



Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ И УПРАВЛЕНИИ

Тезисы XXVI Байкальской  
Всероссийской конференции  
с международным участием  
30 июня - 8 июля

Иркутск 2021

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

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

**30 июня – 8 июля  
2021**

## Содержание

Аршинский Л.В. Шурховецкий Г.Н.	Проблемы защищённого хранения данных во внешних хранилищах	7
Ан Г.В.	Разработка информационного веб-портала на основе онтологии	7
Барт А.А. Проханов С.А. Привезенцев А.И. Фазлиев А.З. Старченко А.В.	Использование онтологий в задаче загрязнения городского воздуха транспортной инфраструктурой	8
Борисоглебская Л.Н. Сергеев С.М. Данилевич Д.В. Пахолкин Е.В.	Методика определения целесообразных затрат на информационную безопасность	9
Борисоглебская Л.Н. Сергеев С.М. Лебедева Я.О.	Моделирование проблемы энергоэффективности удаленных аграрных хозяйств	10
Боровиков А.Ю. Маслов О.А. Кузнецов С.Е. Глебов И.О.	Подход к повышению уровня доверия к аппаратно-программным платформам информационных систем критически важных инфраструктур с целью предупреждения компьютерных атак с использованием уязвимостей в ПО bios	11
Волков В.Н. Лунев Р.А. Стычук А.А.	Электронные услуги населению как инструмент решения проблем городского хозяйства	14
Ворожцова Т.Н. Иванова И.Ю. Майсюк Е.П.	Применение онтологий для анализа взаимосвязей энергетики и экологии с качеством жизни	15
Гальперова Е.В.	Моделирование развития распределенной генерации в прогнозных исследованиях конъюнктуры региональных энергетических рынков	16
Гаськова Д.А.	Методы анализа киберситуационной осведомленности об энергетических объектах	17
Герасимов М. Тырсин А.Н.	Algorithms for descent along nodal straight lines in the problem of estimating regression equations by the least absolute deviations method	18
Гиндуллина Р.Г.	Реинжиниринг бизнес-процесса передачи данных о случаях инфекционного заболевания COVID-19 в медицинских организациях	19
Гонченко А.С.	О хаотической динамике в неголономной модели Кельтского камня	20
Городняя Л.В.	От трудно решаемых проблем к парадигмам программирования	20
Грибова В.В.	Сильный искусственный интеллект. Очередной хайп или реальность?	21
Довудов С.У. Дунаев М.П.	Моделирование электропривода постоянного тока с частотно-импульсным преобразователем в среде Matlab/Simulink	22
Донской И.Г.	Численная оценка пределов тепловой устойчивости горения низкосортного твердого топлива в плотном слое в приближении средней температуры реагирования	23

Дранко О.И.	Управление стоимостью электрогенерирующего предприятия	24
Дунаев А.М. Дунаев М.П.	Апробация автоматизированной подсистемы диагностирования преобразователей частоты	25
Еремин Н.В.	Расчетно-экспериментальное исследование ползучести металлокомпозитного бака высокого давления	26
Загорулько Г.Б. Загорулько Ю.А.	Применение паттернов онтологического проектирования при обучении методам разработки онтологий	27
Загорулько Ю.А. Загорулько Г.Б.	Автоматизированная разработка онтологий научных предметных областей на основе системы паттернов онтологического проектирования	28
Зароднюк М.С. Каганович Б.М. Стенников В.А. Барахтенко Е.А.	Использование экологических блоков в термодинамическом моделировании интегрированных энергетических систем	29
Зорина Т.Г.	Интеграция возобновляемых источников энергии в структуру энергопроизводства республики Беларусь: сценарное моделирование	30
Зубарев А.Ю.	Временные интерливинговые процессы временных сетей петри со слабой временной и устойчиво атомарной пространственной стратегиями	32
Измайлова Ю.А. Марчевский И.К. Сокол К.С.	Схемы повышенной точности для решения граничных интегральных уравнений в вихревых методах	33
Колесник С.А. Булычев Н.А.	Параллельный алгоритм численного решения обратных коэффициентных задач анизотропной теплопроводности	34
Колокольцева И.М. Барсукова М.Н. Иванько Я.М.	Оптимизация аграрного производства в условиях биологических рисков	36
Колосок И.Н. Гурина Л.А.	Модели киберустойчивости в условиях цифровой трансформации ЭЭС	37
Костромин Р.О.	Сравнительный обзор средств управления конфигурациями ресурсов вычислительной среды функционирования цифровых двойников	38
Крылов С.С. Булакина М.Б. Ляпина С.Ю.	Принципы построения интеллектуальной цифровой среды в университете как основа современного учебного процесса	39
Кузнецов Н.В. Беляев Я.В. Индейцев Д.А. Лобачев М.Ю. Лукин А.В. Попов И.А. Юлдашев М.В. Юлдашев Р.В.	Математическое моделирование систем управления колебаниями и обработкой информации в МЭМС гироскопах	40
Кузьмин В.Р.	Методический подход, алгоритмы и программы для оценки влияния энергетических систем и комплексов на окружающую среду	41
Куклин Е.В.	Использование API Google Maps для создания инструментария моделирования и визуализации природных угроз объектам энергетики Байкальского региона	42

Куликов В.В. Куцкий Н.Н.	Использование градиентного алгоритма для параметрической оптимизации пи-регулятора с переменными параметрами в условиях ограничения на регулирующее воздействие	43
Лаврентьев Н.А. Лаврентьева Н.Н. Привезенцев А.И. Фазлиев А.З.	Научная графика в молекулярной спектроскопии	44
Латыпова А.Р.	Реинжиниринг процессов формирования отчётности на станкостроительном предприятии	45
Лосев А.С.	Эмуляция данных для цифровых двойников с использованием виртуального стенда SCADA	46
Мазитов Р.И.	Система автоматической сортировки электронных писем	46
Массель А.Г. Мамедов Т.Г.	Реинжиниринг программного комплекса для исследований направлений развития топливно-энергетического комплекса	48
Марчевский И.К. Щеглов Г.А. Дергачев С.А.	Моделирование пространственного обтекания тел методом вихревых петель	49
Массель А.Г. Щукин Н.И. Цыбиков А.Р.	Цифровая тень как компонент цифрового двойника солнечной электростанции	50
Массель Л.В. Пестерев Д.В.	Интеграция исследований устойчивости энергетических и социо-экологических систем с использованием методов искусственного интеллекта	51
Массель Л.В. Стенников В.А.	Цифровые двойники в энергетике на основе научного инструментария	53
Михеев А.В.	Анализ эволюции исследований энергетических систем с помощью динамического тематического моделирования	55
Никулина Н.О. Малахова А.И. Баталова В.И.	Методика оценки вклада участников проектной команды в достижение целей ИТ-проекта	56
Петрова С.А. Цыренжапова В.В. Иванько Я.М.	Модели прогнозирования в решении задач параметрической оптимизации аграрного производства	57
Полисадова А.И. Берестнева О.Г. Романчуков С.В. Берестнева Е.В. Давтян А.Г. Шабалина О.А.	Разработка информационной системы для анализа и моделирования социального и экономического развития региона	59
Попова О.М.	Варианты вывода информации в картографическом виде для задачи развития системообразующей электрической сети	60
Прозорова Г.В. Туренко С.К.	О возможности использования современных ГИС для реализации интеллектуального анализа геоданных	60
Путилина Е.В.	Разработка методического инструментария оценки и отбора инвестиционных проектов в сфере социального предпринимательства	61
Пяткова Н.И. Массель А.Г. Мамедов Т.Г.	Технология вычислительного эксперимента при исследовании работы энергетических отраслей при реализации угроз энергетической безопасности	62

Расторгуев И.А. Щепетина Т.Д. Баланин А.Л.	Оценка инфраструктурной доступности регионов с позиций освоения и развития с помощью геоинформационной системы	64
Расторгуев И.А. Щепетина Т.Д.	Методика поиска оптимальной конфигурации системы атомных станций с учетом влияния рисков, капитальных затрат и ущербов от аварий	65
Рейзмунт Е.М. Доронин С.В.	Цифровые модели нагруженности прецизионной зеркальной антенны для интеллектуальной поддержки стадии эксплуатации	66
Рятина Е.П. Марчевский И.К.	Эффективный алгоритм решения задачи N тел в вихревых методах вычислительной гидродинамики	67
Семенова В.А.	Численный метод нормализации эмпирического $V^{TF}$ -контекста в онтологическом анализе данных	68
Симонов Н.А.	Модель пятен для представления и обработки семантической информации в задачах искусственного интеллекта	69
Сокол К.С. Марчевский И.К.	Моделирование динамики протяженных погруженных конструкций методом плоских сечений с использованием вихревых методов	70
Станкевич Н.В.	Радиофизические генераторы хаотических сигналов для систем связи	71
Столбов А.Б. Лемперт А.А. Павлов А.И.	Реализация компонентно-ориентированного моделирования в платформе создания систем, основанных на знаниях	72
Труфанов А.И. Андреева А.М. Тихомиров А.А. Берестнева О.Г. Марухина О.В.	Комплексные сети в анализе трансформации авторского стиля русских литературных текстов	73
Трофимов И.Л.	Геоинформационная вычислительная система для прогнозирования развития региональных, национальных, межгосударственных электроэнергетических систем и объединений	74
Тучкова Н.П. Моисеев Е.И. Атаева О.М.	Анализ вклада отечественных ученых в науку или несостоявшееся цитирование математиков	75
Тырсин А.Н.	Дифференциальная энтропия как математическая модель в задачах исследования сложных систем	76
Фатькина Ю.В. Степаненко Н.П. Берестнева О.Г. Лызин И.А.	Взаимосвязь между показателями иммунного статуса и цитокинового профиля детей, страдающих хроническим пиелонефритом	77
Филиппова Ю.Ф. Доронин С.В.	Цифровые модели живучести для поддержки жизненного цикла стержневых конструкций	79
Хан В.В. Деканова Н.П. Хан П.В.	Модель принятия решений при выборе вариантов развития теплоснабжения малых и средних населенных пунктов	80
Хан П.В. Таиров Э.А. Сафаров А.С.	Исследование влияния засыпки на флуктуации давления в двухфазном потоке	81

Цыбиков А.Р. Щукин Н. И.	Агентно-сервисный подход к разработке цифрового двойника солнечной электростанции	
Шабалин А.С.	Информационно-образовательная среда обучения Forlabs	82
Шаяхметова З.А. Шилина М.А.	Автоматизация процессов аудита общих компьютерных контролей на примере тестирования системы SAP	84
Шемахин А.Ю. Желтухин В.С.	Математическое моделирование потока ВЧ-плазмы пониженного давления с модельным заряженным образцом	85
Юрин А.Ю. Дородных Н.О. Коршунов С.А. Сопп Д.Ю. Шпаченко Д.С.	Средства визуального моделирования и генерации кода нечетких продукций	86
Якушева О.Р. Аничкин А.С. Семенов В.А.	Метод и инструмент генерации тестов для программ проектного планирования	87

## **ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИЩЁННОГО ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ ВО ВНЕШНИХ ХРАНИЛИЩАХ**

Аршинский Л.В., Шурховецкий Г.Н.

*Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск*

*e-mail: larsh@mail.ru*

Одним из препятствий на пути широкого распространения облачных технологий хранения данных является проблема доверия к поставщикам этих услуг. Несмотря на широкое предложение подобных сервисов, число которых измеряется уже тысячами, потенциальные пользователи по-прежнему не решаются доверять им конфиденциальную информацию. Как показывают исследования, в основном это связано с проблемой доверия. И дело не только в том, что известны случаи массовых утечек данных из хранилищ. Существеннее факт, что важную для клиента информацию приходится помещать в неконтролируемых им местах. Как результат, над пользователем висит угроза доступа к информации посторонних. Это могут быть случайные утечки, атаки хакеров, злоумышление или недобросовестность персонала, «добросовестная» передача данных в соответствии с законодательством и т.п. В любом случае потенциальный пользователь чувствует себя не защищённым. Это снижает интерес к подобным технологиям.

Традиционным приёмом защиты конфиденциальных данных служит криптография. Несмотря на то, что далеко не все облачные сервисы предоставляют такую возможность, пользователь и сам может шифровать данные перед их отправкой в хранилище. Это даже имеет свои преимущества: если клиент шифрует сам, информация нигде не появится в открытом виде. Шифрование же на стороне провайдера делает её доступной для владельцев сервиса, что влечёт соответствующие риски. Однако качественную криптографическую защиту могут обеспечить не все пользователи. В результате уязвимостей алгоритмов шифрования, слабости ключей и т.п. сохраняется угроза компрометации. В связи с этим актуальной становится разработка иных, в том числе некриптографических средств защиты, которые становятся дополнительным барьером для злоумышленника.

В докладе рассматривается один из таких методов, основанный на принципе рассеяния-разнесения. Это некриптографический приём, аналогичный пространственно-временному распылению в задачах стеганографии и телекоммуникации. Он основан на рассеянии исходного сообщения на фрагменты и разнесении фрагментов по разным, в том числе географически удалённым точкам. В результате, если у кого-то на стороне провайдера появится интерес к клиентским данным, ему в руки попадёт только часть информации, которая при должной реализации метода не позволит ему этим воспользоваться. Изучаются возможности и различные реализации данного метода.

## **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОГО ВЕБ-ПОРТАЛА НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИИ**

Ан Г.В.

*Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН, Иркутск*

*e-mail: GodBlessYa@gmail.com*

Поставлена задача разработки информационной системы, в которой, на базе описанных онтологий, будет сформирована внутренняя структура приложения, а также графический

интерфейс веб-сервиса для дальнейшей интеллектуальной поддержки принятия решений в энергетике и экологии с учетом качества жизни.

Предложен способ интеграции компонентов программного обеспечения, участвующих в построении онтологии, когнитивных карт и наполнении данными о предметной области, представленных в виде расчетных модулей, формул, информацией из внешних источников.

Использование семантических и онтологических стандартов при построении информационной системы поможет наладить обмен и сопоставление данных, выявление коллизий и согласование противоречий.

Разрабатываемая информационная система позволит как проводить научные исследования, выполняемых на основе математического моделирования и семантических технологий, так и отслеживать текущее состояние каждого из компонентов описанной экспертами предметной области.

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЙ В ЗАДАЧЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОГО ВОЗДУХА ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ**

Барт А.А.<sup>1</sup>, Проханов С.А.<sup>1</sup>, Привезенцев А.И.<sup>2</sup>,

Фазлиев А.З.<sup>2</sup>, Старченко А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск*

<sup>2</sup>*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск*

*e-mail: faz@iao.ru*

Доклад посвящен описанию результатов работы по оценки загрязнения воздуха автотранспортом в городе. Эта задача разбита на пять подзадач: описание транспортной системы в форме онтологии, описывающей элементы дорожной сети, в которой рассматриваются перекрестки с пробками, адаптация стандартной методики для вычисления загрязнения, контроль оценки числа автомобилей в дорожных пробках, создание базы данных для хранения первичных данных и результатов вычислений, и, последней задачей является проведение расчетов для понимания распространения загрязнений в городе и пригородной местности.

В докладе приводится описание созданной онтологии и охарактеризованы некоторые свойства необходимые для проведения расчетов. В их числе способ определение числа и типа автомобилей в пробках, типов автомобилей и их средних скоростей, характеристики дорожных пролетов и перекрестков, балльность пробок и количественная оценка средней скорости движения автомобилей в пробках, а также другие параметры.

Контроль за количеством автомобилей, средней скорости и типа автотранспорта осуществляется при анализе видеозаписи публичных городских видеокамер. Для распознавания используются нейронные сети, обучаемые в начальном периоде исследований. Остальные три подзадачи рассматриваются фрагментарно.

**Благодарности.** Авторы благодарны Российскому научному фонду за поддержку проекта 19-71-20042, в рамках которого выполнена данная работа.

# МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНЫХ ЗАТРАТ НА ИНФОРМАЦИОННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ

Борисоглебская Л.Н.<sup>1</sup>, Сергеев С.М.<sup>1,2</sup>, Данилевич Д.В.<sup>1</sup>, Пахолкин Е.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орел

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург  
e-mail: boris-bleb@rambler.ru

Работа посвящена задаче определения объема целесообразных затрат для поддержания необходимого уровня информационной безопасности. Данное исследование имеет практическое значение для деятельности Инжинирингового центра технологий цифровой среды для обеспечения комплексной безопасности телекоммуникации, средств связи и энергоэффективности Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева (ИЦ ТЦС). Результаты применяются при выборе стратегии поведения на рынке стратегически важных инновационных продуктов. Рассматривается вывод инновационного продукта на массовый рынок в условиях присутствия на рынке конкурирующих организаций. При формировании бизнес-планов, прогностическом планировании, основной проблемой является недостаток сведений о рынке сбыта, о динамике спроса и стратегиях конкурентов. Решение этих вопросов лежит в применении научно-обоснованных методик, математического моделирования и методов стохастической оптимизации [1]. В рамках формирования ассортиментной матрицы необходимо тщательное планирование при выборе стратегии выхода на рынок с инновационным продуктом [2]. Такое решение меняет не только структуру потребительского спроса, но и сегментацию рынка. Представленные в рамках данного исследования материалы и математическая модель, разработанные в соответствии с программой деятельности ИЦ ТЦС дают возможность осуществить прогнозный расчет экономически важных показателей и сопутствующих издержек, связанных с обеспечением информационной безопасности.

## Список литературы

1. Sergeev S.M. Expansion of DEA methodology on the multimodal conception for the 3PL // В сборнике: Modern informatization problems in simulation and social technologies Proceedings of the XXIII-th International Open Science Conference. Editor in Chief O.Ja. Kravets. 2018. С. 169-176.
2. Borisoglebskaya L.N., Provotorov V.V., Sergeev S.M., Kosinov E.S. Mathematical aspects of optimal control of transference processes in spatial networks // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering International Workshop "Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering – MIP: Engineering – 2019". Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. С. 42025.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ УДАЛЕННЫХ АГРАРНЫХ ХОЗЯЙСТВ

Борисоглебская Л.Н.<sup>1</sup>, Сергеев С.М.<sup>1,2</sup>, Лебедева Я.О.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орел

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург

<sup>3</sup>БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, Санкт-Петербург

*e-mail: boris-bleb@rambler.ru*

В статье изложены результаты исследований в рамках выполнения стратегических направлений деятельности Инжинирингового центра технологий цифровой среды для обеспечения комплексной безопасности телекоммуникации, средств связи и энергоэффективности Орловского государственного университета им. И.С. Тургенева (ИЦ ТЦС). При формировании области деятельности ИЦ ТЦС, принимались во внимание цели и задачи, поставленные в ряде документов стратегического характера, включая Национальную программу «Цифровая экономика Российской Федерации» [1] и Национальный доклад о результатах реализации в 2018 году Госпрограммы развития сельского хозяйства [2]. Эти документы подтверждают, что решение стратегических задач программы развития сельского хозяйства требует применения научно-обоснованных методик.

Рассмотрен актуальный для аграрного сектора вопрос функционирования периферийных сельскохозяйственных объектов в условиях ограниченных энергоресурсов. Предложен научный подход с использованием математического моделирования. Цифровизация позволяет решить одну из самых сложных проблем их внедрения. Именно возможность оперировать с потоком данных в цифровой форме [3] и в режиме реального времени является ключевым аргументом при внедрении математических оптимизационных моделей. Такая концепция позволит полнее реализовать потенциал периферийных и удаленных агропромышленных хозяйств, что является принципиально важным с учетом масштабов нашей страны.

## Список литературы

1. Паспорт национального проекта Национальная программа "Цифровая экономика Российской Федерации" (утв. протоколом заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 4 июня 2019 г. № 7) - URL: <http://www.consultant.ru/>
2. Национальный доклад о ходе и результатах реализации в 2018 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 годы (утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 июня 2019 го-да №1352-р) - URL: <http://www.consultant.ru/>
3. Borisoglebskaya L.N., Provotorov V.V., Sergeev S.M., Kosinov E.S. Mathematical aspects of optimal control of transference processes in spatial networks // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering International Workshop "Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering – MIP: Engineering – 2019". Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2019. С. 42025.

# **ПОДХОД К ПОВЫШЕНИЮ УРОВНЯ ДОВЕРИЯ К АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫМ ПЛАТФОРМАМ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ИНФРАСТРУКТУР С ЦЕЛЬЮ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ АТАК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УЯЗВИМОСТЕЙ В ПО BIOS**

Боровиков А.Ю., Маслов О.А., Кузнецов С.Е., Глебов И.О.

*ПФ АО "НТЦ "Атлас", Пенза*

*e-mail: alexey\_bau@mail.ru*

При создании специализированных изделий, применяемых в составе информационных систем критически важных инфраструктур, помимо реализации целевых функций, перед Разработчиком стоит задача выполнения требований по обеспечению отсутствия недокументированных функциональных возможностей и уязвимостей программного обеспечения, способных нарушить штатный алгоритм работы изделий и заданные характеристики безопасности, такие как доступность, целостность, конфиденциальность. К рассматриваемым специализированным изделиям могут быть отнесены устройства управления техническими средствами (каналообразующими средствами, робототехникой, производственным оборудованием и иными системами), средства защиты информации от несанкционированного доступа (межсетевые экраны, средства обнаружения вторжений, автоматизированные рабочие места в защищенном исполнении и т.п.) и прочие вычислительные устройства, к которым предъявляются требования по обеспечению высокой надежности и доступности информации.

Также специализированные изделия должны обеспечивать определенные гарантии по противодействию компьютерным атакам. При этом компьютерные атаки можно условно разделить на два класса: атаки, ориентированные на уязвимости в ПО (ОС, СУБД, прикладное ПО и т.д.), функционирующем на произвольной аппаратной платформе, и атаки, ориентированные на ПО, жестко установленное в аппаратные компоненты (firmware), используемые при создании аппаратных платформ.

В данной работе рассматривается подход по созданию доверенной аппаратно-программной платформы на базе системной логики фирмы Intel для создания специализированных изделий, неподверженных компьютерным атакам на программное обеспечение BIOS.

Актуальность данного вопроса подтверждается неоднократными фактами обнаружения критичных с точки зрения нарушения заданных характеристик безопасности уязвимостей в ПО BIOS.

Так по результатам проведенного анализа базы данных уязвимостей CVE, было установлено наличие более 20 актуальных уязвимостей в ПО BIOS, в основном связанных с ошибками в программном обеспечении встроенных в BIOS технологий Intel ME (Intel TXE, Intel ATM).

При этом также не стоит забывать о потенциально опасных функциональных возможностях, заложенных разработчиком и незадекларированных в документации, для возможности получения скрытого контроля и доступа к информации и ресурсам в дальнейшем при эксплуатации специализированных изделий, построенных на базе выбранной аппаратной платформы.

Решение данного вопроса усложняется также тем, что подавляющее большинство средств вычислительной техники построены на аппаратно-программных платформах

иностранного производства, для которых не обеспечиваются гарантии проектирования и архитектуры, а также зачастую отсутствует необходимый комплект конструкторской и программной документации, позволяющий обеспечить требуемый уровень доверия к указанным платформам.

Безусловно, в ходе проведения государственной программы по импортозамещению на российском рынке появились аппаратные компоненты, такие как процессоры, СБИС, специализированные микроконтроллеры и т.д., отечественной разработки от ведущих производителей АО «МЦСТ», АО НПЦ «ЭЛВИС», АО «Байкал Электроникс». Однако их номенклатура, характеристики и объемы производства на настоящее время не позволяют в полной мере заместить аппаратные компоненты импортного производства особенно в специализированных изделиях, которые используются в жестких условиях эксплуатации.

Таким образом, вопрос доверия к аппаратно-программным платформам иностранного производства в части предотвращения компьютерных атак на ПО BIOS является в настоящее время одним из приоритетных вопросов для обеспечения безопасности информации.

Доверенная аппаратно-программная платформа (ДАПП) – это совокупность аппаратно-программных средств и коммуникационных ресурсов, для которых однозначно определены состав, архитектура, алгоритмы функционирования, условия применения, правила обработки информации, проведены исследования на соответствие требованиям по безопасности информации в объеме, согласованном с конкретным регулятором, и получены соответствующие разрешительные документы на программные компоненты, в том числе на микропрограммное обеспечение.

Для ДАПП необходимо выполнение следующих обязательных условий:

- гарантия проектирования и наличие конструкторской документации на аппаратную платформу;
- наличие исходного кода, программной документации и отсутствия опасных функциональных возможностей в микропрограммном обеспечении аппаратной платформы;
- применение сертифицированных по требованиям безопасности информации общесистемного, прикладного и специального программного обеспечения по соответствующему уровню контроля отсутствия недеklarированных возможностей;
- применение сертифицированных аппаратно-программных или программных средств защиты информации и средств антивирусной защиты для обеспечения невозможности работы несанкционированных пользователей и замкнутости программной среды;
- поддержка на всем жизненном цикле микропрограммного обеспечения, операционной системы и прикладного программного обеспечения и оперативное устранение обнаруженных в указанном программном обеспечении уязвимостей.

При этом на объекте применения данных средств необходимо обеспечить наличие конструктивных средств защиты от несанкционированного доступа к внутренним цепям, аппаратному обеспечению и внешним разъёмам, реализовать организационно-режимные и технические меры защиты, а также сформировать и применить регламент настройки и тестирования работоспособности и корректности работы используемых механизмов и средств защиты.

Выполнение указанных условий и реализация организационно-режимных мероприятий позволит создавать средства, отвечающие требованиям нормативно-правовых актов и руководящих документов по защите информации, и обеспечивающие необходимый уровень доверия к ним.

**Заключение.** В результате проведения инициативных научно-исследовательских работ:

Разработано и проведено функциональное тестирование отечественного программного обеспечения «Загрузчик операционных систем Горизонт» (ПО ЗОС), выполняющего функции ПО BIOS и реализующего меры защиты информации от несанкционированного доступа.

Из ПО ЗОС исключены потенциально опасные функциональные возможности встроенного в центральный процессор микроконтроллера Intel Trusted Execution Engine (ТХЕ).

Разработана программная документация на ПО ЗОС, по составу и содержанию обеспечивающая возможность проведения сертификационных испытаний по требованиям безопасности информации в системах сертификации ФСТЭК России, ФСБ России и МО РФ.

Разработано методическое и технологическое обеспечение по разработке и отладке ПО ЗОС.

Кроме того, получено Заключение ФСБ России на соответствие ПО ЗОС требованиям к ПО BIOS для 2-ой группы АСЗИ и Сертификат соответствия по требованиям безопасности информации МО РФ от 10.02.2021 г. №5196 по 2-му уровню контроля отсутствия недеklarированных возможностей и по соответствию реальных и декларируемых в документации функциональных возможностей.

Также установлено, что данный подход по повышению уровня доверия к аппаратно-программным платформам иностранного производства может быть в полной мере применен и для аппаратно-программных платформ отечественного производства. На настоящее время ведущими специалистами ПФ АО «НТЦ «Атлас» ведутся работы по дальнейшему развитию ПО ЗОС Горизонт и созданию доверенных аппаратно-программных платформ на базе процессорных модулей с процессорами АО «МЦСТ» (Эльбрус 2С3) и АО НПЦ «ЭЛВИС» (1892ВА018).

Таким образом, полученные результаты в рамках работ позволяют сделать вывод о возможности создания доверенной аппаратно-программной платформы на базе аппаратных компонент импортного и отечественного производства для её применения в изделиях информационных систем критически важных инфраструктур в соответствии с требованиями по безопасности информации и неподверженную компьютерным атакам с использованием уязвимостей в ПО BIOS.

## **ЭЛЕКТРОННЫЕ УСЛУГИ НАСЕЛЕНИЮ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

Волков В.Н., Лунев Р.А., Стычук А.А.

*Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, Орел*

*e-mail: infsys@oreluniver.ru*

На сегодняшний день основная масса населения проживает и работает в городах и важное значение приобретает формирование современной, комфортной городской среды. Для достижения поставленных целей следует решить целый ряд задач, в т.ч. организация рациональной системы взаимодействия между участниками хозяйственных отношений, внедрение современных информационных технологий в процесс управления городским хозяйством. Наиболее перспективным подходом представляется использование распределенных автоматизированных информационных центров для оперативного и эффективного взаимодействия органов власти с гражданами.

Предлагаемая концепция мобильных приложений быстрого реагирования направлена на оперативное оповещение городских служб об обнаруженной проблеме. Вся передаваемая в ситуационный центр и из него информация хранится для последующей обработки с целью выявления закономерностей в работе коммунальных служб и возникающих проблем в городе, поэтому важно организовать доступ на базе облачных технологий к этой информации. Для решения проблем городского хозяйства с использованием механизма электронных услуг предполагается существование информационного центра, куда поступают все обращения жителей города. В реализации данной технологии определение источника проблемы, категоризацию ее и идентификацию, целесообразно осуществлять в ситуационном центре, в который будет попадать вся информация о проблемах города, что позволит принять решение о направлении информации по возникшей проблеме ответственным организациям. В свою очередь обслуживающие организации отслеживают перенаправляемые из ситуационного центра сообщения о возникающих проблемах посредством специализированного веб-интерфейса и принимают решение по их устранению. Определение ответственной организации, которой отправляется заявка, осуществляется на сервере обработки заявок с помощью системы ключевых слов. Имея в мобильном приложении заранее сформированный набор хеш-тегов, с возможностью его пополнения, пользователь сможет быстро и точно описать характер возникшей проблемы.

Таким образом, создание электронной услуги населению на базе технологии мобильных приложений быстрого реагирования для решения проблем городского хозяйства, позволит создать масштабируемое решение, учитывающее интересы конечных потребителей. Подобные системы можно выстраивать в иерархию систем, что даст возможность более эффективно собирать и обрабатывать геоинформацию.

# ПРИМЕНЕНИЕ ОНТОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ВЗАИМОСВЯЗЕЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭКОЛОГИИ С КАЧЕСТВОМ ЖИЗНИ

Ворожцова Т.Н., Иванова И.Ю., Майсюк Е.П.

*Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН, Иркутск*

*e-mail: tnn@isem.irk.ru*

Для выполнения исследований антропогенного влияния функционирования объектов энергетики на природную среду и человека в ИСЭМ СО РАН предложено использование семантических методов, в частности, онтологического и когнитивного моделирования. Для этих целей разрабатывается онтологическое пространство знаний, представляющее собой систему взаимосвязанных онтологий, обеспечивающих интеграцию знаний разных предметных областей. Основными компонентами данного онтологического пространства знаний являются онтологии энергетики и экологии, отражающие основные взаимосвязи данных предметных областей исследований. Для учета требований к функционированию объектов энергетики, связанных с необходимостью сохранения природной среды и условиями проживания населения, предложено использовать понятие «качество жизни». Онтологический подход к описанию знаний позволяет представить требуемые компоненты знаний разных предметных областей в формализованном виде с целью установления основных взаимосвязей и согласования методологического и информационного обеспечения. Индикаторы качества жизни рассматриваются как способ оценки и сопоставления положительного и отрицательного влияния функционирования объектов энергетики на конкретной территории.

В работе рассматривается практическое использование онтологического подхода для выявления и анализа взаимосвязей между свойствами объектов энергетики и особенностями антропогенного влияния этих объектов на элементы природной среды и качество жизни населения. На основе разработанных онтологий антропогенного воздействия, антропогенного загрязнения и антропогенного последствия выполнена детализация зависимостей показателей влияния энергетического объекта от его особенностей – типа этого объекта, его технических и производственных показателей – состава энергоисточников, типов оборудования, мощности, количества производимой тепловой и электрической энергии.

На основе разработанной ранее метаонтологии показаны примеры антропогенного влияния тепловых электростанций, сжигающих каменный уголь и природный газ, а именно, конкретизированы антропогенные факторы, антропогенное воздействие, антропогенное загрязнение и последствия в элементах природной среды. Проведена сопоставительная оценка зависимости количества выбросов (как количественной меры антропогенного фактора) с риском заболеваний (как меры качества жизни) между двумя прибрежными территориями оз. Байкал: Ольхонским и Слюдянским районами.

**Благодарности.** Работа выполняется в рамках проекта, поддержанного грантом РФФИ № 20-07-00195 «Методы построения онтологического пространства знаний для интеллектуальной поддержки принятия решений в энергетике и экологии с учетом качества жизни».

# МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ В ПРОГНОЗНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ КОНЬЮНКТУРЫ РЕГИОНАЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЫНКОВ

Гальперова Е.В.

*Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН, Иркутск*

*e-mail: galper@isem.irk.ru*

Исследования конъюнктуры региональных энергетических рынков были и остаются в ряду наиболее важных и актуальных задач при прогнозировании путей развития энергетики и принятии стратегических решений в области энергетической безопасности. Решение подобной задачи требует учета множества факторов, характеризующихся большой неопределенностью как по времени их возникновения, так и по силе и важности влияния на спрос и цены на энергоресурсы в регионе. Одним из новых факторов, возникающих с переходом энергетики на траекторию интеллектуального развития является появление у потребителей установок распределенной генерации (РГ). В этом случае при моделировании системы энергоснабжения региона на разных этапах прогнозного периода, мощности потребителей, имеющих собственные источники производства электроэнергии необходимо включать в состав генерирующих мощностей, а экономические показатели РГ для каждого сектора экономики (жилого, коммерческого, промышленности) определять отдельно с учетом удешевления используемой технологии при увеличении масштаба ее применения.

Для моделирования развития РГ в условиях возрастающей неопределенности целесообразно использовать сочетание метода оптимизации с методом Монте-Карло. Первый позволяет оптимизировать развитие систем энергоснабжения региона по критерию минимума приведенных дисконтированных затрат на производство энергии, а второй учесть неопределенность перспективных условий этого развития.

Включение установок РГ в модели систем энергоснабжения позволит оценить, в какой степени может изменяться стоимость и спрос на электроэнергию при разных вариантах развития РГ в регионе.

**Благодарности.** Исследование выполнено в рамках Проекта государственного задания №FWEU-2021-0003 Программы фундаментальных исследований РФ на 2021-2030гг. (рег. № АААА-А21-121012090014-5) и при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-010-00204

# МЕТОДЫ АНАЛИЗА КИБЕРСИТУАЦИОННОЙ ОСВЕДОМЛЕННОСТИ ОБ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ

Гаськова Д.А.

*Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН, Иркутск*

*e-mail: gaskovada@gmail.com*

В работе под киберситуационной осведомленностью (КСО) энергетических объектов понимается осведомленность о состоянии киберсреды энергетических объектов, включающую информацию: о критических уязвимостях энергетических объектов с точки зрения кибербезопасности; о киберугрозах, инициирующих эти критические уязвимости, а также о техногенных угрозах энергетической безопасности, вызванных киберугрозами. Киберситуационная осведомленность рассматривается с двух точек зрения [1]:

- Техническая составляющая – сбор, обработка, объединение и визуализация данных для проведения технической оценки взаимосвязанных фрагментов информации.
- Когнитивная составляющая касается способности аналитика проводить когнитивный анализ представленных данных, понимать технические последствия и делать выводы, необходимые для принятия обоснованных решений и получения наилучшего результата.

В классической модели ситуационной осведомленности, предложенной Микой Эндсли (Mica Endsley) [2], ситуационная осведомленность предваряет этап принятия решений и не является его частью.

Автор в своей работе рассматривает когнитивную составляющую КСО критической информационной инфраструктуры (КИИ) с учетом цифровой трансформации. В работе рассматриваются методы анализа КСО на основе методов структурирования знаний, искусственного интеллекта, в частности семантического моделирования, экспертных систем, визуальной аналитики. Предложенные методы поддерживаются интеллектуальным программным комплексом «ОКО», который включает компоненты 1) экспертная система «Cyber» для формирования векторов атак на КИИ; 2) компонент байесовских сетей доверия «ThreatNet» для моделирования сценариев нарушения кибербезопасности КИИ и вычисления вероятностей возможных последствий от реализации киберугроз; 3) компонент «RiskMap» для оценки рисков реализации киберугроз, влияющих на наступление экстремальных ситуаций в энергетике, реализующий методы когнитивной графики.

**Благодарности.** Результаты получены в рамках выполнения проекта по госзаданию ИСЭМ СО РАН FWEU-2021-0007 № АААА-А21-121012090007-7, отдельные аспекты прорабатывались в рамках проектов, поддержанных грантами РФФИ № 19-07-00351, № 20-010-00204, Бел\_мол\_a № 19-57-04003.

## Список литературы

1. Frank U., Brynielsson J. Cyber Situational Awareness – A systematic review of literature. Computer Security. 2014. No. 46, P. 18-31, Stockholm, Sweden. DOI: 10.1016/j.cose.2014.06.008.
2. Endsley M.R. Theoretical underpinnings of situation awareness: A critical review. In M.R. Endsley, D.J. Garland (Eds), Situation awareness analysis and measurement. 2000. P.3-21. DOI: doi.org/10.1201/b12461.

# ALGORITHMS FOR DESCENT ALONG NODAL STRAIGHT LINES IN THE PROBLEM OF ESTIMATING REGRESSION EQUATIONS BY THE LEAST ABSOLUTE DEVIATIONS METHOD

Gerasimov Michail<sup>1</sup>, Tyrsin Alexander<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Technische Universität Braunschweig, Germany*

<sup>2</sup>*Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia*

*email: [at2001@yandex.ru](mailto:at2001@yandex.ru)*

The article deals with the problem of estimating linear regression equations by the least absolute deviations method. Using the exact way of its implementation, it significantly loses out on the speed of the least squares method. The fastest algorithm is based on coordinate descent along nodal straight lines and has a computational complexity proportional to the square of the number of observations, which limits its practical application in monitoring and diagnostic tasks.

The purpose of the report is to describe a faster version of the descent along the nodal straight lines, as well as to evaluate its performance. A reduction of computational costs was achieved as instead of calculating the values of the objective function at nodal points, we obtain its derivative in the vicinity of these points in the direction of the nodal line.

Furthermore, the computational efficiency of the gradient descent along nodal straight lines is estimated. For a typical computer, a comparative analysis of the average calculation time for various algorithms of descent along nodal straight lines was performed.

Moreover, a simple example is given to illustrate the implementation of gradient descent. Along with reducing computational costs, the possibility of accumulating computational errors when determining the values of the objective function for large samples is eliminated.

In addition, gradient descent is quite simple to implement: This makes it possible to use the least absolute deviations method as an alternative to the least squares method in various practical applications.

**Acknowledgments.** This work was carried out with the financial support of the RFBR grant, project No. 20-41-660008.

## Bibliography

1. Bloomfield P., Steiger W.L. Least absolute deviations: theory, applications, and algorithms. – Boston-Basel-Stuttgart: Birkhauser, 1983.
2. Tyrsin A., Azaryan A. A Linear regression modeling in monitoring tasks based on the method of least absolute deviations // AIP Conference Proceedings. 2021. Vol. 2333, 090013. 6 p. DOI: 10.1063/5.0041859

# **РЕИНЖИНИРИНГ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ О СЛУЧАЯХ ИНФЕКЦИОННОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ COVID-19 В МЕДИЦИНСКИХ ОРГАНИЗАЦИЯХ**

Гиндуллина Р.Г.

*Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа*

*e-mail: gindullina.regina.mol1@yandex.ru*

В связи с пандемией коронавирусной инфекции в стране в значительной мере увеличилась интенсивность труда медицинских работников амбулаторно-поликлинических учреждений за счет расширения круга функциональных обязанностей, непосредственно связанных с медицинской деятельностью, изменения дополнительной работы с учетно-отчетной документацией.

В медицинской организации, где ведется учет инфекционных заболеваний, ответственным за полноту, достоверность и своевременность регистрации инфекционных заболеваний, а также оперативное сообщение о них в установленном порядке является врач-терапевт организации, выявившей больного. В каждой медицинской организации назначается лицо, ответственное за передачу оперативной информации о выявленных больных инфекционными заболеваниями, часто это являются медицинские сестры-операционисты терапевтических отделений. Таким образом, врач-терапевт принимает пациента, у которого было обнаружено инфекционное заболевание, медицинская сестра получает от врача-терапевта все данные о больном и создает документ о случае инфекционного заболевания во внутренней медицинской ИС медицинской организации, создает документ в региональной ИС «Иммунизация» и также передает данные в федеральную ИС «Регистр COVID-19».

Таким образом, возникает проблема: объем обрабатываемой информации огромен, и необходимо передавать эту информацию сразу в несколько информационных систем, что затрудняет и увеличивает работу сотрудникам медицинских организаций.

Предлагается автоматизировать процесс передачи данных о случаях инфекционных заболеваний, вызванных вирусом COVID-19, с помощью разработки интеграционных сервисов для выгрузки в региональные и федеральные регистры, ранее решавшийся в режиме ручной передачи.

Под интеграцией данных понимается процесс объединения данных из различных источников для получения их согласованного представления, в широком смысле – процесс организации регулярного обмена данными между различными ИС предприятия.

Интеграционный сервис – это инструмент, который позволит совместить все необходимые компоненты в единое целое и обеспечить прозрачность бизнес-процессов, повысить их безопасность и надежность, а также максимально улучшить качество и актуальность корпоративных данных.

В дальнейшем планируется использовать интеграционные сервисы и для других объектов Российской Федерации, работающих с ИС «Иммунизация»: Чукотский автономный округ и г. Севастополь.

# **О ХАОТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКЕ В НЕГОЛОНОМНОЙ МОДЕЛИ КЕЛЬТСКОГО КАМНЯ**

Гонченко А.С.

*Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород  
e-mail: agonchenko@mail.ru*

В работе изучаются динамические свойства кельтского камня, движущегося по плоскости. Рассматриваются одно- и двухпараметрические семейства соответствующих неголономных моделей, в которых изучаются бифуркации приводящие к смене типов устойчивых режимов движения камня, а также к возникновению хаотической динамики.

Кельтским камнем называется твердое тело с округлой симметричной поверхностью, но обладающее динамической асимметрией. Последнее свойство проявляется уже в простейших экспериментах следующим образом. Если положить такой камень на ровную плоскую поверхность и закрутить его вокруг вертикальной оси в некотором направлении, например, по часовой стрелке, то он может устойчиво продолжить свое вращение, как и всякое обычное округлое тело. Однако, если попытаться закрутить такой камень против часовой стрелки, то он, без всякой видимой причины, вскоре замедляет свое вращение, начинает сильно раскачиваться, затем меняет направление вращения на противоположное и, наконец, продолжает устойчиво вращаться по часовой стрелке.

Для исследования динамических свойств кельтского камня необходимо иметь адекватную математическую модель, описывающую его движения. К настоящему времени существует несколько таких моделей. Наиболее популярной и, в определенном смысле, самой простой является, так называемая, неголономная модель движения кельтского камня, основанная на предположении отсутствия проскальзывания при движении (вращение и качение) камня по плоскости.

Эта модель позволяет объяснить не только явление реверса, но и многие другие весьма необычные свойства динамики кельтского камня, многие из которых связаны с существованием у него хаотических движений. Таким образом удастся, например, объяснить возникновение «многократного реверса» - явления часто наблюдаемого в натуральных экспериментах с определенного типа кельтскими камнями.

## **ОТ ТРУДНО РЕШАЕМЫХ ПРОБЛЕМ К ПАРАДИГМАМ ПРОГРАММИРОВАНИЯ**

Городня Л.В.

*Институт систем информатики имени А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск  
e-mail: gorod@iis.nsk.su*

Доклад посвящен описанию и анализу взаимосвязи между трудно решаемыми проблемами и процессом формирования парадигм программирования, которые могут быть полезны при решении таких проблем. Материал для анализа даёт история вычислительной техники, а также малозаметная линия научной деятельности лидера программирования А.П. Ершова в области проявления и развития парадигм программирования. Результаты анализа позволили выполнить систематизацию языков программирования, представлять оценку их сходства и различия, что позволяет строить лаконичные определения относительно парадигмальных моделей. Это даёт возможность стратификации представления

особенностей семантики языков программирования на автономно развиваемые компоненты в процессе пошаговой разработки экспериментальных систем программирования и формирования схем изучения и преподавания системного программирования, что может быть полезным для повышения производительности программного обеспечения. Попутно формируется ранжирование постановок задач по степени их изученности, что влияет на оценку трудоёмкости программирования их решений.

Доклад начинается с общего представления о парадигмах программирования и краткого изложения истории появления этого термина в Тьюринговской лекции Роберта Флойда. Далее выполнено сравнение близких понятий с анализом их специфики, показывающей роль семантики в процессе решения задач с учётом степени их изученности. Затем показана зависимость появления и признания парадигм от их практичности и изученности решаемых задач, а также связанность лексикона программирования с параллельно развивающимися стратегическими исследованиями на уровне теоретических моделей. Таким образом выстраивается последовательность расширения класса практических задач, проявления в нём трудно решаемых проблем и формирования парадигм как общих интуитивных схем для снижения трудоёмкости представления и отладки программ решения трудных проблем. В результате можно классифицировать пространство постановок задач и формулировать требования к современным языкам и системам программирования (ЯиСП) для решения новых трудно решаемых проблем, возникающих в связи с расширением возможностей аппаратуры, ростом квалификации пользователей и разработчиков и общим прогрессом ИТ-индустрии.

#### **Список литературы**

1. Городня Л.В. Гуманитарные факторы программирования. Новосибирск: СО РАН, 2020 г., 163 с., ISBN 978-5-6044349-4-9
2. Городня Л. В. Парадигма программирования. Учебное пособие // Лань Спб, 2019. ISBN 978-5-8114-3565-4, 232 с.

## **СИЛЬНЫЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ. ОЧЕРЕДНОЙ ХАЙП ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?**

**Грибова В.В.**

*Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН, Владивосток  
e-mail: gribova@iacp.dvo.ru*

Искусственный интеллект – перспективное и очень многообещающее направление исследований, его технологии демонстрируют впечатляющие результаты при решении ряда сложных интеллектуальных задач. Несмотря на серьезные научные и технологические достижения, стоит отметить, что в этой области также много и хайпа – агрессивных и навязчивых утверждений, рекламы, ничего общего не имеющих с действительными задачами и достижениями искусственного интеллекта. В последнее время все больше и больше публикаций посвящено теме так называемого сильного искусственного интеллекта. Что это такое? Новый модный термин, или вектор актуальных направлений исследований? Ответам на эти вопросы посвящен доклад.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА С ЧАСТОТНО-ИМПУЛЬСНЫМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ В СРЕДЕ MATLAB/SIMULINK

Довудов С.У., Дунаев М.П.

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск

e-mail: dsu\_1991@mail.ru

В настоящее время существуют разные способы регулирования скорости электроприводов постоянного тока [1, 2]. Способ управления с применением частотно-импульсного преобразователя (ЧИП) является одним из них. Частотно-импульсный преобразователь, как и широтно-импульсный преобразователь, позволяет сформировать требуемые форму и амплитуду напряжения питания двигателя постоянного тока (ДПТ), добиться высокой плавности и большого диапазона регулирования угловой скорости при изменении нагрузки в широких пределах.

В среде Matlab с использованием блоков из библиотеки Simulink/SimPowerSystem смоделирована схема ДПТ с ЧИП, которая показана на рисунке 1.

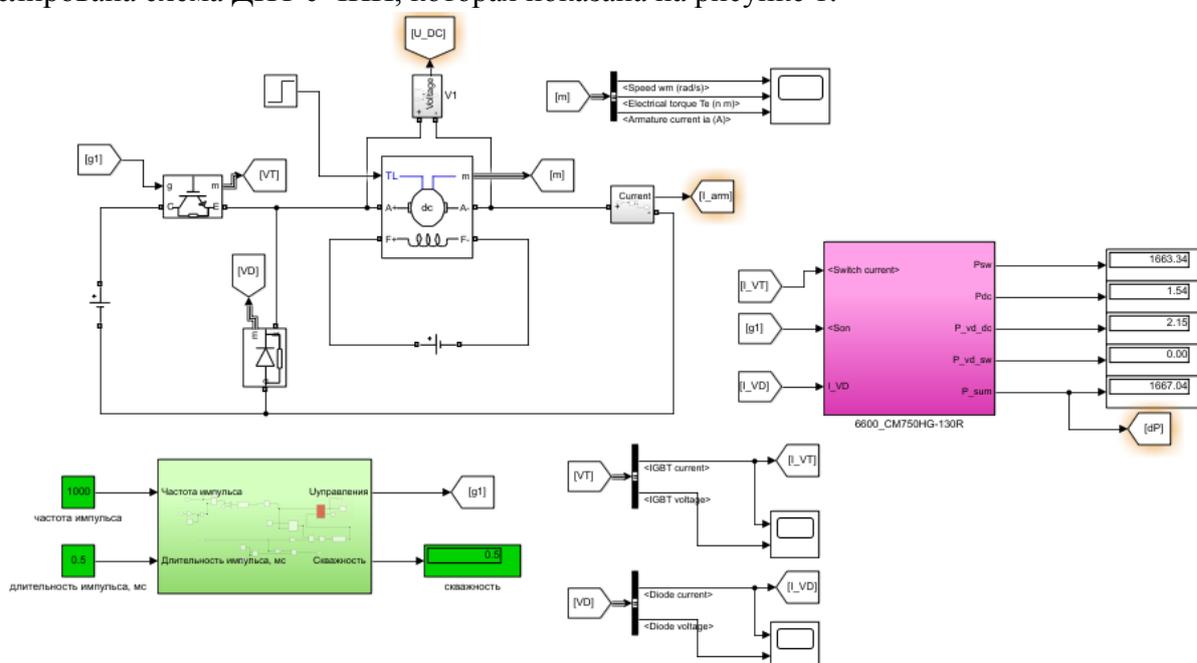


Рис. 1. Модель схемы ДПТ с ЧИП

Модель содержит следующие блоки:

- Блок системы управления ЧИП.
- Силовую схему, которая состоит из силового IGBT-транзистора, ДПТ; силового диода VD и питающей цепи в виде батареи с напряжении  $U_{п} = 240$  В и  $U_{ов} = 300$  В для питания якоря и обмотки возбуждения двигателя.
- Блок расчета потерь в IGBT-транзисторе и диоде.
- Комплект измерительных приборов.

## Список литературы

1. Дунаев М.П., Довудов С.У. Моделирование схемы частотно-импульсного преобразователя // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2019. № 3 (15). С. 144-152. DOI: 10.25729/2413-0133-2019-3-13

2. Довудов С.У., Дунаев М.П. Анализ энергетических показателей импульсных преобразователей // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2020. Т. 24. № 2. С. 345-355.
3. M. P. Dunaev, S. U. Dovudov and L. V. Arshinskiy, "Energy Characteristics the Autonomous Voltage Inverter with the Pulse-Frequency Modulation," 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Vladivostok, Russia, 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/FarEastCon50210.2020.9271151.
4. O.A.Plakhtii, V.P.Nerubatskyi, D.A.Hordiienko, H.A.Khoruzhevskyi. Calculation of static and dynamic losses in power IGBT transistors by polynomial approximation of basic energy characteristics. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2020, (2): 82-88 <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-82>
5. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. М.: ДМК Пресс, 2008. 288 с.
6. Hafezi, H.; Faranda, R. A New Approach for Power Losses Evaluation of IGBT/Diode Module. Electronics 2021, 10, 280. <https://doi.org/10.3390/electronics10030280>

## **ЧИСЛЕННАЯ ОЦЕНКА ПРЕДЕЛОВ ТЕПЛОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ГОРЕНИЯ НИЗКОСОРТНОГО ТВЕРДОГО ТОПЛИВА В ПЛОТНОМ СЛОЕ В ПРИБЛИЖЕНИИ СРЕДНЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕАГИРОВАНИЯ**

Донской И.Г.

*Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН, Иркутск*

*e-mail: donskey.chem@mail.ru*

В работе численно исследуется поведение решений системы стационарных уравнений теплового баланса и простейшей кинетики для фронта горения твердого топлива. С учетом принятых приближений (узкая зона реакции, преимущественный отвод теплоты путем лучистой теплопроводности) удастся получить простые условия тепловой устойчивости слоевого горения. С помощью простой математической модели дается оценка критических значений расхода окислителя. При доступе окислителя к реакционной зоне за счет диффузии через открытую границу реактора диапазон параметров устойчивого горения расширяется, в том числе, появляется область медленного горения (тления). При низких температурах стационарные решения в координатах «расход воздуха – температура горения» образуют замкнутые кривые. Подогрев дутья приводит к появлению возможности зажигания путем саморазогрева при низких расходах окислителя. Модель позволяет оценить максимальную глубину распространения фронта горения за счет диффузионного потока и температуру воздуха, при которой становится возможным самовоспламенение (при выбранных значениях кинетических коэффициентов).

# УПРАВЛЕНИЕ СТОИМОСТЬЮ ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Дранко О.И.

*Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, Москва*

*e-mail: olegdranko@gmail.com*

В условиях быстроизменяющейся и неопределенной внешней среды возрастает роль разработки долгосрочных показателей развития предприятий. Возрастает роль стратегического планирования, в частности, определенном Федеральным законом от 28 июня 2014 г. № 172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации». При этом состав показателей различен и противоречив [1]. Ряд показателей в энергетическом секторе являются натуральными (спрос на энергоносители, мощности, выработка электроэнергии), часть – сводные, имеющие денежное выражение (цены, инвестиции).

В данной работе рассматривается задача увеличения фундаментальной стоимости предприятия  $EV(x) > \max$ , где  $x$  – вектор управляющих параметров. Федеральные стандарты оценки (ФСО №8) предписывают использовать три основных метода: доходный, сравнительный, затратный. Доходный метод оценки стоимости по дисконтированным денежным потокам описан в классической работе [2]. Для «зрелых» компаний выведена экспресс-модель оценки стоимости, объединяющая три подхода [3]. используется существенное упрощение для «зрелых» компаний – предположение постоянства операционной прибыльности  $m$ , капиталоемкости  $a$ , роста выручки  $s$  в течение прогнозного периода.

В качестве управления рассматривается комплекс мероприятий, обеспечивающих изменение вектора управляющих параметров  $x$ . Для выбора приоритетных проектов при ограниченных ресурсах используются методы оптимизации (в данном случае – «затраты-эффективность»). Учитывается специфика электрогенерирующей компании, в которой изменение параметров имеет меньший диапазон изменения по сравнению с предприятиями других отраслей [4]. Сравниваются расчеты по оценке фундаментальной стоимости одной из крупнейших российских электрогенерирующих компаний. Результаты расчетов фундаментальной стоимости сравниваются с рыночной стоимостью.

## Список литературы

1. Н.И. Воропай, А.М. Клер, Ю.Д. Кононов, Б.Г. Санеев, С.М. Сендеров, В.А. Стенников. Методические основы стратегического планирования развития энергетики // Энергетическая политика – № 3 – 2018. – С. 35-44.
2. McKinsey & Company Inc., T. Koller, M. Goedhart, D. Wessels. Valuation: Measuring and Managing the Value of Companies. 7th ed. / Wiley Finance. 2020.
3. O. Dranko, The Aggregate Model of Business Valuation by Three Methods // 13th International Conference "Management of Large-Scale System Development" (MLSD'2020) –Moscow, Russia – IEEE – 2020 – pp. 1-4.
4. O. Dranko, N. Maslyakova. The Forecasting Express-Model of the Energy Companies' Financial State. // Energy-21: Sustainable Development & Smart Management. // Proceedings International conference, September 7-11, 2020, Irkutsk, Russia. Eds. V.A. Stennikov et al. E3S Web of Conferences – 2020. – pp. 491-494.

# АПРОБАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДСИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЧАСТОТЫ

Дунаев А.М., Дунаев М.П.

*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск*

*e-mail: west-ma@yandex.ru*

На сегодняшний день важной задачей в сфере транспорта является обеспечение надёжности функционирования сложного электрооборудования (ЭО), к которому принадлежат силовые полупроводниковые преобразователи частоты (ПЧ), входящие в состав частотно-регулируемых электроприводов транспортного и общепромышленного электрооборудования. Означенной техникой, в частности, оснащены электрические локомотивы, трамваи и троллейбусы, а также значительное количество нестандартного технологического оборудования для ремонта локомотивов, вагонов и мотор-вагонного подвижного состава.

Цель данной работы заключается в проведении апробации разработанной автоматизированной подсистемы диагностирования (АПД) преобразователей частоты «FCDS».

Апробация АПД «FCDS» проведена посредством диагностирования электроприводов (ЭП) с ПЧ, входящих в состав комплекта оборудования для обточка колёсной пары локомотивов без выкатки, эксплуатируемого в ООО «Транс-Атом», а также ЭП с ПЧ, используемых в учебном процессе в ФГБОУ ВО ИРНИТУ.

На первом этапе апробации посредством АПД, с использованием имеющихся примеров диагностирования электрооборудования, осуществлено собственное диагностирование ЭП с ПЧ по известным первичным признакам неисправностей. На втором этапе подведены итоги для выявления достоинств и недостатков предлагаемого способа диагностирования.

Корректность проведения апробации обеспечена тем, что её участники работали независимо друг от друга. Результаты, полученные в процессе апробации, позволяют сравнить эффективность диагностирования, проведённого традиционным способом (специалистом-наладчиком) и эффективность данного процесса, проведённого с использованием АПД.

Результаты апробации показали, что диагностирование ПЧ с помощью АПД «FCDS» позволяет достичь преимущества по времени объёмом 76,7 часов, обеспечивая в среднем трёхкратное сокращение времени диагностирования и наладки. Означенный выигрыш во времени получен за счёт реализации в рамках АПД эффективных логических алгоритмов диагностирования электрооборудования, а также благодаря реализации встроенных эвристических знаний в базе знаний основной составляющей автоматизированной подсистемы – диагностического экспертного комплекса «FC3».

Применение подсистемы «FCDS» при диагностировании ЭО подтверждено Актом об использовании результатов научной работы в ООО «Транс-Атом» и Актом об использовании результатов диссертационного исследования в учебном процессе ФГБОУ ВО ИРНИТУ.

# РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ МЕТАЛЛОКОМПОЗИТНОГО БАКА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Еремин Н.В.

*Красноярский филиал Федерального исследовательского центра информационных и  
вычислительных технологий СО РАН, Красноярск*

*e-mail: kaizoku813@gmail.com*

Металлокомпозитные баки высокого давления (МКБВД) повсеместно используются в различных современных технических областях [1, 2]. По функциональному назначению баки обеспечивают безопасное хранение газов или жидких сред. В связи с тем, что бак может находиться под действием постоянного внутреннего рабочего давления, то он должен обладать достаточной прочностью и жесткостью для восприятия максимальных эксплуатационных нагрузок без возникновения критических деформаций. Кроме того, при длительных механических и температурных воздействиях композитные материалы (КМ) подвержены изменению физико-механических свойств [3, 4]. В связи с этим, в данной работе проводились расчетно-экспериментальные исследования ползучести МКБВД.

Испытания на ползучесть МКБВД можно заменить длительными испытаниями образцов КМ. Таким образом, было испытано 9 образцов КМ на ползучесть при различных условиях нагружения в течение 250 часов. Образцы испытывались при нагрузке 800; 1000; 1200 МПа и температуре 70; 90 и 110 °С. По завершении испытаний были построены кривые ползучести, а также рассчитаны скорости ползучести для каждого образца.

Разработана численная модель прогнозирования ползучести МКБВД. Модель имеет ряд особенностей: учитываются все геометрические особенности МКБВД; характеристики механических свойств КМ определяются экспериментальными и численными методами; закон ползучести формируется по полученным экспериментальным данным; материал лайнера деформируется упруго-пластически; моделируется контакт между лайнером и композитной оболочкой.

Проведены многовариантные численные расчеты МКБВД в условиях ползучести. В результате были построены кривые ползучести бака при различных уровнях давления. Было установлено, что бак имеет достаточный срок службы (более 15 лет) для восприятия рабочего давления (7,8 МПа) без возникновения критических деформаций. Таким образом, представленный подход является рабочим инструментарием для прогнозирования ползучести МКБВД в условиях длительных статических нагрузок.

## Список литературы

1. S. Camara, A.R. Bunsell, A. Thionnet and D.H. Allen. Determination of Lifetime Probabilities of Carbon Fibre Composite Plates and Pressure Vessels for Hydrogen Storage // International Journal of Hydrogen Energy. 2011. V. 36. № 10. PP. 6031-38
2. You, L.H., H. Ou, and Z.Y. Zheng. Creep deformations and stresses in thick-walled cylindrical vessels of functionally graded materials subjected to internal pressure // Composite Structures. 2007. V. 78(2). P. 285-291
3. Kouadri BA, Imad A, Bouabdallah A, Elmequenni M. Analysis of The Effect of Temperature on The Creep Parameters of Composite Material // Materials and Design. – 2009. – № 30(5). – P.1569-74
4. Goertzen WK and Kessler MR. Creep Behavior of Carbon Fiber/Epoxy Matrix Composites // Materials Science and Engineering A. – 2006. – № 421(1-2). – P. 217-25

# ПРИМЕНЕНИЕ ПАТТЕРНОВ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ МЕТОДАМ РАЗРАБОТКИ ОНТОЛОГИЙ

Загорулько Г.Б., Загорулько Ю.А.

*Институт систем информатики имени А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск*

*e-mail: gal@iis.nsk.su*

Базы знаний, построенные на основе онтологий, являются неотъемлемой частью интеллектуальных систем. Разработка онтологий – один из наиболее важных и сложных этапов их создания. Несмотря на затраченные научным сообществом усилия на создание средств автоматизации, до сих пор построение онтологий – это творческая задача, решаемая вручную, поэтому очень важна подготовка специалистов, способных решать эту задачу. В Новосибирском государственном университете более 10 лет в рамках учебных дисциплин по искусственному интеллекту студенты разрабатывают онтологии различных предметных областей. При этом они сталкиваются с типичными проблемами, делают типовые ошибки [1]. Большой опыт, приобретённый авторами в ходе преподавания основ разработки онтологий, а также в процессе разработки онтологий различных предметных областей, позволил выделить ряд паттернов онтологического проектирования (ОП) [2], которые могут быть применены для повышения эффективности процесса обучения.

В докладе описывается опыт применения паттернов ОП для обучения студентов методам разработки онтологий. Подчеркивается важность и эффективность визуальной формы представления таких паттернов [3].

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 19-07-00762).

## Список литературы

1. Гаврилова Т.А., Онуфриев В.А. Анализ ошибок студентов при визуальном структурировании знаний // Компьютерные инструменты в образовании, 2016. №6. С. 42-54.
2. Загорулько Ю.А., Боровикова О.И. Использование системы разнородных паттернов онтологического проектирования для разработки онтологий научных предметных областей // Программирование. – 2020, № 4. – С. 27-35.
3. Гаврилова Т.А., Страхович Э.В. Визуально-аналитическое мышление и интеллект-карты в онтологическом инжиниринге // Онтология проектирования. 2020. Т. 10. № 1 (35). С. 87-99.

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИЙ НАУЧНЫХ ПРЕДМЕТНЫХ ОБЛАСТЕЙ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ПАТТЕРНОВ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Загорулько Ю.А., Загорулько Г.Б.

*Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск*

*e-mail: zagor@iis.nsk.su*

В настоящее время онтологии широко используются для систематизации и формализации знаний во многих предметных областях. В связи с этим возникла острая потребность в методах и программных средствах, обеспечивающих непосредственное участие в процессе построения онтологий специалистов в конкретных предметных областях. Использование паттернов онтологического проектирования [1], представляющих собой формальные описания проверенных на практике решений типовых проблем онтологического моделирования, позволяет создавать такие методы и инструменты.

В докладе детально описывается автоматизированная технология разработки онтологий научных предметных областей (НПО), в которой используются паттерны онтологического проектирования различного типа. Данная технология сочетает методы инженерии знаний и методы анализа текста на всех этапах разработки онтологии.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 19-07-00762).

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКОВ В ТЕРМОДИНАМИКО-ЦЕПНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Зароднюк М.С., Каганович Б.М., Стенников В.А., Барахтенко Е.А.

*Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН, Иркутск*

*e-mail: max@isem.irk.ru*

В докладе обсуждаются проблемы условного цепного моделирования в анализе антропогенного загрязнения природы. Предлагается совместное использование нескольких видов моделей: условных гидравлических цепей [1]; двух разновидностей моделей переноса примесей в атмосфере [2, 3] и созданной в Институте систем энергетики модели экстремальных промежуточных состояний [4].

Первая из них применяется для расчетов распространения загрязнителей в атмосфере и их выпадения в виде осадков на крупных территориальных регионах, включающих исследуемые объекты энергетической инфраструктуры. Две следующие используются для определения распространения поллютантов от отдельных промышленных предприятий, воздействующих на локальные местности и регионы размером до 300 км, соответственно. Последняя предназначается для анализа образования загрязнителей и их превращений в результате химических реакций и фазовых переходов. Анализ проводится на основе положений классической равновесной термодинамики. Обосновывается применимость термодинамических принципов равновесия и экстремальности и одномерных цепных моделей в изучении как обратимых, так и необратимых процессов. Анализируются конкретные проблемы: определения выхода вредных веществ при горении и переработке топлив, распределения загрязнителей в атмосфере. Дается постановка задачи, заключающейся в оценке экологичности интегрированных энергетических систем. Объясняется допустимость представления оптимального с экологической точки зрения распределения потоков в интегрированной системе как суммы оптимальных распределений в ее подсистемах, отличающихся одна от другой физической и технико-экономической природой.

Конструируемые модели должны найти применение как в анализе чисто экологических проблем, так и в решении задач оптимального синтеза экономических, технических и энергетических систем, связанных с разносторонней (экологической, экономической, технической, социальной) оценкой получаемых результатов.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках проекта государственного задания (№ FWEU-2021-0002) программы фундаментальных исследований РФ на 2021-2030 гг.

## Список литературы

1. Kaganovich B.M., Stennikov V.A., Zarodnyuk M.S., Yakshin S.V. Conventional Hydraulic Circuits in an Analysis of Environmental Issues // E3S Web Conf. International Conference Green Energy and Smart Grids (GESG 2018) – 2018. – Vol 69. – 9 p.
2. Берлянд М.Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 448 с.
3. Казимировская Е.В. Формирование дымных смогов в промышленных районах Восточной Сибири: диссертация ... кандидата географических наук: 11.00.09. – Москва, 1996. – 190 с.
4. Каганович Б.М., Кейко А.В., Шаманский В.А., Ширкалин И.А., Зароднюк М.С. Технология термодинамического моделирования. Редукция моделей движения к моделям покоя. Новосибирск: Наука, 2010. – 234 с.

# ИНТЕГРАЦИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СТРУКТУРУ ЭНЕРГОПРОИЗВОДСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ: СЦЕНАРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Зорина Татьяна Геннадьевна

*Институт энергетики НАН Беларуси, Минск*

*e-mail: tanyazorina@tut.by*

Интенсивность развития возобновляемой энергетики в Республике Беларусь уступает общемировому темпу почти в три раза. Прирост электроэнергии, произведенной ВИЭ, в размере 0,7 ТВт·ч намного меньше изменения потребления электроэнергии в стране, рост которого за тот же десятилетний промежуток составил 5,3 ТВт·ч [1].

Для моделирования сценариев энергопроизводства Республики Беларусь в период с 2021 по 2030 гг. использовалась программа MESSAGE. Критерием, определяющим процесс расчета, в программе MESSAGE является функция оптимизации эксплуатационных затрат.

Для прогнозирования структуры энергопроизводства в программе MESSAGE были выбраны три сценария развития возобновляемой энергетики на период 2021-2030 г. Производство энергии из возобновляемых источников энергии по трем сценариям представлено в Таблице 1.

Таблица 1. Планируемое производство электрической энергии из ВИЭ в период 2011-2030 гг. в Республике Беларусь, ГВт·ч

Год	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Сценарий 1	863	965	1015	1048	1095	1145	1194	1244	1294	1344
Сценарий 2	1242	1300	1359	1417	1475	1600	1725	1850	1975	2100
Сценарий 3	1292	1410	1538	1677	1828	1987	2159	2346	2548	2767

По результатам моделирования прогнозная структура ввода энергетических мощностей в энергосистему Республики Беларусь в 2021-2030 гг. согласно всем сценариям характеризуется вводом второго блока БелАЭС мощностью 1200 МВт и блок-станций – мощностью около 200 МВт.

Результаты моделирования показали, что во всех трех сценариях наблюдаются схожие тенденции в развитии возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь на протяжении прогнозного периода: увеличение доли древесной биомассы и гидроэнергетики в производстве энергии и небольшое снижение остальных видов возобновляемых источников к 2030 г. Анализ структуры производства электрической энергии в Республике Беларусь в период 2021-2030 гг. по трем сценариям показывает, что с увеличением доли возобновляемых источников в производстве энергии уменьшается доля в выработке на КЭС и блок-станциях, что снижает потребление импортируемого природного газа. Объем выработки электроэнергии на ТЭЦ и АЭС сохраняется постоянным.

В структуре затрат на производство электрической энергии в энергосистеме Республики Беларусь в 2021-2030 гг. наблюдается закономерность, которую обеспечивают возобновляемые источники энергии. При большей доле возобновляемых источников в структуре энергопроизводства возрастают инвестиционные затраты, однако все прочие составляющие демонстрируют тенденцию к снижению. Особенно ярко выражена данная особенность в части топливных затрат. Учитывая тот факт, что практически все виды топлива импортируются в Республику Беларусь, топливные затраты являются наименее предсказуемой составляющей при составлении прогнозов.

### Список литературы

1. Любчик О.А., Александрович С.А., Зорина Т.Г., Хвацовас О.В. Оценка влияния возобновляемых источников энергии на энергетическую безопасность // Альтернативная энергетика и экология. 2020. № 11. С. 94–103.
2. Концепция развития электрогенерирующих мощностей и электрических сетей на период до 2030 года. Приложение к постановлению Министерства энергетики Республики Беларусь 25 февраля 2020. № 7. Режим доступа: [https://minenergo.gov.by/zakonodatelstvo/konsercii\\_i\\_proframmi](https://minenergo.gov.by/zakonodatelstvo/konsercii_i_proframmi) (Дата доступа 09.03.2021).
3. Международное энергетическое агентство. Данные и статистика. Режим доступа: <https://www.iea.org/dataandstatistics/?country=BELARUS&fuel=Electricity%20and%20heat&indicator=HeatGenByFuel> (Дата доступа 16.03.2021).
4. Международное энергетическое агентство. Возобновляемые источники энергии Режим доступа: <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/renewables> (Дата доступа 16.03.2021).
5. Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь: утв. пост. Совета Министров Республики Беларусь 23.12.2015. № 1084 // Консультант Плюс: Беларусь. Технология 3000 // ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информации Республики Беларусь.
6. Пояснительная записка к проекту прогноза топливно-энергетического баланса Республики Беларусь до 2030 года. Режим доступа: [https://minenergo.gov.by/zakonodatelstvo/konsercii\\_i\\_proframmi/](https://minenergo.gov.by/zakonodatelstvo/konsercii_i_proframmi/) (Дата доступа 06.03.2021).
7. Generation from renewable sources continues to grow but acceleration is needed to reach 2030 targets. Available at: <https://www.iea.org/reports/renewable-power> (Date of access 06.03.2021).
8. MESSAGE: Model for Energy Supply Strategy Alternatives and Their General Environmental Impacts / User Manual. – Vienna, 2004. – 244 p.

# ВРЕМЕННЫЕ ИНТЕРЛИВИНГОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ВРЕМЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ СО СЛАБОЙ ВРЕМЕННОЙ И УСТОЙЧИВО АТОМАРНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРАТЕГИЯМИ

Зубарев А.Ю.

*Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск*

*e-mail: auzubarev@gmail.com*

Системы, критичные с точки зрения безопасности, часто требуют верификации с учетом временных характеристик. Временная сеть Петри (ВСП) модель, описывающая как функциональные, так и временные свойства системы. Во ВСП каждый переход (событие системы) связан с временным интервалом и часами. Состояние ВСП определяется разметкой (набор условий для выполнения событий) и вектором значений часов переходов, разрешенных в этой разметке. Изменение состояния может быть вызвано срабатыванием перехода либо ходом времени. Переход может сработать в состоянии, если он разрешен в текущей разметке и значения часов принадлежат его временному интервалу. В работе рассматриваются ВСП со слабой временной и устойчиво атомарной пространственной стратегиями. Временные стратегии определяют срочность срабатываний переходов. В сильной стратегии время не может выйти за пределы временного интервала разрешенного перехода, тогда как в слабой стратегии ход времени не ограничивается. Известно, что эти две стратегии несравнимы. Пространственные стратегии определяют моменты сброса часов перехода. В [1] сравниваются наиболее распространенные пространственные стратегии (промежуточная, атомарная и устойчиво атомарная), авторами показано, что устойчиво атомарная стратегия является более универсальной для «слабых» ВСП.

Одним из способов анализа поведения системы является рассмотрение множества возможных последовательностей атомарных событий – интерливинга. Классической интерливинговой семантикой ВСП является пробег – последовательность хода времени и срабатываний переходов. Нами была разработана и изучена интерливинговая семантика, основанная на временных интерливинговых процессах. Временной интерливинговый процесс состоит из причинной сети, временного графика и гомоморфного отображения причинной сети во ВСП. Причинная сеть (ПС) – ациклическая сеть, построенная из условий и событий. Данная сеть иллюстрирует причинную зависимость и параллелизм на множестве условий и событий, которое гомоморфно множеству мест и переходов ВСП. Состояния ПС представлены срезами – максимальными по включению множествами параллельных условий. Временной график определяет выполнение ПС и является последовательностью срезов со значениями глобального времени системы. Ограничения на данные временные значения определяют допустимость временного процесса. Корректность рассматриваемой интерливинговой семантики обусловлена существованием биективного отображения между допустимыми временными интерливинговыми процессами и пробегам в терминах ВСП.

## Список литературы

1. Reynier P.A., Sangnier A. Weak time Petri nets strike back! // International Conference on Concurrency Theory. 2009. pp. 557–571.

# СХЕМЫ ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГРАНИЧНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ВИХРЕВЫХ МЕТОДАХ

Измайлова Ю.А., Марчевский И.К., Сокол К.С.

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

*e-mail: yulia.izmailova@mail.ru*

Решение граничного интегрального уравнения (ГИУ) является одним из наименее тривиальных шагов в алгоритмах вихревых методов вычислительной гидродинамики. Данные методы могут быть полезны в инженерных приложениях, поскольку обладают сравнительно низкой вычислительной сложностью, но при этом позволяют с достаточной для практики точностью определять величины гидродинамических нагрузок и правильно моделировать структуру течения [1]. Первичной расчетной величиной в вихревых методах является завихренность, тогда как граничное условие (ГУ) прилипания в терминах завихренности сформулировать не удается. В то же время удовлетворение ГУ обеспечивается потоком завихренности с обтекаемой поверхности в область течения, интенсивность которого и определяется решением некоторого ГИУ. Традиционно в известных реализациях рассматривают сингулярные или гиперсингулярные (сильно сингулярные) ГИУ 1-го рода, в которых интеграл понимается в смысле главного значения по Коши или конечной части по Адамару соответственно [2]. Численные схемы решения уравнений такого типа, по существу, являются схемами типа коллокаций, и они обладают невысокой точностью даже при использовании близких к равномерным поверхностных сеток.

Альтернативным подходом является сведение исходной задачи к ГИУ 2-го рода с абсолютно интегрируемым ядом вида (для двумерного случая)

$$\oint_K \frac{\vec{n}(\vec{r}) \cdot (\vec{r} - \vec{\xi})}{2\pi|\vec{r} - \vec{\xi}|^2} \chi(\vec{\xi}) d\vec{l}_\xi - \frac{1}{2} \chi(\vec{\xi}) = \mathcal{A}(\vec{\xi})$$

где  $\vec{n}(\vec{r})$  – орт нормали к обтекаемому контуру  $K$ ,  $\chi(\vec{r})$  – искомая интенсивность вихревого слоя,  $\mathcal{A}(\vec{r})$  – правая часть, зависящая от формы контура, скорости движения его точек, скорости набегающего потока и распределения завихренности в области течения.

Его использование совместно со схемами Галеркина или Петрова – Галеркина позволяет построить схемы решения ГИУ чрезвычайно высокой точности даже на грубых поверхностных сетках [3].

В настоящей работе представлена система численных схем решения ГИУ, возникающих при решении двумерных задач моделирования обтекания профилей несжимаемой средой. Рассмотрены схемы, обеспечивающие первый, второй и третий порядок точности на гладких профилях (где решение ГИУ ограничено). Предложены новые схемы, позволяющие производить выделение особенностей решения вблизи угловых точек обтекаемого профиля.

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 20-08-01076.

## Список литературы

1. Kuzmina K., Marchevsky I., Soldatova I., Izmailova Y. On the scope of Lagrangian vortex methods for two-dimensional flow simulations and the POD technique application for data storing and analyzing // Entropy. 2021. V. 23. Art. 118. doi: 10.3390/e23010118
2. Лифанов И.К. Метод сингулярных интегральных уравнений и численный эксперимент (в математической физике, аэродинамике, теории упругости и дифракции волн). М.: ТОО «Янус», 1995. 520 с.

3. Kuzmina K.S., Marchevskii I.K. On the calculation of the vortex sheet and point vortices effects at approximate solution of the boundary integral equation in 2D vortex methods of computational hydrodynamics // Fluid Dynamics. 2019. V. 54, № 7. P. 991–1001.

## **ПАРАЛЛЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ КОЭФФИЦИЕНТНЫХ ЗАДАЧ АНИЗОТРОПНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ**

Колесник С.А., Булычев Н.А.

*Московский авиационный институт, Москва*

*e-mail: sergey@oviont.com*

В работе предлагается алгоритм и основы построения программного комплекса для численного решения обратных коэффициентных задач теплопроводности в анизотропных теплозащитных материалах, для гиперзвуковых летательных аппаратов, когда компоненты тензора теплопроводности зависят от температуры произвольным образом. Ранее подобные проблемы рассматривались в работах [1-4] при решении обратных коэффициентных и граничных задач, а в работе [5] рассматривалась проблема идентификации линейных компонентов тензора теплопроводности на основе некоторого аналитического решения.

При построении алгоритма и программного комплекса использована методология численного решения обратной задачи теплопроводности по определению характеристик тензора теплопроводности [6-8], на основе метода параметрической идентификации и неявного метода градиентного спуска.

Экспериментальное температурное поле формируется путем численного решения прямой задачи многомерной анизотропной теплопроводности по теплофизическим характеристикам, считающимися искомыми и подлежащими определению.

Для их определения формируется квадратичный функционал невязки, зависящий от искоемых параметров, причем минимизация функционала осуществляется не непосредственно, а после того как теоретические значения температуры разложены в ряды Тейлора с удержанием линейных членов относительно приращений параметров. При этом возникающие производные температур по искомым параметрам (коэффициенты чувствительности) определяются из решения сопряженных задач теплопроводности, полученных путем дифференцирования исходной прямой задачи по искомым параметрам. Эти задачи могут быть решены независимо в параллельных процессах.

Для увеличения степени корректности обратной задачи построены и использованы, наряду с основным функционалом, регуляризирующие функционалы на основе требований гладкости пространственных функций тепловых потоков по первой и второй производным, что позволило восстанавливать при компоненты тензора теплопроводности в виде произвольных функций – монотонных, немонотонных, имеющих экстремумы, точки перегиба и т.п.

Предложенный алгоритм может быть рекомендован для построения программных комплексов при решении различных обратных задач механики сплошных сред, например, теории упругости.

### Список литературы

1. Колесник С.А. Метод идентификации нелинейных компонентов тензора теплопроводности анизотропных материалов //Математическое моделирование. 2014. Т. 26, №2. С. 119-132.
2. Формалев В.Ф., Колесник С.А., Чипашвили А.А. Аналитическое исследование теплопереноса при плёночном охлаждении тел //Теплофизика высоких температур. 2006. Т.44, №1. С.107-112.
3. Формалев В.Ф., Колесник С.А. Аналитическое исследование теплового состояния анизотропной пластины при наличии теплообмена на свободных границах //Математическое моделирование. 2003. Том 15, №6. С.107-110.
4. Колесник С.А. Идентификация компонентов тензора теплопроводности анизотропных композиционных материалов //Механика композиционных материалов и конструкций. 2012. Т.18, №1. С. 111-120.
5. Формалев В.Ф., Колесник С.А. Математическое моделирование сопряженного теплопереноса между вязкими газодинамическими течениями и анизотропными телами // М.: ЛЕНАНД, 2019.- 320с.
6. Формалев В.Ф., Колесник С.А. Математическое моделирование аэрогазодинамического нагрева затупленных анизотропных тел// М.: Изд-во МАИ, 2016.- 160с.
7. Формалев В.Ф., Колесник С.А., Селин И.А. О сопряженном теплообмене при аэродинамическом нагреве анизотропных тел с высокой степенью анизотропии //Тепловые процессы в технике. 2016. Т.8, №9. С.388-394.
8. Формалев В.Ф., Колесник С.А. Методология решения обратных коэффициентных задач по определению нелинейных теплофизических характеристик анизотропных тел //Теплофизика высоких температур. 2013. Т.51, №6. С.875-883.

# ОПТИМИЗАЦИЯ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

Колокольцева И.М., Барсукова М.Н., Иваньо Я.М.

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, п. Молодежный*  
*e-mail: 89025190281@yandex.ru*

Согласно [1] биологический риск - вероятность причинения вреда (с учетом его тяжести) здоровью человека, животным, растениям и (или) окружающей среде в результате воздействия опасных биологических факторов. Биологические риски являются одной из категорий рисков, влияющих на результаты производства аграрной продукции. Они связаны с биологической природой, используемых в сельском хозяйстве живых организмов [3].

В аграрном производстве ущерб, наносимые сельскохозяйственным товаропроизводителям биологическими явлениями, связаны с инфекционными заболеваниями животных, незаразными болезнями, вредителями и болезнями растений, эпидемиями и пандемиями. Перечисленные биогенные явления влияют на трудовые ресурсы, урожаи, количество и продуктивность сельскохозяйственных животных, качество продукции.

Очевидно, что биологические риски необходимо учитывать при производстве аграрной продукции. В работе предлагаются модели оптимизации получения растениеводческой и животноводческой продукции в условиях биологических рисков. Подобные математические модели включают в себя коэффициенты при неизвестных в целевой функции и ограничениях с высокой неопределенностью. Некоторые показатели такой задачи могут быть описаны с помощью вероятностных и интервальных оценок. При описании инфекционных заболеваний животных, эпидемиях, нашествиях вредителей растений необходимо учитывать их вероятностную природу. При этом последовательности таких событий содержат в себе нулевые значения. В дополнение к этому сложность описания биологических явлений вызвана фрагментарностью сведений и их значительной пространственной изменчивостью. В этом случае для оптимизации производства растениеводческой, животноводческой продукции и их сочетания предлагаются модели с вероятностными и интервальными показателями.

В некоторых случаях удастся определить закономерности заболеваемости сельскохозяйственных животных незаразными болезнями, численности, и распространения вредителей полевых культур [2]. Для таких ситуаций могут быть применены задачи параметрического программирования в условиях неопределенности.

Для оптимизации получения аграрной продукции в условиях влияния на деятельность сельскохозяйственных товаропроизводителей биогенных факторов построены математические модели с вероятностными и интегральными оценкам, а также модель параметрического программирования. Приведены примеры применения моделей при планировании аграрного производства для отраслей животноводства растениеводства и их сочетания.

## Список литературы

1. Федеральный закон от 30 декабря 2020 г. № 492-ФЗ «О биологической безопасности в Российской Федерации». Доступ <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400056868/>
2. Система ведения сельского хозяйства Иркутской области: монография: в 2 ч. / Я.М. Иваньо [и др.]; под ред. Я.М. Иваньо, Н.Н. Дмитриева. – Иркутск: Мегапринт, 2019. Ч. 1. 319 с.
3. Скульская Л. В., Широкова Т.К. Риски в сельскохозяйственном производстве и пути нейтрализации их негативного воздействия // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. CyberLeninka; ФГБУН Институт народнохозяйственного прогнозирования Российской академии наук, 2010. - С. 478-501.

# МОДЕЛИ КИБЕРУСТОЙЧИВОСТИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭЭС

Колосок И.Н., Гурина Л.А.

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

*e-mail: kolosok@isem.irk.ru*

Киберфизические электроэнергетические системы (ЭЭС) [1] имеют сложную многоуровневую инфраструктуру, составляющими которой являются информационно-коммуникационная и физическая подсистемы. Эти подсистемы взаимосвязаны и взаимозависимы, подвержены изменениям в их среде, вызванными внутренними и внешними воздействиями, рост которых обусловлен увеличением уязвимостей из-за широкомасштабного внедрения информационных и вычислительных технологий, цифровизации систем энергетики [2]. Отказ компонентов одной подсистемы может привести к нарушению работы другой и, в конечном счете, к потере работоспособности всей ЭЭС. При принятии решений по формированию управляющих воздействий в ЭЭС вопросы обеспечения киберустойчивости [3] систем сбора, передачи и обработки информации для надежного функционирования ЭЭС становятся актуальными.

Киберустойчивость (Cyber resilience) ЭЭС основана на ее способности своевременно распознавать, приспосабливаться и устранять нарушения в информационно-коммуникационной подсистеме. Киберустойчивость подразумевает, что система может поглощать возмущения, адаптироваться к новым параметрам и восстанавливаться достаточно быстро, чтобы смягчить последствия нарушений.

SCADA, WAMS играют важную роль в обеспечении киберустойчивости ЭЭС. Эти системы должны быть киберустойчивыми к экстремальным событиям, сохраняя при этом приемлемую функциональность при любых обстоятельствах.

В статье проведен анализ возможных причин нарушения киберустойчивости SCADA, WAMS, в том числе и при кибератаках [4]. Показано влияние нарушения киберустойчивости систем сбора, передачи и обработки информации на физическую подсистему. Предложена модель киберустойчивости SCADA, WAMS, использование которой позволяет определить показатели киберустойчивости этих систем.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках научного проекта «Теоретические основы, модели и методы управления развитием и функционированием интеллектуальных электроэнергетических систем», № FWEU-2021-0001.

## Список литературы

1. Khaitan, S.K., McCalley J.D. Cyber physical system approach for design of power grids: A survey. In Proceedings of the 2013 IEEE Power & Energy Society General Meeting, Vancouver, Canada, 21–25 July 2013.
2. Воропай Н.И. Направления и проблемы трансформации электроэнергетических систем. Электричество, № 7, 2020. С. 12-21.
3. Nan C., Sansavini G., Kröger W., Sansavini G. Building an Integrated Metric for Quantifying the Resilience of Interdependent Infrastructure Systems. In Proceedings of the 9th International Conference on Critical Information Infrastructure Security, Limassol, Cyprus, 13–15 October 2011.
4. Hull, J., Khurana, H., Markham, T., Staggs, K. Staying in control: Cybersecurity and the modern electric grid. IEEE Power Energy Mag. 2011, 10, 41–48, doi:10.1109/mpe.2011.943251.

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ОБЗОР СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЯМИ РЕСУРСОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

Костромин Р.О.

*Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН, Иркутск  
e-mail: kostromin@icc.ru*

Доклад посвящен проблемам автоматизации конфигурирования ресурсов распределенной вычислительной среды [1]. Среда может использоваться как для запуска научных приложений, так и для задач исследования функционирования цифровых двойников инфраструктурных объектов. Для такой среды характерно динамическое изменение состава ее ресурсов, их характеристик, и требований к ним. Ресурсы среды могут включать классические вычислительные машины, серверы, виртуальные машины и микрокомпьютеры. Необходимы универсальные средства автоматизации настройки таких ресурсов. В работе выполнен сравнительный анализ средств управления конфигурациями ресурсов среды (Chef, Ansible, Puppet, SaltStack), которые позволяют автоматизировать процесс настройки узлов. Благодаря такой автоматизации сокращается время их подготовки и повышается надежность вычислений за счет уменьшения отказов программного и аппаратного обеспечения, связанных с человеческим фактором в процессе настройки в ручном режиме [2]. Рассмотренные средства являются основой для дальнейшего развития инструментального комплекса для построения среды, обеспечивающей условия функционирования цифровых двойников природосберегающего оборудования. Исходя из результатов сравнительного анализа и требований, предъявляемых инструментальным комплексам, выбрана система Ansible для внедрения в цепочку автоматизации процессов непрерывной интеграции прикладного и системного программного обеспечения приложений. Практические эксперименты показали преимущества использования Ansible в сравнении с другими системами аналогичного назначения.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19 07 00097), а также Российского фонда фундаментальных исследований и Правительства Иркутской области (проект № 20-47-380002-р\_а). Исследования, связанные с моделированием вычислительной среды, выполнены при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № 121032400051-9.

## Список литературы

1. Quigley J.M., Robertson K.L. Configuration Management: Theory, Practice, and Application. Auerbach Publications, 2015. 438 с.
2. Феоктистов А.Г., Сидоров И.А., Горский С.А. Автоматизация разработки и применения распределенных пакетов прикладных программ // Проблемы информатики. 2017. № 4. С. 61–78.

# ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ В УНИВЕРСИТЕТЕ КАК ОСНОВА СОВРЕМЕННОГО УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Крылов С.С., Булакина М.Б., Ляпина С.Ю.

*Московский авиационный институт, Москва*

*e-mail: compgra@yandex.ru*

Среди современных трендов университетского образования одним из основных становится EdTech – информационные технологии, которые интегрируются в учебный процесс. В настоящее время внутри университета, как правило, функционирует несколько автономных информационных систем со своими параллельными базами данных и нередко со своими существенно различающимися стеками информационных технологий. В итоге, возникает дублирование информации, данные одних баз могут не совпадать с данными других, хотя речь может идти об одном и том же объекте, растут непроизводительные затраты труда на актуализацию одних и тех же данных в разных базах. К тому же информация может не заводиться ни в одну из информационных баз, что существенно осложняет и ограничивает возможности автоматизации управления учебным процессом.

Авторы в своих исследованиях убедились в том, что попытка интегрировать различные базы данных и системы управления в единую цифровую среду оказываются бесперспективными и не соответствуют современной парадигме разработке цифровых пространств и платформ, они приводят к созданию ненадежной и громоздкой структуре, требующей постоянного ручного администрирования. Поэтому необходим пересмотр базовых принципов организации цифровой среды как ключевого фактора развития EdTech в университете:

(1) Один объект управления – один цифровой двойник, который рассматривается как набор данных состояния и параметров функционирования объектов управления;

(2) Каждое взаимодействие нескольких объектов управления фиксируется и образует цифровой след (цифровую тень); при этом каждый цифровой след изменяет, соответственно, цифровые двойники тех объектов, чье взаимодействие было зафиксировано в системе;

(3) Для целей анализа и управления на основе цифровых двойников формируются срезы и выборки данных, при этом цифровой двойник должен содержать все необходимые данные и параметры функционирования объекта управления; в противном случае цифровой двойник расширяется и пополняется новыми данными и параметрами;

(4) Моделирование и оптимизация цифровых двойников и их совокупностей служит основой для организации и администрирования учебного процесса в университете и задает ориентиры (цели) развития отдельных объектов и всей деятельности вуза в целом.

Примером реализации данных принципов может служить развиваемая в настоящее время система мониторинга качества учебного процесса IT-магистратуры в МАИ (НИУ). Объектами управления в данной системе служат студенты, преподаватели, проекты НИРС, учебно-методические комплексы по дисциплинам, практикам и ВКР, собственно учебный процесс (расписание, аудиторно-лабораторный фонд, библиотека, корпоративные коммуникации и др.). Цифровые следы оставляют студенты и преподаватели, вся активность в стенах университета которых отражается в личных кабинетах – цифровых двойниках. А по запросам формируются выборки в виде электронных портфолио, резюме и характеристики. Система также реализует оценку качества реализации учебного процесса на основе

показателей цифровых двойников и дополнительных данных, получаемых в процессе проведения опросов удовлетворенности участников образовательных отношений. В систему встроена интеллектуальная рекомендательная система, анализирующая организацию, администрирование и реализацию учебного процесса, главной задачей которой является профилактика ухудшения качества образовательных программ. «Интеллектуальность» системы также основывается на адаптивности электронных компонентов учебно-методических комплексов (тестирование промежуточных результатов обучения на основе чат-ботов, например), а также формирования предложений о трудоустройстве наиболее соответствующим запросам работодателей студентам.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КОЛЕБАНИЯМИ И ОБРАБОТКОЙ ИНФОРМАЦИИ В МЭМС ГИРОСКОПАХ**

Кузнецов Н.В.<sup>1,2</sup>, Беляев Я.В.<sup>3</sup>, Индейцев Д.А.<sup>2,4</sup>, Лобачев М.Ю.<sup>1</sup>, Лукин А.В.<sup>4</sup>,  
Попов И.А.<sup>4</sup>, Юлдашев М.В.<sup>1</sup>, Юлдашев Р.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский Государственный Университет, Санкт-Петербург*

<sup>2</sup>*Институт Проблем Машиноведения РАН, Санкт-Петербург*

<sup>3</sup>*ГНЦ РФ АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», Санкт-Петербург*

<sup>4</sup>*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург*  
*e-mail: n.v.kuznetsov@spbu.ru*

Одним из наиболее перспективных решений построения микромеханических (МЭМС) инерциальных датчиков с низким уровнем шума, широким динамическим диапазоном и низкой нелинейностью является использование цифрового электромеханического дельта-сигма модулятора в составе контура управления позиционной обратной связи. Совместно с реализацией временного разделения съема и управления это позволяет уменьшить влияние нежелательных нелинейных эффектов механики, нелинейностей в емкостной электродной структуре, механических и электрических паразитных связей, обусловленных применением технологии изготовления «кремний на изоляторе».

Типовым источником ошибок для датчиков является зависимость параметров механической части от изменения температуры и др. внешних воздействующих факторов. Для исключения влияния ошибок и обеспечения необходимых точностных характеристик в контурах возбуждения первичных колебаний, а также для управления частотой работы цифровых блоков интегральной схемы часто используют нелинейные системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) [1-3].

Основными составляющими погрешности датчика, обусловленной точностью ФАПЧ, являются: погрешность параметров цифровых блоков в системе (фильтров, дельта-сигма модулятора и т.д.); погрешность контурного коэффициента усиления; погрешность блока демодуляции с цифровыми фильтрами в составе контура стабилизации амплитуды первичных колебаний, блока выделения полезного сигнала; погрешность временных задержек для обеспечения компенсации фазовых сдвигов в контурах.

Данная работа посвящена вопросам математического моделирования динамики ФАПЧ и анализа ее влияния на точностные характеристики МЭМС гироскопа.

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке программы Ведущие научные школы Российской Федерации (НШ-2624.2020.1).

### Список литературы

1. Park, S., Tan, C. W., Kim, H., & Hong, S. K. Oscillation control algorithms for resonant sensors with applications to vibratory gyroscopes // *Sensors*. 2009. 9(8). p. 5952-5967.
2. Sun, X., Horowitz, R., & Komvopoulos, K. Stability and resolution analysis of a phase-locked loop natural frequency tracking system for MEMS fatigue testing // *J. Dyn. Sys., Meas., Control* 2002. 124(4). p 599-605.
3. Indeitsev, D.A., Belyaev, Ya.V., Lukin, A. V., Popov, I.A. Nonlinear dynamics of MEMS resonator in PLL-AGC self-oscillation loop // *Nonlinear Dynamics*, 2021 (accepted).

## МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД, АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И КОМПЛЕКСОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Кузьмин В.Р.

*Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН, Иркутск*

*e-mail: rulisp@vigo.su*

Вопросы оценки и снижения влияния промышленных объектов, к числу которых относятся также и энергетические системы и комплексы, на окружающую среду в настоящий момент привлекают всё больше внимания в России и за рубежом [1-3]. В связи с этим, возникает необходимость в разработке методических подходов, алгоритмов и программ для проведения комплексных исследований по оценке влияния на окружающую среду как существующих объектов энергетики, так и при планировании строительства новых.

В работе предлагается технология для проведения комплексных исследований по оценке влияния энергетических систем и комплексов на окружающую среду. Технология включает в себя три этапа: расчёт количественных показателей выбросов, расчёт рассеивания выбросов и сравнения результатов с результатами снегосъёмов. Все расчёты ведутся на основании нормативных методик. Для поддержки предложенной технологии разработан научный прототип системы поддержки принятия решений (ИСППР) «WIS», интегрирующий в себя средства математического моделирования, включающие в себя описанные методики, средства семантического моделирования, средства визуализации результатов (например, в табличном виде или при помощи геовизуализации), а также средства для работы с базой данных, которая содержит в себе сведения о электростанциях, видах топлив, результаты снегосъёмов. Показаны результаты апробации предложенной технологии и разработанной ИСППР – результаты количественного расчёта выбросов от объектов энергетики, расположенных в Байкальской природной территории и результаты расчёта рассеивания выбросов от этих объектов.

**Благодарности.** Данное исследование было выполнено в рамках проекта по госзаданию № FWEU-2021-0007 AAAA-A21-121012090007-7, отдельные аспекты прорабатывались при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ №19-07-00351.

### Список литературы

1. Directive (EU) 2016/2284 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2016 on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants, amending Directive 2003/35/EC and repealing Directive 2001/81/EC. [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L\\_.2016.344.01.0001.01.ENG](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2016.344.01.0001.01.ENG)
2. Паспорт национального проекта «Экология» [https://www.economy.gov.ru/material/file/fbad8a780cfe43d0d4e807eb166ae5fb/NP\\_EKO\\_241218.pdf](https://www.economy.gov.ru/material/file/fbad8a780cfe43d0d4e807eb166ae5fb/NP_EKO_241218.pdf)
3. «Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года», распоряжение Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 №1523-р.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ API GOOGLE MAPS ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНСТРУМЕНТАРИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРИРОДНЫХ УГРОЗ ОБЪЕКТАМ ЭНЕРГЕТИКИ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА

Куклин Е.В.

*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск*

Как составляющая нового методического подхода к оценке влияния конкретных природных факторов на объекты энергетической инфраструктуры, разрабатывается инструментарий с использованием API Google Maps, предназначенный для подготовки и симуляции различных сценариев развития чрезвычайных ситуаций природного характера относительно объектов энергетики Байкальского региона и их показателей устойчивости к внешним воздействиям, вызываемым данными ЧС. Размещая объекты энергетики на карте на основе информации об их географическом положении из базы данных объектов по регионам и используя за основу форматы данных, предоставляемые различными сервисами метеорологического и сейсмологического мониторинга, предполагается моделировать следующие разновидности актуальных для Байкальского региона природных угроз:

- землетрясения (вследствие непосредственной близости к Байкальской рифтовой зоне, отмечаемая периодическая (~ раз в 50 лет) высокоинтенсивная сейсмическая активность, регулярная активность низкой интенсивности);
- наводнения (как следствие нахождения множества населенных пунктов Иркутской вблизи водоемов, также обильные осадки).
- аномально высокие температуры и пожары (наступление «теплого» квартала года с повышением температур при редкости осадков в сочетании с высокой плотностью леса в северной и северо-восточной частях региона);
- аномально низкие температуры (в подавляющем большинстве областей температура держится около нуля и ниже более чем половину года, с «долинами» вплоть до отметки в -40 и ниже в середине зимних месяцев);
- ураганные ветра (в пределах Байкала и центральной экологической зоны Байкальской природной территории скорость может достигать 40-50 м/с, также сильные ветра в пределах всего региона).

Открытость структуры картографических сущностей, используемых Google Maps, позволяет свободно модифицировать и дополнять их параметры, что вкупе с уже имеющимися функциями и параметрами будет использовано для создания конечных сущностей, таких как конкретная природная угроза или специфический объект энергетической инфраструктуры с его параметрами устойчивости, которыми впоследствии будут оперировать программные методы, выходные параметры (результаты работы) которых будут использоваться для поддержки принятия решений касательно оценки рисков ЧС природного характера.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАДИЕНТНОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПИ-РЕГУЛЯТОРА С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕНИЯ НА РЕГУЛИРУЮЩЕЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Куликов В.В., Куцкий Н.Н.

*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск*

*e-mail: godefired@mail.ru*

Наличие существенного транспортного запаздывания в реальных промышленных процессах непрерывного производства вместе с ограничениями, накладываемыми на регулирующее воздействие, снижает качество работы типовых регуляторов (интегральный, пропорционально-интегральный, пропорционально-интегрально-дифференциальный) в автоматических системах регулирования такими процессами. Предлагается для таких автоматических систем использовать ПИ-регулятор с переменными или переключаемыми параметрами, относящийся к классу регуляторов с переменной структурой (далее РПС) [1-2]. Применение аналитических подходов для параметрической оптимизации РПС довольно затруднительно, так как у таких регуляторов присутствуют разрывы в регулирующем воздействии.

В докладе рассматривается алгоритм автоматической параметрической оптимизации (АПО) ПИ-регулятора с переменными параметрами (в условиях ограничения на регулирующее воздействие) на основе градиентной процедуры с использованием функций чувствительности [3]. Учет ограничений на регулирующее воздействие в алгоритме АПО реализован двумя способами. В первом из них применяются штрафные функции в критерии оптимизации без учета ограничений на регулирующее воздействие в анализаторах чувствительности [3], а во втором способе эти ограничения представлены как блок, который возвращает предыдущее значение выходного сигнала регулятора при выходе за допустимые границы [4]. Второй способ позволяет учитывать ограничения на регулирующее воздействие в анализаторах чувствительности и не рассматривать вопросы выбора вида и параметров штрафной функции.

Для получения стартовых значений настраиваемых параметров РПС используется метод настройки стандартного ПИ-регулятора на основе регулятора с внутренней моделью (ИМС). В выбранном множестве стартовых значений настраиваемых параметров алгоритм АПО вычислил оптимальные параметры РПС при минимуме интегрального квадратичного критерия. Корректность вычисленного градиентным алгоритмом вектора настраиваемых параметров регулятора подтверждается необходимым и достаточным условиями экстремума заданного критерия оптимизации.

## Список литературы

1. Шигин Е.К. Автоматическое регулирование объекта с чистым запаздыванием регулятором с переключаемыми параметрами. I // Автоматика и телемеханика. 1965. № 10. С. 1664-1671.
2. Шигин Е.К. Автоматическое регулирование объекта с чистым запаздыванием регулятором с переключаемыми параметрами. II // Автоматика и телемеханика. 1966. № 6. С. 69-80.
3. Широков Л.А. Автоматическая оптимизация систем регулирования в условиях ограничений на управляющее воздействие с использованием функций чувствительности. // Автоматика и телемеханика. 1966. № 8. С. 78-84.
4. Vrancic D., Peng Y., Juricic D., Some aspects and design of anti-windup and conditioned transfer, J. Stefan Institute, Report DP-7169, (1995).

## НАУЧНАЯ ГРАФИКА В МОЛЕКУЛЯРНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Лаврентьев Н.А., Лаврентьева Н.Н., Привезенцев А.И., Фазлиев А.З.

*Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск*

*e-mail: lnick@iao.ru*

Доклад посвящен описанию коллекции, содержащей около 5000 опубликованных научных графиков и рисунков, извлеченных из выбранных экспертами публикаций. Эти рисунки обеспечены набором метаданных, необходимых для атрибутного поиска ресурсов в двух разделах спектроскопии, создания составных графиков из коллекции опубликованных графиков и персональных графиков исследователей. Основное внимание уделено модулям, с помощью которых создаются ресурсы коллекции, отображению графиков и оценке качества цитирования в составных графиках.

Большая часть графиков и рисунков, содержащихся в системе GrafOnto, встречается в сети Интернет. Это, как правило, картинки с изображением точек или кривых, извлеченные из публикаций и не обеспеченные минимальным набором метаданных. Имеющиеся метаданные, используемые глобальными поисковыми системами для описания графиков и рисунков, не отражают в полной мере специфику предметных областей, к которым относятся графики и рисунки. Другими словами, эти графические ресурсы, лишенные семантического описания, вряд ли можно использовать в научной работе.

Цель доклада - представить информационную систему GrafOnto, в которой аккумулированы опубликованные в статьях графики и рисунки, описанные метаданными, характеризующими основные свойства этих ресурсов в спектроскопии. Своей работой мы продолжаем развивать начатую ранее работу о систематизации сечений поглощения, дополняя ее графикой из предметных областей, входящих в два раздела спектроскопии: континуальное поглощение излучения и свойства слабосвязанных молекулярных комплексов. Отличие нашей работы состоит в увеличении числа типичных спектроскопических метаданных графиков, анализа доверия цитированию графиков и создании онтологии графических ресурсов в соответствующих разделах спектроскопии.

В работе описана схема данных системы и её основные программные модули: загрузка и редактирование графиков и рисунков, поиск примитивных и составных графиков, отображение графиков и оценка качества цитирования примитивных графиков.

Созданная коллекция научных графиков GrafOnto является уникальной, и предполагается ее включение в ресурсы Виртуального центра атомных и молекулярных данных. Она дает доступ к наиболее цитируемым графическим ресурсам в теории континуального поглощения и свойствам атмосферных молекул и слабосвязанным кластерам, а также ряду малоизвестным работам советского периода доступ к которым был ограничен.

# РЕИНЖИНИРИНГ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЧЁТНОСТИ НА СТАНКОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Латыпова А.Р.

*Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа*

*e-mail: alsuradikovna1998@gmail.com*

В современном мире существует огромное количество Business Intelligence (BI) - платформ, которые позволяют визуализировать бизнес – данные. Данные платформы позволяют наглядно отразить всю бизнес – аналитику на экране и делиться ею с клиентами и руководителями. Однако не все BI платформы позволяют выходить на новый уровень и использовать существующие платформы в мобильных приложениях, а также интегрировать их с собственными приложениями. Для решения данной проблемы используются различные BI платформы с открытым кодом, которые могут быть использованы в любых отраслях промышленности. Разработчики программного обеспечения используют BI – платформы с открытым исходным кодом для того, чтобы добавлять ее в качестве дополнительного функционала в свои приложения. Благодаря интегрированию BI платформы в веб - приложение руководители будут способны проводить анализ предприятия в любом удобном месте

На сегодняшний день технологий анализа данных множество. Но одной из самых новых и быстро развивающихся является технология интеллектуального анализа данных или технологии бизнес-аналитики (Business Intelligence). В основе бизнес-аналитики лежит организация доступа конечных пользователей и анализ структурированных количественных по своей природе данных и информации о бизнесе.

Объектом исследования является предприятие ООО ПКФ "Станкосервис", занимающаяся производством металлообрабатывающих токарных станков и запасных частей.

Предметом исследования является реинжиниринг предоставляемых услуг предприятием.

Целью исследования является формирование и выгрузка отчетов по улучшению процесса обработки информации по предоставлению услуг, ранее решавшийся в режиме ручной обработки.

Задачами исследования являются:

- анализ выбранной предметной области;
- оценка степень автоматизации бизнес-процесса;
- провести обзор существующих решений для BI платформы и веб-сайтов;
- разработать предложения по совершенствованию бизнес-процесса.

# **ЭМУЛЯЦИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИРТУАЛЬНОГО СТЕНДА SCADA**

Лосев А.С.

*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск*

*e-mail: losef.aleksei@gmail.com*

Одним из компонентов программного обеспечения при создании цифрового двойника являются программы, отвечающие за сбор данных с физического объекта, мониторинга и управления физическим объектом (физический элемент/физическая часть двойника) - системы наблюдения, распознавания и сбора данных, системы контроля и управления. В электроэнергетических системах эти функции может выполнять SCADA (аббр. от англ. Supervisory Control And Data Acquisition — диспетчерское управление и сбор данных) — программный пакет, предназначенный для разработки или обеспечения работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления.

В связи с тем, что на первом этапе разработки ЦД практически невозможно получить доступ к SCADA и реальным данным, предлагается использовать виртуальный стенд Scada (специальное программное обеспечение) для эмуляции необходимых данных.

В докладе дается характеристика виртуального стенда Scada, рассматриваются популярные методы для эмуляции датчиков и данных для виртуальных стендов Scada, в том числе возможность использования машинного обучения для достижения максимальной правдоподобности входных данных.

## **СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СОРТИРОВКИ ЭЛЕКТРОННЫХ ПИСЕМ**

Мазитов Р.И.

*Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа*

*e-mail: masikc09@yandex.ru*

При наличии одного электронного почтового ящика на весь отдел имеется проблема выявления конкретного адресата. Каждый сотрудник отдела занят в определенной сфере деятельности, поэтому если необходимо проверить почтовый ящик на наличие запросов конкретно к этому сотруднику, приходится открывать каждое письмо и выяснять его ли сфера деятельности фигурирует в сообщении. Данный процесс неэффективен, так как занимает много полезного времени сотрудника. Учитывая то, что в дальнейшем данный запрос требуется согласовать с начальником, от выявления проблемы до ее устранения уходит много времени.

Процесс сортировки электронных писем можно разделить на два этапа. Сначала необходимо определить адресата электронного письма.

Далее необходимо сохранить данное письмо в папке конкретного сотрудника.

Первый этап представляет из себя классическую задачу классификации, решаемую методами машинного обучения с учителем. Для реализации этого метода необходимо получить обучающую выборку, на основе которой модель научиться классифицировать письма.

Для получения обучающей выборки применяется встроенная функция почтового клиента «Microsoft Outlook», позволяющая извлечь все необходимые письма в формате CSV. Так как для классификации требуется целевой параметр, в нашем случае – сотрудник, ответственный за решение проблемы, описанной в письме. Требуется извлекать письма, уже отсортированные сотрудниками вручную и помечать в CSV файле специальной меткой.

Полученные данные обрабатываются с помощью библиотеки Pандас, которая имеет множество функций для работы с данными. Для обработки текста используется пакет библиотек и программ для символьной и статистической обработки естественного языка NLTK, с его помощью удаляются все ненужные стоп-слова.

Для реализации машинного обучения применяется библиотека Python Scikit-learn и ее алгоритм классификации «Случайный лес» [1]. На основе полученных данных обучается модель, проводится кросс-валидация и выбираются значения гиперпараметров [2]. Добившись удовлетворительной точности, модель можно применять на следующем этапе.

Следующий этап – непосредственно сама сортировка писем. Для решения этой задачи применяется инструмент автоматизации веб-браузера [3]. Бот, автоматически сортирующий письма, основывается на Selenium WebDriver. Он автоматически открывает новое электронное письмо и получает информацию необходимую для классификации [4]. Собранные данные загружаются в обученную модель, и на основе ее прогноза бот переносит письмо в папку сотрудника.

Таким образом, применение предлагаемого программного обеспечения в сортировке электронных писем позволит на порядок повысить эффективность работы сотрудников.

#### **Список литературы**

1. scikit-learn Machine Learning in Python [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://scikit-learn.org/stable/user\\_guide.html](https://scikit-learn.org/stable/user_guide.html)
2. Gerhard Tutz.Ordinal Trees and Random Forests: Score-Free Recursive Partitioning and Improved Ensembles// arXiv:2102.00415. 2021.
3. Рой Ошероув. Искусство автономного тестирования с примерами на C#/ пер. с англ. Слинкин А.А. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 360 с.
4. Boni García (UPM), Juan Carlos Dueñas (UPM). Automated Functional Testing based on the Navigation of Web Applications// EPTCS 61, 2011, pp. 49-65.

# РЕИНЖИНИРИНГ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ТОПЛИВНО- ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Массель А.Г., Мамедов Т.Г.

*Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН, Иркутск*

*e-mail: mamedowtymur@yandex.ru*

В Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ) СО РАН ведутся комплексные исследования систем энергетики, важную роль в которых играют исследования проблемы энергетической безопасности (ЭБ), или, конкретнее, исследования направлений развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК) России с учетом требований энергетической безопасности. Энергетическая безопасность при этом рассматривается как часть национальной безопасности, а именно как защищенность граждан, общества, государства, экономики от угроз дефицита в обеспечении их обоснованных потребностей топливно-энергетическими ресурсами приемлемого качества в различных условиях функционирования энергетики.

В настоящее время для таких исследований используется преимущественно количественный подход к оценке уровня энергетической безопасности, который обеспечивается применением традиционных программных комплексов (ИНТЭК, КОРРЕКТИВА). С целью усовершенствования технологии проведения вычислительных экспериментов было предложено выполнить реинжиниринг ПК «ИНТЭК».

Новая версия ПК «ИНТЭК-А» ориентирована на решение оптимизационных задач большой размерности для энергетических приложений методами линейного программирования и предназначена для автоматизации процессов обработки данных, проведения исследований и расчетов в задачах моделирования и оптимизации развития систем энергетики. Область применения ПК «ИНТЭК-А» ограничена кругом задач, решение которых основывается на построении производственных экономико-математических моделей, описывающих технологические и территориальные связи моделируемых систем, способы описания в математической модели связей и свойств моделируемых систем определяются особенностями применяемых методов линейного программирования.

Были решены следующие поставленные задачи: выполнен анализ предметной области и специфики программного обеспечения для исследований проблемы ЭБ; проведена инвентаризация унаследованной системы; определены современные системно-концептуальные соглашения, включающие обоснование выбора базовых инструментальных средств; разработана архитектура ПК «ИНТЭК-А»; реализована новая версия ПК «ИНТЭК-А»; проведен вычислительный эксперимент с помощью ПК «ИНТЭК-А»; разработано руководство пользователя.

Дальнейшее направление развития ПК «ИНТЭК-А» заключается в интеграции математических и семантических моделей. Для этого предлагается разработать агент – интерпретатор когнитивных карт, который дает возможность отображать когнитивные модели в экономико-математические модели. Также агент позволит формировать и отображать фрагменты экономико-математические модели ТЭК в виде когнитивных карт.

**Благодарности.** Результаты получены в рамках выполнения проекта по госзаданию ИСЭМ СО РАН FWEU-2021-0007 № АААА-А21-121012090007-7, отдельные аспекты прорабатывались в рамках проектов, поддержанных грантами РФФИ № 20-07-00994, № 19-07-00351.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ОБТЕКАНИЯ ТЕЛ МЕТОДОМ ВИХРЕВЫХ ПЕТЕЛЬ

Марчевский И.К., Щеглов Г.А., Дергачев С.А.

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

*e-mail: iliamarchevsky@mail.ru*

Модификации вихревых методов вычислительной гидродинамики для моделирования пространственных течений несжимаемых сред развиты значительно слабее, чем для плоских задач. Тем не менее, развитые авторами для двумерных задач новые численные методы решения граничных интегральных уравнений после глубокой "модернизации" оказываются применимыми и чрезвычайно эффективными и в трехмерном случае [1]. Первичной расчетной величиной в вихревых методах является завихренность, однако выбор модели вихревого элемента для моделирования пространственных течений является нетривиальной задачей. Высокую эффективность показала модель замкнутой вихревой петли [2].

Авторами разработаны и реализованы алгоритмы решения граничного интегрального уравнения относительно интенсивности вихревого слоя на обтекаемой поверхности, методика выполнения коррекции решения для обеспечения бездивергентности соответствующего распределения, алгоритмы моделирования эволюции вихревых петель и реструктуризации вихревого следа, а также прочие необходимые алгоритмы, позволяющие рассчитывать обтекание тел сложной формы, в том числе подвижных и деформируемых, и определять действующие на них нестационарные гидродинамические нагрузки.

Использование технологий параллельных вычислений (OpenMP, MPI) позволяет существенно снизить время выполнения расчетов на многоядерных/многопроцессорных ЭВМ. В докладе обсуждаются также вопросы применения быстрых методов для решения задачи типа задачи  $N$  тел, возникающей при моделировании эволюции вихревого следа, а также приближенные методы решения линейных систем – дискретных аналогов граничных интегральных уравнений. Предложены алгоритмы квазилинейной вычислительной сложности для выполнения указанных операций.

Пример расчета обтекания модели крыла конечного размаха показан на Рисунке 1. Отчетлива видны концевые вихревые жгуты, сходящиеся с законцовок крыла и формирующие структуру вихрей Прандтля. Числовые характеристики (величины гидродинамических нагрузок) удовлетворительно согласуются с данными экспериментов.

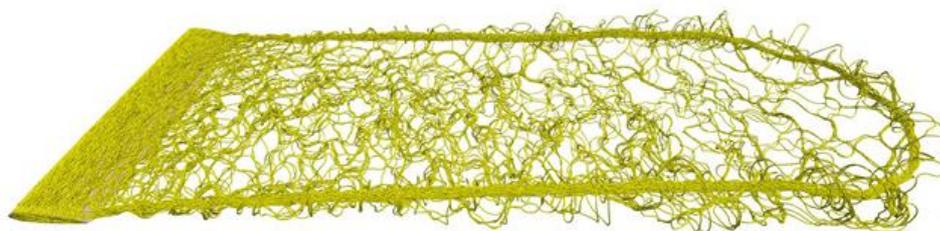


Рис. 1. Структура вихревого следа за крылом конечного размаха

**Благодарности.** Работа И.К. Марчевского и Г.А. Щеглова поддержана грантом РФФ (проект 17-79-20445)

## Список литературы

1. Марчевский И.К., Щеглов Г.А. Процедура определения интенсивности вихревого слоя при моделировании обтекания тела пространственным потоком несжимаемой среды // Математическое моделирование. 2019. Т. 31, № 11. С. 21-35. doi: 10.1134/S0234087919110029
2. Dergachev S.A., Marchevsky I.K., Shcheglov G.A. Flow simulation around 3D bodies by using Lagrangian vortex loops method with boundary condition satisfaction with respect to tangential velocity components // Aerospace Science and Technology. 2019. V. 94. Art. 105374. doi: 10.1016/j.ast.2019.105374

# ЦИФРОВАЯ ТЕНЬ КАК КОМПОНЕНТ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Массель А.Г., Щукин Н.И., Цыбиков А.Р.

*Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН, Иркутск*

*e-mail: niksha14@mail.ru*

В работе рассматриваются вопросы информационного обеспечения при построении цифровых двойников (ЦД) на примере ЦД солнечной электростанции.

Высокие объемы и доступность данных, а также методы их анализа являются одними из центральных при построении ЦД солнечной электроэнергетики и позволяют более полно учитывать влияние факторов (как внешних, так и внутренних) на их работоспособность. В дополнение к этому использование этих данных может значительно повысить качество разрабатываемых ЦД, управляющих солнечными электростанциями.

При проектировании и разработке ЦД предлагается использовать цифровую тень, являющуюся важным компонентом и основой, на которой спроектирован и в дальнейшем будет разрабатываться ЦД [1].

Цифровая тень (ЦТ) в свою очередь это и набор данных, получаемых с датчиков, и модель, которая позволяет прогнозировать свойства объекта в определенных пределах [2, 3]. Использование ЦТ при разработке ЦД способствует повышению наблюдаемости системы, посредством разделения системы на ЦТ и цифровую модель [1], а также переносимости частей системы, из-за уменьшения её связности.

В нашем случае ЦТ выполняет следующие функции:

- осуществляет сбор информации, поступающей с датчиков, расположенных на реальном объекте;
- реализует методы машинного обучения для обработки получаемых и хранимых данных, а также для возможности предсказания поведения реальной системы;
- хранит данные в базе данных.

В докладе будет рассматриваться разработка ЦТ, как составляющей ЦД солнечной электростанции, а также будут более подробно затронуты основные элементы ЦТ: база данных, построенная на основе онтологического инжиниринга, модель поведения, реализованная на основе машинного обучения, система сбора оперативной информации, использующая датчики, расположенные на реальном объекте, а также интерфейсы взаимодействия со всеми выше перечисленными системами.

**Благодарности.** Результаты получены в рамках выполнения базового проекта ИСЭМ СО РАН АААА-А21-121012090007-7 по госзаданию FWEU-2021-0007, при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 19-07-00351, 19-57-04003, 20-07-00994.

## Список литературы

1. Asma Ladj, Zhiqiang Wang, Oussama Meski, Farouk Belkadi, Mathieu Ritou, Catherine Da Cunha. A knowledge-based Digital Shadow for machining industry in a Digital Twin perspective // Journal of Manufacturing Systems. Volume 58. Part B. January 2021. P. 168-179. DOI: 10.1016/j.jmsy.2020.07.018.
2. Прохоров А., Лысачев М. Научный редактор профессор Боровков А. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание первое, исправленное и дополненное. М.: ООО «АльянсПринт», 2020. 401 стр., ил.
3. Sepasgozar Samad M. E. Differentiating Digital Twin from Digital Shadow: Elucidating a Paradigm Shift to Expedite a Smart, Sustainable Built Environment // Special Issue Sustainability and Energy Efficiency in Smart Cities and Construction. 11(4). 2021. P. 151. DOI: 10.3390/buildings11040151

# ИНТЕГРАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И СОЦИО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Массель Л.В., Пестерев Д.В.

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

*e-mail: massel@isem.irk.ru*

Исследования устойчивости (resilience) энергетических и социо-экологических систем становятся все более актуальными, так как на первое место выходят не просто вопросы устойчивости в смысле стабильности этих систем (sustainability), а вопросы возможности и скорости возвращения этих систем в устойчивое состояние после возмущений, которым подвергаются эти системы (resilience).

Концепция устойчивости не имеет уникального определения, из-за ее широкого использования в разных областях с различными значениями и последствиями. Одно из самых популярных определений было предложено Davoudi [1]:

«Устойчивость - это способность системы возвращаться к равновесию или устойчивому состоянию после возмущения, такого, как наводнения, землетрясения или другие стихийные бедствия, а также техногенные катастрофы, такие как банковские кризисы, войны или революции».

Согласно экологическому подходу, устойчивость – мера постоянства экосистем и их способности адаптироваться к изменениям и нарушениям и по-прежнему поддерживать одни и те же отношения между населением или государством. Понятия постоянства, изменения и непредсказуемости в этом определении отличаются от эффективности, постоянства и предсказуемости в технической устойчивости. Под устойчивостью экосистемы понимается способность поглощать возмущающие факторы и реорганизовываться, пока система претерпевает изменения.

В России исследования в этой области ведутся в основном в области технической устойчивости, в то время как в Западной Европе рассматривают это направление шире и включают в рассмотрение также экологическую, психологическую, социальную и экономическую устойчивость. С другой стороны, факторы, определяющие социальную устойчивость в зарубежных работах, переключаются с факторами, используемыми при оценке качества жизни в российских исследованиях.

Качество жизни трактуется мировым научным сообществом, как совокупность объективных и субъективных параметров, характеризующих максимальное количество сторон жизни человека, его положение в обществе и удовлетворенность им. Интегральный показатель качества жизни обобщает показатели здоровья, социального самочувствия, субъективного социального благополучия и благосостояния. Авторы предложили использовать для определения интегрального показателя качества жизни когнитивное моделирование и подтвердили целесообразность этого подхода [3].

В связи с актуальностью этой тематики авторами предложен совместный проект с австрийскими коллегами [2] в рамках конкурса РФФИ-АНФ (Австрийский научный фонд), названный «Разработка нового подхода к исследованиям устойчивости энергетических и социо-экологических систем на основе методов искусственного интеллекта».

Новая научная идея состоит в том, что предлагается интегрировать методы исследования устойчивости технических и социо-экологических систем с использованием понятия «качество жизни»: с одной стороны, повысить внимание к природным рискам и качеству жизни населения в исследованиях проблем энергетической безопасности, а с другой, ввести в интегральный показатель качества жизни, помимо имеющихся показателей,

необходимость учета обеспеченности энергоресурсами. Для успешной реализации новой идеи предлагается адаптация концепции ситуационного управления, использованной ранее коллективом под руководством автора для исследований проблемы энергетической безопасности, и интеграция семантического и математического моделирования в рамках интеллектуальной системы поддержки принятия решений – многоагентной инструментальной среды, реализуемой на принципах агентно-сервисного подхода.

Конкретные задачи в рамках поставленной проблемы заключаются в разработке следующих оригинальных подходов и методов: 1) методы системного анализа поставленной проблемы, основанные на ситуационном и семантическом моделировании; 2) интеграция методов машинного обучения с биоинспирированными методами для определения управляющих воздействий; 3) авторский риск-ориентированный подход для оценки рисков угроз ЭБ; 4) методы оценки ущербов (качественных и количественных) от чрезвычайных ситуаций, в т.ч. с использованием индикативного анализа; 5) методы семантического (в первую очередь когнитивного) и математического моделирования для решения поставленных задач; 6) методы визуальной аналитики и когнитивной графики для анализа проблемы и визуализации решаемых задач; 7) методы построения многоагентной интеллектуальной среды поддержки принятия решений в энергетических и социо-экологических системах; 8) разработка и применение информационной технологии (ИТ) интеллектуальной поддержки принятия решений по развитию энергетической инфраструктуры региона, предотвращению чрезвычайных ситуаций и повышению качества жизни населения с учетом энергетических, экономических и экологических факторов, с использованием разработанных методов и инструментальных средств.

Новыми содержательными задачами являются: оценка рисков природных и техногенных угроз для Байкальской природной территории; формирование перечня возможных чрезвычайных ситуаций, вызываемых этими угрозами, а также превентивных и оперативных мероприятий, направленных на предотвращение ЧС и стабилизацию ситуации; экспертная оценка их стоимости; оценка рисков использования возобновляемых энергетических ресурсов в Байкальском регионе, особенно в центральной экологической зоне Байкальской природной территории, с учетом возможных неблагоприятных экологических и социально-экономических последствий; определение основных показателей качества жизни, связанных с реализацией природных угроз ЭБ в Байкальском регионе.

Следует отметить, что предшественниками исследований устойчивости энергетических систем (ЭС) можно считать исследования живучести ЭС, которые выполнялись в ИСЭМ СО РАН в 90-х гг. прошлого века.

Коллектив, возглавляемый автором, имеет существенный задел, необходимый для выполнения проекта, как в области семантического (в том числе когнитивного) моделирования, интеграции семантических и математических моделей, так и в области построения многоагентных систем на основе агентно-сервисного подхода.

#### **Список литературы**

1. Davoudi S. Resilience: A Bridging Concept or a Dead End, *Planning Theory and Practice* 13(2). 2012. Pp. 299–307.
2. Массель Л.В., Массель А.Г., Комендантова Н.П. Подход к исследованиям устойчивости энергетических и социо-экологических систем на основе интеллектуальных информационных технологий // Труды Международной научной конференции «Устойчивое развитие энергетики республики Беларусь: состояние и перспективы». Минск: Беларус. навука, 2020. ISBN 978-985-08-2654-1. С. 33-43
3. Массель Л. В., Блохин А. А. Когнитивное моделирование индикаторов качества жизни: предлагаемый подход и пример использования / Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. Т.14. №2. 2016. С. 72–79

# ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ В ЭНЕРГЕТИКЕ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ

Массель Л.В., Стенников В.А.

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

*e-mail: sva@isem.irk.ru*

Одно из первых значений термина «цифровая трансформация» – это переход от аналоговых данных к цифровым, то, что сегодня принято называть цифровизацией. В последнее время цифровую трансформацию понимают более широко – как переход к цифровому обществу, при этом выделяют следующие направления цифровой трансформации: формирование нового варианта экономических отношений (цифровая экономика), построение нового уровня отношений между обществом и государством (цифровое правительство), создание высокотехнологичной инфраструктуры (цифровое пространство).

В основе цифровой трансформации лежат информационно-коммуникационные технологии (ИКТ). Основные стадии их развития: Мейнфреймы, Клиент-серверы и ПК (1960 – 1970 гг.), Web 1.0 eКоммерция (1980 гг.), Web 2.0 Облака, мобильные технологии (1990 гг.), Big Data Аналитика, визуализация (2000 гг.), Интернет вещей, умные машины (2010 гг.), Искусственный интеллект (2010-2020 гг.)

Одним из современных трендов цифровизации, получивших уже достаточно широкое распространение в мире, являются цифровые двойники (ЦД) [1]. Под цифровым двойником понимается виртуальный прототип реального объекта, использующий данные, передаваемые on-line, с помощью которого можно проводить эксперименты и проверять гипотезы, прогнозировать поведение объекта и решать задачу управления его жизненным циклом [1, 2]. В последнее время ЦД в энергетике фактически рассматривают как синоним цифровизации энергетики.

В случае создания цифрового двойника сложного объекта (уровня завода или электростанции), процесс построения двойника, по сути, становится неотъемлемой частью проведения цифровой трансформации этого объекта. Предполагается, что в перспективе ЦД станет интеграционной платформой между операционными технологиями ОТ (Operational Technologies), которые охватывают производства, где генерируются данные, и информационными технологиями ИТ (Information Technologies), которые охватывают области, где данные потребляются. Далее в докладе рассматриваются классификация ЦД, стимулирующие и сдерживающие факторы на рынке ЦД.

Выделяют следующие основные компоненты программного обеспечения (ПО) для построения ЦД:

- создание виртуального двойника (программная имитация физического объекта, он же цифровая часть двойника);
- сбор данных с физического объекта, мониторинга и управления физическим объектом – системы наблюдения, распознавания и сбора данных, системы контроля и управления;
- создание хранилища собираемых данных – DWH на основе классических СУБД (Oracle, MS SQL, DB2) и СУБД с открытым кодом (PostgreSQL), облачные хранилища (S3, RedShift, Greenplum);
- создание сервисного элемента, который предоставляет услуги и интерфейс клиентам – инструменты поддержки сервисов математического моделирования, оптимизации, построения прогнозов и т. п.;
- создание коммуникаций между вышеперечисленными элементами (IoT-платформы).

В России существует хорошая математическая школа, большинство научных институтов и вузов создавали и продолжают разрабатывать математические и компьютерные модели изучаемых процессов и создают программные продукты в данной области (по большей части для внутреннего потребления). В то же время на российском рынке пока нет широкого спектра компаний-поставщиков, предоставляющих пять категорий ПО для построения ЦД.

Для построения ЦД в энергетике предлагается активно использовать научный инструментарий, разработанный в ИСЭМ СО РАН (в первую очередь математические, имитационные и онтологические модели). В докладе рассматривается предлагаемая архитектура ЦД на основе онтологического подхода [2, 3], этапы построения ЦД с использованием имеющегося научного инструментария и стадии разработки, включающие переход от научных к промышленным прототипам ЦД [4, 5].

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках проекта по госзаданию ИСЭМ СО РАН №АААА-А17-117030310444-2, отдельные аспекты прорабатывались в рамках проекта, поддержанного грантом РФФИ «19-07-00351».

### Список литературы

1. Прохоров А., Лысачев А. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Научный редактор проф. Боровков А.И. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020. – 401 с.
2. Massel L., Massel A. Development of Digital Twins and Digital Shadows of Energy Objects and Systems Using Scientific Tools for Energy Research // ENERGY-21 – Sustainable Development & Smart Management: proceedings. E3S Web of Conferences, 2020. Volume 209. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020902019>
3. Массель Л.В., Ворожцова Т.Н. Онтологический подход к построению цифровых двойников объектов и систем энергетики. Онтология проектирования, 2020. Т.10, №3 (37). С. 327-337. DOI: 10.18287/2223-9537-2020-10-3-327-337.  
<https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/69/contents>
4. Воропай Н.И., Массель Л.В., Колосок И.Н., Массель А.Г. ИТ-инфраструктура для построения интеллектуальных систем управления развитием и функционированием систем энергетики на основе цифровых двойников и цифровых образов. Известия РАН. Энергетика. №1. 2021. С. 3-13. DOI: 10.31857 / S0002331021010180
5. Массель Л.В., Массель А.Г., Ворожцова Т.Н. Использование научной ИТ-инфраструктуры исследований энергетики для построения цифровых теней и цифровых двойников объектов и систем энергетики // Применение технологий виртуальной реальности и смежных информационных систем в междисциплинарных задачах FIT-M 2020 : сборник Трудов международной научной конференции. Москва : Знание-М, 2020. С. 163-169. ISBN 978-5-907345-75-1 DOI 10.38006/907345-75-1.2020.1.310

# АНАЛИЗ ЭВОЛЮЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ ДИНАМИЧЕСКОГО ТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Михеев А.В.

*Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН, Иркутск*

*e-mail: avmiheev@gmail.com*

В последнее время методология тематического моделирования широко используется для обнаружения скрытой семантической структуры тематик на основе больших массивов текстовых документов различной направленности. Выявление подобных структур, например, через широко используемый метод латентного размещения Дирихле [1], может быть использовано при анализе трендов и направлений развития науки и технологий в целевой предметной области в системах поддержки принятия решений при государственном и корпоративном управлении развитием.

Динамический подход к тематическому моделированию, предложенный в [2], позволяет анализировать изменение обобщенных тематик документов, относящихся к последовательно хронологически расположенным временным слоям. Существуют различные варианты этого подхода: дискретное динамическое тематическое моделирование, подход с использованием фильтра Калмана с комбинацией новизны и установления [3], структурное тематическое моделирование с применением для сферы возобновляемой энергетики [4].

В данной работе выполнено динамическое тематическое моделирование в сфере академических исследований развития энергетических систем на основе корпуса документов научных рецензируемых журналов и статей конференций из международной базы Scopus. Проанализирована эволюция тематик исследований на временном горизонте последних 20 лет. Сделаны прогностические оценки относительно будущих направлений исследований в области развития энергетических систем, а также предложено использование полученных результатов в рамках интеллектуальной системы поддержки коллективных экспертных решений.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), научный проект № 20-07-00994.

## Список литературы

1. Blei, D.M., Ng, A.Y., Jordan, M.I.: Latent dirichlet allocation. *J. Mach. Learn. Res.* 3, p. 993–1022 (2003).
2. Blei, D.M., Lafferty, J.D.: Dynamic topic models. In: *Proceedings of the 23rd International Conference on Machine Learning, ICML 2006*, pp. 113–120 (2006).
3. Bahrainian, S. A., Mele, I., & Crestani, F. (2018). Predicting topics in scholarly papers. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10772 LNCS, 16–28. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-76941-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-76941-7_2)
4. Park, C., & Kim, M. (2021). A Study on the Characteristics of Academic Topics Related to Renewable Energy Using the Structural Topic Modeling and the Weak Signal Concept. *Energies*, 14(5), 1497. <https://doi.org/10.3390/en14051497>

# МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВКЛАДА УЧАСТНИКОВ ПРОЕКТНОЙ КОМАНДЫ В ДОСТИЖЕНИЕ ЦЕЛЕЙ ИТ-ПРОЕКТА

Никулина Н.О.<sup>1</sup>, Малахова А.И.<sup>1</sup>, Баталова В.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа*

<sup>2</sup>*ООО ИК "Сибинтек", Уфа*

*e-mail: nikulina.nataly4@yandex.ru*

Конкурентоспособность ИТ-компании, основной деятельностью которой является разработка и внедрение программного обеспечения, в современных условиях определяется ее возможностью реализовывать несколько проектов одновременно, предоставляя потребителям качественный продукт в минимальные сроки с минимальными затратами. Однако особенности разработки программного обеспечения (нематериальность конечного продукта, зависимость от взаимоотношений между участниками команды проекта, сжатые сроки), не позволяют эффективно отслеживать ход выполнения проекта с помощью общепринятых методик (например, оценки освоенного объема). Поэтому необходима разработка альтернативного инструмента оценки состояния ИТ-проектов, а также способа своевременного выявления причин изменения отдельных показателей состояния проектов. Решение проблемы заключается в совместном применении методов процессного и проектного управления в рассматриваемой предметной области. В частности, предлагается разработать систему сбалансированных показателей (BSC) ИТ-компании, опираясь не на показатели структурных подразделений, а на показатели ИТ-проектов. В свою очередь, система сбалансированных показателей каждого ИТ-проекта увязывается с функциональной структурной декомпозицией работ (WBS) каждой из итераций разработки ПО (согласно Scrum-методологии). Это позволяет на уровне отдельных показателей ИТ-проекта установить роль и вклад каждого из участников проектной команды в достижение оперативных целей проекта и стратегических целей ИТ-компании в целом. Предлагаемая методика применима для установления приоритетов параллельно выполняющихся проектов с целью своевременного перераспределения ресурсов, а также обоснования распределения бюджета ИТ-компании по проектам вплоть до отдельных сотрудников с учетом системы грейдов в рамках профессионального стандарта проектных ролей.

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке РФФИ (Грант № 19-08-00937 «Методы и модели интеллектуальной поддержки принятия решений при управлении программными проектами, реализуемыми в среде производственных предприятий»).

## Список литературы

1. Clark, K. B., and S. C. Wheelwright. *Managing New Product and Process Development: Text and Cases*. NY: Free Press, 1993. 896 p.
2. Черняховская Л. Р., Малахова А. И., Никулина Н. О., Баталова В. И. Информационно-аналитическая поддержка принятия коллективных решений с использованием интеллектуальных технологий // Информационные технологии в управлении: труды XIII Всеросс. мультikonференции по проблемам управления. СПб: АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2020. С. 88–91.
3. Черняховская Л.Р., Малахова А.И., Никулина Н.О. Применение методологии BSC для управления проектами в ИТ-компаниях // Управление экономикой: методы, модели, технологии: Труды XVIII Международной научной конференции. Уфа: УГАТУ, 2018. С. 385–390.

# МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ АГРАРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

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

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, п. Молодежный  
e-mail: sofia.registration@mail.ru*

В работе рассматриваются различные модели прогнозирования производственно-экономических показателей, характеризующих производство аграрной продукции [1, 3, 4 и др.]. К таким математическим моделям относятся линейные и нелинейные тренды, которые позволяют осуществлять прогнозы с разной заблаговременностью. Показано, что при использовании линейных зависимостей, полинома второй степени, степенного и экспоненциального выражений возможно прогнозирование на 1 – 2 шага. Вместе с тем использование асимптотической и логистической моделей роста способствует улучшению качества прогностических моделей и увеличению упреждения для среднесрочного и долгосрочного прогнозирования [1 и др.].

Помимо трендовых моделей научно-практическое значение имеют авторегрессионные, которые применимы при описании, прежде всего, показателей производства животноводческой продукции. Между тем свойство автокорреляционных функций рядов с тенденциями убывания уменьшает заблаговременность прогнозирования. Обработка большого числа эмпирического материала показывает, что автокорреляционные модели могут использоваться для прогнозирования на краткосрочную перспективу.

Особенности изменчивости климата на территории Иркутской области, системы ведения сельского хозяйства, наличие различных по природе экстремальных гидрометеорологических событий сказываются на видах аналитической связи урожайности сельскохозяйственных культур с метеорологическими факторами в начальный период вегетации растений [2]. Исследования показали возможность использования факторных моделей для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в текущем году и нормативных прогнозов.

Выявление в последовательностях производственно-экономических показателей аграрного производства устойчивых тенденций, значимых автокорреляционных связей, оценка основных метеорологических факторов, влияющих на результативный признак, предполагают применение смешанных моделей.

Следует отметить, что аномальные уровни в рядах показателей, описывающих деятельность сельскохозяйственного товаропроизводителя, оказывают сильное влияние на доходы от реализации продукции. Оценка аномальных уровней и природы их появления необходима для определения мер уменьшения рисков.

Наличие различных моделей прогнозирования позволяет использовать разные задачи параметрического программирования для оптимизации производства аграрной продукции [1]. Такие задачи можно классифицировать по следующим признакам: неопределенности коэффициентов при неизвестных в целевой функции и левых частях ограничений; срокам планирования; количеству критериев оптимальности; отраслям аграрного производства; числу уровней показателей модели и другим.

В работе приведены разные модели прогнозирования производственно-экономических показателей, а также их применение при решении задач параметрического программирования для реальных сельскохозяйственных организаций.

### Список литературы

1. Барсукова М.Н., Иванько Я.М., Петрова С.А. Об одной модели оптимизации производства аграрной продукции в благоприятных и неблагоприятных внешних условиях // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2020. № 3(19). С. 73-85. DOI 10.38028/ESI.2020.19.3.008.
2. Иванько Я.М., Столопова Ю.В. Климатическая изменчивость и агрометеорологические условия Предбайкалья: экспериментальные исследования и моделирование урожайности зерновых культур // Метеорология и гидрология. – 2019. № 10. С. 117-124.
3. Сайфиев Ж, Фозилова М.М. ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ НЕЧЕТКОГО ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ХЛОПКОВОДСТВЕ // Проблемы оптимизации сложных систем. материалы XIV Международной Азиатской школы-семинара. 2018. С. 176-182.
4. Холодкова, В.В. Оценка эффективности деятельности предприятия с использованием моделей параметрического линейного программирования // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. – 2016. № 1. С. 153-157.

# РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНОГО И ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕГИОНА

Полисадова А.И.<sup>1</sup>, Берестнева О.Г.<sup>2</sup>, Романчуков С.В.<sup>2</sup>,

Берестнева Е.В.<sup>2</sup>, Давтян А.Г.<sup>3</sup>, Шабалина О.А.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск*

<sup>3</sup>*Московский физико-технический институт, Москва*

<sup>4</sup>*Волгоградский государственный технический университет, Волгоград*

*e-mail: mozgaleva.alena@mail.ru*

В условиях масштабного экономического кризиса проблема модернизации регионов становится одной из проблем-вызовов, стоящих перед Россией, что приводит к росту значимости исследований в данной области и потребности в реализации широкого спектра таких исследований. Вместе с тем, в настоящее время исследователи и практики активно работают в области исследования возможностей внедрения ИТ-продуктов с целью повышения эффективности исследовательской деятельности в социальных и экономических науках.

Объект исследования – социально-экономическая структура региона как единая система, представленная рядом статистических и экономических показателей, оценок уровня инновационного развития, социальное самочувствие региона, представленное "портретом региона" и рядом статистических показателей, сформированных по выборкам региональных социологических опросов.

Предметом исследования являются достоверные взаимосвязи между показателями социального самочувствия и инновационного развития региона.

Целью исследования является разработка системы компьютерного моделирования, отображающей взаимосвязи социальных и экономических факторов инновационного развития региона РФ.

В соответствии с поставленной целью было необходимо решить ряд научно-технических задач, а именно:

- проведение анализа предметной области (в сфере моделирования взаимосвязей социальных и экономических факторов общественного развития);
- подготовка данных к статистической обработке и глубинному анализу;
- выявление в доступных статистических данных значимых факторов;
- сокращение размерности факторного пространства;
- проведение разведочного анализа пространства факторов с целью поиска закономерностей и взаимосвязей;
- определение структуры информационной модели и выбор оптимальных технологических решений для её реализации;
- программная реализация информационной модели;
- проведение испытаний разработанного программного решения.

В процессе исследования применялись диалектический подход, методы системного анализа, статистических группировок, факторного и кластерного анализа, информационное моделирование на основе информационных сетей, машинного обучения, нейросетевых моделей, нечёткой логики и др.

Эмпирическую базу исследования составили статистические и другие информационные источники, материалы, характеризующие социальное благополучие различных регионов РФ, производственно-хозяйственную деятельность предпринимательских структур различных организационно-правовых форм в РФ, материалы социологической и экономической статистики, статистические показатели-маркеры инновационного развития регионов РФ.

В результате исследования была разработана информационная модель, описывающая взаимосвязь социальных и экономических факторов инновационного развития региона РФ, обладающая достаточной точностью, предсказательной силой и пригодная для проведения вычислительных экспериментов с достоверными (статистически значимыми) результатами.

## **ВАРИАНТЫ ВЫВОДА ИНФОРМАЦИИ В КАРТОГРАФИЧЕСКОМ ВИДЕ ДЛЯ ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМООБРАЗУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ**

Попова О.М.

*Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН, Иркутск*

*e-mail: pom@isem.irk.ru*

Показан вывод информации в картографическом виде по двум постановкам задачи оптимизации структуры системообразующей электрической сети с разными целевыми функциями и системами ограничений.

## **О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ГИС ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ГЕОДАНЫХ**

Прозорова Г.В., Туренко С.К.

*Тюменский индустриальный университет, Тюмень*

*e-mail: prozorovagv@tyuiu.ru*

С развитием в геоинформационных системах (ГИС) инструментов на основе нечеткой логики, машинного обучения и нейронных сетей, становится возможным автоматизировать методики анализа, использующие неполные данные, аналоги, скрытые закономерности. В докладе проанализирована возможность использования ГИС для интеллектуального анализа геоданных в практических задачах геологии на примере специализированной ГИС Integro и универсальных ГИС ArcGIS и QGIS.

Обобщенные задачи анализа данных в геологии: а) выделение перспективных объектов по набору признаков; б) оценка перспективности объектов; в) прогноз значения одного геологического свойства по значениям других свойств и значения на всей территории по значениям на ее части. На основе анализа содержательной задачи и имеющихся данных определяют формальную задачу (классификации, распознавания, кластеризации, регрессии), разрабатывают модель решения и выбирают программные инструменты для ее реализации.

В ГИС Integro разработаны готовые формализованные модели решения типовых геологических задач. Пользователь в окнах интерфейса определяет тип задачи и выбирает инструменты для решения. Имеются инструменты аналитики растров: таксонометрии, классификации, факторного, регрессионного, дискриминантного анализа; реализовано векторно-растровое преобразование, предварительный статистический анализ данных. Задачный подход эффективен для работы специалиста-геолога [1]. Ограничением в применении является закрытость Integro для изменений и доработки инструментов анализа.

В ГИС ArcGIS и QGIS не представлены готовые модели решения геологических задач. Модель конструируют из отдельных инструментов и сохраняют для дальнейшего использования. В ArcGIS представлены универсальные инструменты анализа растров на основе нечеткой логики и глубокого обучения (классификация, кластеризация, поиск объектов), анализа векторных данных с использованием машинного и глубокого обучения (поиск инцидентов, классификация, кластеризация, обогащение данных). Возможна разработка новых инструментов [2]. Алгоритмы анализа отличны от Integro. Для использования в геологических задачах требуется разработка моделей анализа и адаптация методики применения имеющихся инструментов. Ограничением в применении является необходимость соответствующей лицензии ArcGIS и закрытость инструментов.

В открытой ГИС QGIS в базовом комплекте инструменты интеллектуального анализа не представлены. Они разрабатываются для частных задач путем интегрирования стандартных инструментов геоанализа с библиотеками математических алгоритмов (R, Keras, OpenCV и др.) [3]. Не ограничено создание авторских инструментов и моделей анализа, контроль и модификация используемых в них математических моделей.

Выводы: В типовых практических задачах анализа в геологии целесообразно использование специализированных задачных ГИС (Integro); в исследовательских задачах разработки математических моделей и алгоритмов геоанализа наиболее приемлемо открытое программное обеспечение; использование универсальных проприетарных ГИС (ArcGIS) требует детального изучения имеющихся инструментов и разработки методик применения.

#### Список литературы

1. ГИС INTERGO Прогноз//ГИС INTERGO - <http://www.gis-integro.ru/prognoz/>
2. Понятие об анализе в ArcGIS Enterprise// Portal for ArcGIS - <https://enterprise.arcgis.com/ru/portal/10.7/use/understanding-analysis-in-portal-for-arcgis.htm>
3. Documentation for QGIS 3.16- <https://docs.qgis.org/3.16/en/docs/>

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ОЦЕНКИ И ОТБОРА ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В СФЕРЕ СОЦИАЛЬНОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

Путилина Е.В.

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск  
e-mail: sunshine9494@rambler.ru*

В настоящее время в международной практике одним из успешных инструментов решения социальных проблем является социальный бизнес. К сожалению, на сегодняшний день, климат, в котором вынуждены работать социальные предприятия нельзя назвать благоприятным. В настоящее время для выживания многим социальным предприятиям приходится искать дополнительные источники финансирования. Одним из препятствий для получения финансовой поддержки является отсутствие универсальных методологических основ оценки и отбора проектов в сфере социального предпринимательства. На основе анализа существующих методик оценки инвестиционных проектов в сфере социального предпринимательства предпринята попытка разработки комплексной методики оценки и отбора инвестиционных проектов в сфере социального предпринимательства, учитывающей как коммерческую выгоду проекта, так и его социальную значимость. На первом этапе осуществляется оценка экономической эффективности инвестиционных проектов в сфере социального предпринимательства интегральной методикой. Отбираются альтернативные

варианты инвестиционных проектов в сфере социального предпринимательства, которые приводят к максимизации интегрального показателя при соблюдении установленных ограничений. На втором этапе осуществляется экспертная оценка социальной значимости проектов в сфере социального предпринимательства, отобранных на первом этапе, методом анализа иерархий. На третьем этапе на основании оценок метода анализа иерархий рассчитывается групповое мнение экспертов и формируется рейтинг инвестиционных проектов в сфере социального предпринимательства. Результатом применения данного метода является определение наиболее предпочтительного варианта для вложения средств, а также конкретное обоснование выбора и распределения всех вариантов. К преимуществам предложенной комплексной методики оценки инвестиционных проектов в сфере социального предпринимательства относятся:

учитывает ограниченно исследованную специфику оценки проектов в сфере социального предпринимательства; позволяет оценить эффективность всесторонне, объединяя различные показатели в единый; является более объективной, т.к. каждый анализируемый показатель ранжирован с помощью коэффициентов значимости.

**Благодарности.** Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 4.0095.РФФИ2.2020.

#### Список литературы

1. Гнедаш, Е. В. Разработка информационной системы оценки и отбора инвестиционных проектов в сфере социального предпринимательства / Е. В. Гнедаш // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: Сборник научных трудов VI Международной научной конференции, Томск, 14–19 октября 2019 года / Под редакцией О.Г. Берестневой, В.В. Спицына, А.И. Труфанов, Т.А. Гладковой. – Томск: НИ ТПУ, 2019. – С. 226-228.
2. Клепикова, Т. В. Развитие социального бизнеса в России / Т. В. Клепикова // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 4(99). – С. 282-287.
3. Плюхина, А. А. Развитие системы государственного регулирования и поддержки проектов в сфере социального предпринимательства: автореф. дисс. к-та экон. наук: 08.00.05. — М., 2019. — 24 с.

## ТЕХНОЛОГИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РАБОТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОТРАСЛЕЙ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ УГРОЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Пяткова Н.И., Массель А.Г., Мамедов Т.Г.

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

*e-mail: nata@isem.irk.ru*

Для проведения исследований проблем энергетической безопасности в ИСЭМ СО РАН используется двухуровневая технология, интегрирующая этапы качественного анализа (с использованием инструментальных средств семантического моделирования) и количественного анализа (с использованием линейных экономико-математических моделей и традиционных программных комплексов) [1]. Применение методов когнитивного моделирования на уровне качественного анализа было предложено в [2]. Построена когнитивная карта угрозы «Недостаток инвестиций» для газовой отрасли (рис.1).

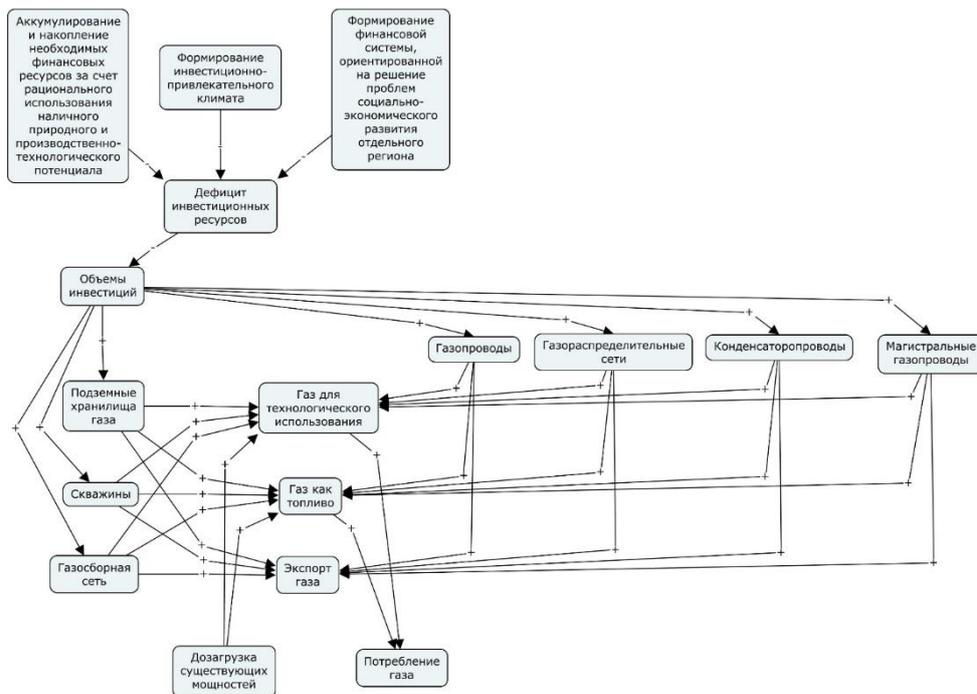


Рис. 1. Когнитивная карта угрозы «Недостаток инвестиций» для газовой отрасли.

Для проведения комплексного эксперимента по анализу основной угрозы энергетической безопасности «Недостаток инвестиций в отрасли энергетики» предполагается совместное использование когнитивных моделей систем энергетики и модель оптимизации вариантов развития ТЭК с учетом энергетической безопасности.

Модель оптимизации вариантов развития ТЭК с учетом энергетической безопасности состоит из отраслевых подсистем энергетического комплекса (газовой, угольной, нефтеперерабатывающей (в части мазутоснабжения) отраслями, электро- и теплоэнергетикой).

Для проведения исследования влияния недостатка инвестиций модель дополнена финансовым блоком, описывающим инвестиционные затраты на реконструкцию, модернизацию действующих мощностей, вывод устаревшего оборудования, ввод новых мощностей на объектах энергетических отраслей. Учет этих составляющих представлен в модели дополнительным уравнением, описывающим удельные капиталовложения на единицу новых мощностей по всем технологическим этапам. В модели также реализован учет динамики развития энергетических объектов на перспективу.

На основе когнитивных моделей отраслей энергетики формируется блок корректирующих коэффициентов для модели количественного уровня, которые представляют коэффициенты корректировки верхних ограничений и правых частей матрицы условий.

Предполагается проведение следующих этапов эксперимента:

Расчет инвестиций по всем энергетическим отраслям без внесения возмущений.

Расчет при заданных ограничениях на инвестиции (10%, 20% и т.д. на капиталовложения):

- по отдельным отраслям;

- по отдельным технологическим этапам (добыча-производство, транспорт).

По результатам расчетов формируется динамика дефицитов энергоресурсов по территории и по видам энергоресурсов.

Проведение оптимизационных расчетов проводится с использованием модифицированного программно-вычислительного комплекса «ИНТЭК-М».

Благодарности. Работа была выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 19-07-00351.

### Список литературы

1. Массель А. Г. Методологический подход к организации интеллектуальной поддержки исследований проблемы энергетической безопасности // Информационные технологии. 2010. № 9. С. 32–36.
2. Пяткова Н.И., Массель А.Г. Когнитивное моделирование в исследованиях энергетической безопасности: переход к динамическим когнитивным картам / Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2020. – № 4(20).- С.24-33

## ОЦЕНКА ИНФРАСТРУКТУРНОЙ ДОСТУПНОСТИ РЕГИОНОВ С ПОЗИЦИЙ ОСВОЕНИЯ И РАЗВИТИЯ С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Расторгуев И.А., Щепетина Т.Д., Баланин А.Л.

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва*

*e-mail: Rastorguev\_IA@nrcki.ru*

Такой геополитический фактор как большая широтная протяженность нашей страны накладывает особые требования на развитие транспортной и энергетической обеспеченности регионов. Если в западной части страны развитие идет в ногу со временем, то в восточной части отмечается существенное отставание. Наличие большой доли арктических и близких к ним по типу территорий с суровыми природно-климатическими условиями ведет к существенной нагрузке на бюджет по их освоению. Наличие ценных минерально-сырьевых ресурсов вызывает естественное стремление к разработке месторождений, что сопряжено с высокими затратами как на создание производственной инфраструктуры, так и на обеспечение энергоресурсами. Особенно возрастает транспортная составляющая всех статей затрат.

Данная работа выполняется с целью создания геоинформационно-аналитического инструмента для поддержки принятия решений при стратегическом планировании освоения регионов и месторождений полезных ископаемых. Она основана на многопараметрической оценке доступности транспортной и энерго-транспортной инфраструктуры, потенциала добычи полезных ископаемых, в т.ч. энергоресурсов (нефть, газ, уголь), а также возможности использования возобновляемых источников энергии в некотором определяемом географическими координатами местоположении, перспективном с точки зрения потребности развёртывания энергопроизводства, расположенном в удаленных или труднодоступных районах России. Разработанный инструмент позволяет наглядно и быстро оценить удаленность выбранного участка от существующих энергообеспечивающих и логистических артерий и спрогнозировать комплекс предстоящих мероприятий по его освоению.

В качестве примера такого региона рассмотрена территория Западной Якутии с акцентом на месторождение редкоземельных металлов Томтор.

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке гранта НИЦ «Курчатовский институт» (№2222 от 23.10.2020).

# МЕТОДИКА ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ СИСТЕМЫ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ РИСКОВ, КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ И УЩЕРБОВ ОТ АВАРИЙ

Расторгуев И.А., Щепетина Т.Д.

*Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва*

*e-mail: Rastorguev\_IA@nrcki.ru*

Задача поиска оптимального спектра мощностей атомных реакторов для развивающейся энергосистемы страны с большой долей вклада АЭС формализована и представлена в виде задачи многокритериальной оптимизации. Оценивается снижение потенциального ущерба от различных факторов риска и затрат на строительство при максимальной выработке электроэнергии. Предложена и реализована концепция поиска решения при помощи генетического алгоритма. На основе проведенных расчетов даны рекомендации по оптимизации мощностного ряда реакторных установок (РУ), которые позволят снизить совокупные риски эксплуатации АС при стратегическом планировании. Данный программный продукт позволяет искать оптимальные соотношения мощностей энергоблоков в системе заданной мощности при учете как концептуальных приоритетов, так и тактических предпочтений лиц принимающих решения. Инструмент позволяет определить ключевые управляющие параметры при учете разнонаправленных рисков и выгод для перспективной атомной энергетики.

Рассмотренный в данной работе генетический алгоритм применительно к проблеме нахождения оптимального спектра мощностей атомных реакторов с учетом глобальных рисков, затрат и выгод показал, что возможно добиваться снижения рисков управленческими решениями при использовании многокритериального подхода при разработке стратегий. В условиях смены концепций и переосмысления энергетического уклада появляется аргументированная основа перехода к локальной и распределенной энергогенерации, как эффективного пути снижения потерь в тепло- и электро-сетях; упрощения инфраструктурных проблем.

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке гранта НИЦ «Курчатовский институт» (№2220 от 23.10.2020).

## Список литературы

1. Locatelli, G. and Mancini, M. The role of the reactor size for an investment in the nuclear sector: an evaluation of not-financial parameters./ ELSEVIER Ltd. Progress in Nuclear Energy, 2011, 53 (2), 212–222
2. Energy source for human demand. Sadao Hattori /in Advanced Nuclear Systems Consuming Excess Plutonium/ Kluwer Academic Publishers, Netherlands, 1997, P. 69 – 77.
3. <https://pesthompage.org/software>
4. <https://www.civil.uwaterloo.ca/envmodelling/Ostrich.html>
5. Кононюк А.Е. Дискретно-непрерывная математика. Учебное пос. Кн. 5, ч. 3. Киев: Освіта України, 2012. 520 с.
6. Е. В. Волкова, И. А. Расторгуев, А. В. Расторгуев. Численное моделирование для обоснования системы инженерной защиты г. Казани. Водоснабжение и санитарная техника. 2010. №12.
7. Саркисов А.А. Феномен восприятия общественным сознанием опасности, связанной с ядерной энергетикой //Научно-технические ведомости СПбГПУ, 2012 г., №3-2(154), с. 9-21.

# **ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ НАГРУЖЕННОСТИ ПРЕЦИЗИОННОЙ ЗЕРКАЛЬНОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Рейзмунт Е.М., Доронин С.В.

*Красноярский филиал Федерального исследовательского центра информационных и  
вычислительных технологий СО РАН, Красноярск*

*e-mail: e.sigova@gmail.com*

Основными воздействиями, обуславливающими нагруженность (напряженно-деформированное состояние), прочность и долговечность прецизионных зеркальных антенн, являются солнечное излучение, воздушный поток (ветер) и температуры окружающей среды. В соответствии с действующими нормами, проектный расчет выполняется независимо на максимальные значения этих воздействий. Это позволяет решить задачи проектирования, но не дает возможность ответить на вопросы, возникающие на стадии эксплуатации для обеспечения длительного безотказного функционирования.

Выполнение расширенного объема расчетов на стадии проектирования позволяет получить характеристики нагруженности во всем эксплуатационном диапазоне изменения внешних воздействий с учетом возможных их комбинаций. При этом, естественно, необходимо варьировать также пространственное положение антенны по отношению к земной поверхности и направлению действия воздушного потока и солнечного излучения (углы наклона фокальной оси в вертикальной и горизонтальной плоскостях). Варьирование внешних воздействий и пространственного положения антенны с некоторым шагом приводит к дискретному представлению характеристик нагруженности. Таким образом, получаем цифровую модель нагруженности, входами которой являются дискретизированные значения внешних воздействий и пространственного положения антенны, а выходами – соответствующие характеристики силовых факторов, перемещений, напряжений.

Использование построенной таким образом цифровой модели нагруженности на стадии эксплуатации возможно с двух взаимосвязанных точек зрения – условно «взгляд в прошлое» и «взгляд в будущее». Взгляд в прошлое включает в себя фиксацию (мониторинг) с дискретным шагом по времени фактических значений температуры окружающей среды, уровня солнечного излучения, скоростей ветра, пространственного положения антенны. На основании этого в течение всей стадии эксплуатации формируется цифровая модель истории нагружения всех силовых элементов конструкции антенны, позволяющей оценивать уровень накапливаемых повреждений, определять стратегию дальнейшей эксплуатации. Взгляд в будущее основан на краткосрочном прогнозе значений внешних воздействий и уровня нагруженности для принятия тактических решений, предотвращающих нарушения работоспособности.

Рассматриваются результаты построения цифровых моделей нагруженности крупногабаритной прецизионной антенны наземных систем спутниковой связи и возможности их интеграции в контуры принятия решений для интеллектуальной поддержки жизненного цикла.

# ЭФФЕКТИВНЫЙ АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ $N$ ТЕЛ В ВИХРЕВЫХ МЕТОДАХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

Рятина Е.П., Марчевский И.К.

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

*e-mail: evgeniya.ryatina@yandex.ru*

Для приближенного решения задачи  $N$  тел наибольшую известность получили метод Барнса – Хата и быстрый метод мультиполей. Их использование позволяет снизить вычислительную сложность операции расчета парных взаимодействий с квадратичной  $O(N^2)$  до квазилинейной  $O(N \log^k N)$ ,  $k \geq 0$ . Метод Барнса – Хата в смысле влияния далеко отстоящих кластеров частиц можно рассматривать как частный случай мультипольного метода с учетом лишь монопольного и дипольного членов (последний равен нулю в силу выбора центра разложения в центре масс) в мультипольном разложении функции влияния без построения ее локальных разложений.

В настоящей работе рассмотрен «гибридный» алгоритм, объединяющий идеи обоих методов, что позволяет оперировать малым числом членов в мультипольных и локальных разложениях и гибко управлять соотношением точности и вычислительной сложности. Локальные разложения строятся лишь для ячеек дерева нижнего уровня. В вихревых методах вычислительной гидродинамики, предполагающих моделирование обтекания профилей и тел потоком несжимаемой среды, в том числе в сопряженной гидроупругой постановке, «инфраструктура» предложенного гибридного быстрого метода оказывается применимой к выполнению всех основных вычислительно трудоемких операций:

- расчет правой части граничного интегрального уравнения на поверхности;
- итерационное решение линейной системы с заполненной матрицей, предполагающее расчет и хранение в памяти лишь ее узкой ленты;
- собственно расчет скоростей вихревых частиц (аналог задачи  $N$  тел);
- расчет давления в области течения;
- реструктуризация вихревого следа.

Сложность выполнения перечисленных операций снижается до квазилинейной. Использование технологий распараллеливания вычислений (OpenMP, MPI, CUDA) позволяет дополнительно многократно снизить время выполнения расчетов. Это дает возможность оперировать большим числом вихревых частиц ( $\sim 10^6$  и более) и за счет этого повышать разрешающую способность метода, рассматривать нестационарные переходные процессы в сложных гидроупругих системах, состоящих из многих компонент и т.п.

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке РФФ (проект 17-79-20445).

## Список литературы

1. Mimeau C., Mortazavi I. A review of vortex methods and their applications: from creation to recent advances // *Fluids*. 2021. V. 6. Art. 68. doi: 10.3390/fluids6020068
2. Андронов П.Р., Гувернюк С.В., Дынникова Г.Я. Вихревые методы расчета нестационарных гидродинамических нагрузок. М.: Изд-во МГУ, 2006. 184 с.
3. Kuzmina K., Marchevsky I., Soldatova I., Izmailova Y. On the scope of Lagrangian vortex methods for two-dimensional flow simulations and the POD technique application for data storing and analyzing // *Entropy*. 2021. V. 23. Art. 118. doi: 10.3390/e23010118

# ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД НОРМАЛИЗАЦИИ ЭМПИРИЧЕСКОГО $V^{TF}$ -КОНТЕКСТА В ОНТОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ДАННЫХ

Семенова В.А.

*Институт проблем управления сложными системами РАН, Самара*

*Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Самара*

*e-mail: iqueenbfjr@gmail.com*

Онтологический анализ данных (ОАД) – комплекс моделей и методов для выявления понятийной структуры предметной области из эмпирических данных [1]. Векторная  $V^{TF}$ -логика [2] в ОАД отражает реалии накопления эмпирической информации, её неполноту и противоречивость при формировании контекстов «объекты–свойства» [3, 4], из которых могут быть извлечены понятия. При формировании контекстов нередко необходим учёт априорных ограничений существования свойств (ОСС), требующий нормализации множеств свойств каждого объекта в контексте [5]. В [6] для проверки нормальности этих множеств предложено описывать ОСС в виде совокупности пересекающихся групп сопряженных свойств (ГСС), однородных по виду ОСС-сопряжения.

Нормализация  $V^{TF}$ -контекста «объекты–свойства» осуществляется для каждого объекта сепаративно в трехшаговом цикле:

- обнаружение всех проблемных ГСС рассматриваемого объекта (т.е. таких ГСС, состав которых нарушает нормальность множества свойств этого объекта) с выявлением для каждой проблемной ГСС локального порога доверия (ЛПД) к эмпирическим данным, позволяющего отсечь часть свойств этой ГСС с целью лишить её статуса проблемной, и являющегося ЛПД, минимально ужесточающим действующий для контекста порог доверия к данным;
- выбор среди найденных ЛПД «лучшего» в указанном выше смысле;
- реализация «лучшего» ЛПД для сечения отношения «анализируемый объект – свойства» с пересмотром ЛПД всех тех ГСС объекта, состав которых в результате сечения изменился.

Цикл завершается при отсутствии проблемных ГСС. Однозначный выбор «лучшего» ЛПД производится методом, использующим для оценки «вектора ужесточения» порога доверия равномерную метрику в пространстве  $V^{TF}$ -пространстве истинности, а среди ЛПД, равноценных по этому критерию, – метрику достоверности  $V^{TF}$ -векторов [2].

Описанный метод встроен в разрабатываемый ИПУСС РАН инструмент, реализующий ОАД.

## Список литературы

1. Смирнов СВ. Онтологический анализ предметных областей моделирования. Известия Самарского научного центра РАН, 2001; 3(1): 62-70.
2. Аршинский ЛВ. Векторные логики: основания, концепции, модели. Иркутск: Иркутский гос. ун-т, 2007.
3. Офицеров ВП, Смирнов СВ. Использование  $V^{TF}$ -логики для определения формальных контекстов и построения онтологий предметных областей. Проблемы управления и моделирования в сложных системах: Труды XV международной конф. Самара: СамНЦ РАН, 2013: 291-297.
4. Семенова ВА. Выбор логической модели для представления эмпирической информации в онтологическом анализе данных. Информатика и вычислительная техника: Сб. научных тр. XII Всероссийской н.-т. конф. аспирантов, студентов и молодых ученых. Ульяновск: УлГТУ, 2020: 205-210.

5. Lamdari N, Metais E. Building and maintaining ontologies: a set of algorithms. *Data&Knowledge Engineering*, 2004; 48(2): 155-176.
6. Семенова ВА, Смирнов СВ. Алгоритмизация формирования и прагматической трансформации ограничений существования свойств предметной области. *Онтология проектирования*, 2020; 10(3): 361-379.

## МОДЕЛЬ ПЯТЕН ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ СЕМАНТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ЗАДАЧАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Симонов Н.А.

*Физико-технологический институт имени К.А. Валиева РАН, Москва*

*e-mail: nsimonov@ftian.ru*

Предлагается новая математическая модель пятен [1], которая предназначена для моделирования семантической информации и для работы с неполными или качественными данными. Особенность предлагаемого математического аппарата заключается в том, что он позволяет получать даже точную информацию о предмете исследования, используя и обрабатывая неточные или качественные данные о его связях с множеством других, известных объектов. Это становится возможным при учете и обработке данных о взаимных связях между этими известными объектами.

Модель пятен является новым математическим подходом, формализующим идеи неопределенности и размытости. На интуитивном уровне она близка, но отличается от известных теорий нечеткого множества [2], грубого множества [3] и мягкого множества [4]. Например, с одной стороны, пятно можно рассматривать как пример гранул в модели [3], а с другой стороны, как размытый образ мягкого множества [4].

В данной работе вводятся L4 числа, являющиеся логическими 2x2 таблицами, которые описывают элементарные пространственные отношения между пятнами [1]. На их основе определяются L4 векторы, L4 матрицы и соответствующие математические операции над ними. Разработана основа математического аппарата на базе логических L4 чисел, который позволяет отображать как качественную (смысловую), так и количественную информацию, а также моделировать рассуждения и выводы новых знаний. Предложенные модели могут стать основой построения нейронных сетей нового типа [1].

Разработанный математический аппарат теории пятен был проверен на решении задачи восстановления изображений четких фигур, букв и цифр MNIST, применяя только качественные данные об их элементарных связях с множеством других, известных четких фигур.

**Благодарности.** Представленная работа финансировалась Министерством науки и высшего образования РФ, грант 0066-2019-0003. Автор выражает глубокую признательность Лукичеву В.Ф. и Руденко К.В. за поддержку и обсуждение данной работы.

### Список литературы

1. Симонов Н. А. Концепция пятен для задач искусственного интеллекта и алгоритмов нейроморфных систем // *Микроэлектроника*, 2020. № 6 (49). С. 459-473.
2. Zadeh L.A. Fuzzy sets // *Inf. Control*. 1965. № 3 (8). P. 338–350.
3. Pawlak, Z. Rough sets // *International Journal of Computer and Information Sciences*. 1982. №. 11. P. 341-356.
4. Молодцов Д.А. Теория мягких множеств. М.: УРСС, 2004.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПРОТЯЖЕННЫХ ПОГРУЖЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИХРЕВЫХ МЕТОДОВ

Сокол К.С., Марчевский И.К.

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

*e-mail: kuz-ksen-serg@yandex.ru*

При моделировании динамики протяженных погруженных конструкций при их поперечном обтекании колоссальные вычислительные затраты на решение сопряженной задачи в трехмерной постановке как правило не оправданы, поскольку подобные задачи можно решать, применяя метод плоских сечений, рассматривая набор двумерных задач по расчету обтекания подвижных профилей. К таким задачам относятся расчет колебаний проводов воздушных ЛЭП, ветровых колебаний большепролетных мостов, подводных трубопроводов, элементов строительных конструкций и др. Упрощенные модели гидродинамических нагрузок, основанные на использовании стационарных коэффициентов или теории присоединенных масс не всегда применимы, и именно моделирование течений с целью расчета нагрузок в подобных задачах является наиболее трудоемкой операцией с вычислительной точки зрения. Разработка методов и алгоритмов, позволяющих быстро производить моделирование плоских течений и рассчитывать нестационарные нагрузки с достаточной для приложений точностью является актуальным направлением исследований.

Применительно к решению описанных задач существенным преимуществом по сравнению с традиционно используемыми эйлеровыми методами обладают бессеточные лагранжевы вихревые методы, в которых основной расчетной величиной является завихренность. В авторском программном комплексе VM2D (<https://github.com/vortexmethods/VM2D>) [1] реализована одна из современных модификаций вихревых методов – метод вязких вихревых доменов (ВВД) [2]. Комплекс является кроссплатформенным, совместное использование технологий OpenMP, MPI, CUDA позволяет проводить расчеты на ЭВМ различных параллельных архитектур.

В представленной работе показана возможность использования комплекса VM2D в качестве библиотеки гидродинамических нагрузок при решении сопряженных задач гидроупругости для гибких протяженных конструкций, подключаемой к пакетам моделирования механики конструкции (в качестве примера выбран открытый пакет Chrono, <https://projectchrono.org>): расчет гидродинамических нагрузок, действующих на плоские сечения, производится в VM2D, затем вычисленные нагрузки передаются в пакет расчета динамики конструкции, в котором производится моделирование колебаний упругой механической системы, а рассчитанные перемещения профилей и их скорости отправляются обратно в VM2D.

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 20-08-01076.

## Список литературы

1. Kuzmina K., Marchevsky I., Ryatina E. VM2D: Open source code for 2D incompressible flow simulation by using vortex methods // Communications in Computer and Information Science. 2018. V. 910. P. 251–265.
2. Андронов П.Р., Гувернюк С.В., Дынникова Г.Я. Вихревые методы расчета нестационарных гидродинамических нагрузок. М.: Изд-во МГУ, 2006. 184 с.

# РАДИОФИЗИЧЕСКИЕ ГЕНЕРАТОРЫ ХАОТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМ СВЯЗИ

Станкевич Н.В.

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва*

*e-mail: stankevichnv@mail.ru*

Одним из перспективных направлений использования радиофизических генераторов хаотических сигналов является разработка систем связи [1-2]. В таких системах к хаотическим сигналам есть определенный ряд требований, делающий их более подходящими. К таким требованиям в первую очередь можно отнести широкополосность [2-3]. Наиболее достоверно хаос диагностируется с помощью старшего показателя Ляпунова, который указывает на наличие в фазовом пространстве системы направления, вдоль которого малые возмущения от траектории со временем нарастают. С помощью полного спектра показателей Ляпунова можно классифицировать различные типы хаотического поведения, включая гиперхаос, когда положительных показателей два и более, а также хаос с дополнительными нулевыми показателями Ляпунова. Такие специфические типы хаотических сигналов весьма распространены в радиофизических генераторах. Их возникновению предшествуют различные сценарии разрушения многочастотных квазипериодических колебаний. Основной целью данной работы является изучить спектральное представление хаотических сигналов с различным спектром показателей Ляпунова, а также классифицировать их в соответствии со сценариями в результате которых они возникли. Провести исследование возможности использования различных типов хаотических сигналов для передачи данных.

В качестве объектов исследования были выбраны простейшие радиофизические генераторы, в которых могут возникать хаотические колебаниями с различным спектром показателей Ляпунова, размерность фазового пространства которых равна 4 и возможны три типа хаоса, в зависимости от сигнатуры спектра показателей Ляпунова. В результате исследования были классифицированы различные хаотические аттракторы проведен детальный анализ спектров Фурье сигналов. Разработана система связи на базе синхронизации динамического хаоса, проведен сравнительный анализ криптоустойчивости систем связи с использованием различных хаотических сигналов.

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 19-31-60030).

## Список литературы

1. Pecora L.M., Carroll T.L. Synchronization in chaotic systems // Phys. Rev. Lett. 1990. V. 64. N 8. P. 821–824.
2. Короновский А.А., Москаленко О.И., Храмов А.Е. О применении хаотической синхронизации для скрытой передачи информации // УФН. 2009. Т. 179. В. 12. С. 1281—1310.
3. Пономаренко В.И., Караваев А.С., Глуховская Е.Е., Прохоров М.Д. Система скрытой передачи информации на основе системы с запаздыванием с переключаемым временем задержки // Письма в ЖТФ. 2012. Т.38. № 1. С. 103-110.

# РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПОНЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПЛАТФОРМЕ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ, ОСНОВАННЫХ НА ЗНАНИЯХ

Столбов А.Б., Лемперт А.А., Павлов А.И.

*Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН, Иркутск  
e-mail: stolboff@icc.ru*

В настоящее время при построении современных математических и имитационных моделей в различных предметных областях (биохимия, логистика, окружающая среда) наблюдается тенденция к увеличению их сложности за счёт всё более комплексного рассмотрения исследуемых явлений. Этому способствует внедрение беспроводных систем непрерывного мониторинга за объектами, доступность высокопроизводительных вычислений, публикация в открытых источниках результатов решения частных задач.

С точки зрения программного обеспечения, необходимого для построения современных комплексных моделей, ключевыми проблемами являются задачи организации взаимодействия между субъектами и объектами процесса моделирования, в частности: коммуникация между исследовательскими группами: как из разных областей знаний, так и территориально отдаленных; интеграция моделей в единую результирующую модель исследуемого комплексного процесса; анализ и трансформация полученных из различных источников данных для использования в расчетах на основе моделей. Решение этих проблем возможно осуществить с использованием систем, основанных на знаниях (СОЗ), традиционно применяемых для слабо формализованных задач.

В последние годы авторы активно работают над созданием специализированной программной платформы для разработки систем, основанных на знаниях. Её ключевыми особенностям являются: веб-ориентированная компонентная открытая клиент-серверная архитектура; возможность интеграции внешних проблемно-ориентированных инструментов решения задач; концептуальная модель (онтология) и поток задач/работ (workflow) являются основными элементами в процессе разработки прикладной СОЗ, обеспечивая интеграцию проблемно-ориентированных компонентов. На текущий момент платформа содержит более 10 компонентов: системные компоненты (для работы с данными, клиент-серверной коммуникации, организации пользовательского интерфейса); базовые компоненты (редакторы концептуальной модели, базы знаний, потока задач). вспомогательные компоненты для обработки геоданных и многомерных наборов данных, ряд прикладных компонентов.

Реализацию компонентно-ориентированного моделирования в платформе предлагается осуществить на основе функциональности системных, базовых и вспомогательных компонентов. К основным задачам разрабатываемого компонента относятся: регистрация моделей-компонентов; формирование спецификации комплексной модели, управление вычислительным процессом.

**Благодарности.** Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области в рамках научного проекта № 20-47-380001.

# КОМПЛЕКСНЫЕ СЕТИ В АНАЛИЗЕ ТРАНСФОРМАЦИИ АВТОРСКОГО СТИЛЯ РУССКИХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ТЕКСТОВ

Труфанов А.И.<sup>1</sup>, Андреева А.М.<sup>1</sup>, Тихомиров А.А.<sup>2</sup>,

Берестнева О.Г.<sup>3</sup>, Марухина О.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск*

<sup>2</sup>*Университет Инха, Инчон, Южная Корея*

<sup>3</sup>*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск*

*e-mail: troufan@gmail.com*

**Введение.** Стилometрия, позволяя проводить количественный анализ лингвистических особенностей текста, главным образом рассматривает проблемы плагиата или установления авторства. В то же время, стиль произведений одного автора зачастую трансформируется на протяжении жизни, также может служить интересным предметом исследований. Существует множество методов для определения особенностей (стиля) автора. В настоящей работе с использованием онтологии комплексных сетей проводилось исследование изменения авторского стиля текстов, составленных на русском языке.

**Модель.** Для достижения цели были поставлены задача - разработка модели преобразования текста в сетевое представление текста и подготовка реализующего ее программного кода. В качестве базового, использовалось сетевое описание, развиваемое бразильской школой (Amancio D. R., Aluisio S. M., Oliveira O. N. Jr, Costa L. F. Complex networks analysis of language complexity Europhys. Lett. 2012 100 58002). Существенным при разработке предлагаемой модели конвертирования текста в сеть является то, что слова, представляющие собой узлы соединяются связями как в рамках одного предложения, так и в пределах ближайших предложений, вес связей для которых корректируется исходя из формулы:  $P=(1/2)^a$ , где  $P$  – вес связи,  $a$  – число предложений-посредников.

**Данные.** Для исследования были взяты произведения АА. Ахматовой - «Читая Гамлета» 1909, «Он любил» 1910, «Сладок запах синих виноградин» 1912, «Птицы смерти в зените стоят» 1941, «Вторая годовщина» 1946, причем такие, что количество узлов и связей в них близко. В настоящей работе тексты проходят предварительную морфологическую обработку с использованием инструментального средства MyStem.

**Результаты и их обсуждение.** На языке C# был реализован программный код, конвертирующий заданный на входе текст в комплексную сетевую структуру. На выходе создаются две таблицы в формате .csv: одна из которых представляет узлы, другая - связи. Таблицы импортируются в Gephi 0.9.02 - популярный бесплатный инструмент анализа метрик сети и ее визуализации. Рутинная визуализация сетевых структур выбранных произведений не дает возможности провести между ними какое-то заметное разграничение. Тем не менее, ключевые топологические параметры (метрики) указывают на это различие. Необходимо отметить, что прослеживается близость значений сетевых метрик для отпечатков произведений «Читая Гамлета», «Он любил» и «Сладок запах синих виноградин», написанных в ранние годы творчества поэтессы. С другой стороны, оказались близки метрики у стихотворений «Птицы смерти в зените» и «Вторая годовщина», созданными в периоды жизни, нелегкими для автора.

**Выводы.** С использованием современного подхода в стилometрии - сетевого анализа русскоязычного текстового материала, исследована трансформация стиля авторского письма во времени. Сравнение сетевых метрик, характеризующих стихотворения А.А. Ахматовой, указывает на возможность их использования в качестве маркеров изменения стиля. Для полноценного применения предлагаемого метода на практике планируется дальнейшее развитие сетевых моделей стилometрии и сопутствующее масштабное тестирование.

**Благодарности.** Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ и МОКНСМ в рамках научного проекта № 20-57-44002.

# ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ, НАЦИОНАЛЬНЫХ, МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ И ОБЪЕДИНЕНИЙ

Трофимов И.Л.

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

*e-mail: t\_john88@mail.ru*

Цель исследования: разработка методического подхода к созданию универсальной геоинформационной вычислительной системы для моделирования и изучения развития (региональных, национальных, межгосударственных) электроэнергетических систем и объединений, а также реализация алгоритмов обработки и хранения информации в объектно-ориентированной энергетической базе данных.

В докладе рассматриваются:

Методический подход к построению объектно-ориентированной (энергетической) базы данных (ООБД), включающий в себя:

- Алгоритмы загрузки слабоструктурированных данных из различных источников
- Объектную (универсальную) модель данных
- Систему обработки данных в ООБД на основе собственной (программной) библиотеки функций

- Систему представления (и верификации) данных из ООБД

Методический подход к созданию универсальной геоинформационной вычислительной системы «ГИВС» с интегрированной моделью оптимизации развития и режимов электроэнергетических систем «ОРИРЭС», включающий в себя:

- Архитектуру ГИВС, основанную на интеграции информационно-аналитических и вычислительных блоков (частей)
- Современную программную реализацию модели ОРИРЭС
- Модернизацию модели ОРИРЭС – создание возможности оптимизации развития и режимов работы возобновляемых энергоисточников в ЭЭС
- Методы верификации входных данных и проверки модели ОРИРЭС на совместность решения
- Программные интерфейсы для табличного и графического представления данных
- Методы и алгоритмы гео-визуализации (атласного картографирования) для представления результатов решения модели, а также для представления энергетической инфраструктуры в различных регионах мира
- Метод (алгоритм) интерполирования на основе сплайнов (при нахождении недостающих данных для проведения ретроспективного анализа)
- Численный метод определения трендов развития энергопроизводства и потребления в различных регионах мира (условно-динамическая модель для экспресс-анализа).

Проведена апробация разработанных методов, программных инструментов и информационных ресурсов в научных работах по обоснованию эффективности электроэнергетических объединений России и стран Северо-Восточной и Центральной Азии, с построением интерактивных карт, отражающих энергетическую инфраструктуру в изучаемых регионах.

Основной практической задачей является построение информационной технологии, основанной на использовании и интеграции информационных ресурсов в геоинформационной вычислительной системе с объектно-ориентированной базой данных и прогнозной математической моделью оптимизации развития электроэнергетических систем.

# АНАЛИЗ ВКЛАДА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УЧЕНЫХ В НАУКУ ИЛИ НЕСОСТОЯВШЕЕСЯ ЦИТИРОВАНИЕ МАТЕМАТИКОВ

Тучкова Н.П.<sup>1</sup>, Моисеев Е.И.<sup>1,2</sup>, Атаева О.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Вычислительный центр им. А.А. Дородницына ФИЦ ИУ РАН, Москва*

<sup>2</sup> *Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва*

*e-mail: natalia\_tuchkova@mail.ru*

Предложен метод анализа вклада отечественных ученых в науку на международном уровне на основе архивов научных публикаций. При сравнении списков ключевых слов зарубежных и российских публикаций устанавливаются разделы предметных областей исследований и выявляются семантические связи публикаций. В качестве основы для семантического анализа используется контент Российской математической энциклопедии под редакцией И.М. Виноградова [1]. Цель исследования выявить несостоявшиеся ссылки на труды отечественных ученых и математических школ.

Несмотря на глобальный характер проблемы цитирования и взаимного не учёта научных результатов, современные технологии позволяют проанализировать связи в различных направлениях исследований. Основанием для такого утверждения служат оцифрованные за много лет библиографические данные, которые можно анализировать, используя связи тезаурусов предметных областей. Собственно, все имеющиеся библиографические базы данных проводят тематический и предметный анализ публикаций и взаимных ссылок, но не проводят ретроспективный анализ.

На сегодня основные математические библиографические ресурсы доступны благодаря цифровым международным и отечественным базам данным, таким как WoS, Scopus, elibrary, Math-Net.Ru, а также базы данных издательств. Все эти массивы данных представляют достаточно материала для анализа цитирования, так как вторичные документы публикаций, как правило, включают списки цитирования. Сопоставляя их с систематизированными статьями Российской математической энциклопедии, можно получить статистику использования результатов отечественных ученых в различных исследованиях.

Естественно, что этот анализ данных невозможно провести без методов искусственного интеллекта и алгоритмов машинного обучения. Опыт работы [2-4] с контентом библиотеки LibMeta, включающей оцифрованный вариант энциклопедии, позволяет применить векторные и другие алгоритмы обучения для решения этой проблемы.

## Список литературы

1. [https://dic.academic.ru/contents.nsf/enc\\_mathematics](https://dic.academic.ru/contents.nsf/enc_mathematics). Accessed 2021.
2. Моисеев Е.И, Муромский А.А., Тучкова Н.П. Интернет и математические знания: представление уравнений математической физики в информационно-поисковой среде. М.:МАКС Пресс. 2008. 80 с.
3. Атаева О.М., Серебряков В.А, Онтология цифровой семантической библиотеки LibMeta //Информатика и её применения. 2018. Т. 12. №. 1. С. 2-10.
4. Тучкова Н.П. Научные школы в цифровом пространстве // Информационные ресурсы России. 2020. № 5. С. 49-51.

# ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНТРОПИЯ КАК МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ В ЗАДАЧАХ ИССЛЕДОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Тырсин А.Н.

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
Екатеринбург*

*e-mail: at2001@yandex.ru*

Рассмотрены вопросы возможности использования дифференциальной энтропии для описания сложных систем. Эти системы, как правило, являются открытыми, многомерными и стохастическими независимо от их природы. Показано, что дифференциальная энтропия многомерных случайных векторов является адекватной и удобной математической моделью многомерных стохастических систем. При этом каждый элемент стохастической системы описывается компонентой случайного вектора. Полученная на основе дифференциальной энтропии случайного вектора математическая модель стохастической системы во многих случаях может использоваться на практике.

Показано, что энтропийная модель удовлетворяет всем признакам модели сложной системы и может использоваться для ее адекватного описания.

Во-вторых, в ней есть целевая функция и управляющие переменные. Это позволяет решать задачи управления системой посредством изменения ее энтропии.

В-третьих, предложенная энтропийная модель может применяться с целью мониторинга и диагностики состояния многомерной стохастической системы.

Энтропийная модель многомерной стохастической системы не требует знания или определения закона распределения многомерных случайных векторов, что существенно упрощает анализ многомерных стохастических систем и процессов. Это позволяет использовать предлагаемый энтропийный подход для моделирования и исследования реальных систем и процессов по экспериментальным данным ограниченного объема.

Векторное представление энтропии с компонентами в виде энтропий хаотичности и самоорганизации позволяет адекватно интерпретировать изменения, происходящие в системе и формировать управленческие решения. Введена энтропия взаимосвязи, характеризующая взаимодействие между многомерными стохастическими системами. Показана взаимосвязь между энтропийным моделированием и корреляционно-регрессионным анализом. Предложена вероятностно-энтропийная концепция устойчивого развития сложных систем. Она основана на моделях векторной энтропии и многомерного риска. Согласно сформулированной концепции под устойчивым развитием сложной системы будем понимать динамику, состоящую в наличии тенденции сбалансированного изменения векторной энтропии при сохранении приемлемого уровня рисков.

Рассмотрен ряд примеров практического использования энтропийного моделирования применительно к реальным системам в технике, экономике и медицине.

**Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ, проект № 20-51-00001.

## Список литературы

1. Тырсин А.Н. Энтропийное моделирование многомерных стохастических систем. Воронеж: Научная книга. 2016. 156 с.

# ВЗАИМОСВЯЗЬ МЕЖДУ ПОКАЗАТЕЛЯМИ ИММУННОГО СТАТУСА И ЦИТОКИНОВОГО ПРОФИЛЯ ДЕТЕЙ, СТРАДАЮЩИХ ХРОНИЧЕСКИМ ПИЕЛОНЕФРИТОМ

Фатьякина Ю.В.<sup>1</sup>, Степаненко Н.П.<sup>1</sup>, Берестнева О.Г.<sup>2</sup>, Лызин И.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства, Томск*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск  
e-mail: solnychko10@rambler.ru*

В научных исследованиях широко используются теоретические и методологические аспекты информационных и математических технологий, математическое моделирование, вычислительная математика, оптимизация. Научные методы широко дополняются математическими, повсеместно встречается симбиоз медицины и математики [1, 2].

Неизменно высокая частота патологии органов мочевой системы у детей подтверждается статистическими материалами по общей заболеваемости детского населения России (0 – 14 лет). В 2019 году болезни мочеполовой системы составили до 8598,0 на 100 000 детского населения (0-14 лет) [3], где ведущее место занял пиелонефрит [4, 5]. Это диктует необходимость более глубокой и детальной диагностики и поиска новых подходов к обследованию детей, страдающих хроническим пиелонефритом.

**Цель.** Изучить некоторые клинико-лабораторные показатели состояния здоровья у детей с хроническим пиелонефритом с использованием высокоинформативных математических технологий.

**Материал и методы.** Проведено нефроурологическое обследование 100 детей с диагнозом хронический пиелонефрит в возрасте от 7 до 12 лет. В соответствии с поставленной целью, была разработана стратегия исследования, которая включила изучение корреляций показателей иммунного статуса и цитокинового профиля (фактор некроза опухоли-альфа, интерлейкины 1 $\beta$ , 4, 6, 8, 10) детей с хроническим пиелонефритом в стадии ремиссии.

**Результаты и обсуждение.** При исследовании были выявлены нарушения иммунного статуса и цитокинового профиля, патогенез которых можно объяснить, основываясь на концепции взаимообусловленности данных звеньев гомеостаза. Для этого нами была создана матрица множественной корреляции Спирмена между показателями иммунного статуса и цитокинового профиля. При анализировании матрицы множественной корреляции Спирмена с помощью шкалы Чеддока ( $|r|=0,7 - 0,95$ ) [6] для определения тесноты (силы) линейной корреляционной зависимости между изучаемыми показателями иммунного статуса и цитокинового профиля сыворотки крови установлены 33 сильные (тесные) связи. При оценке матрицы множественной корреляции Спирмена между показателями иммунного статуса и цитокинового профиля мочи выявлена только одна сильная (тесная) связь.

**Заключение.** Применение математических технологий способствует более глубокому и детальному изучению патогенеза данной нозологии благодаря выявленным корреляциям между показателями иммунного статуса и цитокинового профиля, свидетельствующих о прямой или обратной тесной связи в развитии хронического пиелонефрита у детей. Кроме того, данные методы исследования играют роль в более полном раскрытии картины состояния здоровья маленького пациента и могут быть рекомендованы для более глубокой и детальной диагностики.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

#### Список литературы

1. Сологубова Т.И., Кондратьева Е.И. Место и роль математики в медицине // Бюллетень науки и практики. 2017. № 11 (24). С. 201-204.
2. Балакин Ю.А., Тулупова И.П. Актуальные области применения математики в медицинском образовании // Эпоха науки. 2019 № 18. С. 156-160. doi:10.24411/2409-3203-2019-00065
3. Министерство здравоохранения Российской Федерации, Департамент мониторинга, анализа и стратегического развития здравоохранения ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт организации и информатизации здравоохранения» Минздрава России, Общая заболеваемость детского населения России (0 – 14 лет) в 2019 году. Статистические материалы. Часть VI, Москва, 2020, Поликарпов А.В, Александрова Г.А., Голубев Н.А., Тюрина Е.М., Оськов Ю.И., Шелепова Е.А.
4. Т.Г. Пухова, Е.М. Спивак, И.А. Леонтьев. Эпидемиология заболеваний органов мочевой системы у детей, проживающих в крупном промышленном городе // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2016. № 61(6). С. 89–91. DOI: 10.21508/1027-4065-2016-61-6-89-91
5. Дружинина Т.В. Пиелонефрит у детей (лекция) // Смоленский медицинский альманах. 2016. 3. С. 210–220.
6. Ишханян М.В., Карпенко Н.В. Эконометрика. Часть 1. Парная регрессия: Учебное пособие. М.: МГУПС (МИИТ). 2016. 117 с.

# ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ ЖИВУЧЕСТИ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СТЕРЖНЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Филиппова Ю.Ф., Доронин С.В.

*Красноярский филиал Федерального исследовательского центра информационных и  
вычислительных технологий СО РАН, Красноярск*

*e-mail: filippovajf@ict.nsc.ru*

Актуальным является разработка предметной области практического анализа живучести с учетом современных тенденций широкого внедрения цифровых технологий в научную и инженерную деятельность. При этом, в отличие от хорошо разработанных предметных областей, имеющих большую историю развития и значительное количество накопленных результатов, практический анализ живучести не требует цифровой трансформации: создавая предметную область фактически с зачаточного состояния, возможно и необходимо сразу это делать с позиций формирующегося мировоззрения информационного общества. Технологии и стандарты CALS/PLM – предшественники и предпосылки построения цифровых моделей. В связи с этим построение цифровых моделей живучести технического объекта выполняется в следующей последовательности:

- разработка функциональной модели анализа живучести;
- обоснование многоуровневой системы процедурных моделей анализа живучести;
- многомодельный и многовариантный численный анализ повреждаемого объекта с оценкой показателей живучести;
- создание собственно цифровой модели в виде некоторой информационной структуры, устанавливающей взаимосвязь между дискретизированными уровнями повреждений и расчетными показателями живучести.

Специфической чертой цифровых моделей живучести является то, что в основу дискретизации пространства входных данных и результатов предлагаются сценарии накопления повреждений в макроскопических технических объектах – стержневых конструкциях. На каждом шаге каждого сценария с позиций живучести конструкция характеризуется набором параметров  $\{P\}$  – чисел, характеризующих отклик на наличие повреждения. Набор параметров  $\{P\}$  – цифровая модель живучести для конкретного шага конкретного сценария. А в целом цифровая модель живучести представляется массивом данных следующей структуры (табл. 1).

Таблица 1. Структура цифровой модели живучести.

N сценария	Шаг сценария				
	1	2	3	...	K
1	$\{P\}_{11}$	$\{P\}_{12}$	$\{P\}_{13}$	...	$\{P\}_{1K}$
2	$\{P\}_{21}$	$\{P\}_{22}$	$\{P\}_{23}$	...	$\{P\}_{2K}$
3	$\{P\}_{31}$	$\{P\}_{32}$	$\{P\}_{33}$	...	$\{P\}_{3K}$
...	...	...	...	...	...
L	$\{P\}_{L1}$	$\{P\}_{L2}$	$\{P\}_{L3}$	...	$\{P\}_{LK}$

В настоящей работе на примере пространственных стержневых конструкций рассматривается ряд аспектов практического создания цифровых моделей живучести и их использования для информационной поддержки жизненного цикла.

# МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ ВАРИАНТОВ РАЗВИТИЯ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МАЛЫХ И СРЕДНИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Хан В.В.<sup>1</sup>, Деканова Н.П.<sup>2</sup>, Хан П.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск*

<sup>2</sup>*Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск*

<sup>3</sup>*Институт систем энергетики им. Мелендьева СО РАН, Иркутск*

*e-mail: khanvv51@gmail.com*

В настоящее время территория Восточной Сибири является перспективным местом развития туристических объектов на базе малых и средних населенных пунктов. Важным фактором такого развития является необходимость существенного усовершенствования систем энергоснабжения. К особенностям энергоснабжения таких рекреационных территорий относятся: большие расстояния между населенными пунктами; их значительная удаленность от источников топлива и от централизованного электро- и теплоснабжения; сложная логистика по доставке энергоресурсов; неудовлетворительные или отсутствующие автодороги и удаленность от железнодорожных магистралей. Большинство таких населенных пунктов нуждается в реорганизации систем энергоснабжения, особенно это относится к системам теплоснабжения [1, 2].

В работе предлагается нечеткая модель принятия решений, в рамках которой учитываются расстояние от централизованного электро- и теплоснабжения и от различных источников топлива; статус территории, определяющий экологические ограничения; сезонность заполняемости баз отдыха; потенциальные тарифы и др. Рассматриваются варианты централизованного и децентрализованного теплоснабжения, с использованием следующих видов топлива: уголь, сжиженный природный газ, сжиженный углеводородосодержащий газ, возобновляемые и вторичные источники энергии. Исследуются варианты модернизации существующих источников энергии, строительства новых теплоисточников, ориентированных на различные виды топлива, установки автономных теплоисточников, работающих на электрической энергии или использующих возобновляемые и вторичные источники энергии. Модель включает разработку функций принадлежности для входных и выходных переменных; базу правил, позволяющих по заданным исходным числовым и лингвистическим данным выводить заключения о допустимости и экономической эффективности рассматриваемых вариантов теплоснабжения, с учетом соблюдения экологических требований.

Благодаря автоматизации процесса принятия решений, разработанная модель позволяет повысить эффективность и достоверность получаемых заключений.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках проекта государственного задания (№ FWEU-2021-0005) программы фундаментальных исследований РФ на 2021-2020 гг.

## Список литературы

1. Khan V. V., Dekanova N. P., Khan P. V. Comparative analysis of heat supply options for small and middle-sized settlements of Eastern Siberia by using uncertain and fuzzy information // Journal of Physics: Conference Series. 2019. N1369 (012011).
2. Bochkarev V., Gubiy E., Dekanova N., Zorkaltsev V., Khan V. The use of local energy resources for remote populated areas// MATEC Web of Conferences. 2018. N212 (02008).

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАСЫПКИ НА ФЛУКТУАЦИИ ДАВЛЕНИЯ В ДВУХФАЗНОМ ПОТОКЕ

Хан П.В., Таиров Э.А., Сафаров А.С.

*Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН, Иркутск*

*e-mail: polinakhan@gmail.com*

Режим течения парожидкостного потока оказывает существенное влияние на гидравлическое сопротивление и возможности теплообмена. Анализ временных рядов флуктуаций давления является перспективным методом неразрушающего контроля режимов течения в каналах. В ряде исследований [1,2] показана информативность таких характеристик сигнала, как дисперсия, распределение плотности вероятности, медианная частота, энергия спектра для определения режимов течения в кипящем слое подвижных частиц. Применение данного подхода для парожидкостных и воздушно-водяных течений в трубах развито мало [3], а для засыпок пока не изучено.

На установке «Высокотемпературный контур» проведена серия экспериментов по измерению истинного объемного паросодержания [4] и флуктуаций давления при восходящем адиабатном течении пароводяной смеси при входном давлении 0.3, 0.6, 0.9 МПа, массовой скорости смеси 100, 200, 300 кг/м<sup>2</sup>с и массовом расходе паросодержания от 0.005 до 0.08. Флуктуации давления получены при помощи двух высокочастотных датчиков давления PHL-A, включенных в измерительную систему Kuowa PCD-300B. Данная система позволяет проводить синхронное измерение давления с частотой дискретизации до 10 кГц.

В результате исследования установлено, что наличие засыпки существенно влияет на флуктуации давления, снижая их амплитуду. При низких значениях паросодержания дисперсия сигнала составила 2-3 кПа для течения в засыпки с шаровыми частицами диаметром 2 мм и 6-8 кПа для пустой трубы. Кроме того, наличие засыпки привело к повышению медианной частоты флуктуаций с 2-3 Гц до 5-6 Гц. С ростом паросодержания и в трубах, и в засыпках наблюдалось увеличение амплитуды до 8-10 кПа, а медианная частота стремилась к 5 Гц.

**Благодарности.** Работа выполнена в рамках проекта государственного задания (№ FWEU-2021-0005) программы фундаментальных исследований РФ на 2021-2030 гг.

## Список литературы

1. Freitas, L. A. P., Dogan, O. M., Lim, C. J., Grace, J. R., Bai, D. Identification of flow regimes in slot-rectangular spouted beds using pressure fluctuations // Canadian Journal of Chemical Engineering. 2004. V. 82(1). P. 60–73.
2. Hartman M., Trnka O., Svoboda K. Use of Pressure Fluctuations to Determine Online the Regime of Gas-Solids Suspensions from Incipient Fluidization to Transport // Ind. Eng. Chem. Res. 2009. V. 48. P. 6830–6835.
3. Lin, S., Kew, P. A. Pressure Fluctuation and Flow regimes of air-water flow in a small tube // Experiment Heat Transfer. 2001. V. 14, P.135–144.
4. Таиров, Э.А., Маслов, А.И., Сафаров, А.С., Гаманец, В.Г. Способ определения истинного объемного паросодержания. // Патент России № 2685016. 2019. Бюл. № 11.

# АГЕНТНО-СЕРВИСНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Цыбиков А.Р., Щукин Н. И.

*Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН, Иркутск*

*e-mail: tsibikow@mail.ru*

В работе рассматривается разработка цифрового двойника на основе агентно-сервисного подхода. В качестве объекта ЦД выбрана объект ВИЭ, а именно солнечная электростанция.

Солнечная энергия - возобновляемый источник энергии, который можно использовать для добычи электроэнергии. Преобразованием солнечной радиации в электроэнергию занимаются солнечные электростанции. Цифровой двойник позволяет изучить процессы, проходящие при проведении различных сценариев, не изменяя реальный объект.

Цифровой двойник - это реальное отображение всех компонентов в жизненном цикле продукта с использованием физических данных, виртуальных данных и данных взаимодействия между ними, то есть цифровой двойник создает виртуальный прототип реального объекта, с помощью которого можно проводить эксперименты и проверять гипотезы, прогнозировать поведение объекта и решать задачу управления его жизненным циклом [1]. Для построения и организации работы цифрового двойника предлагается использовать агентно - сервисный подход.

Агент - это автономный процесс, способный реагировать на среду исполнения и вызывать в ней изменения, возможно, в кооперации с пользователями или другими агентами. Подход с точки зрения реализации, где методы моделирования являются программными сервисами, называется агентно – сервисным [2]. Для построения цифрового двойника каждый агент обозначается как программный сервис: координатор, цифровая тень, вычислитель, сбор данных, эмуляция данных, предсказатель и базы данных. Предложенный подход позволяет рассматривать компоненты цифрового двойника и отношение между ними.

В докладе подробнее рассматривается архитектура ЦД, описываются основные агенты-сервисы и их функции.

**Благодарности.** Результаты получены в рамках выполнения базового проекта ИСЭМ СО РАН АААА-А21-121012090007-7 по госзаданию FWEU-2021-0007, при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 19-07-00351, 19-57-04003.

## Список литературы

1. Никитина Е. Попали в сети: как работают цифровые двойники в электроэнергетике. Режим доступа: <https://pro.rbc.ru/news/5db1b59a9a79474bb142a3fe>
2. Применение агентно-сервисного подхода при разработке интеллектуальных систем поддержки принятия решений в энергетике / В. Р. Кузьмин, Ю. А. Загоруйко // Вестник НГУ. - 2020. - №3, том. 18. – DOI: 10.25205/1818-7900-2020-18-3-5-18

## ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА ОБУЧЕНИЯ FORLABS

Шабалин А.С.

*Иркутский государственный университет, Иркутск*

*e-mail: alshabalin@yandex.ru*

Реализация электронного обучения в соответствии с Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» № 273-ФЗ (ст. 16, п. 3) предъявляет особые требования к созданию электронной информационной образовательной среды, включающей

в себя электронные информационные и образовательные ресурсы, совокупность информационных технологий, соответствующих технологических средств и обеспечивающей освоение обучающимися образовательных программ в полном объеме независимо от места нахождения обучающихся.

В 2014 году на факультете сервиса и рекламы ИГУ отсутствовала электронная информационно-образовательная среда, определенная законом об образовании РФ. В рамках учебного процесса использовалась система Гекадем, где были представлены разрозненные курсы без интеграции с учебным процессом, имелся высокий уровень уязвимости безопасности содержания тестов, когда студенты легко могли найти доступ к правильным ответам на вопросы тестов.

Для выбора системы управления обучением на факультете были рассмотрены несколько известных систем (Eliademy, TeachBase, Edmodo и прочие), которые предоставляли функциональность только как SaaS-платформы, что не позволяло бы их использование на собственном сервере факультета.

Среди Open-Source-систем был выделен фреймворк для построения учебных курсов – система Moodle. После детального анализа возможностей фреймворка Moodle были выявлены серьезные недостатки системы:

- отсутствует возможность интеграции с учебным процессом: обеспечена возможность создания только отдельных электронных курсов без возможности учета успеваемости учащихся по всем дисциплинам;
- архитектура фреймворка не следует принципам MVC (схема разделения данных приложения, пользовательского интерфейса и управляющей логики на отдельные компоненты: модель, представление, контроллер), что усложняет развитие системы;
- сложный для понимания интерфейс системы (недружественный интерфейс).

В результате было принято решение о разработке авторской системы для управления обучением Forlabs.

Возможности системы включают: интерфейс преподавателя, редактирование курсов, интерфейс студента, интерфейс администратора.

Интерфейс преподавателя: управление текущими дисциплинами, ведение курса и заданий, получение откликов по заданиям, проведение тестов и экзаменов, учет посещаемости, учет успеваемости.

Редактирование курсов: управление структурой курса, управление заданиями и тестами.

Интерфейс студента: интерактивное расписание, доступ к учебной программе курса и заданиям, отклик на задания и обратная связь от преподавателя, участие в тестах и экзаменах, просмотр своей успеваемости, ведение своего портфолио, учебный хостинг для веб-проектов.

Интерфейс администратора: управление пользователями системы, управление преподавателями и кафедрами, управление учебными группами и учебным планом

В настоящее время система Forlabs внедрена на факультете, успешно эксплуатируется в течение трех лет и обладает следующей функциональностью: управление учебными курсами и заданиями, управление группами студентов, учет посещаемости, учет успеваемости, проведение тестирований, интерактивное расписание предметов, портфолио студентов, веб-хостинг для студенческих работ.

В дальнейшем планируется развитие системы Forlabs на основе методов адаптивного обучения, когда кривая обучения каждого студента будет формироваться на основе его индивидуальных возможностей, интересов и успеваемости на основе использования методов онтологического моделирования и машинного обучения.

# **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ АУДИТА ОБЩИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ КОНТРОЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ТЕСТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ SAP**

Шаяхметова З.А., Шилина М.А.

*Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа*

*e-mail: araz.zara@yandex.ru*

Объектом исследования является процесс ИТ-аудита в международной сети компаний, оказывающих услуги в области консалтинга и аудита. Предметом исследования является методика проведения ИТ-аудита.

Для сокращения времени аудита и повышения его качества требуется разработать программное обеспечение взаимодействия с клиентами, которое позволит ИТ-аудиторам сократить время на получение, обработку информации, получение аудиторских свидетельств, а также уменьшить риск человеческой ошибки.

Получение и анализ информации является наиболее трудозатратной частью процесса выполнения ИТ-аудита как со стороны команды аудита, так и со стороны аудируемого отдела. Например, для получения информации по пользователям с привилегированным доступом к ИС Компании, администратору системы необходимо предоставить большое количество разных выгрузок: различные списки пользователей с доступом к парольным настройкам, к управлению пользователями, к настройке авто-заданий в системе и т.д. А группе аудита необходимо вручную проанализировать все представленные списки пользователей и определить их владельцев и оценить необходимость предоставления такого рода доступа. На текущий момент, для получения информации из системы аудируемая группа направляет запрос в формате Excel с указанием списка необходимых выгрузок и способов их получения из системы, а специалист аудируемого отдела вручную проходит описанные шаги действий и выгружает информацию.

При автоматизации процесса предлагается внедрить автоматизированную систему аудита. Для устранения выявленных недостатков предлагается выгружать данные не из системы, а использовать БД, на которых базируются ИС компании. ИС должна поддерживать динамический выбор необходимых аудиторской группе выгрузок и формировать единый скрипт для запуска и выгрузки информации непосредственно из СУБД ИС, а также должна производить предварительную аналитику и визуализацию выгруженных данных. В случае внедрения такой системы специалисту аудиторской группы необходимо будет сделать аудиторское заключение и сформировать выводы без необходимости выполнять проверку аудиторских свидетельств. Также система сможет самостоятельно обрабатывать большое количество данных, например, как выгрузку всех пользователей из системы.

В качестве решения были рассмотрены существующие инструменты SAP по работе с таблицами, в поисках такого, который помог бы с тестированием произвольных запросов в продуктивной системе. Семейство систем SAP напрямую подключаются к БД с помощью специально разработанных технологий. Пользователь может писать SQL-запросы непосредственно в теле кода АВАР. Поэтому в качестве решения была взята достаточно специфичная технология - язык программирования высокого уровня АВАР на платформе, для которой он и был разработан SAP.

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТОКА ВЧ-ПЛАЗМЫ ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ С МОДЕЛЬНЫМ ЗАРЯЖЕННЫМ ОБРАЗЦОМ

Шемахин А.Ю.<sup>1</sup>, Желтухин В.С.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань

<sup>2</sup>Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань

*e-mail: shemakhin@gmail.com*

В работе описана математическая модель потока высокочастотной (ВЧ) плазмы пониженного давления. ВЧ-плазма, создаваемая разрядами при пониженных давлениях ( $p = 15 - 150$  Па) успешно используется для модификации материалов различной физической природы: сталь, титан, полиэтилен, кожа мех и др. [1]. Температура электронов исследуемого вида плазмы в расчетах составляет 1-2 эВ, степень ионизации  $10^{-7}-10^{-5}$ , концентрация электронов  $10^{15}-10^{19}$  м<sup>-3</sup>.

Разработанная гибридная математическая модель включает в себя уравнение Больцмана для нейтральной компоненты ВЧ-плазмы, уравнение непрерывности и теплопроводности для электронной компоненты, уравнение Пуассона для потенциальной компоненты электромагнитного поля, телеграфные уравнения для заряженной компоненты электромагнитного поля и уравнение непрерывности для ионной компоненты.

Для расчета основных характеристик потока ВЧ-плазмы разработана программа, которая позволяет найти пространственное распределение основных характеристик потока плазмы пониженного давления для заданной геометрии вакуумной камеры для струи с модельным заряженным образцом. Программа, использует библиотеки пакета OpenFOAM и работает под управлением ОС Linux [2,3].

Расчеты газо- и плазмо- динамических характеристик проведены для ВЧ-плазмы пониженного давления при наличии в струе образца. Параметры вакуумной камеры в расчетах (радиус, длина, радиус выхода разрядной камеры):  $R_{vk}=0,048$  м,  $L_{vk}=0,128$  м,  $R_{gk}=0,012$  м. Получены результаты расчетов температуры, давления и скорости потока несущего газа аргона, распределение концентраций электронов и ионов и параметры электромагнитного поля.

**Благодарности.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-71-10055).

## Список литературы

1. Абдуллин И.Ш. Модификация нанослоев в высокочастотной плазме пониженного давления: монография / И.Ш. Абдуллин, В.С. Желтухин, И.Р. Сагбиев, М.Ф. Шаехов.- Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2007.- 356 с.
2. Берд Г.А. Молекулярная газовая динамика. Москва, 1981.
3. Пакет OpenFOAM. Электронный ресурс. Режим доступа – <http://openfoam.com>

# СРЕДСТВА ВИЗУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ГЕНЕРАЦИИ КОДА НЕЧЕТКИХ ПРОДУКЦИЙ

Юрин А.Ю.<sup>1</sup>, Дородных Н.О.<sup>1</sup>,

Коршунов С.А.<sup>2</sup>, Сопп Д.Ю.<sup>2</sup>, Шпаченко Д.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН,  
Иркутск*

<sup>2</sup>*ООО «ЦентраСиб», Иркутск  
e-mail: iskander@icc.ru*

В области искусственного интеллекта накоплен большой опыт и широкий спектр методов и инструментов представления и обработки знаний. Несмотря на популярность использования семантических технологий, логические и ассоциативные правила остаются наиболее распространенным и популярным способом для описания знаний и принятия решений [1]. Многие языки программирования и стандарты реализуют этот формализм, например, CLIPS, JESS, Drools, RIF и др. При этом использование средств поддержки визуального программирования могло бы значительно повысить эффективность их применения. В этом отношении наиболее перспективны расширения или профили известных языков, например, UML-Based Rule Modeling Language (URML) [2] и Rule Visual Modeling Language (RVML) [3,4], основанные на UML. Однако большинство подобных расширений обеспечивают представление знаний без учета неполноты и нечеткости, что не всегда отвечает условиям реальных задач.

В данной работе мы предлагаем лингвистические и программные средства визуального моделирования и генерации кода нечетких продукций. Лингвистическое обеспечение представлено расширением одного из визуальных языков моделирования логических правил - RVML [3]. Предложенное расширение (FuzzyRVML) может быть применено для моделирования логических правил с элементами нечеткости, а также генерации кодов для FuzzyCLIPS. Программное обеспечение представлено модулями (плагинами) для системы прототипирования продукционных баз знаний Personal Knowledge Base Designer [4]. Предлагаемые модули обеспечивают отображение элементов FuzzyRVML и их трансформацию в FuzzyCLIPS.

## Список литературы

1. Wagner W. P. Trends in expert system development: A longitudinal content analysis of over thirty years of expert system case studies. *Expert Systems with Applications*. 2017. Vol.76. P. 85–96.
2. Lukichev S., Giurca A., Wagner G., Gasevic D. and Ribaric M. Using UML-based rules for web services modeling. *Proceedings IEEE 23rd International Conference on Data Engineering Workshop*. 2007. P. 290–297.
3. Юрин А.Ю. Нотация для проектирования баз знаний продукционных экспертных систем // *Объектные системы*. – 2016. – №12. – С. 48-54.
4. Дородных Н.О., Юрин А.Ю. Технология создания продукционных экспертных систем на основе модельных трансформаций. – Новосибирск: СО РАН, 2019. – 144 с.

# МЕТОД И ИНСТРУМЕНТ ГЕНЕРАЦИИ ТЕСТОВ ДЛЯ ПРОГРАММ ПРОЕКТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Якушева О.Р., Аничкин А.С., Семенов В.А.

*Институт системного программирования им. В.П. Иванникова РАН, Москва*

*e-mail: olga.yakusheva@ispras.ru*

Рассматривается задача проектного планирования с ресурсными ограничениями RCPSP (Resource Constrained Project Scheduling Problem) [1, 2]. Задача состоит в построении согласованного расписания наименьшей продолжительности для заданного проектного плана. Проектный план представляется как множество работ с приписанными длительностями, установленными отношениями предшествования и назначенными объемами возобновляемых ресурсов. Задача является NP-полной. В настоящее время ее точное решение, например, методом ветвей и границ, возможно при размерностях, не превышающих одну сотню работ, в то время, как на практике встречаются актуальные индустриальные постановки с тысячами и десятками тысяч работ [2]. В подобных ситуациях обычно применяют эвристические или метаэвристические алгоритмы полиномиальной сложности, которые позволяют найти приближенные решения за приемлемое для планировщиков время. Несмотря на интенсивные исследования в этой области и разнообразие предложенных подходов и методов, оценка качества найденных приближенных решений и эффективности применяемых алгоритмов для задач высокой размерности остается серьезной проблемой.

Существующие тестовые пакеты обычно предоставляют наборы входных данных для задач, для которых может быть найдено либо точное решение, либо получена оценка сверху для продолжительности оптимального расписания. Например, пакет PSPLib [3], де факто считающийся стандартом для большинства исследователей, включает в себя тестовые наборы для задач размерности 32, 64 и 128. Тестовые наборы подготовлены с помощью разработанного авторами инструмента, который позволяет сгенерировать данные и для задач большей размерности. Сгенерированные таким образом тестовые данные могут использоваться для сравнения алгоритмов между собой, однако не позволяют вынести вердикт об их эффективности с точки зрения близости найденных приближенных решений к оптимальным.

В работе описывается метод генерации тестовых наборов для программ проектного планирования. Предложенный метод обеспечивает генерацию тестовых наборов с априори известными точными решениями в широком диапазоне изменения размерностей задач, что делает возможным комплексный анализ алгоритмов. Предусмотренная параметризация метода позволяет не только задать число тестов в пакете, количество работ, ресурсов и предшествований в проектных планах, но и указать характер распределения длительностей работ и объемов назначенных ресурсов. Изменение топологии проектных планов достигается в результате комбинирования применяемых рекурсивных техник гильотинного и негильотинного разбиения профилей ресурсного потребления, а также фрактальной декомпозиции проектных работ.

Метод послужил основой для разработанного программного инструмента генерации тестовых наборов. В работе приводятся примеры сгенерированных с его помощью тестов, а также обсуждаются результаты сравнительного анализа эффективности популярных эвристических алгоритмов проектного планирования для задач высокой размерности. Ожидается, что разработанный инструмент сможет применяться для построения новых эффективных алгоритмов.

### Список литературы

1. Аничкин А.С., Семенов В.А. Современные модели и методы теории расписаний и календарно-сетевого планирования // Труды Института системного программирования РАН. 2014, том 26, вып. 3, под ред. В.П. Иванникова, с. 5-50.
2. Семенов В.А., Аничкин А.С., Морозов С.В., Тарлапан О.А., Золотов В.А. Комплексный метод составления расписаний для сложных индустриальных программ с учетом пространственно-временных ограничений // Труды Института системного программирования РАН. 2014, том 26, вып. 1, под ред. В.П. Иванникова, с. 457-482.
3. Kolisch R., Sprecher A. PSPLIB - A project scheduling library // European Journal of Operational Research. 1996, №96, с. 205

Кто есть кто

ФИО	Организация	Город	Степень, звание, должность	Контакты
Ан Глеб Владимирович	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	аспирант	
Андреева Анастасия Михайловна	ИрННТУ	Иркутск	магистрант	
Аничкин Антон Сергеевич	ИСП РАН	Москва	к.ф.-м.н.	
Аршинский Леонид Вадимович	ИрГУПС	Иркутск	д.т.н., профессор	
Атаева Ольга Муратовна	ВЦ РАН	Москва	к.т.н., н.с.	
Баланин Андрей Леонидович	НИЦ "Курчатовский институт"	Москва	с.н.с.	
Барахтенко Евгений Алексеевич	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	к.т.н., с.н.с.	
Барсукова Маргарита Николаевна	ИрГАУ	Иркутск	к.т.н., доцент, зав.каф.	
Барт Андрей Андреевич	НИ ТГУ	Томск	к.ф.-м.н., ведущий инженер	
Баталова Валерия Игоревна	ООО ИК "Сибинтек"	Уфа		
Беляев Ярослав Викторович	Электроприбор ЦНИИ	Санкт-Петербург	инженер	
Берестнева Елена Викторовна	НИ ТПУ	Томск	программист	
Берестнева Ольга Григорьевна	НИ ТПУ	Томск	д.т.н., профессор	
Борисоглебская Лариса Николаевна	ОГУ	Орел	д.э.н., профессор, проректор	
Боровиков Алексей Юрьевич	ПФ АО "НТЦ "Атлас"	Пенза	нач.отд.	
Булакина Мария Борисовна	МАИ	Москва	Директор ИТ-центра	
Булычев Николай Алексеевич	МАИ	Москва	д.х.н., в.н.с., професор	
Волков Вадим	ОГУ	Орел	к.т.н., доцент,	

Николаевич			зав.каф.
Ворожцова Татьяна Николаевна	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	к.т.н., ведущий инженер
Гальперова Елена Васильевна	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	к.т.н., с.н.с.
Гаськова Дарья Александровна	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	м.н.с.
Герасимов Михаил	TU Braunschweig	Брауншвейг, Германия	
Гергет Ольга Михайловна	НИ ТПУ	Томск	д.т.н., профессор
Гиндуллина Регина Галинуровна	УГАТУ	Уфа	магистрант
Глебов Игорь Олегович	ПФ АО "НТЦ "Атлас"	Пенза	зам.нач.отд.
Гонченко Александр Сергеевич	ННГУ	Нижний Новгород	к.ф.-м.н., н.с.
Городняя Лидия Васильевна	ИСИ СО РАН	Новосибирск	к.ф.-м.н., с.н.с., доцент
Грибова Валерия Викторовна	ИАПУ ДВО РАН	Владивосток	д.т.н., с.н.с., зам.дир.
Гурина Людмила Александровна	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	к.т.н., н.с., доцент
Давтян Александр Георгиевич	МФТИ	Москва	к.ф.-м.н., доцент
Данилевич Денис Владимирович	ОГУ	Орел	к.т.н.
Деканова Нина Петровна	ИрГУПС	Иркутск	д.т.н., профессор
Дергачев Сергей Александрович	МГТУ	Москва	к.т.н.
Довудов Сарфароз Умедович	ИрНИТУ	Иркутск	аспирант
Донской Игорь Геннадьевич	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	к.т.н., с.н.с.
Дородных Никита Олегович	ИДСТУ СО РАН	Иркутск	к.т.н.
Доронин Сергей Владимирович	КраснФ ФИЦ ИВТ	Красноярск	к.т.н., в.н.с.
Дранко Олег Иванович	ИПУ РАН	Москва	д.т.н., доцент
Дунаев Андрей Михайлович	ИрНИТУ	Иркутск	инженер

Дунаев Михаил Павлович	ИрННТУ	Иркутск	д.т.н., профессор
Еремин Никита Викторович	КраснФ ФИЦ ИВТ	Красноярск	м.н.с.
Желтухин Виктор Семенович	КФУ, КНИТУ	Казань	д.ф.-м.н., в.н.с., профессор
Загорулько Галина Борисовна	ИСИ СО РАН	Новосибирск	к.т.н., н.с.
Загорулько Юрий Алексеевич	ИСИ СО РАН	Новосибирск	к.т.н., зав. лаб.
Зароднюк Максим Сергеевич	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	к.ф.-м.н., н.с.
Зорина Татьяна Геннадьевна	ИЭ НАН Беларуси	Минск	д.э.н., доцент, зав.сект.
Зубарев Алексей Юрьевич	ИСИ СО РАН	Новосибирск	программист
Иванова Ирина Юрьевна	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	к.т.н., в.н.с., зав. лаб.
Иваньо Ярослав Михайлович	ИрГАУ	Иркутск	д.т.н., профессор, зав.каф.
Измайлова Юлия Андреевна	МГТУ	Москва	
Индейцев Дмитрий Анатольевич	ИПМаш РАН, СПбПУ	Санкт-Петербург	чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор
Каганович Борис Моисеевич	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	д.т.н., г.н.с.
Колесник Сергей Александрович	МАИ	Москва	д.ф.-м.н., профессор
Колокольцева Ирина Михайловна	ИрГАУ	Иркутск	апирант
Колосок Ирина Николаевна	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	д.т.н., в.н.с.
Коршунов Сергей Андреевич	ООО «ЦентраСиб»	Иркутск	программист
Костромин Роман Олегович	ИДСТУ СО РАН	Иркутск	к.т.н.
Крылов Сергей Сергеевич	МАИ	Москва	к.ф.-м.н., доцент, зав.каф.
Кузнецов Николай Владимирович	СПбГУ, ИПМаш РАН	Санкт-Петербург	д.ф.-м.н., профессор, зав.каф.
Кузнецов Станислав	ПФ АО "НТЦ "Атлас"	Пенза	зам.дир.

Евгеньевич			
Кузьмин Владимир Русланович	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	м.н.с.
Куклин Егор Васильевич	ИрННТУ	Иркутск	аспирант
Куликов Владимир Валерьевич	ИрННТУ	Иркутск	
Куцый Николай Николаевич	ИрННТУ	Иркутск	д.т.н., профессор
Лаврентьев Николай Александрович	ИОА СО РАН	Томск	н.с.
Лаврентьева Нина Николаевна	ИОА СО РАН	Томск	д.ф.-м.н., в.н.с.
Латыпова Алсу Радиковна	УГАТУ	Уфа	магистрант
Лебедева Яна Олеговна	ОГУ, БГТУ	Санкт-Петербург	к.э.н., докторант
Лемперт Анна Ананьевна	ИДСТУ СО РАН	Иркутск	к.ф.-м.н., доцент
Лобачев Михаил Юрьевич	СПбГУ	Санкт-Петербург	лаборант
Лосев Алексей Сергеевич	ИрННТУ	Иркутск	магистр
Лукин Алексей Вячеславович	СПбПУ	Санкт-Петербург	ассистент, ведущий инженер
Лунев Роман Алексеевич	ОГУ	Орел	к.т.н., доцент
Лызин Иван Александрович	НИ ТПУ	Томск	магистрант, программист
Ляпина Светлана Юрьевна	МАИ	Москва	д.э.н., профессор
Мазитов Рустам Ильгизович	УГАТУ	Уфа	магистрант
Майсюк Елена Петровна	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	к.т.н., с.н.с.
Малахова Анна Ивановна	УГАТУ	Уфа	к.т.н., доцент
Мамедов Тимур Габирович	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	инженер
Марков Алексей Сергеевич	АО "НПО "Эшелон"	Москва	д.т.н., с.н.с., президент
Марухина Ольга Владимировна	НИ ТПУ	Томск	к.т.н., доцент
Марчевский Илья Константинович	МГТУ	Москва	к.ф.-м.н., доцент

Маслов Олег Алексеевич	ПФ АО "НТЦ "Атлас"	Пенза	нач.отд.
Массель Алексей Геннадьевич	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	к.т.н., с.н.с.
Массель Людмила Васильевна	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	д.т.н., профессор, зав.отд.
Мельников Андрей Витальевич	ЮНИИ ИТ	Ханты- Мансийск	д.т.н., профессор, директор
Михеев Алексей Валерьевич	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	к.т.н., уч.секретарь
Моисеев Евгений Иванович	ВЦ РАН, МГУ	Москва	академик РАН, д.ф.-м.н., профессор, зав.каф.
Никулина Наталья Олеговна	УГАТУ	Уфа	к.т.н., доцент
Павлов Александр Иннокентьевич	ИДСТУ СО РАН	Иркутск	к.т.н., с.н.с.
Пахолкин Евгений Васильевич	ОГУ	Орел	к.т.н.
Пестерев Дмитрий Вячеславович	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	инженер
Петрова Софья Андреевна	ИрГАУ	Иркутск	к.т.н., доцент
Полисадова Алена Игоревна	НИ ТГУ	Томск	аспирант
Попов Иван Алексеевич	СПБПУ	Санкт- Петербург	ведущий инженер
Попова Ольга Михайловна	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	к.э.н., с.н.с.
Привезенцев Алексей Иванович	ИОА СО РАН	Томск	к.т.н., с.н.с.
Прозорова Галина Владимировна	ТИУ	Тюмень	к.п.н., доцент
Проханов Сергей Анатольевич	НИ ТГУ	Томск	ведущий программист
Путилина Елена Владимировна	НИ ТПУ	Томск	программист
Пяткова Наталья Ивановна	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	к.т.н., с.н.с.
Расторгуев Иван	НИЦ "Курчатовски	Москва	к.ф.-м.н., с.н.с.

Александрович	й институт"		
Рауткин Юрий Владимирович	АО "НПО "Эшелон"	Москва	к.т.н., н.с.
Рейзмунт Елена Михайловна	КраснФ ФИЦ ИВТ	Красноярск	к.т.н., н.с.
Романчуков Сергей Викторович	НИ ТПУ	Томск	
Рятина Евгения Павловна	МГТУ	Москва	аспирант, ассистент
Сафаров Алексей Саматович	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	ведущий инженер
Семенов Виталий Адольфович	ИСП РАН	Москва	д.ф.-м.н., профессор, зав.отд.
Семенова Валентина Андреевна	ИПУСС РАН, СамНЦ РАН	Самара	м.н.с.
Сергеев Сергей Михайлович	ОГУ, СПбПУ	Санкт-Петербург	к.т.н., с.н.с., доцент
Симонов Николай Анатольевич	ФТИАН РАН	Москва	
Сокол Ксения Сергеевна	МГТУ	Москва	к.ф.-м.н., ассистент
Сопп Дмитрий Юрьевич	ООО «ЦентраСиб»	Иркутск	программист
Станкевич Наталия Владимировна	НИУ ВШЭ	Нижний Новгород	к.ф.-м.н., с.н.с., доцент
Старченко Александр Васильевич	НИ ТГУ	Томск	д.ф.-м.н., профессор, зав. каф.
Стенников Валерий Алексеевич	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	чл.-корр. РАН, д.т.н., профессор
Степаненко Нина Петровна	СибФНКЦ	Томск	к.м.н.
Столбов Александр Борисович	ИДСТУ СО РАН	Иркутск	к.т.н., н.с.
Стычук Алексей Александрович	ОГУ	Орел	к.т.н., доцент, ведущий инженер-программист
Таиров Эмир Асгадович	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	д.т.н., г.н.с., доцент
Тихомиров Алексей Анатольевич	Инха университет	Инчеон, Южная Корея	д.э.н.

Трофимов Иван Леонидович	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	старший инженер
Труфанов Андрей Иванович	ИрННТУ	Иркутск	к.ф.-м.н., с.н.с., доцент
Туренко Сергей Константинович	ТИУ	Тюмень	д.т.н., профессор, зав.каф.
Тучкова Наталия Павловна	ВЦ РАН	Москва	к.ф.-м.н., с.н.с.
Тырсин Александр Николаевич	УрФУ	Екатеринбург г	д.т.н., профессор, зав.каф.
Фазлиев Александр Зарипович	ИОА СО РАН	Томск	к.ф.-м.н., в.н.с.
Фатькина Юлия Валериевна	СибФНКЦ	Томск	м.н.с.
Филиппова Юлия Федоровна	КраснФ ФИЦ ИВТ	Красноярск	к.т.н., н.с.
Хан Вениамин Владимирович	ИрННТУ	Иркутск	к.т.н., доцент
Хан Полина Вениаминовна	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	к.ф.-м.н., с.н.с.
Ходашинский Илья Александрович	ТУСУР	Томск	д.т.н., профессор
Ципорин Павел Игоревич	Департамент ИТ и ЦР	Ханты- Мансийск	директор
Цыбиков Алексей Ринчинович	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	инженер
Цыренжапова Валентина Вячеславовна	ИрГАУ	Иркутск	аспирант
Шабалин Алексей Сергеевич	ИрГУПС	Иркутск	аспирант, старший преподаватель
Шабалина Ольга Аркадьевна	ВолгГТУ	Волгоград	к.т.н., доцент
Шаяхметова Зарема Азаматовна	УГАТУ	Уфа	магистрант
Шемахин Александр Юрьевич	КФУ	Казань	к.ф.-м.н., с.н.с., доцент
Шилина Мария Анатольевна	УГАТУ	Уфа	к.т.н., доцент
Шпаченко Дмитрий	ООО «ЦентраСиб»	Иркутск	программист

Сергеевич			
Шурховецкий Георгий Николаевич	ИрГУПС	Иркутск	аспирант
Щеглов Георгий Александрович	МГТУ	Москва	д.т.н., профессор
Щепетина Татьяна Дмитриевна	НИЦ "Курчатовски й институт"	Москва	к.т.н., в.н.с., зав. лаб.
Щукин Никита Игоревич	ИСЭМ СО РАН	Иркутск	инженер
Юлдашев Марат Владимирович	СПбГУ	Санкт- Петербург	Ph.D., профессор
Юлдашев Ренат Владимирович	СПбГУ	Санкт- Петербург	Ph.D., профессор
Юрин Александр Юрьевич	ИДСТУ СО РАН	Иркутск	к.т.н., с.н.с., доцент
Якушева Ольга Рифовна	ИСП РАН	Москва	инженер

#### Организации

Сокращенное название	Полное название
TU Braunschweig	Technische Universität Braunschweig
БГТУ	БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова
ВолгГТУ	Волгоградский государственный технический университет
ВЦ РАН	Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Российской академии наук
Департамент ИТ и ЦР	Департамент информационных технологий и цифрового развития ХМАО - Югры
ИАПУ ДВО РАН	Институт автоматизации и процессов управления ДВО РАН
ИДСТУ СО РАН	Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова СО РАН
ИОА СО РАН	Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН
ИПМаш РАН	Институт Проблем Машинovedения РАН
ИПУ РАН	Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН
ИПУСС РАН	Институт проблем управления сложными системами РАН
ИрГАУ	Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского
ИрГУПС	Иркутский государственный университет путей сообщения
ИрНИТУ	Иркутский национальный исследовательский технический университет
ИСИ СО РАН	Институт систем информатики имени А.П. Ершова СО РАН
ИСП РАН	Институт системного программирования им. В.П. Иванникова РАН
ИСЭМ СО РАН	Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН
ИЭ НАН Беларуси	Институт энергетики НАН Беларуси
КНИТУ	Казанский национальный исследовательский технологический университет
КраснФ ФИЦ ИВТ	Красноярский филиал Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий СО РАН
КФУ	Казанский (Приволжский) федеральный университет

МАИ	Московский авиационный институт
МГТУ	Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
МГУ	Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
МФТИ	Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)
НИ ТГУ	Национальный исследовательский Томский государственный университет
НИ ТПУ	Национальный исследовательский Томский политехнический университет
НИУ ВШЭ	Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
НИЦ "Курчатовский институт"	Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт»
ННГУ	Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
ОГУ	Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева
СамНЦ РАН	Самарский федеральный исследовательский центр РАН
СибФНКЦ	Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства
СПбГУ	Санкт-Петербургский Государственный Университет
СПбПУ	Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
ТИУ	Тюменский индустриальный университет
ТУСУР	Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
УГАТУ	Уфимский государственный авиационный технический университет
УрФУ	Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина
ФТИАН РАН	Физико-технологический институт имени К.А. Валиева РАН
Электроприбор ЦНИИ	ГНЦ РФ АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»
ЮНИИ ИТ	Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий