

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ ИМ. С.Л. СОБОЛЕВА
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИМ СО РАН)

УДК 519.6:517
Рег. № НИОКТР 122040800259-9
Рег. № ИКРБС

УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора

_____ А.Е. Миронов
_____ 2025 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Модели и методы обработки данных для поддержки процессов принятия решений
(заключительный)

Номер проекта FWNF-2022-0016

Руководитель НИР,
В.Н.С., Д.Т.Н.

Зыкин С.В.

подпись, дата

Новосибирск, 2025

Список исполнителей

Руководитель НИР, В.н.с., д.т.н		Зыкин Сергей Владимирович (разделы: реферат, введение, основная часть, заключение)
Исполнители:	Подпись, дата	
Г.н.с., д.ф.-м.н.		Задорин Александр Иванович (раздел: реферат, введение, основная часть, заключение)
В.н.с., д.т.н.		Паничкин Алексей Васильевич (раздел: введение, основная часть, заключение)
В.н.с., д.т.н.		Чуканов Сергей Николаевич (раздел: реферат, введение, основная часть, заключение)
С.н.с., к.ф.-м.н.		Гольяпин Виктор Викторович (раздел: реферат, введение, основная часть, заключение)
С.н.с., к.ф.-м.н.		Задорин Никита Александрович (раздел: основная часть)
С.н.с., к.т.н.		Маренко Валентина Афанасьевна (раздел: введение, основная часть, заключение)
С.н.с., к.ф.-м.н.		Нартов Борис Кимович (раздел: реферат, введение, основная часть, заключение)
С.н.с., к.т.н.		Полуянов Андрей Николаевич (раздел: основная часть)
С.н.с., к.ф.-м.н.		Тиховская Светлана Валерьевна (раздел: введение, основная часть, заключение)

С.н.с., д.т.н.

Подпись, дата

Филимонов Вячеслав
Аркадьевич (раздел:
реферат, введение, основная
часть, заключение)

Н.с., к.ф.-м.н.

Подпись, дата

Зыкин Владимир Сергеевич
(раздел: основная часть)

Инженер-исследователь

Подпись, дата

Шагаев Сайран Булатович
(раздел: основная часть)

Нормоконтроль

Подпись, дата

Даурцева Наталия
Александровна

РЕФЕРАТ

Отчет 63 стр., 1 кн., 2 прил., 2 таблицы, 2 рисунка.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ТРАЕКТОРНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, АНАЛИЗ ДАННЫХ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОГНИТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ, ЦЕЛОСТНОСТЬ ДАННЫХ.

Объектом исследования являются модели, методы и алгоритмы обработки, преобразования и хранения массивов данных, необходимых для информационной поддержки процесса принятия решений.

Целью проекта в целом является развитие теории и технологии извлечения, обработки и представления информации об объектах прикладной области с решением задач идентификации, анализа и моделирования для сопровождения процессов принятия решений.

В текущем 2025 году были поставлены следующие **цели**:

- 1) разработка общего метода направленной оптимизации начальных условий трёх типов задач траекторного управления: задач управления конфликтующими подвижными объектами, классических задач поиска неподвижных целей с заданными распределениями координат и стандартных задач оптимального преследования целей с заданными траекториями;
- 2) разработка подхода к применению формулы Тейлора к функциям с составляющей, имеющей большие градиенты; разработка формул численного дифференцирования и квадратурных формул для функций с большими градиентами в пограничном слое;
- 3) исследование расширенной сенсорики гибридного субъекта, использование разработанных методов для действий в чрезвычайных ситуациях;
- 4) исследование имитационных моделей, позволяющих в лабораторных условиях апробировать потенциально эффективные стратегии функционирования наблюдаемых объектов;
- 5) с использованием статистических методов оценить рандомизированное контролируемое проспективное исследование терапевтического лечения;
- 6) исследование влияния изменения температуры жидкости при акустико-вакуумном воздействии на погружённую в жидкость термопару со сферическим спаем;
- 8) разработка теории и технологии редактирования данных с использованием логических на основе коммутативных преобразований.

Для проведения исследований **использовались** численные методы, математическая логика, рефлексивный анализ, теория управления и математический анализ.

Важнейший результат в 2025 году:

Разработан подход к применению формулы Тейлора к функциям с составляющей, имеющей большие градиенты. Актуальность задачи в том, что погрешность формулы Тейлора значительна, если функция имеет большие градиенты. Предполагается, что для функции справедлива декомпозиция в виде суммы регулярной составляющей, производные которой ограничены до некоторого порядка, и погранслошной составляющей, рассматриваемой как функция общего вида, имеющая большие градиенты и известная с точностью до множителя. Такая декомпозиция известна для решения сингулярно возмущенной краевой задачи. На основе формулы Тейлора построена формула, точная на погранслошной составляющей, для приближения функции многочленами произвольно задаваемой степени. Для построенной формулы получены оценки погрешности такие же, как при применении формулы Тейлора к регулярной составляющей. Это существенно повышает точность приближения функции с большими градиентами многочленами. Результат обобщен на двумерный случай.

Полученный результат является новым.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	8
Результаты 2022 года	8
Результаты 2023 года	13
Результаты 2024 года	22
Результаты 2025 года	29
Задачи поиска и идентификации объектов	29
Анализ взаимного влияния временных рядов	34
Когнитивное и статистическое моделирование	36
Численное моделирование динамических процессов	42
Организация доступа к данным для анализа и редактирования	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	47
ПРИЛОЖЕНИЕ А. ПУБЛИКАЦИИ И ДОКЛАДЫ	49
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. КОПИЯ ПЛАНА НИР	63

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий отчет является заключительным по теме: «Модели и методы обработки данных для поддержки процессов принятия решений». В отчете кратко представлены результаты предыдущих годов (2022, 2023, 2024) и подробно рассмотрены результаты по этапу 2025 года.

Целью проекта в целом является развитие теории и технологии извлечения, обработки и представления информации об объектах прикладной области с решением задач идентификации, анализа и моделирования для сопровождения процессов принятия решений.

Информация, необходимая для принятия решений, в большинстве случаев является неоднородной. Для корректного восприятия такая информация предварительно должна пройти обработку и преобразование различными методами анализа и моделирования, чтобы быть доступной для восприятия человеком. При решении этой проблемы используются эвристические методы, методы искусственного интеллекта, математическое и когнитивное моделирование и т.д. В процессе решения данной задачи приходится сталкиваться с противоречивостью и аномалиями данных, неполнотой информации. Это препятствует решению актуальных задач обнаружения и идентификации объектов, предсказанию их поведения, управлению их состоянием и анализу результатов для сопровождения процессов принятия решений.

Описание задач проекта в целом

В настоящее время неизвестны формализации общих случаев задач управления подвижными объектами с заданными распределениями рисков гибели в виде стандартных задач оптимального управления динамическими системами. Не решены соответствующие задачи направленной оптимизации начальных условий. Используемые технологии искусственного интеллекта и нейросетевые технологии обеспечивают приемлемые решения, но не гарантируют оптимальных. В рамках проекта разрабатываются алгоритмы управления, обработки и переоценки текущей информации и коррекции планов управления в реальном масштабе времени.

Задача сравнения временных рядов на основе формирования взвешенных ориентированных графов взаимных влияний концепций временных рядов для идентификации ориентированного графа взаимодействий динамической системы.

Актуальной является проблема лечения сердечно-сосудистых, генетических и других социально значимых заболеваний. Исследования основываются на выявлении латентных факторов риска и изучение степени их влияния на патологическое состояние пациентов. Целью настоящего исследования является оценка возможности прогнозирования исходов лечения пациентов с помощью методов факторного и дисперсионного анализов.

С помощью статистических критериев выявить статистически значимые различия у пациентов с рубцовым стенозом трахеи различной локализации посттрахеостомической и постинтубационной этиологии, оценить андомизированное контролируемое проспективное исследование используя критерий включения и критерии исключения пациентов с различными заболеваниями.

Исследование применимости квадратурной формулы Гаусса для численного интегрирования функций с большими градиентами. Исследование динамики жидкой пробки в капилляре с учетом шероховатости поверхности при нагреве замкнутой ёмкости (осушка капилляра при кондуктивном нагреве).

Предложенные исследования отражают различные подходы к решению задач в зависимости от возникающих проблем. В арсенале человека, принимающего решения, должен быть набор представленных методов.

В текущем 2025 году **целью** было решение следующих **задач**:

1) разработка общего метода направленной оптимизации начальных условий трёх типов задач траекторного управления: задач управления конфликтующими подвижными объектами, классических задач поиска неподвижных целей с заданными распределениями координат и стандартных задач оптимального преследования целей с заданными траекториями;

2) разработка алгоритмов сравнения временных рядов на основе формирования взвешенных ориентированных графов взаимных влияний концепций временных рядов для идентификации ориентированного графа взаимодействий динамической системы;

3) на исследование субъектов и формирование ими образов ситуации, выбор вариантов относительно задач оптимизации с учётом рефлексивного характера взаимодействий субъектов;

4) построение и анализ когнитивных моделей управления социально-экономическими системам с применением когнитивной методологии;

5) исследование моделей поддержки принятия решений в сфере здравоохранения;

6) исследование применимости квадратурной формулы Гаусса для численного интегрирования функций с большими градиентами, анализ подходов к построению формул численного дифференцирования функций с большими градиентами ;

7) исследование влияния образовавшихся пузырьков в жидкости на показания датчика температуры – термопары со сферическим спаем (ТСС) при акустико-вакуумном воздействии, компьютерное моделирование процесса заполнения жидкостью капилляра в системе «замкнутая ёмкость+капилляр», исследование динамики жидкой пробки в капилляре с учетом шероховатости поверхности при нагреве замкнутой;

8) разработка теории и технологии синхронизации данных модели «Трансформация» и реляционной базы данных при наличии ограничений.

Место в выполнении НИР в целом:

Целью проекта в целом является развитие теории и технологии извлечения (задачи 1 и 2), обработки и представления информации об объектах прикладной области с решением задач идентификации (задачи 3, 4 и 5), анализа и моделирования (задачи 6, 7), представление результатов (задача 8) для сопровождения процессов принятия решений.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Результаты 2022 года

Теория и технология извлечения данных и знаний

1. На основе подхода «4К» представлен прототип методики, предназначенной для коллективного создания сложных проектов в когнитивной инфраструктуре. Методика состоит в использовании конкретного системного подхода для построения наиболее простого прототипа с наиболее сложным компонентом. В качестве такого подхода используется авторский подход «4К» [2022,16]¹, основанный на понятиях «коллектив», «когнитивность», «конфигуратор» и «конвергенция». Подчёркивается необходимость использования базовой триады «Исследователь-Логика-Онтология», в особенности привязки процессов формализации и интерпретации к Исследователю, а также важность понятия «клеточки» как наиболее простой логической структуры исследуемой системы. Отмечается целесообразность предварительной квалификации потенциальных получателей результата. Рассматривается процедура конструирования определений. Предлагается авторская схема, учитывающая формы, функции и условия выполнения этих функций определяемой системой. Конкретизируется постановка задачи формализации для использования в системах искусственного интеллекта. Обсуждаются фундаментальные различия одушевлённых существ и систем искусственного интеллекта, а также проблемы их взаимодействия. Отмечаются архетипические факторы и современные тенденции реализации этого феномена. Предполагается, что промежуточные состояния от архетипических до современных можно сконструировать с использованием бутстрэпа и палеоарта.

Система-Исследователь является и субъектом, и объектом своего исследования. Здесь оказывается недостаточным ограничиться функциональным местом Исследователей – субъектов, создающих знаки и оперирующих ими в соответствии с концепцией логического интеллекта, и необходима детализация.

2. При решении поисковых задач были выделены и исследованы стратегии перемещения точечной поисковой единицы (ПЕ) на маршрутах с риском. Формализованы одно- и двукритериальные опорные задачи поиска на маршрутах с заданными распределением координаты точечной цели и распределением риска гибели ПЕ - распределением координаты точечной регистрирующей единицы (РЕ), при совпадении которой с ПЕ обе удаляются из задачи.

Получены расчётные формулы исходов просмотра маршрута в вариантах планирования, формализованы задачи оптимального прерывания поиска в вариантах управления в реальном масштабе времени. При критерии качества «вероятность обнаружения цели» и максимизации критерия «разность вероятности обнаружения цели и вероятности гибели ПЕ» формализованы стратегии:

– Однокритериальный просмотр маршрута до обнаружения цели или гибели ПЕ (при обнаружении цели просмотр продолжается) с двумя возможными исходами: «обнаружение цели и гибель» или «гибель без обнаружения цели».

– Двукритериальный слепой просмотр маршрута до обнаружения цели или гибели ПЕ (при обнаружении цели просмотр продолжается) с двумя возможными исходами: «обнаружение цели и гибель» или «гибель без обнаружения цели».

– Назначение оптимальной конечной координаты ПЕ при двукритериальном слепом просмотре маршрута. – Усиление стратегии 2 добавлением третьего возможного исхода «прерывание поиска».

¹ Первая цифра в ссылке на литературу обозначает год, остальные цифры – номера публикаций в этом году.

- Двукритериальный просмотр маршрута с остановкой при обнаружении цели с двумя возможными исходами: «обнаружение цели» или «гибель без обнаружения цели».
- Назначение оптимальной конечной координаты ПЕ при двукритериальном просмотре маршрута с остановкой при обнаружении цели. – Усиление стратегии 4 добавлением третьего возможного исхода «прерывание поиска».

Получена система неравенств, связывающих конечные значения критериев качества формализованных задач. Показано, что полученные расчётные формулы и формализации не позволяют в общем случае упорядочить по возрастанию полный набор значений перечисленных критериев, так как порядок некоторых пар зависит от явных видов распределений координат ПЕ и РЕ [2023,28].

Разработаны реализующие алгоритмы. Разработана имитационная программа, с помощью которой частично верифицированы полученные аналитические результаты – распределения вероятностей случайных исходов управлений и поведение критериев качества на интервале управления.

Обработка и представление информации об объектах прикладной области

1. Рассмотрена обработка сигналов на симплициальных комплексах. Приведена формула разложения Ходжа для дискретных полей, аналогичная формуле разложения Ходжа для гладких векторных полей [2022,6–10]. Рассмотрены построение и оценка операторов градиента, дивергенции, ротора и матриц Лапласа для дискретных векторных полей. Выполнено сравнение форм объектов на основе построения персистентных гомотопий при формировании метрики Вассерштейна. Алгоритмы формирования персистентных бар-кодов и тропических функций используются для сравнения изображений объектов. Разработаны алгоритмы сравнения динамических систем на основе топологического анализа данных. Рассмотрены методы преобразования персистентных баркодов и персистентных диаграмм в функции персистентного ландшафта. Метод построения персистентных ландшафтов совместим с подходом построения тропических рациональных функций при получении персистентных гомотопий. С функциями персистентного ландшафта ассоциируется ядро персистентного ландшафта, которое формирует отображение в гильбертово пространство со скалярным произведением. Предложена формула для определения расстояния между персистентными ландшафтами, которая позволяет находить расстояния между изображениями объектов. Расширены результаты для модулей персистентности с одним параметром на многопараметрические модули персистентности. Метод топологического анализа данных, основанный на формировании функций персистентного ландшафта, используется для оценивания расстояния между структурами динамических систем.

2) В области распознавания образов доказаны необходимые теоремы и представлены соответствующие алгоритмы с пошаговой реализацией. Предложена формула перехода от n -мерной плотности распределения исходных данных к n -мерной плотности распределения факторов. Формула, доказанная в теореме, использована для решения задачи распознавания, основывающейся на байесовском критерии. Результаты другой теоремы применяются при решении задачи распознавания для случая, когда параметры распределены по закону отличному от нормального распределения. Полученная факторная модель распознавания образов преобразована в соответствующее программное приложение, адаптированное под операционную систему Windows, содержащее адекватную интерфейсную часть для ввода необходимых данных и вывода результатов, включая модуль для хранения и редактирования требуемой информации. Встроенная факторная модель используется как классификационный метод для многомерных данных, распределенных по нормальному закону или близкому к таковому. Результатом указанной модели является таблица, содержащая апостериорные вероятности принадлежности объекта к конкретному классу.

3) Проанализирован порядок оценки качества образования в рамках независимой и внутренней оценки качества. Сформированы группы показателей, наполняющие интегративные характеристики. Для каждой пары интегративных характеристик вычислены корреляционные отношения и проанализированы вероятностные уровни влияния. При проведении исследования на базе сформированных дискретных показателей выявлены значимые интегративные характеристики, построены таблицы распределений, вычислены корреляционные отношения. Анализ вычисленных корреляционных отношений между парами интегративных характеристик позволил указать на значимые взаимосвязи между изучаемыми гранями оценки качества образования. Особо выделяется пара интегративных характеристик «удовлетворенность материально-техническим обеспечением» и «удовлетворенность качеством организации учебного процесса и преподавания учебных дисциплин», где уровень влияние первой на вторую составил 79%, а влияние второй на первую 98%. Полученный результат следует интерпретировать как возможность при анкетировании использовать только вопросы, входящие в одну интегративную характеристику (удовлетворенность качеством организации учебного процесса и преподавания учебных дисциплин). Учитывая полученные в исследовании результаты, выводы об удовлетворенности по другой интегративной характеристике (удовлетворенность материально-техническим обеспечением) можно сделать автоматически, с высокой степенью вероятности. Это позволит существенно разгрузить используемую анкету и, соответственно, сократить время обработки полученных результатов.

4) Разработан параллельный алгоритм восстановления пропущенных значений потокового временного ряда в режиме реального времени для многоядерного процессора. Обработка потоковых временных рядов в режиме реального времени связана с необходимостью синтеза значения ряда, которое было пропущено ввиду технического сбоя или человеческого фактора [2022,5]. Алгоритм использует набор опорных временных рядов (reference time series), которые имеют семантическую связь с исходным рядом. Алгоритм применяет следующую эвристику: если в опорных рядах имеют место повторяющиеся (схожие) подпоследовательности, то в ряде, содержащем пропущенное значение, повторяющиеся подпоследовательности возникают в тех же временных интервалах. Образцами поиска для каждого опорного ряда полагаются подпоследовательности заданной длины, оканчивающиеся в момент пропуска значения в исходном ряде. Схожесть подпоследовательностей с образцом определяется на основе меры DTW (Dynamic Time Warping), имеющей квадратичную вычислительную сложность относительно длины подпоследовательности. Применяется техника нижних границ (lower bounding), позволяющая отбрасывать подпоследовательности, заведомо непохожие на образец поиска, без вычисления DTW. Нижние границы схожести имеют меньшую чем квадратичную сложность и вычисляются параллельно с помощью технологии программирования OpenMP.

5) В условиях современной экономической нестабильности существенно возрастает сложность принятия управленческих решений, обладающих долгосрочной перспективой и позитивными последствиями для организаций. В этой связи актуализируется задача разработки и исследования имитационных моделей, позволяющих в лабораторных условиях апробировать потенциально эффективные стратегии функционирования исследуемых объектов. В рамках данного исследования разработана и проанализирована когнитивная модель процесса принятия управленческих решений на примере предприятия приборостроительной отрасли, осуществляющего деятельность в условиях санкционного давления. Исследования выявили, что наиболее чувствительной к изменениям параметров внешней и внутренней среды является финансово-экономическая подсистема предприятия. На основании данных симплициального анализа и серии вычислительных экспериментов к числу ключевых управляющих факторов отнесены «стратегическое

управление» и «прогноз инфляции». Экспертами рекомендовано использование данных факторов в процессах разработки управленческих решений [2022,14].

2. Статистический анализ медицинских показателей

На современном этапе органами государственной власти реализуется комплекс задач, направленных на сохранение здоровья населения в рамках парадигмы ценностно-ориентированного здравоохранения. В контексте данной проблематики построена и проанализирована модель удовлетворенности граждан качеством медицинского обслуживания в период пандемии с применением теории нечетких множеств. В результате анализа моделей установлено, что значимыми детерминантами, определяющими уровень удовлетворенности населения качеством медицинской помощи в условиях пандемии, являются факторы «оптимизация распределения потоков пациентов» и «эффективная маршрутизация», обеспечиваемая за счет внедрения дистанционных информационных технологий на этапах работы регистратуры и кабинета общего приема [2022,15].

Разработаны регрессионные модели динамики демографических показателей, учитывающие влияние факторов загрязнения окружающей среды. В ходе анализа установлена статистически значимая линейная зависимость между показателями смертности населения и уровнем загрязнения атмосферного воздуха, а также между уровнем загрязнения воздуха и распространенностью лор-заболеваний. Полученные результаты рекомендованы экспертами к учету в процессе стратегического планирования социально-экономического развития региона [2022,11–15].

Численное моделирование динамических процессов

1. Получены оценки погрешности классических формул численного дифференцирования на сетке Бахвалова при наличии у функции больших градиентов в области экспоненциального пограничного слоя. Проблема в том, что в случае равномерной сетки при наличии пограничного слоя погрешность таких формул, основанных на дифференцировании многочлена Лагранжа, может быть значительной.

Задача рассмотрена в общем случае, когда вычисляется производная произвольно заданного порядка и шаблон для производной содержит произвольно заданное число узлов. Полученные оценки погрешности на сетке Бахвалова такие же, как в регулярном случае, когда сетка равномерна и функция не имеет больших градиентов. Только на последнем в пограничном слое интервале сохранилась слабая логарифмическая зависимость погрешности от малого параметра.

2. Исследовано применение кубического сплайна для интерполяции функции двух переменных при наличии экспоненциальных пограничных слоев в каждом направлении [2022,20,28]. Рассмотрены случаи применения в областях пограничного слоя сеток Шишкина и Бахвалова. Получены оценки погрешности двумерной сплайн-интерполяции, равномерные по малому параметру. Доказано, что в случае сетки Бахвалова двумерный сплайн имеет четвертый порядок точности, как и в регулярном случае. В случае сетки Шишкина погрешность сплайна порядка $O((\ln N)/N)^4$, где N – число узлов сетки в каждом направлении. В случае равномерной сетки при наличии пограничного слоя погрешность кубического сплайна неограниченно растет при стремлении малого параметра к нулю и заданном числе узлов сетки.

3. Рассмотрен вопрос интерполяции на сетке Бахвалова функции двух переменных с большими градиентами в областях пограничного слоя [2022,24–27]. Предполагается, что функция двух переменных соответствует решению эллиптической задачи с экспоненциальными пограничными слоями. Для такой функции используется декомпозиция на регулярную и погранслойные составляющие. В исходной прямоугольной области строится сетка Бахвалова, сгущающаяся в пограничных слоях. Двумерный многочлен Лагранжа применяется в прямоугольных ячейках с произвольно заданным числом узлов интерполяции k в каждом направлении. Во всех внутренних ячейках получены оценки погрешности порядка $O(1/N^k)$ равномерно по малому параметру, где N

– число узлов сетки по каждой переменной. В граничных ячейках сохранилась слабая логарифмическая зависимость оценки погрешности от малого параметра. Получена оценка устойчивости интерполяционной формулы на двумерной сетке Бахвалова.

4. Исследован двухсеточный метод численного решения двумерной линейной сингулярно возмущенной эллиптической задачи с применением разностной схемы на сетке Бахвалова. Применяется схема направленных разностей на сетке Бахвалова, сгущающейся в экспоненциальном пограничном слое по каждому направлению. Ранее сетка Бахвалова в двухсеточных алгоритмах не применялась. При применении двухсеточного метода предварительно выполняются итерации на грубой сетке, что позволило сократить вычислительные затраты. При интерполяции решения схемы на исходную сетку используется полученный нами ранее результат, что погрешность интерполяции на сетке Бахвалова равномерна по малому параметру. Применение метода экстраполяции Ричардсона позволило повысить точность разностной схемы.

5. Проведены экспериментальные исследования и численное моделирование осушки малых каверн, заполненных жидкостью, под воздействием лазерного излучения [2022,22]. Разработана физико-математическая модель процесса испарения жидкости из осесимметричной каверны в металлической пластине при параметрическом воздействии лазерного излучения (ЛИ) на жидкость и получены результаты процесса тепло- и массообмена в условиях постоянного и импульсного ЛИ с мощностью 90 Вт. Получена динамическая картина течения жидкости и образования пузырьков пара в жидкости при постоянном и импульсном ЛИ. Принята гипотеза о граничных условиях образования пузырьков пара и начальных параметрах движения, определяемых ЛИ, силой Архимеда, вязкостью жидкости и парообразованием. В результате решения разработанной физико-математической модели установлены зависимости изменения массы и температуры жидкости, а также определены затраты энергии на нагрев, испарение жидкости и нагрев стенки металлической пластины при постоянном и импульсном ЛИ. Сравнительный анализ результатов физико-математического моделирования с известными результатами экспериментальных исследований показал расхождение по массе испаряемой жидкости до 3,33 %, по температуре до 1,28 %.

Основные результаты исследования: а) получена динамическая картина образования пузырьков, влияющих на испарение жидкости; б) определены затраты энергии при постоянном и импульсном лазерном воздействии на жидкость; в) проведен сравнительный анализ близости численных и экспериментальных результатов.

Организация хранения данных

Для обеспечения корректности представления данных в соответствии с требованиями пятой нормальной формы было проведено исследование процесса тестирования зависимостей и правил вывода. При этом могут быть решены две задачи [2022,1]. Во-первых, тестирование позволяет проверить гипотезы относительно неизвестных правил вывода. Основная цель, при этом, поиск реализации отношения – контрпримера, который удовлетворяет исходным зависимостям и противоречит следствию. Найденный контрпример опровергает гипотезу, отсутствие контрпримера позволяет приступить к поиску обобщения правила и условий его выполнимости (logically imply). Тестирование не может служить доказательством выполнимости правил вывода, поскольку процесс обобщения требует поиска универсальных условий выводимости для каждого правила, что невозможно запрограммировать, поскольку даже вид этих условий неизвестен. Во-вторых, при проектировании конкретной базы данных может потребоваться проверка выполнимости правила, для которого отсутствует теоретическое обоснование. Такая ситуация может проявиться при наличии аномалий в суперключе. Решение этой проблемы основывается на использовании правил вывода зависимостей соединения. Для этих зависимостей пока не найдена полная система правил (аксиом). Получены следующие результаты: а) методика проведения тестирования правил вывода

на примере зависимостей соединения, б) предложена схема алгоритма тестирования, в) рассмотрены некоторые гипотезы, для которых отсутствуют контрпримеры и правила вывода, г) предложен пример использования тестирования при поиске корректной декомпозиции универсального ключа.

Результаты 2023 года

Задачи поиска и идентификации объектов

Исследованы общие случаи формализованных на предыдущем этапе 2022 года задач многокритериального поиска целей на маршрутах с риском, разработаны методы оптимизации моментов прерывания поиска и оптимизации начальных координат поисковых единиц (ПЕ) [2023,28], [2024,23]. Формализованы одно- и двукритериальные задачи поиска на маршруте с заданными распределениями координат множества точечных целей и распределением риска гибели ПЕ – распределениями координат множества точечных регистрирующих единиц (РЕ); при совпадении координат ПЕ и РЕ обе удаляются из задачи.

Получены расчётные формулы исходов слепого просмотра маршрута, формализованы задачи оптимального прерывания поиска в вариантах управления в реальном масштабе времени. При критерии качества «математическое ожидание количества обнаруживаемых целей» и максимизации критерия «разность математического ожидания количества обнаруживаемых целей и вероятности гибели ПЕ» формализованы стратегии:

- Однокритериальный слепой просмотр маршрута (при обнаружении очередной цели просмотр продолжается) с двумя возможными исходами: «обнаружение части или всех целей и гибель ПЕ» или «гибель ПЕ без обнаружения целей».

- Двукритериальный слепой просмотр маршрута (при обнаружении очередной цели просмотр продолжается) с двумя возможными исходами: «обнаружение части или всех целей и гибель» или «гибель без обнаружения целей».

- Назначение оптимальной конечной координаты ПЕ при двукритериальном слепом просмотре маршрута. – Расширение стратегии 2 до четырёх возможных исходов: «прерывание поиска без обнаружения целей», «обнаружение части или всех целей и прерывание поиска», «обнаружение части или всех целей и гибель», «гибель без обнаружения целей».

- Двукритериальный просмотр маршрута с остановкой при обнаружении заданного количества целей с тремя возможными исходами: «обнаружение заданного количества целей», «обнаружение меньшего количества целей и гибель», «гибель без обнаружения целей».

- Назначение оптимальной конечной координаты ПЕ при двукритериальном просмотре маршрута с остановкой при обнаружении заданного количества целей. – Усиление стратегии 4 добавлением исходов: «прерывание поиска без обнаружения целей» и «обнаружение меньшего количества целей и прерывание поиска».

Получена система неравенств, связывающих конечные значения критериев качества формализованных задач. Показано, что полученные расчётные формулы и формализации не позволяют в общем случае упорядочить по возрастанию полный набор значений перечисленных критериев, так как порядок некоторых пар зависит от явных видов распределений координат ПЕ и РЕ. Показано также, что в частных случаях стратегии управления поиском можно усилить, введя коррекцию распределений целей и РЕ в реальном масштабе времени.

Для задач планирования просмотра маршрутов предложен оригинальный алгоритм быстрой непереборной оптимизации начальной координаты ПЕ, основанный на имитационном решении специальной задачи обратного просмотра маршрута.

Разработаны реализующие алгоритмы части исследованных задач. Разработана имитационная программа, с помощью которой верифицированы полученные аналитические результаты – распределения вероятностей случайных исходов управлений и поведение критериев качества на интервале управления. Отметим, что даже при линейных распределениях координат объектов аналитические решения даже простейших задач оптимизации поиска оказываются весьма громоздкими. Разработанная имитационная программа позволяет вычислять значения задаваемых критериев качества поиска и оптимизировать параметры поиска для любых заданных аналитически или таблично распределениях рисков и координат целей. При этом выбор стратегии поиска может определяться не только вычисленной эффективностью, но и типом ПЕ, способом управления ими и внешними ограничениями.

Нахождение расстояния между изображениями объектов

В работе [2023,1] представлены методы формирования инвариантов для многопараметрических модулей персистентности, которые расширяют результаты для модулей персистентности с одним параметром на многопараметрические модули персистентности. Использование многопараметрических функций персистентного ландшафта повышает разнообразие параметров, характеризующих форму объекта, точность определения расстояния между изображениями объектов.

В работе [2023,2] рассмотрены экспериментальные исследования по взаимодействию процессов в каналах динамической системы с заданной матрицей. Для подсистемы специального вида определяется мера взаимодействия компонентов векторов состояний. Приведены примеры формирования взвешенных ориентированных графов для различных динамических систем и оценивания расстояния между этими системами на основе топологического анализа данных. Методы сравнения динамических систем на основе топологического анализа данных могут быть использованы при проектировании и идентификации отказов систем управления. Метод топологического анализа данных, используемый для оценки расстояния между динамическими системами, основан на формировании персистентных баркодов и функций персистентного ландшафта. Приведен пример формирования взвешенного ориентированного графа для динамической системы, соответствующей системе управления компонентами вектора угловой скорости летательного аппарата, который рассматривается как твердое тело с главными моментами инерции. Методы сравнения динамических систем на основе топологического анализа данных могут быть использованы при проектировании и идентификации отказов систем управления, а также при распознавании временных рядов, формируемых динамическими системами (например, при распознавании ECG, EEG, MRI, финансовых рядов, телеметрии летательных аппаратов и т. д.).

Для сравнения изображений в работе [2023,3] определяются расстояния между изображениями: чем больше разница между изображениями, тем больше расстояние между ними; расстояние между одинаковыми изображениями равно нулю. Евклидовы преобразования изображений, при этом, не должны изменять расстояние между ними. Для определения расстояния между изображениями (или объектами другой физической природы) применяется персистентный ландшафт — кусочно-линейная функция, которая представляет собой обобщение персистентной диаграммы. Персистентный ландшафт поворачивает диаграмму постоянства так, что диагональ становится новой осью i -й порядок персистентности ландшафтов создает кусочно-линейную функцию от i -го наибольшего значения точек на диаграмме персистентности после поворота. В работе [2023,12] рассмотрен пример сравнения динамики вращательного движения твердых тел, несущих маховики.

Анализ временных рядов

В настоящее время исследователи и практики в широком спектре предметных областей обрабатывают потоковые временные ряды и сталкиваются с проблемой точного и быстрого вычисления пропущенных значений из-за сбоев программного/аппаратного обеспечения или человеческого фактора. Ранее был разработан параллельный алгоритм восстановления пропущенных значений потокового временного ряда на основе меры DTW в режиме реального времени для многоядерного процессора.

Работа в данном направлении была продолжена, реализована версия алгоритма для платформы CPU+GPU. Нижние границы для меры DTW вычисляются на GPU, а затем передаем результаты в CPU для использования в остальной части алгоритма. При реализации параллелизма для многоядерного CPU и GPU-процессора мы использовали технологии Open MP и CUDA соответственно. В ходе экспериментальной оценки работы алгоритма на реальных и синтетических данных, алгоритм демонстрирует точность расчета среди лучших результатов конкурентов, в то время как производительность соответствует реальному времени.

Результаты работы были доложены на конференции по параллельным вычислениям ПАВТ-2023.

Когнитивный анализ

В ходе исследований были предложены понятия «когнитивная осведомлённость» и «абстрактный конечный результат», дополняющие соответственно известные понятия «ситуационная осведомлённость» и «идеальный конечный результат» [2023,22–26].

Для анализа степени достоверности используемой информации предложена методика «скелет рыбы правды», отличающаяся от известного «рыбьего скелета» И. Ишикавы структурой, которая учитывает все имеющиеся аргументы и контраргументы, относящиеся к рассматриваемым альтернативам.

Для активизации когнитивных ресурсов коллективных субъектов при рассмотрении сложных областей знания, трудно поддающихся формализации, предложены метафорические когнитивные карты. Каждая карта представляет собой систему визуализированных метафор данной области. Метафорами могут быть известные картины, схематические образы и т.п.

Также предложены для использования:

- виртуальные личности в ситуационных центрах для публикации негативной информации;
- многодисциплинарные (синоптические) инженерные курсы для подготовки прорывов в когнитивной осведомлённости.

Также определены фундаментальные проблемы систем управления и инженерной деятельности:

- приоритет ситуационной осведомлённости относительно когнитивной;
- фильтрация и игнорирование негативной информации в сочетании с ликвидацией источников такой информации;
- приоритет коллективной деятельности относительно индивидуальной.

Установлена зависимость реакции нейросети на запрос пользователя от языка материала, на котором она была обучена. Проведён эксперимент по определению этической системы по В.А. Лефевру нескольких нейросетей. Даны рекомендации по тестированию адекватности ответа запросу.

Инструменты когнитивного анализа

1. Когнитивная модель «Учебная мотивация» студентов с точки зрения педагогов. В исследовании участвовали студенты и преподаватели Омских вузов, которые поострили когнитивные модели «учебная мотивация» студентов, отражающие точку зрения

студентов и точку зрения педагогов. В рамках построения когнитивных моделей показана возможность иерархической детализации факторов, влияющих, в том числе на качество обучения в целом. Имитационный эксперимент с обобщенной когнитивной моделью педагогов с подсистемами «личностные качества» студента, «прагматические аспекты» выбора профессии и «организационные позиции» обучения показал, что подсистема «прагматические аспекты» обучения наиболее чувствительна к импульсному воздействию. С детализированной когнитивной моделью, структура которой включает элементы подсистем и связи между ними, проводился симплициальный анализ для выявления неявных связей между факторами, который установил неявную связь между факторами «интерес к профессии» и «личностные качества» студента, «умственное развитие» и «профессиональное совершенствование». Имитационный эксперимент с детализированной когнитивной моделью подтвердил выводы, полученные при реализации симплициального анализа. Факторы «прагматические аспекты» обучения, «личность педагога» и «личностные качества» студента – вершины орграфа с симплексами наибольшей размерности рекомендовано использовать специалистам в сфере образования для поддержки принятия управленческих решений.

2. Когнитивная модель «Учебная мотивация» с точки зрения студентов. Студенческая обобщенная когнитивная модель «учебная мотивация» отличается от когнитивной модели педагогов взаимосвязями между подсистемами и результатами имитационного эксперимента, в рамках которого показано, что имитация улучшения «личностных качеств» студента и «прагматических аспектов» обучения приводит к одинаковому улучшению «учебной мотивации», влияющей на качество обучения. Симплициальный анализ с детализированной студенческой когнитивной моделью показал скрытые связи между факторами, которые являются определяющими для организационных позиций учебного процесса, к ним относятся факторы «психологический климат в учебном коллективе» и «коммуникации при обучении». Установлено так же, что управлять фактором «интерес студента к профессии» можно, влияя на факторы «психологический климат в учебном коллективе» и «ситуация успеха».

Факторы «личностные качества» студента и «психологический климат в учебном коллективе» – вершины орграфа с симплексами наибольшей размерности рекомендовано учитывать специалистам в сфере образования при управлении образовательной деятельностью в целом.

3. Статистический анализ «мотивационных комплексов» и «мотивационных профилей» студентов. С применением статистических методов построены гистограммы «мотивационные комплексы», которыми руководствуются студенты в процессе обучения. Модели показали, что для первокурсников приоритетной является социальная мотивация – «возможность приносить пользу людям». У старшекурсников произошла смена социальной мотивации на личностную, т.к. на первом месте у них элемент мотивационного комплекса «профессия способствует умственному развитию».

В рамках международного сотрудничества первичные данные получены при анкетировании, проведенном под руководством докторанта Кыргызского государственного университета им. И. Арабаева, Рыспаевой Ч.К. С применением статистических методов построены «мотивационные профили», значения у которых для Омских студентов меньше, чем для студентов г. Бишкек. Таким образом, учебная мотивация студентов г. Бишкек больше, чем у студентов г. Омска [2023,19,33].

4. Когнитивная модель «Саморегуляция спортивной деятельности» студента спортсмена. С применением метода когнитивного моделирования построена когнитивная модель «саморегуляция спортивной деятельности» студента спортсмена. Симплициальный анализ когнитивной модели показал наличие неявных связей между факторами «адаптивные стратегии» в экстремальных ситуациях и «стрессоустойчивость» спортсмена. Имитационный эксперимент подтвердил полученные результаты, на которые рекомендовано опираться тренерскому составу при проведении практических занятий,

способствующих улучшению показателей в соревновательной деятельности студентов спортсменов [2023,21].

5. Когнитивная модель «Политическое сознание» человека в условиях социальной напряженности

Для изучения идеологических ориентиров в образовательной среде проведено экспериментальное исследование с участием более 500 респондентов Омского государственного технического университета.

Анализ данных, проведенный с использованием методики построения нечетких множеств, показал деление идеологических компонентов на две группы: первая с уклоном «национализм и радикализм»; вторая – «патриотизм, неославянофильство, неолиберализм и коммунизм». Такое деление обуславливает вариативность доминирования идеологических компонентов в сознании респондентов, влияющих на их поведение. Если доминирует первая группа, то социальную идентичность человека можно позиционировать как негативную (экстремистскую). Если вторая, то – позитивную, направленную в конструктивное русло.

С помощью графических моделей, построенных с применением теории нечетких множеств, установлено, что степень выраженности «национализма» и у мужчин, и у женщин, имеющих отношение к образовательной деятельности, больше, чем «патриотизма».

Проведено построение когнитивной модели «политическое сознание человека с идеологией экстремизма», симплициальный анализ которой показал, что таким состоянием можно управлять, влияя на факторы «антисоциальная мотивация», «деструктивизм» и «негативизм», входящих в структуру когнитивной модели.

Имитационный эксперимент подтвердил гипотезу о том, что при увеличении информации националистического и радикального толка «политическое сознание» человека ухудшается, возникает риск социально опасного поведения.

Результаты исследования рекомендовано использовать административным структурам вуза с целью социального управления при реализации профилактических мероприятий по борьбе с экстремизмом и планировании мероприятий патриотического характера для сотрудников и студентов [2023, 9, 20, 31, 32].

6. Статистические модели поддержки принятия решений в сфере здравоохранения на примере г. Омска.

Сложной мировой проблемой на сегодняшний день является заболеваемость злокачественными новообразованиями, которая вносит самый большой вклад в общую структуру заболеваемости и смертности населения. В Омской медицинской академии собрана база данных, состоящая из 4800 наблюдений по онкозаболеваемости в г. Омске и области. БД, кроме специфических показателей, содержит сведения о возрасте онкобольных, профессии и месте жительства, которые использованы для построения графических моделей с применением статистических методов.

Из исходной БД формировались таблицы для проведения дисперсионного анализа с целью проверки нулевых статистических гипотез, которые не подтвердились по факторам «возраст», «пол» и «место жительства».

Построены гистограммы распределения частот онкологий для групп мужчин и женщин по фактору «возраст». Наложение гистограмм показало, что средний возраст онкобольных женщин меньше (49 лет), чем онкобольных мужчин (54 года).

Статистический анализ показал, что онкология органов дыхания и пищеварения у мужчин встречается чаще, чем у женщин.

Для анализа зависимости онкозаболеваемости населения по признаку «место жительства» обработка данных велась следующим образом. Сначала проведен расчет показателей онкозаболеваемости в пересчете на 1 тысячу населения в соответствующем районе города. Затем проводилось нормирование показателей и построение графических

моделей, которые наглядно иллюстрировали зависимость онкозаболеваемости от «места жительства» граждан в г.Омске.

Для графического представления взаимосвязанных признаков онкологий использованы диаграммы рассеяния. В нашем исследовании переменными x являлись переменные, представляющие собой количество больных с онкологией эндокринных желез, а переменными y – количество заболевших другими онкозаболеваниями. С помощью графических моделей установлено, что существует слабая зависимость между онкологией эндокринных желез и онкозаболеваемостями кожи и гемобластозы и сильная – между онкологией эндокринных желез и онкологией молочных желез [2023, 17, 18].

Результаты проведенных исследований рекомендовано использовать органами государственного управления при подготовке решений в сфере здравоохранения.

Применение факторного анализа в медицинских исследованиях

В настоящее время актуальной является проблема лечения сердечно-сосудистых, генетических и других социально значимых заболеваний [2023,16]. Исследования основываются на выявлении латентных факторов риска и изучение степени их влияния на патологическое состояние пациентов. Туберкулез и хроническая обструктивная болезнь легких относятся к категории коморбидных взаимоотягощающих заболеваний с неблагоприятным прогнозом для трудоспособности и жизни. Целью настоящего исследования явилась оценка возможности прогнозирования исходов лечения туберкулеза у пациентов с хронической обструктивной болезнью легких с помощью методов факторного и дисперсионного анализов.

В результате исследований выделены основные факторы, влияющие на тяжесть заболевания и исход лечения, проведена градация признаков. С помощью дисперсионного анализа рассчитана условная вероятность благоприятного и неблагоприятного исхода лечения туберкулеза для различных комбинаций признаков. При проведении многофакторного дисперсионного анализа совокупное дополнительное влияние триггера (годы курения - одышка - САТ-тест) на исход составило 29,8%, по сравнению с одиночным влиянием изучаемых признаков.

Применение факторного анализа в качества работы ВУЗа

Среди студентов 1–4 курсов физического факультета ОмГУ им. Ф.М. Достоевского направления «Биотехнические системы и технологии» было проведено тестирование в соответствии с методикой диагностики творческой креативности автора Е.Е. Туник. Исследовался [2023,31] с помощью факторной модели потенциал как внутренняя структура личности, направленная на самореализацию не только творческих способностей, но и формирование компетенций в той или иной сфере будущей профессиональной деятельности. Анализ матриц весовых нагрузок, полученных для различных курсов, показал, что ряд параметров по мере обучения вносят все больший вклад в формирование выделенных факторов. Растет, выделяемая в группах по мере взросления, весовая нагрузка параметра, связанного с четким планированием своей деятельности. Для студентов первого курса этот параметр не входит со значимой весовой нагрузкой ни в один фактор, далее значимость параметра существенно увеличивается.

Численное моделирование динамических процессов

Численное дифференцирование функций

Исследован вопрос численного дифференцирования функций с большими градиентами в области пограничного слоя на равномерной сетке [2023,4]. Проблема в том, что применение классических формул численного дифференцирования на равномерной сетке, получаемых дифференцированием многочлена Лагранжа, к функциям с большими градиентами может приводить к неприемлемым погрешностям. Предполагается, что для исходной функции одной переменной справедлива декомпозиция в виде суммы

регулярной и погранслоистой составляющих. Погранслоистая составляющая отвечает за большие градиенты функции и задается как функция общего вида, известная с точностью до множителя, может отражать различные особенности дифференцируемой функции. Известно, что такая декомпозиция справедлива для решения сингулярно возмущенной задачи.

Предложены новые формулы численного дифференцирования, основанные на том, чтобы формула была точной на быстро растущей погранслоистой составляющей. Получены оценки погрешности построенных формул с учетом равномерности оценок по погранслоистой составляющей. Получены верхние и нижние оценки погрешности для классических формул численного дифференцирования, показывающие их неприемлемость при наличии пограничного слоя. Подобное исследование раньше не проводилось. Рассмотрен общий случай, когда вычисляется производная порядка n , а шаблон для производной содержит k узлов равномерной сетки. Выделен случай, когда дифференцируемая функция соответствует решению краевой задачи при наличии экспоненциального пограничного слоя. В этом случае получены оценки погрешности, равномерные по возмущающему малому параметру. Проведены численные эксперименты, результаты которых согласуются с полученными оценками погрешностей.

Интерполяция бикубическими сплайнами

Продолжен анализ бикубического сплайна для интерполяции функции двух переменных при наличии регулярных пограничных слоев в каждом направлении [2023,5]. Проведена оценка погрешности бикубического сплайна на сетках Бахвалова и Шишкина. Доказано, что в случае сетки Бахвалова бикубический сплайн имеет четвертый порядок точности по числу узлов сетки, равномерно по погранслоистым составляющим, задающим рост функции в пограничных слоях. В случае сетки Шишкина порядок точности ниже, но близок к четвертому. Исследован метод построения бикубического сплайна. Проведены вычислительные эксперименты, результаты которых согласуются с полученными оценками погрешности. Численно показано, что применение бикубического сплайна на равномерной сетке, при наличии областей больших градиентов, приводит к существенным погрешностям. Погрешность сплайна неограниченно растет с уменьшением значения малого параметра. Подготовлена публикация.

Аппроксимация на основе разложения в ряд Тейлора

Исследован вопрос приближения функции с большими градиентами на основе разложения в ряд Тейлора [2023,11]. Проблема в том, что остаточный член может быть значительным, если функция имеет большие градиенты. Рассмотрен случай, когда функция содержит погранслоистую составляющую, известную с точностью до множителя и отвечающую за большие градиенты функции. Такая декомпозиция функции справедлива, например, для решения сингулярно возмущенной задачи. В случаях функции одной и двух переменных предложена модификация при разложении в ряд Тейлора, основанная на подгонке приближающей формулы к погранслоистой составляющей.

Доказано, что тогда погрешность остаточного члена зависит только от производных регулярной составляющей.

Исследован каскадный двухсеточный алгоритм для решения нелинейного сингулярно возмущенного уравнения с двумя параметрами на сетке Шишкина. Рассмотрена краевая задача для нелинейного сингулярно возмущенного обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка с двумя различными малыми параметрами при производных. Решение такого уравнения имеет два пограничных слоя у границ $x = 0$ и $x = 1$. Получена оценка первой производной решения дифференциальной задачи в случае различных малых параметров. Известно, что классические численные методы для таких задач не применимы. Для численного решения исследуется подход, основанный на сгущении сетки в областях пограничного слоя. Для линейаризации

используются итерации Ньютона и Пикара. Для решения задачи на каждой итерации применяется известная разностная схема второго порядка на кусочно-равномерной сетке Шишкина, которая сходится равномерно по обоим малым параметрам (Gracia J.L., O’Riordan E., Pickett M.L., Applied Numerical Mathematics, 2006, v. 56, № 7, p. 962–980). Для уменьшения требуемого количества арифметических операций для решения разностной схемы предлагается каскадный двухсеточный алгоритм. Для повышения точности разностной схемы применяется экстраполяция Ричардсона, используя известные решения на обеих сетках. Обсуждаются результаты некоторых численных экспериментов. По данным результатам подготовлена публикация.

Исследование процессов тепло- и массообмена

Предложена математическая модель удаления остатков жидкого топлива из баков отработавших космических аппаратов (КА), что необходимо для обеспечения взрывобезопасности при их техническом обслуживании на орбите и орбитальных ступеней ракет-носителей (РН), в том числе и при аварийных ситуациях космических кораблей [2023, 8]. Модель основана на методике газификации жидких остатков топлива в баках при акустико-вакуумном воздействии и сбросе продуктов газификации в окружающее пространство в условиях невесомости. Предложенная математическая модель учитывает образование, всплытие и прорыв пузырьками газа пленки поверхности жидкости при акустико-вакуумном воздействии в условиях невесомости. При моделировании коллегами из ОмГТУ использовано подобие процессов тепло- и массообмена жидкости в наземной экспериментальной установке (НЭУ) и в баке отработавшей ступени РН, что обеспечивается за счёт выбора параметров НЭУ по П теореме Бэкингема. Обеспечение условий усадки топлива (fuelshrinkage) в днище бака РН с акустическими излучателями осуществляется за счёт вращения ступени РН вокруг её центра масс (критерий Фруда). На основе результатов физического моделирования в НЭУ на примере керосина определены числа Нуссельта и коэффициент теплоотдачи от поверхности акустического излучателя к керосину. Численные оценки приведены на примере бака отработавшей второй ступени РН типа «Союз-2.1в» с остатками керосина. Получены результаты в виде зависимостей изменения температуры, массы керосина, скорости испарения керосина от скорости сброса продуктов газификации в окружающее космическое пространство при фиксированных значениях частоты и амплитуды акустического воздействия. Определены затраты энергии, необходимые для газификации заданных остатков керосина в баке РН при акустико-вакуумном воздействии.

Натурные исследования проводились коллегами из ОмГТУ, математическая модель процесса разработана в рамках нашего проекта.

Модель переноса краски при офсетной печати

На основе разработанной модели переноса краски при офсетной печати проведено исследования качества по ряду параметров с решением как экологических, так и технологических задач. В основе моделирования применен численный алгоритм расчета течения вязкой жидкости в двумерных областях с конечно-разностной схемой, аппроксимирующей уравнения Навье-Стокса в полярной системе координат на регулярных сетках с реализацией по ним подвижных твердых границ и свободных границ жидкости. Численное моделирование позволяет прогнозировать требуемое количество вязкой несжимаемой жидкости для различных параметров офсетных машин (радиусы барабанов, угловые скорости вращений) и характеристиках запечатываемого материала (пористость, шероховатость поверхностей) с определением доли пыления в реальных производственных условиях и, таким образом, проводить контроль качества печати. По данным результатам подготовлена публикация.

Тестирование зависимостей и правил вывода

Продолжение темы тестирования зависимостей и правил вывода рассмотрено в работе [2023,7]. Тестирование используется в двух случаях: а) проверка гипотезы относительно неизвестных правил вывода (поиск контрпримера), проверка выполнимости правила, для которого не найдено теоретическое обоснование (решение проблемы аномалий в суперключе).

В работе предложена методика, альтернативная прогонке. В результате проведенного анализа литературы получено, что проверка выполнимости зависимости соединения является экспоненциальной как по памяти, так и по времени (количеству операций). При этом не имеет значения метод, который используется для проверки. Поскольку в данной работе основной целью является поиск контрпримера, то выбор был сделан в пользу генерации отношений с проверкой выполнимости заданных зависимостей. В этом случае контрпример будет обнаружен раньше, чем произойдет перебор всех возможных вариантов. Тогда как в методе прогонки необходимо сделать все возможные подстановки, чтобы убедиться в невыполнимости проверяемой зависимости. Кроме того прогонка не применима для встроенных зависимостей, тогда как предложенный нами метод справляется с такой задачей.

Результатами в работе [2023,7] являются: 1) методика проведения тестирования правил вывода на примере зависимостей соединения, 2) предложена схема алгоритма тестирования, 3) рассмотрены некоторые гипотезы, для которых отсутствуют контрпримеры и правила вывода, 4) предложен пример использования тестирования при поиске корректной декомпозиции суперключа.

Представление результатов анализа данных

Результаты кластерного и дискриминантного анализа используются в задачах диагностики объектов различной природы, управлении технологическими процессами и т.д. Однако, вопрос о представлении, хранении и использовании результатов анализа данных не получил должного внимания. Это вынуждает пользователей повторно проводить дорогостоящие эксперименты и вычисления, чтобы затем решать свои прикладные задачи. Нами предлагается универсальный метод представления и обработки результатов анализа данных [2023, 13]. Для этого мы используем модель данных, представленную в предыдущих наших работах. Основным компонентом модели является графическая информация, в которой области в многомерном пространстве (кластеры) ограничены поверхностями общего вида. Каждой границе соответствует погрешность ее описание. Погрешность определения границ основана на погрешности соответствующих экспериментальных измерений. Ранее нами предложен и исследован алгоритм идентификации областей (кластеров) в многомерном пространстве параметров. Основным результатом является алгоритм определения предельной точки области (кластера) по фиксированной точке и вектору направлений. В работе приводится доказательство корректности алгоритма, сравнение его с альтернативным подходом и расчет вычислительной сложности.

Существует альтернативный подход для представленного алгоритма. В этом случае возможно последовательное "шагание" вдоль заданного направления с уточнением граничной точки с заданной точностью на заключительном этапе. Однако, величина шага при этом не должна превышать минимальной величины шага алгоритма. Для границ кластеров с большим градиентом предложенный алгоритм является более оптимальным, поскольку такая ситуация является типичной для границ, полученных разбиением на области однозначности относительно выбранной координаты (большие градиенты в местах состыковки), то преимущество исходного алгоритма является очевидным. Предложенный алгоритм не зависит от вида аппроксимирующих функций. Следовательно, для представления результатов анализа данных и реализации

рассмотренных алгоритмов могут быть использованы любые пакеты аппроксимации многомерных функциональных зависимостей.

При сравнении предложенного алгоритма с алгоритмом DBSCAN видно, что наш алгоритм линейно зависит от количества аппроксимаций границ кластеров, тогда как алгоритм DBSCAN линейно зависит от количества точек в пространстве параметров. Аппроксимации являются средством сжатия информации, поэтому наш алгоритм в большинстве случаев будет работать быстрее алгоритма DBSCAN.

Рассмотренный в данной работе алгоритм определения границы области (кластера) по совокупности значений параметров в многомерном пространстве является основой при оперативном решении задачи диагностики критических состояний исследуемого объекта, определения меры близости объекта к оптимальному состоянию и т.д. Такого рода задачи решаются в технологических процессах на производстве, геологоразведке и т.д. Значительный эффект от использования рассмотренной модели и алгоритмов достигается в медицинских исследованиях, поскольку на сбор и обработку первичных данных тратятся значительные ресурсы.

Обобщение зависимостей включения

В работе [2023,14] рассматривается новый вид зависимостей в базах данных, являющийся обобщением зависимостей включения. Традиционно такие зависимости на практике используются для обеспечения ссылочной целостности. При этом, ограничение устанавливается только между парой отношений, первое из которых называется главным, второе - внешним. На практике ссылочную целостность часто требуется установить для большего числа отношений, где в одном ограничении участвуют несколько главных и несколько подчиненных отношений. Такая структура соответствует ультраграфу. В работе приведено обоснование обобщенных зависимостей включения, учитывающих наличие неопределенных значений во внешних отношениях.

Для представленной системы аксиом доказана непротиворечивость (надежность) и полнота.

Возможно расширение ограничений за счет использования не типизированных зависимостей. Однако, анализ использования таких ограничений показывает, что они являются следствием нерешенных семантических проблем на этапе проектирования БД. Действительно, ссылочная целостность, установленная между неоднородными атрибутами, формально соответствует нетривиальной функциональной зависимости. Такие зависимости должны быть использованы при проектировании структуры логических записей на схеме БД, а не в виде ссылочной целостности. Кроме того, типизированные зависимости включения формально соответствуют тривиальным функциональным зависимостям, которые не используются при формировании схемы БД. Следовательно, не появляется проблема взаимодействия зависимостей включения и функциональных зависимостей.

Результаты 2024 года

Многокритериальный поиск целей на маршрутах с риском

Верифицированы результаты формализации и алгоритмизации исследовавшихся на предыдущих этапах задач поиска целей на заданных маршрутах с риском.

С помощью разработанного пакета программ имитировался поиск на маршруте с задаваемыми распределениями координат множества точечных целей и распределением риска гибели поисковых единиц (ПЕ) – распределениями координат множества точечных регистрирующих единиц (РЕ). При совпадении координат ПЕ и РЕ обе удаляются из задачи. Имитировались следующие стратегии поиска:

1. Однокритериальный слепой просмотр маршрута (при обнаружении очередной цели просмотр продолжается) с двумя возможными исходами: «обнаружение части или всех целей и гибель ПЕ» или «гибель ПЕ без обнаружения целей».

2. Двукритериальный слепой просмотр маршрута (при обнаружении очередной цели просмотр продолжается) с двумя возможными исходами: «обнаружение части или всех целей и гибель» или «гибель без обнаружения целей».

3. Назначение оптимальной конечной координаты ПЕ при двукритериальном слепом просмотре маршрута. – Расширение стратегии 2 до четырёх возможных исходов: «прерывание поиска без обнаружения целей», «обнаружение части или всех целей и прерывание поиска», «обнаружение части или всех целей и гибель», «гибель без обнаружения целей».

4. Двукритериальный просмотр маршрута с остановкой при обнаружении заданного количества целей с тремя возможными исходами: «обнаружение заданного количества целей», «обнаружение меньшего количества целей и гибель», «гибель без обнаружения целей».

5. Назначение оптимальной конечной координаты ПЕ при двукритериальном просмотре маршрута с остановкой при обнаружении заданного количества целей. – Усиление стратегии 4 добавлением исходов: «прерывание поиска без обнаружения целей» и «обнаружение меньшего количества целей и прерывание поиска».

Для этих стратегий поиска получены экспериментальные значения максимизируемых критериев качества «математическое ожидание количества обнаруживаемых целей» и «разность математического ожидания количества обнаруживаемых целей и вероятности гибели ПЕ».

Верификация математических моделей актуальных опорных задач поиска целей на маршрутах с риском проведена впервые. При этом верифицированы как распределения вероятностей случайных исходов управлений, так и поведение критериев качества на интервале управления. Разработанные программы позволяют вычислять значения задаваемых критериев качества поиска и оптимизировать параметры поиска для любых заданных аналитически или таблично распределений рисков и координат целей. Используемый пакет имитационных программ и верифицированные алгоритмы предназначены для разработки и тестирования программного обеспечения автономных роботов и систем внешнего управления подвижными объектами.

Отметим также, что даже в простейшем случае единственной цели и единственной РЕ и нелинейных распределениях координат цели и риска анализ соответствующих функционалов качества затруднителен. В общем же случае, при появлении в функционале свёрток произвольных распределений координат многих целей и многих РЕ, объём аналитического исследования задачи становится неприемлемым [2024,23]. – Разработанные программы позволяют имитировать любой заданный алгоритм просмотра и вычислять изменения функционалов качества при произвольных распределениях координат, обеспечивая при этом линейную зависимость количества операций от количества объектов.

Дифференциальная игра «преследование–уклонение» на основе обучения с подкреплением

Разработаны алгоритмы оптимального управления, основанные на схемах обучения актор/критик с подкреплением [2024,16]. Алгоритмы используются для решения задач преследования-уклонения (РЕ) дифференциальных игр. Работа фокусируется на реализации решения политики агента в соответствии с концепцией адаптивного динамического программирования. Суть решения задачи РЕ-игры заключается в получении политики управления каждого агента (преследователя и уклоняющегося) с обеих сторон игры. В работе предложен метод адаптивного динамического программирования, для решения равновесных политик Нэша в дифференциальных играх

преследования-уклонения для двух игроков. Используется метод аппроксимации функции стоимости для расчета параметров нейросети без непосредственного решения уравнения Гамильтона-Якоби.

В последние годы проблема преследования-уклонения (РЕ) привлекла большое внимание из-за ее широкого применения в конкурентных играх, оптимизации ресурсов Интернета вещей и военных атаках. Однако из-за конфронтации между сторонами преследования и уклонения в реальном времени традиционная теория одностороннего управления не может точно решить проблему. В работе рассматривается решение политики агента в соответствии с концепцией адаптивного динамического программирования.

Суть решения задачи РЕ-игры заключается в получении политики управления каждого агента с обеих сторон игры. Айзекс Р. ввёл в теорию игр современную теорию управления и создал дифференциальную теорию игр. Фридман А. доказал существование седловых точек в дифференциальных играх, что позволило оптимизировать стратегии всех агентов в задаче РЕ. В результате получена функция стоимости аппроксимируется функцией

Когнитивный анализ

Развитие технологий поддержки принятия решений потребовало как выхода на уровень фундаментальных обобщений, так и детализации отдельных характеристик компонентов системы принятия решений: людей и систем ИИ.

В первом случае было предложено дополнение к классической таблице Р. Акоффа, используемой в системном анализе (таблица 1, столбец «*Оценка и анализ наличия проблем*») [2024,12,30], сформулированы методологические требования к теориям мозга и разума К.В. Анохина (в том числе предложено определение в авторском формате «4Ф», таблица 2) [2024,24], а также рассмотрены ограничения подхода, используемого участниками проекта «Цифровая Земля» [2024,25]. В частности, отмечено, что концептуализация в процессе практической деятельности коллективных субъектов является неизбежной и в этом смысле принудительной. Построение образов ситуации (конфигураторов), адекватных задачам этих субъектов, требует грамотной рефлексии, а также создания их рефлексивных образов.

Во втором случае были рассмотрены вопросы психосемантики [2024,26], субъектные характеристики нейросетей [2024,27], когнитивной графики [2024,12, 30], а также аспекты образовательных процессов [2024,10, 28, 29].

Был предложен проект эксперимента по исследованию т.н. «эффекта приманки» (Дж. Элленберг, 2018). Этот эффект состоит в том, что в ситуации выбора с целью увеличения частоты выбора целевой альтернативы дополнительно вводится более слабая альтернатива, похожая на целевую. Была сконструирована оригинальная ситуация: выбор фантастического существа с другой планеты для космического зоопарка. При конструировании были учтены результаты экспериментов по исследованию эффекта «зловещей долины» (Филимонов, Чернявская, 2021).

Инструменты когнитивного анализа

Проведено построение и анализ субъективных моделей восприятия экспертами процесса саморегулируемого обучения, отражающего специфику образовательной деятельности студентов в условиях цифровой трансформации общества, с последующим выбором варианта, позволяющего идентифицировать дополнительные функционально значимые факторы для повышения эффективности принятия управленческих решений. Формирование субъективных моделей осуществлялось на основе применения эвристических технологий и ресурсной концепции, в рамках которых саморегуляция трактуется как управляющий метаресурс, интегрирующий универсальные и специальные регуляторные компетенции. В рамках темы построена когнитивная модель саморегуляции

учебной деятельности как многоуровневой иерархической системы, где каждый последующий уровень является результатом интеграции элементов предыдущего уровня. Интеграция синтезированных моделей объекта исследования с варьирующей степенью детализации по принципу вложенности приводит к появлению качественно нового свойства системы «эмерджентности», которое заключается в выявлении дополнительных функционально значимых факторов, оказывающих позитивное влияние на процесс принятия решений. В результате анализа вариантов субъективных моделей к группе универсальных регуляторных компетенций отнесены следующие факторы: «мотивация» учебной деятельности, «гибкость в действиях», «личностные качества студента» и «личность педагога».

Проведено сравнительное исследование и построение моделей саморегулируемого обучения у студентов городов Омска и Бишкек. Установлено, что уровень саморегуляции поведения у студентов г. Бишкек превышает аналогичный показатель у студентов г. Омска. В то же время, уровень саморегуляции учебной деятельности демонстрирует обратную динамику, будучи выше у Омской выборки. Обнаруженное расхождение показателей детерминировано комплексом факторов, включая различия в менталитете, культурных традициях, особенностях образовательных систем и т.д. [2024,9,18]. Выявленные факторы эксперты рекомендуют учитывать при разработке управленческих решений.

2. Моделирование фрустрации базовых потребностей

Базовые потребности человека выступают объектом междисциплинарных исследований. Установлено, что недостаточная удовлетворенность какой-либо из базовых потребностей приводит к проявлениям личностной и социальной деструктивности. В рамках данного исследования разработана когнитивная модель «Фрустрация базовых потребностей», включающая управляющие факторы: «общественная деятельность», «самореализация», «волонтерство» и другие. Анализ вариантов взаимосвязанных факторов при реализации имитационного моделирования показал, что фактор «общественная деятельность» стимулирует развитие «социальных навыков», таких как «ответственность» и «эмоциональная стабильность», что, в свою очередь, способствует росту гражданской активности и вовлеченности индивидов в решение остросоциальных задач [2024,10, 19, 22].

Когнитивное моделирование проблемы наркозависимости в молодежной среде

Исследовалась проблема распространения зависимостей от наркотических средств, обусловленных, в числе прочего, масштабными социальными трансформациями в обществе. Проведенное анкетирование выявило, что мотивация употребления наркотических средств сводится преимущественно к таким факторам, как «любопытство», «следование моде» и «стремление к уходу от проблем». Причем девушек с мотивом «стремление уйти от проблем» на треть больше, чем юношей. На основе анкетного опроса построена когнитивная модель, с которой проведен ряд имитационных экспериментов. Установлено, что интенсификация социальных взаимодействий индивида в среде с социально-нормативным поведением приводит к снижению риска формирования наркозависимости. В противоположность этому, протекание данного процесса в социальной среде с девиантным поведением существенно увеличивает риск распространения наркомании. Результаты когнитивного моделирования демонстрируют, что усиление таких факторов, как «осознанность» и «коммуникативная активность», в сочетании с развитием «просоциальной направленности» личности, позволяет достичь выраженной позитивной динамики в формировании установок на отказ от употребления наркотиков и снижении риска их распространения [2024,20].

Статистические модели поддержки принятия решений в сфере здравоохранения на примере г. Омска.

В настоящее время хирургические вмешательства на дыхательных путях претерпели значительный прогресс. Все больше в практику входят новейшие методы проведения сложных резекций и реконструкций дыхательных путей, в частности операции на трахеи. Данные операции предъявляют ряд требований к анестезиологическому обеспечению, среди которых специфичным является необходимость поддержания эффективного газообмена в условиях длительного вскрытия просвета дыхательных путей, когда традиционная искусственная вентиляция (ИВЛ) становится невозможной. В этот момент прибегают к специальным методам респираторной поддержки, таким как – объемная циклическая ИВЛ посредством системы шунт-дыхание, высокочастотная струйная искусственная вентиляция легких (ВЧ ИВЛ), потоковая апноэная оксигенация (ПАО). Важно оценить в сравнительном аспекте преимущества и ограничения таких методик, как ВЧ ИВЛ и ПАО, в том числе их влияние на показатели газового состава артериальной крови. Цель исследования – анализ динамики показателей газового состава артериальной крови при использовании ВЧ ИВЛ и ПАО при реконструкции рубцовых стенозов трахеи.

Применение статистических критериев в медицинских исследованиях

Проведено проспективное нерандомизированное сравнительное исследование 40 пациентов со стенозом трахеи, оперированных в БУ «Сургутская клиническая травматологическая больница» в период с 01.11.2022 по локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «ОмГМУ Минздрава России», протокол №11 от 16 сентября 2022 года. Критерии включения в исследование: пациенты в возрасте от 18 до 60 лет с рубцовым стенозом трахеи посттрахеостомической и постинтубационной этиологии различной локализации. Критерии невключения в исследование: декомпенсированный стеноз трахеи с острой дыхательной недостаточностью, наличие гнойно-воспалительных процессов в трахеобронхиальном дереве и в месте предполагаемого хирургического доступа, онкологические заболевания дыхательных путей, декомпенсация сопутствующей патологии [в печати].

Применение факторного анализа в качестве работы ВУЗа

Среди студентов бакалавриата физического факультета ОмГУ им. Ф.М. Достоевского в прошлом году было проведено тестирование в соответствии с методикой диагностики творческой креативности. Исследовался с помощью факторной модели потенциал как внутренняя структура личности, направленная на самореализацию не только творческих способностей, но и формирование компетенций в той или иной сфере будущей профессиональной деятельности. Анализ матриц весовых нагрузок, полученных для различных курсов, показал, что ряд параметров по мере обучения вносят все больший вклад в формирование выделенных факторов. Растет, выделяемая в группах по мере взросления, весовая нагрузка параметра, связанного с четким планированием своей деятельности. Для студентов младших курсов этот параметр не входит со значимой весовой нагрузкой ни в один фактор, далее значимость параметра существенно увеличивается.

Адаптивное обучение нечетких когнитивных карт

Разработаны алгоритмы адаптивного обучения нечетких когнитивных карт и обучения гранулированных когнитивных карт на основе применения метода ускоренной оптимизации роя частиц [32]. Метод нечетких когнитивных карт (FCM) разработан Б. Коско для расширения когнитивных карт, которые широко используются для представления знаний в социальных науках. Предложено несколько алгоритмов для обучения FCM. Основная задача процедуры обучения — найти настройку весов FCM, которая приведет FCM к требуемому устойчивому состоянию. Это достигается

посредством минимизации правильно определенной целевой функции. Установленные алгоритмы в значительной степени зависят от начального приближения матрицы весов, которое предоставляется экспертами. Один из методов обучения FCM основан на оптимизации роя частиц (PSO). PSO используется для определения соответствующих весовых матриц для системы путем минимизации заданной целевой функции. Рассмотрено применение метода ускоренной оптимизации роя частиц (APSO) для оценивания весов и обучения гранулированных когнитивных карт (GCM). Основная задача процедуры обучения – найти настройку весов GCM, которая приведет GCM к требуемому устойчивому состоянию. Это достигается посредством минимизации правильно определенной целевой функции. Установленные алгоритмы в значительной степени зависят от начального приближения матрицы весов, которое предоставляется экспертами. APSO используется для определения соответствующих весовых матриц для системы путем минимизации заданной целевой функции. Сравнение результатов моделирования указывает на удовлетворительные результаты оценивания гранулированных временных рядов.

Разработка формул численного дифференцирования при наличии погранслоя

Разработаны новые формулы численного дифференцирования функций, имеющих большие градиенты в области пограничного слоя. Задача актуальна, так как применение классических формул численного дифференцирования, основанных на дифференцировании многочлена Лагранжа, при наличии у функции больших градиентов может приводить к существенным погрешностям. Предполагается, что для функции справедлива декомпозиция в виде суммы регулярной и погранслойной составляющих. Погранслойная составляющая отвечает за большие градиенты функции и известна с точностью до множителя. Такую декомпозицию имеет решение сингулярно возмущенной краевой задачи. Построены новые формулы численного дифференцирования, основанные на том, чтобы они были точными на погранслойной составляющей. Рассмотрен общий случай, когда вычисляется производная порядка m , а шаблон для производной содержит k узлов равномерной сетки. [2024,5, 6].

Разработка подхода к приближению многочленами функций с большими градиентами на основе применения формулы Тейлора

Разработаны формулы приближения функции с большими градиентами многочленами на основе применения формулы Тейлора. Проблема в том, что остаточный член формулы Тейлора зависит производных приближаемой функции, поэтому погрешность приближения может быть значительной, если функция имеет большие градиенты. Рассмотрен случай, когда функция одной или двух переменных содержит погранслойные составляющие, известные с точностью до множителя. Производные этих составляющих не являются равномерно ограниченными. Такая декомпозиция справедлива для решения сингулярно возмущенной задачи. Для функций одной и двух переменных предложены формулы приближения многочленами, основанные на применении формулы Тейлора. Формулы построены так, чтобы они были точными на погранслойных составляющих. Доказано, что погрешность построенных формул не зависит от больших градиентов функции в областях пограничного слоя [2024,7].

Численное моделирование движения остатков жидкого топлива в баке в невесомости в условиях акустико-вакуумного воздействия

Для разработки математической модели процесса газификации на примере керосина в баке ступени РН за основу принята математическая модель в наземной экспериментальной ёмкости в условиях акустико-вакуумного воздействия. В математической модели рассматривалось гравитационное поле, использовалась модель процесса тепло- и массообмена при испарении жидкости с поверхности

экспериментальной емкости. При моделировании рассматривались параметры воды, для сравнения моделей с керосином в эксперименте использовались критерии подобия. Для численных расчетов с керосином были изменены параметры модели с учетом физических характеристик керосина и натуральных размеров топливных баков и дополнительно было проведено исследование прорыва поверхности жидкости образующимися пузырьками газа (паров), иначе не происходило бы газификации бака, т.е. удаления из бака паров топлива. При критическом содержании остатков топлива в баках на орбите могут происходить нежелательные взрывы, поэтому потребовалось проводить удаление этих остатков до некоторой малой, критической величины. Опубликовано в [8]. Натурные исследования проводились коллегами из ОмГТУ, математическая модель процесса разработана в рамках нашего проекта.

Математическое моделирование процесса сушки зерна пшеницы при акустико-вакуумном воздействии

Проблема сушки зерна пшеницы заключается в значительных затратах времени на осуществление этого процесса. Для решения этой проблемы предложен комбинированный способ сушки, основанный на акустико-вакуумном воздействии. Целью данной работы является проведение исследований процессов тепло- и массообмена при сушке зерна пшеницы в условиях акустико-вакуумного воздействия. Новизна предлагаемого способа сушки заключается в использовании энергии акустического воздействия в условиях пониженного давления на зерно пшеницы. Разработана математическая модель процесса тепло- и массообмена при сушке зерна пшеницы в цилиндрической ёмкости в условиях акустико-вакуумного воздействия. Зерно пшеницы рассматривается в виде параллелепипеда с цилиндрическими порами, на стенках которых находится слой жидкости. Разработан экспериментальный стенд, программа, методики проведения и обработки результатов экспериментов. Проведены численные и физические эксперименты. Установлены зависимости изменения массы, температуры, влажности и скорости сушки зерна пшеницы от давления в вакуумной камере при заданных значениях параметров акустического воздействия (частота, амплитуда). Скорость сушки зерна пшеницы при акустико-вакуумном воздействии увеличивается на 68% по сравнению с сушкой при отдельном акустическом воздействии и вакуумном воздействии. Сравнительный анализ результатов математического моделирования и экспериментов показал расхождение значений температуры зерна пшеницы до 15%, влажности и массы зерна пшеницы до 2%. Опубликовано в [2024,31]. Натурные исследования проводились коллегами из ОмГТУ, математическая модель процесса разработана в рамках нашего проекта.

Моделирование процессов офсетной печати

Для моделирования течения ограниченного объема жидкости между вращающимися цилиндрами со свободными границами при соприкосновении с твердыми поверхностями цилиндров разработан численный алгоритм. Основная особенность этого алгоритма заключается в возможности учета таких основных характеристик вязкой несжимаемой жидкости, как поверхностное натяжение, адгезия с твердыми поверхностями. Проведен ряд тестовых расчетов, с определением асимптотических параметров сходимости по времени и по пространственным координатам. Представлены результаты численного моделирования с определением границ течения жидкости и с изображениями функции тока получены на сетках 80x80, 160x160 при различных числах Re. Опубликовано в [2024,17].

Редактирование данных с использованием «Трансформация»

Редактирование данных непосредственно в базе данных является сложной задачей для пользователей непрограммистов. Традиционным способом решения этой проблемы

является разработка специальных приложений, которые имеют ограниченный функционал. В работе [2024,4] предлагается технология, которая позволяет редактировать данные с использованием электронных таблиц, делая доступным их богатый функционал. «Трансформация» делает представление данных удобным для восприятия человеком. Поскольку модель данных «Трансформация» существенно отличается от реляционной модели, появляется необходимость согласования данных между базой данных и электронными таблицами. Для решения аналогичных проблем Л.,А. Калиниченко предложил методику коммутативных преобразований в базах данных (БД). Эта методика, с некоторыми изменениями, используется в алгоритмах передачи данных из базы данных в «Трансформация» и обратно. Получены и доказаны условия корректности преобразований.

В статье [2024,1] предлагается к рассмотрению экспериментальная разработка, реализованная в среде MS Office. Средствами языка VBA в Access реализованы Мастер-форма и Шаблон-форма. В Мастер-форме задаются параметры приложения, которое обобщает представление данных «Трансформация». Само приложение затем автоматически создается из Шаблон-формы. Вновь созданное приложение загружает данные в электронные таблицы (ЭТ) Excel из БД, а после редактирования возвращает новые значения в базу данных. Корректность преобразования базы данных обеспечивается реализацией условий коммутативности.

Обобщение ссылочных ограничений целостности на данные

Разработаны теория и алгоритмы, необходимые для построения минимального покрытия обобщенных типизированных зависимостей включения [2024,2,3,13]. Традиционно аппарат построения минимальных покрытий используется для всех видов зависимостей с целью получения не избыточного и непротиворечивого проекта базы данных. Обобщенные зависимости включения соответствуют ссылочным ограничениям целостности, когда в одном ограничении участвуют несколько главных и несколько внешних отношений, что соответствует ребру ультраграфа: Разработаны алгоритмы построения минимальных покрытий доказана их корректность.

Результаты 2025 года

1. Задачи поиска и идентификации объектов

Многокритериальный поиск целей на маршрутах с риском

На основе единого подхода разработаны схемы направленной оптимизации начальных условий в трёх типах задач траекторного управления. Предлагаемый подход основан на чередовании решений соответствующих прямых и обратных задач. Предварительно разработаны методы формализации исходных задач в виде стандартных задач оптимального управления [2024,23],[2025,10]. Рассмотрены :

1.Задачи управления гладкими динамическими системами, описывающими конкуренцию групп подвижных объектов, траектории одной из которых заданы. Найденный метод позволяет направленно оптимизировать начальные координаты управляемой группы объектов по практически интересным критериям качества. При этом обратная задача отличается от прямой обращением знаков правых частей исходной системы дифференциальных уравнений и знака функционала качества, а также обращением заданных движений.

2.Классические задачи поиска целей с заданными распределениями координат. При этом исследовались новые задачи поиска с риском потери поисковых единиц. Для этих задач были формализованы специальные обратные задачи. С их помощью разработаны алгоритмы направленной оптимизации начального размещения управляемых поисковых единиц.

3. Стандартные задачи оптимального преследования целей с заданными траекториями. Их общий случай сведён к стандартной задаче оптимального управления объектами-преследователями. Формализована соответствующая обратная задача с обращением заданных движений целей. Алгоритмы направленной оптимизации начальных координат объектов-преследователей получены лишь для некоторых частных случаев.

Направленная оптимизация начальных условий в задачах управления динамическими системами

Прямая задача.

Рассмотрена динамическая система

$$\dot{P}_i(t) = f_i(\bar{p}(t), \bar{a}(t), \bar{u}(t)), i = \overline{1, N}. \quad (1.1)$$

где f_i - функция, непрерывно дифференцируемая на заданном интервале управления $(0, t_f)$;

$$\bar{p}(t) = (p_1(t), \dots, p_N(t));$$

$\bar{a}(t)$ - заданные на $(0, t_f)$ временные процессы;

$$\bar{u}(t) = (u_1(t), \dots, u_M(t)) - i\text{-е управление, координата в } R^M.$$

Для заданных начальных условий и ограничений на управления записана задача оптимального управления

$$J(\bar{p}(t_f)) \rightarrow \inf, \quad (1.2)$$

где J непрерывно дифференцируема по $p_1(t), \dots, p_N(t)$.

Обратная задача

Определим:

$$\tilde{f}_i = -f_i,$$

$$\tilde{a}(t) = \bar{a}(t_f - t),$$

и рассмотрим динамическую систему

$$\dot{\tilde{P}}_i(t) = \tilde{f}_i(\tilde{p}(t), \tilde{a}(t), \tilde{u}(t)), i = \overline{1, N}, \quad (1.3)$$

с начальными условиями

$$\tilde{p}(0) = \bar{p}(t_f),$$

$$\tilde{u}_i(0) = \bar{u}_i(t_f), i = \overline{1, N},$$

Запишем для (3) задачу оптимального управления, двойственную задаче (1.2):

$$J(\tilde{p}(t_f)) \rightarrow \sup. \quad (1.4)$$

При последовательном решении задачи (1.2) – первый шаг – и задачи (1.4) – второй шаг

$$J(\tilde{p}(t_f)) \geq J(\bar{p}(0)). \quad (1.5)$$

На втором шаге достигается по меньшей мере равенство функционалов, для чего достаточно обратить оптимальные управления, найденные на первом шаге:

$$\tilde{u}_i(t) = \bar{u}_i^*(t_f - t), i = \overline{1, N}.$$

Доказано, что строгое неравенство

$$J(\tilde{p}(t_f)) > J(\bar{p}(0)). \quad (1.6)$$

реализуется при весьма общих предположениях.

Достаточно потребовать для хотя бы одного $\tilde{u}_{ij}(0)$ двойственной обратной задачи (1.4) существования в R^M отрезка $(\tilde{u}_{ij}(0), \tilde{u}_{ij}(0) + \Delta u_{ij})$, смещение по которому ij-го начального управления монотонно улучшает функционал качества – при сохранении начального вектора состояния.

Потребовав дополнительно только единственности управления, оптимального для данных начальных условий, мы получаем итеративный процесс (1.2), (1.4), (1.2), (1.4), ... с монотонным возрастанием $J(0) - J(t_f)$ исходной задачи.

Ограничение вторых производных $\ddot{u}$ управлений исходной задачи (1.2) требует несимметричной модификации ограничений на управления в двойственной задаче (1.4).

В исследовавшихся явных видах (1.1) вектор $\bar{a}(t)$ описывает движения неуправляемой группы объектов, а в процессе оптимизации (1.2), (1.4), (1.2), (1.4), ... задача «оптимального истощения» неуправляемой группы чередуется с задачей её «оптимального восстановления». Существенно, что находятся виды прямой задачи (1.1), допускающие в нечётных шагах восстановление исходного начального вектора состояния или суммы модулей его составляющих [2022,4,28].

Направленная оптимизация начальных условий в задачах поиска с риском Формализация прямой задачи

Плоской области $G \subset E^2$ принадлежат K неподвижных точечных целей с известными распределениями координат $f_k(x), 1 \leq k \leq K$. В области G расположены в начальный момент времени N управляемых поисковых единиц (ПЕ). При движении каждая ПЕ является центром окружности радиуса a , заметающей в области G полосу шириной $2a$ – полосу поиска; попавшая в полосу цель считается обнаруженной.

$\xi_i(t) = (\xi_1^i(t), \xi_2^i(t))$ – траектория i -й ПЕ, $1 \leq i \leq N, 0 \leq t \leq t_f$,

t_f – время поиска;

$\tilde{K} = \tilde{K}(\{\xi_i(t), | 0 \leq t \leq t_f, 1 \leq i \leq N\}, t)$ – случайная величина – количество целей, обнаруженных на интервале времени $[0, t]$, соответствующее стратегии поиска $u = \{\xi_i(t) | 0 \leq t \leq t_f, 1 \leq i \leq N\}$.

Задача поиска на заданном интервале $(0, t_f)$:

При заданных кинематических и пространственных ограничениях на управления ПЕ вычислить стратегию слепого поиска $u^* = \{\xi_i^*(t) | 0 \leq t \leq t_f, 1 \leq i \leq N\}$ со свободными конечными координатами ПЕ, максимизирующую математическое ожидание количества целей $M[\tilde{K}(u, t_f)]$, обнаруживаемых за время поиска t_f .

$$f(x) = \sum_{k=1}^K f_k(x).$$

$$\int_G f(x) ds = K.$$

Обозначим $u(t) = \{\xi_i(\tau) | 0 \leq \tau \leq t, 1 \leq i \leq N\}$, $u(t_f) = u$. В каждый момент времени $t \in (0, t_f)$ множеству траекторий $u(t)$ соответствует объединение полос поиска ПЕ $G_I(u(t))$.

Исходную задачу можно записать в виде

$$\int_{G_I(u(t_f))} f(x) ds \rightarrow \max. \quad (1.7)$$

Определим в области G функцию, связанную с координатами ПЕ:

$$\lambda(x, \xi(t)) = \begin{cases} 1, & \text{если } |\xi(t) - x| < a, \\ 0, & \text{если } |\xi(t) - x| \geq a. \end{cases}$$

Зададим далее произвольную дифференцируемую функцию $F(x, \square(t))$, сколь угодно точно приближающую значения $\square$ и рассмотрим функцию $\tilde{F}(x, u, t)$, являющуюся решением дифференциального уравнения

$$\dot{\tilde{F}} = \alpha \sum_{i=1}^N \frac{F_i - \tilde{F}}{1 - F_i}, \quad (1.8)$$

где α - регулируемый положительный параметр; $\tilde{F}(x, u, 0) = 0$.

Для любых начальных условий исходной задачи найдутся такие F_i и α , что к моменту окончания поиска t_f функция $\tilde{F}$ из (1.8) реализует над областью поиска G дифференцируемый профиль, повторяющий движения ПЕ. При этом высота профиля с задаваемой точностью будет равна единице над просмотренными областями, в том числе и над областями пересечений и самопересечений полос поиска, и с заданной точностью равна нулю вне просмотренных областей.

Теперь можно с любой заданной точностью формализовать исходную задачу поиска (1.7) в виде

$$J(u) = \int_G f(x) \tilde{F}(x, u, t_f) ds \rightarrow \max, \quad (1.9)$$

Последовательно решая (1.9), то есть используя в качестве начальных координат ПЕ очередного шага конечные координаты предыдущего, мы, по крайней мере, не уменьшаем значение функционала качества управления.

Формализация прямой задачи с риском

Формализуем простейшую двукритериальную задачу планирования поиска единичной цели с риском потери единственной ПЕ.

Пусть дополнительно в области G находится точечная регистрирующая единица (РЕ) с заданным распределением координат $r(x)$, $x \in G$. Если РЕ попадает в полосу захвата ПЕ, поиск прерывается.

Необходимо рассчитать план слепого поиска, для которого

$$C_1 p_1(t_f) + C_2 p_2(t_f) \rightarrow \max, \quad (1.10)$$

где $p_1(t_f)$ – вероятность существования ПЕ к заданному моменту времени t_f ; $p_2(t_f)$ – вероятность обнаружения цели к моменту t_f ; C_1 , C_2 – положительные весовые коэффициенты.

Обозначив траекторию ПЕ через $\xi(t)$, $0 \leq t \leq t_f$, можно привести (10) к виду

$$J(\xi(t), t_f) = C_1 \int_G r(x) \cdot \tilde{F}(x, \xi(t), t_f) ds + \\ + C_2 \int_0^{t_f} \left(\left(\int_G r(x) \tilde{F}(x, \xi(t), t) ds - 1 \right) \int_G f(x) \cdot \dot{\tilde{F}}(x, \xi(t), t) ds \right) dt \rightarrow \min. \quad (1.11)$$

Простейший однокритериальный вариант (11) формализуется в виде

$$\int_0^{t_f} \left(\left(1 - \int_G r(x) \tilde{F}(x, \xi(t), t) ds \right) \int_G f(x) \cdot \dot{\tilde{F}}(x, \xi(t), t) ds \right) dt \rightarrow \max. \quad (1.12)$$

Решение задачи (1.12) предоставляет оптимальный план поиска с риском по критерию «максимизация вероятности обнаружения цели без учёта вероятности потери ПЕ».

В задачах поиска с риском гибели результат в общем случае зависит не только от распределений координат целей и РЕ, заданных в просмотренной области, но и от последовательности её просмотра. Таким образом, невозможно направленно оптимизировать начальную координату ПЕ задачи с риском по схеме задач (9), так как обращение найденной траектории ПЕ не сохраняет в общем случае результат поиска.

Обратная задача с риском

Рассмотрим обратную прямой задаче (1.12) задачу поиска, в которой:

- 1) Критерий качества управления сохраняется.
- 2) В качестве начальной координаты ПЕ используется конечная координата прямой задачи.

3) Начальной вероятностью существования ПЕ обратной задачи служит конечная вероятность существования ПЕ прямой задачи.

4) Обработка заданного распределения координаты цели в функционале качества управления сохраняется.

5) Обработка заданного распределения координаты РЕ в функционале качества управления инвертируется, что обращает исходную прямую задачу поиска с риском потери ПЕ в задачу поиска с восстановлением вероятности существования ПЕ. - Для инверсии достаточно обратить знаки соответствующих интегралов от распределения координаты РЕ по площадям, заметаемым поисковой единицей.

Используя (12), запишем эту обратную задачу в виде

$$\int_0^{t_f} ((p + \int_G r(x) \tilde{F}(x, \xi(t), t) ds) \int_G f(x) \cdot \dot{\tilde{F}}(x, \xi(t), t) ds) dt \rightarrow \max, \quad (1.13)$$

где p – конечная вероятность существования ПЕ в прямой задаче.

Рассмотрим прямую задачу (1.12) и обратную ей задачу (1.13) при свободных конечных координатах ПЕ и заданных:

радиусе и скорости ПЕ и времени поиска;

равномерном распределении координаты цели $f(x)$;

произвольном распределении координаты РЕ $r(x)$.

Рассмотрим далее последовательность чередующихся решений прямой и обратной задач: (1.12), (1.13), (1.12), ..., сшиваемых по конечным - начальным координатам, где начальная вероятность существования ПЕ очередной прямой задачи восстанавливается до единицы - вне зависимости от конечного значения вероятности существования ПЕ последней обратной задачи.

Доказано, что для данного класса прямых задач (1.12), в которых можно пренебречь площадями пересечений полос поиска, описанный процесс реализует направленную оптимизацию начальной координаты ПЕ с возрастанием критерия качества управления во всех нечётных шагах. (При этом повторные просмотры не изменяют функционал качества.)

Направленная оптимизация начальных условий в задачах оптимального преследования

С помощью модификаций использованных в задачах поиска функций $\tilde{F}$ общий случай стандартной задачи оптимального преследования целей с заданными траекториями сведён к задаче оптимального управления.

Под общим случаем мы понимаем неаддитивную задачу преследования многих целей многими объектами-преследователями.

Минимизируемым критерием качества управления при этом могут служить как время захвата последней цели, так и суммарное время существования незахваченных целей на интервале управления.

Формализация позволила, во-первых, избавиться от дифференциальных уравнений траекторий объектов и, во-вторых, обойти комбинаторные трудности общего случая.

Обратная задача преследования отличается от прямой обращением заданных траекторий целей. Используя приём чередования решений прямой и обратной задач, удалось построить алгоритм направленной оптимизации начальных координат для случая одного объекта-преследователя.

2. Анализ взаимного влияния временных рядов

Сравнение временных рядов на основе формирования взвешенных ориентированных графов взаимных влияний концепций временных рядов

Одним из методов определения структуры графа являются спектральные методы, использующие собственные значения матрицы Лапласа графа. Спектр матрицы Лапласа связан с уравнением теплопроводности, которое может быть использовано для

определения потока информации через сеть графа. Производная теплового ядра по времени определяется лапласианом графа. След матрицы теплового ядра обладает свойством инвариантности к перестановкам. Тепловое содержание (сумма множества элементов теплового ядра) может быть разложено в степенной ряд по времени.

Так как решение уравнения теплопроводности является функцией времени, то в работе рассматривается алгоритм определения матрицы теплового ядра для конкретного момента времени; выбор конкретного момента времени не указывается. В настоящей работе рассматривается определение коэффициентов разложения теплового содержания при разложении теплового содержания в степенной ряд по времени. Эти коэффициенты определяют тепловое содержание для любого положительного значения момента времени, а не для конкретного значения времени. Для сравнения графов предлагается находить расстояние Махаланобиса между векторами признаков – коэффициентами разложения теплового содержания. Определение расстояния Махаланобиса между векторами признаков и элементарными симметрическими многочленами лапласианов графов может быть использовано для распознавания формы объектов.

Для сравнения временных рядов совокупности концепций в работе используются коэффициенты степенного ряда теплового содержания в качестве векторов признаков – характеристик свойств графа. В отличие от метода спектрального встраивания, основанного на тепловом ядре, в работе исследуется возможность сравнения графов на основе нахождения расстояния Махаланобиса между инвариантами, построенными по коэффициентам степенного ряда теплового содержания. Предложен метод обучения матрицы Махаланобиса по графовым матрицам Лапласа. Решение задачи обучения матрицы Махаланобиса основано на минимизации расстояния между коэффициентами разложения теплового содержания, что приводит к однозначному определению матрицы Махаланобиса.

Рассматривается сравнение временных рядов совокупности концепций на основе формирования взвешенных ориентированных графы взаимных влияний концепций временных рядов друг на друга; при этом вершинам графа соответствуют концепции, а взвешенным дугам значения величин влияния одной концепции на другую.

Структуру графа можно охарактеризовать с помощью спектра собственных значений матрицы Лапласа графа, который с уравнением теплопроводности. Для этого формируется матрица теплового ядра; производная матрицы теплового ядра по времени определяется матрицей Лапласа. Коэффициенты разложения теплового содержания теплового ядра в ряд Тейлора можно использовать для представления структуры графа. В работе представлены соотношения для определения расстояния Махаланобиса между векторами признаков – инвариантами теплового ядра, которые могут быть использованы для распознавания образов.

В работе рассматривается сравнение временных рядов совокупности концепций на основе формирования взвешенных ориентированных графы взаимных влияний концепций временных рядов друг на друга; при этом вершинам графа соответствуют концепции, а взвешенным дугам значения величин влияния одной концепции на другую.

В отличие от метода спектрального вложения, в работе исследуется возможность сравнения графов (изображений) на основе расстояния Махаланобиса между инвариантами, построенными по коэффициентам разложения теплового содержания. Предлагается алгоритм минимизации расстояния Махаланобиса между вершинами графа, основанный на обучении матрицы Махаланобиса.

На основе сравнения графов, соответствующих временным рядам совокупности концепций, можно сравнивать временные ряды. Применение метода сравнения временных рядов основе построения и сравнения графов позволит идентифицировать штатное и нештатное функционирование динамических объектов, систем управления, приборного состава и т.д.

$$d_E(\bar{q}_1, \bar{q}_2)^2 = d(q_1, q_2)^2 = \text{trace}((\bar{q}_1 - \bar{q}_2)(\bar{q}_1 - \bar{q}_2)^T) = \text{trace}((q_1 - q_2)AA^T(q_1 - q_2)^T),$$

то есть оно равно расстоянию Махаланобиса (2.1) с матрицей $W_q = AA^T$. Поставим задачу обучения матрицы W_q , основанную на минимизации расстояния $d_E(\bar{q}_1, \bar{q}_2)^2 = d(q_1, q_2)^2$ путём выбора диагональной матрицы $A = \text{diag}(a_1 \ a_2 \ \dots \ : \min_A \text{trace}((q_1 - q_2)AA^T(q_1 - q_2)^T))$.

Сравнение временных рядов. Нечеткие когнитивные карты состоят из концепций $C_i, i=1, \dots, n$. Каждый узел (концепция) содержит значение $A_i \in [0, 1], i=1, \dots, n$. Концепции соединены взвешенными ориентированными дугами, которые показывают отношения между концептами. Дуга между концепциями A_i и A_j имеет вес w_{ij} . Направление указывает, является ли концепция причиной или следствием. На каждом шаге значение концепции A_i находится под влиянием значений других концепций:

$$A_i(k+1) = f\left(A_i(k) + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n w_{ji} A_j(k)\right), i=1, \dots, \text{ где } w_{ij} - \text{ вес дуги, соединяющей концепцию}$$

причины C_j с концепцией следствия C_i ; $f(x)$ – сигмоидальная функция:

$$f(x) = (1 + \exp(-\lambda(x - \zeta)))^{-1}.$$

Процесс обучения используется для определения матрицы весов $W = [w_{ij}]$. Доступные для обучения данные поступают в виде последовательности векторов $A_c(k), k=1, 2, \dots, N$. Функция критерия, по экстремуму (минимуму) которой определяются требуемые значения элементов матрицы W , определяется как сумма расстояний между прогнозируемыми векторами активации узлов $A(k+1)$, которые вычисляются на основе $A(k)$, доступных в k -й момент времени, и векторами $\tilde{}$ известных уровней

$$\text{активации узлов } (k+1)\text{-й момент времени: } V = \min_{W_{ij}} \left(\sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^n \left\| \tilde{}_i - f_i\left(\sum_{j=1}^n w_{ij} A_j(k)\right) \right\|^2 \right)$$

3. Когнитивное и статистическое моделирование

3.1 Исследование субъектов и формирование ими образов ситуации

Исследования проводились с использованием авторского подхода «4К» (коллективный, когнитивный, конфигурационный, конвергентный) [2022,16,23], [2023,22].

В рамках исследований получены следующие результаты:

- Сделаны уточнения процессов и результатов формирования образа мира у субъектов (когнитивная осведомлённость, абстрактный конечный результат) [2023,22].
- Выявлено отсутствие некоторых психических признаков одушевлённости у систем искусственного интеллекта, которыми обладают простейшие модельные организмы (Физарум Полицефалум, чувство кворума у бактерий), что позволяет дополнить тест Тьюринга тестом на одушевлённость (на год-два, пока не научат ИИ имитировать эти признаки).
- Предложено понятие гибридного субъекта, включающего коллектив одушевлённых субъектов и систем искусственного интеллекта [2025,16].
- Поставлена задача формирования среды для эффективной деятельности гибридного субъекта, и предложен прототип когнитивной инфраструктуры.

Год	Результаты
2022	Детализация и применение подхода «4К» (коллективный, когнитивный,

	конфигураторный, конвергентный). Предварительный анализ гибридного субъекта, одушевлённости, проблем коллективной деятельности.
2023	Анализ и прототипирование когнитивной инфраструктуры, анализ «слепых пятен» мышления.
2024	Разработана методика оперативного формирования сетевого коллектива экспертов и инфраструктуры в формате виртуального ситуационного центра с сервисной командой, адекватной коллективу и проблеме. Предложен метод создания простых когнитивных моделей в MS Excel с использованием нейросетей.
2025	Исследована расширенная сенсорика гибридного субъекта. Предложено использование разработанных методов для действий в чрезвычайных ситуациях.

Субъект

В соответствии с формирующейся 4-й парадигмой науки (С.А. Смирнов, 2022; М.П. Завьялова, 2012; В.И. Разумов, 2025) усиливается интерес к субъекту, как к точке сборки когнитивной и практической деятельности. Далее естественным образом формируется фундаментальная научная задача исследования систем (коллективов) таких субъектов. В рамках постановки такой задачи и её компонентов проведены следующие исследования:

- Поиск минимальной структуры - логической «клеточки» (термин А.А. Зиновьева) субъекта.
- Формирование среды для деятельности коллективов субъектов.

Этапы развития субъекта принятия решений представлены в Таблице 1. Упомянутые в Таблице 1 известные концепции миров включают их основные компоненты.

VUCA (Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity / Нестабильность, Неопределенность, Сложность, Неоднозначность).

BANI (Brittle, Anxious, Nonlinear, Incomprehensible / Хрупкий, тревожный, нелинейный, непонятный).

SHIVA (Split, Horrible, Inconceivable, Vicious, Arising / Раздельный, Ужасный, Непостижимый, Порочный, Возникающий).

TACI (Turbulent, Accidental, Chaotic, Inimical / Бурный, случайный, хаотичный, враждебный)

С учётом того, что принятие решений в отдельных случаях (беспилотники и т.п.) производится системами искусственного интеллекта (ИИ), более правильным было бы использование термина «актор» вместо «субъект». Это будет сделано в последующих публикациях.

Таблица 3.1. Представление субъекта в соответствии с матрицей ТРИЗ

Уровень	Прошлое	Настоящее	Будущее
НадСистема	Пещера Платона. Мифологизированная среда	Миры VUCA, BANI . «Глобальная деревня» (М. Маклюэн)	Миры SHIVA, TACI . «Ризома» (Ж. Делёз)
Система	Индивид. Групповой (коллективный) субъект.	Коллективный субъект. Автоматизированные системы.	Гибридный субъект. Системы ИИ. Актор
Элементы Системы	Инструменты магии. Традиции.	Кодексы. Методы оптимизации. Беспилотники.	ИИ-ассистенты Симулякры

Системы ИИ, морфологически соответствуя неодушевлённым объектам, могут имитировать поведение одушевлённых субъектов, в частности, с использованием известных законов. Логично назвать результат такой имитации «e-nimation». В настоящее время известно о случаях обмана пользователей нейросетями, а также о таких явлениях как галлюцинации нейросетей и т.п. феноменах, аналогичных психическим расстройствам. Нейросети, обученные на больших массивах текстов, могут быть рассмотрены как особые виды коллективных субъектов.

Обучение нейросетей проводится, как правило, в соответствии с «Великой дидактикой» XVII века, т.е. принципами наглядного и конкретного обучения Я.А. Коменского. Это определяет предельные возможности таких нейросетей. В будущем потребуется обучать нейросети основам методологии. В качестве курьёза можно упомянуть эксперимент «Яндекса» 2025 г., цель которого — понять, могут ли у искусственного интеллекта появляться собственные устойчивые предпочтения и «точка зрения», не заимствованная у людей. Исследование проводится совместно с нейробиологом и академиком Российской академии наук К. Анохиным (<https://habr.com/ru/news/968544/>). Курьёзом этот эксперимент делает попытка понять возможности ИИ без понимания собственных возможностей.

У гибридного субъекта, включающего коллективы людей и группы систем ИИ (нейросетей) сенсорная система расширяется за счёт использования систем телеметрии робототехники (уровень радиации и т.п.).

Образ ситуации

Наиболее известным вариантом образа ситуации является понятие «Ситуационная осведомлённость» (https://en.wikipedia.org/wiki/Situation_awareness), которое подразумевает знание обо всех обстоятельствах, критических для определённой деятельности в конкретной ситуации. Размышления над вопросом «Почему колёса к чемоданам догадались приделать спустя 2000 лет после изобретения колеса?» вместе с вопросом: «Что мешало изобрести фаустпатрон в 1941 г.?», обусловили появление термина «когнитивная осведомлённость», под которым понимается рассмотрение ситуации в более широком контексте. Инженерным примером является реакция Главного конструктора на опасения разработчиков телеметрии, что колбы радиоламп не выдержат удара при посадке на Луну спускаемого аппарата: «Вы хотите привезти на Луну вакуум?» Когнитивная осведомлённость предполагает использование в комплексе системного и рефлексивного анализа, а также эвристики.

Ещё одним дополнением к представлению ситуации, наряду с когнитивной графикой, являются авторские метафорические когнитивные карты, позволяющие дополнить информацию о рассматриваемом предмете (теме) ассоциативными связями. Ниже на Рис. 1 представлен вариант метафорической карты для когнитивной сферы. Все картины, входящие в состав этой карты, снабжены комментариями относительно смысла конкретной картины в данном тексте (Таблица 3.2).



Рис. 3.1. Вариант метафорической когнитивной карты когнитивистики

Каждая картина может быть интерпретирована зрителем/читателем самостоятельно, поскольку является достаточно известным артефактом и/или может быть ассоциирована с определённым архетипом.

Таблица 3.2. Интерпретация компонентов метафорической когнитивной карты

№	Условное название	Предлагаемая когнитивная интерпретация
1	Атмосфера	Новое знание основано на старом
2	Вавилонская башня	Пример коллективного проекта
3	Операция глупости	Рефлексия: незнание и невежество
4	Римские числа	Важность базиса системы
5	Наскальные рисунки	Схема организации коллективной работы
6	Пенсионеры	Пример когнитивной графики
7	Станцуй диссертацию	Синтез наук и искусства
8	Остров Лапута	Технопарк
9	Чемодан на колёсах	Когнитивная осведомлённость
10	Невозможная фигура	Конфигуратор. Противоречие образа и логики
11	Спасатель	Потенциал деятельности и ограничения
12	Руки человека и робота	Содружество интеллекта

Когнитивная инфраструктура.

Когнитивную инфраструктуру формируют две составляющие: ситуационный центр как аппаратно-программный ресурс и команда поддержки коллективной работы. Ситуационный центр как аппаратно-программный комплекс выполняет функции визуализации, телекоммуникации и т.п., включая использование систем искусственного интеллекта. В команду поддержки входят планшетисты, методологи, игротехники, в том числе реализованные виртуально (как аватары) и/или дистанционно.

Даже краткое описание предлагаемой когнитивной инфраструктуры заняло бы много страниц, поскольку включало бы описание сотен различных компонентов и их составляющих. При этом было бы необходимо давать хотя бы минимальное описание многих известных, но забытых методов. Политика издателей и руководителей научных организаций обычно ориентирована на максимальную оригинальность результатов. Это вынуждает авторов конструировать элементы новизны и придумывать новые термины даже в тех случаях, когда работают старые способы. Так, авторы публикаций о методах коллективной работы agile (а также scrum, kanban, lean и других) обычно не упоминают о методе критического пути и системах сетевого планирования. Авторы публикаций по направлению «когнитивное моделирование» по которому, согласно паспорту научной специальности 5.12.4 ВАК РФ, учёные степени присуждаются по физико-математическим, техническим и философским наукам) обычно не ссылаются на работы Римского клуба по мировой динамике. Однако принципиально важным является использование всех доступных возможностей любого метода, независимо от времени и места его происхождения.

Практическая реализация любого из упомянутых здесь компонентов может быть осуществлена различными способами. На основе доступных ресурсов может быть создана

промежуточная технология. Могут быть построены различные прототипы проектов конкретных коллективов. Авторский вариант прототипа в формате *«наиболее простой вариант целого, содержащий наиболее сложный компонент»* позволяет оценить потенциальную достижимость результата проекта.

В использованный подход **«4К»** входят четыре компонента: коллективный, когнитивный, конфигурационный и конвергентный.

Компонент **«коллективный»** реализует выполнение следующих операций:

- Создание профилей (психологических, компетентностных и т.п.) индивидов, входящих в коллектив.
- Формирование и оптимизация характеристик коллектива на основе профилей индивидов и отношений между ними.

Среди множества моделей взаимодействия индивидов в группах особое место принадлежит рефлексивному анализу и управлению в трактовке В.А. Лефевра.

Компонент **«когнитивный»** предполагает максимально возможное включение в деятельность всех сенсорных возможностей человека, в том числе его подсознания. В первую очередь это предпочтения человека относительно каналов работы с информацией: ведущее полушарие мозга (левое или правое) и репрезентативная система (видео, аудио, кинестетическая, тактильная).

Компонент **«конфигурационный»** является инструментом для сборки системы из готовых компонентов в соответствии с правилами системного анализа, где конфигуратором называется комплекс языков и представлений объектов с позиций различных дисциплин. В трактовке В.А. Лефевра конфигурационный требует ещё наличия модели субъекта сборки.

Компонент **«конвергентный»** обеспечивает сходимость процесса групповой работы к оптимальному в определённом смысле результату, такому как политическое решение, бизнес-проект, вердикт присяжных и т.п.

3.2 Когнитивное моделирование в сфере здравоохранения и образования

Анализ ключевых аспектов региональной системы здравоохранения

Сравнительный анализ динамики показателей здоровья студенческой популяции. В рамках исследования проведен сравнительный анализ показателей здоровья студенческой популяции в 2025 году относительно базового 2020 года. Методологической основой выступили модели измерения Раша, позволяющие связывать параметры тестовых заданий с латентными свойствами индивидов на логарифмической шкале.

Результаты анализа выявили следующие тенденции:

- зафиксирован рост частоты самолечения, выражающийся в увеличении доли студентов, принимающих лекарственные препараты без назначения врача;
- наблюдается негативная динамика в структуре питания, заключающаяся в замене полноценного приема пищи продуктами фастфуда;
- констатируется положительная тенденция к увеличению числа студентов, вовлеченных в систематические занятия спортом;
- качественная оценка состояния здоровья демонстрирует смещение в сторону его ухудшения: доля студентов с «плохим» уровнем здоровья возросла на 8 %, в то время как доля с «хорошим» снизилась на 2 %. При этом отмечается значительный прирост (на 22 %) группы лиц с уровнем здоровья, приближенным к «хорошему».

Полученные данные имеют практическую значимость для органов управления молодежной политикой региона и могут быть использованы при разработке целевых профилактических программ, направленных на нивелирование выявленных негативных тенденций.

Исследование удовлетворенности пациентов работой поликлинических учреждений. Сравнительный анализ данных одномоментного опроса пациентов о работе поликлиник в

2025 году по сравнению с 2021 годом показал неоднозначную динамику. Несмотря на статистически значимое снижение уровня недовольства графиком работы учреждений, по ряду других параметров зафиксировано ухудшение. В частности:

- отмечен рост негативных оценок, касающихся организации работы регистратуры и системы распределения очередности,
- увеличение неудовлетворенности качеством приема у врачей-специалистов, поведением медицинского персонала и формальным подходом к проведению диспансеризации.

Таким образом, улучшение в одном ключевом аспекте сопровождается ухудшением в ряде других [2025,2].

Моделирование социального здоровья молодежи как механизма регуляции психической деятельности. Осуществлено построение моделей, описывающих механизмы организации, адаптации и регуляции психической деятельности в молодежной среде посредством моделирования ценностно-мировоззренческих показателей с применением моделей Раша. Цикличность мировоззрения идентифицирована как универсальный механизм биологической системы, отражающий естественную адаптационную реакцию психики на изменение внешних условий. Повышенная амплитуда колебаний мировоззренческих показателей в 2025 году интерпретируется как маркер дезинтеграции прежней когнитивной устойчивости, характерной для 2020 года. Утрата мировоззрением функции стабильной основы идентичности оказывает негативное влияние на социальное здоровье, что проявляется в росте тревожности, потере жизненных ориентиров и снижении эффективности групповой координации [2025,17].

Эксперты рекомендуют учитывать полученные выводы в процессах социального управления.

Разработка комплекса когнитивных моделей профессий для активизации профориентационной работы в образовательных учреждениях

С целью оптимизации профориентационной работы со студентами разработан комплекс когнитивных моделей профессий. На примере исследования деятельности сервисного инженера с применением методов когнитивного моделирования установлено, что совокупность факторов, включая «планирование ресурсов», «экономическое мышление», «готовность к обучению», «опыт» и «удаленность сервисных центров», являются функционально значимыми условиями обеспечения эффективности профессиональной деятельности [2025,11].

Оценка уровня критического мышления студентов на основе моделирования латентных переменных

Проведена диагностика уровней сформированности критического мышления у выпускников высших учебных заведений с целью идентификации перспективных кандидатов для трудоустройства. Эмпирическая часть исследования основана на применении аддитивного метода и моделей Раша для расчета латентных переменных, что позволило осуществить количественную оценку искомого индивидуального качества.

В результате исследования осуществлена селекция конкретных кандидатов, обладающих наиболее высоким уровнем развития критического мышления, что решает поставленную прикладную задачу. Параллельно выявлен конструктивный недостаток применяемого диагностического инструментария – несбалансированность теста по уровню сложности заданий, что указывает на необходимость его дальнейшей модификации и апробации для повышения надежности и валидности проводимых измерений [2025,18].

3.3 Статистическое моделирование в сфере здравоохранения

Применение статистических критериев в медицинских исследованиях

Статистически оценена сравнительная эффективность местного применения в виде ушных капель комбинации кортикостероида с фторхинолонами или антибиотиками

аминогликозидного ряда при наружном диффузном. «Улучшение» диагностировали при оценке жалоб до 2 баллов и КИ – до 2 баллов. «Без эффекта» означало отсутствие улучшения или кратковременное улучшение с последующим рецидивом в течение месяца. Также это может быть связано с применением системной антибиотикотерапии. Полученные данные обрабатывались с использованием пакета Statistica 10 и оригинального программного обеспечения автора. Проверка нормальности распределения количественных признаков проводилась с использованием критерия Колмогорова–Смирнова и критерия Шапиро – Уилка. Для сравнения выборок использовали двусторонний t-критерий. Доказано, что эффективность лечения наружного диффузного отита зависит от используемых препаратов. Лекарства, содержащие антибиотики и дексаметазон, показали хорошие результаты. Показано, что при использовании ушных капель, содержащих аминогликозиды, следует избегать длительного применения неомидина.

Использованы статистические критерии и методы в нерандомизированном сравнительном исследовании. Использовались данные прооперированных пациентов с диагнозом стеноз трахеи. Критерии включения: пациенты в возрасте от 18 до 60 лет с рубцовым стенозом трахеи после трахеостомии или интубации, независимо от локализации поражения. Критерии исключения: декомпенсированный стеноз трахеи, сопровождающийся острой дыхательной недостаточностью; наличие гнойно-воспалительных процессов в трахеобронхиальном дереве или в области планируемого операционного доступа; онкологические заболевания. Построены диаграммы: динамика парциального давления кислорода в артериальной крови, динамика парциального давления углекислого газа в артериальной крови, динамика показателя pH артериальной крови, динамика уровня артериальной крови, динамика уровня бикарбоната артериальной крови. Выявлены Статистически значимые различия между группами выявлены по осложнению «трудности при интубации трахеи».

4. Численное моделирование динамических процессов

Исследование применимости квадратурной формулы Гаусса для численного интегрирования функций с большими градиентами

Предполагается, что для интегрируемой функции справедлива декомпозиция

$$u(x) = p(x) + \beta \Phi(x), \quad x \in [0,1], \quad (4.1)$$

где $p(x)$ – регулярная составляющая с ограниченными производными до некоторого порядка, $\Phi(x)$ – известная погранслойная составляющая. Здесь $p(x)$ и β в явном виде не заданы. Такая декомпозиция справедлива, в частности, для решения сингулярно возмущенной задачи. Известно, что в случае $\Phi(x) = e^{-\alpha x/\varepsilon}$ погранслойная составляющая соответствует наличию экспоненциального пограничного слоя. Применение формул Гаусса представляет интерес, потому что эти формулы обладают повышенной точностью. Однако, если интегрируемая функция имеет большие градиенты, то погрешность формул Гаусса существенно снижается. Исследовано два подхода для повышения точности формулы Гаусса:

- 1) Применение сетки Бахвалова, сгущающейся в пограничном слое;
- 2) В случае равномерной сетки модификация формулы Гаусса таким образом, чтобы квадратурная формула стала точной на погранслойной составляющей $\Phi(x)$.

Доказано, что при применении таких подходов точность квадратурной формулы Гаусса повышается. Статья подготовлена для публикации.

Анализ подходов к построению формул численного дифференцирования функций с большими градиентами

Исследованы подходы к построению формул численного дифференцирования при наличии пограничного слоя. Проблема в том, что применение классических полиномиальных формул численного дифференцирования на равномерной сетке при

наличии у функции больших градиентов может приводить к существенным погрешностям. Для того чтобы погрешность не росла из-за больших градиентов функции, исследовано два подхода: применение классических полиномиальных формул численного дифференцирования на сетках, сгущающихся в пограничном слое (сетках Шишкина и Бахвалова), и построение специальных формул численного дифференцирования на равномерной сетке, точных на погранслошной составляющей функции.

Например, классическая формула с двумя узлами для вычисления производной имеет вид:

$$u'(x) \approx \frac{u_{n+1} - u_n}{h}, x \in [x_n, x_{n+1}].$$

В случае экспоненциального пограничного слоя, когда в (4.1) $\Phi(x) = e^{-\alpha x/\varepsilon}$, эта формула имеет относительную погрешность порядка $O(1)$. Разработанная формула в этом случае имеет вид:

$$u'(x) \approx \frac{u_{n+1} - u_n}{\Phi_{n+1} - \Phi_n} \Phi'(x).$$

Обоснована оценка относительной погрешности:

$$\varepsilon |u'(x) - \frac{u_{n+1} - u_n}{\Phi_{n+1} - \Phi_n} \Phi'(x)| \leq Ch, x \in [x_n, x_{n+1}],$$

где C не зависит от параметра ε .

Предложен подход к оцениванию погрешности построенных формул численного дифференцирования с произвольно задаваемым числом узлов в шаблоне для производной, точных на погранслошной составляющей функции. Приведены результаты вычислительных экспериментов, соответствующие полученным оценкам погрешностей.

Статья сдана в редакцию журнала СЭМИ.

Проведено исследование влияния образовавшихся пузырьков в жидкости на показания датчика температуры – термопары со сферическим спаем (ТСС) при акустико-вакуумном воздействии.

Предложена гипотеза, объясняющая резкое изменение температуры жидкости тем, что при акустико-вакуумном воздействии на погружённую в жидкость ТСС на поверхности ТСС образуются пузырьки паров жидкости или налипают (проскальзывают) всплывающие пузырьки, внутри которых температура паров жидкости выше температуры окружающей жидкости. В момент отрыва или после схлопывания пузырьков, температура поверхности ТСС снижается за счет теплообмена ТСС с жидкостью. Разработана математическая модель процесса образования пузырьков в жидкости при акустико-вакуумном воздействии и проведены численные эксперименты, которые показали, что на изменения температуры показаний ТСС влияют в большей степени пузырьки, зарождающиеся на дне экспериментальной ёмкости (ЭЁ) с последующим их всплытием и схлопыванием на поверхности ТСС. Результаты сравнения значений температуры жидкости при физическом и численном моделировании подтверждают выдвинутую гипотезу о влиянии пузырьков на показания ТСС [2025,1].

Проведено компьютерное моделирование процесса заполнения жидкостью капилляра в системе «замкнутая ёмкость + капилляр»

Предложена гипотеза о заполнении жидкостью системы «замкнутая ёмкость+капилляр», основанная на движении вязкой жидкости, подаваемой в замкнутую ёмкость (ЗЕ), с учётом свойств смачиваемости материала стенки ЗЕ, капиллярного эффекта (КЭ), испарения жидкости и перепада давления между объемом ЗЕ и окружающей средой, а также длительности воздействия процесса. Рассмотрены три варианта подачи жидкости в объем ЗЕ, соответствующие технологическим операциям при изготовлении ЗЕ: мойка, гидравлические испытания и тарировка. Разработана физико-математическая модель процессов тепло- и массообмена и динамики жидкости в системе «ЗЕ + капилляр»

на основе уравнений Навье-Стокса. Принято в печать в International Journal of Theoretical and Computational Fluid Dynamics (Springer).

Исследование динамики жидкой пробки в капилляре с учетом шероховатости поверхности при нагреве замкнутой ёмкости (осушка капилляра при кондуктивном нагреве)

Процессы заполнения капилляра жидкостью в стенке замкнутой ёмкости (ЗЁ) с последующей осушкой (испарение и движение жидкой пробки в капилляре) в системе «ЗЁ-капилляр» исследуются с учетом введения шероховатости внутри поверхности капилляра. Разработана методика формирования шероховатости, физико-математическая модель на основе уравнений Навье-Стокса и компьютерная модель на языке Фортран для процессов в системе «ЗЁ-капилляр» с учётом введённой шероховатости: а) продувка воздухом сухого капилляра для оценки объёмного расхода газа; б) заполнение жидкостью; в) осушка капилляра с учетом динамики жидкой пробки в капилляре. Расхождение результатов численного и физического моделирования составляют: по объёмному расходу газа из капилляра и по времени осушки реального экспериментального капилляра (течи) до 10 %. Результаты осушки капилляра с введённой шероховатостью показывают, что длительность осушки зависит от степени заполнения капилляра жидкостью. Сдана в редакцию журнала International Journal of Heat and Mass Transfer.

Численное моделирование двумерного течения вязкой жидкости между вращающимися цилиндрами с образованием пыления

На основе разработанного алгоритма течения вязкой жидкости со свободными границами для конечно-разностных уравнений Навье-Стокса проведено моделирование течения ограниченного объема жидкости между вращающимися цилиндрами при соприкосновении с твердыми поверхностями цилиндров. В численном алгоритме рассмотрено помимо основных характеристик вязкой несжимаемой жидкости, как адгезия с твердыми поверхностями и поверхностное натяжение, еще образование капель с образующихся свободных поверхностей жидкости под действием предельных динамических напряжений и создание их пыления. Проведен ряд тестовых расчетов, с определением асимптотических параметров сходимости по времени и по пространственным координатам. Представлены результаты численного моделирования с определением границ течения жидкости и с определением функции тока на различных сетках, вязкостях и угловых скоростях вращения цилиндров, соответствующих параметрам офсетной печати [2025,20].

5. Организация доступа к данным для анализа и редактирования

Актуализация данных с использованием коммутативных преобразований

Корректная автоматизация доступа к информации может быть выполнена за счет создания инструментальных средств, основанных на теории межмодельных отображений и обеспечении коммутативности преобразований данных. В работе рассматривается технология передачи данных между реляционной базой данных и табличным представлением данных специального вида [2024,4], называемой «Трансформацией» (*Tr*):

X_1	X_2	X_3	y_{11}				y_{12}			
			y_{21}		y_{22}		y_{21}		y_{22}	
			y_{31}	y_{32}	y_{31}	y_{32}	y_{31}	y_{32}	y_{31}	y_{32}
x_{11}	x_{21}	x_{31}	z_{11}		z_{13}	z_{14}		z_{16}		z_{18}
		x_{32}					z_{25}			
	x_{22}	x_{31}		z_{32}		z_{34}			z_{37}	
		x_{32}	z_{41}		z_{43}			z_{46}		
x_{12}	x_{21}	x_{31}	z_{51}			z_{54}			z_{57}	
		x_{32}		z_{62}			z_{65}			z_{68}
	x_{22}	x_{31}	z_{71}		z_{73}			z_{76}		
		x_{32}	z_{81}			z_{84}			z_{87}	

Рис. 5.1. Пример трансформации.

Структура таблицы является удобным средством работы пользователя, поскольку позволяет не только редактировать данные, синхронизированные с базой данных, но и выполнять различные виды анализа с использованием электронных таблиц. В общем случае размер таблицы может быть огромным. В текущем 2025 году предложена методика сокращения размера таблицы за счет логических ограничений при загрузке данных. При этом появляются две проблемы: фиктивные пустые значения и потеря пустых значений, необходимых для редактирования данных. В работе предложено решение этих проблем за счет использования промежуточного представления данных в виде запроса к базе данных, в котором присутствуют логические ограничения. Специальная форма этих ограничений, согласованная со стандартом SQL, является необходимым условием при решении проблемы пустых значений. Для этой цели формируются подмножества отношений базы данных (БД), образующие частичный порядок на ограничениях ссылочной целостности. Полученные подграфы используются для формирования размерностей таблицы. Разработанные алгоритмы получили теоретическое обоснование.

Обозначим: $R=\{R_1, R_2, \dots, R_k\}$ реляционная БД, полученная в результате нормализации отношений R_i ; $[R_i]$ – множество атрибутов, на которых определено отношение R_i (заголовок таблицы); $R_i[V]$ – проекция отношения R_i , по атрибутам V . U – универсум, множество всех атрибутов. В соответствии с требованием нормализации каждое из R_i , как минимум, должно удовлетворять требованиям третьей нормальной формы (3НФ). Множества атрибутов $X=\{X_1, X_2, \dots, X_m\}$ задают наименования строк, а значения множества атрибутов $Y=\{Y_1, Y_2, \dots, Y_n\}$ задают наименования столбцов. Непустые множества атрибутов $X \subseteq U$ и $Y \subseteq U$ далее будем называть размерностями. Заголовок Tr будет иметь следующий вид:

$$Sch(Tr)=\{X, Dom(Y)\},$$

Промежуточным представлением данных является запрос [2025,12], который в терминах реляционной алгебры имеет вид:

$$Q=\pi_{XYZ}(\sigma_L(R'_1 \bowtie R'_2 \bowtie \dots \bowtie R'_p)),$$

где $\bowtie$ – операция естественного соединения, π – операция проекции, σ_L – операция селекции с логическим ограничением специального вида L . Значения атрибута Z предназначены для редактирования и располагаются в рабочей области трансформации Tr .

Для обеспечения корректности преобразования данных в БД определены следующие три ограничения:

- Отношения $R=(R'_1, R'_2, \dots, R'_p)$ образуют частично упорядоченное множество относительно ссылочной целостности. Частичный порядок содержит один максимальный элемент $R'_Z \in R$. Отношение R'_Z соответствует семантике приложения, поскольку в нем будут реализованы операции редактирования БД.
- В отношении R'_Z множество атрибутов V является потенциальным ключом, для которого $V \subseteq XY$, $Z \notin V$ и V функционально определяет XY .
- Только одно отношение R'_Z в R содержит атрибут Z .

При формировании размерностей используются подграфы ближайших общих предков отношений размерностей в частичном порядке. Для этого используется модифицированный алгоритм Тарьяна \cite{Tarjan-76}, который эффективен ($O(1)$) при поиске при предварительно построенном частичном порядке. Если направленный граф является деревом, то общий ближайший предок один, но в частичном порядке их может оказаться несколько. Множества потомков для каждого из предков будут отличаться друг от друга не только по составу, но и по семантике. Следовательно, выбор общего предка должен сделать пользователь из предложенного списка, полученного в алгоритме.

Утверждение. В таблице Tr отсутствует наложение различных значений атрибута Z в одной ячейке тогда и только тогда, когда Q удовлетворяет функциональной зависимости $XY \rightarrow Z$.

Следующая лемма дает достаточное условие для реализации зависимости в промежуточном представлении данных Q , следовательно, и в Tr .

Лемма. Q удовлетворяет функциональной зависимости $XY \rightarrow Z$, если она реализована в БД на выделенном множестве отношений R .

Замечание Утверждение и лемма гарантируют, что в таблице Tr не появятся непустое значение, отличное от фактического значения в БД.

Теорема. Результаты рассмотренных преобразований коммутативны и не содержат фиктивных пустых значений.

Инструментальная среда для проектирования реляционных баз данных

В настоящее время хорошо проработана и широко известна теория проектирования реляционных баз данных. С другой стороны существует значительное количество инструментальных сред формирования структуры баз данных. Наиболее популярными являются MySQL Workbench, Lucidchart, Miro, Oracle Designer и т.д. Все эти инструменты предполагают использование теории, но никак этому не способствуют, поскольку процесс проектирования начинается с формирования таблиц базы данных, а способ получения этих таблиц игнорируется. В данной работе поставлена цель решения этой проблемы.

В предлагаемой инструментальной среде отсутствует механизм формирования таблиц БД в явном виде. Вместо этого проектировщику предлагается построить не избыточное и не противоречивое множество атрибутов, сформировать множество функциональных зависимостей. Далее автоматически будет сформирована схема БД в виде SQL команд, которую можно загрузить в любую систему управления БД [2025,9].

Дополнение инструментальной среды алгоритмами формирования корректных реляционных отношений базы данных позволит повысить качество работы проектировщика. В работе теория дополнена современными результатами и методическими рекомендациями, способствующими правильному применению теории на практике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследований получены результаты, способствующие решению следующих прикладных задач:

1. Разработан механизм, позволяющий получить качественно новый результат при использовании метода когнитивного моделирования. Результат проявляется вследствие интеграции по принципу «матрешки» синтезированных когнитивных моделей объекта исследования с разной степенью детализации и приводит к выявлению дополнительных функционально значимых факторов, позитивно влияющих на процесс принятия решений.

2. Впервые поставлены и формализованы задачи поиска стационарных целей на заданных маршрутах с заданными или оцениваемыми распределениями координат целей и распределениями рисков потери поисковых единиц или потери управления. Исследованы общие случаи основных стратегий просмотра маршрутов при практически интересных критериях. Получены расчётные формулы, разработаны реализующие алгоритмы.

3. В ходе исследований получены результаты, способствующие решению следующих прикладных задач: 1) доказано, что эффективность лечения наружно диффузионного отита зависит от используемых препаратов и лекарства, содержащие антибиотики и дексаметазон, показали хорошие результаты; 2) доказано, что при реконструктивных вмешательствах по поводу стенозов трахеи оба специализированных метода респираторной поддержки сопровождаются нарушениями газового состава крови и кислотно-основного состояния в виде формирования гиперкапнии и дыхательного ацидоза, подтверждено, что метод потоковой апной оксигенации обеспечивает уровень оксигенации, сопоставимый с таковым при высокочастотной струйной искусственной вентиляции легких.

4. Для анализа взаимного влияния динамических процессов рассмотрено использование инвариантов, определяемых из теплового ядра, для характеристики графов. Коэффициенты теплового содержания являются инвариантами перестановки; коэффициенты разложения теплового содержания зависят не только от собственных значений, но и от собственных векторов матрицы Лапласа графа. Для сравнения временных рядов предлагается формировать взвешенные ориентированные графы взаимных влияний концепций временных рядов друг на друга: вершинам графа соответствуют концепции, а взвешенным дугам значения величин влияния одной концепции на другую. Представлен алгоритм минимизации расстояния Махаланобиса между вершинами графа, основанный на обучении матрицы Махаланобиса. Метод построения сигнатур волнового ядра графа может быть использован для распознавания графов, в задачах компьютерного зрения и идентификации сигналов.

5. Для функций с большими градиентами в пограничном слое разработаны формулы численного дифференцирования на равномерной сетке и на сетках, сгущающихся в области пограничного слоя. В случае сетки Бахвалова полученные оценки погрешности такие же, как в регулярном случае, когда функция не имеет больших градиентов. В случае сетки Шишкина полученный порядок точности ниже, но оценки погрешности, как и в случае сетки Бахвалова, равномерны по малому параметру.

6. Исследованы замыкания для обобщенных типизированных зависимостей включения в базах данных. Разработан алгоритм построения замыканий, доказана его корректность. Полученные результаты далее используются для разработки алгоритма построения минимального покрытия зависимостей, доказана корректность данного алгоритма. Полученный результат позволяет строить корректные ограничения ссылочной целостности на данные. Предложена технология работы пользователей с большими данными за счет наложения корректных ограничений на выборку.

Результаты НИР рекомендуется использовать в информационно-аналитических

центрах и проектных организациях.

Поставленные задачи НИР решены полностью, получены дополнительные сопутствующие результаты.

При работе над проектом осуществлялось сотрудничество с группой ОмГТУ (руководитель группы профессор Трушляков В.И.) и группой ЮУрГУ (руководитель группы профессор Соклинский Л.Б.).

К сожалению проблема нахождения большего количества существенных связей рассмотренных направлений не получила существенного развития. Объединение разработок носит локальный характер и реализуется в виде компонентов программного обеспечения.

План по всем годам проекта (2022–2025) выполнен.

Научный уровень полученных результатов НИР соответствует мировому.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. ПУБЛИКАЦИИ И ДОКЛАДЫ

№ п/п	Наименование показателя (в зависимости от характера исследований (фундаментальные, поисковые, прикладные, экспериментальные разработки)	Единицы измерен ия	Значение	
Публикации 2022 г.				
1	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	план	11
			факт	13
2	Прочие публикации в научных журналах, входящих в РИНЦ	единиц	план	0
			факт	15
3	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	план	0
			факт	9
Публикации 2023 г.				
4	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	план	11
			факт	11
5	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	план	2
			факт	3
6	Прочие публикации	единиц	20	
7	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	план	4
			факт	6
Публикации 2024 г.				
8	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus)	единиц	план	11
			факт	12
9	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	план	2
			факт	3
10	Прочие публикации (препринты и другие)	единиц	17	
11	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	план	4
			факт	12
Показатели 2025 г.				
12	Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus), БС	единиц	план	10
			факт	10
13	Прочие публикации в научных журналах, входящих в ядро РИНЦ	единиц	план	2
			факт	3
14	Прочие публикации (препринты и другие) в общепризнанных международных репозиториях по отраслям науки (SSRN, RePEc, arXiv.org и другие)	единиц	7+4 подготовлены к печати	
15	Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях в Российской Федерации и за рубежом	единиц	план	4
			факт	15
16	Доля исследователей в возрасте до 39 лет в численности основных исполнителей темы	%	17	
17	Защищенные диссертации по теме исследования:			

17.1	кандидатские	единиц	0
17.2	докторские	единиц	1
18	Количество планируемых к разработке медицинских технологий в рамках научной темы	единиц	0

Публикации 2022 г.

1. Зыкин С.В. Тестирование зависимостей и правил вывода в базах данных // Моделирование и анализ информационных систем. 2022. Т. 29. № 3. С. 210–227. DOI: 10.18255/1818-1015-2022-3-210-227 (RSCI)
2. Zykin S.V. Generalization of Derivation Rules for Join Dependencies in Database // Automatic Control and Computer Sciences, 2021, v. 55, no. 7, pp. 731–737, DOI: 10.3103/S0146411621070191 (Scopus, WoS)
3. Goltypin, V. Factorial research and the recognition problem solution using the example of obstructive sleepapnea syndrome // Journal of Physics: Conference Series, 2022, v. 2182, no. 012020. DOI: 10.1088/1742-6596/2182/1/012020 (Scopus)
4. Nartov B.K., Poluyanov A.N. Flow management in optimal resource exchange tasks // Journal of Physics: Conference Series, 2022, v. 2182, no. 012027. DOI:10.1088/1742-6596/2182/1/012027 (Scopus)
5. Цымблер М.Л., Полуянов А.Н., Краева Я.А. Параллельный алгоритм восстановления сенсорных данных в режиме реального времени для многоядерного процессора // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика. 2022. Т. 11, № 3. С. 69–90. DOI: 10.14529/cmse220305 (RSCI)
6. Chukanov S. N. Signal processing of simplicial complexes // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2022, v. 2182. no. 012017. DOI: 10.1088/1742-6596/2182/1/012017 (Scopus)
7. Чуканов С.Н., Чуканов И.С. Анализ локальной устойчивости динамических систем с помощью методов алгебраической геометрии // Прикладная физика и математика. 2022. № 3. С. 26–30. DOI: 10.25791/pfim.03.2022.1231 (BAK)
8. Чуканов С.Н., Чуканов И.С. Оценивание области притяжения устойчивого равновесия в нелинейной полиномиальной системе // Авиакосмическое приборостроение. 2022. № 7. С. 25–31. DOI: 10.25791/aviakosmos.7.2022.1288 (RSCI)
9. Chukanov S. N., Chukanov I.S. Formation of Machine Learning Features Based on The Construction of Tropical Functions // Modeling and analysis of information systems. 2022. Т. 29, № 3. С. 200–209. DOI: 10.18255/1818-1015-2022-3-200-209 (RSCI)
10. Чуканов С.Н., Чуканов И.С. Формирование признаков ML на основе топологического анализа данных // Вестник Воронежского ГУ: системный анализ и информационные технологии. 2022. № 3. С. 115–126. DOI: 10.17308/sait/1995-5499/2022/3/115-126 (RSCI)
11. Ляпин В.А., Маренко В.А. Модели «неудовлетворенности граждан» медицинским обслуживанием в период пандемии // Информатика и системы управления. 2022. № 1 (71). С. 53-61. DOI: 10.22250/18142400_2022_71_1_53 (РИНЦ, CrossRef)
12. Ляпин В.А., Маренко В.А. Модели функциональных зависимостей демографических показателей и экологических характеристик // Информатика и системы управления. 2022. № 3 (73). С. 3-12. DOI: 10.22250/18142400_2022_73_3_3 (РИНЦ, CrossRef)
13. Маренко В.А. Технология решения задач системного анализа с применением когнитивного подхода // Труды ИСА РАН. 2022. Т. 72. № 2. С. 52 -63. DOI: 10.14357/20790279220206. (РИНЦ).
14. Маренко В.А., Кулицкий Д.А. Когнитивная модель поддержки принятия решений в управлении предприятием приборостроения в условиях санкций // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2022. № 7. С. 35-43. DOI: 10.25791/pribor.7.2022.1350. (RSCI, РИНЦ).

15. Marenko, V., Luchko, O., Milcharek, T., Lozhnikov, A., Ryspayeva, C. Modeling of Individual's «State» in Pandemic. // *Proceedings - 2022 Ural-Siberian Conference on Computational Technologies in Cognitive Science, Genomics and Biomedicine, CSGB-2022*. 2022. P. 180–183. Paper Id: 1356. <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/9865235/proceeding> (Scopus).
16. Филимонов, В. А. Пандемия и спецоперация: междисциплинарный анализ с использованием подхода "4К" // *Математические структуры и моделирование*. 2022. № 1(61). С. 82–91. DOI 10.24147/2222-8772.2022.1.82-91. РИНЦ.
17. Филимонов В.А., Чернявская В.С. Формализация одушевлённости на примере понятия «любовь» // *Онтология проектирования*. 2022. Т. 12, № 1(43). С. 11–24. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-1-11-24. (RSCI)
18. Burmistrova N., Filimonov V. Experimental game 'Rock-Paper-Scissors' for teams of people and artificial intelligence systems // *Proceedings - 2022 Ural-Siberian Conference on Computational Technologies in Cognitive Science, Genomics and Biomedicine, CSGB 2022*, pp. 40-43. DOI: 10.1109/CSGB56354.2022.9865445 (Scopus)
19. Филимонов В.А. Проект краткого обзорного курса «Избранные вопросы инженерии». *Онтология проектирования*. 2022. Т.12, №4(46). С. 494–504. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-5-494-504 (RSCI)
20. Blatov I.A., Zadorin A.I. Analysis of approaches to spline interpolation of functions with large gradients in the boundary layer // *Journal of Physics: Conference Series*. 2022, v. 2182. P. 012016-1–012016-11. DOI: 10.1088/1742-6596/2182/1/012016 (Scopus, РИНЦ)
21. Tikhovskaya S.V. A Cascadic Multigrid Algorithm on the Shishkin Mesh for a Singularly Perturbed Elliptic Problem with regular layers // *Journal of Physics: Conference Series*. 2022, v. 2182, no. 012034. DOI: 10.1088/1742-6596/2182/1/012034 (Scopus, РИНЦ)
22. Trushlyakov V.I., Panichkin A.V., Lesnyak I.Y. Effect of laser radiation on liquid evaporation from a bounded cavity // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2022, v. 194, no. 123007. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2022.123007 (Web of Science, Scopus, РИНЦ)
23. Zadorin A.I. Approaches to constructing two-dimensional interpolation formulas in the presence of boundary layers // *Journal of Physics: Conference Series*. 2022. v. 2182. no. 012036. DOI: 10.1088/1742-6596/2182/1/012036 (Scopus, РИНЦ)
24. Zadorin A.I. Two-Dimensional Interpolation of Functions by Cubic Splines in the Presence of Boundary Layers // *Journal of Mathematical Sciences*. 2022, v. 267, no. 4. P. 511–518. DOI: 10.1007/s10958-022-06156-5 (Scopus, РИНЦ)
25. Zadorin A.I. Two-dimensional interpolation of functions with large gradients in boundary layers // *Сибирские электронные математические известия*. 2022. Т. 19, № 2. С. 688–697. DOI: 10.33048/semi.2022.19.057 (Web of Science, Scopus, MathSciNet, РИНЦ)
26. Zadorin A.I., Zadorin N.A. Application of the two-grid method for solving a singularly perturbed elliptic problem // *Problems of Computational and Applied Mathematics*. 2022, no. 2(39). P. 142–149. (РИНЦ)
27. Zadorin A.I., Zadorin N.A. Lagrange Interpolation and the Newton-Cotes Formulas on a Bakhvalov Mesh in the Presence of a Boundary Layer // *Computational Mathematics and Mathematical Physics*. 2022, v. 62, no. 3. P. 347–358. DOI: 10.1134/S0965542522030149 (Web of Science, Scopus, MathSciNet, РИНЦ)
28. Задорин А.И. Оценка погрешности двумерной сплайн-интерполяции при наличии пограничных слоев // *Прикладная математика и фундаментальная информатика*. 2021. Т. 8, № 4. С. 4–9. DOI: 10.25206/2311-4908-2021-8-4-4-9 (РИНЦ)

Публикации 2023 г.

1. Чуканов С.Н. Формирование признаков на основе методов вычислительной топологии // *Компьютерная оптика*. – 2023. – Т. 47. – № 3. – С. 482–490. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-1190. (Scopus, WoS)

2. Чуканов С.Н. Сравнение сложных динамических систем на основе топологического анализа данных // Компьютерные исследования и моделирование. – 2023. – Т. 15. – № 3. – С. 513–525. DOI: 10.20537/2076-7633-2023-15-3-513-525. (Scopus)
3. Чуканов С.Н., Чуканов И.С. Использование топологического анализа данных для визуализации выходной информации приборов // Научная визуализация. – 2023. – Т. 15. – № 2. – С. 11–21. DOI: 10.26583/sv.15.2.02. (Scopus)
4. Задорин А.И. Формулы численного дифференцирования функций с большими градиентами // Сибирский журнал вычислительной математики, 2023, т. 26, № 1, с. 17–26. DOI: 10.15372/SJNM20230102 (Scopus)
5. Задорин А.И. Анализ формул численного дифференцирования на сетке Бахвалова при наличии пограничного слоя // Журнал вычислительной математики и математической физики, 2023, т. 63, № 2, с. 218–226. (Scopus, Wef of Science)
6. Zykin S., Zykin V. The Boundary Identification Algorithm for a Process Control // Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics), Omsk, Russian Federation, 2022, pp. 1–4. DOI: 10.1109/Dynamics56256.2022.10014861. (Scopus) (опубликована 18 января 2023 г.)
7. Zykin S.V. Testing Dependencies and Inference Rules in Databases // Automatic Control and Computer Sciences, 2023, Vol. 57, No. 7, p. 788–802. (Scopus, WoS)
8. Trushlyakov V.I., Panichkin A.V., Lesnyak I.Y. Method for passivation of propellant residues in the orbital stage tank of the launch vehicle // Chinese Journal of Aeronautics, 2023. DOI: 10.1016/j.cja.2023.09.018 (Scopus, WoS)
9. Логинова И.О., Маренко В.А., Мильчарек Т.П. Когнитивное моделирование политического сознания человека // Сибирский психологический журнал. 2023. № 90. С. 65-81. (Scopus, WoS).
10. Kormiltseva E.A., Simonova N.Yu., Shmakova A.P., Filimonov V.A., Burmistrova N.A. The assessment of integrative potential of simple and compound interest models in increasing students' financial literacy. Science for Education Today, 2023, vol. 13 (5), p. 105–123. DOI: 10.15293/2658-6762.2305.05. (Scopus) (до октября 2023 года в elibrary журнал считался индексируемым в Scopus)
11. Zadorin A.I. Application a Taylor series to approximate a function with large gradients // Siberian Electronic Mathematical Reports, 2023, v. 20, № 2, pp. 1420-1429 (Scopus).
12. Чуканов С.Н., Чуканов И.С. Оценивание взаимодействия каналов сложных динамических систем на основе топологического анализа данных // Авиакосмическое приборостроение. – 2023. – № 9. – С. 18–23 (RSCI). DOI: 10.25791/aviakosmos.9.2023.1360.
13. Зыкин С.В., Зыкин В.С. Идентификация границы кластера в заданном направлении // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии, 2023, № 1, С. 96–105. DOI: 10.17308/sait/1995-5499/2023/1/96-105
14. Зыкин С.В. Обобщенные типизированные зависимости включения с неопределенными значениями в базах данных // Моделирование и анализ информационных систем. 2023. Т. 30. № 3. С. 192–201. DOI: 10.18255/1818-1015-2023-3-192-201
15. Чуканов С.Н., Чуканов И.С., Лейхтер С.В. Использование персистентной энтропии для топологического анализа данных // Математические структуры и моделирование. – 2023. – № 3. – Т. 67. – С. 94–103 (РИНЦ, zbMATH, MathSciNet), DOI: 10.24147/2222-8772.2023.3.94-103.
16. Багишева Н.В., Мордык А.В., Гольяпин В.В., Моисеева М.В., Батищева Т.Л., Ситникова С.В., Ширинская Н.В. Варианты прогноза эффективности терапии туберкулеза: в фокусе пациенты с хронической обструктивной болезнью легких // Медицинский альянс. 2023. Т. 11. № 1. С. 19–25. DOI: 10.36422/23076348-2023-11-1-19-25 (BAK)
17. Ляпин В.А., Маренко В.А., Елохова Ю.А., Ложников А.Е. Построение моделей на основе эмпирических данных по онкозаболеваемости населения // Информатика и

- системы управления. 2023. № 1 (75). С. 28–36. DOI: 10.22250/18142400_2023_75_1_28. (CrossRef, Категория K2)
18. Ляпин В.А., Маренко В.А. Статистический анализ и графические модели онкозаболеваемости населения // Информатика и системы управления. 2023. № 2 (76). С. 33–39. DOI: 10.22250/18142400_2023_76_2_33. (CrossRef, Категория K2)
 19. Маренко В.А., Лучко О.Н., Рыспаева Ч.К. Моделирование структуры мотивационного комплекса студента на примере педагогической деятельности // Наука о человеке: гуманитарные исследования. Т. 17. № 3. 2023. С. 143–150. DOI: 10.57015/issn1998-5320.2023.17.3.15 (Категория K1)
 20. Мильчарек Т.П., Мильчарек Н.А., Маренко В.А., Богза Е.А., Гришкина А.П. Когнитивное моделирование спектров современного политического сознания россиян // Вестник Омского университета. 2023. № 2. С. 6–17. DOI: 10.24147/2410-6364.2023.2.6-17. (CrossRef).
 21. Маренко В.А., Елохова Ю.А., Лучко О.Н., Колтошова Т.В. Когнитивная модель «Саморегуляция спортивной деятельности» // Физическая культура: воспитание, образование, тренировка. 2023. № 2. С. 45–47. (Категория K2)
 22. Филимонов В.А. Когнитивная инфраструктура коллективной деятельности // Когнитивные штудии: когнитивная наука и когнитивная психология : сб. материалов Междунар. научно-практической конференции, г. Минск, 25–26 мая 2023 г. / Белорус. гос. пед. ун-т им. М. Танка ; под ред. А. П. Лобанова. – Минск : БГПУ, 2023, С. 282–289.
 23. Филимонов В.А. Проблемы систем поддержки решений на примерах пандемии и спецоперации: ориентиры инженерного образования // Системы управления, информационные технологии и математическое моделирование : Материалы V Всеросс. научно-практической конференции с междунар. участием, Омск, 25–26 апреля 2023 года / Отв. редактор В.А. Бадрызов. – Омск: Омский государственный технический университет, 2023. – С. 15–20.
 24. Филимонов В.А. Ситуационные центры и «Парадокс фаустпатрона» // Памятные даты - дни воинской славы России. Посвящается 80-летию Курской битвы и 210-летию Битвы народов : Материалы Междунар. научно-практической конференции, Омск, 13 октября 2023 года / Под общей редакцией К.В. Костина. – Омск: Омский государственный технический университет, 2023. – С. 402–407.
 25. Филимонов В.А. Парадокс субъектности нейросетей // Робототехника и искусственный интеллект: Материалы XV Всеросс. научно-технической конференции с междунар. участием. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2023. – С. 216–219.
 26. Филимонов В.А., Когнитивные возможности и модели коллективных субъектов // Знания - Онтологии - Теории (ЗОНТ-2023): Материалы IX Междунар. конференции, – Новосибирск: Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, 2023. – С. 266–271.
 27. Нартов Б.К. Метод обращения поиска // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2024. №1. С. 24-28. (RSCI, CAS(pt)).
 28. Нартов Б.К., Полуянов А.Н. Алгоритмы поиска целей на маршрутах с риском // Прикладная физика и математика. 2023. № 12. С. 46-52. (РИНЦ, ВАК).

Публикации 2024 г.

- 1) Zykin S.V. , Poluyanov A.N. , Zykin V.S. Tool environment for editing spreadsheet applications // В сборнике International Scientific and Technical Conference "Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines" (Dynamics), IEEE, 2024. – С.1-5. (Scopus)
- 2) Zykin S.V. Minimal Covering of Generalized Typed Inclusion Dependencies in Databases // Automatic Control and Computer Sciences. 2024. V.58. N7. P. 319-328. DOI: 10.3103/S0146411624700457 (Scopus, WoS)

- 3) Zykin S.V. Generalization of Typed Inclusion Dependencies with Null Values in Databases // Automatic Control and Computer Sciences. 2024. V.58. N7. P. 117-124. DOI: 10.3103/S0146411624700317 (Scopus, WoS)
- 4) Зыкин С. В., Полуянов А.Н., Зыкин В.С. Редактирование данных с использованием модели «Трансформация» // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. 2024. Т. 34. Вып. 4. С. 400–412. DOI: 10.35634/vm240409 (Scopus, WoS)
- 5) Zadorin A.I. Formulas for Numerical Differentiation on a Uniform Mesh in the Presence of a Boundary Layer // Computational Mathematics and Mathematical Physics, 2024, v. 64, No 6. P. 1167-1175. DOI: 10.1134/S0965542524700416 (WoS, Scopus)
- 6) Задорин А.И. Анализ формул численного дифференцирования на равномерной сетке при наличии пограничного слоя // Труды Института математики и механики УрО РАН, 2024, т. 30, № 4, с. 106-116. DOI: 10.21538/0134-4889-2024-30-4-106-116 (Scopus).
- 7) Zadorin, A.I. Approximation of a function by polynomials in the presence of a region of large gradients // Siberian Electronic Mathematical Reports, 2024, v. 21, № 2, pp. 1108-1117. DOI: 10.33048/semi.2024.21.072 (WoS, Scopus)
- 8) Trushlyakov V.I., Lesnyak I.Y., Panichkin A.V. Method for passivation of propellant residues in orbital stage tank of launch vehicle // Chinese Journal of Aeronautics. 2024. V.37. No 1. 64-76. DOI: 10.1016/j.cja.2023.09.018 (WoS, Scopus)
- 9) Lozhnikov A. E., Luchko O. N., Ryspayeva Ch., Nyshanbai kyzy N., Marenko V. A.. The Cognitive Model “Self-regulation of Educational Activities” // 2024 IEEE 25th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM). June 28 - July 2, 2024. Altai Republic, Russia. ID: 730571. (Scopus).
- 10) Мильчарек Т.П., Мильчарек Н.А., Маренко В.А., Цветкова О.А., Сосковец А.В., Беликова Е.В., Шильников П.Ю., Медведева К.С. Общественная деятельность как инструмент профилактики фрустрации базовых потребностей и социально опасного поведения человека. Журн. Сиб. федер. ун-та. Гуманитарные науки. 2024. Т. 17, № 11. С. 2127-2141. (Scopus)
- 11) Kozlova O.A., Kopylova Y. V., Luchko O.N., Marenko V.A. Alternative Forms of Employment for Population in Rural Areas as Part of Sustainable Develop Problem: Cognitive Model // International scientific and practical conference “Smart cities and sustainable development of regions” (SMARTGREENS 2024): LLC Institute of Digital Economics and Law [ООО «Institut tsifrovoy ekonomiki i prava»]. – Yekaterinburg. 2024. pp. 792-796. (Scopus)
- 12) Filimonov V. System analysis, artificial intelligence and cognitive graphics for decision-making in emergency situations // В сборнике International Scientific and Technical Conference "Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines" (Dynamics), IEEE, 2024. – С.1-7. (Scopus)
- 13) Зыкин С.В. Минимальное покрытие обобщенных типизированных зависимостей включения в базах данных. Моделирование и анализ информационных систем. 2024. Т. 31, № 1. С. 78-89. DOI: 10.18255/1818-1015-2024-1-78-89 (ядро РИНЦ)
- 14) Задорин А.И. Формулы численного дифференцирования на равномерной сетке при наличии пограничного слоя // Журнал вычислительной математики и математической физики, 2024, т. 64, № 6, с. 31-40. (ядро РИНЦ)
- 15) Кормильцева Е. А. и др. Определение и оценка функций педагога-продюсера для подготовки экономистов в современных условиях цифровизации системы образования / Е.А. Кормильцева, Е. А. Сокур, В. А. Филимонов , А.П. Шмакова, Н.А. Бурмистрова // Science for Education Today. – 2024. – Т. 14, № 1. – С. 149-166. – DOI 10.15293/2658-6762.2401.07. (ядро РИНЦ)
- 16) Чуканов С. Н., Чуканов И. С., Лейхтер С. В. Дифференциальная игра «преследование–уклонение» на основе обучения с подкреплением // Математические структуры и

- моделирование. 2024. Т. 71, №. 3. С. 84-93. DOI 10.24147/2222-8772.2024.3.84-93 (РИНЦ, zbMATH, MathSciNet)
- 17) Паничкин А.В., Варепко Л.Г. Численное моделирование конечно-разностным методом динамических характеристик двух вращающихся цилиндров при протекании пленки вязкой несжимаемой жидкости // Математические структуры и моделирование, 2024, № 2, с. 1–12. DOI 10.24147/2222-8772.2024.2.1-12. (РИНЦ, zbMATH, MathSciNet)
 - 18) Ложников А.Е., Маренко В.А. Саморегуляция учебной деятельности студента: когнитивный подход // GraphiCon 2023: труды 33-й Международной конференции по компьютерной графике и машинному зрению (Омск, 17–19 сент. 2024 г.). – Омск: ОмГТУ, 2024. С. 1003-1009. DOI: 10.25206/978-5-8149-3873-2-2024-1003-1009
 - 19) Маренко В.А., Мильчарек Т.П., Мильчарек Н.А. Моделирование агрессивности и экстремистской направленности личности в условиях обострения социальной напряженности // Информатика и системы управления. 2024. № 3(81). С. 38-46. DOI: 10.22250/18142400_2024_81_3_38.
 - 20) Маренко В.А., Мильчарек Т.П., Сосковец А.В. Построение и анализ моделей «Риск распространения наркомании» // Информатика и системы управления. 2024. № 1 (79). С. 25-34. DOI: 10.22250/18142400_2024_79_1_25
 - 21) Маренко В.А., Лучко О.Н. Изучение аспектов регионального развития / Прикладные аспекты математики и естественных наук в образовании, технике и экономике : Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию кафедры математики. – Молодежный: Изд-во Иркутский ГАУ, 2024. С. 18-23.
 - 22) Маренко В.А., Мильчарек Т.П., Мильчарек Н.А. Модели диагностики агрессивности индивида в условиях обострения социальной напряженности / Сб.материалов 12-ой Международной конференции «Физико-техническая информатика». СРТ2024 16-18 апреля 2024 г. Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН г. Пущино, Московская область. С. 153-159.
 - 23) Нартов Б.К. Метод обращения поиска // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2024. №1. С.24-28. (RSCI) DOI: 10.25791/pribor.2024.1467
 - 24) Filimonov V. Remarks on the draft of the fundamental theory of mind // 14th International Multiconference on “Bioinformatics of Genome Regulation and Structure/Systems Biology”, BGRS/SB-2024. 5-10 августа, Новосибирск // Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики СО РАН (ИЦиГ СО РАН), совместно с Новосибирским государственным университетом и Научным советом по биоинформатике СО РАН (4 стр.)
 - 25) Филимонов В.А. Пятна на ясном Солнце или проблемы Цифровой Земли у коллективных субъектов // 34-я международная конференция ГрафиКон2024, 17-19 сентября 2024 г. , Омск (5 стр.) Spots In The Clear Sun or Problems of the Digital Earth for Collective Subjects (2024-11-26) DOI: 10.25206/978-5-8149-3873-2-2024-697-700 (Orchid)
 - 26) Филимонов В.А. Когнитивная визуализация для эксперимента с использованием психолингвистики и нейросети // Всероссийская национальная научно-практической конференция «Психология и информационные технологии: перспективы взаимодействия», 27 - 28 сентября 2024 г.- Владивосток, Владивостокский государственный университет, (4 стр.).
 - 27) Филимонов В.А. Компетентность нейросетей требует проверки // Робототехника и искусственный интеллект: Материалы XVI Всеросс. научно-технической конференции с междунар. участием. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2024. – (4 стр.)
 - 28) Филимонов В. А. Системный анализ трёх миров для инженерного образования // ИТ. Наука. креатив. Материалы I Международного форума: в 5-ти томах. Том 5. Системы управления, информационные технологии и математическое моделирование, Омск,

14–16 мая 2024 года. – Москва: "Издательско-книготорговый центр "Колос-с", 2024. – С. 172-176.

- 29) Филимонов В. А. Коммуникация, ТРИЗ, искусственный интеллект: три активные добавки в учебные программы // Динамика развития системы военного образования : Материалы VI Международной научно-практической конференции, Омск, 14 марта 2024 года. – Омск: Омский гос. технический ун-т, 2024. – С. 429-430.
- 30) Филимонов В. А. Математика для чрезвычайных ситуаций. Краткий курс эксперта // Методика преподавания математических и естественно-научных дисциплин: современные проблемы и тенденции развития : материалы XI Всероссийской научно-практической конференции, Омск, 27 июня 2024 года. – Омск: Омский гос. ун-т им. Ф.М. Достоевского, 2024. – С. 196-200.
- 31) Лесник И.Ю., Паничкин А.В., Урбанский В.А. Математическое моделирование процесса сушки пшеницы при акустико-вакуумном воздействии / Динамика систем, механизмов и машин, 2023. Том11, 1. – С.10-15. DOI: 10.25206/2310-9793-2023-11-1-10-15
- 32) Чуканов С. Н., Чуканов И. С., Лейхтер С. В., Калекина А. В., Чернуха И. Е. Адаптивное обучение нечетких когнитивных карт // Математические структуры и моделирование. 2024. №. 4 (72). С. 91–96. (РИНЦ, zbMATH, MathSciNet)

Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях:

Доклад 1.

- 1) Наименование доклада: Применение ряда Тейлора для приближения функций при наличии области больших градиентов
- 2) Дата доклада: 22.05.2024
- 3) Место проведения конференции: Россия, Омск, ОМГТУ.
- 4) Название конференции: XIV Международная молодежная научно-практическая конференция с элементами научной школы «Прикладная математика и фундаментальная информатика»
- 5) Статус конференции: Международная
- 6) Статус доклада: Пленарный
- 7) Авторы: Задорин А.И.
- 8) Докладчик: Задорин А.И.
- 9) Ссылка на web-страницу: <https://conferences.omgtu.ru/conference/KONFPMFI?pos=3>

Доклад 2.

- 1) Наименование доклада: Анализ подходов к построению формул численного дифференцирования при наличии пограничного слоя
- 2) Дата доклада: 12.11.2024
- 3) Место проведения конференции: Россия, Омск, ОМГТУ.
- 4) Название конференции: 18-я Международная научно-техническая конференция “Динамика систем, механизмов и машин”.
- 5) Статус конференции: Международная
- 6) Статус доклада: Секционный
- 7) Авторы: Задорин А.И.
- 8) Докладчик: Задорин А.И.
- 9) Ссылка: <https://conferences.omgtu.ru/conference/DYNAMICS2024?pos=13>

Доклад 3.

- 1) Наименование доклада: Саморегуляция учебной деятельности: когнитивный подход
- 2) Дата доклада: 18.09.2024
- 3) Место проведения конференции: Россия, Омск
- 4) Название конференции: 34-я Международная конференция ГрафиКон 2024
- 5) Статус конференции: Международная
- 6) Статус доклада: Секционный

7) Ф.И.О. Авторы: Маренко В.А. , Ложников А.Е.

8) Докладчик: Ложников А.Е.

9) Ссылка на web-страницу: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/10614947/proceeding>

Доклад 4.

1) Наименование доклада: Модели диагностики агрессивности индивида в условиях обострения социальной напряженности

2) Дата доклада: 18.04.2024

3) Место проведения конференции: Россия, г. Пущино, Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН

4) Название конференции: 12-ая Международная конференции «Физико-техническая информатика» СРТ2024

5) Статус конференции: Международная

6) Статус доклада: Секционный

7) Ф.И.О. Авторы: Маренко В.А. , Мильчарек Т.П, Мильчарек Н.А.

8) Докладчик: Маренко В.А.

9) Ссылка на web-страницу: <http://cpt.srcipt.ru>

Доклад 5.

1) Наименование доклада: Изучение аспектов регионального развития

2) Дата доклада: 23.05.2024

3) Место проведения конференции: Россия, п.Молодежный, ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ

4) Название конференции: научно-практическая конференция Прикладные аспекты математики и естественных наук в образовании, технике и экономике

5) Статус конференции: Международная

6) Статус доклада: пленарный

7) Ф.И.О. Авторы: Маренко В.А. , Лучко О.Н.

8) Докладчик: Маренко В.А.

9) Ссылка на web-страницу: <https://irsau.ru/structure/science/news.php?mod=show&nid=1988>

Доклад 6.

1) Наименование доклада: The Cognitive Model “Self-regulation of Educational Activities”

2) Дата доклада: 30.06.2024

3) Место проведения конференции: Россия, Республика Алтай (НГТУ)

4) Название конференции: 2024 IEEE 25th International Conference of Young Professionals in Electron Devices and Materials (EDM)

5) Статус конференции: Международная

6) Статус доклада: секционный

7) Ф.И.О. Авторы: А. Е. Lozhnikov, O. N. Luchko, Ch. Ryspayeva, N. Nyshanbai kyzy, V. A. Marenko

8) Докладчик: Lozhnikov A.E.

9) Ссылка на web-страницу: <https://edm.ieeesiberia.org>

Доклад 7.

1) Наименование доклада: System analysis, artificial intelligence and cognitive graphics for decision-making in emergency situations (IEEE)

2) Дата доклада: 11.11.2024

3) Место проведения конференции: Россия, Омск

4) Название конференции, семинара: XVIII Международная IEEE научно-техническая конференция "Динамика систем, механизмов и машин"

5) Статус конференции: Международная

6) Статус доклада: Секционный

7) Ф.И.О. Филимонов В.А

8) Докладчик: Филимонов В.А.

9) Ссылка на web-страницу:

<https://conferences.omgtu.ru/document/c6ffa460-6a6e-462f-9a93-a49dc3eb4d78.pdf>

Доклад 8.

- 1) Наименование доклада: Пятна на ясном Солнце или проблемы Цифровой Земли у коллективных субъектов
- 2) Дата доклада: 18.09.2024
- 3) Место проведения конференции: Россия, Омск
- 4) Название конференции, семинара: 34-я Международная конференция ГРАФИКОН-2024
- 5) Статус конференции: Международная
- 6) Статус доклада: Секционный
- 7) Ф.И.О. Филимонов В.А
- 8) Докладчик: Филимонов В.А.
- 9) Ссылка на web-страницу: <https://en.graphicon.srscript.ru/participants/program/>

Доклад 9.

- 1) Наименование доклада: Замечания к проекту фундаментальной теории разума: Remarks on the draft of the fundamental theory of mind
- 2) Дата доклада: 09.08.2024
- 3) Место проведения конференции: Россия, Новосибирск
- 4) Название конференции, семинара: 14-я Международная Мультиконференция "Биоинформатика регуляции и структуры геномов / системная биология"
- 5) Статус конференции: Международная
- 6) Статус доклада: Секционный
- 7) Ф.И.О. Филимонов В.А
- 8) Докладчик: Филимонов В.А.
- 9) Ссылка: <https://bgrssb.icgbio.ru/2024/wp-content/uploads/sites/4/2024/08/Programma-BGRS2024.pdf>

Доклад 10.

- 1) Наименование доклада: Инструментальная среда для редактирования табличных приложений
- 2) Дата доклада 13.11.2024
- 3) Место проведения конференции: Россия, Омск, ОмГТУ.
- 4) Название конференции: XVIII Международная научно-техническая конференция "Динамика систем, механизмов и машин" (Динамика)
- 5) Статус конференции: Международная
- 6) Статус доклада: Секционный
- 7) Авторы: Зыкин С.В., Полуянов А.Н., Зыкин В.С.,
- 8) Докладчик: Зыкин С.В.
- 9) Ссылка на web-страницу: <https://conferences.omgtu.ru/conference/DYNAMICS2024>

Доклад 11.

- 1) Наименование доклада: Анализ зависимостей соединения в базах данных
- 2) Дата доклада 19.07.2024
- 3) Место проведения конференции: Россия, Омск, ОФ ИМ СО РАН.
- 4) Название конференции: Комбинаторно-вычислительные методы алгебры и логики (КВМАЛ)
- 5) Статус конференции: Международная
- 6) Статус доклада: Пленарный
- 7) Авторы: Зыкин С.В.
- 8) Докладчик: Зыкин С.В.
- 9) Ссылка на web-страницу: <https://kvmalconf.oscsbras.ru/index.php?page=program>

Доклад 12.

- 1) Наименование доклада: Обобщение ссылочных ограничений целостности в базах данных
- 2) Дата доклада 23.05.2024
- 3) Место проведения конференции: Россия, Омск, ОмГТУ.

- 4) Название конференции: XIV Международная молодежная научно-практическая конференция с элементами научной школы «Прикладная математика и фундаментальная информатика»
- 5) Статус конференции: Международная
- 6) Статус доклада: Пленарный
- 7) Авторы: Зыкин С.В.
- 8) Докладчик: Зыкин С.В.
- 9) Ссылка на web-страницу: <https://conferences.omgtu.ru/conference/KONFPMFI?pos=3>

Публикации 2025 г.

Публикации (типа article и review) в научных журналах, индексируемых в международных базах научного цитирования (Web of Science Core Collection и (или) Scopus), БС

1. Trushlyakov, A.V. Panichkin, I.Y. Lesnyak. Influence of floating bubbles in a liquid layer on temperature measurements under acoustic-vacuum exposure // International Journal of Thermal Sciences, Volume 209, 2025, 109561. DOI: 10.1016/j.ijthermalsci, 2024, 109561. (WoS, Scopus, БС-1, ядро РИНЦ)
2. Гольцяпин В.В., Спасская А.А., Говорова Н.В., Орлов Ю.П., Нестерова К.И. Динамика газового состава крови и КЩС при реконструкции стенозов трахеи в условиях специализированных методов респираторной поддержки // Анестезиология и реаниматология (Russian Journal of Anesthesiology and Reanimatology), 2025, 025(5), 42–48. DOI: 10.17116/anaesthesiology202505142 (Scopus, БС-1)
3. Zadorin, A.I. Application of Taylor's Formula to Polynomial Approximation of a Function of Two Variables with Large Gradients // Siberian Advances in Mathematics, 2025, V. 35, No. 1, p. 87–92. DOI: 10.1134/S1055134425010079 (WoS, Scopus, БС-2, Ядро РИНЦ)
4. Chukanov S., Chukanov I. Graph Recognition by Forming Wave Kernel Invariants // International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon-2025), IEEE, 25–28 Sept. 2025, Magnitogorsk, Russia, pp.180–186. DOI: 10.1109/UralCon67204.2025.11206641. (Scopus)
5. Trushlyakov V.I., Panichkin A.V., Lesnyak I.Y. Mathematical and computer models of the process of liquid filling a capillary in the system "experimental closed tank plus capillary" // Theoretical and computational fluid dynamics. 2025. Vol. .39. article number 51, pp. 1-16. DOI: 10.1007/s00162-025-00768-8 (WoS(Q2), Scopus(Q1), БС-1)
6. Зыкин С.В., Зыкин В.С., Шепелев Н.С. Синхронизация данных между таблицами специального вида и базой данных // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика. 2025. Т. 14, № 4. С. 25–39. (БС-3, Ядро РИНЦ)
7. Филимонов В.А. Концепция многодисциплинарного учебника в формате КоЛубок // Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского гос. ун-та. 2025. Т.17. №1. С.93–100. (БС-3)
8. Filimonov V. A. The Study of a Collective Personality for Designing of an Educational Process // In: J. Sib. Fed. Univ. Humanit. soc. sci., 2025, 18(11), 2309–2314. (БС-1)
9. Нестерова К.И., Нестерова А.А., Агаркова А.Ю., Миракян Р.Г., Волосникова А.Р., Ермолаева М.В., Терре В.В., Гольцяпин В.В. Сравнительное исследование эффективности комбинаций «антибиотик - глюкокортикостероид» при наружном диффузном отите. // Эффективная фармакотерапия. 2025. Т. 21. № 5. С. 44–52. DOI: 10.33978/2307-3586-2025-21-5-44-52 (БС-3)
10. Варепо Л.Г., Паничкин А.В., Трапезникова О.В. Численное моделирование двумерного протекания пленки вязкой несжимаемой жидкости между вращающимися цилиндрами для контроля пыления // Южно-Сибирский научный вестник. 2024. № 2(54). С. 123–131. (БС-3) (Опубликована в 2025 г.)

2. Публикации в РИНЦ:

1. Чуканов С. Н., Чуканов И. С., Лейхтер С. В. Обучение гранулярных когнитивных карт методом APSO // Математические структуры и моделирование. 2025. №. 2 (74). С. 123–130, DOI 10.24147/2222-8772.2025.2.123-130 (РИНЦ, zbMATH, MathSciNet)
2. Филимонов В.А. Ступенька обратной связи для Лестницы Причинности Дж. Перла // Математические структуры и моделирование. 2025. №4 (76),
3. Chukanov S., Chernukha I., Comparison of Graphs Based on the Formation of Heat Kernel Invariants, 2025 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics), Omsk, Russian Federation, 2025, pp. 1-4, doi: 10.1109/Dynamics68764.2025.11302150.
4. Chukanov S., Belik A.G., Tsyganenko V.N. Time series matching based on comparison of corresponding graphs В сборнике "Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines" (Dynamics-2025).–IEEE.,2025. DOI: 10.1109/dynamics68764.2025.11302194
5. Zykin S.V., Zharkikh A.A. A Tool Environment for Relational Database Design В сборнике "Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines" (Dynamics-2025).–IEEE.,2025.– С.1-5. DOI: 10.1109/dynamics68764.2025.11302159
6. Nartov B.K., Poluyanov A.N. On the inverse problems of trajectory control В сборнике "Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines" (Dynamics-2025).–IEEE.,2025. DOI: 10.1109/Dynamics68764.2025.11302178
7. Marenko V.A., Lozhnikov A.E. Analysis of Service Engineer Profession Models В сборнике "Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines" (Dynamics-2025).–IEEE.,2025. DOI: 10.1109/dynamics68764.2025.11302152

3. Статьи подготовленные к печати в 2025 году:

1. Ляпин В.А., Маренко В.А. Оценка состояния здоровья студентов с применением модели измерения Г.Раша // Здравоохранение РФ, 2025. (Scopus. БС-1, ядро РИНЦ) в печати.
2. Ляпин В.А., Маренко В.А. Модели удовлетворенности пациентов работой поликлиник // Здравоохранение РФ, 2025. (Scopus. БС-1, ядро РИНЦ) в печати.
3. Лучко О.Н., Маренко В.А., Ложников А.Е. Модели социального здоровья студентов // Наука о человеке: гуманитарные исследования. 2026. (БС-3). (в печати).
4. Анохина О.В., Ложников А.Е., Маренко В.А. Моделирование уровня критического мышления студентов на основе расчета латентных переменных // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. 2025. (БС-2) (в печати).

Доклады на ведущих международных научных (научно-практических) конференциях:

Доклад 1.

- 1) Наименование доклада: интерполяционные формулы для функций с большими градиентами и их применение
- 2) Дата доклада: 22.05.2025
- 3) Место проведения конференции: Россия, Омск, ОмГТУ.
- 4) Название конференции: XV Международная молодежная научно-практическая конференция с элементами научной школы «Прикладная математика и фундаментальная информатика»
- 5) Статус конференции: Международная
- 6) Статус доклада: Пленарный
- 7) Авторы: Задорин А.И.
- 8) Докладчик: Задорин А.И.
- 9) Ссылка на web-страницу: <https://conferences.omgtu.ru/conference/PMFI2025?pos=6>

Доклад 2.

- 1) Наименование доклада: Применение формулы Тейлора для приближения функций с погранслойной составляющей
- 2) Дата доклада: 11.11.2025
- 3) Место проведения конференции: Россия, Омск, ОМГТУ.
- 4) Название конференции: XIX Международная научно-техническая конференция "Динамика систем, механизмов и машин".
- 5) Статус конференции: Международная
- 6) Статус доклада: Секционный
- 7) Авторы: Задорин А.И.
- 8) Докладчик: Задорин А.И.
- 9) Ссылка: <https://conferences.omgtu.ru/conference/DYNAMICS2025?pos=10>

Доклад 3.

- 1) Наименование доклада: Graph Recognition by Forming Wave Kernel Invariants (IEEE explorer , Scopus)
- 2) Дата доклада: 25.09.2025
- 3) Место проведения конференции: Россия, Магнитогорск.
- 4) Название конференции: 2025 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon-2025)
- 5) Статус конференции: Международная
- 6) Статус доклада: Секционный
- 7) Авторы: Чуканов С.Н., Чуканов И.С.
- 8) Докладчик: Чуканов С.Н.
- 9) Ссылка: <https://doi.org/10.1109/UralCon67204.2025.11206641>

Доклад 4.

- 1) Наименование доклада: Comparison of graphs based on the formation of heat kernel invariants (IEEE Scopus)
- 2) Дата доклада: 11.11.2025
- 3) Место проведения конференции: Россия, Омск
- 4) Название конференции, семинара: XIX Международная IEEE научно-техническая конференция "Динамика систем, механизмов и машин"
- 5) Статус конференции: Международная
- 6) Статус доклада: Секционный
- 7) Ф.И.О. Чуканов С.Н.
- 8) Докладчик: Чуканов С.Н.
- 9) Ссылка на web-страницу:
<https://conferences.omgtu.ru/conference/DYNAMICS2025?pos=4> в печати

Доклад 5.

- 1) Наименование доклада: Time series matching based on comparison of corresponding graphs (IEEE Scopus)
- 2) Дата доклада: 11.11.2025
- 3) Место проведения конференции: Россия, Омск
- 4) Название конференции, семинара: XIX Международная IEEE научно-техническая конференция "Динамика систем, механизмов и машин"
- 5) Статус конференции: Международная
- 6) Статус доклада: Секционный
- 7) Ф.И.О. Чуканов С.Н., Белик А.Г., Цыганенко И.Н.
- 8) Докладчик: Чуканов С.Н.
- 9) Ссылка на web-страницу:
<https://conferences.omgtu.ru/conference/DYNAMICS2025?pos=4> в печати

Доклад 6.

- 1) Наименование доклада: Analysis of Service Engineer Profession Models. Paper Id: 1034206
- 2) Дата доклада: 12.11.2025

- 3) Место проведения конференции: г.Омск
- 4) Название конференции: XIX International Scientific and Technical Conference Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics)
- 5) Статус конференции: международная
- 6) Статус доклада: секционный
- 7) Авторы: Маренко В.А., Ложников А.Е.
- 8) Докладчик: Ложников А.Е.
- 9) Ссылка на web-страницу: <https://conferences.omgtu.ru/conference/DYNAMICS2025?pos=0>

Доклад 7.

- 1) Наименование доклада: Когнитивная модель профессии как средство профориентационной работы
- 2) Дата доклада: 11.12.2025
- 3) Место проведения конференции: г.Омск
- 4) Название конференции: «Педагогическая и психологическая наука – практике»
- 5) Статус конференции: международная
- 6) Статус доклада: секционный
- 7) Авторы: Анохина О.В., Лучко О.Н., Маренко В.А.
- 8) Докладчик: Лучко О.Н.
- 9) Ссылка на web-страницу: <https://www.omga.su/nauka/conference/calendar/>

Доклад 8.

- 1) Наименование доклада: On the inverse problems of trajectory control
- 2) Дата доклада: 11.11.2025
- 3) Место проведения конференции: Россия, Омск
- 4) Название конференции: XIX Международная научно-техническая конференция "Динамика систем, механизмов и машин"
- 5) Статус конференции: Международная
- 6) Статус доклада: Секционный
- 7) Авторы: Нартов Б.К., Полуянов А.Н.
- 8) Докладчик: Нартов Б.К.
- 9) Ссылка на web-страницу: <https://conferences.omgtu.ru/conference/DYNAMICS2025?pos=4>

Доклад 9.

- 1) Наименование доклада: Концепция интерфейса для гибридного субъекта
- 2) Дата доклада: 14.03.2025
- 3) Место проведения конференции: Россия, Омск
- 4) Название конференции: Математическое и компьютерное моделирование
- 5) Статус конференции: XII Международная научная конференция
- 6) Статус доклада: пленарный
- 7) Авторы: Филимонов В.А.
- 8) Докладчик: Филимонов В.А.
- 9) Ссылка на web-страницу: <http://fctk.omsu.ru/nauka/mcm.php>

Доклад 10.

- 1) Наименование доклада: Виртуальный семинар в Пещере Платона
- 2) Дата доклада: 11.11.2025
- 3) Место проведения конференции: Россия, Омск
- 4) Название конференции: Динамика систем, механизмов и машин
- 5) Статус конференции: XIX Международная IEEE научно-техническая конференция
- 6) Статус доклада: секционный
- 7) Авторы: Филимонов В.А.
- 8) Докладчик: Филимонов В.А.
- 9) Ссылка на web-страницу: <https://conferences.omgtu.ru/conference/DYNAMICS2025?pos=4>

Доклад 11.

- 1) Наименование доклада: Decoy Effect and Matching Law are Fundamental Properties of Animateness
- 2) Дата доклада: 23.10.2025
- 3) Место проведения конференции: Россия, Новосибирск
- 4) Название конференции: Знания – Онтологии –Теории» (ЗОНТ 2025) Статус конференции:
- 5) Статус конференции: X Международная конференция
- 6) Статус доклада: секционный
- 7) Авторы: Филимонов В.А.
- 8) Докладчик: Филимонов В.А.
- 9) Ссылка на web-страницу: <http://math.nsc.ru/conference/zont/25>

Доклад 12.

- 1) Наименование доклада: Когнитивная Технология Ситуационного Центра для Гибридного Субъекта
- 2) Дата доклада: 23.10.2025
- 3) Место проведения конференции: Россия, Новосибирск
- 4) Название конференции: Знания – Онтологии –Теории» (ЗОНТ 2025) Статус конференции:
- 5) Статус конференции: X Международная конференция
- 6) Статус доклада: секционный
- 7) Авторы: Филимонов В.А.
- 8) Докладчик: Филимонов В.А.
- 9) Ссылка на web-страницу: <http://math.nsc.ru/conference/zont/25>

Доклад 13.

- 1) Наименование доклада: Четвёртая парадигма науки и когнитивное моделирование: ориентиры образования для математиков
- 2) Дата доклада: 26.6.2025
- 3) Место проведения конференции: Россия, Омск
- 4) Название конференции: Методика преподавания математических и естественно-научных дисциплин: современные проблемы и тенденции развития
- 5) Статус конференции: XII Всероссийская научно-практическая конференция
- 6) Статус доклада: (пленарный, секционный, стендовый) Секционный
- 7) Авторы: Филимонов В.А.
- 8) Докладчик: Филимонов В.А.
- 9) Ссылка на web-страницу: <https://siblu.ru/nauchno-prakticheskaya-konferenciya-metodika-prepodavaniya-matematicheskikh-i-estestvennonauchnyh>

Доклад 14.

- 1) Наименование доклада: Инструментальная среда для проектирования реляционных баз данных
- 2) Дата доклада: 12.11.2025
- 3) Место проведения конференции: Россия, Омск
- 4) Название конференции: XIX Международная научно-техническая конференция «Динамика систем, механизмов и машин» (ДИНАМИКА 2025)
- 5) Статус конференции: международная
- 6) Статус доклада: секционный
- 7) Авторы: Зыкин С.В., Жарких А.А.
- 8) Докладчик: Зыкин С.В.
- 9) Ссылка на web-страницу: <https://conferences.omgtu.ru/conference/DYNAMICS2025?pos=4>

Доклад 15.

- 1) Наименование доклада: Формирование приложений с использованием модели "Трансформация"
- 2) Дата доклада: 22.05.2025

- 3) Место проведения конференции: Россия, Омск
- 4) Название конференции: XV международная молодежная научно-практическая конференция с элементами научной школы "Прикладная математика и фундаментальная информатика" (ПМиФИ 2025)
- 5) Статус конференции: международная
- 6) Статус доклада: пленарный
- 7) Авторы: Зыкин С.В., Зыкин В.С.
- 8) Докладчик: Зыкин С.В.
- 9) Ссылка на web-страницу: https://docs.google.com/document/d/1KxpQtJw6fX82xTgmUkMtGvayzPq52QsRpFHcCDo_inM/edit?tab=t.0

ПРИЛОЖЕНИЕ Б. КОПИЯ ПЛАНА НИР

План на 2025 год:

Будет разработан единый подход к формализации основных типов задач траекторного управления. Будет разработан метод исследования объектов как обобщение вариантов субъективной модели действий аналитика в задачах принятия решений. Будет проведено моделирование для подтверждения достоверности алгоритмов, использующих методы вычислительной топологии. Будет разработан пакет прикладных программ анализа данных, позволяющих: строить прогностические таблицы для социально значимых заболеваний и аллергопатологий. Будет разработан пакет прикладных программ, позволяющих оценивать аккредитационные показатели и давать прогноз по учебному процессу в целом. Будут разработаны вычислительные алгоритмы, адаптированные к наличию пограничных слоев, для моделирования течений вязкой жидкости.