 2023. P. 1010-1015

ПОДХОД К АВТОМАТИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ В ПРОГРАММНЫХ ПРОЕКТАХ

Поляков В.В.

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
Санкт-Петербург

viktorpolyakov1999@mail.ru

Хорошо известная проблема сложности управления проектом заключается в том, что в условиях стохастичности внешних и внутренних условий необходимо организовать и распределить трудовые и временные ресурсы таким образом, чтобы на выходе получить не только продукт определенного заказчиком качества программного продукта, но и обеспечение приемлемого баланса между длительностью его производства и бюджетом проекта. Объект исследования – программный проект – обладает всеми свойствами сложного объекта (плохо формализуемого) (рис.1).

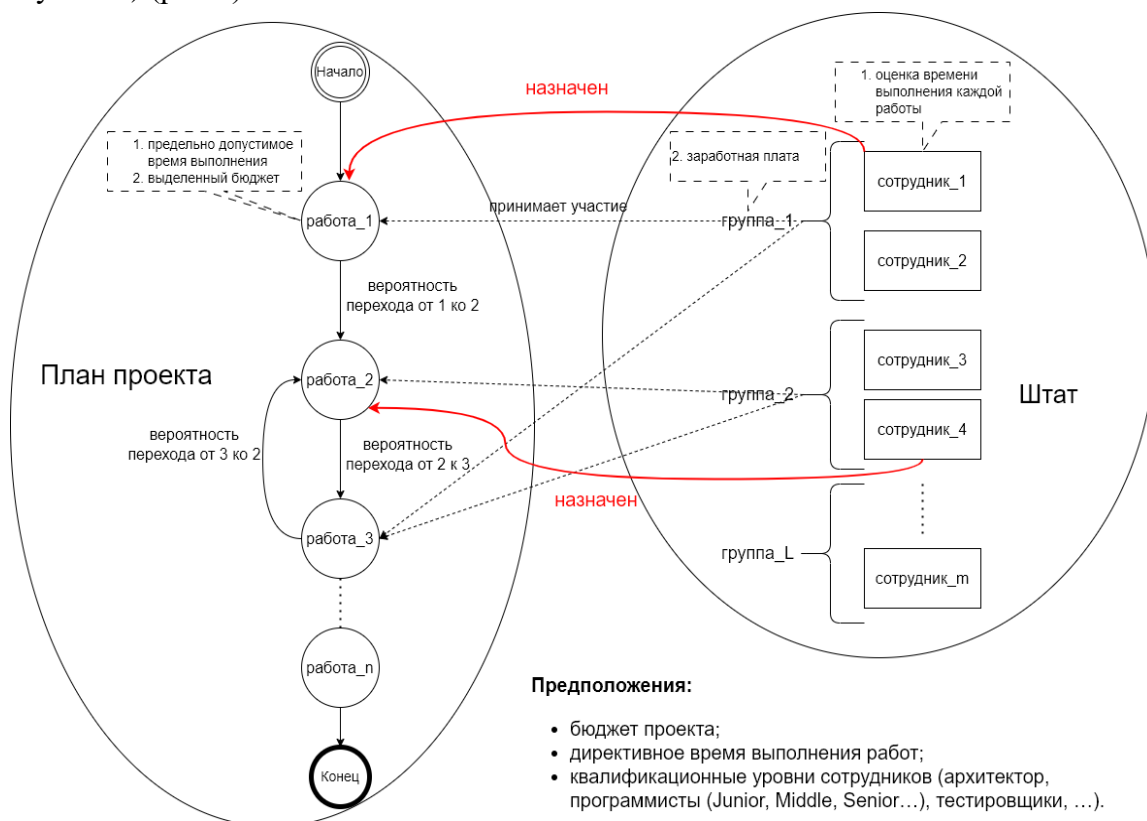


Рис. 1. Графическая интерпретация постановки задачи

В докладе сделан обзор существующих подходов к решению данной проблемы, представлена модель динамики проектирования и создания программного обеспечения для автоматизации процесса назначений работников из фиксированного штата сотрудников на определенный вид / этап работ по проекту в рамках определенного отрезка жизненного цикла проекта, включающая в себя создание основы математического аппарата для реализации возможности моделирования различных поведенческих сценариев в форс-мажорных обстоятельствах (неизбежных в реальной ситуации изменений экзо и эндогенных факторов), требований заказчика, условий рынка, финансовых условий, состава сотрудников и т.д.).

МОДЕЛИ КОМПАКТНЫХ ИСТОЧНИКОВ НЕЙТРОНОВ И ЧАСТИЦ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Полянский А.Г., Рыжков С.В.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва
artgpol@mail.ru

В работе рассмотрены разные варианты и концепции, которые могут быть использованы для создания источника заряженных частиц и нейтронов под действием лазерного излучения [1-5]. Используя уникальные спектры поглощения нейтронов различных элементов, они находят применение в различных областях исследований, таких как инженерное материаловедение, физика конденсированного состояния, изучения двухфазных потоков. Также такие генераторы нашли применение в сфере обеспечения безопасности, обнаружении взрывчатых веществ, наркотиков и ядерных материалов. Нейтронные пучки представляют интерес для применения в биологии и медицине, сверхбыстрой нейтронной рентгенографии и спектроскопии.

Представлены разные модели и способы получения, обсуждается моделирование таких процессов. Проведен анализ с точки зрения абсолютного значения потока частиц, так же, как и сравнение относительной концентрации частиц, полученных по отношению к затраченной энергии. Рассмотрены значения интенсивности лазерного излучения для рассматриваемых реакций. Особое внимание уделено компактным лазерным источникам нейтронов с сверхкороткой длительностью импульса и высоким пиковым потоком нейтронов.

Благодарности. Исследование было проведено в рамках проекта Минобрнауки РФ № 0705-2024-0022.

Список источников

1. Гожев Д.А., Бочкарев С.Г., Лобок М.Г., Брантов А.В., Быченков В.Ю. Импульсный источник заряженных частиц и нейтронов на основе 10-петаваттной лазерной системы, облучающей микрокластерную среду // Квантовая электроника. 2023. Т. 53, № 3. С. 217-223.
2. Polyanskiy A.G., Ryzhkov S.V. Models of Compact Neutron and Particle Sources under the Action of Laser Radiation // AIP Conference Proceedings. 2025.
3. Polyanskiy A.G. Review of targets for laser-irradiated neutron sources // Heat Transfer Research. 2024. 10.1615/HeatTransRes.2024055057.
4. Polyanskiy A.G. Review of some schemes for compact particle and neutron sources under laser emission // High Temperature Material Processes. 2024. V. 28. P. 11-19.
5. Yang Y., Lv C., Sun W., Ban X., Liu Q., Deng Z., et al. Neutron generation enhanced by a femtosecond laser irradiating on multi-channel target // Front. Phys. 2023. V. 11.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФАЦИАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Прозорова Г.В., Туренко С.К.

Тюменский индустриальный университет, Тюмень

prozorovagv@tyuiu.ru

Эффективность производственных решений при разработке нефтяных и газовых месторождений во многом зависит от точности исходной геологической модели. Для детального моделирования, учитывающего изменчивость строения и свойств объектов, выполняют фациальный анализ (ФА). «Фациями» называют пространственно-обособленные участки одновозрастных отложений, отличающиеся по комплексу геологических и петрофизических свойств, что свидетельствует о локальных различиях в условиях их формирования. Цель ФА – реконструкция палеогеографических обстановок осадконакопления отложений пластов-коллекторов на основе комплексного изучения разнородных данных (исследований керна, геофизических исследований скважин (ГИС), сеймики). В настоящее время в коммерческих программных продуктах для геологического моделирования возможности ФА ограничены. Выполнение ФА вручную трудоемко и в значительной мере субъективно из-за отсутствия общих формализованных критериев и методик. Разработка программ для автоматизированного распознавания фаций не нова, но остается актуальной в связи развитием методов и программных средств анализа данных.

Представляемый программный комплекс позволяет автоматизировать выполнение отдельных видов исследований, интегрировать их результаты для определения наиболее вероятных вариантов типов фаций в заданном интервале пласта и рекомендовать их специалисту для окончательного решения. Программный комплекс включает:

- модуль определения типа текстуры образца по фотографиям полноразмерного керна [1];
- модуль определения типа фаций по данным ГИС (электрометрических исследований в скважине) [2];
- модуль комплексирования результатов и выработки решения;
- справочную систему по фациальному анализу [3].

В модулях на основе свободного программного обеспечения реализованы технологии компьютерного зрения, машинного обучения, нейронных сетей, баз знаний и оригинальные алгоритмы анализа данных. Планируется дальнейшее развитие алгоритмов и в целом программного комплекса с учетом специфики данных разных месторождений углеводородов.

Список источников

1. Прозорова Г.В., Колеватов А.А. Разработка приложения для распознавания текстуры горных пород по фотографиям полноразмерного керна//Информационные системы и технологии в геологии и нефтегазодобыче: материалы докладов Международной научно-практической конференции (16.17 ноября 2023г.). - Тюмень, ТИУ, 2023.
2. Прозорова Г.В. Анализ математических характеристик формы каротажных кривых для определения электрофаций: доклад/ Всероссийская конференция «Передовые технологии нефтегазовой отрасли», Филиал ТИУ в г. Сургуте, 29 ноября 2024г.
3. Муромцев В.С. Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа. – Л.: Недра, 1984. – 260 с.

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ УГРОЗ НА НАДЕЖНОСТЬ ЭНЕРГосНАБЖЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Пяткова Н.И., Мамедов Т.Г.

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск
nata@isem.irk.ru

Актуальность исследования угроз энергетической безопасности в этих новых условиях возрастает и предъявляет новые требования к модельному инструментарию для проведения исследований по анализу влияния угроз нормальному функционированию и развитию отраслей энергетики и обеспечению надежного энергоснабжения потребителей.

Исходной базой для проведения исследований являются характеристики возможных угроз, которые могут реализоваться в виде нештатных ситуаций в отраслях ТЭК и СЭ, технико-экономические характеристики энергетических объектов и отчетные данные о состоянии систем энергетики, результаты исследований вариантов развития систем энергетики ТЭК.

На основе вышеперечисленных характеристик и анализа угроз формируются расчетные условия для вычислительного эксперимента, который проводится с использованием модели оптимизации развития ТЭК с учетом фактора энергетической безопасности при оценке влияния той или иной угрозы на надежность энергоснабжения потребителей.

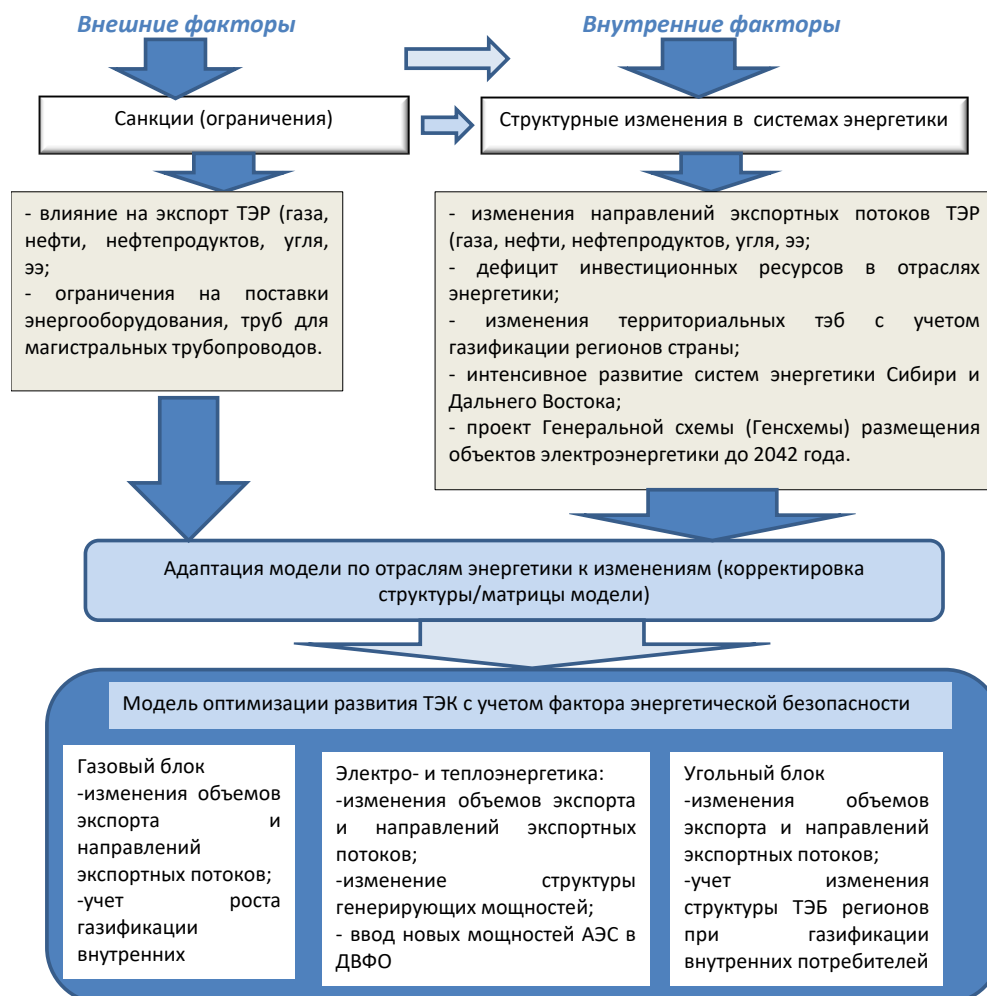


Рис. 1. Схема трансформации модели оптимизации развития ТЭК для исследований надежности топливо- и энергоснабжения потребителей в современных условиях

Разрабатываемый вариант модели учитывает следующие изменения (рис. 1):

- изменения направлений экспортных потоков ТЭР (газа, нефти, нефтепродуктов, угля, электроэнергии);
- изменения территориальных топливно-энергетических балансов с учетом газификации регионов страны;
- интенсивное развитие систем энергетики Сибири и Дальнего Востока;
- блок электро- и теплоэнергетики дополняется и модифицируется с учетом доработанного проекта Генеральной схемы (Генсхемы) размещения объектов электроэнергетики до 2042 года.
- усовершенствование финансового блока модели с учетом вышеперечисленных изменений: ввод инвестиционные показатели (переменных) на реконструкцию, модернизацию действующих мощностей, вывод устаревшего оборудования, ввод новых мощностей на объектах энергетических отраслей. В модели введены дополнительные уравнения, описывающие удельные капиталовложения на единицу новых мощностей по всем технологическим этапам.

Усовершенствование, модификация и отладка модели проводится на обновляемом модифицированном программном комплексе «ИНТЭК-А» (одновременно с его отладкой). Для проверки адекватности и корректности, проводимых программных и модельных усовершенствований (корректировок) проведен тестовый экспериментальный расчет по оценке влияния снижения генерации ГЭС Сибири на надежное энергоснабжение потребителей.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства Образования и Науки России в рамках проекта государственного задания FWEU-2021-0003 № AAAA-A21-121012090014-5 программы фундаментальных исследований РФ на 2021-2030 гг. с использованием ресурсов ЦКП "Высокотемпературный контур" (Минобрнауки России, проект № 13.ЦКП.21.0038). Работа выполнена в рамках проекта государственного задания № FWEU-2021-0003 (рег. номер: AAAA-A21-121012090014-5) Программы фундаментальных исследований РФ на 2021-2030 гг.

САМООРГАНИЗУЮЩИЕСЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ СО СКРЫТЫМИ ПАРАМЕТРАМИ НА ОСНОВЕ КВАНТОВЫХ И МЯГКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Решетников А.Г.

Государственный Университет «Дубна», Дубна
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна
ООО «АТОМ», Москва
agreshetnikov@gmail.com

Одна из центральных и актуальных проблем современного этапа развития теории управления является разработка интеллектуальных робастных систем управления, функционирующих в условиях непредвиденных и нештатных ситуациях управления, влияющих на процессы извлечения, обработки, представления и формирования объективных знаний, необходимых для принятия управленческих решений. Одновременно это проблема является и одной из самых сложных из ряда проблем, возникших в процессе создания систем искусственного интеллекта [1-3].

Сложность и слабая формализуемость физических систем, в свою очередь, приводит к аппроксимации моделей объектов управления (ОУ) и применению приближенных решений, которые не гарантируют необходимые и достаточные условия достижения цели управления, как в непредвиденных ситуациях, так и в ситуациях неопределённости и информационного риска. Поэтому, в теории систем управления одним из эффективных подходов снижения риска принятия неэффективного решения, из-за неполноты описания модели ОУ, является разработка структур робастных интеллектуальных систем управления (ИСУ).

Целью представляемого исследования являлось разработка методов программно-алгоритмической поддержки процесса проектирования и разработки встраиваемых робастных ИСУ для слабо формализованных объектов управления, функционирующих в непредвиденных и нештатных ситуациях управления на основе мягких и квантовых вычислений.

Решение поставленных задач осуществлялось на основе принципов и методов системного анализа, теории автоматического управления, теории информации, нечеткой логики и нечетких нейронных сетей, генетических алгоритмов, теории квантовой информации и квантовых алгоритмов.

Так в работе подтверждено существование синергетического эффекта самоорганизации [4] в процессе формирования робастной базы знаний из спроектированных не робастных баз знаний. Также разработана модель квантового координационного нечеткого вывода, позволяющая вводить принцип самоорганизации баз знаний в процесс проектирования многоконтурных интеллектуальных систем управления [5].

Показана возможность достижения глобальной робастности интеллектуальной системы управления в режиме реального времени за счет использования новых видов интеллектуальных вычислений в режиме реального времени, не проводя при этом дополнительную адаптацию и обучение.

Использование квантового алгоритма самоорганизации знаний позволяет извлекать скрытую в классических состояниях квантовую информацию для формирования синергетического эффекта самоорганизации баз знаний в робастной интеллектуальной системе управления в режиме реального времени.

Результаты исследования в виде проблемно независимых программных инструментариев [5,6] могут быть использованы при проектировании робастных ИСУ для технических и социо – технических систем.

Таким образом, продемонстрировано квантовое преимущество интеллектуального управления квантовым координационным регулятором сложным плохо формализуемым объектом управления без знания его математической модели, т.е. решена одна из самых трудных задач промышленного ИИ в проекте «Индустрия 4.0/5.0/6.0»

Список источников

1. Mark Kogan, A. V. Stepanov, How to Improve Robust Control of a Linear Time-Varying System by Using Experimental Data, Automation and Remote Control 85(6):557-574, October 2024
2. Д. К. Сатыбалдина, А. А. Дабаева, А. К. Шукирова, Н. М. Кисикова, З. Ниязова Робастное управление полетом самолета в условиях возмущений, Вестник КазАТК, 130(1):310-318
3. Stavroulakis G.E. Pouliezios, A. Vidakis N. Intelligent Structure Identification and Robust Control Implementation. Appl. Mech. 5, 322–339, 2024.
4. А. Г. Решетников, В. С. Ульянов, С. В. Ульянов, Робастное интеллектуальное управление автономным роботом: квантовая самоорганизация неточных баз знаний - эксперимент, Известия РАН. Теория и системы управления, 2023, № 5, стр. 127-146
5. П.В.Зрелов, Д.П.Зрелова, М.С.Катулин, В.В.Кореньков, А.Г.Решетников, С.В.Ульянов, Квантовая ИТ-инженерия в задачах интеллектуального управления физическими системами, ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И АТОМНОГО ЯДРА, 2024. Т. 55, вып. 3. С. 540-548
6. Боровинский В.В., Капков Р.Ю., Решетников А.Г., Ульянов С.В. Встраиваемый программный модуль, реализующий нечеткий контроллер для управления беспилотным летательным аппаратом мультироторного типа. Свидетельство Государственной регистрации программы для ЭВМ. № 2024666917.

КВАНТОВО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОМПЬЮТИНГ

Родзин С.И., Родзина О.Н.

Южный федеральный университет, Таганрог

srodzin@sfedu.ru

Квантовые вычислители – это принципиально иные компьютеры. Их разработка началась примерно 40 лет назад, а оценка перспектив неизменно сопровождалась оговорками: «когда появятся коммерческие квантовые компьютеры» и «когда удастся продемонстрировать квантовое превосходство». При этом из-за мимолётности явлений, которыми оперируют квантовые компьютеры, они очень сложны в устройстве и требовательны к условиям работы (необходимы сверхнизкие температуры и особые технологии защиты от «шума» в процессе вычислений). Эти оговорки скоро можно будет отбросить, а квантовые компьютеры станут одной из технологий, которая определит технологический облик 2020-30-х годов, откроет перспективу для взрывного роста вычислительных возможностей в отдельных сферах деятельности человека.

Существует как минимум три области вычислений, с которыми квантовые компьютеры справятся лучше, чем классические: оптимизация (поиск наиболее эффективного ответа на проблему со множеством потенциальных решений), машинное обучение (нейросети – это тоже своего рода квантовые системы, квантовые компьютеры лучше подходят для нейросетевых вычислений) и моделирование (квантовые компьютеры экспоненциально ускоряют моделирование молекул и других квантовых систем).

Чем отличаются квантовые вычисления от обычных, физическая реализация бита и кубита? Для каких задач квантовый компьютер непригоден и проще использовать обычный? Анализируются квантовые алгоритмы Гровера, Шора, Залки-Визнера, Дойча-Йожи, Саймона. Где квантовые компьютеры придутся ко двору в первую очередь: цифровые двойники, материаловедение, поиск лекарств, финансы, экология, прогнозирование погоды, обработка естественного языка, логистика, кибербезопасность? Что собой представляют генетические вычисления как математические преобразования, трансформирующие входную информацию в выходную по правилам, основанным на имитации механизмов эволюции, а также на статистическом подходе и итерационном приближении к оптимальному решению. Исследуются перспективные подходы к интеграции генетических и квантовых вычислений.

В докладе также рассматриваются базовые концепции квантовых и генетических вычислений, возможности применения генетических алгоритмов для решения некоторых проблем квантовых вычислений, а также реализации генетических алгоритмов на квантовом оборудовании. Предлагается генетический алгоритм, основанный на кудитах и многозначной квантовой логике. Для поддержания разнообразия популяции вводится операция квантовой катастрофы. Эксперименты проводились для задачи численной оптимизации многомерных функций с различным ландшафтом в области оптимума. Представление квантовой хромосомы системой кудитов сокращает время выполнения алгоритма примерно в три раза при значительном увеличении сходимости на ранних этапах эволюции.

Список источников

1. Родзин С.И., Родзина О.Н. Машинное обучение: метаэвристики дифференциально-векторного движения. – Чебоксары: ИД "Среда", 2024. 140 с. <https://elibrary.ru/item.asp?id=65501103>.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БВС НА ОСНОВЕ МЯГКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Романович Я.С.¹, Решетников А.Г.^{1,2,3}, Ульянов С.В.^{1,2,3}, Боровинский В.В.³

¹Государственный Университет «Дубна», Дубна

²Объединенный институт Ядерных исследований, Дубна

³ООО «АТОМ», Москва

yarik23.07.03@gmail.com

Робастное управление беспилотным воздушным судном (БВС) – актуальная задача, способная расширить область применения аппаратов во многих областях жизнедеятельности человека.

Классическая система автоматического управления (САУ), построенная на пропорционально-интегрально-дифференциальных (ПИД)-регуляторах, обладает такими качествами как управляемость и устойчивость, но не гарантирует эффективное и надежное достижение целей управления при изменяющихся и отличных от расчетных, условиях функционирования, при наступлении которых возможно сильное снижение эффективности работы БВС и даже потеря контроля управления.

Интеллектуальные информационные технологии проектирования встраиваемых систем управления позволяют ввести свойства адаптивности и обучаемости САУ.

В работе представлен подход настройка PID-регуляторов при помощи ГА и применение мягких вычислений в виде встраиваемой базы знаний нечёткого регулятора для повышения эффективности и робастности БВС.

В рассматриваемой задаче мы используем третье поколение ИСУ (Рис. 1) [2-4], в которой используется так называемая интеллектуальной глобальной обратной связью (ИГОС). Её применение дает возможность извлекать объективные знания непосредственно из самого динамического поведения ОУ и исполнительного устройства системы автоматического регулирования. Контур ИГОС включает ГА (Рис. 2) для извлечения обучающего сигнала и информации об оптимальном сигнале управления (исходя из динамического и термодинамического поведения самого БВС и ПИД-регулятора), и нечёткую нейронную сеть, аппроксимирующей данный оптимальный сигнал управления с помощью заданной структуры нейронной сети используемую в качестве встраиваемой базы знаний нечёткого регулятора.

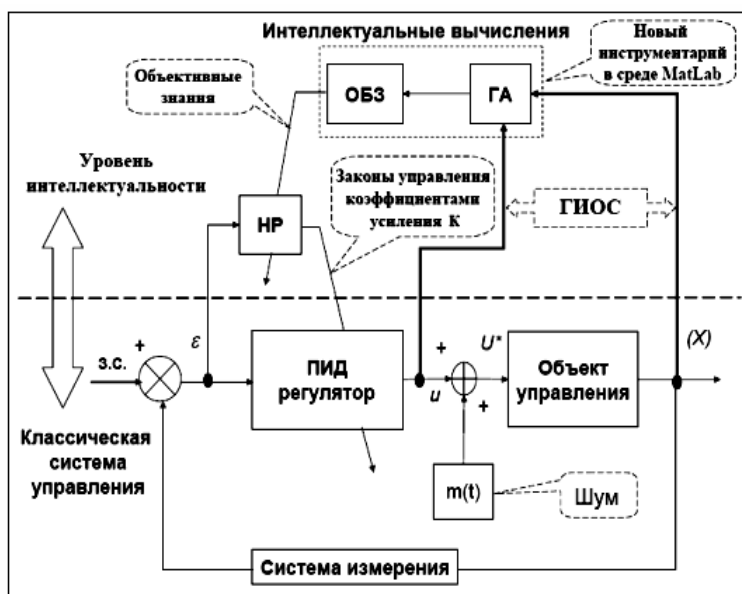


Рис.1. Третье поколение ИСУ

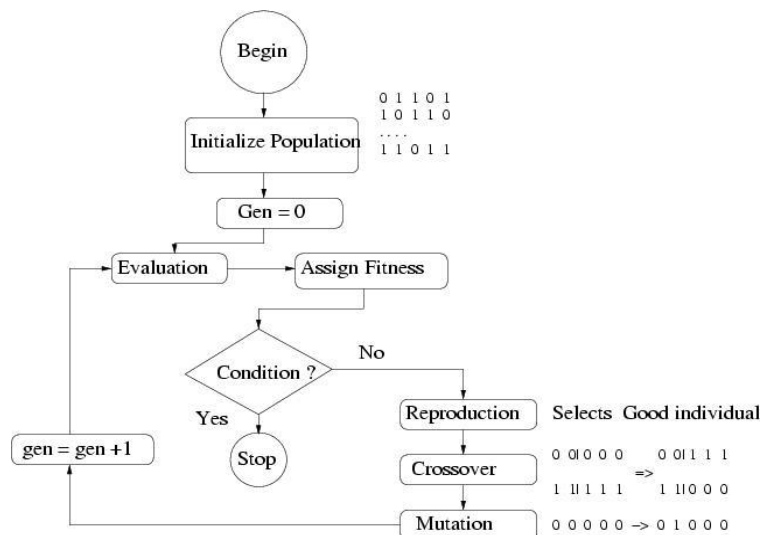


Рис. 2. Генетический алгоритм в контуре интеллектуальных систем

Интеллектуальная система управления с применением мягких вычислений помогла динамически неустойчивому объекту достигнуть высокого уровня робастности и эффективности по сравнению со стандартными решениями. Разработанные библиотеки интеллектуального управления БВС являются универсальным решением для различных типов аппаратов [1]. Результаты подкреплены анализом множества испытаний в различных условиях, проведенных за время разработки и отладки интеллектуальной системы управления.

Список источников

1. Боровинский В.В., Капков Р.Ю., Решетников А.Г., Ульянов С.В. Встраиваемый программный модуль, реализующий нечеткий контроллер для управления беспилотным летательным аппаратом мультироторного типа. Свидетельство Государственной регистрации программы для ЭВМ. № 2024666917.
2. Litvintseva L. V., Ulyanov S. V., Ulyanov S. S. Design of robust knowledge bases of fuzzy controllers for intelligent control of substantially nonlinear dynamic systems: II. A soft computing optimizer and robustness of intelligent control systems // J. of Computer and Systems Sciences Intern. - 2006. - Vol. 45. - № 5. - Pp. 744 - 771
3. Капков Р.Ю., Решетников А.Г., Тятюшкина О.Ю., Ульянов С.В. ЧАСТЬ 4.1. КВАНТОВЫЙ «СИЛЬНЫЙ» ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ УПРАВЛЕНИИ РОБОТИЗИРОВАННЫМИ АВТОНОМНЫМИ СИСТЕМАМИ В «ИНДУСТРИИ 4.0/5.0». - М.: Курс, 2024.
4. Reshetnikov A.G., Ulyanov S.V. et al. Intelligent cognitive robotics. Vol. III: Quantum computational toolkit of quantum self-organized intelligent control system simulator: quantum deep machine learning on quantum-inspired neural network and quantum genetic algorithm. Kurs, 2023

СИТУАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДОСТИЖЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ СЕЛЬСКИМ ХОЗЯЙСТВОМ РОССИИ: АНАЛИЗ НА УРОВНЕ СТРАНЫ И ОТДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ

Рябов И.Ю.^{1,2}, Понькина Е.В.¹, Строков А.С.²

¹Алтайский государственный университет, Барнаул

²Центр агропродовольственной политики Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Москва

ivan.ryabov.y@mail.ru

Ситуационное моделирование позволяет анализировать и прогнозировать поведение систем в различных условиях, одним из мощных инструментов которого выступают модели динамики социально-экономических систем. Модели, описывающие процессы изменения землепользования (Land Use Change - LUC) [Global, 2023; Britz, 2014; Dietrich et al., 2022], позволяют оценить не только динамику регионального развития в определенных климатических и социально-экономических сценарных условиях, но и исследовать перспективы и возможные последствия достижения долгосрочных стратегических целей. Глобальная повестка устойчивого развития территорий привела к формированию одной из ключевых стратегических целей развития сельского хозяйства России, а именно – снижение выбросов парниковых газов (ПГ), в том числе от сельскохозяйственного производства [Федеральный Закон, 2021]. В работе рассмотрен подход по сокращению эмиссий ПГ в сельском хозяйстве, вызывающий дискуссии в научной среде, основанный на взимании углеродного налога с единицы реализованной продукции. Целью исследования является оценка достижимости и возможных последствий для сельскохозяйственного производства России от введения углеродного налога в перспективе до 2050 года.

В качестве инструмента ситуационного моделирования для решения данной задачи использована модель частичного равновесия *Global Biosphere Management Model (GLOBIOM)* [Global, 2023; Navl'ik et al., 2014] и ее региональный российский модуль [Строков и др., 2020; Strokov et al., 2022; Рябов и др., 2024]. Данная модель обеспечивает максимизацию функции общественного благосостояния за счет управления земельными ресурсами в секторах сельскохозяйственного производства, биоэнергетики и лесного хозяйства при условии выполнения системы ограничений. Российский модуль GLOBIOM позволяет моделировать в разрезе регионов РФ динамику площадей посева для 28 культур и поголовья скота по видам, объемов производства сельскохозяйственной продукции для различных сценарных условий. Также в модели внедрена методика оценки выбросов ПГ с учетом требований российского стандарта. Нами исследована ситуация развития аграрного сектора в условиях введения налога на выбросы ПГ с 2030 до 2050 года, выполнено сопоставление динамики развития аграрного сектора с результатами расчетов по базовым SSP сценариям с учетом углеродного налога и без. Анализ результатов выполнен на национальном уровне. Более детально проанализированы последствия введения данного механизма на примере Алтайского края, обладающего наибольшими показателями выбросов парниковых газов, а также близлежащих к нему регионов. Результаты расчетов показали, что внедрение углеродного налога может привести к значительному снижению выбросов ПГ в аграрном секторе как на уровне страны, так и на уровне отдельных регионов. Однако, несмотря на положительную динамику по снижению выбросов парниковых газов, внедрение налога может оказать негативное влияние. Результаты моделирования представляют важную информацию для лиц, принимающих решения, для обоснования и выбора стратегии снижения выбросов ПГ в России.

Благодарности. Российский модуль модели GLOBIOM и сценарные расчеты подготовлены в рамках Государственного задания РАНХиГС. Анализ регионального развития, региональные расчеты и статья подготовлены в рамках НИР «Алтайский вектор евразийской экономики: вызовы трансграничности, эффекты, стратегические задачи и приоритеты для Алтайского края» (FZMW-2023-0015).

Список источников

1. Britz W., Witzke P. CAPRI model documentation 2014. 2014. URL: <https://www.capri-model.org/lib/exe/fetch.php?media=docs:capri-documentation.pdf> (дата обращения – 10 апреля 2025 г.)
2. Dietrich J., Bodirsky B., Weindl I. et al. MAgPIE - An Open Source land-use modeling framework. Version 4.6.0. 2022. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1418752>.
3. Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ. URL <http://government.ru/docs/all/135381/> (дата обращения – 10.03.2025 г.)
4. Строков А.С., Романовская А.А., Вертянкина В.Ю., Рябов И.Ю. Оценка запасов углерода и компонентов углеродного следа балансовым методом на пахотных землях регионов России // Метеорология и гидрология. 2023. № 10. С. 5–15. <https://doi.org/10.52002/0130-2906-2023-10-5-15>
5. Рябов И.Ю., Понькина Е.В., Строков А.С. Перспективы углеродной нейтральности в сельском хозяйстве России по сценариям SSP: анализ на уровне страны и региона // Пространственная экономика. 2024. Т. 20. № 1. С. 26–62. <https://dx.doi.org/10.14530/se.2024.1.026-062>
6. Havlík P., Valin H., Herrero M. et al. Climate Change Mitigation Through Livestock System Transitions. PNAS, 2014, vol. 111, no. 10, pp. 3709–3714. <https://doi.org/10.1073/pnas.1308044111>
7. Global Biosphere Management Model (GLOBIOM). Integrated Biospheres Futures, International Institute for Applied Systems Analysis (IBF-IIASA). Laxenburg, 2023, 84 p. Available at: https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/18996/1/GLOBIOM_Documentation.pdf (accessed January 2025).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ РОТОРА НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОДВЕСЕ МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Савчук Д.В., Соловьев С.А., Патрушев В.Л., Ереев М.Н.

Опытно-конструкторское Бюро Машиностроения им. И.И. Африкантова, Нижний Новгород
savchuk_dv@okbm.nnov.ru

Электромагнитные подшипники с цифровой системой управления в настоящее время находят применение для роторных систем энергетических машин, так как имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными подшипниками: отсутствие механического контакта ротора с подшипниками, исключение смазки, возможность демпфирования колебаний и снижение вибрации ротора за счет электронной системы управления подшипником.

Процесс проектирования современных систем ротора на электромагнитном подвесе (ЭП) требует определения оптимальных параметров конструкции ротора, характеристик опор ротора, законов и параметров управления электромагнитными подшипниками. Моделирование динамики вращения ротора на ЭП с использованием современных программных средств и экспериментальных данных позволяет разрабатывать элементы цифрового двойника системы ротора на ЭП и определять нагрузки, приходящие на опоры, прогибы вала и напряженное состояние элементов ротора, на основании анализа которых выбираются оптимальные параметры системы.

Математическое моделирование движения ротора на ЭП требует учета множества различных факторов: значительное число степеней свободы системы, вращение ротора подверженное эксплуатационным нагрузкам, наличие нелинейностей (контакт, демпфирование), что реализуется путём связанного решения задач управления движением и динамики упругой системы. При моделировании используются результаты экспериментальных исследований на моделях ротора на ЭП [1]. Данные по распределению дисбаланса после балансировки учитываются при моделировании нагружения роторной системы. Нагрузки, действующие со стороны рабочих колес, определяются по результатам газодинамических расчетов. Использование балочной модели ротора, идентифицированной с натурной моделью по условию совпадения частот и форм собственных колебаний свободного ротора [2], позволяет эффективно решать многокритериальные задачи определения оптимальных параметров.

Вращение ротора на ЭП при внешних нагрузках, превышающих грузоподъемность электромагнитных подшипников и при их отказе (отключении) сопровождается взаимодействием ротора со страховочными подшипниками (СП). Для гашения энергии ударного взаимодействия ротора со СП используются упруго-демпфирующие элементы, обладающие нелинейными нагрузочными характеристиками [3].

Решение задачи оптимизации диаметров и длин участков ротора, массы рабочих колес для обеспечения вибропрочности роторной системы, а также подбор жесткостных характеристик СП, обеспечивающих минимальные нагрузки при их взаимодействии с ротором, с использованием цифровых моделей позволяет определить оптимальные параметры системы ротора на ЭП.

Список источников

1. Кодочигов Н.Г., Белов С.Е., Дельфонцев Н.С., Цыбирев С.В. Моделирование «гибкого» ротора турбомашин ГТ-МГР на полном электромагнитном подвесе. 7th Workshop Mechatronical Systems, Циттау, Германия, 2005 г.
2. Кайдалов В.Б., Соловьев С.А. Колебания гибкого ротора на электромагнитном подвесе. Моделирование системы и результаты исследований. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия Механика. Вып. 1(5). Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2003 г.
3. Каталог компании ««Ringfeder». www.ringfeder.de

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЗКИ МНОГОЯДЕРНОГО ПРОЦЕССОРА В ВИДЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С РАСПАКОВКОЙ ЗАЯВОК

Салимзянов Р.Р., Моисеев А.Н.

Томский государственный университет, Томск
rsalimzyanov@yahoo.com

В работе исследуется математический аппарат для моделирования динамики нагрузки вычислительных систем, в частности, многоядерных процессоров, с использованием теории массового обслуживания. Предлагаемая модель основана на концепции двухфазной бесконечнолинейной системы массового обслуживания (СМО), характеризующейся специфическим механизмом перехода заявок между фазами, который будем называть «распаковкой заявок».

Система функционирует следующим образом: на вход первой фазы поступает пуассоновский поток первичных заявок с интенсивностью λ . Первая фаза представляет собой бесконечнолинейную СМО (типа $M/M/\infty$), где время обслуживания каждой первичной заявки является случайной величиной, распределенной по экспоненциальному закону с параметром μ_1 . Данный этап может описывать стадию предварительной обработки, анализа или декомпозиции задачи в вычислительной системе.

Ключевой особенностью модели является процесс, происходящий после завершения обслуживания заявки на первой фазе. С некоторой вероятностью, обслуженная первичная заявка порождает случайное число $k \geq 0$ вторичных заявок. В случае $k=0$ заявка покидает систему без генерации вторичных задач. Если $k > 0$, то сгенерированные k вторичных заявок мгновенно поступают на обслуживание во вторую фазу. Этот механизм «распаковки» позволяет адекватно моделировать ситуации, когда исходная вычислительная задача (первичная заявка) после анализа разделяется на множество подзадач (вторичные заявки), которые могут выполняться параллельно.

Вторая фаза также моделируется как бесконечнолинейная система массового обслуживания, что отражает наличие достаточного количества параллельных исполнительных устройств для обработки всех поступивших подзадач. Время обслуживания каждой вторичной заявки на второй фазе предполагается случайной величиной, распределенной по экспоненциальному закону с параметром μ_2 .

Основной целью данной работы является получение аналитического выражения для стационарного совместного распределения вероятностей $P(n_1, n_2)$ числа заявок в системе, где n_1 — количество заявок, находящихся на обслуживании в первой фазе, и n_2 — количество заявок, находящихся на обслуживании во второй фазе. Полученные результаты могут быть использованы для анализа производительности и оптимизации распределения ресурсов в многоядерных процессорных архитектурах, работающих с задачами, подверженными декомпозиции.

Список источников

1. Моисеев А.Н., Назаров А.А. Бесконечнолинейные системы и сети массового обслуживания. Томск: Изд-во НТЛ, 2015. 240 с.
2. Вишневецкий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. М.: Техносфера, 2003. 506 с.

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ РЕКУРРЕНТНЫХ ПОТОКОВ ИНСТРУКЦИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССОРА НА УРОВНЕ МИКРОАРХИТЕКТУРЫ

Салимзянова Д.Д., Самойлов С.А.

Томский государственный университет, Томск
darya2001@inbox.ru

Современные методы анализа производительности процессора требуют точного моделирования и параметризации потоков инструкций, особенно в контексте повторяющихся (рекуррентных) шаблонов [1, 2]. Эти шаблоны могут возникать в результате циклов, рекурсий или оптимизированных участков кода, и оказывают значительное влияние на поведение микросхем на уровне микроархитектуры — таких как предсказание переходов, кеширование и конвейерная обработка. В данной работе рассматривается применение методов машинного обучения для оценки параметров рекуррентных потоков с различными функциями распределения вероятностей (ФРВ). В работе исследованы длины интервалов между моментами наступления событий в рекуррентном потоке с различными ФРВ [3] (Парето, Фишера, Леви, Фреше, Бура XII, обратное Гамма, Ломакса). Проведено сравнение оценки параметров с использованием двух наборов данных: интервалов между моментами наступления событий и числовых характеристик интервалов. В качестве алгоритмов для оценки параметров был использован градиентный бустинг (CatBoost). Для оценки обобщающей способности моделей использовались следующие метрики: MAPE (средняя абсолютная процентная ошибка) и R^2 (коэффициент детерминации).

Построены модели для каждого распределения на двух наборах данных: интервалах между моментами наступления событий и числовыми характеристиками интервалов (математическое ожидание, среднее квадратичное отклонение, дисперсия, коэффициент вариации, 6 квантилей: 0,1; 0,25; 0,5; 0,75; 0,9; 0,95). Использование числовых характеристик дало значительное улучшение точности оценок. Например, для параметра μ распределения Леви, метрика R^2 увеличилась с 0,032 до 0,851, а метрика MAPE снизилась в 3,6 раза. Для многопараметрических распределений (Фреше и Бура XII) также наблюдается рост точности, например, для параметра μ распределения Фреше, метрика MAPE снизилась с 235,35 до 52,19.

Использование числовых характеристик длин интервалов распределений в качестве данных для обучения моделей демонстрирует значительное преимущество перед использованием моментов времени наступления событий и интервалов между моментами наступления событий.

Список источников

1. Eyerman S., Eeckhout L. Modeling critical sections in Amdahl's law and its implications for multicore design // ACM Sigarch Computer Architecture News. 2010. Vol. 38. Is. 3. P. 362–370.
2. Bienia C., Kumar S., Singh J.P., Li K. The PARSEC benchmark suite: Characterization and architectural implications // Proceedings of the 2008 International Conference on Parallel Architectures and Compilation Techniques (PACT). 2008. P. 72–81.
3. Марголис Н. Ю. Имитационное моделирование // Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 2015. С. 89–90.

АДАПТИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА ДЛЯ НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА

Сарин К.С.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск
sarin.konstantin@mail.ru

Использование систем искусственного интеллекта для критически важных сфер жизнедеятельности человека требует доверия к полученному системой результату. Важным для обеспечения доверия является объяснение полученного решения. Нечеткие системы обладают свойством объяснимости благодаря наличию базы продукционных правил на естественном языке. Настоящая работа посвящена модификации алгоритма градиентного спуска для настройки параметров нечетких классификаторов. Эксперименты на 38 наборах данных показали, что применение алгоритма для классификаторов, построенных метаэвристическим алгоритмом, статистически значимо увеличивает точность классификации.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность Илье Александровичу Ходашинскому, профессору Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, за обсуждение настоящего исследования и ряда ценных советов и замечаний. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-21-00168, <https://rscf.ru/project/24-21-00168/>.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО- ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ DOMIC+

Сафронов А.В.

Иркутский государственный университет, Иркутск
safronovandand@gmail.com

В статье описывается процесс разработки информационно-образовательной среды «DOMIC+» с использованием фреймворков Laravel и Vue для разработки серверной и клиентской частей соответственно. В статье рассматривается общая архитектура системы, а также устройство курсов, учебных материалов и прочих компонентов системы.

ОЦЕНКА ЭВРИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ВЫБОРА СОСТАВА ОБОРУДОВАНИЯ ГИБРИДНОГО ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА

Северина Я.Д.¹, Шакиров В.А.²

¹*Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск*

²*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск*

yan.sewerina2910@yandex.ru

Применение гибридных энергокомплексов (ГЭК) позволяет повысить эффективность электроснабжения потребителей изолированных и труднодоступных территорий, природоохранных территорий. Создание ГЭК сопряжено с необходимостью решения оптимизационной задачи, в рамках которой требуется определить оптимальный состав и мощность генерирующего оборудования, емкость накопителей энергии в условиях многокритериальности.

Для решения данной задачи в большинстве исследований применяется двухуровневый подход, в рамках которого на верхнем уровне проводится формирование множества Парето конфигураций ГЭК одним из эвристических методов многокритериальной оптимизации, а на нижнем уровне проводится имитационное моделирование функционирования каждой конфигурации, что позволяет оценить каждый вариант решения по ряду критериев [1]. Из полученного множества Парето лицо, принимающее решение (ЛПР), определяет наиболее предпочтительную конфигурацию.

К настоящему времени разработано большое количество эвристических методов многокритериальной оптимизации, применяемых на верхнем уровне в задачах планирования развития энергетических систем и комплексов, которые обладают как достоинствами, так и недостатками, что создает сложности при выборе подходящих методов для формирования двухуровневого подхода [1]. В связи с этим, прежде чем выбрать эвристический алгоритм для оптимизации состава оборудования ГЭК на верхнем уровне, необходимо произвести сравнительную оценку их эффективности и качества получаемых оптимальных по Парето решений.

В данном исследовании представлена оценка эвристических методов многокритериальной оптимизации на основе эволюционных алгоритмов, таких как NSGA-II, NSGA-III, AGE-MOEA и MOEA/D с использованием среды Python и библиотеки Pyomo.

Сравнительный анализ эвристических методов оптимизации был произведен на примере решения задачи развития локальной энергосистемы в Сахалинской области. На нижнем уровне решения задачи использовалась имитационная модель функционирования ГЭК, представленная в работе [2].

В результате произведенной оценки для оптимизации состава оборудования ГЭК на верхнем уровне двухуровневого подхода следует выбрать алгоритм NSGA-II, так как данный алгоритм позволяет получить множество Парето более высокого качества, а также найти решения с лучшими оценками по критериям за меньший промежуток времени по сравнению с другими алгоритмами. В дальнейшем исследовании планируется произвести оценку методов оптимизации функционирования ГЭК, которые применяются на нижнем уровне двухуровневого подхода.

Благодарности. Работа выполнена в рамках проекта государственного задания (№ FWEU-2021-0004) программы фундаментальных исследований РФ на 2021-2030 гг.

Список источников

1. Akvile G., Sigitas R., Mantas M., et al., Hybrid Renewable Energy Systems – A Review of Optimization Approaches and Future Challenges. Applied Sciences, 2025, Vol. 15. DOI: 10.3390/app15041744
2. Северина Я.Д., Шакиров В.А. Оптимизация конфигурации гибридного энергокомплекса с использованием генетического алгоритма // IV Всероссийская с международным участием молодежная конференция «Бутаковские чтения». – г. Томск. – 2024 г. – С. 241-244.

ПРОГРАММА ANGEL-TA-S3D ДЛЯ ТРАЕКТОРНОГО АНАЛИЗА АЗИМУТАЛЬНО-НЕСИММЕТРИЧНЫХ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ГИРОТРОНОВ

Семенов Е.С.

Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова РАН, Нижний Новгород
semes@ipfran.ru

Электронно-оптическая система (ЭОС) формирования винтовых электронных пучков является одной из ключевых подсистем гиротрона. Повышенные требования к эффективности и надежности работы гиротронов определяют необходимость учета в расчетах ЭОС таких явлений как азимутальная неоднородность эмиссии (связанная, например, с неравномерным подогревом эмиттера), несоосность и перекос силовых полей.

Моделирование электронных пучков с винтовыми траекториями проводится путем численного решения системы уравнений движения, уравнения Пуассона и уравнения непрерывности [1]. Магнитное поле создается системой соленоидов; расчёт поля оптимизирован посредством аналитического вычисления интегралов по радиальной и продольной координатам [2]. Традиционные алгоритмы анализа ЭОС на базе методов дискретных источников (МДИ) и трубок тока [1, 3–5] легли в основу программного комплекса ANGEL (ANalyzer of a Gyating Electrons), разработка которого ведётся в ИПФ РАН [6]. Данный программный комплекс позволяет рассчитывать траектории электронов в статическом электромагнитном поле в режиме температурного ограничения эмиссии с учётом начального скоростного разброса и пространственного заряда пучка.

После подтверждения работоспособности нового кода в двумерных расчетах технологических систем [7], были разработаны алгоритмы трехмерного моделирования. На первом этапе для осесимметричных электродных систем реализован учёт азимутально-несимметричного пространственного заряда (ПЗ), обусловленного зависящими от азимутальной координаты точками старта траекторий, распределения начальных скоростей в этих точках, а также возможной несоосности электродной и магнитной подсистем. Влияние ПЗ на граничные условия учитывается усредненно по азимуту, что оправданно в случае умеренных значений неоднородности эмиссии или малых нарушений соосности. Если же отклонения от среднего значения в азимутальном распределении ПЗ велики, то и погрешность вычисления поля будет также велика. Особенно это критично для области эмиссии, где пространственный заряд напрямую примыкает к границе (электроду-эмиттеру). Для более точного моделирования конфигураций со значительной асимметрией ПЗ можно использовать предлагаемую в настоящей работе модификацию МДИ.

Рабочая область, где решается уравнение Пуассона, разбивается на несколько подобластей (регионов). Для каждого региона строится свое покрытие границы дискретными источниками и точками коллокации. Граница области, где задается условие Дирихле, разбивается на две части. На одной из частей (ближайшей к точке интегрирования уравнения движения электрона) источниками являются точечные заряды, которые с некоторым шагом покрывают границу, в том числе и по азимуту. На оставшейся части границы источниками являются заряженные азимутально-симметричные кольца.

Таким образом, на части границы возле точки наблюдения условия Дирихле удовлетворяются строго, а на периферии — приближённо (с усреднением влияния ПЗ на границу). По мере движения точки интегрирования вдоль траектории, меняются и используемые регионы, обеспечивая максимальную точность.

Время обращения матрицы СЛАУ в МДИ и расход памяти полиномиально растут при увеличении части границы, где заданы точечные заряды. Оптимизация проекта сопровождается поиском баланса между размером области, где граничное условие выполняется строго, и количеством регионов.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке по теме FFUF-2022-0007 «Создание мощных источников электромагнитного излучения ЭЦР диапазона».

Список источников

1. Krivosheev P.V., Lygin V.K., Manuilov V.N., Tsimring Sh.E. Numerical Simulation Models of Focussing Systems of Intense Gyrotron Helical electron Beams // Int. J. of Infrared and MM waves, 2001. 22, №8, p.1119.
2. Семенов Е. С., Юнаковский А. Д. Расчет статического магнитного поля системы соленоидов // Известия вузов. Радиофизика, 2010. Том 53, № 12, с.799-802.
3. Ильин В. П. Численные методы решения задач электрофизики. М.: Наука, 1985.
4. Вашковский А. В., Овчаров В. Т. К нахождению распределения потенциала в области, ограниченной заданными формами с заданными потенциалами // Электронная техника. Сер. 1, Электроника СВЧ, 1971. № 9. С. 34.
5. Лыгин В. К., Мануилов В. Н., Цимринг Ш. Е. О методах интегральных уравнений и вспомогательных зарядов в траекторном анализе интенсивных электронных пучков. // Электронная техника, Сер. 1, Электроника СВЧ, 1987. №7 (401), с. 36–38.
6. Планкин О. П., Семенов Е. С. Комплекс программ ANGEL-2DS для моделирования пушки гиротрона. Инструкция для пользователя. // Методическая разработка. Н. Новгород: ИПФ РАН, 2011. 32 с.
7. Планкин О. П., Семенов Е. С. Траекторный анализ электронно-оптической системы технологического гиротрона. // Вестник НГУ, серия «Физика». 2013. Т. 8, № 2, с. 44-54.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ НА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ

Сиротинин А.А., Володько О.С.

Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск
slitch@icm.krasn.ru

В настоящей работе представлены результаты решения задачи оптимизации для расстановки связующих узлов (хабов) в беспроводной сенсорной сети (БСС) на трехмерной модели здания. Для решения задачи оптимальной расстановки хабов комбинируется радиоволновая модель – дополненная модель Мотли-Кинана [1], и оптимизационный метод – классический генетический алгоритм. Проблематика построения БСС, выбора радиоволновой модели и алгоритма оптимизации обсуждались в работе [2]. В предлагаемой структуре БСС в качестве базовой сети для соединения хабов используется стандарт Wi-Fi, а датчики подключаются по стандарту ZigBee. Такая гибридная структура позволяет существенно увеличить энергоэффективность сети. Построение БСС рассматривается на примере здания научного института. Задача оптимизации заключается в оптимальной расстановке хабов с учётом максимально возможного уровня мощности сигнала и минимально возможных затрат на хабы и коммуникации.

Генетический алгоритм представляет собой имитацию эволюционного процесса и включает следующие этапы: отбор, скрещивание и мутацию. В нашем случае выбран турнирный отбор, к-точечное скрещивание и мутация в виде инвертирования бита. Для реализации генетического алгоритма всё здание разбивается на клетки, каждая из которых представляет собой куб заданного размера. В качестве хромосомы выбран бинарный вектор, который описывает расстановку хабов во всём здании. Для проектирования структуры оптимальной БСС на основе генетического алгоритма была разработана программа на языке Python [3]. Для учета конфигурации здания – количества, мест расстановки, толщины, материала стен и межэтажных перекрытий – был дополнительно создан модуль обработки растрового изображения плана здания. Проведенные расчеты позволили определить оптимальные места для расстановки хабов в базовой сенсорной сети.

Список источников

1. Zhang Y., Wang F., Shen Y. et al. A study of indoor distributed calculation model of mobile communication // Information Computing and Applications: Second International Conference. Qinhuangdao. China. Proceedings. Part I 2. 2011. P. 458-465.
2. Сиротинин А.А., Володько О.С. Построение оптимизационной модели беспроводной внутренней сети для использования технологии интернета вещей // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2024. Т.34. № 2. С. 135-143.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024682730. Программа для проектирования структуры оптимальной базовой сенсорной сети внутри здания с помощью генетического алгоритма: А.А. Сиротинин, О.С. Володько (РФ) – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 26.09.2024 г. (РФ).

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ЭТОГРАММЫ ОЛЬФАКТОРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Солдатенко А.А., Семенова Д.В.

Сибирский Федеральный Университет, Красноярск
ASoldatenko@sfu-kras.ru

В работе рассматривается задача составления сравнительных рядов ольфакторного исследования. Данное направление применяется при экспертизе запаховых следов человека, выполняемых судебными экспертами органов внутренних дел России [1]. Необходимой частью исследования является подготовленная карта исследования – этограмма, которая представляется собой сведения о расположении запаховых объектов и предполагаемом поведении собаки-детектора. Исследование состоит из четырех рядов, которые должны подчиняться строгим правилам, как объекты внутри ряда, так и их расположение между рядами. Данные требования приводят к комбинаторной задаче с множественными ограничениями. В работе предлагается рассматривать данную проблему, как математическую задачу выбора слов из некоторого языка. Каждый i -й ряд этограммы ассоциируется со своим языком L_i , который построен над алфавитом $\Sigma = \{v_1, \dots, v_5, v_0, k_6, k_7, k_8, k_e, k_n\}$. Элементы v_i алфавита соответствуют запаховым пробам, взятым с предметом, а k_i – взятые из крови.

Ранее авторами [2,3] были получены деревья всех шаблонов слов для каждого из четырех рядов. Алгоритм построения этограммы состоит в последовательном выборе шаблонов и их наполнении пробами, согласно требованиям отношения между рядами. Выбор шаблона реализуется как спуск по дереву из корневой вершины до некоторой листовой вершины. Во время спуска ряд формируется из меток, приписанных ребрам, которые определяют какой тип пробы может находиться на данной позиции ряда. После это запускается процедура заполнения ряда фактическими пробами из алфавита Σ , с проверками всех условий, влияющими на взаимодействие рядом между друг другом. Таким образом, процедура выбора шаблона ряда позволяет выполнить ограничения на структуру ряда, а заполнения его пробами – ограничения взаимодействия между рядами. Если в некоторый момент времени невозможно выбрать шаблон или разместить пробы, то программа откатывается на один ряд назад и выбирает его заново.

Список источников

1. Образцов В.А. Криминалистика: учебник. М.: Юристъ, 1997. 760 с.
2. Солдатенко А.А., Семенова Д.В. Построение сравнительных рядов для задачи ольфакторного анализа // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2024): Материалы XXIII Международной конференции имени А. Ф. Терпугова (20–26 октября 2024 г.). 2024. С. 263–268.
3. Soldatenko A., Semenova D., Goldenok E., Kulikov V., Korshunova N. Research on the Problem of Constructing Scent Lineups of Olfactory Analysis // 2023 IEEE 17th International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT). Baku, Azerbaijan, 2023. pp. 1–4.

СЛОЖНОЕ ПОВЕДЕНИЕ В ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЯХ НЕЙРОНОВ

Станкевич Н.В.

Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, Нижний Новгород
stankevichnv@mail.ru

Различные модели нейронов и их ансамблей широко известны и активно обсуждаются в нейрофизиологии, теории машинного обучения, нелинейной динамике и т. д. Такие модели могут быть описаны дискретными отображениями. В рамках данной работы мы обратились к отображению Киалво, предложенному в [1], как к одной из простейших моделей нейрона, представленного двумерным эндоморфизмом.

В недавней статье [2] было показано, что одной из возможностей развития колебательной динамики в отображении Киалво является бифуркация Неймарка-Сакера, в результате которой рождается инвариантная кривая. При изменении параметров системы инвариантная кривая теряет гладкость и динамический режим становится хаотическим, а также возможно возникновение сингулярного аттрактора Шильникова. Такие преобразования приводят к формированию паттернов нетипичной колебательной активности во временных рядах модели.

В [2] проведено исследование малоразмерных ансамблей отображений Киалво для случая квазипериодической динамики, изучены случаи линейной и нелинейной связей. Исследование ансамблей показало, что двухчастотная квазипериодичность может возникать как в результате бифуркации Неймарка-Сакера из неподвижной точки, так и в результате вторичной бифуркации этого типа внутри языков Арнольда. Разрушение торов разного типа приводит к образованию гиперхаоса. Увеличение размерности модели в случае нелинейной связи не приводит к увеличению числа несоизмеримых частот, а в линейной случае ансамбль демонстрирует такую возможность в результате мягкой квазипериодической бифуркации Хопфа. Разрушение многочастотных квазипериодических колебаний приводит к образованию гиперхаоса и аттракторов Шильникова.

В рамках настоящего доклада мы обсудим результаты, представленные в [3], и проанализируем особенности, связанные с формированием сингулярных аттракторов Шильникова.

Благодарности. Работа подготовлена в ходе исследования в рамках проекта «Зеркальные лаборатории НИУ ВШЭ».

Список источников

1. Chialvo D.R. Generic excitable dynamics on a two-dimensional map // *Chaos, Solitons & Fractals*. 1995. № 5(3-4). P. 461-479.
2. Stankevich N.V., Gonchenko A.S., Popova E.S., Gonchenko S.V. Complex dynamics of the simplest neuron model: Singular chaotic Shilnikov attractor as specific oscillatory neuron activity // *Chaos, Solitons & Fractals*. 2023. (172). P. 113565.
3. Kuznetsov A.P., Sedova Y.V., Stankevich N.V. Dynamics of non-identical coupled Chialvo neuron maps // *Chaos, Solitons & Fractals*. 2024. (186). P. 115237.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕГИОНА И ЭЛЕМЕНТЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЕГО СОСТОЯНИЕ

Старостенко К.В.

ЗАО «Завод корпусных изделий», Минск, Республика Беларусь
karinastarostenko@gmail.com

Определение энергетического потенциала в современном мире имеет важное значение, так как наиболее успешное и эффективное развитие топливно-энергетического комплекса страны зависит от определения имеющихся ресурсов и возможностей каждого отдельного региона. В Российской Федерации и в Республике Беларусь отсутствует разработанная методика определения энергетического потенциала как отдельного региона, так и страны в целом. Следовательно, разработка данной методики должна стать ключевой стратегической задачей для страны.

В рамках исследования международного опыта, а также отечественных научных разработок предлагается выделить следующие элементы, входящие в состав интегрального показателя по определению энергетического потенциала:

- Производство (добыча) первичной энергии – в данный обобщенный показатель предлагается включить все топливно-энергетические ресурсы произведенные (добытые) в стане (регионе).
- Запасы – все имеющиеся запасы как ископаемых природных ресурсов, так и произведенных с целью получения энергии.
- Преобразование – суммарная установленная мощность всех электрических станций в регионе (включая мощности, временно приостановившие генерацию энергии), а также мощности по преобразованию энергоресурсов в тепловую и электрическую энергию.
- Распределение – предлагается включить потери при распределении энергии, а также протяженность всех электрических и тепловых сетей и нефте- и газопроводов. Также в данный показатель включается наличие в регионе иного трубопроводного транспорта для перевозки грузов и грузооборота.
- Потребление – отражаются все объемы потребленных ресурсов, для определения их необходимого количества с целью обеспечения функционирования государства.
- Иные экономические показатели, отражающие все плановые и фактические расходы республиканского бюджета на развитие и функционирование топливно-энергетического комплекса, а также показатели, характеризующие среднесписочную численность занятых в энергетике и добыче энергоресурсов и показатели, характеризующие кредиторскую и дебиторскую задолженность.

Предложенный алгоритм расчета энергетического потенциала заключается в применении метода балльных оценок (для приведения данных в сопоставимый вид), и дальнейшая его интерпретация в сводный показатель состояния энергетического потенциала и дальнейшее прогнозирование с помощью регрессионных моделей.

Таким образом, расчет интегрального показателя, включающего предложенные элементы, позволит определить состояние энергетического потенциала региона более комплексно: оценить не только возможные энергетические ресурсы, и запасы, но и обеспеченность региона кадровыми, финансовыми и производственными возможностями. Данная трактовка является авторской и позволяет учитывать все возможности и угрозы внутри региона.

О ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ ДОВЕРИТЕЛЬНЫХ ПОЛОС ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ

Степанов А.В.

*Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева,
Санкт-Петербург
stepanov17@yandex.ru*

Рассматривается задача оценивания доверительных полос линейной регрессии при, вообще говоря, коррелированных входных данных [1, 2], когда независимая и зависимая переменная (обозначим их x , y) скалярны. В частности, рассмотрен случай, когда ошибки описываются AR-моделью, где шум задается одним из семейств непрерывных распределений (например, двусторонним степенным (TSP) распределением [3] или иными типовыми семействами распределений). Для оценивания доверительных полос применяется обобщенный метод наименьших квадратов, при этом вводится коэффициент охвата, который, будучи умноженным на стандартную неопределенность регрессии в рассматриваемых точках, и дает границы данных полос. Вычисление коэффициентов охвата для заданных уровней вероятности (95%, 99%, ...) осуществляется методом Монте-Карло, при этом из рассматриваемого набора n пар (x, y) выбирается подмножество, содержащее первые k пар, служащее для получения оценок параметров регрессии (т. е. для построения прогноза). Коэффициент охвата выбирается таким образом, чтобы доверительная полоса, построенная на основе данного прогноза, с заданной вероятностью содержала для всех n точек «истинный» (незашумленный) тренд, использовавшийся при моделировании. Полученная таким образом полоса может использоваться при экстраполяции прогноза на отрезок $k \leq i \leq n$. Заметим, что данный коэффициент (и, как следствие, доверительная полоса) очевидным образом зависят от n , k и модели шума.

Разработано программное обеспечение для решения описанной задачи, которое позволяет оценивать доверительные полосы линейной регрессии в зависимости от моделей коррелированного шума и длин рассматриваемых интервалов данных, выбранных пользователем. При этом набор доступных пользователю моделей ошибок расширен, по сравнению с работами [1, 2].

Список источников

1. Степанов А.В., Чуновкина А.Г. Оценивание доверительных полос для линейной регрессии при коррелированных входных данных // Измерительная техника, 2019, № 5. С. 21-14
2. Chunovkina A.G., Stepanov A.V., Wimmer G. On estimation of linear regression confidence bands: Analytical solution and Monte Carlo simulation // Advanced Mathematical and Computational Tools in Metrology and Testing XII, 2022. PP. 188-196
3. Kotz S, Van Dorp J.R. Beyond Beta: Other Continuous Families of Distributions with Bounded Support and Applications. World Scientific Publishing, Singapore, 2004.

ВОЛНОВАЯ РЕГРЕССИЯ

Суров И.А., Богданов П.И.

Университет ИТМО, Санкт-Петербург

ilya.a.surov@itmo.ru

Регрессия – одна из главных задач анализа данных, состоящая в прогнозировании целевой величины по набору известных признаков. Их влияние на целевую величину редко носит линейный характер, предполагаемый большинством известных методов регрессии. Как исходный генератор поведенческих данных, человек и другие живые организмы – включая экспертов высокой квалификации – часто следуют логике эмоций, аффектов и подсознательных симпатий, проявляющихся в виде т. н. когнитивных искажений [1]. В этих условиях возникает квантово-волновой тип поведенческой нелинейности, при котором наблюдаемые вещественные данные порождаются комплекснозначными амплитудами «когнитивных волн» [2]. Модели этого типа, однако, ранее ограничивались исследовательскими задачами и не применялись на практике анализа данных.

В докладе будет представлена модификация классической линейной регрессии на принципах волновой логики, а также метод снижения размерности регрессионной задачи, необходимый для работы с большим числом признаков. Методы апробированы на данных об успеваемости учебной группы, в котором признаки соответствуют временным рядам оценок обучающихся. Обнаружено, что переход от классической к волновой регрессии позволяет повысить точность прогнозирования при том же числе параметров модели. Наиболее существенный выигрыш наблюдается для низкоразмерных моделей, когда целевой признак прогнозируется на основе наиболее информативной пары других признаков. В этом режиме представленный прогноз превосходит по точности классическую линейную регрессию при сокращении числа параметров и вычислительного времени примерно в 10 раз. За счёт использования связей между признаками, метод также превосходит по точности прогноз временных рядов методом ARIMA. Разработанный метод использования волновой логики и выражающего её комплекснозначного исчисления применим к другим задачам машинного обучения и анализа данных.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта РНФ № 23-71-01046.

Список источников

1. Суров И. А., Алоджанц А. П. Модели принятия решений в квантовой когнитивистике. Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2018. 63 с.
2. Суров И. А. Логика множеств и логика волн в когнитивно-поведенческом моделировании // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2023. № 4 (32). С. 51–66.

ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАУЧНЫХ РАБОТНИКОВ

Туктарова П.А.¹, Массель А.Г.²

¹Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, п. Молодежный

²Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, Иркутск

ptuktarova@gmail.com

Научные достижения стали неотъемлемой частью современного развития общества, оказывая существенное влияние на социальные процессы, экономическое развитие и технологический прогресс. Качество научных результатов напрямую коррелирует с уровнем подготовки и эффективностью труда научных работников.

Оценка научной продуктивности является сложной задачей, требующей учета множества факторов. Измерение результативности научных исследований – это комплексный процесс, учитывающий множество критериев: публикационную активность, успешность в получении грантов, образовательную и консультационную работу, инновационную деятельность и участие в научных событиях. При этом классические подходы к оценке, основанные на библиометрии и экспертной оценке, имеют свои ограничения. Сегодня активно развивается направление создания комплексных оценочных систем с элементами автоматизации, позволяющих более точно и объективно оценивать разнообразные аспекты научной работы.

Внедрение системы индивидуальных показателей эффективности позволяет провести оценку научного вклада каждого сотрудника, способствуя более эффективному распределению материальных и человеческих ресурсов, совершенствованию исследовательской работы и мотивации к профессиональному совершенствованию.

Для расчёта индивидуального показателя деятельности научных работников необходимо составить таблицу исходных данных, в которой показатели делятся на 3 группы: научные, организационные и технические (табл. 1).

Таблица 1. Данные для расчёта индивидуального показателя деятельности научных работников

Группа	Вес группы	Показатель	Вес показателя	Значение показателя
Научные	W ₁	Показатель 1	W ₁₁	B ₁₁
		Показатель 2	W ₁₂	B ₁₂
Организационные	W ₂	Показатель 3	W ₂₁	B ₂₁
		Показатель 4	W ₂₂	B ₂₂
Технические	W ₃	Показатель 5	W ₃₁	B ₃₁
		Показатель 6	W ₃₂	B ₃₂

Расчет индивидуального показателя деятельности научных работников производится по формуле: $IPI = \sum_{i=1}^n W_i (\sum_{j=1}^m W_{ij} B_{ij})$

где:

IPI – индивидуальный показатель деятельности научных работников;

W_i – вес группы показателей;

W_{ij} – вес показателя;

B_{ij} – значение показателя.

Предложенная модель даст:

- 1) прозрачность оценки сотрудника научного предприятия;
- 2) учет не только научных показателей, а еще и организационных и технических;
- 3) ранжирование весов по занимаемым должностям;
- 4) возможность ежемесячного перерасчета показателей.

РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ ENGEE РЕКУРРЕНТНЫХ СООТНОШЕНИЙ ТИПОВЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗВЕНЬЕВ

Ушаков В.А., Григорьева Е.Д.

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
Санкт-Петербург
ushakov@guap.ru*

В докладе решается задача разработки библиотеки Engее рекуррентных соотношений типовых нелинейных звеньев. В [1] рассматривалось решение похожей задачи, однако тогда были рассмотрены только некоторые типовые нелинейные звенья, только для двух видов входного воздействия, а именно гармонического и единичной ступенчатой функции и библиотека была разработана для Matlab/Simulink.

Библиотека Engее представляет собой набор визуальных объектов, используя которые можно собирать, как из кубиков, произвольную конструкцию. Для любого блока можно получать требуемое число копий и использовать каждую из них автономно. Более того, практически для всех блоков существует возможность индивидуальной настройки: пользователь может изменить как внутренние параметры блоков (например, количество входов), так и внешнее оформление (размер, цвет, имя и т. д.).

Engее [2] предоставляет платформу математических вычислений и интерактивную среду для программирования, численных расчетов. Кроме того, он позволяет выполнять визуализацию результатов. Анализ данных, разработка математических моделей, проведение инженерных исследований, моделирование систем управления и многие другие задачи можно решать с применением Engее. Он является средой динамического междисциплинарного моделирования сложных технических систем [3-4] и инструментом для модельно-ориентированного проектирования (технология проектирования сложных технических систем).

Таким образом, в докладе будет показана библиотека Engее, содержащая набор рекуррентных соотношений типовых нелинейных звеньев, которая, например, позволит упростить решение задач синтеза нелинейных систем автоматического управления методом ортогональных проекций. Кроме того, решена задача импортозамещения на отечественное программное обеспечение.

Список источников

1. Ушаков В. А. Разработка Simulink-блоков рекуррентных соотношений некоторых типовых нелинейных звеньев // Научная сессия ГУАП: Сборник докладов (СПб, 08–12 апреля 2019 года). Том Часть I. – СПб: ГУАП, 2019. – С. 373-378. – EDN: ELCLBM.
2. Engее, URL: <https://engее.com/> (дата обращения 01.04.2025).
3. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов: монография – М.: Наука, 2006. – 410 с. EDN: QMPREP.
4. Микони С. В., Соколов Б. В., Юсупов Р. М. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов: монография. М.: РАН, 2018. 314 с. EDN: VVUKQW.

НЕЧЕТКИЕ КЛАССИФИКАТОРЫ И МЕТАЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ

Ходашинский И.А.

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск
hodashn@rambler.ru

Кибербезопасность. Всеобщая цифровизация расширила киберпространство и породила большую проблему: компьютеры и данные каждого пользователя и каждой организации находятся под угрозой, независимо от их принадлежности и местонахождения. Инциденты заставляют специалистов в области кибербезопасности работать над повышением уровня защищенности компьютеров, сетей и данных. Методы машинного обучения стали активно применяться для обеспечения кибербезопасности, включая обнаружение вторжений, спама, фишинга и вредоносного программного обеспечения. Многие традиционные системы кибербезопасности, такие как SEIM Solutions, IPS, UTM, межсетевые экраны и антивирусы ориентированы на заранее определенные правила сетевой безопасности. Производительность систем на основе машинного обучения, включая частоту ошибок, прогнозирование атаки и количество ложных срабатываний, выше, чем у традиционных систем.

Нечеткие классификаторы. Основная задача нечеткого классификатора – поиск подходящего класса для классифицируемого объекта на множестве всех классов. Основой нечеткого классификатора является база нечетких продукционных правил, имеющих структуру ЕСЛИ ситуация ТО класс. Значение признаков классифицируемого объекта сравнивается с ЕСЛИ-частью каждого правила. Результатом сравнения является степень соответствия признаков описания объекта описанию ситуации в правиле. Выбирается правило с максимальной степенью соответствия и класс, указанный в этом правиле.

Построение нечеткого классификатора включает три этапа: генерация базы нечетких правил, отбор информативных признаков, оптимизация параметров функций принадлежности нечетких термов. На всех трех этапах построения используются метаэвристические методы оптимизации: непрерывные, бинарные, гибридные. Для отбора признаков рассмотрены методы фильтров и метод обёрток. Для методов бинаризации исследованы и применены различные трансформационные функции.

Нечеткие классификаторы играют важную роль в решении четырех основных проблем кибербезопасности: классификации и обнаружении, спама, вредоносных соединений, вредоносного ПО и URL-адресов. Решение указанных проблем обсуждается в докладе.

Эффективность предложенных средств обеспечения кибербезопасности исследована современными метаэвристическими методами на современных общедоступных наборах данных. Проведено статистическое сравнение полученных результатов с данными, полученными другими авторами.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ, грант № 24-21-00168 (<https://rscf.ru/project/24-21-00168/>).

МНОГОУРОВНЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ РАЗНЫХ АГРОЛАНДШАФТНЫХ РАЙОНОВ

Цыренжапова В.В., Иваньо Я.М., Петрова С.А.

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, п. Молодежный
tsyrenzhapova_v@mail.ru

Многоуровневой моделирование основано на рассмотрении временных рядов производственно-экономических и климатических характеристик в виде иерархических структур с раздельной оценкой изменчивости локальных минимумов, максимумов и промежуточных уровней или уровней всего ряда. В этом случае оцениваются пять возможных ситуаций: 1) тенденция всего ряда; 2) тенденция локальных максимумов; 3) тенденция локальных минимумов; 4) изменчивость благоприятных событий; 5) изменчивость неблагоприятных событий.

Многоуровневое моделирование использовано для определения возможности прогнозирования урожайности зерновых культур для разных природно-климатических территорий, в частности, для агроландшафтных районов Иркутской области, включающих в себя муниципальные районы.

Результатом моделирования являются модели прогнозирования биопродуктивности пшеницы, овса и ячменя при условии наличия значимых трендов всего ряда, локальных минимумов и максимумов, а также вероятностная оценка благоприятных и неблагоприятных событий с помощью законов распределения вероятностей. Определяются усредненные потери и прирост урожайности. В качестве критерия точности трендов использована относительная погрешность фактических и аналитических данных для трендов всего ряда и локальных экстремумов, исключая благоприятные и неблагоприятные события.

При условии случайности временного ряда для оценки тенденций динамики предлагаются усредненные значения всего ряда, локальных минимумов и максимумов. Закон распределения вероятностей в виде трехпараметрического степенного гамма-распределения или Пирсона III типа описывает изменчивость всей выборки. Число благоприятных и неблагоприятных событий определяется по количеству значений превысивших среднее локальных максимумов и располагающихся ниже среднего значения локальных минимумов. При наличии значимых невысоких первых коэффициентов автокорреляции корректируются статистические параметры закона распределения вероятностей.

Приведенная методика многоуровневого моделирования позволила определить возможности прогнозирования урожайности зерновых культур и оценить вероятные риски получения продукции в агроландшафтных районах Иркутской области, что необходимо для решения задачи планирования для разных условий деятельности сельскохозяйственного товаропроизводителя.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда, проект № 24-21-00502, <https://rscf.ru/project/24-21-00502/>.

CFD-МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА СИНТЕЗА МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ С УЧЕТОМ МОДЕЛИ ДРОБЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТАБЛЕТОК

Шемахин А.Ю.

ООО «СИБУР-Инновации», Казань
shemakhinaiu@innovation.sibur.ru

В настоящее время происходит бурное развитие химической отрасли в России, внедряются новые технологические линии синтеза катализаторов и полимерных соединений, в том числе и металлоорганических [1].

Особую роль в оптимизации и интенсификации процессов синтеза соединений в химических реакторах играет качество перемешивания, которое можно достичь путем подбора перемешивающих устройств, изменением расположения внутренних частей реактора, устройств подачи, для масштабирования процесса синтеза используется расчетный подход с применением CFD-моделирования [2].

Для моделирования процессов синтеза металлоорганических соединений использована математическая модель, которая состоит из уравнений Навье-Стокса для жидкой, твердой фазы и газа, уравнения сохранения энергии, системы ОДУ для процессов химической кинетики, модели дробления металлических таблеток реагента.

Для моделирования процессов в химическом реакторе используется пакет OpenFOAM [3], который включает решатель «Multiphasefoam» с модулем расчета популяционного баланса, для которых подготовлены настройки входных и начальных данных.

Проведены расчеты параметров образования металлоорганического соединения, получены распределения концентраций реагирующих веществ от времени.

Список источников

1. R. Farzad and S. Schneiderbauer, "CFD simulation of the droplet size distribution of liquid-liquid emulsions in stirred tank reactors," in Proceedings of the 12th International Conference on Computational Fluid Dynamics in the Oil & Gas, Metallurgical and Process Industries, SINTEF Academic Press, 2017, pp. 295-300.
2. R. Gelves and L. Niño, "CFD Prediction of Heterogeneities in the Scale up of Liquid-Liquid Dispersions," International Journal of Chemical Engineering and Applications, vol. 5, no. 2, pp. 79–84, Apr. 2014, doi: <https://doi.org/10.7763/ijcea.2014.v5.355>.
3. Пакет OpenFOAM. URL: <https://www.openfoam.com/> (дата обращения: 10.04.2025)

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОГЛАСОВАННОСТИ НАБОРОВ ДАННЫХ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АРГУМЕНТАЦИИ ИЗ ТЕКСТА

Шестаков В.К., Загорулько Ю.А., Сидорова Е.А.

Институт систем информатики им. А.П. Еришова СО РАН, Новосибирск
shestakov@iis.nsk.su

Аргументация – это способ убеждения читателя или слушателя. Она либо направлена на то, чтобы изменить его мнение об окружающей действительности, либо побудить к определенным действиям. В процессе анализа аргументации в тексте строится аргументационная разметка (аннотация), т.е. в тексте выделяются утверждения и связываются между собой определенными схемами аргументации. Затем на основе таких аннотаций строятся наборы данных, которые используются для обучения нейросетевой модели, выполняющей автоматический анализ аргументации.

Одним из критериев хорошего набора данных является то, что он строится на основе текстов, размеченных более чем одним аннотатором. При этом для качественного автоматического извлечения аргументации требуется, чтобы расхождения между этими аннотациями были минимальными. Для количественной оценки таких расхождений служит мера согласия. Под согласием понимается «степень, в которой процесс может быть повторен различными исследователями», что определяет надежность и воспроизводимость результатов.

Традиционно используемые в анализе аргументации коэффициенты сходства, такие как каппа Коэна, альфа Криппендорфа, каппа Флейсса (обобщение Коэна на нескольких аннотаторов), имеют один общий недостаток – для их вычисления необходимо, чтобы все аннотаторы размечали одни и те же заранее выделенные фрагменты текста (утверждения). В нашем случае процесс аргументационной разметки более сложный: сначала эксперты сами выделяют в тексте утверждения, а потом уже размечают их. Из-за того, что аннотаторы могут выделять утверждения различным образом, их наборы в разных разметках различаются, поэтому применимость стандартных метрик остается под большим вопросом.

Для решения этой проблемы нами был разработан алгоритм оценки согласия на основе теоретико-множественного подхода. Кроме того, при анализе расхождений в аннотациях были выявлены определенные закономерности, позволяющие проводить некоторые унификации разметок, повышающие степень их согласованности.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 23-11-00261, <https://rscf.ru/project/23-11-00261>).

СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Юмашев Е.А.

Институт динамики систем и теории управления им. В.М. Матросова СО РАН, Иркутск
yumashevgeny@mail.ru

Обеспечение гибких и эффективных средств выполнения процессов получения, обработки и анализа временных рядов пространственно-распределенных данных является актуальной проблемой в задачах экологического мониторинга. К сожалению, в настоящее время нет универсальных средств, интегрирующих различные операции данных процессов в рамках единой технологической цепочки. Однако существует широкий спектр программных систем и библиотек, поддерживающих выполнение таких отдельных операций. В докладе предложена сервис-ориентированная технология получения, обработки и анализа временных рядов пространственно-распределенных данных. Ее схема применения представлена на рис. 1. В отличие от известных технологических решений подобного назначения, в рамках предложенной технологии создается приложение с помощью высокоуровневого фреймворка FDE-SWFs [1]. Это приложение включает набор WPS-сервисов, которые представляют программные модули (готовые или разрабатываемые с нуля на языке Python), реализующие вышеупомянутые операции. FDE-SWFs поддерживает создание композиций WPS-сервисов в виде рабочих процессов и управление их выполнением в гетерогенной распределенной вычислительной среде, снимая с разработчика приложения необходимость погружения в тонкости организации и управления крупномасштабными параллельными и распределенными вычислениями. WPS-стандарт обеспечивает работу с геоданными и отслеживание статуса выполнения длительных ресурсоемких вычислительных процессов, реализуемых сервисами. WPS-сервисы приложения могут вызываться из любых геоинформационных систем. Предложенная технология успешно применена для реализации сервис-ориентированного приложения для работы с временными рядами метеорологических данных, используемого в рамках экологического мониторинга Байкальской природной территории. С целью недопущения конфликтов между версиями программных систем и библиотек в ее рамках применяется контейнеризация с использованием системы Docker.

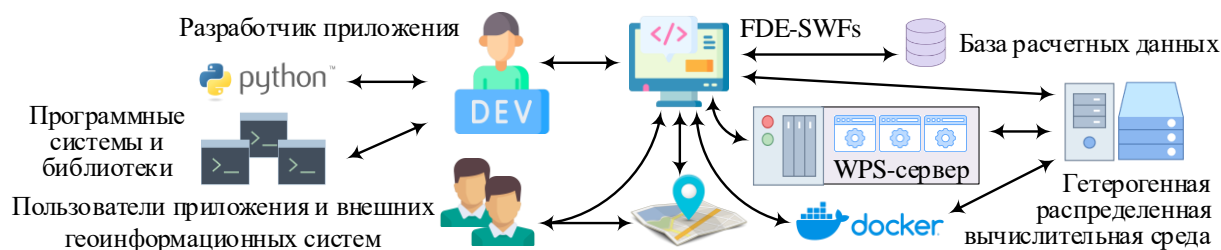


Рис. 1. Схема процесса разработки сервисов

Благодарности. Работа выполнена в рамках гранта № 075-15-2024-533 Минобрнауки РФ на выполнение крупного научного проекта по приоритетным направлениям научно-технологического развития (№ гос. рег. 124052100088-3).

Список источников

1. Feoktistov, A., Voskoboinikov, M., Tchernykh, A. Framework for Development and Execution of Scientific WorkFlows: Designing Service-Oriented Applications // Programming and Computer Software. 2024. Vol. 50(8), P. 900–913. DOI: doi.org/10.1134/S0361768824700828.

О КЛАССИЧЕСКИХ И КВАНТОВЫХ КОРРЕЛЯЦИЯХ В РАЗМЫТЫХ (НЕЧЕТКИХ) МОДЕЛЯХ

Яхьяева Г.Э.

Новосибирский государственный университет, Новосибирск

gul_nara@mail.ru

Ключевой задачей разработки интеллектуальных систем является обработка нечетких, неполных и неопределенных знаний, часто собранных из ненадежных источников. Для оценки неопределенности применяются вероятностные подходы, включая теорию размытых моделей, которая учитывает объективную и субъективную вероятность событий [1]. Этот подход обеспечивает семантическую обработку знаний с последующей количественной оценкой, что позволяет учитывать как оценочные знания, так и семантику предметной области.

В последнее время квантовые вычисления становятся одним из передовых направлений в Computer Science. Квантовые вычисления имеют вероятностный характер, где минимальной единицей информации является кубит, способный принимать множество различных значений. Квантовые вычисления отличаются от классических тем, что до начала вычислений мы не знаем значение конкретного кубита, мы можем только говорить о вероятности его состояния. Вычисления происходят при условии нечеткости и неполноты знаний, и только после завершения вычислений происходит измерение состояний кубитов.

Таким образом, методология квантовых вычислений соответствует методологии размытых моделей. Квантовые системы можно описывать как размытые модели с определенными ограничениями, а квантовые вычисления - как морфизмы над этими моделями.

В рамках данной работы описывается теоретико-модельная формализация квантовых систем с использованием инструментария размытых моделей. Рассматривается формализация понятий классической корреляции размытых моделей и квантовой корреляции размытых моделей, описываются теоретико-модельные свойства этих корреляций, описываются условия, при которых размытая модель раскладывается на две не коррелирующие подмодели.

Список источников

1. Яхьяева Г. Э. Классы нечетких моделей // Известия Иркутского государственного университета. Серия Математика. 2025. Т. 51. С. 151–166.
2. Яхьяева Г. Э., Пальчунова О. Д. О квантовой интерпретации теории нечетких моделей // Сборник научных трудов XII Международной научно-практической конференции "Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте", Коломна, 14-17 мая 2024 г. Том 1. С. 225-236.

Содержание

Алексеев Р.В., Лукьянов Н.Д., Массель Л.В.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ИЗ БАЗЫ ЗНАНИЙ	1
Аршинский Л.В., Знайдюк А.Н., Кириллова Т.К., Старцев С.П., Сэлэнгэ Мунхсайхан	ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ДЕЙСТВИЯМ ПРИ УГРОЗЕ РАЗМЫВА ПУТЕЙ НА УЛАН-БАТОРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ	2
Аушев В.М.	РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ЗАДАЧАХ ДИФРАКЦИИ НА МНОГОМАСШТАБНЫХ СТРУКТУРАХ МЕТОДОМ МОМЕНТОВ	4
Бердников В.М., Осипчук Е.Н., Абасов Н.В.	ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИСПЕТЧЕРСКОГО ГРАФИКА БРАТСКОЙ ГЭС	6
Береснева Н.М., Еделев А.В.	КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА КРИТИЧНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	7
Бесчеров Д.Е., Большухин М.А., Будников А.В., Ереев М.Н., Марков А.С., Панов В.А., Свешников Д.Н.	МЕТОДИКА РАСЧЕТА НА ЦИКЛИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ РУ ПРИ ИНТЕНСИВНЫХ ТЕРМОПУЛЬСАЦИЯХ	8
Богомоллов В.В., Караулов В.Г.	АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ КОРРЕКЦИИ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДВОДНОГО АППАРАТА НА ОСНОВЕ МЕТОДА ДЛИННОЙ БАЗЫ	9
Боднюк М.Е.	СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СТЕНДА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МИКРОСЕТИ	11
Букреев В.Г., Хоанг Фу Нам	ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗАРЯЖЕННОСТИ ЛИТИЙ-ИОННОГО АККУМУЛЯТОРА	12
Быков Н.В.	МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕСТРОЕНИЙ БЕСПИЛОТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С УЧЕТОМ КООПЕРАТИВНОГО ПОВЕДЕНИЯ	13
Варламов О.О.	ПРИМЕНЕНИЕ МИВАРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЛОГИЧЕСКОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ СОЗДАНИЯ УМНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ	14
Вашукевич Е.Ю., Иваньо Я.М.	НЕЙРОСЕТЬ В ОБРАБОТКЕ ВИДЕОМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ЧИСЛЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ	15
Волкова Т.А., Кузякина М.В., Караган А.В., Ряскин А.А.	ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ	16
Ворожцова Т.Н., Гальперова Е.В.	СЕМАНТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ РЕГИОНА	17
Воскобойников М.Л., Феоктистов А.Г., Еделев А.В.	ПРИМЕНЕНИЕ IN-MEMORY DATA GRID В ИЗУЧЕНИИ ЭНЕРГОСИСТЕМ	19

Гавенко О.Ю., Шашок Н.А.	РАЗРАБОТКА ГИБКОЙ АРХИТЕКТУРЫ ИНТЕГРАЦИИ РАЗНОРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ МУЛЬТИМОДАЛЬНЫХ ДАННЫХ	20
Гальперова Е.В.	МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ В РЕГИОНЕ	21
Гасан В.С., Абасов Н.В., Осипчук Е.Н., Гаченко А.С.	ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ ОЦЕНОК ПРИТОКА В ОЗЕРО БАЙКАЛ НА ОСНОВЕ ОСАДКОВ ГЛОБАЛЬНОЙ КЛИМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ CFSV2	23
Гвоздев В.Е., Бежаева О.Я., Ракипова А.С., Приходько В.Е., Тепляшин П.Н., Ракипов Р.Р.	МЕТОДИЧЕСКАЯ ОСНОВА ИССЛЕДОВАНИЯ КАСКАДОВ ОТКАЗОВ В МНОГОСЛОЙНЫХ СЕТЯХ НА ОСНОВЕ СТРУКТУРНЫХ МОДЕЛЕЙ	24
Говорков А.С.	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОДБОРА САПР ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА	25
Говорков А.С., Короткова К.Е.	МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ УСТАНОВОК РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ	26
Гонченко А.С., Гонченко С.В.	ОБ ОБРАТИМОЙ ТРЕХМЕРНОЙ СИСТЕМЕ, СОДЕРЖАЩЕЙ АТТРАКТОР И РЕПЕЛЛЕР ЛОРЕНЦА	27
Дорогов А.Ю.	ГЕНЕРАТИВНЫЕ МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ ПИРАМИДАЛЬНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ БЫСТРОГО ОБУЧЕНИЯ	28
Дунаев М.П.	АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МЕХАНИЗМАМИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОДЪЕМНОГО КРАНА	29
Жирабок А.Н., Зуев А.В.	ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ СИСТЕМ ИНТЕРВАЛЬНЫМ МЕТОДОМ	31
Камышев Н.Л., Исаева О.С.	ИНСТРУМЕНТЫ МОНИТОРИНГА ДАННЫХ УСТРОЙСТВ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ	32
Климов Е.С., Иваньо Я.М., Петрова С.А.	МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ РАЗНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ	33
Климонов М.С.	ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КОЛЛАБОРАТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ В РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ГЕОПОРТАЛА ИДСТУ СО РАН	34
Козлов М.В., Михеев А.В., Еделев А.В.	О ВОЗМОЖНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ КОГНИТИВНЫХ КАРТ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ С ПОМОЩЬЮ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ	35
Колесник С.А., Стифеев Е.М.	МЕТОД РЕШЕНИЯ ОБРАТНОЙ РЕТРОСПЕКТИВНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ В ДВУМЕРНОЙ ПОСТАНОВКЕ	37
Коломников Р.Е.	ПРОЦЕДУРЫ СЛИЯНИЯ И ОТБОРА ГИПЕРБОКСОВ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА ТИПА MIN-MAX	39
Колосок И.Н., Коркина Е.С.	ХОЛОНИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ИЭС И ЕЕ ОБЪЕКТАМИ	40
Корышев Н.П.	МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА НА ОСНОВЕ МЯГКИХ ПРОТОТИПОВ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА «КИТОВ»	42

Кравец А.Г., Струкова И.В., Бондаренко А.Г.	ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ ИЗ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ	43
Курейчик В.В., Бова В.В.	ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ЭВОЛЮЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И МЕТАЭВРИСТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ	44
Куцый Н.Н., Маланова Т.В.	РЕШЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ ПО КРИТЕРИЮ СТОИМОСТИ С ДООПТИМИЗАЦИЕЙ ПО КРИТЕРИЮ ВРЕМЕНИ	45
Лапатин И.Л.	ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТОКА ОБРАБОТАННЫХ ЗАПРОСОВ МОДЕЛИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО УЗЛА С МНОГОЯДЕРНЫМ ПРОЦЕССОРОМ ПРИ ПУАССОНОВСКОЙ МОДЕЛИ ПОСТУПАЮЩЕЙ НАГРУЗКИ	46
Ле Жа Хоанг Хай Шон, Букреев В.Г.	АЛГОРИТМ РАСЧЁТА ТОКА В ЦЕПИ ЛИТИЙ-ИОННОЙ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ШЕФЕРДА	47
Ломакина Л.С., Двитовская А.Н., Корелин К.А.	ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ АНСАМБЛЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	49
Ломакина Л.С., Чернобаев И.Д., Беляева Л.А.	НЕЙРО-НЕЧЕТКАЯ СИСТЕМА КЛАССИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЙ ОБЪЕКТОВ СЛОЖНОЙ СТРУКТУРЫ	50
Лонин К.А., Ереев М.Н., Соловьев С.А., Патрушев В.Л.	ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ РУ	51
Лукацкий А.М., Дубынин Е.В.	СТРУКТУРИЗИЦИЯ АЛГОРИТМОВ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ ПОЛИЛИНЕЙНЫМИ ФУНКЦИЯМИ	53
Малашин И.П., Тынченко В.С., Курашкин С.О., Мартысюк Д.А.	АДАПТИВНОЕ ИСКЛЮЧЕНИЕ НЕЭФФЕКТИВНЫХ КЛАСТЕРОВ В ЭВОЛЮЦИОННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ	54
Медиевский А.В., Зотин А.Г., Симонов К.В.	ФОРМИРОВАНИЕ ИМПЛАНТА ДЛЯ ПЛАСТИКИ ДЕФЕКТА ЧЕРЕПА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 3D-МОДЕЛЕЙ	56
Моисеев А.Н.	МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗНОТИПНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ОБЛАЧНЫХ УЗЛОВ НА МНОГОЯДЕРНЫХ ПРОЦЕССОРАХ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ	57
Моисеева С.П., Монгуш В., Королев Д.А.	МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ М/М/∞ С ММРР ПОТОКОМ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЗАЯВОК	58
Нгуен Дык Зуи, Букреев В.Г.	ДИСКРЕТНАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА С ИСТОЧНИКОМ ЭНЕРГИИ ОГРАНИЧЕННОЙ МОЩНОСТИ	59
Николаева Н.А.	О ПРЕДЕЛЬНОМ ПЕРЕХОДЕ В ЗАДАЧЕ О РАВНОВЕСИИ УПРУГОГО ТЕЛА С ТОНКИМИ ВКЛЮЧЕНИЯМИ ТИМОШЕНКО	60
Пауль С.В., Иванова А.С.	МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МНОГОЯДЕРНЫХ ПРОЦЕССОРОВ ПРИ НЕПУССОНОВСКОМ ХАРАКТЕРЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ	61

Пашинин А.А., Опарин Г.А., Богданова В.Г.	ЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К АВТОМАТИЗАЦИИ КАЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА БУЛЕВЫХ СЕТЕЙ	62
Поляков В.В.	ПОДХОД К АВТОМАТИЗАЦИИ ПЛАНИРОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ В ПРОГРАММНЫХ ПРОЕКТАХ	63
Полянский А.Г., Рыжков С.В.	МОДЕЛИ КОМПАКТНЫХ ИСТОЧНИКОВ НЕЙТРОНОВ И ЧАСТИЦ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	64
Прозорова Г.В., Туренко С.К.	РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФАЦИАЛЬНОГО АНАЛИЗА	65
Пяткова Н.И., Мамедов Т.Г.	ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ УГРОЗ НА НАДЕЖНОСТЬ ЭНЕРГosНАБЖЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ	66
Решетников А.Г.	САМООРГАНИЗУЮЩИЕСЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ СО СКРЫТЫМИ ПАРАМЕТРАМИ НА ОСНОВЕ КВАНТОВЫХ И МЯГКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ	68
Родзин С.И., Родзина О.Н.	КВАНТОВО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОМПЬЮТИНГ	70
Романович Я.С., Решетников А.Г., Ульянов С.В., Боровинский В.В.	ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БВС НА ОСНОВЕ МЯГКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ	71
Рябов И.Ю., Понькина Е.В., Строков А.С.	СИТУАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ДОСТИЖЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ СЕЛЬСКИМ ХОЗЯЙСТВОМ РОССИИ: АНАЛИЗ НА УРОВНЕ СТРАНЫ И ОТДЕЛЬНЫХ РЕГИОНОВ	73
Савчук Д.В., Соловьев С.А., Патрушев В.Л., Ереев М.Н.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ РОТОРА НА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОДВЕСЕ МЕТОДАМИ МЕТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	75
Салимзянов Р.Р., Моисеев А.Н.	МОДЕЛИРОВАНИЕ НАГРУЗКИ МНОГОЯДЕРНОГО ПРОЦЕССОРА В ВИДЕ СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С РАСПАКОВКОЙ ЗАЯВОК	76
Салимзянова Д.Д., Самойлов С.А.	ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ РЕКУРРЕНТНЫХ ПОТОКОВ ИНСТРУКЦИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССОРА НА УРОВНЕ МИКРОАРХИТЕКТУРЫ	77
Сарин К.С.	АДАПТИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА ДЛЯ НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ НЕЧЕТКОГО КЛАССИФИКАТОРА	78
Сафронов А.В.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННО- ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ DOMIC+	79
Северина Я.Д., Шакиров В.А.	ОЦЕНКА ЭВРИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ВЫБОРА СОСТАВА ОБОРУДОВАНИЯ ГИБРИДНОГО ЭНЕРГОКОМПЛЕКСА	80
Семенов Е.С.	ПРОГРАММА ANGEL-TA-S3D ДЛЯ ТРАЕКТОРНОГО АНАЛИЗА АЗИМУТАЛЬНО-НЕСИММЕТРИЧНЫХ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ГИРОТРОНОВ	81
Сиротинин А.А., Володько О.С.	ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ НА ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЯ	83
Солдатенко А.А.,	АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ЭТОГРАММЫ	84

Семенова Д.В.	ОЛЬФАКТОРНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	
Станкевич Н.В.	СЛОЖНОЕ ПОВЕДЕНИЕ В ДИСКРЕТНЫХ МОДЕЛЯХ НЕЙРОНОВ	85
Старостенко К.В.	ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РЕГИОНА И ЭЛЕМЕНТЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ЕГО СОСТОЯНИЕ	86
Степанов А.В.	О ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ДЛЯ ОЦЕНИВАНИЯ ДОВЕРИТЕЛЬНЫХ ПОЛОС ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ	87
Суров И.А., Богданов П.И.	ВОЛНОВАЯ РЕГРЕССИЯ	88
Туктарова П.А., Массель А.Г.	ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАУЧНЫХ РАБОТНИКОВ	89
Ушаков В.А., Григорьева Е.Д.	РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ ENGEE РЕКУРРЕНТНЫХ СООТНОШЕНИЙ ТИПОВЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗВЕНЬЕВ	90
Ходашинский И.А.	НЕЧЕТКИЕ КЛАССИФИКАТОРЫ И МЕТАЭВРИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ	91
Цыренжапова В.В., Иваньо Я.М., Петрова С.А.	МНОГОУРОВНЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ РАЗНЫХ АГРОЛАНДШАФТНЫХ РАЙОНОВ	92
Шемахин А.Ю.	CFD-МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА СИНТЕЗА МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ С УЧЕТОМ МОДЕЛИ ДРОБЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ТАБЛЕТОК	93
Шестаков В.К., Загорулько Ю.А., Сидорова Е.А.	АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОГЛАСОВАННОСТИ НАБОРОВ ДАННЫХ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ АРГУМЕНТАЦИИ ИЗ ТЕКСТА	94
Юмашев Е.А.	СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ	95
Яхьяева Г.Э.	О КЛАССИЧЕСКИХ И КВАНТОВЫХ КОРРЕЛЯЦИЯХ В РАЗМЫТЫХ (НЕЧЕТКИХ) МОДЕЛЯХ	96