

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования**

«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт математики, механики и компьютерных наук им. И. И. Воровича



Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития

**Материалы
XXXIII научной конференции
(Южный федеральный университет,
Ростов-на-Дону, 16 – 18 апреля 2026 г.)**

**Ростов-на-Дону – Таганрог
Издательство Южного федерального университета
2026**

УДК 004(063)
ББК 32.97я43
С568

Редакционная коллегия:

С. С. Михалкович, Г. В. Муратова, Е. Е. Блинова, Я. М. Демяненко,
В. В. Махно, О. А. Пичугина, С. А. Тряпичкин, В. Г. Цибулин

С568 Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития [Электронный ресурс] : Материалы XXXIII научной конференции (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 16 – 18 апреля 2026 г.) – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2025. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 15,5 Мб). – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Системные требования: процессор с тактовой частотой 1,5 ГГц и выше, 2 Гб оперативной памяти, Windows 7 SP1/8, 8.1/10 (32- и 64-разрядные версии), Windows 11 (64-разрядная версия), Acrobat Reader, привод DVD-ROM. – Загл. с экрана. – 592 с.

ISBN 978-5-9275-4918-4

В сборнике представлены доклады участников научной конференции «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития» (Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, 16 – 18 апреля 2026 г.).

Материалы публикуются в авторской редакции.

ISBN 978-5-9275-4918-4

УДК 004(063)
ББК 32.97я43

© Южный федеральный университет, 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ	15
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ Муратова Г. В.	15
ИНТЕГРАЦИЯ ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ GPT-АССИСТЕНТОВ КАК МОДЕЛИ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ЦИФРОВОЙ ПОДДЕРЖКИ В КУРСЕ «НЕПРЕРЫВНАЯ МАТЕМАТИКА» Абрамян А. В.	19
АУДИТОРНОЕ КОНТРОЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ В КУРСАХ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ И ЕГО АВТОМАТИЗАЦИЯ Абрамян М. Э.	23
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИИ-АССИСТЕНТОВ И LOGCODE-РЕШЕНИЙ В ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БАКАЛАВРОВ ФИИТ: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ Демяненко Я. М.	27
АСИМПТОТИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СТАЦИОНАРНЫХ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ ХИЩНИК-ЖЕРТВА С ИДЕАЛЬНЫМ СВОБОДНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ Зеленчук П. А.	31
ЦЕНТР ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА Махно В. В., Карякин М. И.	35
БИБЛИОТЕКА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ PASCALABC.NET: АРХИТЕКТУРА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ОБРАЗОВАНИИ Михалкович С. С.	39
ЗАДАЧА ИНТЕГРАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ УЗЛОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ Смагличенко А. В., Смагличенко Т. А.	44
ПРЕОДОЛЕНИЕ «ТЕОРЕТИЧЕСКОГО БАРЬЕРА» ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА СРЕДСТВАМИ NO-CODE ПЛАТФОРМ Цимбаленко А. В.	49
СЕКЦИЯ 1. СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕСУРСЫ	52
КОНТРОЛИРУЕМАЯ ИНТЕГРАЦИЯ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС: МНОГОУРОВНЕВАЯ АРХИТЕКТУРА УПРАВЛЕНИЯ Абрамян В. М.	52
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РАЗДЕЛА ОТЛАДКИ В ЗАДАЧНИКЕ PROGRAMMING TASKBOOK ВЕРСИЙ 4 И 5 Абрамян М. Э.	56
ПОДДЕРЖКА ЯЗЫКОВ ПЛАТФОРМЫ .NET ДЛЯ ЗАДАЧНИКА PROGRAMMING TASKBOOK 5 Абрамян М. Э., Ван Жуйян (王瑞阳 ¹ , Ван Цзяи (王嘉毅)	60

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ СБОРА ПОЛЕВЫХ ГЕОДАННЫХ В СОСТАВЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДАСТРОВОГО ИНЖЕНЕРА Алешин Д. С.	63
ПОЛУОБРАТНЫЙ МЕТОД В НЕЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ: ИНТЕГРАЦИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ И СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС Генералова А. А., Егорова С. А.	66
РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПОДБОРА ГОСТИНИЦ В Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ Гинис Л. А., Шпорт Р. В.	70
РОБАСТНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОРТФЕЛЕМ АКТИВОВ НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ Данилова Н. В., Темикпесан Ньерховво	74
КРОСС-ЯЗЫКОВАЯ НАВИГАЦИЯ МЕЖДУ GRAPHQL И TYPESCRIPT НА ОСНОВЕ ЛЕГКОВЕСНЫХ ГРАММАТИК С ANY И РАСШИРЕНИЙ ЯЗЫКА LAND Дроздов Д. С., Михалкович С. С.	78
К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТЕЙ ГОРОДА Закотин А. В.	82
АНАЛИЗ СТРУКТУРНОГО БАЛАНСА В МОДЕЛЯХ ВЗВЕШЕННЫХ ГРАФОВ ПОСРЕДСТВОМ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ Иванов М. А.	85
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ: АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ Корецкая О. С.	88
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ЭРГОДИЧЕСКИХ РЕСУРСНЫХ СЕТЕЙ С МАЛЫМ РЕСУРСОМ Кучеров К. В.	91
ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ АСПЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ Левонюк С. В., Морозов А. С.	94
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СУБМИЛЛИМЕТРОВЫХ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК Малышев И. В., Паршина Н. В., Дубченко Н. И., Николаев Е. В.	98
ИССЛЕДОВАНИЕ RAG-ПОДХОДОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ УЯЗВИМОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ Михайлишин А. С.	102
МЕТОД ПОДБОРА СХЕМЫ КОДИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МЕТРИК Могилевская Н. С., Юрасов А. И.	106
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И АНАЛИЗА СТЕРЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ЭЛЕМЕНТАМИ ВЕКТОРНОГО ИСЧИСЛЕНИЯ Остапенко А. А.	110

СФЕРИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ С МИНИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИЕЙ ЛЕННАРДА-ДЖОНСА: КАК ОБРАЗУЕТСЯ КВАДРАТНО-ТРЕУГОЛЬНЫЙ ПОРЯДОК?	
Рошаль Д. С., Голушко И. Ю., Коневцова О. В., Рошаль С. Б.	112
ПОСТРОЕНИЕ И ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ВЫЯВЛЕНИЯ ПИКОВ В СПЕКТРОГРАММАХ СИГНАЛОВ	
Синянский М.	114
СВЯЗИ “СОСТАВ – СТРУКТУРА – СВОЙСТВА” И ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН	
Тополов В. Ю.	118
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕКОМБИНАЦИОННОГО КАЛЬЦИЕВОГО ЛАЗЕРА ОТ ПАРАМЕТРОВ ВОЗБУЖДЕНИЯ АКТИВНОЙ СРЕДЫ	
Чеботарев Г. Д.	122
РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ ДЛЯ СОВМЕСТНОГО ПРОСМОТРА ФИЛЬМОВ	
Шлейкель К. А., Ячменева Н. Н.	125
ADAPTIVE ONLINE TIME SERIES FORECASTING: DESIGNING ROBUST HETEROGENEOUS ENSEMBLES USING RIVER – A COMPREHENSIVE COMPARATIVE ANALYSIS OF GAME-THEORETIC (EWA, ADANEDGE) AND ENGINEERING (STACKING, BAGGING) APPROACHES IN STREAM LEARNING	
Kashu Salumu Kisangasi, Rokhlin D. B.	127
FITTING NEURON MODELS TO EXPERIMENTAL DATA	
Liu Xiaolong	130
СЕКЦИЯ 2. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ	134
О ВЛИЯНИИ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ КРАЕВЫХ ДИСЛОКАЦИЙ НА ДЕФОРМИРОВАНИЕ УПРУГОГО БРУСА	
Бабичев М. С.	134
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗРАБОТАННЫХ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ЭВОЛЮЦИИ ФОРМЫ ЖИДКОГО ВКЛЮЧЕНИЯ, МИГРИРУЮЩЕГО В КРИСТАЛЛЕ, И РЕЗУЛЬТАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИХ ПОМОЩЬЮ	
Гармашов С. И.	137
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОГО ТЕПЛОПЕРЕНОСА В КРИСТАЛЛЕ, СОДЕРЖАЩЕМ ВКЛЮЧЕНИЕ ЖИДКОЙ ФАЗЫ	
Гармашов С. И., Музлова Е. Д.	142
ГЕНЕРАЦИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕМОВ 3-0 КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	
Горшков С. А., Оганесян П. А.	146
ПОСТРОЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ МОДЕЛЕЙ СЖАТИЯ ПОРИСТОГО ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ИЗОТРОПНОГО ЦИЛИНДРА	
Гусаков И. В., Нестеров С. А.	148
ОБРАТНАЯ КОЭФФИЦИЕНТНАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ НЕОДНОРОДНОЙ УПРУГОЙ ПРИЗМЫ	
Гусаков И. В., Узлов М. Н.	152

МЕХАНИЗМЫ ТРОМБООБРАЗОВАНИЯ В АОРТЕ: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ФАКТОРА ФОН ВИЛЛЕБРАНДА Зеленчук П. А.	155
ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗРЕЖЕННЫХ МАТРИЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА GPU С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛОЧНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ФОРМАТОВ ХРАНЕНИЯ Игнатенко И. Д., Крылов В. В.	159
АНАЛИЗ ПЕРЕНОСА И ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ПАССИВНЫХ ЧАСТИЦ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕЧЕНИЯХ В ЗАДАЧЕ КОНВЕКЦИИ ДАРСИ В ПРЯМОУГОЛЬНОМ КОНТЕЙНЕРЕ Лавриненко Н. В.	161
АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНОЙ LSTM+ПИД АРХИТЕКТУРЫ С МЕТАЭВРИСТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИЕЙ Литвинов Н. К., Дроботов Ю. Е.	165
АСИМПТОТИКА РЕШЕНИЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ТОЧКОЙ ПОВОРОТА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ К ПРАВИЛУ КВАНТОВАНИЯ БОРА–ЗОММЕРФЕЛЬДА Логинов Д. С., Каплицкий В. М.	170
УСКОРЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОБОБЩЁННОЙ ЗАДАЧИ НА СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ Мартынова Т. С., Муратова Г. В.	173
НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАДАЧИ ВЕРТИКАЛЬНОГО И КАВИТАЦИОННОГО УДАРА КРУГОВОГО ЦИЛИНДРА ПОД СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ЖИДКОСТИ Норкин М. В.	179
ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИИ КРЫЛА В ТРЕХМЕРНОМ ОДНОРОДНОМ ПОТОКЕ ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ Осяк А. А., Сумбатян М. А.	183
АЛГОРИТМ ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В СОЕДИНЕНИЯХ ТРУБ НА ОСНОВЕ ОТКРЫТОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ Рукавишников В. А., Ткаченко О. П., Цай В. С.	187
КВАЗИРАВНОМЕРНАЯ ТРИАНГУЛЯЦИЯ МНОГОСВЯЗНОЙ ДВУМЕРНОЙ ОБЛАСТИ В ЗАДАЧЕ НЕЙМАНА ДЛЯ СИСТЕМЫ ЛАМЕ Рукавишников В. А., Чемоданов А. А.	191
БИГАРМОНИЧЕСКАЯ КРАЕВАЯ ЗАДАЧА БЕЗ СМЕШАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ В R^N-ОБОБЩЁННОМ РЕШЕНИИ Рукавишников В. А., Юров Я. В., Рукавишникова Е. И.	195
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ОКСИДА МЕДИ Саенко А. В., Козюменко К. А., Смирнов В. А.	199
РАСЧЕТНАЯ СХЕМА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛОСКИХ КОНВЕКТИВНЫХ ДВИЖЕНИЙ В ДВУХСЛОЙНОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ Селищев А. А.	203

ТОЧНАЯ ЛУЧЕВАЯ ТРАЕКТОРИЯ В ДВУХ ГРАДИЕНТНОЙ СРЕДЕ: ИННОВАЦИОННЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ	207
Смагличенко Т. А., Смагличенко А. В., Саянкина М. К.	
ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АССИМПТОТИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СЛАБОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ	211
Старков М. А., Юров В. О.	
ПЛОТНЫЕ УПАКОВКИ ДИСКОВ И ЭЛЛИПСОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДОРОВОГО И РАКОВОГО ЭПИТЕЛИЯ	214
Федоренко К. К., Рошаль Д. С., Рошаль С. Б., Багдигиян С.	
ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПОЛОГИИ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ЭВОЛЮЦИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ ПЛОСКИХ ЭЛЕКТРОУПРУГИХ ЗАДАЧ	216
Фоменко Е. И., Оганесян П. А.	
ПРИБЛИЖЕННЫЙ АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД В ЗАДАЧЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ МНОГОСЛОЙНЫМИ ПЕРИОДИЧЕСКИМИ СТРУКТУРАМИ, ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ	220
Черникова М. В., Сумбатян М. А.	
МЕТОДОЛОГИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ КОМПЕНСАЦИИ ГЛОБАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ КАМЕРЫ	225
Шишкина А. Д.	
СЕКЦИЯ 3. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ	229
КОНТРОЛИРУЕМОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ ПРОГРАММИРОВАНИЮ	229
Абрамян В. М.	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ: ВОЗМОЖНОСТИ И БАРЬЕРЫ ВНЕДРЕНИЯ	233
Бойко А. О.	
ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ К АНАЛИЗУ УЧЕБНЫХ ДАННЫХ	238
Глазко И. В.	
АНАЛИЗ ТИПИЧНЫХ ОШИБОК ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЕГЭ ПО ИНФОРМАТИКЕ НА PASCALABC.NET И МЕТОДИКА ИХ ПРОФИЛАКТИКИ	241
Горюшкина О. А.	
МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ЯЗЫКУ ПРОГРАММИРОВАНИЯ GO В СТАРШИХ КЛАССАХ В РАМКАХ ЭЛЕКТИВНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	245
Дорнес К. В., Шабас И. Н.	
РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ НАВЫКОВ ОБУЧАЮЩИХСЯ 8 КЛАССОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВПР ПО ИНФОРМАТИКЕ	249
Дубинина П. С., Кувшинова Е. Н.	
МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРЕДПРОФИЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ ИНФОРМАТИКЕ ПОСРЕДСТВОМ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	254
Зайнуллина И. В., Блинова Е. Е.	

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИБЛИОТЕКИ MANIM ДЛЯ СОЗДАНИЯ УЧЕБНЫХ ВИДЕОРОЛИКОВ НА ВНЕУРОЧНЫХ ЗАНЯТИЯХ ПО ИНФОРМАТИКЕ Захарова Д. А., Шабас И. Н.	259
МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ОСНОВНЫМ АЛГОРИТМИЧЕСКИМ КОНСТРУКЦИЯМ НА ЯЗЫКЕ PYTHON В СРЕДЕ БЛОЧНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ MAKEBLOCK Извозчикова В. Д.	263
ВИРТУАЛЬНЫЕ ЭКСКУРСИИ В СИСТЕМЕ СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ ИНФОРМАТИКЕ: ПРОБЛЕМАТИКА, АКТУАЛЬНОСТЬ И КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВОГО РЕСУРСА Ищенко П. А., Блинова Е. Е.	267
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТАМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА PYTHON В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ Кадилин Н. С., Кувшинова Е. Н.	271
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ РАБОТЕ С ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ ASTRA LINUX В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ Ковальчук А. А., Майер С. Ф.	276
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ИНТЕРАКТИВНОГО ПРАКТИКУМА ПО ИНФОРМАТИКЕ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 7 КЛАССА Корнева К. А.	281
МОБИЛЬНАЯ РАЗРАБОТКА НА ЯЗЫКЕ KOTLIN В ПРОФИЛЬНОЙ ШКОЛЕ Кувшинова Е. Н., Насибян А. А.	284
ПРОПЕДЕВТИКА АНАЛИЗА ДАННЫХ НА ЯЗЫКЕ PYTHON В УГЛУБЛЕННОМ КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ СТАРШЕЙ ШКОЛЫ Кувшинова Е. Н., Симонова В. С.	287
РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ НАВЫКОВ БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГЕНЕРАТИВНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА Кувшинова Е. Н., Стилиди К. В.	290
МЕТОД ПРОЕКТОВ В ОБУЧЕНИИ ВЕБ-ДИЗАЙНУ СТАРШЕКЛАССНИКОВ В РАМКАХ ФАКУЛЬТАТИВНОГО КУРСА Левченко А. А., Майер С. Ф.	294
ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО СТОРИТЕЛЛИНГА В ОБУЧЕНИИ ПРОГРАММИРОВАНИЮ ШКОЛЬНИКОВ Лисовская А. В.	299
МЕТОД ПРОЕКТОВ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРЕСА У ОБУЧАЮЩИХСЯ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ Марченко О. П.	302
ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОСОБИЙ В FIGMA ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ОГЭ ПО ИНФОРМАТИКЕ Махова А. Е., Блинова Е. Е.	305
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ «INFOGEN EDU» ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ КОМПЛЕКТА УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ИНФОРМАТИКЕ Мордюкова А. В.	309
ЭКОСИСТЕМА ИТ-ОБРАЗОВАНИЯ: СТРУКТУРА, УЧАСТНИКИ И ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ (НА ПРИМЕРЕ РОССИЙСКИХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ) Мышкова А. С.	313

ФОРМИРОВАНИЕ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ У ШКОЛЬНИКОВ ПОСРЕДСТВОМ РАЗРАБОТКИ УЧЕБНЫХ ВЕБ-САЙТОВ	
Нарыжная В. М.	317
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ ОСНОВАМ РОБОТОТЕХНИКИ УЧАЩИХСЯ 5–6 КЛАССОВ В РАМКАХ ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	
Непошивайленко М. А.	321
РОЛЬ СИСТЕМ ГЕНЕРАТИВНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТРАНСФОРМАЦИИ ХАРАКТЕРА УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ	
Полупанова И. И., Блинова Е. Е.	323
МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ ДЛЯ ПРОГРАММИСТОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СПО	
Селезнева В. В.	328
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ LIBREOFFICE В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ К ОГЭ ПО ИНФОРМАТИКЕ	
Стрелкова Е. Р., Майер С. Ф.	331
ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫЙ МАРШРУТ ОБУЧЕНИЯ В ЧАТ-БОТЕ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЕГЭ ПО ИНФОРМАТИКЕ	
Тихоненко М. И.	337
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ ПО МАТЕМАТИКЕ ПОСРЕДСТВОМ ГЕЙМИФИКАЦИИ	
Фидрик Ю. П., Блинова Е. Е.	340
РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ ПО ОБУЧЕНИЮ РАБОТЕ В СРЕДЕ «КУМИР»	
Фортуна А. А., Майер С. Ф.	345
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНЫХ ПОДХОДОВ К ОРГАНИЗАЦИИ СРЕДЫ ИЗУЧЕНИЯ БИБЛИОТЕК RYTHON В ШКОЛЕ	
Цыгикало С. С.	349
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТ-КАРТ НА УРОКЕ ИНФОРМАТИКИ КАК ИНСТРУМЕНТА УЧЕБНОЙ РЕФЛЕКСИИ	
Яровая Ж. С., Блинова Е. Е.	353
СЕКЦИЯ 4. РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР И МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ	358
КОНСТРУКТОР КУРСОВ ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ LEARNING UNITY	
Абрамян М. Э., Романько Д. А., Чжан Гэфань (张舸帆)	358
ПРОБЛЕМАТИКА ВНЕДРЕНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ VR/AR-ПОДХОДОВ	
Афанасьев В. А., Тясто С. А.	361
КОНТЕКСТУАЛЬНО-ЗАВИСИМАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ПЕРСОНАЖЕЙ И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ВИТРИНОЙ ИГРОВОГО МАГАЗИНА	
Бондаренко Д. В.	365
РАЗРАБОТКА ПОВЕДЕНЧЕСКОГО ДЕРЕВА В UNITY: ПЕРЕХОД ОТ OBJECT-ORIENTED PROGRAMMING К DATA-ORIENTED DESIGN	
Бурым В. Г.	367

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПОСТРОЕНИЕ СБАЛАНСИРОВАННОГО СЛЕВА К-МЕРНОГО ДЕРЕВА НА GPU С ПОМОЩЬЮ CUDA И ОПТИМИЗИРОВАННОЙ ПРЕФИКСНОЙ СУММЫ	
Вавилкин М. А.	370
ФОТОРЕАЛИСТИЧНЫЙ РЕНДЕРИНГ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЛАКОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ	
Деркунский Е. А., Демяненко Я. М.	374
ИНТЕРАКТИВНОЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ И ОЦЕНКИ ИГРЫ НА ПИАНИНО С ОТЧЁТАМИ СЕССИЙ И УМНОЙ ПРАКТИКОЙ	
Доц Е. А.	377
РЕАЛИЗАЦИЯ РАЗРЕЗАНИЯ 3D ОБЪЕКТОВ С АДАПТИВНОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ МАТЕРИАЛОВ	
Зиннатуллин К. С.	379
РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ШАХМАТНЫХ ПОЗИЦИЙ	
Калинин А. А., Абрамян А. В.	381
РАЗРАБОТКА ДОПОЛНЕНИЯ BLENDER ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ХУДОЖНИКОВ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЗИРОВАНИЯ 3D-ПЕРСОНАЖЕЙ ПО 2D ИЗОБРАЖЕНИЮ	
Колесникова Е. А.	385
РАЗРАБОТКА МНОГОЭТАПНОЙ ПЕКАРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ НА UNITY	
Котосонова А. В.	389
РАЗРАБОТКА ДИАЛОГОВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ С МЕХАНИКОЙ ТОРГА	
Макеев Т. А.	390
АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ОБУЧЕНИЯ АЛГОРИТМА ALPHAZERO ДЛЯ ИГРЫ CONNECT 4	
Попов Л. А.	391
МОДЕЛЬ ИГРОВЫХ ПРЕДМЕТОВ КАК ТОЧКА ИНТЕГРАЦИИ МЕХАНИК КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ В ЖАНРЕ «ТАЙКУН»	
Пригарин О. Ю.	395
РАЗРАБОТКА ПЛАГИНА ДЛЯ КОНВЕРТАЦИИ ШЕЙДЕРНЫХ ГРАФОВ ИЗ СРЕДЫ BLENDER В ИГРОВОЙ ДВИЖОК UNITY	
Селина М. К.	396
ИССЛЕДОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ ПОДХОДОВ К АВТОМАТИЧЕСКОМУ РАСПОЗНАВАНИЮ РЕЧИ	
Харина А. С., Абрамян А. В.	400
ПРОТОТИПИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОЙ СЛОЖНОСТИ И ДИНАМИЧЕСКОГО САУНДТРЕКА ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ	
Шишкина В. И.	404
СЕКЦИЯ 5. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОБРАЗОВАНИИ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ	406
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УСКОРЕНИЯ NEURAL RADIANCE FIELDS	
Айдинян Л. А.	406

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЧАТ-БОТОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН	
Бугаева И. А.	410
МАТЕМАТИКА НА СЛУЖБЕ ИНТЕЛЛЕКТА: МОДЕРНИЗАЦИЯ КУРСА ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ	
Бугаева И. А.	414
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ СВЧ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В КОСМОСЕ	
Волощенко П. Ю., Волощенко Ю. П.	417
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, УСТОЙЧИВОГО К РАДИАЦИИ	
Волощенко П. Ю., Волощенко Ю. П.	421
СИСТЕМА КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ТЕКСТОВ НА ОСНОВЕ PMI И TF-IDF ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СЕМАНТИЧЕСКИХ АССОЦИАЦИЙ	
Воронин Е. С.	425
ОЦЕНКА СПОСОБНОСТИ КОМПАКТНЫХ ВИЗУАЛЬНО-ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ИНТЕРПРЕТИРОВАТЬ УКАЗАТЕЛЬНЫЕ ЖЕСТЫ В РЕЖИМЕ ZERO-SHOT	
Гладкова К. Н., Демяненко Я. М.	428
КОСВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГИХ КОНСТАНТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MLP	
Гуцу А. А.	432
ОЦЕНКА ОТВЕТОВ LLM С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ RAG	
Жучков М. Ю., Ячменева Н. Н.	438
АГЕНТНАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ РАБОТЕ С VISUAL SCADA НА ОСНОВЕ ГРАФОВЫХ ИНДЕКСОВ И СПЕЦИФИКАЦИЙ	
Ивахненко В. М.	443
ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПАНЕЛИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОНЛАЙН-КУРСОВ	
Кайдашева Е. С.	446
ГЕНЕРАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИГОНАЛЬНЫХ МАСОК С УПРАВЛЯЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ИНПЕЙНТИНГА	
Карякин М. М.	449
ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПЕРЕВОДЕ С РУССКОГО НА АНГЛИЙСКИЙ	
Красноженов Е. Ю.	454
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОДХОДА В ОБРАЗОВАНИИ	
Крутенко Е. В.	458
РАЗРАБОТКА И СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КЛАССИФИКАЦИИ ШЛИФОВ	
Лунева А. А.	462
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ	
Макаренко Д. А.	464

ИМПУЛЬСНЫЕ НЕЙРОСЕТИ И ЗАДАЧИ ФИНАНСОВОЙ МАТЕМАТИКИ Мамедов Г. Э.	469
МЕТОД АУГМЕНТАЦИИ ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ АНАЛИЗА МИКРОВЫРАЖЕНИЙ Нежинский М. В.	471
КРАТКОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПРОФИЛЯ "БЫСТРО-ВОЛНОВОГО СНА" ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС Пономарев М. Б., Шепелев И. Е.	473
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЛАТЕНТНЫХ ПРОСТРАНСТВ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ Проскуряков А. А.	475
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ DEERSEEK КАК ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ Пустовалова О. Г.	479
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ ЦИФР НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ Рубашевская А. А.	483
РАЗРАБОТКА ИИ-АГЕНТА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ГЕНЕРАЦИИ РЕЧИ Сальников С. С., Ячменева Н. Н.	487
ДИСКРЕТНЫЕ АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ГАРМОНИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ Сторчевой А. Ю.	493
РАЗВЕРТЫВАНИЕ МОДЕЛИ YOLO НА НЕЙРОСЕТЕВОМ ПРОЦЕССОРЕ ASCEND 310B: КОНВЕРТАЦИЯ, ОПТИМИЗАЦИЯ И ИНФЕРЕНС НА ПЕРИФЕРИЙНОМ УСТРОЙСТВЕ Хачумов О. А.	497
ОБУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИИ ОПЕРАТОРОВ В СЕТЯХ КОЛМОГорова-Арнольда для обнаружения мультипликативных зависимостей Шепелев Д. И., Демяненко Я. М.	501
РАНЖИРОВАНИЕ ДОКУМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ В МНОГОЭТАПНЫХ ПОИСКОВЫХ СИСТЕМАХ Яценко А. А., Юрушкин М. В.	504
СЕКЦИЯ 6. ИНФОРМАЦИОННЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН В ВУЗЕ	507
ОБУЧЕНИЕ МАТЕМАТИКЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ В КОНТЕКСТЕ ШКОЛЬНОГО ОПЫТА ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ Дурягина В. В., Гамолина И. Э.	507
ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА ОБУЧЕНИЯ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКА» для инженерных специальностей университета Колпачев А. Б., Колпачева О. В.	512
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВНЕДРЕНИЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ФИЗИКЕ В ВУЗАХ Коноваленко С. П., Раткина А. Ю.	516
КАРТИНА МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ В ПЕРЕХОДНОМ ПЕРИОДЕ Кривша Н. С., Тетруашвили Е. В.	519

АДАПТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ БИОИНЖЕНЕРИЯ И БИОИНФОРМАТИКА Кузнецова Е. М.	523
ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС: АНАЛИЗ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ОПЫТА И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ Махно А. С.	526
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МАСТЕРСКИХ ПО КУРСУ «ИНФОРМАТИКА» ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ Номерчук А. Я., Заргарян Е. В., Заргарян Ю. А.	529
ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МАСТЕРСКИХ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ Пичугина О. А., Костецкая Г. С.	533
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАТИКИ В ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ: ДИХОТОМИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО И DATA-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДОВ Пучкова Т. В.	537
ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БОЛЬШОЙ ЯЗЫКОВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СТУДЕНЧЕСКИХ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ Раевская С. И.	541
УЧЕТ ИЗМЕНЕНИЙ В МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЕ ЕДИНИЦ СИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ “ФИЗИКА” В ВУЗЕ Тополов В. Ю.	545
СЕКЦИЯ 7. ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРУКТУР УПРАВЛЕНИЯ УНИВЕРСИТЕТОМ	549
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УНИВЕРСИТЕТА НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ Бережной М. А., Цихоня Н. А.	549
СЕРВИС ЗАПИСИ И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЁТА ПОСЕЩЕНИЙ СПОРТИВНЫХ СЕКЦИЙ (ЗАНЯТИЙ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ) ОБУЧАЮЩИМИСЯ ЮФУ Галушко Е. В.	552
ИНТЕГРАЦИЯ MODEUS С 1С-УНИВЕРСИТЕТ: ФИКСАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ Гнилицкий Д. К., Рудько Е. А.	555
МИГРАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ДИСЦИПЛИНОЙ «ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК» НА ПЛАТФОРМУ MODEUS В ЮЖНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ Губская Н. В.	559
ТРАНСФОРМАЦИЯ ВЕДЕНИЯ ОПЕРАТИВНОГО УЧЕТА ПРОЖИВАЮЩИХ В ОБЩЕЖИТИЯХ УНИВЕРСИТЕТА КАК ФАКТОР ДОСТИЖЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ Косицына И. В.	562
СЦЕНАРНЫЙ АНАЛИЗ РЕГЛАМЕНТОВ PERFORMANCE REVIEW В ТРЁХУРОВНЕВОЙ ИЕРАРХИИ УПРАВЛЕНИЯ: СТАЦИОНАРНАЯ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ И ЧИСЛЕННЫЙ АЛГОРИТМ Кравцов М. С.	566
АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ ИЗ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА) Павлов Г. П.	570

**КОНЦЕПЦИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЛАТФОРМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В РАМКАХ ИНФРАСТРУКТУРЫ УЧРЕЖДЕНИЙ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Проскуряков А. А., Зрятчиков А. А.

574

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

Муратова Г. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук*

им. И. И. Воровича,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: muratova@sfedu.ru

Ежегодная научная конференция «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития» в 2026 году проводится в 33 раз. Такой долгий путь конференция выдержала благодаря тому, что ежегодно содержание ее обновляется. Конференция давно стала форумом, объединяющим несколько площадок для обсуждения самых актуальных тем. Традиционно конференция собирает известных ученых, экспертов, молодых исследователей для рассмотрения наиболее важных проблем и достижений в области информационно-коммуникационных технологий. В 2026 году основными направлениями работы конференции стали современные научно-образовательные информационные технологии и ресурсы, вычислительная механика и ее приложения, актуальные проблемы цифровой трансформации образования, разработка компьютерных игр и мобильных приложений, искусственный интеллект в образовании и научных исследованиях, информационные и методические аспекты преподавания фундаментальных дисциплин в вузе, цифровая трансформация структур управления университетом.

Сфера информационных технологий показывает наиболее быстрые темпы развития. Это отражается в постоянном увеличении количественных и качественных показателей существующих методов и средств, а также в появлении принципиально новых алгоритмов, понятий и приемов. В таких условиях научные исследования в области ИТ и дальнейшее внедрение полученных результатов, самых современных ИТ-разработок имеют решающее значение для развития многих сфер экономики и общества в целом.

Какие же основные тренды отмечают эксперты в нынешнем году? Среди актуальных направлений развития ИТ-технологий можно выделить несколько ключевых областей, которые активно трансформируют отрасль и находят применение в различных сферах жизни [1].

Уже не первый год все эксперты на первое место ставят развитие и внедрение во все виды деятельности **искусственного интеллекта (ИИ)** и **машинного обучения (ML – machine learning)**. ИИ и ML продолжают

оставаться в центре внимания благодаря способности автоматизировать сложные задачи, анализировать большие объёмы данных и создавать интеллектуальные системы. Среди наиболее востребованных направлений развития и использования ИИ прогнозная аналитика, используемая в бизнесе и науке, распознавание речи и естественного языка, что важно для создания голосовых помощников, чат-ботов и систем обработки текстов, обработка изображений и видео, активно используемая в медицине (диагностика по снимкам), безопасности (распознавание лиц) и других областях. Эксперты называют также квантовый ИИ, который объединяет квантовые вычисления и машинное обучение, что открывает новые возможности для решения сложных задач. [2].

Отдельной большой темой для обсуждения является использование ИИ в образовании и необходимость трансформации образовательной сферы. Этой теме посвящены многие исследования, а также обсуждения в рамках нашей конференции [3].

Квантовые вычисления, криптография и сенсорика считаются прорывными направлениями. Квантовые вычисления: позволяют решать задачи, недоступные классическим компьютерам, например, моделирование сложных молекул, оптимизация логистических маршрутов, анализ больших данных. Квантовая криптография обеспечивает теоретически неуязвимую передачу данных за счёт принципов квантовой механики. Квантовые сенсоры используются для сверхточных измерений в медицине, геологии, навигации и других сферах [4].

Продолжают эволюционировать **облачные решения**, предлагая всё более гибкие и мощные инструменты для бизнеса и частных пользователей. Тенденции их развития включают гибридные и мультиоблачные среды, сочетающие частные и публичные облака, а также использующие нескольких облачных провайдеров для повышения гибкости и надёжности.

Благодаря возможности обработки больших данных и ML в облаке, облачные сервисы становятся основой для обучения нейронных сетей и анализа данных.

С ростом цифровизации **кибербезопасность** становится критически важной областью. Актуальными направлениями являются защита от новых угроз, включающая борьбу с фишингом, вредоносным ПО, программами-вымогателями, DDoS-атаками (Distributed Denial of Service) и социальной инженерией. Развивается многофакторная аутентификация и шифрование, происходит внедрение продвинутых методов аутентификации и защиты данных. Важным направлением эксперты считают обучение и осведомлённость пользователей, повышение грамотности в области кибербезопасности среди сотрудников и пользователей.

Отмечается развитие **интернета вещей** (IoT – Internet of Things). IoT продолжает проникать в различные сферы, от быта до промышленности.

Ключевыми направлениями являются промышленный IoT: мониторинг оборудования, прогнозирование поломок, оптимизация производственных процессов; умный город: управление инфраструктурой (освещение, транспорт, экология) с помощью IoT-сенсоров; медицина: использование умных устройств для мониторинга здоровья, диагностики и телемедицины; сельское хозяйство: автоматизация полива, контроль состояния животных, оптимизация урожайности и др. [5].

Эти направления взаимосвязаны и часто дополняют друг друга. Например, квантовые вычисления могут ускорить обработку данных в ИИ-системах, а облачные технологии предоставляют инфраструктуру для развёртывания IoT-решений. Развитие этих областей определяет будущее ИТ-индустрии и влияет на многие аспекты жизни общества.

Возвращаясь к теме ИИ, следует отметить возможности и риски, которые существуют в активном внедрении технологий искусственных нейронных сетей. Д. А. Марков, генеральный директор компании VisionLabs, отметил: «У искусственного интеллекта нет ни амбиций, ни эмоций, он опирается только на ту критериальную базу, которая ему задана. В этом смысле он лучше обычного человека с его страхами, сомнениями, интригами» [6].

Эксперты отмечают следующие возможности внедрения ИИ:

- Автоматизация рутинных процессов. ИИ способен выполнять повторяющиеся задачи быстрее и точнее человека, что позволяет высвободить время сотрудников для более творческой и стратегической работы.
- Повышение эффективности и снижение затрат. Внедрение ИИ в производство, логистику, финансы и другие сферы позволяет оптимизировать процессы, сократить издержки и повысить производительность.
- Улучшение качества принятия решений. Системы ИИ анализируют большие объёмы данных, выявляют закономерности и делают прогнозы, что помогает принимать более обоснованные и своевременные решения.
- Персонализация услуг. ИИ позволяет создавать индивидуальные предложения для клиентов в ритейле, медицине, образовании и других сферах, повышая удовлетворённость и лояльность.
- Развитие новых продуктов и сервисов. Технологии ИИ лежат в основе инновационных решений: беспилотного транспорта, умных помощников, систем диагностики заболеваний и т. д.
- Поддержка научных исследований. ИИ ускоряет обработку научных данных, помогает в моделировании сложных процессов и поиске новых решений в биологии, химии, физике и других областях.

Однако существуют определенные **риски внедрения ИИ** [7].

- Этические и социальные вопросы. Возможна дискриминация из-за предвзятости алгоритмов, нарушение приватности, а также вопросы ответственности за решения, принятые ИИ.

- Замещение рабочих мест. Автоматизация может привести к сокращению определённых профессий, что требует переобучения и адаптации рынка труда.
- Безопасность и кибератаки. Системы ИИ могут стать объектом хакерских атак, а также использоваться для создания вредоносного ПО или дезинформации.
- Ошибки и непредсказуемость. ИИ может принимать неверные решения из-за недостаточного качества данных или особенностей обучения, что особенно критично в медицине, транспорте и финансах.
- Зависимость от технологий. Чрезмерная автоматизация повышает уязвимость систем к сбоям и ошибкам, а также снижает человеческий контроль.

Минимизация рисков при внедрении ИИ возможна только при комплексном подходе: от постановки целей до постоянного контроля и развития системы. Важно сочетать технические, организационные и этические меры, а также вовлекать в процесс всех заинтересованных участников.

Литература

1. П. М. Горбачев. Какие IT-тренды зададут развитие технологий в 2026 году. <https://companies.rbc.ru/experts/23047/pavel-gorbachev/#news>.
2. А. В. Полухина Машинное обучение: как искусственный интеллект становится умнее. <https://hi-tech.mail.ru/articles/143859-mashinnoe-obuchenie/>.
3. Т. В. Букина Искусственный интеллект в образовании: современное состояние и перспективы развития. https://www.elibrary.ru/author_items.asp?authorid=1026362.
4. Л. Э. Рубцова «Квантовые вычисления: перспективы и влияние на классическую криптографию», журнал «Актуальные исследования», № 34 (269), 2025. <https://apni.ru/journal/269>.
5. Искусственный интеллект (AI) и машинное обучение (ML): различия, сходства и применение. <https://productstar.ru/blog/iskusstvennyj-intellekt-ai-i-mashinnoe-obuchenie-ml>.
6. Д. А. Марков У искусственного интеллекта нет ни амбиций, ни эмоций. <https://www.sobaka.ru/lifestyle/gadgets/153013>.
7. Т. А. Горбачева Искусственный интеллект: риски и проблемы внедрения в Российской Федерации, журнал «Инновационная экономика: информация, аналитика, прогнозы» 2025, № 1, стр. 96–105.

ИНТЕГРАЦИЯ ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ GPT-АССИСТЕНТОВ КАК МОДЕЛИ КОНТРОЛИРУЕМОЙ ЦИФРОВОЙ ПОДДЕРЖКИ В КУРСЕ «НЕПРЕРЫВНАЯ МАТЕМАТИКА»

Абрамян А. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону*

E-mail: avabramyan@sfedu.ru

1. Введение. Активное внедрение больших языковых моделей (LLM) в образовательную практику привело к их широкому использованию студентами при подготовке к занятиям и экзаменам [1]. Исследования отмечают как высокий образовательный потенциал таких систем, так и риски, связанные с неконтролируемой генерацией содержания и размыванием предметных границ [2]. В математических дисциплинах данное противоречие проявляется особенно остро: модели помогают оперативно пояснять определения и этапы доказательств, однако их ответы могут выходить за пределы утверждённой программы и нарушать логику курса.

Это актуализирует задачу создания предметно-ограниченных цифровых ассистентов, интегрированных в структуру конкретной дисциплины и опирающихся на формализованную базу учебных материалов.

В докладе представлен опыт проектирования и внедрения двух GPT-ассистентов – «Константин» (теоретический навигатор) и «Лиза» (задачный ассистент по кодам) – в курс «Непрерывная математика» для студентов 1 курса направления «Фундаментальная информатика и информационные технологии» ИММиКН ЮФУ. Цель статьи – описать архитектурные принципы построения контролируемых ассистентов, модель их интеграции в учебный процесс и результаты первого этапа применения.

2. Цифровая трансформация курса «Непрерывная математика». Цифровая трансформация курса была направлена на структурирование теоретического и практического контуров обучения с последующей интеграцией инструментов на основе LLM. Ключевым этапом стало формирование формализованной базы знаний, включающей теоретические разделы, систему кодирования задач и иерархию учебных модулей. Такая предварительная структуризация обеспечила возможность контролируемого доступа ассистентов к содержанию курса.

Теоретический контур был реализован через ассистента «Константин», ориентированного на навигацию по разделам дисциплины, уточнение формулировок и пояснение логики доказательств в рамках утверждённой про-

граммы. Практический контур представлен ассистентом «Лиза», функционирующим на основе кодовой системы задач и обеспечивающим детерминированный вывод решений без выхода за пределы базы.

Разделение функций позволило минимизировать риски неконтролируемой генерации, сохранить методическую целостность курса и обеспечить согласованность цифровой поддержки с лекционным материалом и системой аттестации.

3. Модель распределённой поддержки обучения. Разработка ассистентов основывалась на принципе предметной изоляции и контролируемого доступа к учебному контенту. Архитектурно решение опирается на модель retrieval-augmented generation (RAG), предполагающую генерацию ответа на основе предварительно отобранных фрагментов структурированной базы знаний [3]. Это позволило ограничить ответы рамками утверждённой программы и снизить вероятность содержательных отклонений.

3.1 Теоретический контур: ассистент «Константин». Ассистент «Константин» реализует семантический режим навигации: пользователь формулирует вопрос естественным языком, после чего система сопоставляет его с релевантными разделами теоретической базы. Таким образом обеспечивается гибкость взаимодействия при сохранении предметных границ.

3.2 Практический контур: ассистент «Лиза». Ассистент «Лиза» функционирует в детерминированном режиме по кодовой системе. Пользователь вводит код задачи, и система выводит строго соответствующий фрагмент решения из базы без генеративных дополнений. Данный механизм исключает вариативность интерпретации и обеспечивает воспроизводимость результата.

4. Архитектурные принципы реализации. Оба ассистента реализованы на базе большой языковой модели (версия GPT-5.1 Instant) и функционируют по модели «контролируемого навигатора базы знаний». Ключевой принцип состоит в том, что генерация ответа опирается не на произвольное моделирование содержания, а на структурированную предметную базу, сформированную преподавателем, что концептуально соотносится с подходами retrieval-augmented generation (RAG) [3]. База знаний представлена в формате Markdown и содержит теоретические разделы, формулировки, доказательства и решения задач, сгруппированные в соответствии с программой курса.

Для «Константина» используется семантический режим доступа: ассистент сопоставляет текстовый запрос студента с разделами базы и воспроизводит релевантный фрагмент с возможностью дополнительного пояснения. Для «Лизы» применяется индексированный режим: обращение по коду напрямую активирует соответствующий элемент базы, что минимизирует риск неточного выбора материала.

В промптах обоих ассистентов заданы жесткие ограничения предметной области: ответы формируются исключительно в рамках курса «Непрерывная математика». Обсуждение тем вне дисциплины блокируется. Использование ассистентов добровольное и допускается только при подготовке к занятиям и экзамену; во время контрольных работ и экзамена доступ к интернету отсутствует, что исключает возможность их применения.

Такая архитектура обеспечивает управляемость содержания, прозрачность источника ответа и возможность дальнейшего структурирования базы знаний, включая переход к кодированию теоретических вопросов.

5. Результаты внедрения. Ассистент «Лиза» (версия 2.1) запущен 23 февраля 2026 года; зафиксировано более 200 диалогов, часть которых связана с тестированием. Для оценки педагогического эффекта использования «Константина» проведён анонимный опрос студентов после завершения первого семестра.

В анонимном опросе приняли участие 58 студентов (около 50% потока). Регулярное использование ассистента при подготовке к экзамену отметили 50% респондентов, к коллоквиумам – 44,8%. Более половины студентов (51,7%) указали на улучшение понимания материала. При этом 74,1% сочли необходимым отдельный ассистент для практической части курса, что обусловило разработку «Лизы».

Анализ открытых ответов показал, что ассистент способствует уточнению формулировок, прояснению этапов доказательств, вариативности глубины объяснения и снижению тревожности при подготовке. Отмеченные эффекты в целом согласуются с результатами исследований восприятия ChatGPT в STEM-образовании [4]. Одновременно выявлены проблемы, связанные с неточностью интерпретации расплывчатых запросов и техническими ограничениями доступа.

6. Ограничения и направления развития. Эксплуатация ассистентов выявила ряд ограничений. Для «Константина» основным фактором является зависимость точности ответа от корректности формулировки запроса: при расплывчатом или неполном описании темы возможны неточные сопоставления с разделами базы знаний. Это обусловлено использованием семантического режима доступа и требует дополнительной формализации структуры теоретического материала. В качестве дальнейшего шага планируется введение кодовой системы для вопросов экзаменационной программы, что позволит повысить детерминированность навигации.

Среди организационно-технических ограничений отмечены необходимость доступа к интернету и внешние ограничения платформы (лимиты запросов), что влияет на стабильность использования. Отсутствие автоматического логирования типов запросов не позволяет на текущем этапе проводить детальный количественный анализ структуры обращений студентов.

Развитие системы предполагает расширение теоретической базы «Константина» на материалы второго семестра, а также создание отдельных

версий «Лизы» для каждой контрольной работы. Такая модульная архитектура обеспечивает масштабируемость решения и возможность поэтапного совершенствования как содержания базы знаний, так и механизма доступа к ней.

7. Заключение. Внедрение предметно-ориентированных GPT-ассистентов «Константин» и «Лиза» в курс «Непрерывная математика» продемонстрировало возможность интеграции больших языковых моделей в структуру математических дисциплин без утраты управляемости содержания. Реализованная модель разделения теоретического и практического контуров позволяет сочетать гибкость естественно-языкового взаимодействия с детерминированным доступом к задачам по кодам.

Полученные количественные и качественные данные свидетельствуют о востребованности ассистентов и их роли в индивидуализации подготовки. Предложенная архитектура может быть адаптирована к другим математическим и техническим дисциплинам при условии предварительной структуризации базы знаний и задания предметных ограничений.

Полученные результаты подтверждают выводы современных исследований об образовательном потенциале LLM при условии контролируемой интеграции [1–4].

Литература

1. Zhai, X. ChatGPT for Next Generation Science Learning / Xiaoming Zhai // XRDS: Crossroads, The ACM Magazine for Students. – 2023. – Vol. 29, No. 3, pp. 42–46. DOI: 10.1145/3589649.
2. Kasneci, E. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education / E. Kasneci, K. Sessler, A. Küchemann et al. // Learning and Individual Differences. – 2023. – Vol. 103. – Art. No. 102274.
3. Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., Küttler, H., Lewis, M., Yih, W.-t., Rocktäschel, T., Riedel, S., Kiela, D. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks / Patrick Lewis et al. // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2020). – 2020.
4. Valeri F., Nilsson P., Cederqvist A.-M. Exploring students' experience of ChatGPT in STEM education // Computers and Education: Artificial Intelligence. – 2025. – Vol. 8. – Art. no. 100360.

АУДИТОРНОЕ КОНТРОЛЬНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ В КУРСАХ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ И ЕГО АВТОМАТИЗАЦИЯ

Абрамян М. Э.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: mabr@sfedu.ru

В докладе описывается механизм проведения аудиторных контрольных работ по программированию, основанный на применении инструментов задачника Programming Taskbook. Эти инструменты входят в комплекс Teacher Pack, предназначенный для преподавателя и позволяющий организовать на лабораторных занятиях необходимое инфраструктурное окружение для эффективного использования электронного задачника. Базовые возможности комплекса были подробно описаны в статьях [1–2], а также освещались в докладах на конференции СИТО, начиная с 2006 г. [3–6]. В частности, на конференции СИТО-2024 описывались различные средства задачника, связанные с таким компонентом практического обучения, как *наборы индивидуальных заданий*, предлагаемые для самостоятельного выполнения.

Однако в связи с существенным повышением уровня средств искусственного интеллекта (ИИ) индивидуальные домашние задания по программированию уже не могут рассматриваться как надежное средство проверки качества усвоения учебного материала. Системы ИИ с легкостью генерируют решения большинства типовых задач на любом языке программирования. Эти системы, разумеется, могут оказать большую помощь учащимся при изучении различных тем курса, однако для контроля требуется организовывать *аудиторные контрольные работы*, при проведении которых учащийся не сможет пользоваться системами ИИ и какими-либо другими запреценными источниками информации.

Входящие в базовый набор комплекса Teacher Pack инструменты позволяют существенно упростить подготовку материалов контрольных работ, процесс их проведения и итоговую проверку результатов. Все эти этапы можно описать следующим образом.

Этап 1. Подготовка материалов для контрольных работ. Для каждой контрольной работы преподаватель готовит специальную *сводную группу задач* [1, п. 4], включая в нее задачи, связанные с проверяемой темой (сводная группа формируется из задач, уже входящих в электронный задачник). Желательно готовить различные варианты сводных групп для разных групп учащихся. Наряду со сводными группами преподаватель также готовит *файлы вариантов* [1, п. 2], которые будут использованы на контрольной

работе для генерации индивидуального варианта заданий для каждого учащегося. Указанные файлы создаются с помощью программы PTVarMaker комплекса Teacher Pack.

Этап 2. Настройка групп учащихся. Преподаватель настраивает с помощью программы PT4Teach [2, п. 2] специальные файлы для различных групп учащихся. После определения файлов для каждой группы учащихся и заполнения соответствующих удаленных репозиториев требуется создать *сертификаты доступа* [2, п. 4] для каждого учащегося. Эти сертификаты размещаются, например, в системе Moodle на странице соответствующего курса или в каком-либо облачном хранилище.

Для действий по *активации сертификатов* необходимо сгенерировать особые коды. Желательно, чтобы коды активации были различными для разных контрольных работ. В этом случае отсутствующие на занятии учащиеся не смогут выполнить работу (например, из дома), так как они просто не смогут активировать свой сертификат.

Этап 3. Проведение контрольной работы. В начале занятия преподаватель открывает на странице курса в Moodle архивный файл с сертификатами для данной группы (или передает этот файл учащимся каким-либо другим способом). Кроме того, преподаватель сообщает каждому учащемуся его персональный код активации сертификата.

Получив архивный файл, каждый учащийся извлекает из него каталог со своими данными и размещает его на своем учебном компьютере (например, на Рабочем столе). Каталог содержит всего два файла: сертификат доступа access.dat и ярлык load.lnk для запуска основной служебной программы PT4Load задачника Programming Taskbook. Учащемуся достаточно запустить этот ярлык. Поскольку в каталоге также содержится файл access.dat с сертификатом доступа, программа Load запрашивает код активации. После получения правильного кода активации электронный задачник полностью настраивает рабочий каталог (копируя в него необходимые файлы из репозитория и настраивая вариант контрольной работы для данного учащегося). В окне программы PT4Load отображается список задач, которые учащийся должен решить (см. [6]). С помощью данной программы учащийся может быстро создать проект-заготовку для выбранной задачи и приступить к ее решению. В процессе решения задач все варианты разрабатываемых учебных программ автоматически сохраняются в репозитории.

Этап 4. Действия после завершения контрольной работы. После завершения занятия, посвященного контрольной работе, преподаватель импортирует из репозитория все данные о решенных задачах, просматривает полученные варианты решений учащихся, проверяет, что решения, засчитанные задачиком, удовлетворяют всем условиям, и окончательно засчитывает эти решения, используя для этого средства, предусмотренные в контрольном центре преподавателя [2, п. 6].

Для дополнительной автоматизации действий по подготовке контрольных работ (этапы 1 и 2) в 2025 г. был разработан новый компонент комплекса Teacher Pack – программа PTVarMakerC, которая может обрабатывать два вида файлов, специально предназначенных для подготовки контрольных работ.

С помощью файлов первого вида (ptk-файлы) можно выполнить согласованную генерацию сводных групп и файлов вариантов для контрольных работ, причем единственный файл позволяет сгенерировать все требуемые наборы материалов для нескольких контрольных работ и нескольких групп учащихся. От преподавателя требуется лишь сформировать набор существующих задач для их включения в контрольные работы; при этом процесс определения таких наборов практически ничем не отличается от процесса определения наборов индивидуальных заданий [6]. С помощью файлов второго вида (ptg-файлы) обеспечивается согласованная генерация файлов для групп учащихся; при этом на основе единственного шаблона файла для каждой группы учащихся создаются файлы для всех контрольных работ.

Описанный механизм проведения контрольных работ был успешно апробирован в курсе «Практикум на ЭВМ» (3 семестр) на факультете вычислительной математики и кибернетики Университета МГУ-ППИ в Шэньчжэне (КНР) в 2025 г. Дисциплина была разбита на 8 модулей объемом по 8 часов, в каждом модуле выделялись три пары на изучение материала и одна пара на контрольное оценивание. В рамках первого модуля была также организована небольшая вводная контрольная работа, целью которой было ознакомить студентов с процедурой проведения контрольных работ. При составлении вариантов контрольных работ было использовано 590 задач из базового набора, входящего в задачник Programming Taskbook. Каждая контрольная работа состояла из двух частей; задачи из первой части надо было решить на языке C, задачи из второй части – на языке Python.

Для каждой из 8 студенческих групп (всего порядка 150 студентов) было сгенерировано 18 сводных групп задач (по две сводные группы на каждую контрольную работу: одна группа связана с языком C, другая с языком Python). Кроме того, для каждой группы студентов было сгенерировано 18 файлов вариантов, которые в дальнейшем использовались для генерации уникального набора задач по каждой контрольной работе для каждого студента. Таким образом, было создано 144 комплекта контрольных работ и примерно 2700 вариантов индивидуальных контрольных работ для различных студентов. Весь массив материалов был подготовлен на основе единственного ptk-файла с описанием всех контрольных работ, единственного ptg-файла и набора из восьми шаблонных файлов со списками студентов каждой группы.

Итоговая проверка результатов с помощью контрольного центра преподавателя PT4Teach была максимально упрощена. Во-первых, первичная проверка правильности программ уже была выполнена задачиком, а во-

вторых, в окне просмотра и рецензирования программы PT4Teach [2, п. 6] можно было быстро просмотреть все варианты решений всех учебных программ для всех студентов выбранной группы.

Таким образом, предлагаемый подход полностью решает задачу контрольного оценивания, начиная от автоматической генерации контрольных материалов и их безопасного распределения с применением сертификатов доступа и заканчивая централизованным сбором результатов в удаленных репозиториях и итоговым анализом результатов с помощью контрольного центра преподавателя.

Подробное описание всех возможностей, связанных с задачиком Programming Taskbook и его расширением Teacher Pack, содержатся в соответствующих разделах сайта задачника ptaskbook.com.

Литература

1. Абрамян М. Э. Разработка компонентов электронных задачников по программированию для автоматизации проведения лабораторных занятий // Информатизация образования и науки. 2020, № 4 (48). С. 12–28.
2. Абрамян М. Э. Разработка компонентов электронных задачников по программированию для автоматизации проведения лабораторных занятий. Удаленные репозитории, управляемые сертификатами доступа // Информатизация образования и науки. 2022, № 3 (55). С. 63–79.
3. Абрамян М. Э. Teacher Pack – комплекс программ-утилит для преподавателя программирования / Научно-методическая конференция «Современные информационные технологии в образовании: Южный федеральный округ». Тезисы докладов. Ростов-на-Дону, 2006. С. 26–27.
4. Абрамян М. Э. Удаленные ftp-репозитории, управляемые сертификатами доступа, и их использование на лабораторных занятиях по программированию / XXV научная конференция «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития». Материалы конференции. Изд-во ЮФУ, 2018. С. 15–18.
5. Абрамян А. В., Абрамян М. Э. Об опыте использования удаленных репозиториях электронного задачника в Компьютерной школе мехмата ЮФУ / Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы XXVI научной конференции. Изд-во ЮФУ, 2019. С. 13–16.
6. Абрамян М. Э. О новых возможностях задачника Programming Taskbook, связанных с использованием вариантов индивидуальных заданий / Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы XXXI научной конференции. Изд-во ЮФУ, 2024. С. 21–23.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИИ-АССИСТЕНТОВ И LOWCODE-РЕШЕНИЙ В ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БАКАЛАВРОВ ФИИТ: ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Демяненко Я. М.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: demyana@sfedu.ru*

Проектная деятельность на направлении «Фундаментальная информатика и информационные технологии» (ФИИТ) ведётся с 2017 года. За это время мы прошли путь от эксперимента со смешанными группами из первокурсников и второкурсников до выстроенной системы, охватывающей более 240 студентов ежегодно [1, 2]. Ключевыми точками развития стали: расширение жюри за счёт старшекурсников, введение института менторства и создание «витрины проектов», обеспечивающей преемственность идей.

К 2025 году технический ландшафт изменился кардинально: генеративный искусственный интеллект (ИИ) и lowcode/no-code-платформы стали доступны каждому студенту. В 2024–2025 учебном году мы наблюдали резкий рост числа проектов, в которых при разработке использовались большие языковые модели (LLM) – как для генерации кода, так и для проектирования интерфейсов. Одновременно с этим популярность набрали lowcode-среды (Adalo, Bubble, Glide) и специализированные конструкторы.

Важным катализатором изменений стала победа Южного федерального университета в конкурсе на получение грантов для разработки и реализации передовых образовательных программ в области искусственного интеллекта (Аналитический центр при Правительстве РФ, апрель 2025 года). Полученная поддержка позволила нам системно подойти к интеграции ИИ-инструментов в учебный процесс, в том числе – в проектную деятельность бакалавров.

Анализ защит прошлого года показал, что команды, применявшие эти инструменты, успевали за семестр сделать больше. Однако стало очевидно, что стихийное использование ИИ без методического сопровождения несёт риски: студенты начали терять понимание архитектуры, слепо доверяя сгенерированному коду. Это потребовало пересмотра структуры проектных этапов и критериев оценки.

В 2025–2026 учебном году мы впервые ввели в проектную деятельность элементы целенаправленного использования ИИ-ассистентов и lowcode-инструментов. На момент написания тезисов завершены первые два этапа из четырёх, что позволяет сделать предварительные выводы и наметить перспективы оставшихся.

Вся проектная деятельность разбита на четыре этапа, каждый из которых оценивается жюри.

Первый этап (завершён): защита темы и продуктовой концепции – направлен на формирование продуктового мышления. Студенты исследуют тренды, выявляют проблемы целевой аудитории и формулируют ценностное предложение. Использование генеративного ИИ на этом этапе разрешено и даже поощряется как инструмент ускоренного анализа рынка и генерации идей. Команды применяли DeepSeek и аналоги для синтеза результатов опросов, анализа конкурентов и формулировки гипотез. Ключевой результат первого этапа – не просто тема, а проработанная концепция продукта минимально жизнеспособный продукт.

Жюри оценивало не только оригинальность идеи, но и качество проведённого анализа, глубину понимания потребностей пользователей и реалистичность плана реализации. Важно отметить, что команды, использовавшие ИИ для аналитики, но не сумевшие критически осмыслить полученные данные, получали более низкие баллы – мы намеренно учим студентов рассматривать ИИ как помощника, а не как замену собственному мышлению.

Второй этап (завершён): защита нулевой версии и технической концепции – претерпел наибольшие изменения. Команды выбирают технологический стек, который может включать как традиционное программирование, так и lowcode-решения. Студенты проектируют архитектуру или детальные пользовательские сценарии, а реализацию интерфейсов и части логики делегируют ИИ-ассистентам.

На этом этапе критически важным стал навык валидации. Мы учим студентов использовать ИИ как «скептика» – инструмент для поиска рисков, анализа уязвимостей и проверки гипотез. Например, команда, разрабатывающая мобильное приложение для навигации по кампусу, использовала ИИ для генерации тест-кейсов и выявления сценариев, в которых приложение могло бы давать сбой. Это позволило им скорректировать архитектуру ещё до начала активной разработки.

Жюри на втором этапе оценивало не столько объём написанного кода, сколько осознанность выбора инструментов, качество промптинга (формулировок задач для ИИ), умение критически оценить сгенерированный код и встроить его в общую архитектуру проекта.

По итогам двух завершённых этапов мы отметили следующее.

Рост сложности проектных идей. Команды перестали бояться браться за интересные темы, поскольку понимают, что с помощью ИИ и lowcode-инструментов смогут быстрее проверить гипотезы и создать прототип. Если в прошлые годы студенты часто выбирали «типовые» темы (интернет-магазин, TODO-приложение), то в этом сезоне мы увидели проекты в области образовательной аналитики, персонализированных рекомендательных систем и даже инструментов для автоматизации лабораторных работ. Часть из

них ориентированы на применение методов искусственного интеллекта, что соответствует целям гранта.

Снижение порога входа. Первокурсники, ещё не изучившие промышленную разработку, получили возможность создавать функциональные приложения. Это качественно изменило их мотивацию: они видят результат своей работы уже в первом семестре и с большим энтузиазмом приступают к изучению теоретических дисциплин.

Трансформация роли жюри. Оценивать проекты, созданные с помощью ИИ, оказалось сложнее. Члены жюри (студенты 3–4 курса и магистранты) сами были вынуждены осваивать новые инструменты, чтобы понимать, как именно команда достигла результата. Мы ввели дополнительные критерии в оценочные листы: теперь жюри фиксирует, какие задачи команда решила самостоятельно, а какие – с помощью ИИ, насколько органично интегрированы lowcode-решения и есть ли в проекте уникальная логика, созданная студентами.

Развитие института менторства. Фактически мы наблюдаем зарождение новой формы преемственности: не просто «старший помогает младшему писать код», а «старший учит младшего эффективно взаимодействовать с ИИ».

К окончанию третьего этапа команды должны выложить готовые сборки в открытый доступ для тестирования всеми желающими. Менторы из числа старшекурсников будут помогать интерпретировать результаты тестирования и приоритизировать правки. Особый интерес представляет то, как команды используют ИИ для анализа пользовательского фидбека – например, для автоматической категоризации пожеланий или генерации вариантов улучшений.

Мы ожидаем, что итоговая презентация на четвертом этапе будет включать не только демонстрацию работающего продукта, но и глубокую защиту принятых решений. Жюри предстоит оценить, насколько эффективно команда использовала современные инструменты на протяжении всего жизненного цикла проекта: от аналитики до тестирования и документирования. Мы планируем провести финальную защиту в расширенном формате с приглашением промышленных партнёров, что также стало возможным благодаря грантовой поддержке. Важно подчеркнуть, что мы не противопоставляем «классический код» и lowcode-решения. Напротив, мы ожидаем появления гибридных проектов, где, например, бэкенд реализован традиционно, а интерфейс собран в визуальном конструкторе и доработан с помощью ИИ.

Уже сейчас мы видим несколько вызовов, которые потребуют нашего внимания в следующем учебном году:

Проблема «чёрного ящика». Некоторые студенты склонны делегировать ИИ не только рутину, но и ключевые архитектурные решения, не понимая, как именно работает сгенерированный код. Мы планируем ввести

обязательные защитные сессии, где команды будут объяснять внутреннее устройство ключевых блоков своего проекта.

Этика и академическая честность Использование ИИ стирает границы между самостоятельной работой и заимствованием. Мы находимся в процессе выработки чётких правил: что допустимо, а что считается недобросовестным. Вероятно, в следующем году появится отдельный регламент по использованию ИИ в проектной деятельности.

Подготовка жюри. Поскольку инструменты быстро обновляются, мы планируем проводить регулярные семинары для членов жюри, чтобы они сами были в курсе последних трендов и могли объективно оценивать проекты. Грантовая поддержка позволяет нам привлекать к проведению этих семинаров экспертов из индустрии.

Многолетний опыт проектной деятельности показал, что система должна быть гибкой и отвечать на вызовы времени. Внедрение ИИ-ассистентов и lowcode/no-code-решений в 2025–2026 учебном году – не замена классическому программированию, а эволюция подхода.

Мы учим студентов не просто писать код, а мыслить, как создатели продуктов, умеющие эффективно использовать все доступные инструменты. Это готовит их к реальной работе в ИТ-индустрии, где скорость и качество решения задач часто важнее выбора конкретного технологического стека.

Работа выполнена при поддержке студенческого жюри и менторов ФИИТ, чей вклад в развитие проектной деятельности невозможно переоценить, а также в рамках гранта на разработку и реализацию передовых образовательных программ в области искусственного интеллекта (Аналитический центр при Правительстве РФ, 2025).

Литература

1. Демяненко Я. М. Элементы проектного обучения в бакалавриате и магистратуре ФИИТ // В сборнике: Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы XXIX научной конференции. Ростов-на-Дону, 2022. С. 99–100.
2. Демяненко Я. М., Оганесян П. А. Эволюция проектной деятельности бакалавров ФИИТ: 7 лет опыта и достижений // В сборнике: Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы XXXII научной конференции. Ростов-на-Дону, 2025.

АСИМПТОТИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СТАЦИОНАРНЫХ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ ХИЩНИК-ЖЕРТВА С ИДЕАЛЬНЫМ СВОБОДНЫМ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ

Зеленчук П. А.

Научно-технологический университет «Сириус»,

Федеральная территория Сириус, Россия

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Институт математики, механики и компьютерных наук

им. И. И. Воровича,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: zelenchuk@sfedu.ru

Уравнения диффузии-реакции (УДР) широко применяются в математической биологии и экологии для описания пространственно-временной динамики популяций, объединяя локальные взаимодействия видов с миграционными процессами [1]. Стационарные решения УДР отвечают за формирование устойчивых пространственных структур, важных для понимания механизмов сосуществования и пространственного распределения видов [2].

Нелинейность уравнений, как правило, не позволяет получить точные аналитические решения [3], а численное моделирование многокомпонентных систем в неоднородных средах требует значительных вычислительных затрат [4]. В качестве эффективной альтернативы выступают методы теории сингулярных возмущений [5], позволяющие строить асимптотические приближения при малых коэффициентах диффузии.

Цель работы – рассмотреть асимптотическое поведение стационарных решений системы хищник-жертва, отвечающей идеальному свободному распределению (ИСР), в условиях неоднородного ареала.

Рассмотрим два биологических вида: жертву $u(x, t)$ и хищника $v(x, t)$ взаимодействующих на одномерном ареале $\Omega = [0, 1]$, неоднородность которого задается неравномерным распределением обобщенной функцией ресурса $p(x)$. Тогда пространственно-временная динамика данных видов может быть описана системой УДР в виде

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = k_1 u'' + u \left[\mu_1 \left(1 - \frac{u}{p} \right) - \lambda_1 \frac{v}{p} \right], \\ \frac{\partial v}{\partial t} = k_2 v'' + v \left[\mu_2 \frac{u}{p} - \lambda_2 \right], \end{cases} \quad (1)$$

где μ_j и λ_j (где $j = 1, 2$) – положительные коэффициенты роста и убыли двух видов соответственно, а k_j – независимые от координаты малые коэффициенты диффузии, подчиняющиеся условию

$$\begin{cases} k_1 = \varepsilon, & 0 < \varepsilon \ll 1 \\ k_2 = \gamma \varepsilon, & \gamma > 0. \end{cases} \quad (2)$$

Такая ситуация с биологической точки зрения соответствует малопо-
движным видам, причем, если $\gamma > 1$, то второй вид подвижнее первого, в про-
тивном случае, когда $0 < \gamma < 1$, наоборот.

Отметим, что функция $p(x)$ непрерывна, строго положительна и как
минимум дважды дифференцируема на Ω .

Система (1) дополняется начальными условиями

$$u(x, 0) = u_0(x), \quad v(x, 0) = v_0(x) \quad (3)$$

и условиями периодичности

$$\begin{cases} u(0, t) = u(1, t), & v(0, t) = v(1, t), \\ u'(0, t) = u'(1, t), & v'(0, t) = v'(1, t). \end{cases} \quad (4)$$

Если ограничиться одномерным случаем, условия периодичности за-
мыкают пространственную область в кольцо. Подобные топологические
структуры широко распространены в природе, а с математической точки
зрения их главное достоинство – отсутствие граничных эффектов, неиз-
бежно возникающих при моделировании распределенных систем с фикси-
рованными границами.

В рамках теории сингулярных возмущений для уравнений в частных
производных хорошо известна проблема пограничного слоя: при стремле-
нии малого параметра к нулю решение вырожденной задачи не удовлетво-
ряет краевым условиям (Дирихле или Неймана), что приводит к формиро-
ванию узкой переходной области вблизи границы. Периодические гранич-
ные условия позволяют избежать этого явления, поскольку решение
естественным образом продолжается на всю область без дополнительных
ограничений на границе.

Стационарная задача для вырожденной системы

$$u \left[\mu_1 \left(1 - \frac{u}{p} \right) - \lambda_1 \frac{v}{p} \right] = 0, \quad v \left[\mu_2 \frac{u}{p} - \lambda_2 \right] = 0 \quad (5)$$

будет иметь три решения [6]: тривиальное $\{u = 0, v = 0\}$, решение без хищ-
ника $\{u = p, v = 0\}$ и решение для двух сосуществующих видов

$$u = \frac{\lambda_2}{\mu_2} p, \quad v = \frac{\mu_1}{\lambda_1} \left(1 - \frac{\lambda_2}{\mu_2} \right) p, \quad (6)$$

которое удовлетворяет ИСР [6, 7] и будет сохранять устойчивость при вы-
полнении условия $\lambda_2 < \mu_2$.

Считая, что условие (2) выполнено, будем искать асимптотическое приближение к решению (6) в виде рядов [5]

$$u = u_0 + \varepsilon u_1 + \varepsilon^2 u_2 + \dots, \quad v = v_0 + \varepsilon v_1 + \varepsilon^2 v_2 + \dots \quad (7)$$

Ограничиваясь главным членом разложения, получим

$$u = \frac{\lambda_2}{\mu_2} p - \frac{k_2}{\mu_2} p'', \quad v = \frac{\mu_1}{\lambda_1} \left(1 - \frac{\lambda_2}{\mu_2}\right) p + \frac{1}{\lambda_1} \left(k_1 + \frac{\mu_1}{\mu_2} k_2\right) p'' \quad (8)$$

Построенное приближенное решение (8) уже не обладает свойством ИСР. Асимптотическая поправка, обеспечивающая приближение к ИСР-подобному виду [7], для переменной, описывающей плотность жертвы, определяется только коэффициентом диффузии хищника k_2 , тогда как для хищника такая поправка зависит от обоих диффузионных параметров k_1 и k_2 .

На рис. 1(а) представлено сравнение пространственных распределений жертвы и хищника (синяя и красная кривые соответственно) с профилем ресурса жертвы (черная кривая) для двух типов стационарных решений: сплошные линии соответствуют случаю отсутствия диффузии, пунктирные – ее наличию. Видно, что профиль хищника претерпевает значительное сглаживание, тогда как распределение жертвы остается практически неизменным даже в условиях разномасштабной диффузии как на рис. 1(б)

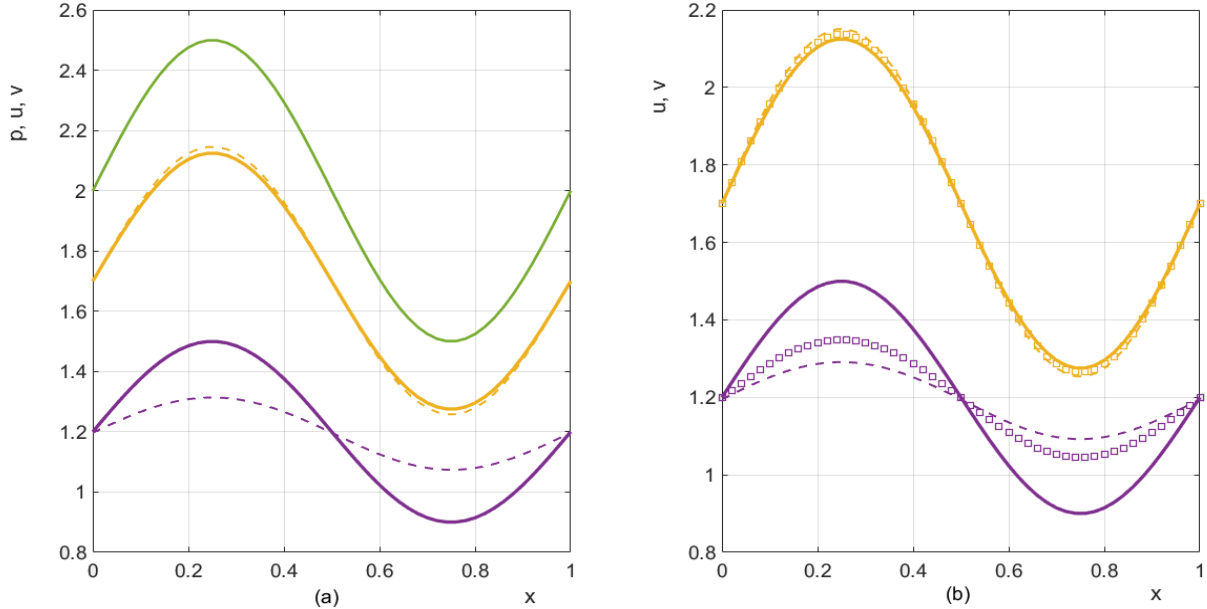


Рис. 1. Стационарные распределения жертвы – желтая кривая, хищника – фиолетовая, и ресурса $p(x) = 2 + 0.5 \sin(2\pi x)$ – зеленая, сплошные – без диффузии ($\varepsilon = 0, \gamma = 1, \mu_1 = 46, \mu_2 = 2, \lambda_1 = 1, \lambda_2 = 1.7$), (а) Сравнение с решением при диффузии: $\varepsilon = 0.005, \gamma = 1$ (пунктир), (б) С двумя решениями при $\gamma = 0.5$ (квадратики) и $\gamma = 1.5$ (пунктир) (для наглядности на рисунке параметр ε был существенно увеличен)

Наблюдаемые изменения сводятся к незначительному повышению в области максимума и небольшому понижению в окрестности минимума.

Полученные аналитические выражения хорошо согласуются с численными расчетами при малых значениях диффузионных параметров. Для системы «хищник-жертва» показано, что пространственная неоднородность ресурса оказывает значительное влияние на распределение хищника, тогда как распределение жертвы остается близким к ИСР даже при относительно высоких уровнях диффузии. В отсутствие диффузии решения соответствуют идеальному свободному распределению (ИСР). Установлено, что введение малой, а также разномасштабной диффузии вызывает отклонения от ИСР, причем вид поправок определяется параметрами межвидовых взаимодействий и отношением коэффициентов диффузии.

Разработанный подход может быть распространен на более сложные и общие модели популяционной динамики с пространственно-неоднородными условиями.

Исследование выполнено в Научно-технологическом университете «Сириус» при финансовой поддержке РФФИ, грант № 25-21-00419.

Литература

1. Ризниченко, Г. Ю. Математическое моделирование биологических процессов. Модели в биофизике и экологии: Учебное пособие / Г. Ю. Ризниченко. – 2 изд., пер. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2019. – 181 с.
2. Cantrell R. S. Spatial Ecology via Reaction-Diffusion Equations / R. S. Cantrell C. Cosner. – Chichester: John Wiley & Sons, 2003. – xiii, 411 с.
3. Косов А. А. О многомерных точных решениях одной нелинейной системы реакции-диффузии / А. А. Косов, Э. И. Семенов, В. В. Тирских // Вестник Удмуртского университета. Математика. Механика. Компьютерные науки. – 2023. – Т. 33, № 2. – С. 225–239.
4. Arraras A. Space-time parallel solvers for reaction-diffusion problems forming Turing patterns / A. Arraras, F. J. Gaspar, I. Jimenez-Ciga, L. Portero // Applied Numerical Mathematics. – 2025. – Vol. 218. – С. 91–108.
5. Васильева А. Б. Асимптотические методы в теории сингулярных возмущений / А. Б. Васильева В. Ф. Бутузов. – М.: Высш. шк., 1990. – 208 с.
6. Зеленчук П. А. Идеальное свободное распределение в модели «хищник-жертва» с эффектом Олли / П. А. Зеленчук // Российский журнал биомеханики. – 2026. – Т. 30. № 1. – С. 166–173.
7. Zelenchuk P. A. Mathematical Model of Ideal Free Distribution in the Predator-Prey System / P. A. Zelenchuk, V. G. Tsybulin // Journal of Mathematical Sciences. – 2024. – Vol. 285. – № 3. – P. 328–338.

ЦЕНТР ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ В ОБЛАСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Махно В. В., Карякин М. И.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,*

г. Ростов-на-Дону

E-mail: vvmakhno@sfedu.ru, karyakin@sfedu.ru

В апреле 2025 г коллектив ИММиКН им. И.И.Воровича в составе руководителей образовательных программ ПМИ и ФИИТ и дирекции института подал две заявки на грант Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ по подготовке топ-специалистов в области ИИ – одну уровня «ДС» (Data Science) и вторую – уровня «ТОП-ДС». В результате ЮФУ выиграл обе заявки и тем самым вошел в тройку вузов в РФ, получивших возможность реализовать программы сразу двух уровней.

Далее речь пойдет об уровне «ДС» – применение ИИ в различных областях науки, бизнеса, производства. Одним из условий реализации гранта было создание Центра по разработке и реализации образовательной программы высшего образования уровня «ДС», направленной на подготовку исследовательских кадров в сфере искусственного интеллекта и высококвалифицированных специалистов в сфере прикладного применения ИИ в различных отраслях экономики (медицина, химия материалов, финтех, автоматизация бизнеса, корпоративная разработка, криптография и защита информации и др.) в сотрудничестве с ведущими промышленными партнерами страны и региона, а также формирование профессионального ядра сообщества специалистов по ИИ на Юге России. Этот Центр получил наименование «Центр образовательных программ в области искусственного интеллекта».

Основными задачами создания Центра явились:

1. Разработка и реализация практико-ориентированной образовательной программы в области прикладного применения искусственного интеллекта, включающей университетское ядро, математическое ядро, ядро разработки ИИ и отраслевые треки.

2. Развитие прикладных исследований в сфере ИИ через реализацию совместных проектов с академическими и промышленными партнерами.

3. Разработка и внедрение отраслевых треков образовательной программы (ИИ в медицине, ИИ в химии материалов, ИИ в финтехе, ИИ в автоматизации бизнеса, ИИ в корпоративной разработке, ИИ в криптографии и защите информации, исследование архитектуры и моделей обучения ИИ) с использованием инфраструктуры промышленных партнеров и интеграцией с их системами внутрифирменного обучения.

4. Создание и развитие научно-образовательных лабораторий с современным оборудованием и программным обеспечением для обучения применению ИИ в различных отраслевых контекстах.

5. Формирование системы проектной деятельности обучающихся в целях создания ИИ-разработок в интересах индустрии путем оценки результатов междисциплинарных проектов и определения направления их использования: оформление в качестве РИД с треком коммерциализации «диплом как стартап» или внедрения в производство, научная публикация, образовательный кейс с использованием технологий ИИ.

6. Формирование на базе ЮФУ индустриально-академической партнерской сети ведущих компаний для реализации практико-ориентированной подготовки специалистов в сфере ИИ в конкретных отраслях экономики.

7. Реализация образовательного процесса с привлечением ведущих преподавателей-практиков из компаний-партнеров и использованием актуальных кейсов применения ИИ в решение прикладных отраслевых задач.

8. Формирование профессионального ядра сообщества специалистов в сфере ИИ на Юге России, встроенных в ведущие российские и мировые сети разработчиков ИИ-технологий, посредством реализации программы мероприятий, направленной на создание среды для обмена опытом и лучшими практиками.

ЮФУ взял на себя повышенные показатели целевых значений характеристик результата (показатели результативности реализации программы Центра) для получателей грантов на обеспечение обучения студентов по образовательным программам высшего образования для топ-специалистов в сфере искусственного интеллекта (уровня «ДС») и успешно выполнил, и даже перевыполнил их по итогам 2025 г.

Характеристика результата	Ед. изм	2025		2026
		план	факт	
1. Количество обучающихся по образовательным программам высшего образования (уровень бакалавриата) ¹⁹ для топ-специалистов в сфере искусственного интеллекта	чел	155	186	290
2. Участие профессорско-преподавательского состава, имеющего публикации на конференциях в области искусственного интеллекта уровня А*/А или статьи по тематике искусственного интеллекта, опубликованные в журналах 1 и 2 уровня Белого списка научных журналов Минобрнауки России, в образовательном процессе	процент	11	40,9	11

3. Отношение объема софинансирования из внебюджетных источников к размеру гранта в соответствующем году	про-цен-т	40,2	41,8	36,7
4. Количество разработанных и утвержденных новых образовательных программ высшего образования для топ-специалистов в сфере искусственного интеллекта	ед	2	7	-
5. Количество руководителей образовательных программ высшего образования для топ-специалистов в сфере искусственного интеллекта, прошедших обучение по ДПО	ед	2	3	-
6. Количество преподавателей на образовательных программах высшего образования для топ-специалистов в сфере искусственного интеллекта, прошедших обучение по ДПО	чел	10	14	14

Наиболее сложным на моменте подачи заявки казалось выполнение условия 30-ти процентного софинансирования проекта индустриальными партнерами. ЮФУ имеет долгосрочные и прочные связи с бизнесом и промышленностью ростовской области, как следствие индустриальными партнерами Центра в 2025 г выступили ПАО КБ «Центр-Инвест», ФГАНУ НИИ «Спецвузавтоматика», ООО «Компания 1С-ГЭНДАЛЬФ», ООО «МАДРИГАЛ», ИП Юрушкин М.В., которые суммарно покрыли 40,2% от суммы гранта. Наибольшую долю софинансирования взял на себя давний партнер ЮФУ ПАО КБ «Центр-инвест». Основные форматы участия индустриальных партнеров в разработке и реализации образовательных программ топ-уровня: ПАО КБ «Центр-Инвест» (организация отбора студентов на программы уровня «ДС», участие в разработке Положения об отборе студентов на программы уровня «ДС»; участие в профориентационных мероприятиях для абитуриентов и студентов, информационное продвижение реализации образовательной программы топ-уровня. На протяжении приемной кампании 2025 г. были проведены два мероприятия по привлечению абитуриентов 90+ баллов по профильным дисциплинам. В сентябре 2025 г. были проведены мероприятия по отбору талантливых студентов на программы топ-уровня две олимпиады по информатике и математике, а также тестирования по информатике, математике. После подведения результатов осуществлено торжественное награждение победителей олимпиад по информатике и математике с привлечением индустриальных партнеров; выделение вычислительных мощностей; материальная поддержка студентов на сумму; разработка РПД); ФГАНУ НИИ «Спецвузавтоматика» (организация отбора студентов на программы уровня «ДС»; участие в профориентационных мероприятиях для абитуриентов и студентов; экспертиза образовательных программ; участие в стратегических сессиях программы SAES по разработке образовательной программы нового уровня); ООО «Компания 1С-

ГЭНДАЛЬФ» (участие в профориентационных мероприятиях для абитуриентов и студентов; материальная поддержка ППС, преимущественно молодых, в возрасте до 30 лет; участие в разработке РПД); ООО «МАДРИГАЛ» (организация отбора студентов на программы уровня «ДС»; в профориентационных мероприятиях для абитуриентов и студентов; выделение вычислительных мощностей); ИП Юрушкин М. В. (организация отбора студентов на программы уровня «ДС»; участие в профориентационных мероприятиях для абитуриентов и студентов).

Достижения 2025 г. заложили фундамент для дальнейшей работы Центра по реализации образовательных программ в области ИИ. Центр укрепил позиции ЮФУ как лидера ИИ-образования на юге России.

БИБЛИОТЕКА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ PASCALABC.NET: АРХИТЕКТУРА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ОБРАЗОВАНИИ

Михалкович С. С.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича
E-mail: miks@sfedu.ru

Система программирования PascalABC.NET на протяжении многих лет развивается как образовательная платформа, ориентированная на обучение программированию, алгоритмам и современным технологиям [1]–[2]. В последние годы машинное обучение стало важной частью образовательных программ. Однако большинство существующих инструментов (таких как scikit-learn и другие библиотеки анализа данных на языке Python) ориентированы на экосистему с большим числом внешних зависимостей, требующих установки, согласования версий и настройки среды выполнения. В образовательном процессе это создаёт дополнительные сложности, не связанные непосредственно с изучением алгоритмов.

В рамках PascalABC.NET была поставлена задача создания библиотеки машинного обучения, полностью интегрированной в среду PascalABC.NET, не требующей дополнительной настройки и обладающей понятным интерфейсом для студентов и школьников. При этом библиотека разрабатывается без упрощений, характерных для учебных решений, и строится на принципах промышленного программного обеспечения, включая слоистую архитектуру, типобезопасность и эффективность алгоритмов. Библиотека включает встроенные учебные датасеты и систему русскоязычных подсказок.

Таким образом, целью разработки является создание системы, сочетающей доступность для обучения с требованиями к промышленным программным решениям и обеспечивающей изучение методов машинного обучения.

Особенностью проекта является использование методов взаимодействия с большими языковыми моделями. Значительная часть кодовой базы (более 20 тыс. строк) была разработана в процессе итеративного диалога с языковой моделью ChatGPT с последовательным уточнением архитектуры, генерацией и доработкой кода с переносом контекста между сессиями [3]. Такой подход позволил ускорить разработку, сохранить целостность архитектуры и обеспечить быструю реализацию алгоритмов, при этом ключевая роль разработчика сохраняется: он определяет архитектуру и принимает окончательные инженерные решения.

Архитектура библиотеки машинного обучения

Общая архитектура библиотеки представлена на рис. 1.

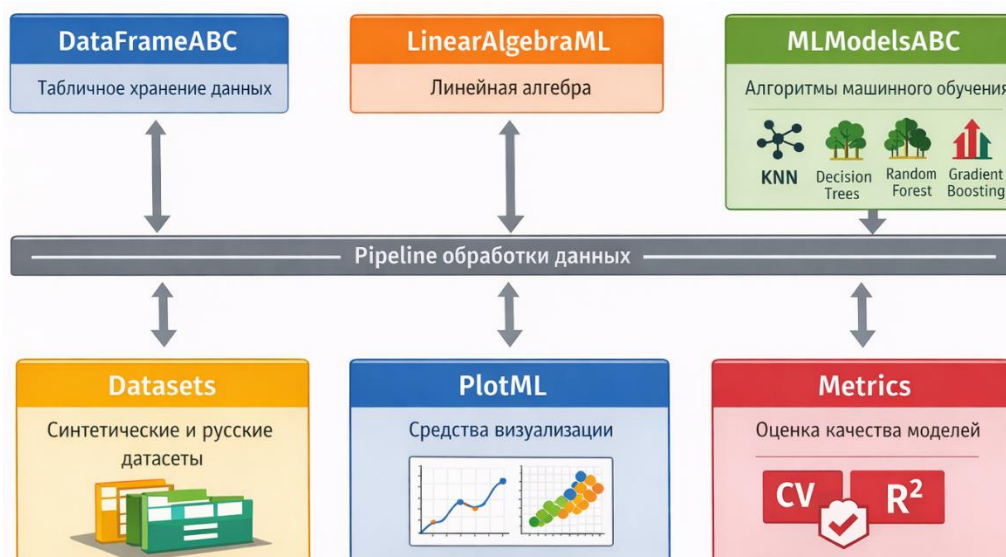


Рис. 1. Архитектура библиотеки ML PascalABC.NET

Система построена как набор модулей с чётким разделением уровней. В её основе лежит DataFrameABC – аналог pandas DataFrame, реализующий табличное хранение данных. В данной реализации используется колоночная (column-store) организация, при которой значения каждого столбца хранятся отдельно, что упрощает обработку и хорошо соответствует задачам машинного обучения. DataFrame используется как универсальный уровень представления данных на всех этапах обработки и обучения моделей.

Численное ядро библиотеки реализовано в модуле LinearAlgebraML. Все модели основаны на операциях над матрицами и векторами, а модуль предоставляет специализированные реализации линейной алгебры, ориентированные на задачи машинного обучения. Это обеспечивает чёткое разделение уровня хранения данных и уровня вычислений и упрощает реализацию алгоритмов.

Алгоритмы машинного обучения реализованы в модуле MLModelsABC и используют единый матричный подход. В библиотеке реализованы линейные модели (LinearRegression, RidgeRegression), логистическая регрессия (LogisticRegression), ElasticNet, методы ближайших соседей (KNN), кластеризационные алгоритмы (KMeans, DBSCAN), деревья решений для классификации и регрессии (DecisionTree), ансамблевые методы RandomForest и GradientBoosting, а также методы отбора признаков (SelectKBest). Поддерживаются задачи классификации, регрессии и кластеризации, что позволяет использовать библиотеку в широком спектре учебных и прикладных задач.

Подготовка данных реализуется с использованием механизма пайплайнов, позволяющего последовательно применять преобразования признаков и объединять их с моделями в единую цепочку обработки. Пайплайн поддерживает два уровня работы: на уровне таблицы (DataFrame) выполняются препроцессоры, такие как заполнение пропущенных значений и кодирование

категориальных признаков, после чего данные автоматически преобразуются в матричное представление, где применяются численные трансформации (например, `StandardScaler`, `MinMaxScaler`) и модель. Такое разделение позволяет явно разграничить этапы обработки данных и обучения, обеспечить корректный порядок преобразований и использовать единый интерфейс для построения и повторного применения решений.

В библиотеку также включён модуль `Datasets`, содержащий учебные и синтетические наборы данных с русскоязычными метаданными, предварительно подготовленные для образовательного использования. Для анализа данных реализован модуль `PlotML`, обеспечивающий базовые средства визуализации и интегрированный непосредственно в среду `PascalABC.NET`. Отдельный модуль отвечает за вычисление метрик и оценку моделей, включая кросс-валидацию, что позволяет проводить полноценные эксперименты.

Таким образом, библиотека представляет собой целостную систему, в которой данные, численные методы, модели и средства анализа образуют согласованную архитектуру, сохраняя свойства промышленного программного обеспечения, включая модульность, расширяемость и чёткое разделение ответственности.

Примеры использования библиотеки

Библиотека поддерживает полный цикл работы с данными и моделями машинного обучения, включая подготовку данных, обучение и оценку качества. Ниже приведён пример решения задачи регрессии на реальном датасете:

```
var ds := Datasets.MoscowHousing;
var df := ds.Data;
var features := ['rooms', 'area', 'kitchen_area', 'floor',
'floors_total', 'metro_minutes', renovation'];
var target := 'price';

var (trainDf, testDf) := df.TrainTestSplit(0.2, 42);

var pipe := DataPipeline.Build(target, features,
    new OneHotEncoder('renovation'),
    new LinearRegression);
pipe.Fit(trainDf);

var pred := pipe.Predict(testDf);
var y := testDf.ToVector(target);
Println('R²:', Metrics.R2(y, pred):0:3);
```

В данном примере используется встроенный датасет стоимости жилья. Исходная таблица разбивается на обучающую и тестовую выборки, после

чего строится пайплайн, объединяющий преобразование признаков и модель линейной регрессии. Пайплайн представляет собой последовательность компонентов с интерфейсом Fit/Transform/Predict, в которой этапы подготовки данных (например, кодирование категориальных признаков) и обучение модели выполняются согласованно. Такой подход позволяет избежать дублирования кода, обеспечивает воспроизводимость вычислений и делает структуру решения явной. Качество модели оценивается с помощью коэффициента детерминации R^2 .

Для предварительного анализа данных библиотека предоставляет средства визуализации, реализованные в модуле PlotML, в частности построение матриц попарных диаграмм (PairPlot). Пример ниже демонстрирует анализ датасета Iris:

```
var ds := Datasets.Iris;
var df := ds.Data;
var X := df.ToMatrix(ds.Features);
var labels := df.EncodeLabels(ds.Target);
Plot.PairPlot(X, labels, ds.Features);
```

Данные преобразуются в матричное представление, после чего строится матрица попарных диаграмм, позволяющая визуально оценить взаимосвязи признаков и разделимость классов (см. рис. 2).

Такая визуализация особенно полезна в образовательных задачах, поскольку позволяет студентам наглядно понять структуру данных до применения алгоритмов.

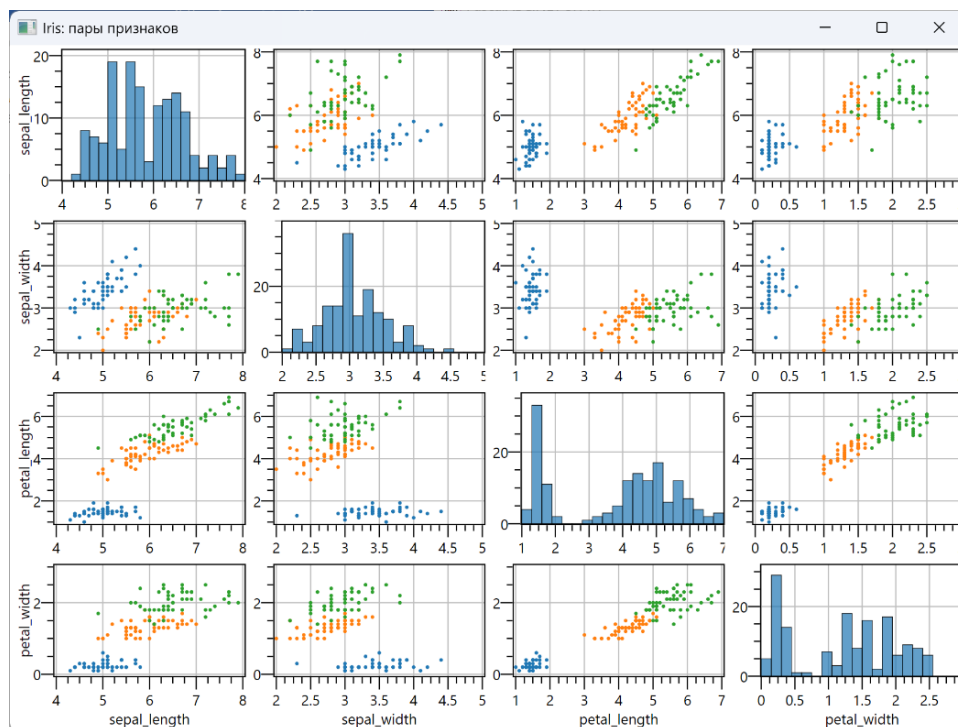


Рис. 2. Диаграмма PairPlot для датасета Iris

Библиотека ориентирована на использование в образовательном процессе и может применяться в курсах по машинному обучению для студентов, обеспечивая простой интерфейс и прозрачность алгоритмов. Отсутствие внешних зависимостей и полная интеграция в PascalABC.NET упрощают проведение занятий. Она также может использоваться в ИИ-олимпиадах для школьников без дополнительной настройки среды. Наличие встроенных датасетов и средств визуализации создаёт основу для новых типов задач, сочетающих алгоритмическое мышление и анализ данных, а также формирования современной коллекции учебных датасетов, пополняемой в рамках проектной деятельности студентов.

Литература

1. Михалкович С. С. Учебная система программирования Pascal ABC / Современные информационные технологии в образовании: Южный Федеральный округ: Тезисы докладов. Ростов-на-Дону, 2004. С. 156–158.
2. Михалкович С. С. Система программирования PascalABC.NET – 20 лет развития / XXX Научная конференция «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития». Материалы конференции. Ростов-на-Дону, 2023. С. 287–290.
3. Михалкович С. С. Использование генеративного искусственного интеллекта для системы программирования PascalABC.NET / XXXII Научная конференция «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития». Материалы конференции. Ростов-на-Дону, 2025. С. 302–306.

ЗАДАЧА ИНТЕГРАЦИИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ УЗЛОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СЕТИ

Смагличенко А. В.¹, Смагличенко Т. А.²

¹ *Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского,*

г. Симферополь

² *ИПНГ РАН «Институт Проблем Нефти и Газа»,*

г. Москва

E-mail: losaeylin@gmail.com

Сейсмические бюллетени являются одним из основных источников информации о параметрах землетрясений, включая время возникновения события, координаты гипоцентра, магнитуду, а также соответствующие параметры регистрации, такие как времена вступлений сейсмических волн и др. Эти данные используются для решения широкого круга научных и прикладных задач: изучение структуры строения земных недр и распределения сейсмичности, построение моделей для оперативной оценки сейсмической опасности при поиске полезных ископаемых. Однако, в связи с обширным территориальным охватом сети локальных сейсмических наблюдений, как правило, редко имеют высокую плотность. Часто это приводит к нехватке данных для исследования какого-то конкретного объекта или района, представляющего научный интерес. Чтобы увеличить набор данных для сейсмически активных территорий по инициативе институтов РАН могут быть установлены системы портативных современных сейсмометров (временных станций). Основная проблема таких инициатив заключается в том, что различные центры обработки сейсмических данных при обработке записей с постоянных станций используют свои алгоритмы экспертной обработки и, соответственно, собственные форматы хранения данных. Поэтому возникает задача по изучению возможности объединения данных, регистрируемых портативными сейсмометрами, с данными постоянных станций в общем формате, пригодном для пользователя. Объединение таких источников информации позволит повысить полноту каталогов, улучшить пространственно-временное покрытие сети наблюдений и увеличить надежность интерпретации данных при последующем анализе. Однако при решении этой задачи возникает ряд методических и технических трудностей. Из-за различных настроек и чувствительности оборудования сведения об одном и том же событии в разных бюллетенях могут различаться, а часть событий может фиксироваться только отдельными системами наблюдения. К ключевым проблемам относятся: неоднородность формата хранения данных, дублирование записей об одних и тех же событиях, различия в точности определения параметров очага, различия в обозначении станций. Всё это приводит к необходимости идентификации совпадающих событий.

Таким образом, задача создания методов и подходов интеграции данных из различных узлов информационной сети приобретает выраженную актуальность. В связи с этим настоящая работа направлена на исследование поиска решения объединения данных, а также разработку подхода, обеспечивающего повышение качества интегрированного каталога событий. В работе впервые демонстрируется результат работы программы выборки информации для отдельного района из общего списка, соответствующего огромной территории.

Проблема низкой плотности распределения сети сейсмических станций возникает повсеместно, так, например, весной 2021 г. в Хабаровском крае и Сахалинской области РФ со стороны ФИЦ ЕГС РАН (Единая геофизическая служба РАН) были развернуты сети временных сейсмостанций, регистрирующих события магнитудой $M_L \geq 0.5$ [1]. Сеть наблюдений находилась в непосредственной близости от района угледобычи для контроля проведения взрывных работ. В результате обработки записей событий, полученных новым оборудованием за несколько месяцев 2021 г. был создан каталог сейсмических событий для исследуемого района, благодаря чему авторам [1] удалось идентифицировать землетрясения как природного, так и техногенного характера, что позволило принять решение о приостановке или продолжении работ с целью предотвращения экологических рисков в регионе. Отметим, что в работе [1] авторы использовали наблюдения только лишь временных станций, не беря во внимание данные постоянных станций, что могло в свою очередь обеспечить более полную динамическую картину возникновения сейсмичности. Вероятной причиной, скорее всего, являются вышеописанные трудности интеграции таких данных.

В последние годы среди многих исследовательских институтов высокую популярность имеют портативные сейсмометры фирмы Guralp Systems. Это оборудование зарекомендовало себя как высокочувствительное и надежное, оно часто используется в качестве постоянных станций. Так, например, к 2010 г. в Кыргызстане взамен устаревших аналоговых датчиков было установлено 12 современных станций Guralp (CMG-3ESP) в тех же местах расположения [2]. В статье [2] авторы приводят пример сгенерированного бюллетеня сейсмических событий, основные параметры которого определены автоматически. Анализ данных показывает, что итоговый бюллетень можно вывести в текстовом формате, однако структура имеет некоторые отличия от тех же бюллетеней ЕГС РАН. Это говорит о том, что в случае объединения ряда данных со станций Guralp с данными постоянных станций, безусловно, может возникнуть ряд проблем совместимости.

Другой сложностью является система хранения бюллетеней в текстовом формате. К примеру, доступные пользователям данные сейсмологических бюллетеней ЕГС РАН, хранящиеся в открытом доступе [3], содержат в себе события по всему земному шару. Эти данные внесены в список с наблюдением хронологии, но без какой-либо разбивки на регионы. В связи с

этим у исследователя возникают вопросы, как найти конкретные события для исследуемого района. Только за один 2024 г. файлы данных сильных сейсмических событий, доступных на сайте ЕГС РАН [3], содержат в себе несколько сотен тысяч строк, и производить выборку каких-либо событий хотя бы по региону является огромной рутинной.

На рисунке 1 представлен пример одного из сейсмических бюллетеней ЕГС РАН содержащий данные с 1 по 10 февраля 2024 г. Согласно международным стандартам в начале бюллетеней землетрясений публикуется список станций с координатами, которые зарегистрировали сейсмические события, содержащиеся в файле.

1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					

Рис. 1. Пример начальной части сейсмического бюллетеня ЕГС РАН, содержащего данные с 1 по 10 февраля 2024 г.

В данном примере за 10-дневный период в регистрации событий участвовали около 700 сейсмостанций, что говорит о большом объеме информации и необходимости последующей его обработки с целью получения качественного результата. В каждом подобном файле дублируется большой процент числа станций, но при этом может содержаться и новая полезная информация. Сложно представить, каким образом ученым можно сделать выборку интересующих данных в короткие сроки. Очевидное решение в данном вопросе это хранение подобной информации в реляционных базах данных. К аналогичному выводу пришли авторы восточносибирского института СВФУ им. М. К. Аммосова в г. Нерюнгри (Якутия) [4], опубликовав алгоритмические схемы хранения сейсмических данных в реляционной БД. В качестве импорта авторами предложен вариант переноса табличных данных в базу. Однако некоторые недочеты имеют место быть. Данные в табличном виде должны иметь четкую структуру и строгий формат, пригодный для импорта. Полученное решение является скорее частным, а не общим. Также не уделяется внимание вопросу как быть с текстовыми данными.

Здесь снова нужна разработка механизмов импорта с элементами парсинга, что в свою очередь создаст необходимость создания новых алгоритмов.

На рисунке 2 показан пример результата работы программы, разработанной авторами данной статьи. Большинство содержащихся в бюллетенях ЕГС РАН сейсмостанций было импортировано в реляционную БД с решением проблемы дубликатов. Это позволило сделать выборку ряда станций по координатам для района Восточной Сибири.

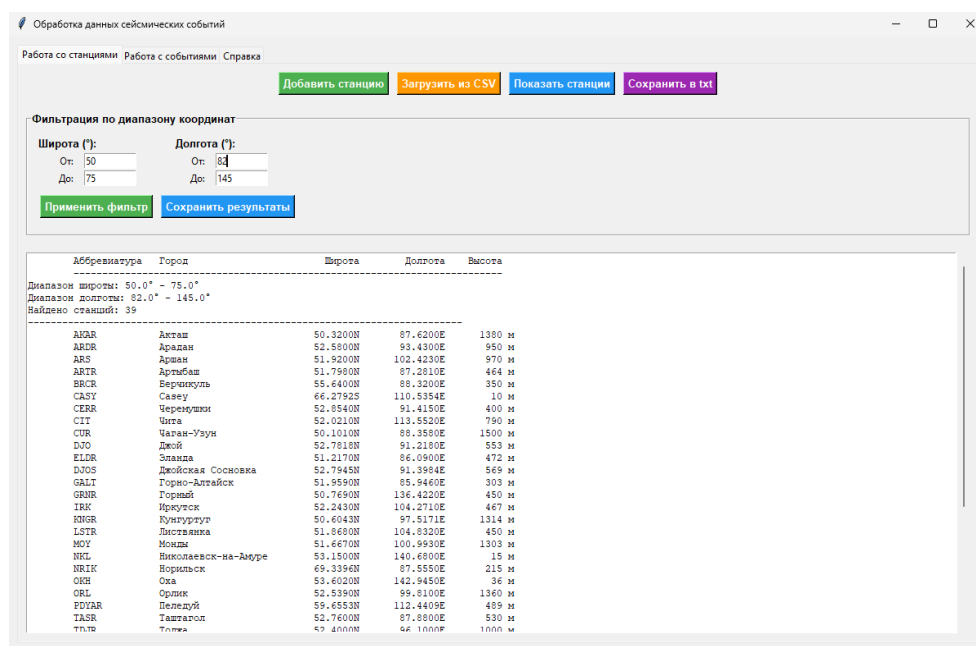


Рис. 2. Программно реализованная авторами функция выборки данных по заданной области из реляционной БД

В настоящее время ведется разработка программного инструмента, позволяющего осуществлять внесение обработанных данных различных параметров сейсмических событий со стороны обработчиков напрямую в реляционную базу с возможностью выгрузки этих данных в общепринятом текстовом или табличном формате для последующей архивации. Параллельно с этим ищутся возможности импорта уже существующих бюллетеней, имеющих строгий формат.

Работа выполнена в рамках государственного задания (тема № FZEG-2024-0016 и в рамках темы «Фундаментальный базис инновационных, цифровых технологий прогноза, поиска, разведки и освоения нефтегазовых ресурсов (фундаментальные, поисковые, прикладные, экономические и междисциплинарные исследования до 2030 года)» № 125021302095-2).

Литература

1. Костылев Д. В., Богинская Н. В. Сейсмический мониторинг района угледобычи на о. Сахалин с использованием временных сетей ФИЦ ЕГС

- РАН // Геодинамика и тектонофизика. 2022. Вып. 13, № S2. 0634. Doi:10.5800/GT-2022-13-2s-0634.
2. *Altynbek-uulu T., Seitaliev M. M., Abyldaeva F. S., Asming V. E. The introduction of digital seismic stations in practice of the Institute of Seismology of the National Akademy Nauk of the Republic of Kyrgyzstan // Vestn. Inst. Seismol. NAN KR. 2015. N. 2. P.11–34.*
 3. *Каталог Сейсмологических бюллетеней ФИЦ ЕГС РАН. Электронный ресурс: <http://www.gsras.ru/new/wf/>.*
 4. *Терещенко М. В., Гриб Н. Н. Систематизация и организация хранения геофизической и сейсмологической информации с применением технологии реляционных баз данных // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. С. 78.*

ПРЕОДОЛЕНИЕ «ТЕОРЕТИЧЕСКОГО БАРЬЕРА» ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА СРЕДСТВАМИ NO-CODE ПЛАТФОРМ

Цимбаленко А. В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Ростов-на-Дону

E-mail: at@sfedu.ru

Аннотация. В данной работе исследуется критический разрыв между научным описанием потенциала искусственного интеллекта (ИИ) и его практической доступностью для прикладных специалистов. На основе анализа материалов XXXII конференции СИТО 2025 показано, что современные исследования зачастую требуют от пользователя навыков программирования на Python или SQL, что становится препятствием для массового внедрения технологий. В качестве решения предлагается методология сборки интеллектуальных систем на базе No-code платформы n8n. Особое внимание уделено архитектуре создания Telegram-ботов с интегрированным ИИ-агентом, способным решать бизнес-задачи без написания программного кода.

Ключевые слова: искусственный интеллект, No-code развитие, n8n, Telegram-боты, автоматизация бизнес-процессов, LLM, СИТО 2025.

Введение: Концептуальный разрыв в материалах СИТО 2025

Материалы XXXII научной конференции «Современные информационные технологии» (2025 г.) демонстрируют впечатляющий охват тем: от нейросетевого распознавания речи до использования больших языковых моделей (LLM) в генетике и образовании. Однако при детальном изучении докладов прослеживается общая черта: большинство авторов рассматривают ИИ как объект программирования, а не как доступный конструктор.

Для специалистов гуманитарного профиля, педагогов или администраторов создается так называемый «теоретический барьер». Исследования вдохновляют возможностями, но не дают инструментария для самостоятельного «быстрого старта». В результате мощные алгоритмы остаются внутри научных лабораторий или требуют привлечения дорогостоящих разработчиков для простейшей автоматизации.

Анализ технологических барьеров в прикладных исследованиях

Обратимся к конкретным примерам из материалов конференции, которые подтверждают необходимость владения техническим стеклом:

1. **NL2SQL и работа с базами данных:** В исследовании С. П. Белоусова по генерации SQL-запросов с помощью моделей gemma-2 и qwen показаны высокие результаты точности. Однако для реализации этого в реальном учебном процессе или офисной работе пользователю необходимо настроить окружение, API-ключи и логику обработки ошибок на языке Python.
2. **Аналитика и финансовые рынки:** Доклады, посвященные анализу тональности новостей и предсказанию курсов акций, опираются на сложные библиотеки машинного обучения. Без навыков кодинга аналитик не может адаптировать эти модели под свой уникальный набор источников.
3. **Методическая поддержка образования:** Работы А. К. Габрусь и других авторов по использованию ИИ в написании ВКР справедливо указывают на важность промт-инжиниринга. Тем не менее, ручной ввод промтов в веб-интерфейс ChatGPT является низкоэффективным процессом, который требует автоматизации через создание собственных агентов.

No-code как инструмент демократизации технологий

Решением данной проблемы является переход к No-code парадигме. Платформы этого класса позволяют «собирать» интеллектуальные системы визуально, соединяя блоки данных с блоками ИИ. В то время как интернет-статьи часто ограничиваются общими советами, такие системы как **n8n** предоставляют реальную среду для прототипирования.

Преимущества перехода на n8n для непрограммистов:

- **Визуализация логики:** Вместо тысяч строк кода – понятная схема движения данных.
- **Гибкость моделей:** Возможность в один клик переключить «мозг» системы с GPT-4 на Claude 3 или локальную Llama 3.
- **Интеграция с данными:** Прямое подключение к Google Sheets, Notion и почтовым сервисам, упомянутым в контексте учебных сред.

Практический кейс: Создание Telegram-бота с ИИ-агентом

Одним из наиболее востребованных инструментов, который часто упоминается в материалах СИТО 2025 как среда взаимодействия, является мессенджер Telegram. Используя n8n, любой пользователь может создать собственного ИИ-помощника за четыре шага:

1. **Создание интерфейса (Trigger):** Используется узел *Telegram Trigger*, который моментально получает сообщение от пользователя.
2. **Подключение интеллекта (AI Agent):** Узел *AI Agent* соединяется с языковой моделью (например, OpenAI). Здесь же настраивается «Лич-

ность» бота – набор инструкций, определяющих его поведение (например, «Ты – ассистент кафедры, помогающий проверить оформление списка литературы»).

3. **Добавление памяти и инструментов:** Для того чтобы бот не просто «болтал», а приносил пользу, к нему подключаются узлы *Google Search* (для поиска актуальной информации по теме конференции) или *Vector Store* (загруженная база знаний в формате PDF из материалов СИТО).
4. **Выдача результата:** Узел *Telegram Send Message* отправляет сформированный и проверенный ИИ ответ обратно пользователю.

Такая система позволяет реализовать задачи, описанные в докладах конференции (например, проверку знаний студентов или классификацию входящих заявок), без единой строчки программного кода.

Заключение

Современный этап развития ИИ требует смены образовательной и прикладной парадигмы. Материалы СИТО 2025 подтверждают, что теоретическая база для внедрения ИИ уже готова. Теперь необходимо масштабировать использование таких инструментов, как n8n, чтобы специалисты – от врачей до учителей – могли самостоятельно проектировать «цифровых сотрудников». Это позволит преодолеть технологический разрыв и сделать искусственный интеллект по-настоящему персональным рабочим инструментом.

Литература

1. Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития: материалы XXXII научной конференции. – Ростов-на-Дону – Таганрог: Издательство ЮФУ, 2025. – 536 с.
2. Габрусь А. К. Использование генеративного искусственного интеллекта при подготовке выпускных квалификационных работ: проблемы и перспективы // Материалы конф. СИТО 2025.
3. Белоусов С. П. Сравнение эффективности больших языковых моделей в задаче генерации SQL-запросов // Материалы конф. СИТО 2025.
4. Документация n8n по работе с компонентами LangChain и Telegram API. [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.n8n.io/> (дата обращения: 06.03.2025).
5. Макаров С. В. Трансформация рынка труда под влиянием No-code инструментов и ИИ // Журнал прикладной информатики. – 2024. – № 4.
6. Бурый В. Г. Архитектура игрового ИИ: баланс между эффективностью и гибкостью // Материалы конф. СИТО 2025.

СЕКЦИЯ 1.

СОВРЕМЕННЫЕ НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕСУРСЫ

КОНТРОЛИРУЕМАЯ ИНТЕГРАЦИЯ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС: МНОГОУРОВНЕВАЯ АРХИТЕКТУРА УПРАВЛЕНИЯ

Абрамян В. М.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук*

им. И. И. Воровича,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: vikabramyan@sfedu.ru

1. Введение. Распространение больших языковых моделей (LLM) привело к тому, что их всё активнее применяют в прикладных задачах, в том числе в образовательной среде [3]. При этом, несмотря на высокое качество генерации естественного языка, такие модели остаются вероятностными системами. Иными словами, они формируют ответ на основе наиболее вероятного продолжения, но не гарантируют строгого соблюдения заранее заданной логики изложения или структурных ограничений. По этой причине в предметно ограниченных сценариях их работа не всегда оказывается достаточно устойчивой: модель может выходить за рамки заданной дисциплинарной логики или нарушать ожидаемый формат ответа.

Для регулирования поведения языковых моделей сегодня используются разные подходы, в частности alignment и retrieval-augmented generation (RAG), которые позволяют повысить релевантность ответов и снизить вероятность нежелательной генерации [1; 2]. Однако на практике управление нередко сводится либо к настройке системного промпта, либо к подключению внешнего источника знаний. Хотя такие меры в определённой степени повышают управляемость, они сами по себе не гарантируют устойчивого разграничения сценариев работы и воспроизводимости поведения модели при разнообразных пользовательских запросах.

В задачах предметно-ограниченного взаимодействия необходим переход от декларативных ограничений к такой модели управления, в которой степень свободы генерации задаётся не только инструкциями, но и самой организацией системы. Иными словами, управляемость должна поддерживаться несколькими независимыми уровнями контроля.

Цель работы – описать многоуровневую архитектуру управления LLM-ассистентом, обеспечивающую соблюдение содержательных, сценарных и эксплуатационных ограничений. Предлагаемое решение включает четыре уровня контроля: промптовый, архитектурный, алгоритмический и инфраструктурный. В совокупности они позволяют рассматривать LLM в предметно-ограниченной среде как управляемый компонент системы.

2. Многоуровневая архитектура управления.

2.1. Принцип разделения автономии. Предлагаемая система строится на разделении степеней автономии генерации. Вместо единого режима работы используются два функционально различных сценария: детерминированный и адаптивный.

Детерминированный режим ориентирован на воспроизведение заранее структурированного материала. Генерация в этом случае ограничена содержанием прикреплённой базы знаний и жёстким регламентом поведения, поэтому вариативность формулировок сведена к минимуму.

Адаптивный режим допускает более свободную генерацию в пределах заданной предметной области. Однако глубина и полнота ответа регулируются дополнительными механизмами контроля.

Такое разделение позволяет избежать конфликта между требованием следовать структуре курса и необходимостью гибкого взаимодействия с пользователем. Степень автономии модели в этом случае задаётся не только инструкциями, но и устройством системы.

2.2. Уровни управления. Управляемость обеспечивается на четырёх взаимодополняющих уровнях.

На промптовом уровне фиксируются границы предметной области, допустимая глубина объяснения, порядок изложения, правила обработки запросов вне сценария и формула отказа. Промпт задаёт общие правила поведения, но не рассматривается как единственный механизм контроля, поскольку его соблюдение остаётся вероятностным.

На архитектурном уровне управление усиливается за счёт разделения режимов. Детерминированный сценарий опирается на структурированную базу знаний и работает в рамках retrieval-компонента; адаптивный режим действует без внешней базы, но сохраняет тематические ограничения [1]. Такое разделение снижает риск смещения сценариев и неконтролируемого расширения предметной области.

На алгоритмическом уровне в адаптивном режиме применяется постобработка ответа модели. После генерации выполняется эвристический анализ структуры текста: оценивается объём кода, подсчитываются fenced-блоки, выявляются признаки завершённого решения и плотность программных конструкций. Если ответ классифицируется как избыточный, например содержит почти готовое решение задачи, он заменяется более ограниченной схемой с предложением выбора уровня дальнейшей детализации.

На инфраструктурном уровне дополнительный контур контроля обеспечивается организацией доступа: используется whitelist, централизованное управление API-ключом и серверное размещение консультационного модуля. Это позволяет ограничивать круг пользователей и контролировать нагрузку на систему.

2.3. Формализация модели. Предлагаемую архитектуру можно представить в виде композиционной схемы: *Controlled LLM = Base Model + Prompt Constraints + Mode Separation + Post-Processing Filter + Access Control*. Каждый компонент самостоятельно ограничивает степень свободы генерации. Благодаря этому управление лекционным и консультативным модулями определяется не разовой настройкой, а общей организацией их работы.

3. Практическая реализация. Лекционный модуль реализован в среде кастомизированного GPT с прикреплённой структурированной базой знаний, включающей оглавление и файлы по темам лекционного курса. Доступ к материалам осуществляется через встроенный механизм retrieval. Для этого режима используется модель версии 5.2: эта модель выбрана из-за более стабильного следования инструкциям и меньшей склонности к отклонению от заданной структуры изложения.

Консультативный модуль реализован как отдельный Telegram-бот, взаимодействующий с моделью через API и размещённый на удалённом сервере. Для него используется модель версии 4.1 mini, поскольку короткие сообщения она обрабатывает не хуже модели 5.2, но при этом на нее тратится куда меньше токенов. Системный промпт задаёт перечень допустимых тем и правила эскалации помощи. Генерация выполняется без использования внешней базы знаний, что позволяет сохранить гибкость взаимодействия.

В консультативном режиме после получения ответа выполняется программная постобработка. Система пытается определить, является ли ответ полным решением и, если она считает, что является, заменяет его ограниченной схемой решения с предложением выбрать дальнейший уровень детализации помощи. Благодаря этому, объём ответа ограничивается не только инструкциями, но и дополнительной программной проверкой.

Дополняет эту схему организация доступа: whitelist ограничивает круг пользователей, централизованный API-ключ помогает контролировать количество запросов и расходы, а размещение на сервере разделяет консультационный и лекционный сценарии. Такое разделение упрощает взаимодействие с системой и делает её работу предсказуемее.

4. Управляемость как архитектурное свойство. В предлагаемой системе управляемость – это не внутреннее свойство модели, а результат того, как организована вся система. Поведение LLM определяется не только параметрами генерации, но и внешними ограничениями, встроенными в саму структуру взаимодействия.

Существенная особенность архитектуры – независимость уровней контроля. Промптовые ограничения задают нормативную модель поведения, архитектурное разделение режимов сужает область применения генерации, алгоритмическая постобработка отсекает избыточные ответы, а инфраструктурные механизмы регулируют эксплуатацию системы. Даже если один из механизмов ослабевает, остальные уровни сохраняют общую управляемость системы.

Поэтому поведение системы определяется не одной инструкцией, а несколькими ограничениями, которые работают в связке. Это снижает зависимость результата от случайностей в работе LLM и помогает сделать ассистента предсказуемее в оговоренных пределах.

5. Заключение. В работе предложена многоуровневая архитектура управления LLM-ассистентом, которая помогает соблюдать содержательные и сценарные ограничения в узкой предметной области. В отличие от подходов, которые полагаются в основном на системный промпт, здесь сочетаются сразу несколько механизмов контроля, дополняющих друг друга.

Управляемость достигается за счёт четырёх уровней: промптового, архитектурного, алгоритмического и инфраструктурного. Такое разделение задач снижает зависимость системы от случайностей при генерации и делает поведение ассистента более предсказуемым при любых запросах.

Предложенная архитектура остаётся модульной и не завязана на одну версию модели. Смена базовой LLM не требует полной перестройки логики управления – это упрощает адаптацию решения под другие задачи.

Литература

1. Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., Küttler, H., Lewis, M., Yih, W.-t., Rocktäschel, T., Riedel, S., Kiela, D. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks / Patrick Lewis et al. // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2020). – 2020.
2. Bai, Y., Kadavath, S., Kundu, S., Askell, A., Kernion, J., Jones, A., Chen, A., Goldie, A., Mirhoseini, A., McKinnon, C., Chen, C., Olsson, C., Olah, C., Hernandez, D., Drain, D., Ganguli, D., Henighan, T., Mann, B., Perez, E., Schiefer, N., Kaplan, J., Amodei, D. Constitutional AI: Harmlessness from AI Feedback / Yuntao Bai et al. // arXiv preprint arXiv:2212.08073. – 2022.
3. Kasneci, E. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education / E. Kasneci, K. Sessler, A. Küchemann et al. // Learning and Individual Differences. – 2023. – Vol. 103. – Art. No. 102274.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ РАЗДЕЛА ОТЛАДКИ В ЗАДАЧНИКЕ PROGRAMMING TASKBOOK ВЕРСИЙ 4 И 5

Абрамян М. Э.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: mabr@sfedu.ru*

В докладе обсуждаются отладочные средства, включенные в задачник Programming Taskbook, и связанные с ними новые возможности, появившиеся в версиях задачника 4.26 и 5.2.

Основным назначением электронных задачников, как специализированных обучающих средств по программированию [1], является предоставление учебным программам исходных данных для решения конкретной задачи и автоматическая проверка полученных результатов. Но в процессе решения задачи неизбежны ошибки; кроме того, сложные задачи следует решать по частям, проверяя результаты, полученные на каждом этапе решения. Современные среды разработки имеют развитые средства поддержки процесса отладки (точки останова Breakpoints, окна Watch отслеживания текущих значений переменных и т. д.), однако часто при поиске ошибок и отслеживании текущего состояния программ более удобным оказывается обычный отладочный вывод промежуточных данных, особенно если средства такого вывода являются простыми и обеспечивают наглядный результат. Заметим, что в некоторых ситуациях встроенные в IDE средства отладки невозможно использовать (например, при отладке параллельных приложений, при которых одновременно работает несколько копий одной программы).

Для применения средств отладки совместно с задачником необходимо включить эти средства непосредственно в сам задачник. Функции вывода, входящие в задачник, не позволяют организовать удобную отладку, так как они автоматически передают данные на проверку, контролируют соответствие типов выводимых данных и ожидаемых результатов и отображают полученные данные в строго определенной области окна задачника. Таким образом, возможности функций вывода, которые очень удобны при передаче задачнику результатов, создают трудности при отображении отладочных данных (которые, вообще говоря, не должны контролироваться задачником).

По этой причине в версию 4.9 задачника Programming Taskbook (2010 г.) были включены отладочные средства, которые позволили выводить любые необходимые данные в особый раздел отладки окна задачника. Добавление в задачник средств отладки произошло одновременно с

разработкой расширения задачника по параллельному программированию PT for MPI [2], поскольку при отладке параллельных программ данные средства оказались наиболее полезными. Однако и для обычных, непараллельных программ средства отладки, включенные в задачник, являются очень удобными, особенно для языков, в которых организация вывода данных средствами стандартных функций требует больших усилий и часто приводит к ошибкам (характерный пример – достаточно сложная в использовании функция `printf` языка C).

В дальнейшем отладочные средства задачника совершенствовались, чтобы упростить и сделать наглядным вывод различных видов данных. В частности, для всех поддерживаемых языков были предусмотрены особые средства для наглядного вывода одномерных и двумерных массивов (или аналогичных типов данных), а для языков Python и R были реализованы функции наглядного вывода и более сложных типов, таких как табличные данные (data frames) [3].

Отладочный вывод может использоваться еще в одном качестве. В некоторых ситуациях часть результатов, полученных учебной программой, не может быть однозначно определена, но эти результаты тоже должны рассматриваться как необходимый компонент правильного решения. Например, в задачах группы OMPBegin по технологии параллельного программирования OpenMP требуется реализовать сложные вычисления двумя способами, непараллельным и параллельным, и сравнить эффективность этих реализаций. Один из подходов к сравнению эффективности состоит в анализе времени работы программы. Поскольку время работы зависит от многих факторов и заранее его определить невозможно, данную информацию нельзя включить в набор проверяемых однозначных результатов. Однако в условии задачи можно потребовать, чтобы эта дополнительная информация, в определенном формате, была выведена в разделе отладки. В этом случае электронный задачник автоматически проверит правильность тех результатов, которые определяются однозначно, а окончательную проверку осуществит преподаватель, принимая во внимание содержимое раздела отладки.

Подобный подход был использован не только для заданий группы OMPBegin, но и для ряда групп электронного задачника по параллельному программированию на основе технологии MPI-2. В частности, в некоторых задачах из начальной группы MPI1Proc требуется вывести определенные данные в раздел отладки, чтобы учащиеся познакомились с такой возможностью и в дальнейшем смогли ее применять при отладке своих программ. В задачах из групп MPI2Send и MPI5Comm дополнительную информацию в раздел отладки надо выводить при использовании неблокирующих операций. В задачах из группы MPI8Inter в раздел отладки надо выводить данные, полученные из процессов, динамически созданных в ходе работы параллельной программы (это связано с тем, что в раздел результатов можно

выводить только данные, полученные из процессов, которые создаются в момент запуска программы).

В версиях 4.26 и 5.2 (2026 г.) в задачник Programming Taskbook был включен механизм, позволяющий частично автоматизировать проверку данных, выводимых в раздел отладки. Если при формировании задания указать ожидаемое содержимое раздела отладки, то задачник выполнит указанную проверку, и при наличии рассогласования выведет сообщение об ошибке. Поскольку в большинстве ситуаций нельзя определить точное содержимое раздела отладки, при описании ожидаемого содержимого можно использовать язык регулярных выражений. Таким способом можно контролировать правильность форматирования данных, их количество и порядок вывода. А в ряде ситуаций (например, в соответствующих задачах групп MPI1Proc и MPI8Inter) требуемое содержимое раздела отладки может быть определено однозначно, и поэтому задачник сможет проверить правильность выполнения задания в полном объеме. Однако даже при вариативных отладочных данных наличие предварительной проверки существенно упрощает действия учащегося и преподавателя. Учащийся сразу видит грубые ошибки, допущенные им при выводе требуемых данных в раздел отладки, а преподаватель, приступая к окончательной проверке решения, может быть уверен, что все грубые ошибки были выявлены самим задачником, и поэтому в итоговом варианте решения, засчитанном задачником, они уже исправлены.

На рис. 1 приведен пример консольного вывода, выполненного задачником PT5 при анализе решения задачи OMPBegin17. Данный пример демонстрирует все особенности реализованного механизма. Образец отладочных данных содержится в разделе «Исходные данные». Подробное описание отладочных данных не включено в формулировку задания, но его можно просмотреть в преамбуле к группе заданий, если отобразить ее в виде html-документа (для этого в задачнике предусмотрена специальная команда). При обработке результатов вначале проверяется правильность вычисленных значений требуемой функции F (эти значения выводятся в разделе результатов). Затем анализируется содержимое раздела отладки; при этом проверяется количество выведенных строк, входящие в них комментарии и форматирование числовых данных, однако не требуется точного совпадения выводимых данных с образцом. В приведенном примере задачник засчитал в качестве правильных все семь выведенных в разделе отладки строк, но обнаружил, что отсутствует еще одна, завершающая строка, о чем и вывел сообщение.

Новые возможности конструктора учебных заданий, связанные с проверкой отладочных данных, описаны на странице «Основные компоненты» в разделе «Teacher Pack» сайта задачника ptaskbook.com.

```

Командная строка - \pt5\pt5
>> c:\pt5\pt5run OMPBegin17! CPP
Programming Taskbook - Задачник по программированию [C++]
[Статическое распараллеливание циклов]
    Реализовать два варианта вычисления функции F(X,N): непараллельный
    и параллельный, основанный на использовании статического варианта
    директивы for (число нитей равно 2). Формула для функции F:
    
$$F(X,N) = \sum_{I=1..N} 1/(\sum_{J=1..I} (J + \cos(X + J)) / (2I - 1))$$

    В разделе отладки вывести дополнительную информацию, описание которой
    приведено в преамбуле к данной группе заданий. Обеспечить возможно большее
    ускорение параллельного варианта за счет равномерной загрузки нитей.
Исходные данные
Данные для непараллельного варианта:      X = 0.6776   N = 5596
Данные для параллельного варианта:         X = 0.7387   N = 5607
Пример результатов, выведенных в разделе отладки:
1> Non-parallel time: 288.85
2> num_procs: 2
3> num_threads: 2
4> thread_num: 1 Count: 2348556 Thread time: 134.81
5> thread_num: 0 Count: 2350089 Thread time: 132.73
6> Total parallel time: 138.80
7> Rate: 2.08
Результаты
Результат для непараллельного варианта:    F(X,N) = 11200.7015
Результат для параллельного варианта:       F(X,N) = 11223.7912
Пример правильного решения
Результат для непараллельного варианта:    F(X,N) = 11200.7015
Результат для параллельного варианта:       F(X,N) = 11223.7912
OMPBegin17 (1/3)
Неверная отладочная информация. В разделе отладки недостаточно строк.
Отладочная информация
1> Non-parallel time: 545.00
2> num_procs: 20
3> num_threads: 2
4> thread_num: 0 Count: 7862416 Thread time: 264.00
5> thread_num: 1 Count: 7859612 Thread time: 264.00
6> Total parallel time: 264.00
[ENTER-выход ?-справка] pt5run>

```

Рис. 1. Консольный вывод результатов проверки задания OMPBegin17 (задачник PT5)

Литература

1. Абрамян М. Э. Инструменты и методы разработки электронных образовательных ресурсов по компьютерным наукам. Ростов-на-Дону, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2018.
2. Абрамян М. Э. Электронный задачник по параллельному MPI-программированию / Современные информационные технологии в образовании: Южный федеральный округ. Материалы XVII научной конференции. Изд-во ЮФУ, 2010. С. 18–19.
3. Абрамян М. Э., Ляо Ханьюй. Новые возможности задачника Programming Taskbook, связанные с анализом данных: поддержка языка R и модулей NumPy и Pandas языка Python / Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы XXXII научной конференции. Изд-во ЮФУ, 2025. С. 24–26.

ПОДДЕРЖКА ЯЗЫКОВ ПЛАТФОРМЫ .NET ДЛЯ ЗАДАЧНИКА PROGRAMMING TASKBOOK 5

Абрамян М. Э.^{1,2}, Ван Жуйян (王瑞阳)¹, Ван Цзяи (王嘉毅)¹

¹ Университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне (КНР)

² ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича

E-mail: mabr@sfsedu.ru, 15803430893@163.com, wjy2627@gmail.com

Доклад посвящен новым возможностям по использованию языков платформы .NET (C# и PascalABC.NET) в задачнике Programming Taskbook. Основное его содержание связано с реализацией поддержки этих языков в версии 5 задачника. Данная мультиплатформенная версия, доступная как для Windows, так и для Linux, была представлена на конференции СИТО 2024 года [1]; ее основными особенностями являются более простая архитектура и интерфейс консольного окна при сохранении основных возможностей предыдущей версии 4, имеющей интерфейс графического окна Windows. Ядро версии 5, как и версии 4, реализовано на языке Pascal в мультиплатформенной среде разработки Lazarus. При адаптации к новой версии конструктора учебных заданий для языка Pascal были сохранены практически все его возможности. Это позволило легко перенести в новую версию большинство групп учебных заданий, входящих в базовый набор задачника и в расширение задачника PT for MPI-2, связанное с изучением технологии параллельного программирования MPI, поскольку эти группы задач были изначально реализованы с применением конструктора для языка Pascal. В версии 5.1 задачи из базового набора можно было решать на языках C и C++, а задачи по параллельному программированию, как и в версии 4, на языке C++. В версии 5.2 была реализована поддержка языка Python, включая и те новые возможности, которые только недавно были реализованы для версии 4.25 [2].

Затем для версии 5.2 был адаптирован конструктор для языка C++. Как и конструктор для языка Pascal, он поддерживает все возможности конструктора версии 4, что позволило легко перенести в версию 5.2 завершающую группу MPI9Matr из расширения PT4 for MPI-2, а также все группы из расширения PT for STL по изучению библиотеки STL.

Параллельно была подготовлена новая версия конструктора для языка C++, которая, подобно ранее разработанной версии конструктора PT4MakerNetX для языка PascalABC.NET [3], существенно упрощала процесс разработки новых групп заданий, в том числе благодаря новому программному компоненту PTGroupGreator, который позволял полностью автоматизировать процесс создания заготовки для новой группы. Первая версия данного конструктора PT4TaskMakerX была представлена на

конференции СИТО 2025 года [4]; она была ориентирована на использование совместно с версией 4.25 электронного задачника. В дальнейшем в этот конструктор был интегрирован базовый конструктор для языка C++ версии задачника 5.2; что позволило автоматически генерировать библиотеки с новыми группами заданий как для версии 4, так и для версии 5.

Важной возможностью конструктора PT4TaskMakerX является комплекс вспомогательных функций, аналогичных по функциональности запросам интерфейса LINQ платформы .NET [5]. Наличие таких функций позволило сравнительно легко перенести на язык C++ многочисленные группы заданий, ранее разработанные на языке PascalABC.NET с применением конструктора PT4MakerNetX. Подобный перенос позволил решить проблему, связанную с тем, что на некоторых компьютерах ядро электронного задачника не распознавало управляемые динамические библиотеки .NET, разработанные с применением конструктора PT4MakerNetX. Такая ситуация возникала достаточно редко и была связана со специфической конфигурацией компонентов платформы .NET на данном компьютере. В результате переноса учебных групп на язык C++ указанная проблема была решена, так как для C++ создаются неуправляемые динамические библиотеки, с которыми ядро задачника взаимодействует вполне предсказуемым и однозначным образом. Указанный перенос был выполнен вторым автором настоящего доклада.

Следующим шагом была адаптация версии 5.2 электронного задачника к языку PascalABC.NET. Как и для ранее адаптированных языков C/C++ и Python, были сохранены все возможности версии 4, в том числе многочисленные варианты функций ввода исходных данных, вывода результатов и отладочного вывода необходимой информации. Учебную программу можно разрабатывать и запускать в редакторе среды PascalABC.NET, можно также использовать утилиту задачника pt5run, которая обеспечивает как компиляцию учебной программы с применением компилятора командной строки rabscnetcclear.exe, так и проверку полученного файла на наборе тестов. Все группы заданий, перенесенные в конструктор PT4TaskMakerX для языка C++ из конструктора для языка PascalABC.NET, доступны и для версии 5.2 задачника, причем эти задания можно выполнять не только на языке PascalABC.NET, но и на любых других языках, поддерживаемых данной версией.

Адаптация версии 5.2 к языку C# была выполнена по аналогичному сценарию; в этом случае для компиляции учебной программы используется компилятор dotnet.exe. В качестве интегрированной среды разработки можно использовать редактор Visual Studio Code (этот же редактор может использоваться в версии 5.2 для языков C, C++ и Python).

Завершающим этапом адаптации версии 5.2 задачника к языку C# явился перенос в эту версию расширения PT for LINQ, посвященного изучению технологии LINQ платформы .NET [5]. При этом основные проблемы

были связаны с переносом группы LinqXml, посвященной изучению интерфейса LINQ to XML, поскольку эта группа была разработана для версии 4 задачника с помощью особого конструктора для языка C#. Поэтому для версии 5 также был реализован соответствующий вариант данного конструктора. Особенностью этого варианта является то, что задания, разработанные с его помощью, можно выполнять на любых языках, поддерживаемых задачиком, а не только на языках платформы .NET, и при этом не будет возникать проблем, аналогичных тем, которые иногда возникали для групп, подготовленных с помощью конструктора PT4MakerNetX. Часть действий по адаптации версии 5 к языку C# была выполнена третьим автором настоящего доклада.

Таким образом, текущая версия 5.2 задачника Programming Taskbook поддерживает языки C, C++, Python, C#, PascalABC.NET, включает почти полный набор базовых заданий (1550), расширение для базовых заданий, перенесенное из системы PascalABC.NET (640), и полные варианты расширений PT for Bio (строковые алгоритмы биоинформатики, 160), PT for LINQ (250), PT for STL (300), PT for MPI-2 (305). PT for OpenMP (24) и PT for OOP (паттерны объектно-ориентированного программирования, 50).

Литература

1. *Абрамян М. Э., Цюй Жуйчэнь.* Первое сообщение об электронном задачнике Programming Taskbook 5 для Windows и Linux / Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы XXXI научной конференции. Изд-во ЮФУ, 2024. С. 24–27.
2. *Абрамян М. Э., Ляо Ханьюй.* Новые возможности задачника Programming Taskbook, связанные с анализом данных: поддержка языка R и модулей NumPy и Pandas языка Python / Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы XXXII научной конференции. Изд-во ЮФУ, 2025. С. 24–26.
3. *Абрамян М. Э.* Конструктор для быстрой разработки заданий по программированию в среде PascalABC.NET / Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы XXIV научной конференции. Изд-во ЮФУ, 2017. С. 16–17.
4. *Абрамян М. Э., Чумаков В. В.* Универсальный конструктор для быстрой разработки заданий по программированию / Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы XXXII научной конференции. Изд-во ЮФУ, 2025. С. 27–30.
5. *Абрамян М. Э.* Электронный задачник по технологии LINQ: реализация и использование // Информатизация образования и науки. 2014, № 2 (22). С. 23–35.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ МОДУЛЯ СБОРА ПОЛЕВЫХ ГЕОДАННЫХ В СОСТАВЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДАСТРОВОГО ИНЖЕНЕРА

Алешин Д. С.

ФГАОУ ВО Южный федеральный университет

E-mail: daales@sfedu.ru

В условиях цифровизации кадастровой деятельности актуальной становится задача создания инструментов, автоматизирующих полевой этап работ кадастрового инженера. Существующее программное обеспечение, как правило, либо ориентировано исключительно на камеральную обработку, либо требует постоянного подключения к интернету и сложно в настройке. Это приводит к разрыву между сбором данных на местности и их дальнейшим анализом в геоинформационных системах (ГИС) [1]. Целью данной работы является разработка модуля, который позволяет инженеру непосредственно в полевых условиях на стандартном ноутбуке выполнять первичную обработку геоданных и подготавливать их для загрузки в ГИС.

На первом этапе был проведен анализ существующих решений и технологий. В качестве базовой платформы выбрана свободная ГИС QGIS, обладающая открытым исходным кодом, поддержкой языка Python и обширным API для создания плагинов [2]. Для обработки геометрии и работы с пространственными данными использованы библиотеки Shapely, GeoPandas и Fiona. Графический интерфейс реализован с помощью PyQt5.

Для формализации требований к модулю была построена функциональная модель в нотации IDEF0. Контекстная диаграмма определила границы системы: входные данные (полевые измерения и GNSS-данные), управляющие воздействия (нормативные документы, такие как 218-ФЗ), механизмы (QGIS, Python, библиотеки) и выходной результат – верифицированные границы земельных участков, готовые для экспорта. Декомпозиция основного процесса позволила выделить ключевые функции: импорт данных, построение границ, контроль топологии и экспорт результатов. Эта модель легла в основу технического задания на разработку.

Реализация модуля выполнена в виде плагина FieldGeoDataProcessor для QGIS. Структура плагина (рис. 1) включает компоненты для загрузки данных, работы с системами координат, построения геометрии, проверки топологии и экспорта.

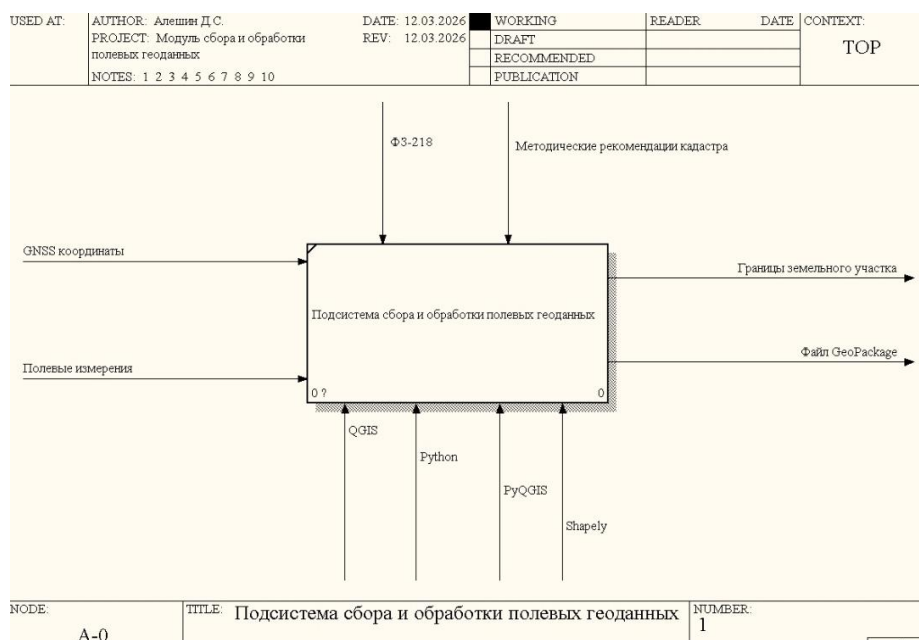


Рис. 1. Структура плагина FieldGeoDataProcessor

Главное окно плагина (рис. 2) содержит пять функциональных блоков, соответствующих этапам обработки: загрузка полевых данных, выбор или определение системы координат, построение границы участка, статистика и экспорт результатов.

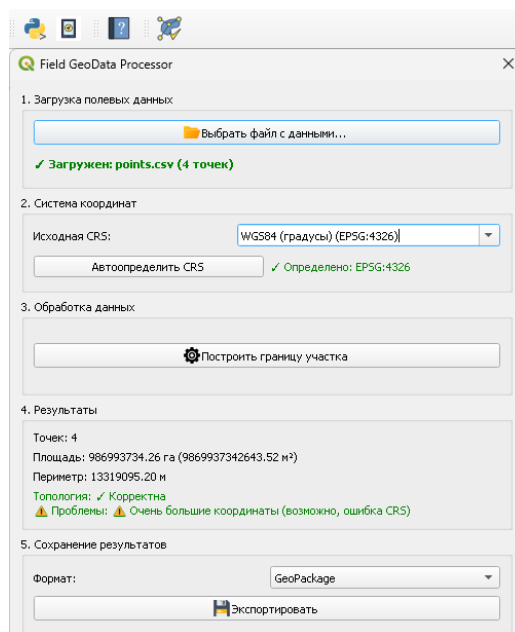


Рис. 2. Главное окно плагина в среде QGIS

Модуль загрузки данных поддерживает основные форматы, используемые в полевых контроллерах: CSV, TXT, GPX, KML, Shapefile, DXF, а

также сырые NMEA-логи с GNSS-приемников. Для текстовых файлов автоматически определяется разделитель и выполняется поиск колонок с координатами. Для NMEA предусмотрен парсер, извлекающий координаты и высоты из GGA-сообщений.

После загрузки пользователь выбирает систему координат исходных данных. Встроенный помощник предлагает автоматическое определение CRS на основе анализа диапазона координат (например, если все значения лежат в пределах $\pm 180^\circ$, предполагается WGS84). Далее координаты пересчитываются в метрическую систему (по умолчанию EPSG:3857) для корректных геометрических вычислений.

Построение границы участка выполняется путем последовательного соединения точек в соответствии с их идентификаторами. При необходимости контур автоматически замыкается. Если возникает самопересечение, геометрия исправляется стандартным методом `buffer(0)` с использованием Shapely. Модуль проверки топологии анализирует корректность полигона, выявляет такие проблемы, как вырожденность или слишком малая площадь, и фиксирует их.

После успешной обработки в интерфейсе отображаются площадь, периметр и статус топологии. Результаты можно экспортировать в основные форматы. При экспорте автоматически добавляются метаданные (дата съемки, исходный файл, количество точек) и генерируется текстовый отчет, содержащий полную информацию о процессе обработки.

Разработанный модуль прошел апробацию на тестовых данных, имитирующих полевые измерения. Все заложенные в функциональной модели возможности реализованы в коде и работают в соответствии с ожиданиями. Модуль может использоваться кадастровыми инженерами как самостоятельный инструмент для первичной обработки полевых геоданных.

Дальнейшее развитие работы видится в интеграции модуля с публичными кадастровыми сервисами для автоматической проверки пересечений границ, а также в расширении функционала импорта данных с конкретных моделей геодезического оборудования.

Литература

1. *Мареев, А. В.* Методика создания геодезических приложений с использованием свободных систем автоматизированного проектирования / А. В. Мареев, В. Ю. Наумов, А. О. Маликов // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2024. – Т. 68, № 6. – С. 8–19.
2. *Подрядчикова, Е. Д.* Геопространственное обеспечение кадастровой и градостроительной деятельности в эпоху цифровой трансформации : монография / Е. Д. Подрядчикова. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2023. – 160 с.

ПОЛУОБРАТНЫЙ МЕТОД В НЕЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ: ИНТЕГРАЦИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ И СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

Генералова А. А., Егорова С. А.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону*

E-mail: generalova@sfedu.ru, sofegorova@sfedu.ru

Современное инженерное образование сталкивается с вызовом, связанным с чрезмерной автоматизацией расчетов. Студенты часто воспринимают пакеты конечно-элементного анализа (МКЭ) как «черный ящик», что приводит к ошибкам в интерпретации результатов и выбору неадекватных физических моделей. Для формирования компетенций верификации и валидации необходимо сопоставление численных решений с аналитическими эталонами. Однако классические аналитические методы нередко исключаются из учебных планов из-за их математической сложности. В настоящей работе предлагается междисциплинарный подход, объединяющий полуобратный метод теории упругости и высокопроизводительное численное моделирование на базе открытого ПО. Целью работы является разработка структуры лабораторного практикума и создание открытого электронного ресурса, позволяющего студентам самостоятельно строить аналитические решения и сравнивать их с результатами МКЭ в единой вычислительной среде.

Полуобратный метод нелинейной теории упругости, развитый в трудах А. Сен-Венана, Р. Ривлина и Р. Огдена [1, 2], представляет собой эффективный подход к решению сложных задач деформирования упругих тел. Он позволяет строить аналитические решения и снижать размерность исходной задачи. В отличие от прямых методов, требующих полного задания кинематических полей, полуобратный метод базируется на введении априорных гипотез о характере распределения напряжений или перемещений, что даёт возможность свести трёхмерную задачу к решению краевой задачи для обыкновенного дифференциального уравнения. В линейной теории упругости полуобратный метод традиционно реализуется через задание статически возможного напряжённого состояния с последующей проверкой условий совместности деформаций. В нелинейной теории применение метода требует большей осторожности: априорное задание кинематических полей должно сопровождаться проверкой статической возможности получаемого напряжённого состояния.

Несмотря на ограничения по геометрии (тела простой формы: брусья, пластины, цилиндры) и типу нагружения (растяжение, изгиб, кручение, раздувание), метод обладает безусловным преимуществом – точностью. В учебном процессе это позволяет использовать решения полуобратного метода как «золотой стандарт» для проверки сходимости сеток и корректности реализации конститутивных уравнений в численных пакетах. Например, задача о раздувании толстостенной трубы из несжимаемого материала является классическим тестом для гиперупругих моделей, применяемых в биомеханике [3].

Необоснованное обобщение решений, полученных для простых моделей, на более сложные классы материалов может приводить к физически некорректным результатам. При использовании полуобратного метода важно учитывать возможность возникновения вторичных полей деформаций, которые могут быть существенными для корректного описания напряжённо-деформированного состояния [4]. В этой связи особую ценность приобретает сопоставление аналитических решений с результатами численного моделирования, позволяющее оценить границы применимости принятых гипотез. В работе [5] показана эффективность полуобратного метода для моделирования экспериментов по одноосному растяжению призматических образцов и раздуванию полых цилиндров. Для описания механических свойств используются потенциалы сжимаемых нелинейно-упругих сред – материал Блейтца и Ко, а также материал Мурнагана. Полученные аналитические зависимости нагрузки от параметров деформирования могут служить эталонными решениями для верификации численных алгоритмов.

Вычислительная среда на базе FEniCSx

Для численной реализации задач выбран пакет FEniCSx – современная версия вычислительной платформы FEniCS, предназначенная для решения дифференциальных уравнений методом конечных элементов [6, 7]. Ключевыми преимуществами для образовательных целей являются:

1. *Открытость и доступность*: возможность работы в облачных средах (Google Colab, Kaggle) без локальной установки.
2. *Язык описания UFL*: позволяет записывать вариационные постановки задач на языке, близком к математическому, что снижает порог вхождения для студентов-механиков [8].
3. *Интеграция с экосистемой Python*: возможность использования библиотек NumPy, SciPy и Matplotlib для постобработки.

В контексте биомеханических исследований особый интерес представляет работа [9], посвящённая реализации поропластических моделей биологических мягких тканей в среде FEniCSx. Демонстрируется применение смешанной формулировки поропластичности для моделирования перфузируемых тканей, а также приводится верификация аналитических решений. Отмечается, что производительность вычислений в FEniCSx оказывается в три раза выше по сравнению с предыдущей версией FEniCS.

Создание лабораторного практикума

Предлагаемый лабораторный практикум состоит из трёх модулей, последовательно формирующих у студентов навыки применения полуобратного метода и его верификации средствами FEniCSx.

Модуль 1. Аналитические решения задач деформирования. В первом модуле студенты изучают теоретические основы полуобратного метода на примере классических задач: растяжение-сжатие призматического образца, изгиб балки, кручение цилиндра, раздувание трубки. Для каждого типа нагружения необходимо получить зависимость между деформационными силовыми параметрами. Используются широко употребляемые модели сжимаемых и несжимаемых материалов.

Модуль 2. Численная реализация в FEniCSx. Второй модуль посвящён освоению платформы FEniCSx. Студенты знакомятся с основами вариационной постановки задач механики, учатся описывать геометрию, задавать граничные условия и визуализировать результаты. Базовые примеры включают решение задачи линейной упругости для балки и задачи гиперупругости для образца из нео-гуковского материала [7].

Модуль 3. Верификация и анализ. Третий модуль предполагает сопоставление аналитических решений, полученных полуобратным методом, с результатами конечно-элементного моделирования. Студенты проводят параметрические исследования, оценивают влияние выбора модели материала на точность решения, анализируют границы применимости априорных гипотез. Для задач биомеханики рассматриваются модели мягких тканей.

Разработка открытого электронного ресурса

Для обеспечения доступности разработанного практикума планируется создание открытого электронного ресурса на базе Jupyter Notebook (формат.ipynb). Каждая записная книжка объединяет форматированный текст с математическими выкладками, графические иллюстрации и исполняемый код на Python с использованием библиотек FEniCSx, NumPy, Matplotlib. Ресурс будет размещён в облачной среде Google Colab или Kaggle, что позволяет студентам выполнять вычисления без установки дополнительного программного обеспечения. Репозиторий с материалами предполагается поддерживать в актуальном состоянии, добавляя новые примеры по мере развития платформы FEniCSx.

Внедрение предложенного подхода в учебный процесс позволит решить несколько педагогических задач. Во-первых, происходит актуализация аналитических методов механики, которые демонстрируют свою практическую ценность как инструмент верификации. Во-вторых, студенты осваивают современные инструменты высокопроизводительных вычислений (FEniCSx, Python), востребованные в промышленности. В-третьих, формируется навык критического мышления: обучающийся учится задавать вопрос «насколько достоверен результат расчета?», прежде чем принимать инженерное решение. Создание открытого репозитория с записными книжками

обеспечит доступность материалов для студентов различных форм обучения и позволит масштабировать опыт на другие дисциплины, связанные с моделированием сплошных сред.

Литература

1. *Лурье А. И.* Нелинейная теория упругости. – М.: Наука, 1980. – 512 с.
2. *Ogden, R. W.* Large deformation isotropic elasticity – on the correlation of theory and experiment for incompressible rubberlike solids // *Proceedings of the Royal Society of London. A. Mathematical and Physical Sciences.* – 1972. – Vol. 326, No. 1567. – P. 565–584.
3. *Holzappel, G. A.* Nonlinear Solid Mechanics: A Continuum Approach for Engineering – Chichester: Wiley, 2000. – 480 p.
4. *De Pascalis, R., Rajagopal, K. R., Saccomandi, G.* Remarks on the use and misuse of the semi-inverse method in the nonlinear theory of elasticity // *The Quarterly Journal of Mechanics and Applied Mathematics.* – 2009. – Vol. 62, No. 4. PP. 451-464. DOI: 10.1093/qjmath/hbp019.
5. *Карякин М. И., Егорова С. А.* Вычисление коэффициентов определяющих соотношений нелинейно-упругих материалов с использованием эволюционных алгоритмов // *Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки.* – 2023. – № 2. – С. 4–14.
6. *Bleyer, J.* FEniCSx tutorials [Электронный ресурс]. – Laboratoire Navier, Ecole des Ponts, 2023. – Режим доступа: <https://gitlab.enpc.fr/navier-fenics/fenics-tutorials>. (дата обращения: 11.03.2026).
7. *Карякин М. И.* Конечно-элементный анализ задач механики деформируемых тел в пакете FEniCSx: учебное пособие / М. И. Карякин; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог: Издательство ЮФУ, 2025. – 204 с.
8. *Alnæs, M. S., Logg, A., Ølgaard, K. B., Rognes, M. E., Wells, G. N.* Unified form language: A domain-specific language for weak formulations of partial differential equations // *ACM Transactions on Mathematical Software.* – 2014. – Vol. 40, No. 2. – P. 1–37. DOI: 10.1145/2566630.
9. *Lavigne, T., Urcun, S., Rohan, P.-Y., Sciumè, G., Baroli, D., Bordas, S. P.A.* Single and bi-compartment poro-elastic model of perfused biological soft tissues: FEniCSx implementation and tutorial // *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials.* – 2023. – Vol. 143. – P. 105902. DOI: 10.1016/j.jmbbm.2023.105902.

РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ПОДБОРА ГОСТИНИЦ В Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

Гинис Л. А., Шпорт Р. В.

*ФГАОУ ВО Южный федеральный университет,
Институт компьютерных технологий и информационной
безопасности,
г. Таганрог*

E-mail: gla@sfedu.ru, rshport@sfedu.ru

Город Санкт-Петербург является одним из ключевых туристических центров Российской Федерации. Ежегодно он привлекает значительные потоки как внутренних, так и иностранных туристов, что обусловлено богатым историко-культурным наследием, развитой музейной и театральной инфраструктурой, а также статусом крупного делового и транспортного узла. По данным официальной статистики и профильных исследований [1, 2] Санкт-Петербург стабильно входит в число лидеров по количеству туристов в России. Рост туристического потока влечёт за собой повышение нагрузки на гостиничную сферу и повышает требования к качеству и удобству сервисов поиска и бронирования средств размещения.

Для Санкт-Петербурга характерна сезонность: летний период, «белые ночи», крупные культурные и деловые события и пространственная неравномерность: наибольшая концентрация туристов приходится на центральные районы и зоны, прилегающие к ключевым достопримечательностям и транспортным узлам. Такая концентрация приводит к локальному дефициту гостиничных мест в пиковые периоды, росту цен и усложнению подбора оптимального варианта размещения для разных категорий туристов.

Существующие web-сервисы бронирования гостиниц и апартаментов, такие как крупные международные агрегаторы и российские онлайн-площадки, в основном решают задачи подбора вариантов размещения по цене, категории, рейтингу и набору базовых фильтров [3]. Как правило, они включают компонент, основанный на готовых картографических платформах (Google Maps, OpenStreetMap и др.), и выполняют функции отображения найденных объектов размещения на карте города. Однако такие решения не являются нейтральными: их бизнес-модели построены на продаже рекламных позиций, приоритетном показе партнёров и взимании комиссии, что приводит к систематическому продвижению крупных сетевых комиссий и объектов с высоким рекламным бюджетом [3]. В большинстве случаев турист получает список объектов и набор точек на карте, отсортированных с учётом коммерческих факторов (рекламные размещения, «ре-

комендуемые» объекты, партнерские программы), а не только по объективным критериям качества и соответствия. Небольшие гостиницы, хостелы и семейные отели зачастую оказываются в нижней части списка, имеют меньше шансов быть отображёнными на первых страницах результатов поиска и, как следствие, получают меньшую долю бронирований. Для таких объектов участие в рекламных программах крупных агрегаторов связано с существенными затратами, которые оказываются экономически обременительными. В результате формируется асимметрия: крупные гостиничные сети усиливают своё присутствие, тогда как малый гостиничный бизнес сталкивается с ограниченным доступом к аудитории.

На этом фоне возникает необходимость создания нового специализированного ГИС-приложения для поиска бронирований гостиниц, ориентированного на более нейтральный и прозрачный подход к отображению и ранжированию объектов. Предлагается в таком приложении использовать геоинформационный анализ и открытые критерии сортировки, а не рекламные механизмы, обеспечивая равные базовые возможности для крупных и малых средств размещения. В отличие от коммерческих агрегаторов, приложение должно быть нацелено на поддержку регионального гостиничного рынка и повышение видимости небольших гостиниц и семейных отелей за счёт честного представления информации на карте, без скрытого приоритета рекламодателей. Для обоснования архитектуры и функционала подобного ГИС-приложения целесообразно использовать объектно-ориентированный методологический подход и унифицированный язык моделирования UML [4, 5]. UML позволяет формально и графически выделить ключевые роли, демонстрируя, каким образом новая система устраняет выявленные ограничения существующих решений.

Итак, цель данной работы – разработка функциональной модели ГИС-приложения как инструмента для подбора гостиниц в г. Санкт-Петербург. Опишем начало разработки модели.

На первом шаге построена диаграмма вариантов использования (Use Case), рисунок 1, введены акторы «Владелец небольшой гостиницы», «Представитель крупной сети» и «Турист», для которых определены варианты использования.

Актор «Владелец небольшой гостиницы» в такой модели получает доступ к функциям добавления и актуализации информации об объекте размещения без необходимости участия в платных рекламных программах. Актор «Турист» взаимодействует с системой через варианты использования «Поиск гостиниц по параметрам» и «Просмотр на карте», где результаты выводятся согласно открыто описанным правилам сортировки, а не по коммерческим приоритетам агрегатора.



Рис. 1. Диаграмма вариантов использования ГИС-приложения

На рисунке 2 изображена диаграмма активности для этапа «Формирование списка результатов», в отличие от поиска на агрегаторах, наш алгоритм не содержит ветвления по условию «рекламный приоритет» и не включает шагов типа «подъём» в списке за оплату. Вместо этого алгоритм сортировки опирается на композицию объективных атрибутов (географическое положение, цена, средний рейтинг, набор услуг) и настроек пользователя. Это принципиально отличает проектируемое приложение от существующих коммерческих платформ, где порядок выдачи зачастую формируется как комбинация полезности и коммерческой выгоды для площадки.

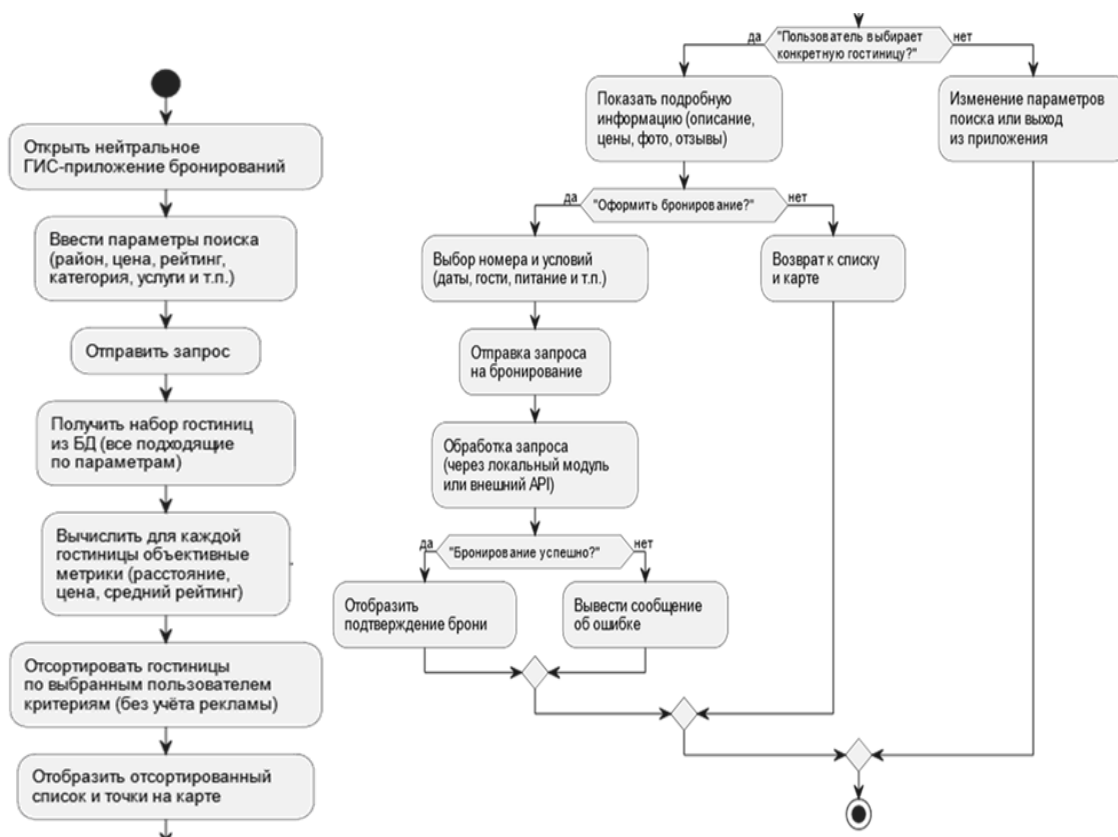


Рис. 2. Диаграмма активности ГИС-приложения

Считаем, разработка такого специализированного ГИС-приложения не только технически обоснована, но и социально значима. Наш инструмент позволит снизить дисбаланс между крупными и малыми гостиницами, предоставить пользователям более прозрачный и объективный сервис поиска, а также способствовать устойчивому развитию городской туристской инфраструктуры.

Литература

1. Охрана окружающей среды в России. 2022: Стат. сб./Росстат. – 2022. – № 92. – 115 с.
2. Туристская деятельность в Российской Федерации: стат. сб. / Росстат. – М., 2023. – 140 с.
3. Павленко И. Г., Османова Э. У. Роль мобильных технологий в обеспечении устойчивого развития социокультурного сервиса и туристских территорий // Сервис в России и за рубежом. – 2022. – Т. 16. № 5. – С. 75–88. DOI: 10.5281/zenodo.7395724.
4. Hall C. M. Tourism planning: Policies, processes and relationships. – 2nd ed. – Pearson, 2008.
5. Буч Г., Рамбо Дж., Джейкобсон И. UML. Руководство пользователя. – 2-е изд. – М.: Диалектика, 2019. – 496 с.
6. Фаулер М. UML. Основы. – СПб.: Питер, 2018. – 192 с.

РОБАСТНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОРТФЕЛЕМ АКТИВОВ НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ¹

Данилова Н. В., Темикпесан Ньерховво

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича

E-mail: nvdanilova@sfedu.ru; temikpesan@sfedu.ru

В статье рассматривается задача вычисления оптимального портфеля для случая выборки возвратов рискованных активов, имеющей большой объём. В основе метода лежит технология построения доверительного множества. Приводится пример построения оптимального портфеля для случая реальных данных возвратов десяти российских фирм за период с июня 2014 года по март 2021 года.

Начиная с работы Г. Марковица, опубликованной в 1952 году [1], существует много работ, посвящённых построению оптимального портфеля. Для оценки риска используются различные функционалы, среди них можно отметить VaR (Value at Risk) [2] и CVaR (Conditional Value at Risk) [3]. Одной из проблем является то, что полученный портфель зависит от выборки и не является устойчивым по отношению к изменению выборки. Для решения этой проблемы существуют различные подходы [4]. В работе рассматривается подход, основанный на построении доверительного множества. Для построения доверительного множества выборка сначала разбивается на кластеры, затем в каждом кластере находится эллипсоид минимального объёма. Доверительное множество – это объединение полученных эллипсоидов. Для кластеризации выборки можно использовать различные методы. В [5] представлен метод k-средних; в [6] представлен метод максимального правдоподобия. Для построения доверительного множества также можно использовать различные методы. В [7] представлен метод MCD (Minimal Covariance Determinant); в [8] представлен метод ME (Minimal Ellipsoid).

Пусть инвестор располагает начальным капиталом X_0 , который необходимо распределить между n активами с начальными стоимостями $S_0^{(1)}, \dots, S_0^{(n)}$. В момент времени $T=1$ стоимости активов $S_1^{(1)}, \dots, S_1^{(n)}$. Пусть $S_1^{(i)} = S_0^{(i)}(1 + \rho_i)$, $i = 1, \dots, n$. Начальный капитал можно представить в виде $X_0 = \sum_{i=1}^n \gamma_i S_0^{(i)}$, где $\gamma_i, i = 1, \dots, n$ – количество единиц i -го актива. В момент времени $T=1$ капитал портфеля $X_1 = \sum_{i=1}^n \gamma_i S_1^{(i)}$. Пусть $\rho = \frac{X_1 - X_0}{X_0}$ – возврат портфеля. Возврат портфеля можно представить как $\rho = \sum_{i=1}^n x_i \rho_i$, где

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ, проект №25-11-00094

$x_i = \frac{\gamma_i S_0^{(i)}}{X_0}, i = 1, \dots, n$. Заметим, что $\sum_{i=1}^n x_i = 1$. Далее под портфелем будем понимать вектор $x = (x_i)_{i=1}^n, (x, I) = 1, I = (1)_{i=1}^n$. Пусть m – средний вектор, C – ковариационная матрица. Тогда $E\rho = (m, x), D\rho = (Cx, x)$. Для вычисления оптимального портфеля необходимо максимизировать $E\rho$ и минимизировать $D\rho$. Возникает двухкритериальная задача, которая далее будет сведена к однокритериальной задаче.

Рассмотрим задачу нахождения оптимального портфеля:

$$\max \frac{(m, x)}{\sqrt{(Cx, x)}} \quad (1)$$

$$(I, x) = 1.$$

Для решения этой задачи будем использовать два метода. Будем считать, что задана выборка возвратов рискованных активов. Методы различаются способом нахождения m, C .

Разделим выборку возвратов активов $V = (\rho_i)_{i=1}^M$ на две подвыборки V_1 и V_2 одинакового объёма $N = M/2$. Выборка V_1 используется для вычисления оптимального портфеля; выборка V_2 используется для тестирования оптимального портфеля.

Первый метод. В качестве m и C используются $m = (m_i)_{i=1}^n$ – выборочный средний вектор, $C = (c_{ij})_{i,j=1}^n$ – выборочная ковариационная матрица. Вектор $m = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \rho_i$, матрица $C = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \rho_i \rho_i^T - mm^T$.

Второй метод. Для выборки значений возвратов V находится эллипсоид минимального объёма с доверительной вероятностью η , содержащий $L = \lfloor N\eta \rfloor + 1$ элементов.

Алгоритм MCD.

1. Задать начальную подвыборку $H_1 = \{\rho_1, \dots, \rho_L\}$.
2. Сформировать упорядоченную перестановку $\pi: \pi(i) < \pi(j)$, если $(C^{-1}(H_1)(\rho_{\pi(i)} - m(H_1)), \rho_{\pi(i)} - m(H_1)) < (C^{-1}(H_1)(\rho_{\pi(j)} - m(H_1)), \rho_{\pi(j)} - m(H_1))$.
3. Найти подвыборку $H_2 = \{\rho_{\pi(1)}, \dots, \rho_{\pi(L)}\}$.
4. Если $\Delta C(H_2) < \Delta C(H_1)$, то $H_2 = H_1$, переход к 2; иначе СТОП.

После остановки получается подвыборка H_2 из L элементов, вектор $m(H_2)$ и матрица $C(H_2)$.

Третий метод.

Алгоритм МЕ.

1. Задать начальную подвыборку $H_1 = \{\rho_1, \dots, \rho_L\}$.
2. Найти λ из решения следующей задачи:

$$\max_{\lambda} \sum_{i=1}^L \lambda_i (A(\lambda)(\rho_i - m(\lambda)), (\rho_i - m(\lambda))), \sum_{i=1}^L \lambda_i = 1, \lambda_i \geq 0, i = 1, \dots, L, \text{ где}$$

$$m(\lambda) = \sum_{i=1}^L \lambda_i \rho_i, C(\lambda) = \sum_{i=1}^L \lambda_i (\rho_i - m(\lambda))(\rho_i - m(\lambda))^T, A(\lambda) = (\Delta C(\lambda))^{1/n} C^{-1}(\lambda).$$

3. Сформировать упорядоченную перестановку $\pi: \pi(i) < \pi(j)$, если $(A(\lambda)(\rho_{\pi(i)} - m(\lambda)), \rho_{\pi(i)} - m(\lambda)) < (A(\lambda)(\rho_{\pi(j)} - m(\lambda)), \rho_{\pi(j)} - m(\lambda))$.

4. Найти подвыборку $H_2 = \{\rho_{\pi(1)}, \dots, \rho_{\pi(L)}\}$.

5. Если $\Delta C(H_2) < \Delta C(H_1)$, то $H_2 = H_1$, переход к 2; иначе СТОП.

В результате остановки получается подвыборка H_2 из L элементов, вектор $m(H_2)$ и матрица $C(H_2)$. Алгоритм МЕ получается из алгоритма MCD с помощью замены шага.

Далее во всех методах применяется пакет решения оптимизационных задач, встроенный в язык программирования Python. При тестировании для обоих портфелей вычисляется выборочное среднее значение $\bar{V} = \frac{1}{N} \sum_{\rho \in V_2} (x, \rho)$,

выборочная дисперсия $D = \frac{1}{N} \sum_{\rho \in V_2} (x, \rho)^2 - \bar{V}^2$ и минимальный возврат

$$V_{\min} = \min_{\rho \in V_2} (x, \rho).$$

Пример. Рассмотрим выборку возвратов десяти российских фирм (Алроса, Русолово, Газпром, Институт Стволовых Клеток Человека, Группа ЛСР, ПИК, Сбербанк, Московская Биржа, Сеть магазинов «Магнит», Группа Черкизово) за период с 27.06.2014 по 19.03.2021. В таблице 1 показана зависимость $\bar{V}, D, V_{\min}$ от доверительной вероятности η .

Таблица 1. Зависимость $\bar{V}, D, V_{\min}$ от η .

η	0.6	0.7	0.8	0.9
$\bar{V}$ (метод 2)	0.997273	0.997336	0.997289	0.996872
$\bar{V}$ (метод 3)	0.997703	0.997449	0.997289	0.996833
D (метод 2)	0.000322	0.000307	0.000308	0.000309
D (метод 3)	0.000426	0.000355	0.000308	0.000299
$V_{\min}$ (метод 2)	0.945789	0.946262	0.944332	0.943122
$V_{\min}$ (метод 3)	0.915491	0.945185	0.944332	0.944132

Для метода 1 $\bar{V} = 0.996326$, $D = 0.000336$, $V_{\min} = 0.945714$.

Литература

1. Markowitz H. Portfolio selection // Journal of Finance. 1952. Vol. 7. No. 1. P. 77–91.
2. Basak S., Shapiro A. Value-at-risk based risk management: optimal policies and asset prices // Review of Financial Studies. 2001. Vol. 14. No. 2. P. 371–405.

3. *Rockafellar R., Uryasev S.* Optimization of conditional value-at-risk // *Journal of Risk*. 2000. Vol. 2, No. 3. P. 21–42.
4. *Fabozzi F., Huang D., Zhou G.* Robust portfolios: contributions from operations research and finance // *Annals of Operations Research*. 2010. Vol. 176. No. 1. P. 191–220.
5. *Данилова Н. В., Житников Д. И.* Метод дихотомической кластеризации и оптимальный портфель // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки*. 2022. №2 (214). С. 15–20.
6. *Белявский Г. И., Данилова Н. В., Логунов А. Д.* Обучение без учителя и робастная оптимизация в задаче о портфеле // *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки*. 2020. № 4 (208). С. 4–9.
7. *Rousseeuw P., Van Driessen K.* A fast algorithm for the minimum covariance determinant estimator // *Technometrics*. 1999. Vol. 41. P. 212–223.
8. *Beliaevsky G., Danilova N.* Optimal portfolio and confidence set // *Journal of Mathematical Sciences*. 2022. Vol. 266. No. 2. P. 251–257.

КРОСС-ЯЗЫКОВАЯ НАВИГАЦИЯ МЕЖДУ GRAPHQL И TYPESCRIPT НА ОСНОВЕ ЛЕГКОВЕСНЫХ ГРАММАТИК С ANY И РАСШИРЕНИЙ ЯЗЫКА LAND

Дроздов Д. С., Михалкович С. С.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону

E-mail: ddrozdov@sfedu.ru, miks@sfedu.ru

Современная разработка программного обеспечения характеризуется высокой степенью многоязыковости. В рамках единого проекта используются различные языки и форматы описания данных, при этом семантически связанные сущности оказываются распределены по разнородным файлам и технологическим слоям [1]. Данное обстоятельство существенно увеличивает когнитивную сложность понимания системы и приводит к значительным временным затратам на навигацию по исходному коду и переключение контекста [2]. Для снижения указанных издержек применяются подходы, основанные на автоматическом выявлении и хранении кросс-языковых связей между артефактами проекта [3].

Настоящая работа фокусируется на языковой паре GraphQL–TypeScript, которая является распространенной в разработке серверных приложений. Схема GraphQL декларативно задает типы и поля API, в то время как имплементация бизнес-логики определяется в *резолверах*, написанных на TypeScript. Анализ существующей практики показывает, что резолверы могут быть организованы с использованием различных стилей программирования: от простых объектных структур до классов и фабричных функций [4]. Обеспечение кросс-языковой навигации в такой постановке включает два ключевых этапа: (1) построение размеченного представления проекта путем извлечения *точек привязки* из исходного кода и (2) установление семантических связей между точками, принадлежащими разным языкам. Термин «точка привязки» используется в контексте методологии алгоритмической привязки, реализованной в инструментальном комплексе Land, который разрабатывается и представляется на конференции «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития» (СИТО) начиная с 2018 года [5]. Под точкой привязки понимается устойчиво выделяемая позиция в тексте, которая обновляется вместе с изменяемым кодом [6–8]. В данной работе основное внимание уделяется этапам извлечения точек привязки и построения связей между ними.

В работах [9–11] исследованы методы разработки и постобработки легковесных грамматик, а также процедуры валидации для языков Go и GraphQL. Данное исследование развивает указанные подходы, адаптируя их

для связки GraphQL–TypeScript и дополняя новыми средствами, необходимыми для компактного и адекватного описания синтаксических конструкций TypeScript.

Предлагаемый подход к созданию разметки базируется на использовании легковесных грамматик, включающих специальный символ `Any`. Это позволяет описывать только синтаксические «острова», релевантные для выделения точек привязки, игнорируя остальные фрагменты кода («воду») [9–11].

Для языка TypeScript разработана легковесная грамматика на языке описания `Land`, нацеленная на извлечение точек привязки, соответствующих резолверам. Грамматика покрывает основные идиоматические способы их задания, встречающиеся на практике:

1. Классовый стиль: резолверы определяются как методы классов.
2. Структурный стиль: резолверы группируются в объектных структурах вида `resolvers = { Query: { field: ... } }`.
3. Фабричный стиль: резолверы создаются функциями-фабриками, возвращающими объект с полями.

В рамках грамматики дифференцируются несколько форм задания значений резолверов: непосредственные функциональные выражения (включая стрелочные функции), краткая форма метода в объектном литерале, а также «ссылочный» вариант, при котором значение ключа представляет собой ссылку на ранее объявленную функцию. Для фабричного стиля существенным является выделение границ возвращаемого объекта и имен его ключей, тогда как остальной код относится к «воде» и успешно пропускается механизмом `Any`.

В процессе построения грамматики TypeScript потребовалась реализация двух *расширений языка Land*, направленных на повышение выразительности описаний.

Во-первых, введен механизм ручного управления парностью угловых скобок `<` и `>`. Данное решение обусловлено необходимостью корректной обработки обобщенных типов (`generics`). Глобальная балансировка этих токенов в TypeScript невозможна из-за того, что они также используются в качестве операторов сравнения. Контроль парности активируется только в контекстах, явно заданных правилами грамматики.

Во-вторых, реализовано расширение `AnyAvoid(k)`, которое позволяет запрещать в «воде» не только одиночные токены, но и фиксированные последовательности токенов. Это важно для устойчивого выделения резолверов в случаях, когда граница между соседними объявлениями проявляется как начало следующей сигнатуры вида `ID` (например, при перегрузках/сигнатурах без явного разделителя), и требуется остановить пропуск по последовательности, а не по отдельному токenu.

После завершения фазы извлечения точек привязки выполняется этап связывания по модели «поле схемы резолвер» с последующим формированием дерева разметки. Процесс связывания включает:

1. Нормализацию идентификаторов: приведение регистра символов, разбиение составных идентификаторов и унификацию разделителей.
2. Двухступенчатый поиск кандидатов: первичный поиск осуществляется по составному ключу, объединяющему родительский контекст и имя поля. При отсутствии точного совпадения выполняется поиск по имени поля с последующим ранжированием результатов по близости контекста.

Контекстная информация извлекается непосредственно грамматикой: для классового стиля учитывается имя класса и уровень вложенности; для объектных структур имя ключа верхнего уровня (обычно соответствующего типу GraphQL) и путь ключа в иерархии; для фабрик контекст возвращаемого объекта.

В случаях недостаточно точного совпадения окончательная связь не фиксируется. Вместо этого сохраняется ранжированный список кандидатов, а несопоставленные точки TypeScript выделяются в отдельное множество для последующего анализа и уточнения правил сопоставления.

Таким образом, в рамках проведенного исследования получены следующие результаты:

1. Разработана легковесная грамматика с символом Any для языка TypeScript, позволяющая извлекать точки привязки резолверов и структурировать их контекстную информацию.
2. Реализованы расширения выразительности языка LanD, обеспечивающие ручное управление парностью угловых скобок и возможность ограничения символа Any по последовательностям токенов.
3. Описан и реализован алгоритм связывания «поле схемы резолвер», который формирует дерево разметки и поддерживает обработку неоднозначных результатов за счет механизма ранжирования кандидатов и выделения несопоставленных точек для дальнейшей обработки.

Литература

1. Mayer P., Kirsch M., Le M. A. On multi-language software development, cross-language links and accompanying tools: a survey of professional software developers // Journal of Software Engineering Research and Development. 2017. Vol. 5. Article 1.
2. Robillard M. P., Coelho W., Murphy G. C. How effective developers investigate source code: An exploratory study // IEEE Transactions on Software Engineering. 2004. Vol. 30. No. 12. P. 889–903.
3. Latif S., Mushtaq Z. Pragmatic evidence of cross-language link detection: A systematic literature review // Journal of Systems and Software. 2023. Vol. 206. Article 111825.

4. *Porcello E., Banks A.* Learning GraphQL: declarative data fetching for modern web apps. O'Reilly Media, Inc. 2018.
5. *Головешкин А. В., Михалкович С. С.* LanD: инструментальный комплекс поддержки послойной разработки программ // Труды XXV всероссийской научной конференции «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития». Ростов-на-Дону, 2018. С. 53–56.
6. *Malevannyu M. S., Mikhalkovich S. S.* Context-Based Model for Concern Markup of a Source Code // Trudy ISP RAN / Proc. ISP RAS. 2016. Vol. 28. No. 2. P. 63–78.
7. *Малеванный М. С., Михалкович С. С.* Поддержка среды программирования для навигации по аспектам программного кода // Труды Научно-методической конференции «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития». Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2014. С. 69–71.
8. *Goloveshkin A. V., Mikhalkovich S. S.* Using improved context-based code description for robust algorithmic binding to changing code // Procedia Computer Science. 2021. Vol. 193. P. 239–249.
9. *Дроздов Д. С., Михалкович С. С.* Создание и постобработка легковесных грамматик Go и GraphQL для разметки функциональностей кода // Труды XXXI всероссийской научной конференции «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития». 2024. С. 163–165.
10. *Дроздов Д. С., Михалкович С. С.* Разработка легковесных парсеров с разной детализацией языка Go // Электронные библиотеки. 2024. Т. 27. № 6. С. 857–877.
11. *Дроздов Д. С., Михалкович С. С.* Валидация легковесных грамматик языка Go // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития: материалы XXXII научной конференции. 2025. С. 156–160.

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО АТЛАСА ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТЕЙ ГОРОДА

Закотин А. В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт компьютерных технологий и информационной безопасности,
г. Таганрог

E-mail: zakotin@sfedu.ru

Создание электронных атласов историко-культурной направленности является одним из наиболее востребованных направлений цифровизации наследия. Такие проекты позволяют перенести карту в цифровую среду и наполнить ее новыми смыслами за счет интеграции пространственных данных с мультимедийным контентом.

Обращаясь к опыту коллег, нельзя обойти вниманием исследование, в котором подробно рассматриваются современные требования к картографированию объектов культурного наследия [1]. Анализ отечественных проектов, вроде портала «Карта культурного наследия» показывает, что сегодня пользователям недостаточно просто видеть точку на карте. Важным становится наличие развернутой атрибутивной информации, возможность добавлять фото и видео материалы. Вместе с тем, многие существующие решения на поверку оказываются либо недостаточно информативными, либо не предоставляют возможностей для гибкой настройки визуального отображения объектов, что затрудняет их восприятие (Рис. 1).

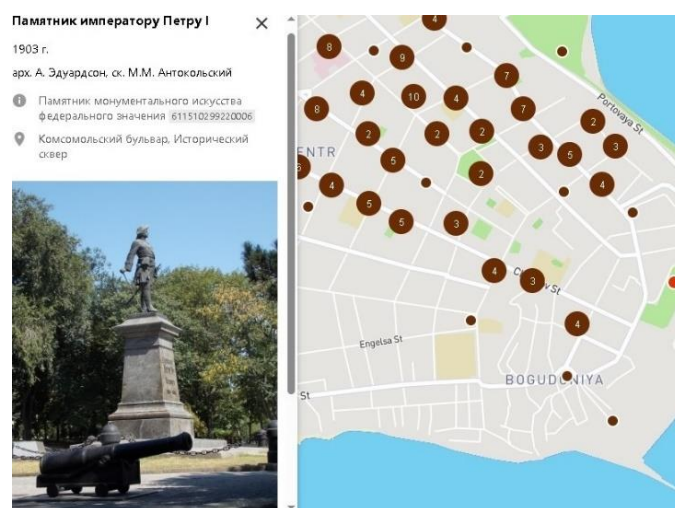


Рис. 1. Пример отображения объектов

Другой интересный подход демонстрируется при создании электронного атласа административного района, где предполагается использовать картографическую среду ArcGIS с последующей доработкой дизайна услов-

ных знаков в графическом редакторе CorelDRAW [2]. Такой подход позволил добиться действительно высокого качества оформления, сделав карту достопримечательностей информативной и эстетически привлекательной (Рис. 2). Однако использование связки из коммерческого программного обеспечения и необходимость переноса данных между разными средами заметно усложняет процесс последующей актуализации информации. Любое изменение объекта или его атрибутов требует повторения всего цикла работ.

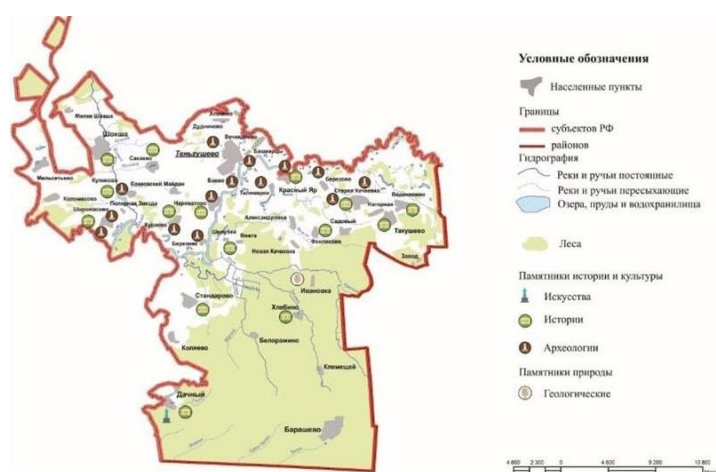


Рис. 2. Фрагмент карты достопримечательностей

Размышляя над тем, как избежать подобных сложностей при создании атласа Таганрога, я обратил внимание на возможности геоинформационной системы QGIS. В отличие от описанных выше подходов, QGIS позволяет совместить создание точной картографической основы и ее художественное оформление в единой среде. Для начального прототипа атласа (Рис. 3) принципиальным оказалось то, что QGIS дает возможность работать с разными типами геометрии. Это значит, что объекты культурного наследия можно наносить не только привычными точками для обозначения памятников, но и, например, полигонами, когда речь идет о исторических зданиях, а линейные объекты, отлично подходят для формирования туристических маршрутов.

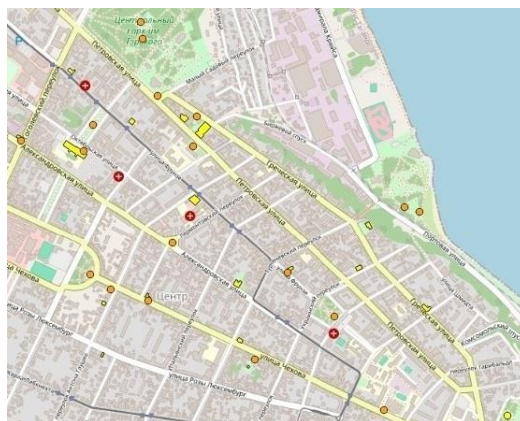


Рис. 3. Фрагмент разрабатываемого функционала электронного атласа

Важно и то, что QGIS позволяет гибко настраивать внешний вид каждого элемента: от иконок до подложек, а легенда карты при этом формируется автоматически на основе заложенных в базу данных атрибутов. Это избавляет от необходимости создавать ее вручную и гарантирует, что она всегда будет соответствовать актуальному состоянию карты. Такой подход, как мне представляется, делает процесс разработки более технологичным и позволяет сосредоточиться на содержательной стороне проекта – сборе и верификации информации об объектах наследия, которая ляжет в основу электронного атласа.

Литература

1. *Лебзак, А. О.* Современные направления развития картографирования объектов культурного наследия / А. О. Лебзак, С. С. Янкелевич // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 6. – С. 78–85.
2. *Грушина, А. В.* Использование современных технологий для создания электронного атласа административного района / А. В. Грушина, С. А. Тесленок, А. П. Муштайкин // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2021. – Т. 27, № 2. – С. 89–101.

АНАЛИЗ СТРУКТУРНОГО БАЛАНСА В МОДЕЛЯХ ВЗВЕШЕННЫХ ГРАФОВ ПОСРЕДСТВОМ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Иванов М. А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: maki@sfedu.ru

Теория структурного баланса позволяет исследователям и практикам понимать динамику отношений между элементами организационной структуры, выявлять дисбалансы и разрабатывать стратегии для гармоничного и устойчивого функционирования всей системы в целом [3].

Пусть имеется взвешенный связный неориентированный граф $S = (V, E)$. Вес дуги (ребра графа) $e = (i, j)$ обозначим $v(e) = v(i, j)$. Предположим, что каждое ребро $e \in E$ имеет свой вес $\{0 \dots r\}$, они образуют сеть G_w , что отражает количественное выражение взаимодействия конкретных вершин. В работе [2] приводится детальная характеристика влияния контуров обратной связи на устойчивость и конфликтную природу сложной системы.

$$R = \sum_{i=1}^m R_i$$

где R – произведение весов дуг i -го контура, m – общее число контуров в модельном графе.

Концепция, предложенная В. А. Светловым [2], представляет собой системный подход к анализу динамических систем в контексте их конфликтности и устойчивости. Согласно его теории, динамическая система считается конфликтной тогда и только тогда, когда показатель R принимает отрицательное значение. В этом случае система характеризуется наличием внутреннего напряжения или противоречивых процессов, которые могут приводить к развитию конфликтных ситуаций, кризисам или даже к разрушению системы. В противоположность этому, когда $R \geq 0$, система считается бесконфликтной.

Таким образом, В. А. Светлов [2] выделяет и различает два ключевых понятия: конфликтность и устойчивость систем. В таблице 1 сформулирована суть данной концепции.

Таблица 1. Влияние коэффициента R на конфликтность и устойчивость динамической системы

Конфликтность Устойчивость	Система бесконфликтна	Система конфликтна
	Система устойчива	Система неустойчива
Система устойчива	$-1 < R < 0$	$0 \leq R \leq 1$
Система неустойчива	$\infty < R \leq -1$	$1 \leq R \leq \infty$

Проанализируем в рамках данной методики взаимоотношения ряда агентов, контактирующих в рамках социальной сети с использованием специализированного программного обеспечения (1).

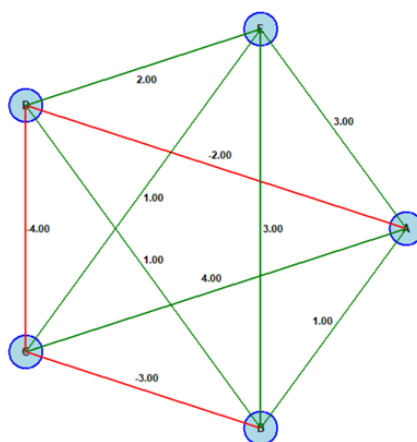


Рис. 1. Пример взаимодействия агентов в рамках социальной сети

На рисунке 1 изобразим взаимодействие нескольких пользователей социальной сети. Взаимоотношения между ними в рамках этой системы могут быть как положительными, так и отрицательными.

Данный граф содержит множество вершин $\{A, B, C, D, E\}$. Веса ребер (w_e): положительные: $w_{AB}=1.0$, $w_{AE}=3.0$, $w_{AC}=4.0$, $w_{BC}=3.0$, $w_{BD}=1.0$, $w_{BE}=3.0$, $w_{CD}=4.0$, $w_{CE}=1.0$, $w_{DE}=2.0$. Отрицательные: $w_{AD}=-2.0$, $w_{CD}=-4.0$, $w_{BC}=-3.0$. Сумма абсолютных весов: $\sum |w_e| = 28.0$. Знаки ребер (σ): 9 положительных, 3 отрицательных. Следует произвести расчет весов циклов с тремя вершинами. Циклы длины $k=3$:

1. $ABC = 1 - 3 + 4 = 2$. Положителен. Абсолютный вес цикла = 8.
2. $ABD = 1 + 1 - 2 = 0$. Неотрицателен. Абсолютный вес цикла = 4.
3. $ABE = 1 + 3 + 3 = 7$. Положителен. Абсолютный вес цикла = 7.
4. $ACD = 4 - 4 - 2 = -2$. Отрицателен. Абсолютный вес цикла = 10.
5. $ACE = 4 + 1 + 3 = 8$. Положителен. Абсолютный вес цикла = 8.
6. $ADE = -2 + 2 + 3 = 3$. Положителен. Абсолютный вес цикла = 7.
7. $BCD = -3 - 4 + 1 = -6$. Отрицателен. Абсолютный вес цикла = 8.
8. $BCE = -3 + 1 + 3 = 1$. Положителен. Абсолютный вес цикла = 7.
9. $BDE = 1 + 2 + 3 = 6$. Положителен. Абсолютный вес цикла = 6.
10. $CDE = -4 + 2 + 1 = -1$. Отрицателен. Абсолютный вес цикла = 7.

Суммарный вес положительных циклов: $CW^{+3}(G_w) = 43$.

Суммарный вес отрицательных циклов: $CW^{-3}(G_w) = 18$.

На данном этапе необходимо произвести расчет степени баланса. Воспользуемся формулой 1 [60]:

$$d^w(G_w) = \frac{\sum_{k=3}^n CW_+^k(G_w)}{\sum_{k=3}^n CW^k(G_w)} = 43/(43 + 18) = 39/72 \approx 0.704.$$

Для того чтобы сделать сеть полностью сбалансированной, необходимо изменить знаки рёбер с минимальной суммарной стоимостью $W_{mcb}G_w$.

Анализ структуры показывает, что при разделении графа на две коалиции $S_1 = \{B, D, E\}$ и $S_2 = \{A, C\}$ возникают следующие нарушения:

1. Внутри групп: все рёбра должны быть положительными. В S_1 и S_2 все рёбра положительные.

2. Между группами: Все рёбра должны быть отрицательными.

- Отрицательные (норма): BC(-3), DC(-4), DA(-2).

- Положительные (нарушения): BA(+1), EA(+3), EC(+1).

Минимальная стоимость балансировки $W_{mcb}G_w$ для этой конфигурации составляет: $|w(BA)| + |w(EA)| + |w(EC)| = 1 + 3 + 1 = 5$.

Для измерения минимального изменения для балансировки нужно применить формулу 4 [60]:

$$d_{mcb}^w(G_w) = \frac{\sum_{e \in E} |w_e| - W_{mcb}(G_w)}{\sum_{e \in E} |w_e|} = 0.792.$$

Взвешенный анализ данного графа показывает, что:

1. Степень циклического баланса ($d^w \approx 0.7$) указывает на умеренный уровень стабильности.

2. Мера $d_{mcb}^w \approx 0.79$ говорит о том, что сеть почти сбалансирована.

Литература

1. Радченко С. А. Разработка программных средств исследования устойчивости социально-экономических систем // Инженерный вестник Дона, 2008, №3 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2008/94 (дата обращения: 2024-11-14 17:34:28).
2. Светлов В. А. Аналитика конфликта. – СПб.: ООО «Росток», 2001. – 512 с.
3. Угольницкий, Г. А. Дискретные модели организационного управления : учебное пособие / Г. А. Угольницкий; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2023. 130 с.

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ: АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ

Корецкая О. С.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Таганрог

E-mail: okoretskaia@sfedu.ru

Внутренний туризм в России демонстрирует устойчивый рост. Согласно данным Ростуризма, количество внутренних туристических поездок увеличилось с 2022 по 2024 год на 11%. В этих условиях особо охраняемые природные территории (ООПТ) становятся главными направлениями для путешественников. Эта тенденция подкрепляется развитием самой сети ООПТ: с 2014 по 2024 год их общая площадь в России увеличилась на 20,9%.

Именно геоинформационные системы и картографические сервисы выступают инструментом, который способен соединить растущий спрос на внутренний туризм с развивающейся сетью ООПТ. Опираясь на актуальную базу пространственных данных, такие инструменты помогают решать комплекс задач: предоставлять актуальную информацию об инфраструктуре (местах стоянок, смотровых площадках); интегрировать данные о режиме охраны и правилах посещения; формировать индивидуальные туристические маршруты с учетом природных и культурных особенностей территории [1, 5].

Первая функция – предоставление актуальной информации об местоположении – лучше всего реализована в универсальных картографических сервисах, таких как 2ГИС, Яндекс Карты или Google Maps.

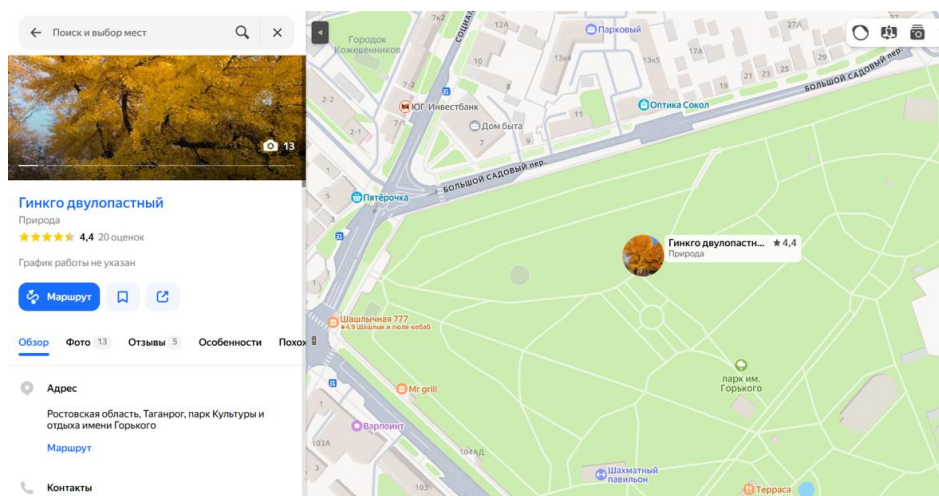


Рис. 1. Пример отображения памятника природы «Гинкго двулопастный» в Яндекс Картах

Однако у этих сервисов есть ограничение: они содержат информацию преимущественно о городской и дорожной инфраструктуре. Что касается особо охраняемых природных территорий, то данные о местонахождении, например, лесничеств или оборудованных стоянок, обычно отсутствуют.

Вторая функция – интеграция данных о режиме охраны и правилах посещения – требует более специализированных решений. Здесь на первый план выходят официальные ГИС-порталы ООПТ. Примером может служить информационный портал Правительства Ростовской области [4]. Ресурс содержит сведения об ООПТ федерального и регионального значения – от заповедника «Ростовский» до памятников природы и ботанического сада ЮФУ. Для каждой территории приводится подробное описание: местоположение, площадь, профиль, особенности флоры и фауны. К достоинствам ресурса можно отнести официальный статус, полноту данных и их соответствие нормативной базе области. Однако основной недостаток – отсутствие интерактивной карты: границы территорий, зонирование, кордоны и экотропы не отображены.

Третья функция – формирование индивидуальных маршрутов с учетом особенностей территории – наиболее сложная и редко реализованная в полном объеме. В существующих туристических навигаторах, таких как Maps.Me или отечественный «Спутник», пользователи могут прокладывать маршруты по дорожной сети или делиться готовыми треками [3], однако эти решения не учитывают природоохранные ограничения. Система способна построить путь из точки А в точку Б, но она не знает, что один участок проходит через заповедную зону, где посещение запрещено, а другой – через зону познавательного туризма, где можно передвигаться только пешком. Автоматизированного построения маршрута, который одновременно учитывал бы вид транспорта и режим охраны территории, на сегодняшний день не существует.

Таким образом, анализ существующих инструментов показывает: несмотря на наличие отдельных удачных решений, целостной системы, объединяющей все три функции применительно к ООПТ, пока не создано [2]. Это формирует запрос на разработку специализированного картографического ресурса, который стал бы единым окном для туриста, планирующего поездку на особо охраняемые природные территории.

Литература

1. Басаргин А. А. Создание геосервиса для объекта на территории Новосибирской области на примере санаторно-туристского комплекса «Озеро Карачи» туризма // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 1. – С. 86–97. DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-1-86-97.
2. Герцен А. А. Картографические методы решения историко-географических проблем (на примере полимасштабных исследований регионов

- Европы, Средиземноморья и Северо-Западного Причерноморья) // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2020. – Т. 26, № 4. – С. 266–281. – DOI 10.35595/2414-9179-2020-4-26-266-281.
3. Лебзак А. О., Янкелевич С. С. Современные направления развития картографирования объектов культурного наследия // Вестник СГУГиТ. – 2025. – Т. 26, № 6. – С. 78–85. – DOI 10.33764/2411-1759-2021-26-6-78-85.
 4. Особо охраняемые природные территории Ростовской области // Официальный портал Правительства Ростовской области [Электронный ресурс] URL: <https://www.donland.ru/activity/855/> (дата обращения: 20.02.2026).
 5. Salimi H., Fadaei Nezhad Bahramjerdi S., Tootoonchi R. The Role of Geographic Information Systems (GIS) in Participatory Conservation of Heritage Areas // European Journal of Geography. – 2025. – Vol. 16. – № 1. – С. 1–11. DOI: 10.48088/ejg.si.spat.hum.h.sal.1.11.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ЭРГОДИЧЕСКИХ РЕСУРСНЫХ СЕТЕЙ С МАЛЫМ РЕСУРСОМ

Кучеров К. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: kvkuchеров@gmail.com*

Современные телекоммуникационные сети представляют собой сложные распределенные системы, состоящие из большого числа узлов передачи данных (маршрутизаторов, коммутаторов, базовых станций) и каналов связи между ними. Для анализа структуры и свойств таких систем применяются формализованные математические модели. Одним из подходов к моделированию является использование графовых потоковых моделей, где вершины соответствуют узлам сети, а ребра отражают физические или логические каналы передачи данных между ними.

В рамках потоковых моделей каждому ребру графа сопоставляются различные параметры, характеризующие свойства канала связи, такие как пропускная способность, задержка передачи данных и вероятность потерь пакетов.

Использование потоковых моделей позволяет формализовать задачи анализа и оптимизации телекоммуникационных сетей. Так, например, задача нахождения максимального объема данных, который может быть передан между двумя узлами сети, решается при помощи алгоритмов Форда–Фалкерсона, Эдмондса–Карпа и Диница, а связанная с ними теорема о максимальном потоке и минимальном разрезе позволяет выявлять узкие места в структуре сети [1]. В то же время, задача маршрутизации трафика может быть сведена к поиску кратчайших путей в взвешенном графе, где вес ребер соответствует задержке передачи данных или другой метрике качества обслуживания. Для решения этой задачи используются такие алгоритмы, как алгоритм Дейкстры и алгоритм Беллмана–Форда. Для моделирования более реалистичных сценариев передачи данных в сети применяются обобщенные потоковые модели, такие как многотоварные потоки [2], позволяющие учитывать одновременную передачу множества независимых потоков трафика через один канал связи.

В данной работе рассматривается применение эргодических ресурсных сетей для решения задачи реконфигурации телекоммуникационной сети, то есть задачи перераспределения потоков внутри нее.

Эргодическая ресурсная сеть – это ориентированная сильно связная сеть без источника и стока. Для каждой дуги указывается ее пропускная способность. Ресурсная сеть работает в дискретном времени путем перераспределения

ресурса между смежными вершинами согласно определенным правилам. Говорят, что в сети находится малый ресурс, если с некоторого момента времени все вершины отдают весь ресурс, находящийся в них [3].

Эргодическая ресурсная сеть называется регулярной, если наибольший общий делитель длин всех циклов сети равен единице. Иначе она называется циклической.

При моделировании телекоммуникационных сетей ресурсными сетями в качестве вершин сети выступают узлы связи, а ребра описывают каналы передачи данных между ними. Для информации, находящейся в системе, вводится неотрицательная функция, характеризующая объем информации (токенов) в узле связи.

Решение задачи реконфигурации сети сводится к решению задачи локального управления потоками в ресурсных сетях. Формально эта задача ставится следующим образом. Дано начальное состояние Q_0 и состояние Q' . В ресурсной сети выделяется множество вершин S , называемых управляемыми. Необходимо свести начальное состояние Q_0 сети к данному состоянию Q' при помощи изменения пропускных способностей дуг, инцидентных управляемым вершинам. Различают задачи локального управления входящими и исходящими потоками в зависимости от того, пропускные способности каких дуг (входящих в управляемые вершины или исходящих из них) изменяются.

Методы решения задачи зависят от топологии сети и начального состояния в ней. Так, для случая регулярных ресурсных сетей с малым ресурсом задача локального управления входящими и исходящими потоками получены условия, при которых данное состояние Q' является устойчивым. Показано, что для любого начального состояния Q_0 существуют пропускные способности управляемых дуг такие, что устойчивое состояние Q' является достижимым [4, 5].

Для случая циклических ресурсных сетей решение задачи зависит от того, какая задача локального управления поставлена (входящими или исходящими потоками). При управлении исходящими потоками получены условия, при которых для данного состояния Q' не существует пропускных способностей управляемых дуг таких, что Q' является устойчивым. Установлено, что если эти условия не выполняются, то существуют пропускные способности управляемых дуг такие, что Q' является устойчивым, как частный случай решения задачи о максимально распределенном потоке [6]. Были построены пропускные способности управляемых дуг такие, что любое начальное состояние Q_0 сходится к устойчивому состоянию Q' .

В задаче управления входящими потоками были получены условия, при которых существуют пропускные способности управляемых дуг такие, что данное состояние Q' является устойчивым. Доказано, что без дополнительных возможностей по удержанию ресурса, задача управления входящими потоками в циклических ресурсных сетях с малым ресурсом не имеет

решения. Установлен ряд достаточных условий, при которых данное состояние Q' является достижимым.

Литература

1. Форд Л. Р., Фалкерсон Д. Р. Потоки в сетях. – Принстон: Princeton University Press, 1962.
2. Hu T. C. Multi-commodity network flows // Operations Research. – 1963. Vol. 11, № 3. – P. 344–360.
3. Жиликова Л. Ю., Кузнецов О. П. Теория ресурсных сетей. – М.: РИОР, 2020. – 283 с.
4. Skorokhodov V. A., Erusalimskiy Ya. M. Flows local control in resource networks with a low resource // Mathematics and Statistics. – 2023. – Vol. 11, № 2. – P. 300–307.
5. Евсеенко А. В., Скороходов В. А. Локальное управление входящими потоками в регулярных ресурсных сетях с малым ресурсом // Дискретный анализ и исследование операций. – 2025. – Т. 32, № 2. – С. 30–53.
6. Skorokhodov V. A., Chebotareva A. S. The maximum flow problem in a network with special conditions of flow distribution // J. Appl. Ind. Math. – 2015. – Vol. 9, № 3. – P. 435–446.

ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ АСПЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ДОСТУПНОСТИ

Левониук С. В., Морозов А. С.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт компьютерных технологий и информационной
безопасности,

г. Таганрог

E-mail: svlevoniuk@sfedu.ru, andmorozo@sfedu.ru

Геопространственные технологии позволяют проводить анализ затрат времени при оказании различных транспортных услуг [1]. Большинство современных ГИС дают возможность проводить векторный пространственный анализ на основе использования существующей дорожной сети. При этом могут быть построены маршруты доставки, оптимальные по расстоянию или по временным затратам.

Однако в ряде случаев доставка подразумевает перемещение не только по дорогам, но и по пересеченной местности, лесам и водным объектам. Типичным примером являются транспортные услуги, связанные с оказанием медицинской помощи в сельских населенных пунктах. В подобных случаях целесообразно проводить анализ временных аспектов транспортной доступности с использованием возможностей растровых ГИС [2, 3].

В данном докладе рассматриваются особенности проведения пространственного анализа с использованием растровой ГИС SAGA [2] для построения зон временной доступности и оптимальных по времени путей доставки при оказании транспортных услуг.

Для разработки детализированной блок-схемы алгоритма пространственного анализа следует определить исходные векторные слои, которые понадобятся для проведения такого анализа, а также необходимые для обработки инструменты (алгоритмы) ГИС.

Разработанная детализированная блок-схема алгоритма пространственного анализа представлена на рис. 1.

Желтым цветом на блок-схеме показаны исходные векторные слои, лиловым цветом – промежуточные растровые слои и зеленым цветом – итоговые векторный и растровый слои. Используемые при анализе инструменты показаны серым цветом.

Входными векторными слоями для проведения пространственного анализа являются два слоя полигональных объектов LandshuftV и MaskaV, слой линейных объектов RoadsV и два слоя точечных объектов Destination и Points. В данном случае полигон слоя MaskaV задает границы населенного пункта с учетом прилегающей территории, линейные объекты слоя RoadsV соответствуют дорожной сети населенного пункта, объекты слоев Destination и

Points соответственно определяют местоположения центра оказания транспортных услуг и заказчиков транспортных услуг, а полигональные объекты слоя LandshuftV соответствуют различным видам ландшафта исследуемой территории.

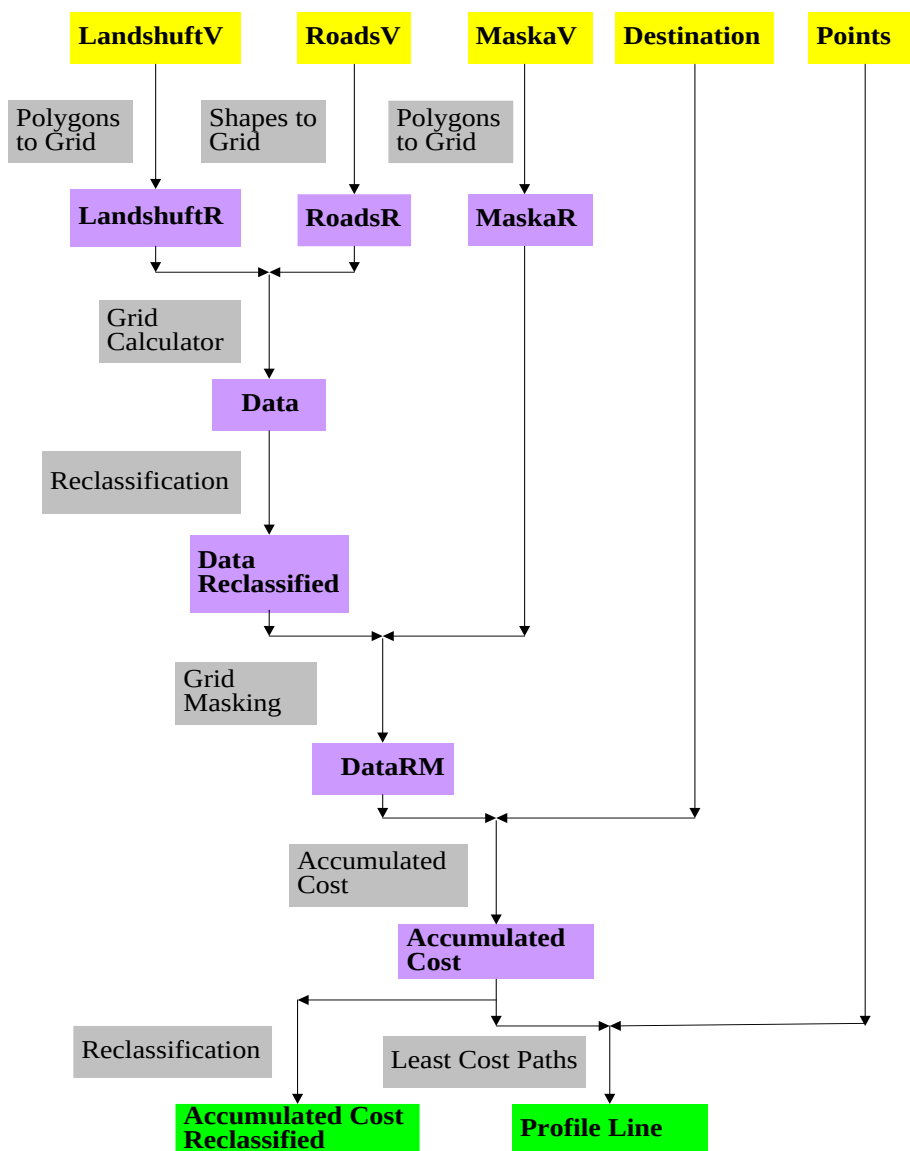


Рис. 1. Детализированная блок-схема алгоритма пространственного анализа

При проведении пространственного анализа используются инструменты ГИС для преобразования полигонов в растр – «Polygons to Grid», для преобразования линейных объектов в растр – «Shapes to Grid», для переклассификации растра – «Reclassification», калькулятор растра – «Grid Calculator», для обрезания растра по маске – «Grid Masking», для создания растра накопленной стоимости – «Accumulated Cost» и для построения путей наименьших затрат – «Least Cost Paths».

В соответствии с полученной блок-схемой алгоритма на первом этапе пространственного анализа исходные векторные слои LandshuftV, RoadsV и MaskaV преобразуются в соответствующие растровые слои LandshuftR, RoadsR и MaskaR. Далее полученные слои LandshuftR и RoadsR объединяются, образуя растр Data, который подвергается реклассификации и обрезается по маске. Для обрезанного растра DataRM и векторного слоя Destination создается растр накопленной стоимости Accumulated Cost, который реклассифицируется, образуя первый итоговый слой – растр зон временной доступности при оказании транспортных услуг Accumulated Cost Reclassified. Дополнительно на основе слоев Accumulated Cost и Points создается второй итоговый слой - векторный слой оптимальных по времени путей доставки Profile Line.

Рассмотрим использование предложенного алгоритма пространственного анализа для построения зон временной доступности и оптимальных по времени путей доставки при оказании транспортных услуг в пределах территории одного из райцентров Ростовской области.

Для создания исходных векторных слоев LandshuftV, RoadsV, Destination, MaskaV и Points использовалась карта населенного пункта и прилегающих к нему территорий (рис. 2).

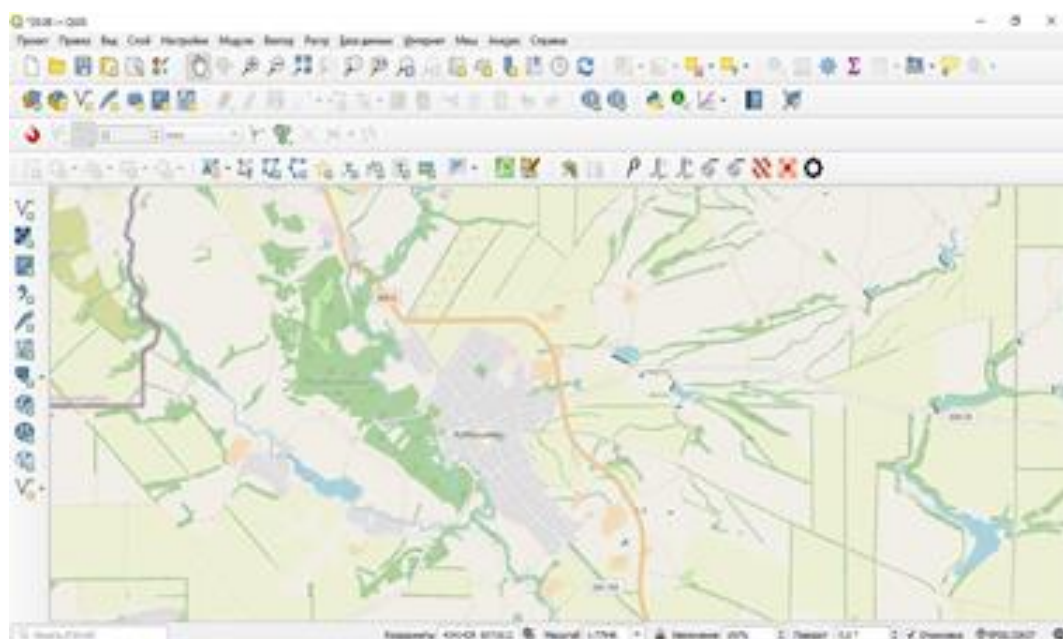


Рис. 2. Карта населенного пункта и прилегающих к нему территорий

Результаты разбивки территории на пять зон временной доступности показаны на рис. 3, а на рис. 4 приведен векторный слой оптимальных по времени путей доставки.

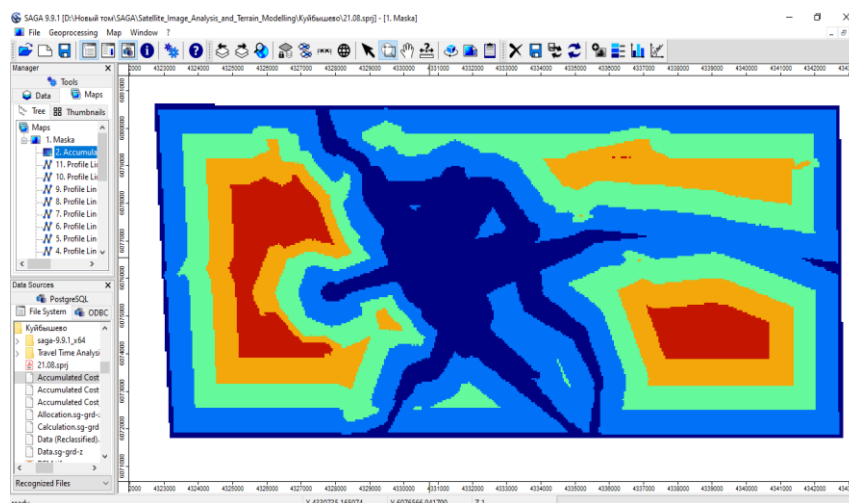


Рис. 3. Растр зон временной доступности при оказании транспортных услуг

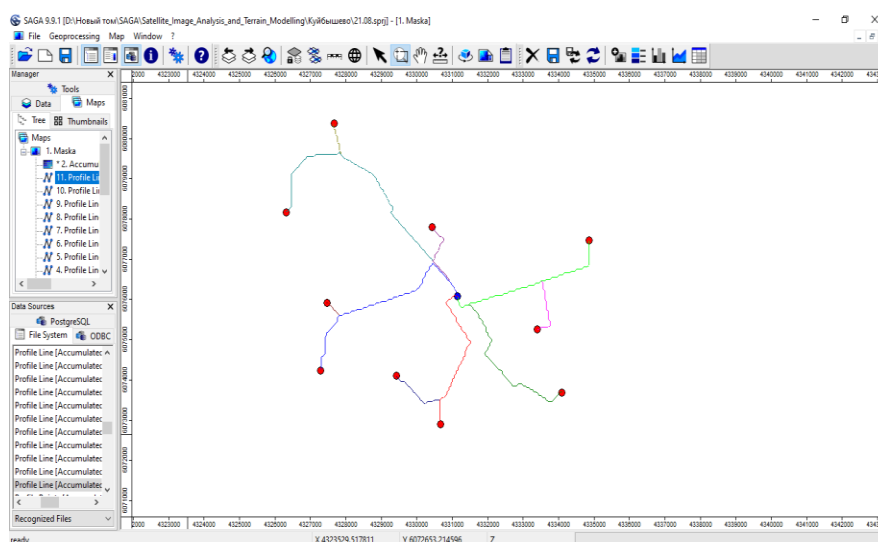


Рис. 4. Векторный слой оптимальных по времени путей доставки

Литература

1. Geospatial analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools/ De Smith M, Goodchild M, Longley P. // Leicester: Troubador Publishing Ltd. – 2007.
2. System for automated geoscientific analyses (SAGA)/ Conrad O., Bechtel B., Bock M., Dietrich H., Fischer E., Gerlitz L., Wehberg J., Wichmann V., Böhner J.//Geosci Model Dev. –2015. – Vol. 8. p. 1991–2007.
3. Open Access Interactive, open source, travel time scenario modelling: tools to facilitate participation in health service access analysis/ Fisher R., Lassa J. //International Journal of Health Geographics. – 2017. – Vol. 16. – Art. No. 13.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ СУБМИЛЛИМЕТРОВЫХ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК

Малышев И. В., Паршина Н. В., Дубченко Н. И., Николаев Е. В.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Таганрог
E-mail: ivmalyshev@sfnedu.ru

Углеродные нанотрубки (УНТ или CNT) представляют собой цилиндрические структуры, изготовленные из свернутых листов графена. Они обладают превосходными электрическими, термическими и механическими свойствами [1].

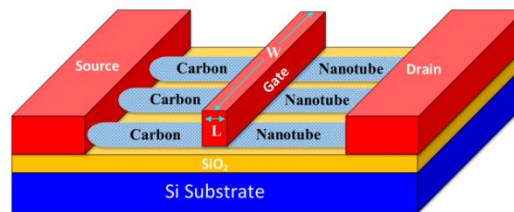


Рис. 1. Структура CNT-FET [1]

Структуры подложек могут быть металлическими или полупроводниковыми, в зависимости от степени кривизны их компонент.

Асимметричные CNT-FET уже достаточно широко изучены. Использование различных металлов (золото, палладий, титан) для контактов истока и стока предотвращает диффузию металла, обеспечивают низкое сопротивление контактов, позволяют оптимизировать производительность CNT-FET [1].

CNT-FET могут работать в ТГц диапазоне благодаря небольшой запрещенной зоне и высокой подвижности (до $10^5 \text{ см}^2 / (\text{В} \cdot \text{с})$) носителей [2].

Исследование процессов переноса электронов в графене проводилось на основе линейной зависимости величины энергии E электронов от волнового вектора k , что справедливо для рассматриваемого диапазона энергий [2]:

$$E = \hbar v_f \sqrt{k_x^2 + k_y^2 + k_z^2}, \quad (1)$$

где величины k_x^2 , k_y^2 , k_z^2 – компоненты волнового вектора по соответствующим координатам x , y , z ; $v_f \approx 1,0 \times 10^8 \text{ см/с}$ – скорость Ферми в графене; $\hbar$ – приведенная постоянная Планка.

На рис. 2 представлены вольт-амперные характеристики (зависимости выходного тока стока I_c от величины постоянного напряжения на затворе U_g), полученные в результате численного моделирования. Расчёт проводился путем решения уравнения Пуассона и моделирования переноса частиц методом Монте-Карло [2, 3].

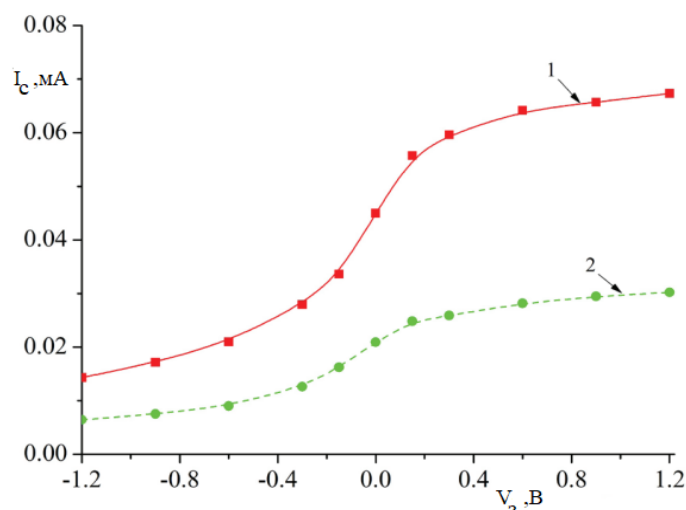


Рис. 2. Зависимости величины тока стока от постоянного напряжения на затворе:
 1 – получено для структуры, показанной на рис. 1;
 2 – получено для структуры рис. 1 без графеновых трубок

Благодаря малым потерям, простоте управления и отличным эксплуатационным характеристикам низковольтные CNT-FET могут стать незаменимыми в каскадах преобразования и распределения постоянного тока в компьютерной технике, телекоммуникациях, промышленном оборудовании и портативных электронных устройствах субмиллиметрового диапазона частот. На сегодняшний день разработано много типов пакетов, ставших отраслевыми стандартами, в том числе суперпакетов TO-220 и TO-247 [2, 3].

Стандартный восьмивыводной корпус SO-8 допускает размещение до двух транзисторов и диодов (рис. 3). Для уменьшения теплового сопротивления подключение стока и истока осуществляется параллельно через три вывода для каждого электрода [3].

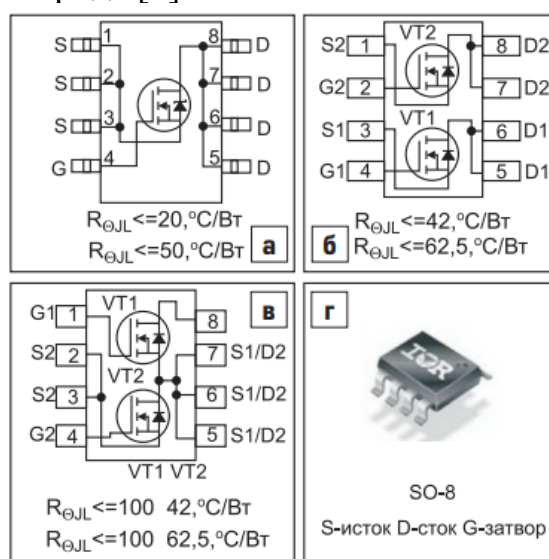


Рис. 3. Варианты компоновки структур CNT-FET в корпусе SO-8 (а – в); внешний вид (г) [2]

Ряд моделей МОП CNT-FET так же выпускается в корпусах PQFN, оптимизированных для компактного монтажа (рис. 4). Эти пакетированные структуры, благодаря использованию медного зажима, имеют меньшую термическую стойкость, чем пакеты SO-8. Кроме того, транзисторы средней мощности изготавливаются в миниатюрных корпусах высокой степени компактности [3].

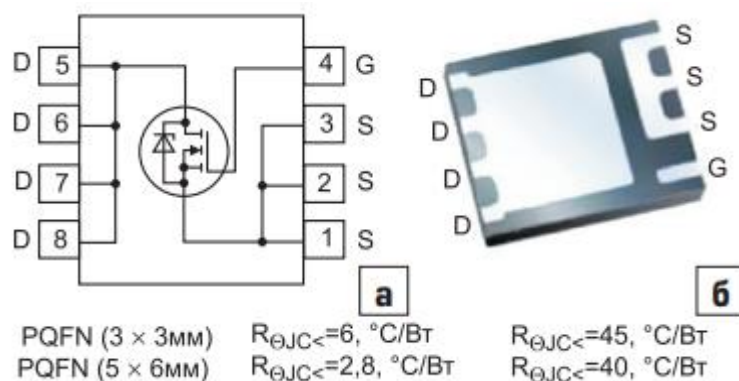


Рис. 4. Модель корпуса PQFN для плотного монтажа:
а) типичная разводка выводов; б) внешний вид корпуса [1, 2]

Таким образом у ПТ данного типа (когда длина свободного пробега намного меньше длины канала $l \ll L_3$), необходимо учитывать и диффузионную компоненту тока. Состояние структуры, когда $l \gg L_3$, соответствует режиму баллистического переноса. Транспортировка, подобная баллистической, может быть достигнута в устройствах с высококачественным графеном и короткой длиной затвора. Баллистический транспорт наблюдался при комнатной температуре на расстояние 1 мкм в стержневых структурах Холла с графеном, инкапсулированным в гексагональный нитрид бора с $n \approx 10^{11} \text{ см}^{-2}$ и $\mu > 100000 \text{ см}^2 \text{ В}^{-1} \text{ с}^{-1}$. Однако для подвижностей и длин затворов, рассматриваемых в данной работе транзисторов достаточно предположить доминирование диффузионного типа транспорта. В процессе изготовления таких ПТ преднамеренно вводятся примеси на границах между слоем графена и прилегающей подложкой и диэлектриком затвора. Эти примеси неизбежно действуют как центры рассеяния и сокращают саму длину рассеяния. Несмотря на сложность текущих технологических этапов изготовления, приборы типа CNF-FET являются перспективными для применения в терагерцевом (ТГц) диапазоне.

Литература

1. Marlene Bonmann Graphene field-effect transistors and devices for advanced high-frequency applications. Department of Microtechnology and Nanoscience – MC2 Chalmers University of technology, Sweden 2019, p. 88.

2. *Мальшев И. В., Паршина Н. В., Дубченко Н. И.* Алгоритм расчёта и проектирования автогенератора терагерцового (ТГц) диапазона на графеновом полевом транзисторе (ГПТ) // Взаимодействие сверхвысокочастотного, терагерцового и оптического излучения с полупроводниковыми микро- и наноструктурами, метаматериалами и биообъектами: Сборник статей двенадцатой Всероссийской научной школы-семинара / под ред. А. В. Скрипаля – Саратов: Изд-во «Саратовский источник», 2025. С. 378–383.
3. *Давидович М. В.* Терагерцевый транзистор на основе графена /М. В. Давидович, О. Е. Глухова, М. М. Слепченков // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Физика. 2017. Т. 17, вып. 1, с. 11.

ИССЛЕДОВАНИЕ RAG-ПОДХОДОВ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ УЯЗВИМОСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

Михайлишин А. С.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: mikhailishin@sfedu.ru

Большие языковые модели (LLM) стали неотъемлемыми инструментами в разработке программного обеспечения, демонстрируя высокие возможности в автоматической генерации кода и отладке. Модели генерации кода, такие как ChatGPT, Claude, Gemini, Grok и т.д., сегодня широко используются разработчиками. По Stack Overflow Developer Survey 2025 [1] 84% опрошенных уже используют ИИ-инструменты в разработке или планируют использовать их. Среди профессиональных разработчиков 50.6% используют ИИ ежедневно. По GitHub Blog [2] в октябре 2025 GitHub писал о 20 млн пользователей в экосистеме Copilot, о 3+ млрд принятых подсказок кода, участие агента в 1,2 млн pull-запросах и о том, что Copilot Autofix помог исправить более миллиона ошибок и уязвимостей за 2025 год.

Вместе с ускорением разработки программного обеспечения, распространенность программных уязвимостей одновременно выросла беспрецедентными темпами. Резкий рост зарегистрированных уязвимостей [3] в 2024 – более 40 тысяч (+38% относительно 2023 года) продолжился в 2025 г. и превысил 48 тысяч (+20% относительно 2024 года). До широкого распространения ИИ-инструментов статистика регистраций составляла около 20 тысяч за 2021 год со средним ростом +8,3% в год. Однако и проблема эксплуатации давно известных уязвимостей не теряет актуальности. По данным GreyNoise [4], 40% CVE, эксплуатирующихся в 2024 году, были раскрыты не позднее 2020 года, а Cisco Talos отмечает [5], что в 2025 году 39% уязвимостей, добавленных в KEV как активно эксплуатируемые, относились к CVE-2024 и более ранних лет.

LLM не получают автоматически знания об уязвимостях, обнаруженных после даты отсечения их знаний – точки, после которой в обучение больше не включаются новые данные. Следовательно, они могут непреднамеренно предлагать код, содержащий известные уязвимости безопасности, поскольку соответствующие CVE записи отсутствовали в обучающих данных.

На практике для поиска уязвимостей сегодня применяются несколько основных подходов. Первый класс методов ориентирован на поиск уже известных проблем в зависимостях и компонентах проекта, а именно сканирование зависимостей, контейнеров и образов. Такие методы

хорошо работают, когда уязвимость уже зарегистрирована в базах CVE, GHSA, OSV и может быть сопоставлена с конкретной версией библиотеки или пакета в проекте, однако она не решает вопрос уязвимостей в коде проекта.

Второй класс методов связан со статическим анализом исходного кода: это SAST, поиск по шаблонам, taint analysis, data-flow analysis, межпроцедурный анализ и символьное исполнение. Эти подходы позволяют выявлять не только известные CVE, но и целые классы уязвимостей, например SQL injection, XSS, SSRF, path traversal, небезопасную десериализацию. Но на больших репозиториях у них возникают ограничения: высокий уровень ложноположительных срабатываний, слабый учет контекста проекта и сложность анализа цепочек, проходящих через несколько файлов, модулей и уровней абстракции.

Здесь возникает интерес к применению больших языковых моделей. LLM способны интерпретировать код семантически, связывать разрозненные участки программы, объяснять подозрительные фрагменты и помогать в анализе сложной логики. Одним из наиболее перспективных подходов здесь является RAG - retrieval-augmented generation, то есть генерация с опорой на внешний контекст, который извлекается из самого проекта. Для задач программного кода это особенно важно, потому что уязвимость редко локализуется в одном фрагменте: часто необходимо связать точку ввода данных, промежуточную обработку, вызовы библиотек и потенциально опасную операцию.

Сегодня для работы с репозиториями используются несколько классов RAG-подходов. Во-первых, это векторный поиск по эмбедингам, когда кодовые фрагменты индексируются и затем извлекаются по семантическому сходству. Во-вторых, гибридные подходы, которые сочетают семантический поиск с ключевыми словами, символами, импортами и структурой проекта. В-третьих, подходы с учетом графовой структуры репозитория: графов вызовов, импортов, зависимостей между модулями и других связей. Наконец, появляются агентные системы repo-level understanding, в которых модель не просто получает фрагменты кода, а последовательно исследует проект, уточняет гипотезы и собирает контекст по шагам. Примерами таких работ являются RepoMaster, использующий графы вызовов, модульных зависимостей и иерархии кода [6], GraphCodeAgent, опирающийся на двойное графовое представление репозитория [7], а также Repository Intelligence Graph, где для навигации по проекту строится детерминированная архитектурная карта [8]. Отдельно можно отметить ELITE, предлагающий итеративное извлечение контекста без классического embedding-based retrieval [9].

Однако в security-сценарии даже этого часто недостаточно. Обычный RAG хорошо находит похожие по смыслу участки кода, но не всегда позволяет надежно восстановить цепочку распространения данных от source к sink. Для поиска уязвимостей важно не только найти похожий фрагмент, но

и понять, откуда пришли пользовательские данные, проходили ли они санитизацию, через какие функции и модули они распространялись и в какую опасную точку в итоге попали. Поэтому для задач обнаружения уязвимостей RAG-подсистему необходимо расширять за счет структурного и security-ориентированного контекста.

В своем исследовании я собираюсь исследовать именно такие расширения. Необходимо дополнить базовый семантический поиск многоуровневой индексацией проекта:

- индексация на уровне файлов, функций, классов, импортов, внешних вызовов и графа зависимостей
- трассировка движения пользовательских данных в проекте от входа до места применения действий связанных с ними
- дополнительный индекс маркеров-безопасности для функций - обращения к ехес, файловые операции, сетевые запросы и другие потенциально опасные паттерны.

Далее предполагается сравнить такую систему с традиционными вариантами RAG на специализированных бенчмарках. В качестве основы для оценки могут использоваться SEC-bench, ориентированный на реальные задачи безопасности для LLM-агентов [10], JitVul, предназначенный для практического обнаружения уязвимостей в репозиториях [11], а также CVE-Bench, полезный как источник реалистичных security-сценариев [12]. Сравнение можно проводить по полноте найденного контекста, точности локализации уязвимости, доле нерелевантных фрагментов, устойчивости на больших репозиториях и вычислительным затратам. Это позволит определить, какие механизмы retrieval дают наибольший прирост именно для security-анализа и для каких классов уязвимостей они наиболее полезны.

Литература

1. «AI | 2025 Stack Overflow Developer Survey». б. д. Просмотрено 16 март 2026 г. <https://survey.stackoverflow.co/2025/ai/>.
2. «Copilot: Faster, smarter, and built for how you work now - The GitHub Blog». б. д. Просмотрено 16 март 2026 г. <https://github.blog/ai-and-ml/github-copilot/copilot-faster-smarter-and-built-for-how-you-work-now/>.
3. «Browse CVE Vulnerabilities by Date». б. д. Просмотрено 16 март 2026 г. <https://www.cvedetails.com/browse-by-date.php>.
4. «GreyNoise 2025 Mass Internet Exploitation Report». б. д. Просмотрено 16 март 2026 г. <https://www.greynoise.io/resources/2025-mass-internet-exploitation-report>.
5. Cisco Talos Blog. 2026. «Patch, Track, Repeat: The 2025 CVE Retrospective». март 5. <https://blog.talosintelligence.com/patch-track-repeat-the-2025-cve-retrospective/>.

6. Wang, Huacan, Ziyi Ni, Shuo Zhang, *и др.* 2025. «RepoMaster: Autonomous Exploration and Understanding of GitHub Repositories for Complex Task Solving». arXiv:2505.21577. Preprint, arXiv, август 25. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.21577>.
7. Li, Jia, Xianjie Shi, Kechi Zhang, *и др.* 2025. «GraphCodeAgent: Dual Graph-Guided LLM Agent for Retrieval-Augmented Repo-Level Code Generation». arXiv:2504.10046. Preprint, arXiv, ноябрь 18. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.10046>.
8. Cherny-Shahar, Tsvi, *и* Amiram Yehudai. 2026. «Repository Intelligence Graph: Deterministic Architectural Map for LLM Code Assistants». arXiv:2601.10112. Preprint, arXiv, январь 15. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2601.10112>.
9. Wang, Zhangyu, Siyuan Gao, Rong Zhou, Hao Wang, *и* Li Ning. 2025. «ELITE: Embedding-Less retrieval with Iterative Text Exploration». arXiv:2505.11908. Preprint, arXiv, май 17. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.11908>.
10. Lee, Hwiwon, Ziqi Zhang, Hanxiao Lu, *и* Lingming Zhang. 2025. «SEC-bench: Automated Benchmarking of LLM Agents on Real-World Software Security Tasks». arXiv:2506.11791. Preprint, arXiv, октябрь 22. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2506.11791>.
11. Yildiz, Alperen, Sin G. Teo, Yiling Lou, Yebo Feng, Chong Wang, *и* Dinil M. Divakaran. 2025. «Benchmarking LLMs and LLM-based Agents in Practical Vulnerability Detection for Code Repositories». arXiv:2503.03586. Preprint, arXiv, март 18. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.03586>.
12. Zhu, Yuxuan, Antony Kellermann, Dylan Bowman, *и др.* 2025. «CVE-Bench: A Benchmark for AI Agents' Ability to Exploit Real-World Web Application Vulnerabilities». arXiv:2503.17332. Preprint, arXiv, июнь 24. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.17332>.

МЕТОД ПОДБОРА СХЕМЫ КОДИРОВАНИЯ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ МЕТРИК

Могилевская Н. С., Юрасов А. И.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: urasov@sfedu.ru*

Введение. Современные распределенные системы хранения данных (РСХД), эксплуатируемые крупными облачными провайдерами и корпоративными инфраструктурами, предъявляют высокие требования к надежности хранения информации. Чтобы сохранять доступность информации при отказе части аппаратных компонентов, применяется фрагментарное хранение с кодированием для распределения данных по узлам хранения. Однако повышение надежности неизбежно связано с увеличением затрат на хранение и эксплуатацию инфраструктуры, что ставит перед разработчиком РСХД многокритериальную задачу с учетом баланса между набором разнородных параметров.

Целью работы является количественная оценка влияния метода избыточного кодирования на ключевые метрики распределенного хранилища данных. В ходе работы мы рассмотрели метрики РСХД, на которые оказывает влияние выбор кода, и провели оценку количественных изменений значений этих метрик в зависимости от выбранной схемы кодирования. Проведенный анализ позволяет дать рекомендации по выбору параметров избыточного кодирования для систем хранения данных, учитывая не только классические требования к надежности, но и экономические и эксплуатационные факторы.

Подходы к повышению надежности хранения. Верхнеуровневое устройство типичной распределенной системы хранения данных (РСХД) представляет собой ряд соединенных в глобальную сеть стоек, подключенных посредством ToR-коммутаторов. За каждым коммутатором находится несколько узлов, каждый из которых обеспечивает доступ к своему массиву дисковых накопителей. При записи информации используется подход фрагментарного хранения, заключающийся в разбиении исходных данных на части, что предотвращает потерю всей информации при единичном отказе. Для обеспечения корректности восстановления данных применяется избыточное кодирование, наиболее простым вариантом которого является репликация, характеризующаяся фактором репликации R . Несмотря на простоту реализации и высокую скорость доступа, данный подход приводит к значительным затратам на хранение, поскольку объем используемого дискового пространства пропорционально увеличивается числу копий. В связи с этим

в современных РСХД широкое распространение получило использование кодов стирания, позволяющих обеспечить сопоставимый уровень надежности при существенно меньшей избыточности хранения [1].

Код стирания представляет собой метод избыточного кодирования данных, при котором на основе исходных k фрагментов (чанков) вычисляется m дополнительных проверочных фрагментов. Совокупность из $n=k+m$ чанков распределяется между различными узлами хранения, формируя вместе полосу хранения (страйп), где каждый чанк хранится на отдельном диске. Размер чанка β также может влиять на эффективность системы и подбирается в том числе под профиль нагрузки и выбранный код стирания [2].

Исследователи и разработчики систем хранения предлагают большое количество новых кодов стирания [3, 4, 5], предлагающих решение проблем, связанных с нагрузкой на сеть при восстановлении и высокой вычислительной сложностью. В других работах изучается влияние выбранной модели кода на надежность системы хранения [1, 6, 7]. Несмотря на большое разнообразие существующих схем кодирования, выбор конкретного кода стирания для использования в РСХД остается сложной задачей.

Метрики. В рамках данной работы для анализа были выбраны несколько популярных (n,k) -схем кодирования, представляющих разные подгруппы развития кодов стирания: RS [8], Z [5], Star и Evenodd [9,10], Clay [3], LRC [11].

Для оценки влияния метода кодирования на систему хранения были выбраны следующие метрики: избыточность кода, избыточность хранения, доступность данных, минимальная пропускная способность, а также количество операций ввода-вывода (IOPS). Эти показатели были отобраны исходя из того, что они непосредственно характеризуют две ключевые группы свойств систем хранения данных – отказоустойчивость и стоимость хранения.

Избыточность кода R_c выражается как отношение количества закодированных блоков n к количеству блоков полезной информации k и отражает нижнюю оценку фактической избыточности хранения. Для систем, предназначенных для хранения критически важной информации, приоритетом является надежность, поэтому предпочтительнее коды с большей избыточностью и большим m , например, Z (10,6). Напротив, при хранении резервных копий или журналов, ключевым фактором становится стоимость хранения, что делает более предпочтительными коды с минимальной избыточностью, например, Clay (20,16,9).

Избыточность хранения R_s отражает отношение фактического объема дискового пространства к полезным данным в зависимости от профиля нагрузки. В отличие от избыточности кода, данная величина зависит от количества страйпов, которые займут файлы на дисках с учетом выбранного кода. Анализ проводился для трех типов нагрузки: смешанный набор файлов [3] (FL1), файлы до 512 MB (FL2) и крупные файлы до 2 Гб (FL3). В результате расчетов получилось, что при переходе от смешанной нагрузки

(FL1) к крупным файлам (FL3) значение R_S уменьшается в среднем на 30%, тогда как при переходе к профилю с преобладанием малых файлов (FL2) избыточность возрастает на один–два порядка. Наиболее влиятельным фактором, влияющим на показатель, оказалась высокая избыточность.

Доступность данных P позволяет оценить вероятность получить данные при обращении к системе, в которой некоторые M из N устройств хранения недоступны. Было получено, что вероятность доступности данных P монотонно возрастает с увеличением избыточности кода n/k . Кроме того, при одинаковом уровне избыточности наибольших значений метрика доступности достигает при использовании кодов с меньшим значением параметра k , что подтвердило сравнение кодов Evenodd (9,7) и Clay (20,16,19).

Минимальная пропускная способность W_c в Гб/с призвана оценить нагрузку на передачу данных, возникающую при записи и при восстановлении фрагментов после отказов. Данный параметр оказывает существенное влияние на масштабируемость и эксплуатационные затраты РСХД и показывает минимальное требование к системе по пропускной способности. По результатам анализа код Clay (20,16,19) показывает наименьшее значение, что говорит о том, что наибольший вклад в результирующее значение вносит избыточность применяемого кода стирания. Код RS (9,6) имеющий вторую избыточность после Z (10,6) показывает умеренные значения W_c , что делает его компромиссным выбором для этой метрики.

Количество операций ввода/вывода $IOPS_{total}$ отражает нагрузку на дисковую подсистему и является одним из ключевых показателей производительности и надежности РСХД. Оценка велась по сумме $IOPS$ на запись ($IOPS_{write}$) и восстановление ($IOPS_{repair}$). По результатам расчета наибольший вклад в $IOPS_{write}$ составило количество страйпов, на которые будет разбиваться записываемый файл, а значит на эту метрику также будет влиять профиль нагрузки и выбранный размер фрагмента β . На значение $IOPS_{repair}$ же больше всего влияет k и потому лучшими показателями в этой составляющей обладают RS(9,6) и Z(10,6).

Вывод. На основании результатов расчетов метрик для выбранных кодов можно выявить значительное влияние двух факторов - избыточности кода и предполагаемого профиля нагрузки на систему. Так как избыточность хранения может на порядки превышать теоретическую избыточность (n,k) -кода, то особенно важно знать предполагаемый сценарий использования РСХД на рабочих задачах, чтобы подобрать оптимальный размер чанка, стратегию восстановления и выбрать код, обеспечивающий требуемую доступность данных. Можно отметить, что для систем с преобладанием малых файлов в нагрузке предпочтительны коды с малым k и низкой избыточностью. Для смешанной нагрузки наиболее эффективны коды со средним значением k и более высокой избыточностью: Z (10, 6) и RS (9,6). Для хранения преимущественно крупных объектов оптимальны коды с высоким k , такие

как Clay (20,16,19). Оптимизация расходов на хранение заключается в рассмотрении компромисса между кодами с минимальным R_S для выбранной нагрузки, W_c и минимальным $IOPS_{total}$, то есть код с малым k и малой избыточностью (Evenodd (9,7), RS (10,6), Star (10,7)).

Литература

1. *Weatherspoon H., Kubiatowicz J.* Erasure Coding Vs. Replication: A Quantitative Comparison, in *Peer-to-Peer Systems*, pp. 229–240, 2002. doi: 10.1007.
2. *Runzhou H., Chao S., Tabassum M., Zeren Y.* 2024. Revisiting Erasure Codes: A Configuration Perspective, in *Proceedings of the 16th ACM Workshop on Hot Topics in Storage and File Systems (HotStorage '24)*, New York, pp. 93–100, 2024. doi: 10.1145/3655038.3665951.
3. *Vajha M., Ramkumar V., Puranik B., Kini G.* Clay codes: moulding MDS codes to yield an MSR code, in *Proceedings of the 16th USENIX Conference on File and Storage Technologies (FAST'18)*, USA, pp. 139–153, 2018. doi: 10.5555/3189759.3189773.
4. *Rashmi K., Shah N., Ramchandran K.* A Piggybacking Design Framework for Read-and Download-Efficient Distributed Storage Codes, in *IEEE Trans. Inf. Theor.*, vol. 8, pp. 5802–5820, 2017. doi: 10.1109/TIT.2017.2715043.
5. *Liu Q., Feng D., Jiang H., Hu Y.* Systematic Erasure Codes with Optimal Repair Bandwidth and Storage, in *ACM Trans. Storage* 13, vol. 3, pp. 1–27, 2017. doi: 10.1145/3109479
6. *Qi Y., Feng D., Hou B.* Towards building reliable and cost-efficient distributed storage systems, in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 157862–157877, 2020. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3019108.
7. *Zhang M., Han S., Lee P.* SimEDC: A Simulator for the Reliability Analysis of Erasure-Coded Data Centers, in *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, vol. 30, pp. 2836–2848, 2019. doi: 10.1109/TPDS.2019.292155.
8. *Shen Z., Cai Y., Cheng K., Lee P.* A Survey of the Past, Present, and Future of Erasure Coding for Storage Systems, in *ACM Trans. Storage* 21, vol. 1, pp. 1–39, 2025. doi: 10.1145/3708994.
9. *Huang C., Xu L.* STAR: An Efficient Coding Scheme for Correcting Triple Storage Node Failures, in *IEEE Transactions on Computers*, vol. 57, pp. 889–901, 2008. doi: 10.1109/TC.2007.70830.
10. *Blaum M., Brady J., Bruck J., Menon J.* EVENODD: an efficient scheme for tolerating double disk failures in RAID architectures, in *IEEE Transactions on Computers*, vol. 44, pp. 192–202, 1995, doi: 10.1109/12.364531.
11. *Huang C., Simitci H., Xu Y., Ogus A.* Erasure Coding in Windows Azure Storage, in *USENIX Conference on Annual Technical*, pp. 15–26, 2012. doi: 5555/2342821.2342823.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И АНАЛИЗА СТЕРЕОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАДАЧ С ЭЛЕМЕНТАМИ ВЕКТОРНОГО ИСЧИСЛЕНИЯ

Остапенко А. А.

*ФГАОУ ВО Южный федеральный университет,
Институт компьютерных технологий и информационной
безопасности,
г. Таганрог
E-mail: aosta@sfedu.ru*

В данной работе представлен программный комплекс GeoSpace, предназначенный для поддержки обучения стереометрии в школе и вузе. Приложение сочетает в себе возможности интерактивной 3D-визуализации многогранников и тел вращения, построения сечений, а также модули для векторного анализа полей. Особое внимание уделено развитию пространственного мышления учащихся и применению численных методов для вычисления потоков и дивергенции векторных полей через поверхности построенных фигур.

Введение

Проблема: Современное образование сталкивается с проблемой абстрактности стереометрии. Учащиеся не могут визуализировать трехмерные объекты, что ведет к формальному усвоению материала.

Актуальность: Развитие вычислительной техники позволяет перейти от статичных чертежей к интерактивным 3D-моделям, а интеграция с методами векторного анализа открывает возможность использования программы в курсе высшей математики.

Цель работы: Целью данной работы является разработка и апробация программного обеспечения, облегчающего знакомство с объемными фигурами и позволяющего исследовать их свойства с помощью аппарата векторной алгебры.

Основная часть

Структура программы: Программа представляет собой веб-приложение, использующее библиотеку Three.js для рендеринга. Пользователю доступны 9 базовых фигур (куб, параллелепипед, пирамида, призма, октаэдр, додекаэдр, шар, цилиндр, конус). Ключевой особенностью является режим «рентгеновского зрения», позволяющий делать передние грани прозрачными для анализа внутренней структуры.

Педагогический модуль: для школьников реализован модуль пошагового построения сечений. Программа проверяет корректность построения, сохраняет историю попыток и позволяет вернуться к ним для анализа ошибок. Интерактивные задачи охватывают темы нахождения объемов и площадей поверхности.

Модуль векторного анализа: для студентов вузов реализован функционал работы с векторными полями. Пользователь может задать математическое выражение поля, визуализировать его с помощью стрелок и вычислить скалярные характеристики, такие как поток через поверхность и дивергенция внутри объема. На рисунке 1 показан пример вычисления нормали к поверхности параллелепипеда.

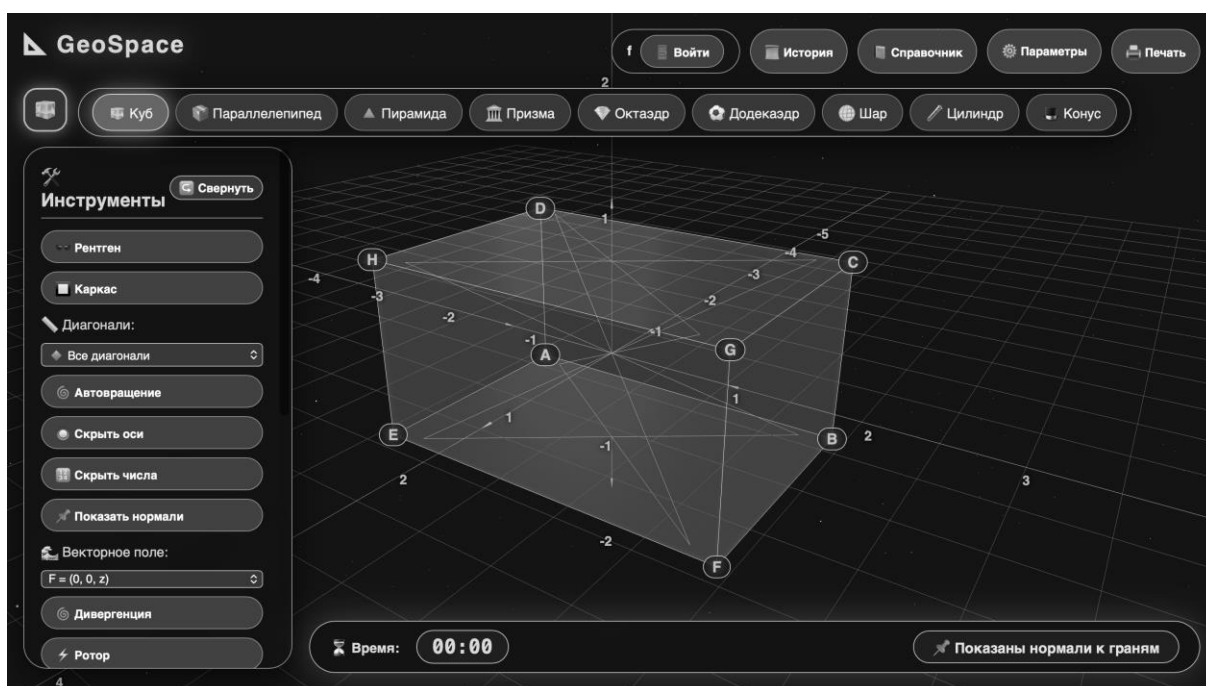


Рис. 1. Визуализация параллелепипеда с заданными параметрами, диагоналями и векторами нормалей к граням

Заключение

Результаты: разработанный программный комплекс успешно решает задачи визуализации, что подтверждено педагогическим экспериментом: время, необходимое учащимся для понимания структуры сложных фигур, сократилось в среднем на 30%.

Применение: программа может быть рекомендована как школьным учителям для проведения уроков, так и преподавателям вузов в рамках курсов «Компьютерная графика» и «Векторный анализ».

Перспективы: Дальнейшее развитие включает реализацию облачных вычислений для более точного моделирования векторных полей и интеграцию с системами виртуальной реальности.

СФЕРИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ С МИНИМАЛЬНОЙ ЭНЕРГИЕЙ ЛЕННАРДА-ДЖОНСА: КАК ОБРАЗУЕТСЯ КВАДРАТНО-ТРЕУГОЛЬНЫЙ ПОРЯДОК?

Рошаль Д. С., Голушко И. Ю., Коневцова О. В., Рошаль С. Б.
*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
физический факультет,
г. Ростов-на-Дону*
E-mail: rochal.d@yandex.ru

Плотные упаковки структурных единиц на поверхности сферы встречаются во многих биологических объектах, в том числе в эпителии, в кораллах в глазах насекомых, а также в вирусах [1–2], где наблюдается наиболее совершенный треугольный порядок. Структуры малых вирусных оболочек с числом белков $N=12$ и 32 являются решениями проблемы Томсона [3]. Однако, в природе существуют другие белковые комплексы, обладающие более низкой симметрией, например комплекс, образуемый цианобактериями или оболочка бактериофага MS2 (см. рис. 1). Геометрия белков и электростатические взаимодействия между ними определяют форму и свойства этих оболочек. Изучение физических механизмов и общих геометрических принципов, лежащих в основе известных сферических упаковок, имеет решающее значение для рационального проектирования синтетических наноконтейнеров.

Цель работы – моделирование плотных сферических упаковок с малым числом частиц с помощью неравновесной сборки, в которых частицы взаимодействуют посредством потенциала Леннарда-Джонса, а также сравнение полученных структур с синтетическими и природными белковыми оболочками.

Здесь мы моделируем рост малых сферических оболочек, содержащих $N < 73$ идентичных частиц, которые имеют собственную кривизну и взаимодействуют друг с другом посредством потенциала Леннарда-Джонса. Предполагается, что сборка оболочки происходит в неравновесном и последовательном режиме: на каждом шаге новая частица присоединяется к наиболее энергетически выгодному положению, после чего система релаксирует. Сборка прекращается, когда добавление новых частиц перестает быть энергетически выгодным. Этот алгоритм соответствует ситуации, когда отношение энергии интерфейса растущей оболочки к силе взаимодействия между структурными единицами позволяет им исследовать множество положений прикрепления, прежде чем стать частью оболочки. Используя в качестве единственного параметра отношение равновесного расстояния между частицами к радиусу сферы, мы провели детальный анализ самосборки малых оболочек, в которых влияние кривизны наиболее заметно.

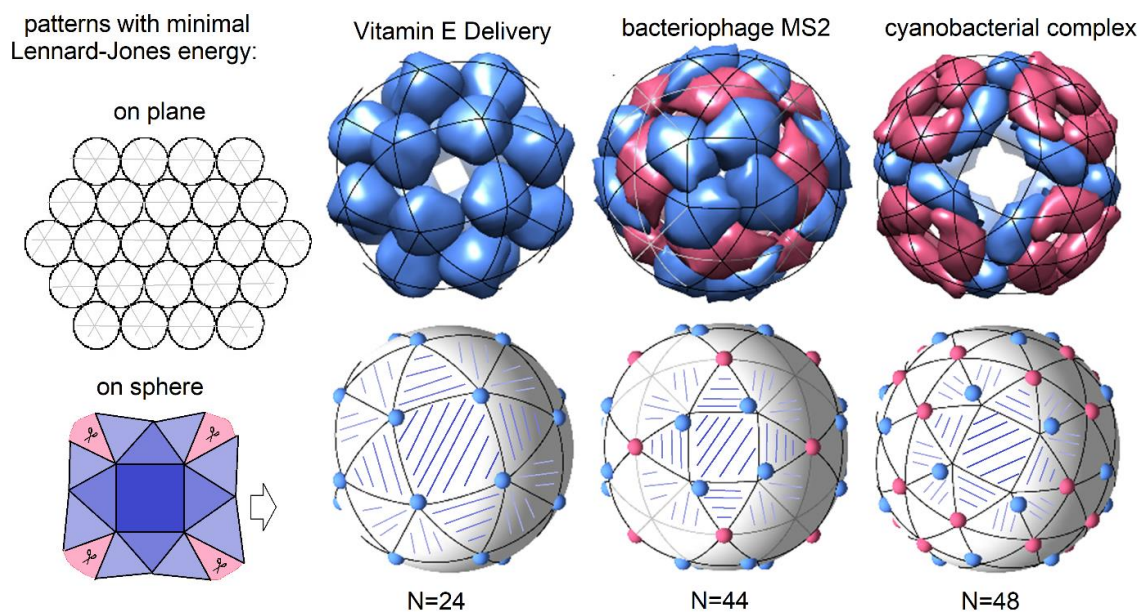


Рис. 1. Белковые оболочки с квадратно-треугольным порядком.
Рисунок адаптирован из [1]

Наряду с хорошо известными структурами самых маленьких икосаэдрических оболочек вирусных белков, предложенный механизм генерирует широкий спектр оболочек, демонстрирующих квадратно-треугольный поверхностный порядок. Большинство таких оболочек представляют собой модели синтетических или природных белковых комплексов, обладающих октаэдрической или тетраэдрической симметрией и выполняющих различные функции. Мы сравниваем полученные структуры с теми, которые возникают в результате равновесной сборки и соответствуют глобальным минимумам энергии.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-12-00105-П, <https://rscf.ru/project/22-12-00105/>.

Литература

1. Golushko, I. Y., Roshal, D. S., Konevtsova, O. V., Rochal, S. B. Nonequilibrium assembly of Lennard–Jones particles on a sphere // *The Journal of Physical Chemistry B*, DOI: 10.1021/acs.jpcb.5c08354 (2026).
2. Golushko, I. Y., Roshal, D. S., Konevtsova, O. V., Rochal, S. B., & Podgornik, R. Electrostatic interactions and structural transformations in viral shells // *Nanoscale*, 16, 20182-20193 (2024).
3. Roshal D. S., Myasnikova A. E., Rochal S. B. Slightly broken icosahedral symmetry advances Thomson problem // *Physics Letters A*, 379, 372–376 (2015).

ПОСТРОЕНИЕ И ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ВЫЯВЛЕНИЯ ПИКОВ В СПЕКТРОГРАММАХ СИГНАЛОВ

Синянский М.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: sinianskii@sfedu.ru

Обнаружение пиков в цифровых сигналах является фундаментальной задачей обработки временных рядов и частотных спектров. Типичными областями применения служат детектирование полезного сигнала на выходе квадратичного детектора, анализ максимумов взаимной корреляционной функции и идентификация узкополосных компонент в спектральной плотности мощности. Визуальная идентификация пика оператором базируется на двух признаках: локальном превосходстве амплитуды над окрестностью и превышении некоторого фоновое уровня. Данная работа посвящена формализации этих признаков, разработке методов детектирования и их численному анализу на модельных данных.

В рамках исследования дискретный сигнал обозначается как вектор $\mathbf{x} = \{x[1], x[2], \dots, x[N]\}$, где $x[i] \in \mathbb{R}$ – отсчет сигнала, N – длина реализации. Рассматриваются три класса методов: локального поиска, глобального поиска и методы предварительной обработки данных. Обобщенное определение пика формулируется следующим образом: точка $x[i]$ идентифицируется как пик, если существует преобразование F и функция оценки S , такие что образ $y[m] = F(x)[m]$ удовлетворяет критерию выделенности. Для локального метода это условие строгого неравенства $y[m] > y[m \pm j]$ для $\forall j \in [1, k]$, где k – радиус окрестности. Для глобального метода используется пороговое условие $y[m] > \tau$, где $\tau = \mu_y + \lambda \sigma_y$.

Для количественной оценки качества алгоритмов вводятся четыре метрики. Точность (Precision, P) характеризует долю верных срабатываний среди всех обнаруженных событий:

$$P = \frac{N_c}{N_c + N_f} \quad (1)$$

где N_c – число верно обнаруженных пиков (True Positives), N_f – число ложных срабатываний (False Positives). Полнота (Recall, R) показывает долю найденных пиков относительно всех существующих:

$$R = \frac{N_c}{N_c + N_m} \quad (2)$$

где N_m – число пропущенных пиков (False Negatives). Интегральной метрикой служит F1-мера, представляющая гармоническое среднее точности и полноты:

$$F1 = 2 \cdot \frac{P \cdot R}{P + R} \quad (3)$$

Дополнительно используется ошибка локализации E_{loc} , оценивающая среднее отклонение координат обнаруженных пиков от истинного положения в отсчетах.

Методы локального поиска оперируют геометрией сигнала без оценки статистики шума. Метод максимального отклонения (S1) оценивает выраженность точки через максимальные перепады амплитуды:

$$S1(k,i,x)=21(\max_{1 \leq j \leq k}(x[i]-x[i-j])+\max_{1 \leq j \leq k}(x[i]-x[i+j])) \quad (4)$$

Метод среднего отклонения (S2) вычисляет среднее превышение значения над точками в симметричной окрестности, что снижает чувствительность к выбросам. Метод отклонения от среднего (S3) сравнивает центральную точку с локальным средним уровнем μ_{loc} . Методы глобального поиска включают Z-оценку (S5), интерпретирующую пик как статистический выброс относительно локального распределения, и метод энтропийного контраста (S4), основанный на гипотезе снижения энтропии распределения значений в окне наличия пика.

К методам предварительной обработки отнесены вейвлет-преобразование и кепстральный анализ. Вейвлет-анализ использует непрерывное вейвлет-преобразование (CWT), где пики идентифицируются как линии хребтов на скалограмме. Кепстральный анализ применяет энергетический кепстр для выявления периодических компонент во временной области задержек.

Для численного анализа был сгенерирован модельный сигнал, имитирующий радиосигнал с амплитудной модуляцией. Параметры сигнала: частота дискретизации $f_s = 1000$ Гц, длительность $T = 2$ с, несущая частота $f_c = 50$ Гц. Огибающая представлена шестью гауссовыми импульсами с амплитудой $A = 1.5$. В сигнал добавлен аддитивный белый гауссов шум (AWGN) с отношением сигнал/шум $SNR = 10$ дБ.

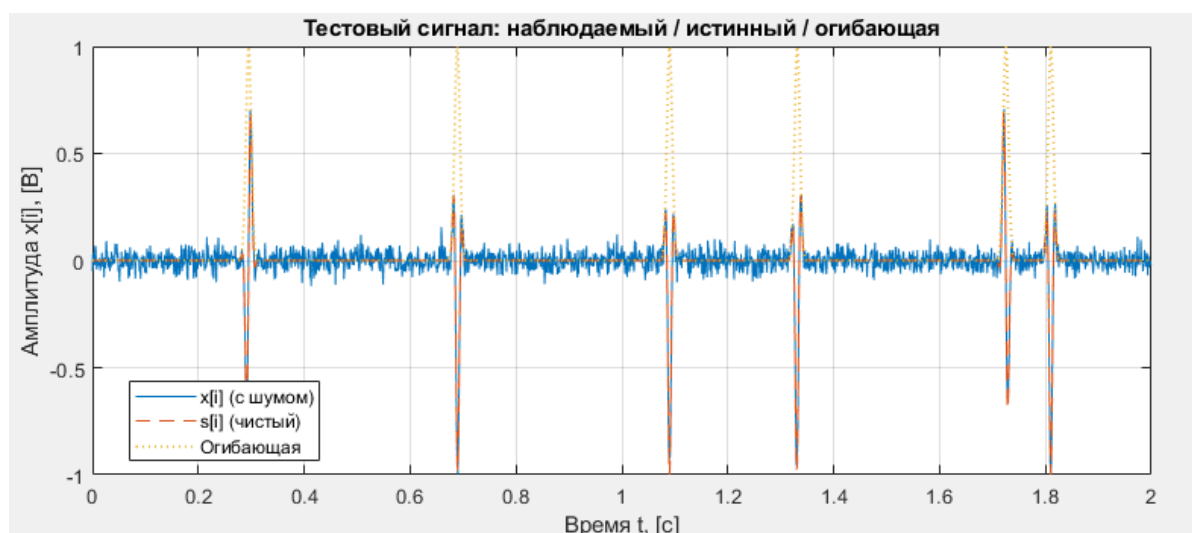


Рис. 1. Тестовый сигнал: наблюдаемая реализация и истинная огибающая

На рис. 1 представлен сгенерированный сигнал во временной области. Шесть гауссовых пиков огибающей прослеживаются на фоне шумовой компоненты. Визуализация работы методов показала, что функции обнаружения S1, S2 и S3 демонстрируют выраженные локальные максимумы в точках истинных пиков. Метод энтропийного контраста (S4) проявил высокую чувствительность, но склонен к ложным срабатываниям на участках с неоднородным шумом.

Сравнительный анализ по метрикам качества представлен в таблице 1. Методы локального поиска (S1, S2, S3) показали наилучшие результаты при $\text{SNR} = 10$ дБ, достигнув $F1 = 1.00$. Все три метода обнаружили ровно 6 пиков без ложных срабатываний. Это подтверждает их эффективность для задач с умеренным уровнем шума и четкой геометрией пиков.

Таблица 1. Метрики качества обнаружения пиков ($N_{\text{true}} = 6$, $\text{SNR} = 10$ дБ)

Метод	Ndet	P	R	F1
S1 (макс. отклонение)	6	1.00	1.00	1.00
S2 (среднее отклонение)	6	1.00	1.00	1.00
S3 (откл. от среднего)	6	1.00	1.00	1.00
S4 (энтропийный контраст)	28	0.21	1.00	0.35
S5 (Z-оценка)	7	0.14	0.17	0.15
CWT (вейвлет)	6	–	–	1.00
Cepstrum (кепстр)	14	–	–	0.50

Метод Z-оценки (S5) показал наименьшую эффективность ($F1 = 0.15$) вследствие чувствительности оценки локального среднеквадратического отклонения к выбросам. Вейвлет-преобразование (CWT) обеспечило точное обнаружение всех пиков за счет анализа сигнала в частотно-временной области, что рекомендует его для нестационарных сигналов. Кепстральный анализ выявил избыточное количество событий, что указывает на его применимость скорее для обнаружения периодических компонент, чем для точной локализации единичных пиков.

На основе экспериментальных данных сформулированы рекомендации по выбору метода. Для сигналов с четкой геометрией пиков и умеренным шумом ($\text{SNR} \geq 10$ дБ) целесообразно использовать методы локального поиска S1, S2 или S3 ввиду их вычислительной простоты и высокой точности. Для нестационарных сигналов с переменной структурой рекомендуется применять вейвлет-анализ. Метод энтропийного контраста целесообразно

использовать как этап предварительной фильтрации с последующей верификацией результатов более строгими критериями.

Разработанные алгоритмы могут быть интегрированы в системы мониторинга радиосигналов и диагностическое оборудование для автоматического выявления аномалий во временных рядах. Дальнейшие исследования планируется направить на адаптацию пороговых функций для условий нестационарного шума и оптимизацию вычислительной сложности вейвлет-преобразования для встраиваемых систем.

Литература

1. *Oppenheim, A. V., Schaffer, R. W.* Discrete-Time Signal Processing. 3rd ed. Pearson, 2010.
2. *Marple, S. L.* Digital Spectral Analysis with Applications. Prentice Hall, 1987.
3. *Sato, Y.* Signal Processing: A First Course. Wiley-IEEE Press, 2002.

СВЯЗИ “СОСТАВ – СТРУКТУРА – СВОЙСТВА” И ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Тополов В. Ю.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
физический факультет*

E-mail: vutopolov@sfedu.ru

Как известно, материаловедение изучает связи между составом (структурой) и свойствами различных материалов, а также изменения, происходящие в материалах при различных внешних воздействиях [1, 2]. Материаловедение тесно связано с физикой, химией, механикой и в меньшей степени с биологией и геологией. От достижений естественных наук в определенной мере зависит развитие материаловедения и связанных с ним приложений. XXI век называют и веком новых материалов, и веком новых технологий, и веком информации. Технологические и информационные факторы благоприятно влияют на развитие фундаментальных и прикладных исследований в области материаловедения. Получение новых материалов с прогнозируемыми физическими и химическими свойствами сопряжено с апробацией новых технологических приемов и немыслимо без знаний в области естественных и технических наук. На Физическом факультете ЮФУ разработаны и апробированы несколько материаловедческих дисциплин, в том числе “Физическое материаловедение. Физика конденсированного состояния” (3 к., 16.03.01 – Техническая физика), “Основы материаловедения. Сопротивление материалов” (3 – 4 к.к., 14.03.02 – Ядерная физика и технологии). За последний год проведена модернизация дисциплины “Элементная база пьезоэлектрического приборостроения” (1 – 2 г.г. магистратуры ИВТиПТ ЮФУ, 12.04.01 – Приборостроение). При чтении лекций по упомянутым выше дисциплинам требуется гибкий подход, сочетающий фундаментальные основы дисциплины и элементы новизны, которые имеют прикладной характер и связаны с освоением новых материалов, с улучшением или оптимизацией их физических свойств. Такой подход предполагает изучение фундаментальных связей “состав – структура – свойства” [1–3] и анализ физических, механических и других свойств материалов для конкретных применений. Цель настоящего сообщения – обсудить возможности эффективного использования информационных ресурсов при реализации такого подхода в учебном процессе, а также в ходе научно-исследовательской работы студентов вуза.

Использование информационных ресурсов при изучении материаловедческих дисциплин в вузе может реализоваться по нескольким направлениям. Выделим среди них основные.

1. Учебно-методические пособия и учебники, которые подготовлены в вузах и используются в учебном процессе. В качестве примеров укажем работы [1, 4–6], файлы которых доступны в сети Интернет. Как правило, подобные издания ориентированы на подготовку бакалавров (специалистов или магистров) по определенным направлениям, например, машиностроительного профиля, в области металловедения, приборостроения, нанотехнологий и т.п.

2. Обширный список учебной литературы по материаловедению для студентов вузов и средних специальных учебных заведений представлен на веб-сайте издательства “Лань” (С.-Петербург, РФ), <https://lanbook.com/> При работе в каталоге издательства (<https://lanbook.com/catalog/>) по ключевым словам “материаловедение учебник”, “материаловедение учебное пособие” и “материалы электронной техники” найдены 19, 41 и 25 изданий соответственно (см. пример на рис. 1). При поиске конкретных групп материалов удалось найти 10 изданий по ключевому слову “композиционные материалы”, девять изданий по ключевому слову “наноматериалы” и одно издание по ключевому слову “сегнетоэлектрик”.

3.

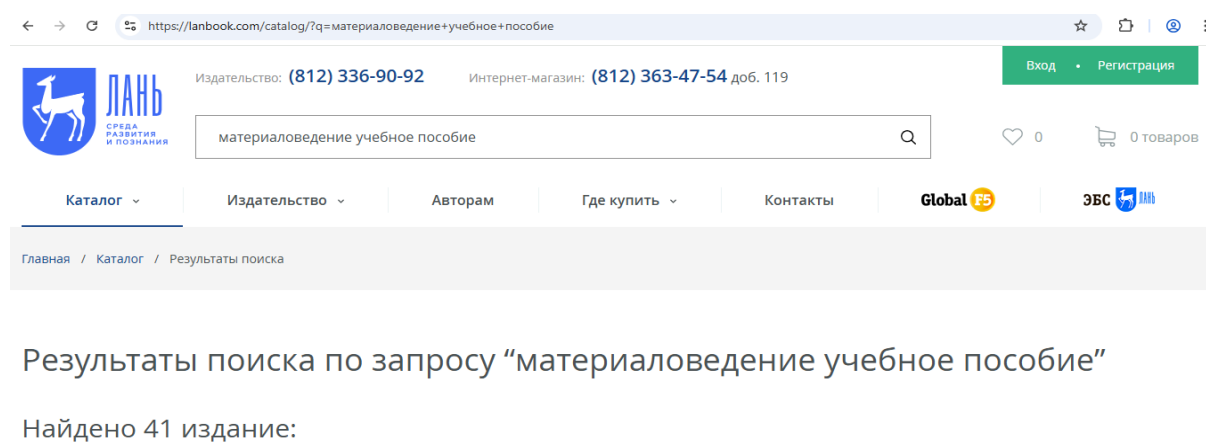
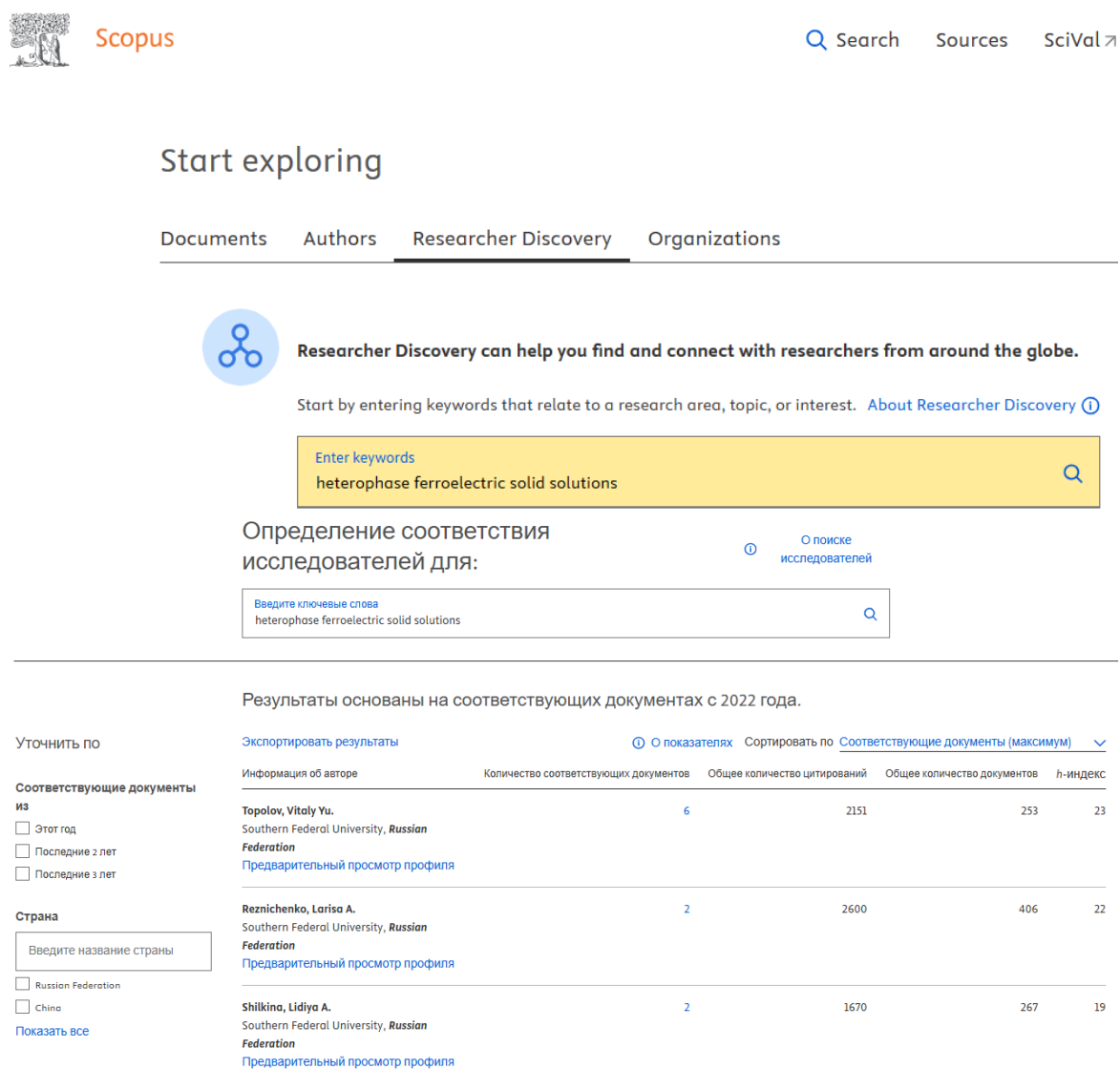


Рис. 1. Поиск изданий “Лани”, <https://lanbook.com/catalog/>

4. База данных Springer Materials (<http://materials.springer.com>, издательство “Springer International Publishing”, Швейцария) представляет несомненный интерес благодаря научной информации по 250 тыс. веществ и материалов из нескольких тысяч рецензируемых журналов. Здесь систематизированы данные по составу, структуре и свойствам различных материалов и веществ, приводятся ссылки на литературные источники по этим данным. База данных регулярно обновляется и расширяется за счет появления новых публикаций.

5. База данных Scopus (www.scopus.com, издательство “Elsevier”, Нидерланды) содержит информацию по научным публикациям из всех областей, включая материаловедение. Здесь можно проводить поиск публикаций различного жанра (журнальные статьи, обзоры, монографии и главы из них,

препринты), используя ключевые слова, фамилии авторов, химические формулы, DOI и т.п., а также выбирая журналы и хронологические рамки публикаций. В рамках БД Скопус с помощью Researcher Discovery (веб-страница <https://www.scopus.com/pages/home#researcher-discovery>) можно провести определение соответствия исследователей той или иной теме, которая задается с помощью ключевых слов (см. пример на рис. 2).



Scopus

Search Sources SciVal

Start exploring

Documents Authors **Researcher Discovery** Organizations

Researcher Discovery can help you find and connect with researchers from around the globe.

Start by entering keywords that relate to a research area, topic, or interest. [About Researcher Discovery](#)

Enter keywords
heterophase ferroelectric solid solutions

Определение соответствия исследователей для:

Введите ключевые слова
heterophase ferroelectric solid solutions

Результаты основаны на соответствующих документах с 2022 года.

Уточнить по

Соответствующие документы из

☐ Этот год

☐ Последние 2 лет

☐ Последние 3 лет

Страна

Введите название страны

☐ Russian Federation

☐ China

[Показать все](#)

Экспортировать результаты

О показателях

Сортировать по

Соответствующие документы (максимум)

Информация об авторе	Количество соответствующих документов	Общее количество цитирований	Общее количество документов	h-индекс
Topolov, Vitaly Yu. Southern Federal University, Russian Federation Предварительный просмотр профиля	6	2151	253	23
Reznichenko, Larisa A. Southern Federal University, Russian Federation Предварительный просмотр профиля	2	2600	406	22
Shilkina, Lidiya A. Southern Federal University, Russian Federation Предварительный просмотр профиля	2	1670	267	19

Рис. 2. Определение соответствия исследователей теме “гетерофазные сегнетоэлектрические твердые растворы” (2022–2026) согласно Скопусу

6. Имеется отдельный сайт [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com), позволяющий проводить поиск научных статей, опубликованных в журналах и научных трудах издательства “Elsevier”. В настоящее время “Elsevier” выпускает в свет несколько сотен журналов, включая журналы по материаловедению и смежным вопросам.

7. Журналы “Материаловедение” (Издательство “Наука и технологии”, г. Москва, <http://www.nait.ru/journals/>) и “Письма о материалах” – “Letters on Materials” (издается на базе Института проблем сверхпластичности металлов РАН, г. Уфа, <https://lettersonmaterials.com/ru>). “Письма о материалах” является журналом открытого доступа. Поиск кратких сообщений, опубликованных в данном журнале, удобно проводить по ключевым словам и фамилиям авторов, см. веб-адрес <https://lettersonmaterials.com/ru/Search.aspx>.

Представленный выше список может расширяться и модифицироваться в будущем, что важно учитывать при изучении материаловедческих дисциплин и при подготовке к соответствующим занятиям.

Литература

1. *Материаловедение: учеб. для студ. вузов / Под ред. В. С. Кушнера.* – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2008. – 232 с. – URL: https://www.omgtu.ru/general_information/institutes/engineering_institute/department_quot_equipment_and_technology_of_welding_quot/MiTKM/files/Материаловедение-учебник.pdf (дата обращения: 14.03.2026).
2. *Зуев, В. М.* *Материаловедение: учеб. для студ. вузов / В. М. Зуев, Г. М. Волков.* – М. : Академия, 2014. – 288 с. – URL: <https://dic.academic.ru/book.nsf/64295752/Материаловедение.+Учебник+для+студентов+учреждений+высшего+профессионального+образования?ysclid=mms0vy4f4y251602100> (дата обращения: 14.03.2026).
3. *Ньюнхем, Р. Э.* *Свойства материалов. Анизотропия, симметрия, структура.* – М. : Институт компьютерных исследований ; Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, 2007. – 652 с. – Пер. с англ. – URL: <https://rucont.ru/efd/301455> (дата обращения: 15.03.2026).
4. *Денисова, Э. И.* *Прикладное материаловедение : Металлы и сплавы : учебное пособие / Э. И. Денисова, В. В. Карташов, В. Н. Рычков.* – Екатеринбург : Изд-во Уральского университета, 2018. – 216 с. – URL: <https://elar.urfu.ru/handle/10995/62129?ysclid=mms1tpx9s3512304758> (дата обращения: 15.03.2026).
5. *Тополов, В. Ю.* *Пьезокомпозиты: получение, свойства, применение (учебное пособие) / В. Ю. Тополов. А. Е. Панич.* – Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет, 2009. – 51 с. – URL: <https://ivtipt.ru/storage/app/media/uploaded-files/Topolov-Panich-COMP-2009.pdf> (дата обращения: 15.03.2026).
6. *Картонова, Л. В.* *Основы материаловедения металлических и неметаллических веществ : учеб. пособие / Л. В. Картонова, В. А. Кечин.* – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2014. – 175 с. – URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01007945330> (дата обращения: 15.03.2026).

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕКОМБИНАЦИОННОГО КАЛЬЦИЕВОГО ЛАЗЕРА ОТ ПАРАМЕТРОВ ВОЗБУЖДЕНИЯ АКТИВНОЙ СРЕДЫ

Чеботарев Г. Д.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
физический факультет

E-mail: gdchebotarev@sfnedu.ru

Одним из эффективных источников коротковолнового излучения является рекомбинационный Са-лазер, излучающий в ультрафиолетовом диапазоне на ионных переходах кальция ($\lambda=373,7$ и $370,6$ нм СаII) [1]. Нами были проведены численные исследования динамики энергетических характеристик импульсно-периодического Са-лазера при вариациях параметров накачки активной среды в широком интервале значений. Численные расчеты проводились с использованием модели [2] для саморазогревного активного элемента с объемом $V=70,7$ см³, исследованного нами ранее экспериментально [1]. Моделировалось возбуждение Са-лазера посредством схемы Блюмлейна [1] с емкостью накопительных конденсаторов $C=1650$ пФ (обеспечивающей согласование электрической схемы накачки и активного элемента) при давлении активной среды (смеси гелия с парами кальция), равном $0,75$ атм, соответствующем условиям эксперимента. При этом изучались зависимости характеристик лазерного излучения (средней мощности P_{av} , КПД η , энергии импульсов E и частоты повторения импульсов f) от удельной энергии w_{sp} , вкладываемой в активную среду от источника накачки.

Результаты моделирования показаны на рис. 1. Как видно из рис. 1a-b, мощность P_{av} и КПД η изменяются при вариациях энерговклада w_{sp} одинаковым образом, при этом величины P_{av} и η оказываются близкими к максимальным значениям в довольно широком интервале значений w_{sp} . Поскольку величина w_{sp} определяет степень двукратной ионизации кальция в активной среде (рис. 1c), то высокие значения P_{av} и η также достигаются в широком интервале значений концентрации двукратных ионов кальция $N_{Ca^{++}}$ (рис. 1d), которая наряду с концентрацией n_e и температурой T_e электронов определяет скорость накачки уровней СаII в рекомбинирующей плазме [1].

С учетом того, что необходимым условием эффективной накачки является согласование схемы накачки и активного элемента, сопротивление которого R зависит как от его геометрии, так и от параметров плазмы, определяемых величиной энерговклада w_{sp} , согласованный режим накачки для различных активных элементов может достигаться при существенно различающихся значениях w_{sp} .

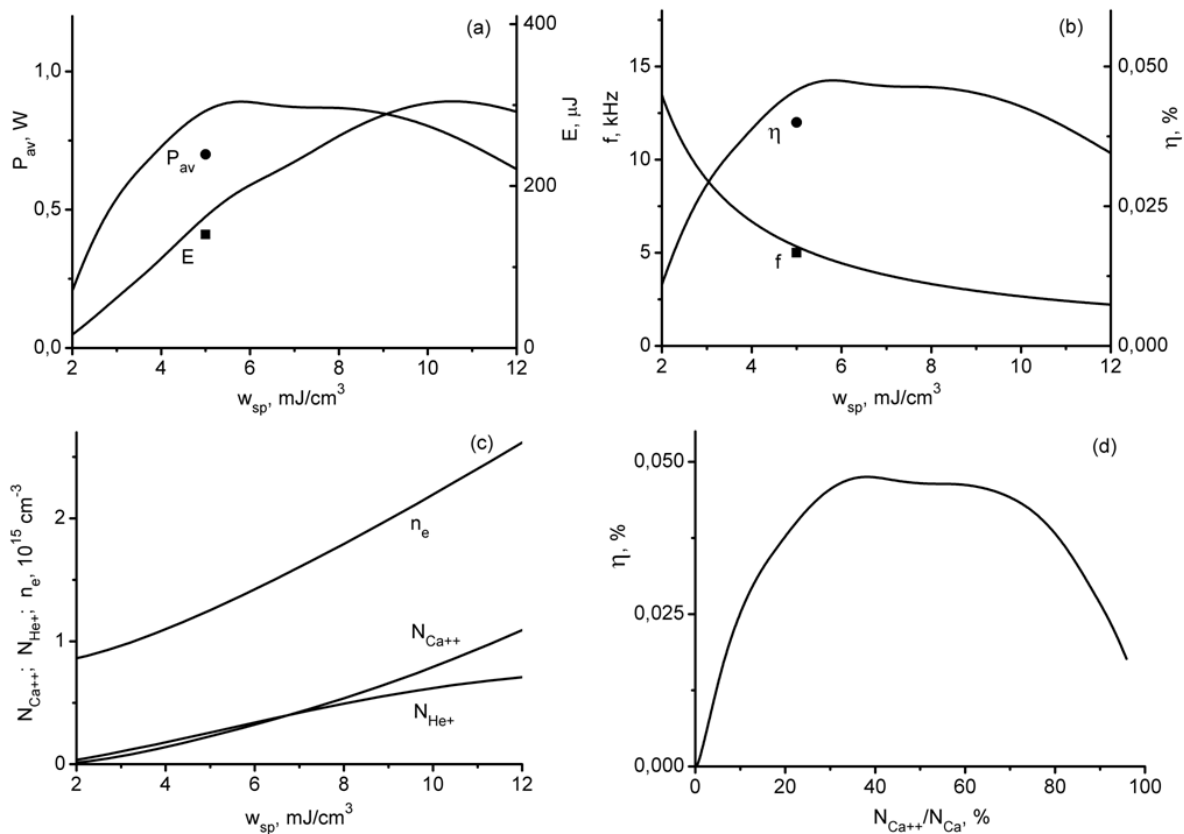


Рис. 1. Результаты моделирования саморазогревного Са-лазера

При этом установленный факт слабой зависимости значений P_{av} и η от w_{sp} и от N_{Ca++} в определенном интервале условий накачки свидетельствует о возможности достижения близких к максимальным значений P_{av} в этом интервале. В этом же интервале условий может быть обеспечен согласованный режим накачки путем подбора емкости C в схеме накачки (эта емкость наряду с индуктивностью L и сопротивлением R активного элемента определяет условие согласования: $R = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$ [1]).

Из рис. 1a-b также видно, что с ростом энерговклада w_{sp} энергия импульсов E монотонно растет (что обусловлено ростом скорости рекомбинационной накачки вследствие роста значений N_{Ca++} и n_e (рис. 1c)), а частота f падает (что связано с необходимостью поддержания постоянства потребляемой от источника накачки мощности $P_{in} = w_{sp} V f$ в саморазогревном режиме). На рис. 1a-b точками показаны характеристики исследуемого Са-лазера, полученные в эксперименте [1]. Как видно, результаты моделирования при соответствующем эксперименту режиме накачки хорошо согласуются с экспериментом. Полученные в работе результаты могут быть полезны при оптимизации активных элементов с различной геометрией.

Литература

1. Солдатов А. Н., Латуш Е. Л., Чеботарев Г. Д., Юдин Н. А., Васильева А. В., Полунин Ю. П., Пруцаков О. О. Импульсно-периодические лазеры на парах стронция и кальция / Под ред. А. Н. Солдатов, Е. Л. Латуша. – Томск: ТМЛ-Пресс, 2012. – 526 с.
2. Чеботарев Г. Д., Пруцаков О. О., Латуш Е. Л. Моделирование ионного рекомбинационного лазера на парах кальция // Электромагнитные волны и электронные системы. 2012. № 6. С. 51–55.

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ ДЛЯ СОВМЕСТНОГО ПРОСМОТРА ФИЛЬМОВ

Шлейкель К. А., Ячmeneва Н. Н.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону*

E-mail: shleikel@sfedu.ru, nnyachmeneva@sfedu.ru

В современном мире для того, чтобы проводить время вместе, обязательно быть рядом. Игры по сети, социальные сети, мессенджеры – все это позволяет находиться на связи с друзьями и близкими, несмотря на большие расстояния. Однако, когда речь заходит о совместном просмотре фильмов, возникает ряд проблем. Большинство нынешних решений требуют регистрации и установки дополнительного программного обеспечения. Они ограничены региональными блокировками и зациклены на стриминговых сервисах, ограничивающих возможности выбора фильма.

DeerInception – это платформа, которая позволяет пользователям транслировать фильмы со своего устройства другим участникам в режиме реального времени, используя только браузер. Платформа состоит из 3 частей: лобби, страницы стримера и зрителя. Лобби – общее пространство, где можно создать новую комнату или подключиться к понравившейся. Комнаты делятся на приватные для просмотра с друзьями и публичные для общего пользования. У публичных комнат отображается название фильма и войти в них можно одним кликом. Для входа в приватные комнаты необходимо знать пароль. Список комнат и число зрителей всегда актуальны – лобби синхронизируется в реальном времени. Страница стримера позволяет загрузить файл с компьютера и сменить его при необходимости, например, при включении новой серии. Она также отображает текущее количество зрителей и статус трансляции. Страница зрителя позволяет смотреть видео стримера. Если организатор ещё не выбрал файл – отображается экран ожидания выбора файла. Если организатор временно потерял соединение или закрыл вкладку – зрители видят соответствующее уведомление и кнопку для перехода в другую комнату. Как только организатор возвращается, трансляция возобновляется автоматически.

Данный проект реализован с использованием технологии WebRTC – стандарта передачи медиапотокa напрямую между браузерами, без необходимости загрузки на центральный сервер. Этот подход обеспечивает минимальную задержку. Изначально система тестировалась локально – в

пределах одной сети проблем с установлением связи не возникало. Однако для работы в глобальной сети пришлось развернуть собственные STUN-серверы для получения внешнего IP и TURN-серверы, которые передают видео клиенту, если подключение напрямую через WebRTC невозможно. Серверная часть приложения реализована на Node.js и совмещает в себе HTTP-сервер для отдачи статических файлов и WebSocket-сервер для сигнализации. Она не обрабатывает видеопоток, а только шлет служебные сообщения: кто ушел, кто присоединился, какие комнаты активны в данный момент. Такая архитектура позволяет легко обслуживать множество пользователей. При подключении нового зрителя, сервер уведомляет стримера о новом участнике. Стример захватывает текущий поток с видеоэлемента и иницирует отдельное WebRTC-соединение специально для этого зрителя. Таким образом, каждый участник получает собственный независимый канал, что исключает взаимное влияние соединений друг на друга. Для каждого соединения также ведётся независимое отслеживание ICE-кандидатов.

На данный момент проект реализован в виде полноценного рабочего прототипа. Интерфейс выполнен в едином стиле с анимированной бегущей строкой (рис. 1).



Рис. 1. Интерфейс: а) стримера; б) зрителя

ADAPTIVE ONLINE TIME SERIES FORECASTING: DESIGNING ROBUST HETEROGENEOUS ENSEMBLES USING RIVER – A COMPREHENSIVE COMPARATIVE ANALYSIS OF GAME-THEORETIC (EWA, ADAHEDGE) AND ENGINEERING (STACKING, BAGGING) APPROACHES IN STREAM LEARNING

Kashu Salumu Kisangasi, Rokhlin D. B.

*Southern Federal University, Vorovich Institute of Mathematics,
Mechanics and Computer Science,
Rostov-on-Don*

E-mail: tliu@sfsedu.ru

This paper presents a comparison of four ensemble strategies for online time series forecasting, which are Exponential Weighted Average (EWA), AdaHedge, Stacking, and Online Bagging. We tested these methods on synthetic and real-world data, both with and without concept drift. All experiments were implemented using the **River** framework, a Python library designed for online machine learning. Our expert pool included four different model types: SNARIMAX (statistical), Hoeffding Adaptive Tree (symbolic), Adaptive KNN (instance-based), and Online MLP (neural). We ran experiments on synthetic datasets (AR(1), AR(2), Random Walk) and real-world data (Airline Passengers, ELEC2 electricity demand).

Traditional forecasting methods like ARIMA and exponential smoothing work well when data is stationary [1]. But in real-world streaming environments such as IoT sensor networks, financial markets, and server logs data patterns constantly change due to seasonality, external events, or shifts in behavior. This is called concept drift [2]. Online learning methods handle this better because they update their models continuously as new data arrives. Combining multiple different models into an ensemble can make forecasting even more reliable.

Let $\{(x_t, y_t)\}$ for $t = 1, 2, 3, \dots$ be a streaming time series where y_t is the value we want to predict at time t . Concept drift happens when the relationship $P_t(y_{t+h} | F_t)$ changes over time, with $F_t = \{(x_s, y_s)\}_{s=1}^t$ being all the data we have seen so far. We have K forecasting experts giving predictions $\{\hat{y}_t^{(1)}, \dots, \hat{y}_t^{(K)}\}$. An ensemble combines them like this:

$$\hat{y}_t = f(\hat{y}_t^{(1)}, \dots, \hat{y}_t^{(K)}) \quad (1)$$

where f is some combination rule. In the "prediction with expert advice" framework [3], the learner takes a weighted average of the experts:

$$\hat{y}_t = \sum_{i=1}^K p_{i,t} \cdot \hat{y}_t^{(i)} \quad (2)$$

The weights $p_{i,t}$ come from unnormalized weights $w_{i,t}$. The Hedge algorithm updates these weights exponentially:

$$w_{i,t+1} = w_{i,t} \cdot \exp(-\eta \cdot l_t(\hat{y}_t^{(i)}, y_t)) \quad (3)$$

AdaHedge [4] goes a step further. It automatically adjusts the learning rate η as it goes, based on how well things are working. It achieves a regret bound of:

$$R_T \leq 2L_T^* \ln K + 4 \ln K \quad (4)$$

where $L_T^* = \min_i \sum_{t=1}^T l_t(\hat{y}_t^{(i)}, y_t)$. This eliminates the need to pre-specify η or know T ahead of time.

Stacking combines experts using a linear model trained with online gradient descent. Online Bagging uses Poisson ($\lambda = 1$) resampling to update each expert multiple times per sample.

We built four different experts to capture different aspects of the data. The SNARIMAX expert uses a Kalman filter to track linear seasonal patterns. The Hoeffding Adaptive Tree grows a decision tree online and uses ADWIN to detect when the data distribution changes [5]. The Adaptive KNN looks at the $k = 5$ nearest neighbors and weights them with a Gaussian kernel ($\sigma = 0.1$). The Online MLP is a small neural network with one hidden layer of 10 ReLU units, and it uses EWC regularization ($\lambda = 10$) to avoid forgetting what it learned before [6].

We compared four ensemble methods. EWA updates weights as $w_{i,t+1} = w_{i,t} \cdot \exp(-\eta \cdot (\hat{y}_t^{(i)} - y_t)^2)$ with a fixed learning rate $\eta = 0.1$. AdaHedge does the same thing but with an adaptive learning rate. Stacking trains a simple linear model on top of the experts using online gradient descent. Online Bagging gives each training example to each expert a random number of times following a Poisson distribution with $\lambda = 1$. All methods try to minimize Mean Squared Error at each step: $l_t(\hat{y}_t^{(i)}, y_t) = (\hat{y}_t^{(i)} - y_t)^2$.

We ran our experiments in two phases using a prequential setup. **Phase 1** used synthetic datasets with 5,000 samples each: AR(1), AR(2), and Random Walk, while **Phase 2** used real-world data: Airline Passengers (144 months of monthly totals with strong trend and seasonality but no drift) and ELEC2 (10,000 samples of electricity demand with gradual concept drift). We used a fixed random seed (42) and discarded the first 100 samples to avoid initialization effects. Performance was measured using Mean Squared Error (MSE):

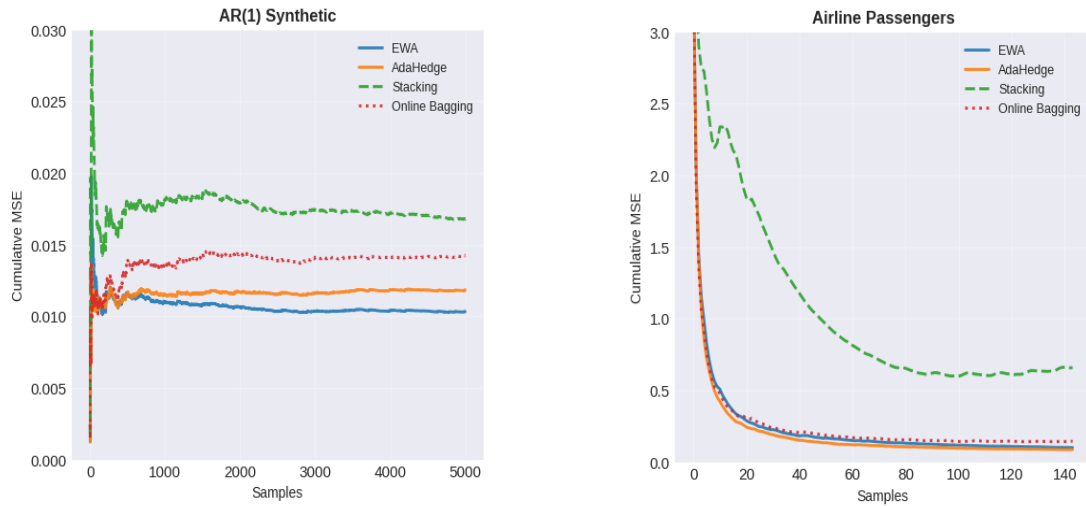
$$\text{MSE}_t = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (5)$$

Table 1. Final MSE Results Performance Comparison

Dataset	EWA	AdaHedge	Stacking	Online Bagging
AR(1)	0.01034	0.01184	0.01680	0.01420
AR(2)	0.01040	0.01110	0.01850	0.01250
Random Walk	0.01130	0.01026	N/A	0.01710
Airline Passengers	0.10030	0.08630	0.65750	0.14430
ELEC2	0.00110	0.00084	N/A	0.00120

N/A means Stacking diverged (numbers blew up).

Below are the two plots that displays the performance achieved by all of the four methods, just one plot taken from each phase (synthetic and real-world) while the full results for all datasets were presented in the table 1 above.



So here's what we found, On the simple synthetic data (AR(1) and AR(2)), EWA worked best with errors around 0.01034–0.01040, beating AdaHedge by about 6–9%. That makes sense if nothing is changing, a fixed learning rate is fine. But when we switched to the Random Walk, AdaHedge took the lead with an error of 0.01026. That's better than EWA and Online Bagging. Stacking just blew up.

For the case of real data, On Airline Passengers, AdaHedge came out on top with an error of 0.08630. EWA was 16.2% worse, Online Bagging was 67.2% worse, and Stacking performed worst compared to the rest. The poor performance of Stacking suggests that linear meta-learners cannot capture time-varying patterns such as seasonality. On ELEC2, which has gradual concept drift, AdaHedge kept winning with an error of 0.00084. It beat EWA by 29.5% and Online Bagging by 37.8%. Stacking diverged again.

References

1. Hyndman R. J., Athanasopoulos G. Forecasting: principles and practice. OTexts, 2018.
2. Gama J., Žliobaitė I., Bifet A., Pechenizkiy M., Bouchachia A. A survey on concept drift adaptation. *ACM Computing Surveys*, 2014, Vol. 46, No. 4, pp. 1–37.
3. Cesa-Bianchi N., Lugosi G. Prediction, Learning, and Games. Cambridge University Press, 2006.
4. Van Erven T., Koolen W. M., Rakhlin A. AdaHedge: A dynamic algorithm for hedging. *Proceedings of the 24th International Conference on Algorithmic Learning Theory*, 2014.
5. Bifet A., Gavalda R. Adaptive learning from evolving data streams. *International Symposium on Intelligent Data Analysis*, 2009.
6. Kirkpatrick J., Pascanu R., Rabinowitz N., Veness J., Desjardins G., Rusu A. A., ... & Hadsell R. Overcoming catastrophic forgetting in neural networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2017, Vol. 114, No. 13, pp. 3521–3526.

FITTING NEURON MODELS TO EXPERIMENTAL DATA

Liu Xiaolong

*Southern Federal University, Vorovich Institute of Mathematics,
Mechanics and Computer Science,
Rostov-on-Don*

E-mail: tliu@sfedu.ru

Computational neuroscience stands at the fascinating intersection of biology, physics, mathematics, and computer science. Its primary objective is to understand the complex information processing mechanisms of the brain by constructing and analyzing mathematical models of its fundamental units: neurons. The development of neuronal modeling began with the groundbreaking work of Hodgkin and Huxley in 1952, who provided a detailed biophysical description of the action potential in the squid giant axon. Their model, grounded in empirical voltage-clamp experiments, captured the dynamics of sodium and potassium conductances with remarkable accuracy and became the benchmark for biophysically realistic neuron models.

In the decades that followed, researchers sought ways to balance realism with practicality. While the Hodgkin-Huxley framework remains indispensable for studying ion channel kinetics and detailed electrophysiology, its computational cost limits its use in large-scale network simulations involving thousands or millions of neurons. This practical constraint spurred the development of simplified models that retain just enough biological plausibility to reproduce key dynamical features – such as membrane integration, thresholding, and spiking – while remaining computationally lightweight and mathematically amenable.

Among these reduced models, the Leaky Integrate-and-Fire (LIF) model has become one of the most widely adopted due to its elegance and efficiency. It abstracts away the complex nonlinearities of active ion channels and instead focuses on the passive electrical properties of the neuronal membrane. By treating the neuron as a simple RC (resistor-capacitor) circuit, the LIF model captures how incoming synaptic currents cause the membrane potential to rise gradually, while simultaneously leaking charge back toward a resting value in the absence of input. This behavior mirrors the sub-threshold integration observed in real cortical neurons and provides a surprisingly effective foundation for exploring network dynamics, coding strategies, and learning rules.

The Leaky Integrate-and-Fire (LIF) model represents a fundamental simplification, describing sub-threshold membrane dynamics through a linear differential equation:

$$C_m \frac{dV}{dt} = -g_L(V - V_{rest}) + I(t) \quad (1)$$

where C_m is the membrane capacitance, g_L is the leak conductance, V_{rest} is the resting potential, and $I(t)$ is the injected current. For the case of a constant current step $I(t) = I_0$, Equation (1) admits an analytical solution:

$$V(t) = V_{rest} + RI_0 \left(1 - e^{-t/\tau_m}\right) \quad (2)$$

where $R = 1/g_L$ is the input resistance and $T_m = RC_m$ is the membrane time constant. This closed-form expression provides a direct means for parameter estimation from sub-threshold voltage traces.

To perform the fit, the continuous model must be compared against discrete experimental data points $\{(t_i, V_i^{data})\}_{i=1}^N$. The quality of the fit is quantified by the mean squared error (MSE) cost function:

$$\mathcal{L}(V_{rest}, \tau_m) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (V_i^{data} - V(t_i; V_{rest}, \tau_m))^2 \quad (3)$$

In practice, the model's ability to reproduce experimental observations hinges on how well its parameters align with the actual biophysical properties of the recorded neuron. To quantify this alignment, one typically compares the predicted membrane potential trajectory from the model against measured voltage traces. Specifically, $V(t_i; V_{rest}, T_m)$ denotes the voltage predicted by Equation (2) at discrete time points t_i , given a candidate pair of parameters: the resting potential V_{rest} and the membrane time constant T_m . The discrepancy between these predictions and the empirical data is then used to guide parameter estimation. The optimal values $\hat{V}_{rest}$ and $\hat{T}_m$ are obtained by solving the optimization problem:

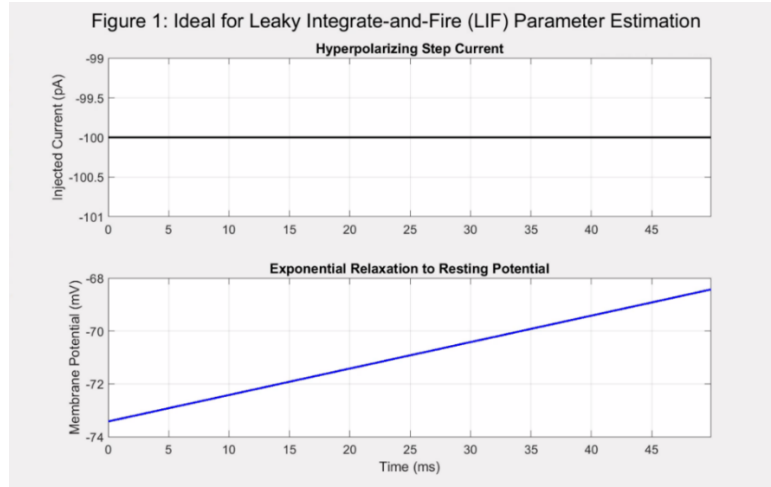
This involves minimizing a loss function—commonly the sum of squared errors between observed and simulated voltages—over the admissible parameter space. Such an approach not only yields estimates that best capture the neuron's passive dynamics under the LIF framework but also provides a principled way to assess model adequacy. Importantly, because the underlying dynamics are linear and the solution is explicit, this optimization can often be carried out efficiently using standard numerical techniques, avoiding the need for computationally expensive simulations or gradient approximations.

To find the best-fitting parameters that align the model with experimental data, we cast the estimation problem as a minimization task over the space of possible values for V_{rest} and T_m . The goal is to identify the combination that yields the smallest discrepancy between the predicted membrane potential and the actual recorded trace. This leads to the following optimization formulation:

$$(\hat{V}_{rest}, \hat{\tau}_m) = \arg \min_{V_{rest}, \tau_m} \mathcal{L}(V_{rest}, \tau_m). \quad (4)$$

Here, L represents a loss function—typically the mean squared error or a similar metric—that quantifies how well the model reproduces the observed voltage dynamics under a given set of parameters. By solving this problem, we obtain estimates $\hat{V}_{rest}$ and τ_m that are both biologically plausible and statistically grounded in the data.

This procedure was applied to the dataset `neurondatapart1.csv`, which records the response to a hyperpolarizing current of $I_0 = -100$ pA.



The steady-state value of the trace directly provides an initial estimate for V_{rest} , which was refined during the optimization to $\hat{V}_{rest} = -83.4$ mV. The subsequent minimization of the cost function L yielded a membrane time constant of $\hat{\tau}_m = 12.3$ ms. The resulting model output, generated by evaluating Equation (2) with these fitted parameters, is shown in Figure 1 and demonstrates a high degree of concordance with the experimental data.

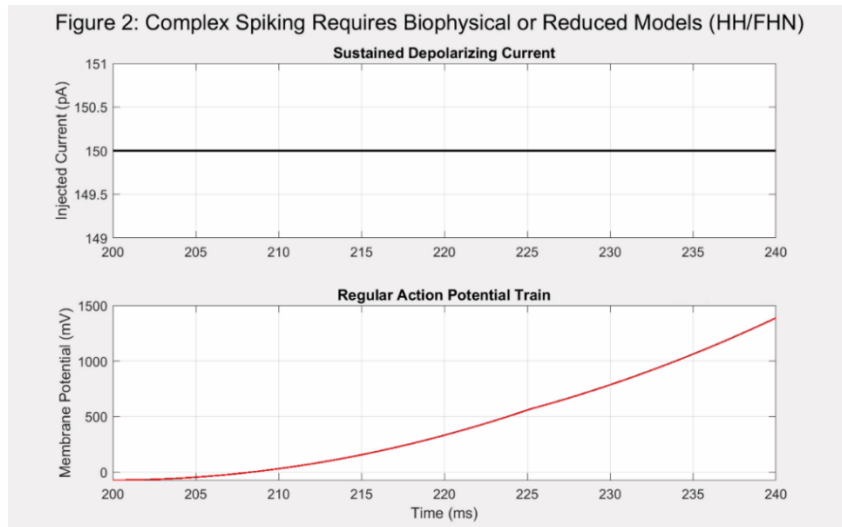
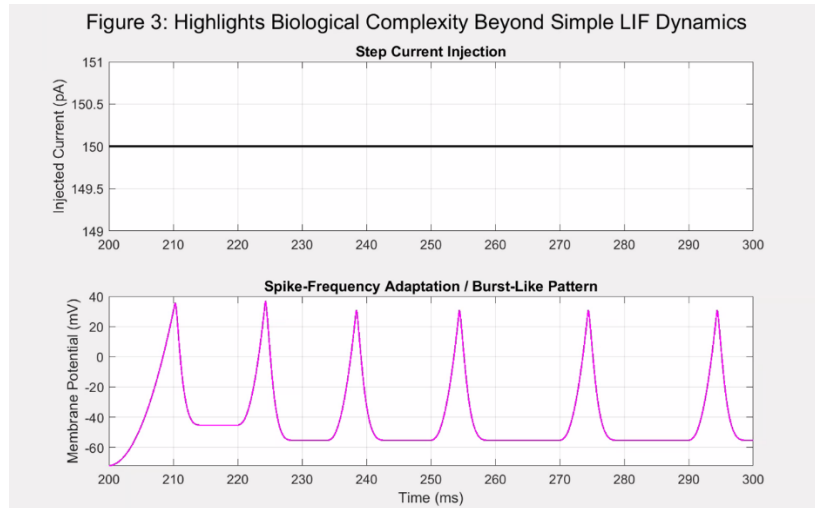


Figure 2. Neuronal response to sustained depolarizing current (150 pA). No action potentials are elicited; instead, the membrane potential gradually increases.

This behavior cannot be reproduced by the standard LIF model, which assumes immediate spiking upon threshold crossing. Accurate modeling requires biophysical (e.g., HH) or reduced (e.g., FHN) models that include voltage-gated conductances.

In contrast, the datasets `part2.csv` and `part3.csv` violate the core assumptions of the LIF model. Fitting `part2.csv` leads to a non-physical V_{rest} estimate of approximately -170 mV, indicating the presence of unmodeled active conductances. The adaptive spiking pattern in `part3.csv` cannot be captured by the LIF formalism, as it lacks the necessary slow variables to mediate spike-frequency adaptation.



A typical example of firing rate adaptation observed in real neurons is shown in Figure 3. Despite constant current injection (top panel), the membrane potential exhibits decreasing firing frequency over time (bottom panel). This behavior arises from slow inward or outward currents (e.g., M-currents, calcium-activated potassium channels) that are absent in the standard LIF model.

This analysis confirms that the LIF model, when its parameters are rigorously estimated via the optimization framework, defined by Equations (3) and (4), provides an accurate description of passive neuronal dynamics. However, its applicability is strictly bounded by its mathematical simplicity, necessitating the use of more complex models for richer dynamical regimes.

References

1. Izhikevich, E. M. (2007). *Dynamical Systems in Neuroscience: The Geometry of Excitability and Bursting*.
2. Gerstner, W., Kistler, W. M., Naud, R., & Paninski, L. (2014). *Neuronal Dynamics: From Single Neurons to Networks and Models of Cognition*.
3. Dayan, P., & Abbott, L. F. (2021). *Theoretical neuroscience: Computational and mathematical modeling of neural systems* (Wu, S., Wang, Y., Trans.). Beijing: Science Press. (Original work published 2001).

СЕКЦИЯ 2.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

О ВЛИЯНИИ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ КРАЕВЫХ ДИСЛОКАЦИЙ НА ДЕФОРМИРОВАНИЕ УПРУГОГО БРУСА

Бабичев М. С.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича*

E-mail: mbabichev@sfedu.ru

Изучение дефектов кристаллической решетки имеет фундаментальное значение для понимания прочностных свойств материалов. Дислокации во многом определяют пластическое течение, зарождение трещин и усталостное разрушение твердых тел [1]. В прикладных аспектах теория дислокаций позволяет решать задачи внешнего трения, износа и смазочного действия в машиностроении, а также прогнозировать поведение материалов в экстремальных условиях космической и ядерной промышленности. Несмотря на значительный прогресс в линейной теории дефектов, многие вопросы, связанные с большими деформациями и нелинейными эффектами, остаются открытыми. В связи с этим разработка нелинейных моделей, учитывающих наличие распределенных дислокаций, представляет собой актуальную задачу механики деформируемого твердого тела [2, 3].

В рамках нелинейной континуальной теории дислокаций исследуется влияние линейных дефектов кристаллической решетки на напряженно-деформированное состояние упругого бруса прямоугольного сечения. В отличие от классической теории упругости, учет дислокаций осуществляется через поле тензора плотности дефектов. Математическая постановка задачи включает геометрическое уравнение несовместности, уравнение равновесия и определяющие соотношения материала. Для несжимаемого неогуковского материала эта система принимает вид [4, 5, 6]:

$$\begin{cases} \operatorname{rot} \mathbf{C} = \boldsymbol{\alpha}, \\ \operatorname{div} \mathbf{D} = 0, \\ \mathbf{D} = \mu \mathbf{C} - p \mathbf{C}^{-T}, \det \mathbf{C} = 1. \end{cases} \quad (1) - (3)$$

Здесь $\mathbf{C}$ – тензор дисторсии, $\mathbf{D}$ – тензор напряжений Пиолы, $\boldsymbol{\alpha}$ – тензор плотности дислокаций, μ – модуль сдвига, p – гидростатическое давление, не определяемое из деформации.

Рассматривается плоская задача для бруса длиной l и толщиной h . Тензор плотности дислокаций α задается в виде, соответствующем распределению краевых дислокаций с вектором Бюргерса, направленным вдоль оси бруса: $\alpha = \alpha(x_2)\mathbf{i}_3\mathbf{i}_1$. Решение ищется в классе диагональных тензоров, компоненты которых зависят только от поперечной координаты x_2 :

$$\begin{aligned} \mathbf{C} &= C_1(x_2)\mathbf{i}_1\mathbf{i}_1 + C_2(x_2)\mathbf{i}_2\mathbf{i}_2 + \mathbf{i}_3\mathbf{i}_3, \mathbf{D} \\ &= D_1(x_2)\mathbf{i}_1\mathbf{i}_1 + D_2(x_2)\mathbf{i}_2\mathbf{i}_2 + D_3(x_2)\mathbf{i}_3\mathbf{i}_3. \end{aligned} \quad (4)$$

Граничные условия выражают отсутствие нагрузок на горизонтальных сторонах и заданное удлинение на оси бруса:

$$D_2\left(\pm \frac{h}{2}\right) = 0, C_1(0) = \lambda, \quad (5)$$

где λ – кратность осевого удлинению ($\lambda \geq 1$ – растяжение, $\lambda \leq 1$ – сжатие).

Из уравнения несовместности (1) в координатной форме получена прямая связь продольной компоненты дисторсии с функцией плотности дислокаций:

$$\frac{\partial C_{11}}{\partial x_2} = -\alpha_{31}(x_2) \Rightarrow C_1(x_2) = -\int \alpha_{31}(x_2)dx_2 + \lambda. \quad (6)$$

Для моделирования выбрана нечетная линейная функция плотности дислокаций $\alpha = -2ax_2$, что обеспечивает симметричное деформирование бруса без изгиба. С учетом условия несжимаемости $C_2 = 1/C_1$ и уравнения равновесия, из которого следует $D_2 = 0$ и $p = \mu C_2^2$, получены явные выражения для напряжений.

Проведен численный анализ для трех типов материалов. Для материала Муни получено аналитическое выражение продольного напряжения:

$$D_1 = \frac{6}{5}\mu \left(ax_2^2 + \lambda - \frac{1}{(ax_2^2 + \lambda)^3} \right). \quad (7)$$

Анализ графиков показывает, что наличие дислокаций существенно меняет эпюру продольных напряжений по толщине бруса (Рис.1).

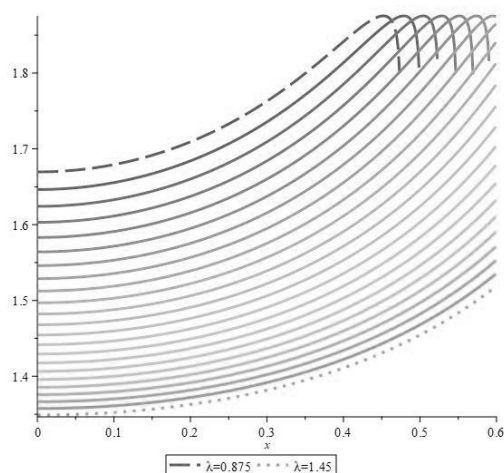


Рис. 1. Продольное напряжение по толщине бруса с дислокациями для нелинейного материала.

При сжатии ($\lambda < 1$) влияние дефектов проявляется сильнее, чем при растяжении. Для физически нелинейного материала (модель Бидермана) на диаграммах растяжения наблюдается точка максимума, характеризующая критическую силу потери устойчивости (образование шейки). Увеличение плотности дислокаций приводит к смещению этой точки и снижению критической силы (Рис. 2).

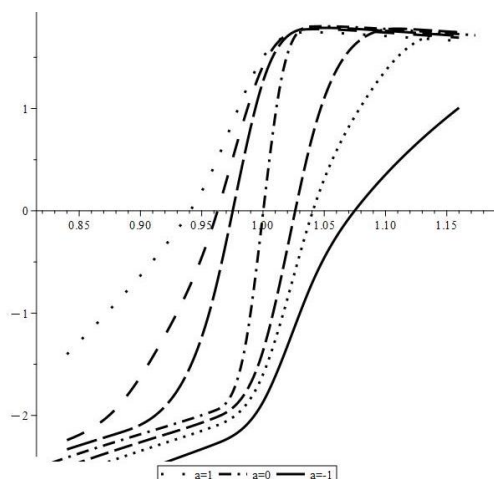


Рис. 2. Диаграмма растяжения-сжатия бруса для материала Бидермана

Перспективы дальнейших исследований связаны с распространением предложенного подхода на трехмерные задачи, учет динамических эффектов и взаимодействия движущихся дислокаций, а также с экспериментальной верификацией полученных результатов. Развитие нелинейной теории дислокаций открывает возможности для создания материалов с заданными прочностными свойствами и повышения надежности элементов конструкций.

Литература

1. Павлов П. В., Хохлов А. Ф. Физика твердого тела: Учеб. – 3 изд., стер. – М.: Высш. шк., 2000. – 494 с.
2. Зубов Л. М. Универсальные решения нелинейной теории дислокаций для упругого цилиндра // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2020. – № 5. – С. 120–130.
3. Лурье А. И. Нелинейная теория упругости. – М.: Наука, 1980. – 512 с.
4. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теория упругости. – М.: Наука, 1987. – 245 с.
5. Седов Л. И. Механика сплошной среды. Том II. – М.: Наука, 1976. – 576 с.
6. Эшелеби Дж. Континуальная теория дислокаций. – М.: Иностранная литература, 1963. – 248 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗРАБОТАННЫХ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ ЭВОЛЮЦИИ ФОРМЫ ЖИДКОГО ВКЛЮЧЕНИЯ, МИГРИРУЮЩЕГО В КРИСТАЛЛЕ, И РЕЗУЛЬТАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С ИХ ПОМОЩЬЮ

Гармашов С. И.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

физический факультет,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: garmashov@sfedu.ru

В общем случае математическое моделирование миграции жидких включений в неоднородно нагретом кристалле под действием градиента температуры (или кратко – термомиграции [1–11]) требует трехмерного подхода. Однако построение такой модели сопряжено с рядом трудностей. Даже если считать, что поле градиента температуры в кристалле и включении однородно, возникает задача аппроксимации формы включения, от геометрии которой зависят значения межфазного давления и равновесных концентраций раствора, а, следовательно, граничные условия для трехмерного массопереноса в объеме включения. Кроме того, технически непростой (по сравнению с двумерным случаем) становится задача об изменении трехмерной формы включения согласно найденным скоростям движения точек межфазной границы.

В ранее разработанных двумерных моделях (стационарной [1, 3–7, 9] и эволюционной [8, 10]) для аппроксимации формы сечения цилиндрического включения был использован метод граней, впервые предложенный в работе [1] для расчета установившейся формы мигрирующего включения. Суть его заключается в том, что криволинейная часть межфазной границы аппроксимируется набором плоских участков (граней) с заданными углами между ними. По этим углам и размерам граней можно оценить межфазное давление и использовать его для определения граничных условий к задаче о массопереносе во включении и нахождения скоростей аппроксимирующих граней. Такой подход был распространен в работах [8, 10] на случай моделирования эволюции формы сечения цилиндрического включения в различных неравновесных условиях (после включения и выключения градиента температуры, при наличии колебаний температуры).

При использовании метода граней в двумерных эволюционных задачах предполагалось, что углы между аппроксимирующими гранями фиксированы, а допускается только изменение их размеров. Это позволило достаточно адекватно (как следует из сравнения с экспериментальными данными) описывать эволюцию формы сечения включения, которая завершалась установлением стационарной формы, согласующейся с решением,

полученным из соответствующей модели для стационарной термомиграции [3–7, 9].

Аналогичный подход был применен автором для трехмерного моделирования. Предполагалось, что включение имеет форму куба с округлыми ребрами, что характерно для включений водного раствора в щелочно-галогидных кристаллах (KCl [1] или KBr [6, 7]). На рис. 1 представлены микрофотографии таких включений в кристалле KBr в равновесных условиях (а) и при их миграции под действием градиента температуры (б).



Рис. 1. Экспериментально наблюдаемые формы включений водного раствора KBr в кристалле KBr в равновесных условиях (а) и при термомиграции под действием градиента температуры G (б)

Одним из применений термомиграции включений в неоднородно нагретом кристалле является определение некоторых параметров межфазных границ по экспериментально наблюдаемым формам этих включений (рис. 1). В работах [4, 6–8] были предложены соответствующие методики для двумерного случая, когда включение рассматривается как цилиндрическое. Для выяснения применимости этих методик при анализе сечений форм трехмерных включений (рис. 1) возникает необходимость в построении трехмерных моделей.

При моделировании для аппроксимации поверхности включения использовались два способа. В первом [11], наиболее простом, гранями аппроксимировались только те криволинейные ребра округлого куба (рис. 2а), а при эволюции – ребра прямоугольного параллелепипеда, которые перпендикулярны направлению градиента температуры (рис. 3б), поскольку именно они претерпевают наибольшие изменения (по сравнению с боковыми) и определяют форму включения при его движении в кристалле (рис. 1, 3а).

Для проверки возможности такого упрощения автором был разработан второй способ аппроксимации формы включения, в котором набором граней представляются все округлые ребра параллелепипеда (рис. 2б, 2в, 3в). Кроме того, округлые углы включения дополнительно аппроксимировались плоскостями семейства (111) (рис. 2б).

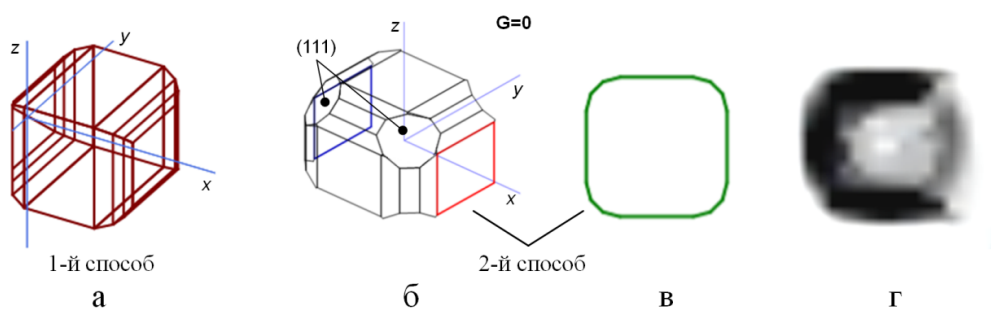


Рис. 2. Результаты моделирования установления равновесных форм включений двумя предложенными способами (а, б) и их поперечного сечения (в) при заданной степени анизотропии удельной межфазной энергии в сравнении с формой реального включения (г, вид сбоку)

Тестирование разработанных моделирующих программ проводилось, в частности, на случае установления равновесной формы включения, геометрия которой может быть рассчитана аналитически в соответствии с правилом Вульфа или из условия минимума поверхностной энергии [1]. Один из результатов такого тестового моделирования представлен на рис. 2(а – в) в сравнении с экспериментально наблюдаемой равновесной формой включения (рис. 2г).

Как известно из экспериментов (рис. 1б, 3а), при термомиграции включения принимают несимметричную форму с характерным расширением переднего и сужением тыльного вертикальных фронтов. Аналогичные изменения формы включений имели место в обеих трехмерных моделях (рис. 3б, в).

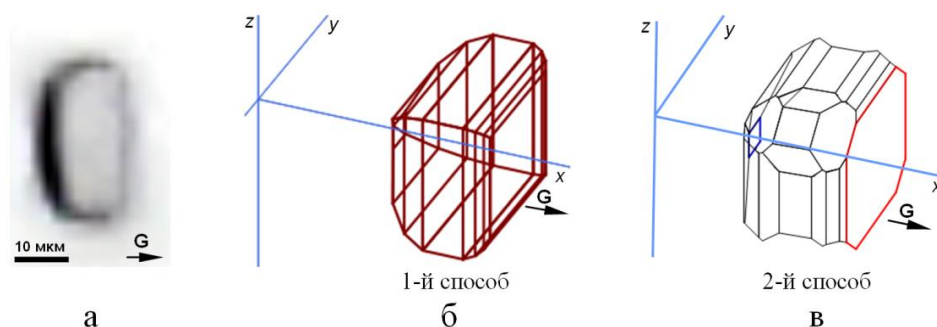


Рис. 3. Форма мигрирующего включения, наблюдаемая в эксперименте (а, вид сбоку), и при моделировании двумя предложенными способами (б, в)

Представлялось интересным сопоставить результаты моделирования эволюции формы включения одного и того же объема, полученные обоими способами, как между собой, так и с формой сечения цилиндрического включения при той же площади сечения. Предварительные результаты показывают, что второй способ моделирования дает большее сходство форм

сечений трехмерного и цилиндрического включений (рис. 4б), возможно, из-за более детальной аппроксимации формы включения.

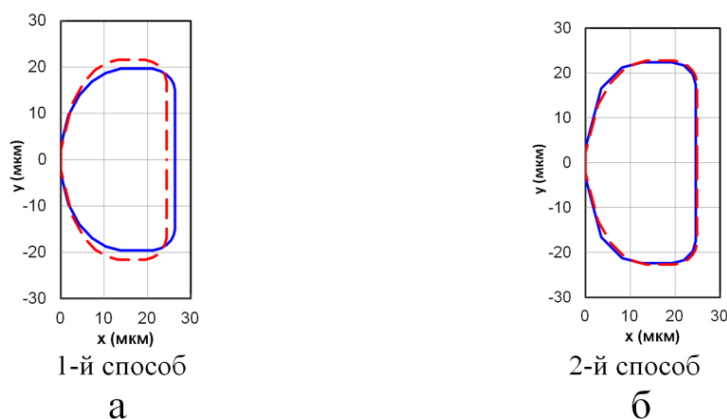


Рис. 4. Сравнение результатов моделирования эволюции формы сечения включения одного и того же объема, полученные с помощью обеих трехмерных моделей (сплошные линии, настоящая работа) с формой сечения цилиндрического включения (штриховая линия, [6–9])

Скорость миграции трехмерного включения в обоих способах моделирования при прочих равных условиях оказывалась несколько выше, чем в случае цилиндрического включения, что связано, по-видимому, с более высоким межфазным давлением в трехмерном случае. В докладе эти и другие результаты моделирования будут представлены подробнее.

Литература

1. Cline, H. E. Nonequilibrium morphology of liquid inclusions migrating in solids / H. E. Cline, T. R. Anthony // J. Appl. Phys. – 1977. – V. 48. – P. 5096–5104.
2. Лозовский, В. Н. Физические аспекты выбора термомиграции в качестве метода локального легирования кристаллов / В. Н. Лозовский, Б. М. Середин // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 3. – С. 111–118.
3. Garmashov, S. I. Velocity and Cross-Section Shape of Liquid Cylindrical Inclusions Migrating Normally to Close-Packed Planes of a Non-Uniformly Heated Crystal under Stationary Thermal Conditions / S. I. Garmashov, V. Yu. Gershanov // J. Cryst. Growth. – 2009. – V. 311, N. 2. – P. 413–419.
4. Гармашов, С. И. К методике исследования межфазной кинетики и анизотропии удельной межфазной энергии из экспериментов по миграции жидких цилиндрических включений в кристалле в стационарных тепловых условиях / С. И. Гармашов // Кристаллография. – 2018. – Т. 63, № 5 – С. 827–831.

5. Гармашов, С. И. О скорости термомиграции жидких цилиндрических включений в кристалле в стационарных тепловых условиях / С. И. Гармашов // ФТТ. – 2019. – Т. 61, № 12. – С. 2303–2306.
6. Garmashov, S. I. A model of shapes of liquid cylindrical inclusions migrating through a non-uniformly heated crystal: Fundamentals and applications for studying crystallization and dissolution / S. I. Garmashov // J. Cryst. Growth. – 2021. – V.574. – P. 126312.
7. Гармашов, С. И. Модель термомиграции жидких цилиндрических включений в кристалле и ее применение : монография / С. И. Гармашов ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2022. – 99 с.
8. Garmashov, S. I. Evolution of cross-sectional shapes of liquid inclusions enclosed in a crystal: Computer simulation and its application for studying interface kinetics / S. I. Garmashov // J. Cryst. Growth. – 2024. – V. 627. – P. 127532.
9. Гармашов, С. И. Программа расчета скорости и формы сечения жидкого цилиндрического включения с двумя и четырьмя сингулярными гранями, мигрирующего в неоднородно нагретом кристалле в стационарных тепловых условиях //Официальный бюллетень «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем». – 2024. – № 11. – RU2024684871.
10. Гармашов, С. И. Программа моделирования эволюции формы сечения жидкого цилиндрического включения с двумя и четырьмя сингулярными гранями в кристалле в стационарных и нестационарных тепловых условиях //Официальный бюллетень «Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем». – 2025. – № 10. – RU2025686795.
11. Гармашов, С. И. Компьютерное моделирование трёхмерного включения в кристалле // С. И. Гармашов, М. И. Быковский, Н. И. Тонконогов / Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития [Электронный ресурс] : Материалы XXXI научной конференции (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 18–20 апреля 2024 г.) – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2024. – С. 113–116.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХМЕРНОГО ТЕПЛОПЕРЕНОСА В КРИСТАЛЛЕ, СОДЕРЖАЩЕМ ВКЛЮЧЕНИЕ ЖИДКОЙ ФАЗЫ

Гармашов С. И., Музлова Е. Д.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
физический факультет,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: garmashov@sfedu.ru

Для корректной интерпретации экспериментальных данных о скорости и форме жидкого включения, мигрирующего в неоднородно нагретом кристалле (явление термомиграции [1–11], рис. 1а), важно знать значение градиента температуры не только в кристалле, но и в самом жидком включении. В общем случае теплопроводности кристалла и жидкого включения неодинаковы и могут заметно отличаться (например, для систем $\text{KBr-H}_2\text{O}$, $\text{KCl-H}_2\text{O}$ в 8–10 раз). В таком случае градиент температуры в жидкой фазе зависит от формы включения, которая, в свою очередь, как следует из работ [4–11], зависит от градиента температуры. Поэтому возникает необходимость в расчете зависимости градиента температуры в жидком включении от аспектного отношения (отношения ширины (W) включения к его толщине (L), рис. 1б). В работе [12] такая задача была решена в двумерном приближении, когда включение имеет цилиндрическую форму. Включения же в щелочно-галогидных кристаллах имеют сравнимые размеры во всех трех направлениях (рис. 1) и поэтому более корректным будет трехмерный подход к анализу теплопереноса.

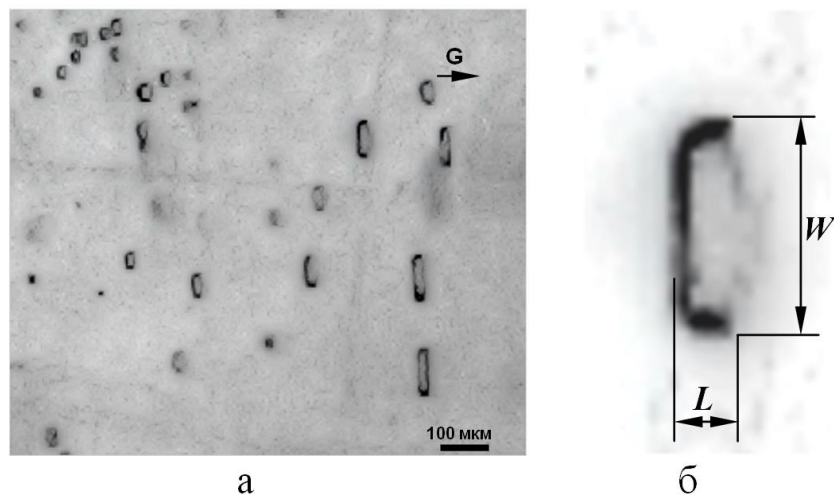


Рис. 1. Микрофотография включений водного раствора KBr , мигрирующих в кристалле KBr под действием градиента температуры G (а, вид сбоку), и характерная (сплюснутая в направлении миграции) форма одного из таких включений в режиме миграции с обозначением его габаритных размеров (б, $W > L$)

Решение такой задачи требует нахождения распределения температуры и ее градиента в неоднородной трехмерной среде. С этой целью можно воспользоваться одним из математических пакетов, позволяющих моделировать теплоперенос в трехмерном случае, например, FlexPDE [13].

На рис. 2а представлена область моделирования, поделенная средой FlexPDE на конечные элементы. Предполагалось, что включение по форме близка к прямоугольному параллелепипеду. В силу симметрии задачи рассматривалась лишь одна четверть всей области кристалла. Причем не было необходимости указывать реальные размеры кристалла, а ограничиться только той его частью, где градиент температуры неоднороден. В таком случае граничные условия к уравнению теплопроводности на боковых (параллельных оси x) границах области моделирования (рис. 2а) задавались в виде условий Неймана с нулевыми потоками, а на плоскостях $x = 0$ и $x = L_S$ в виде условий Дирихле:

$$T(0, y, z) = T_0, \quad T(L_S, y, z) = T_0 + G_{S\infty}L_S,$$

где L_S – размер области моделирования (кристалла) вдоль оси x , T_0 – температура менее нагретой части кристалла (как правило, близкая к комнатной), $G_{S\infty}$ – градиент температуры в твердой фазе (кристалле) вдали от включения, где он однороден.

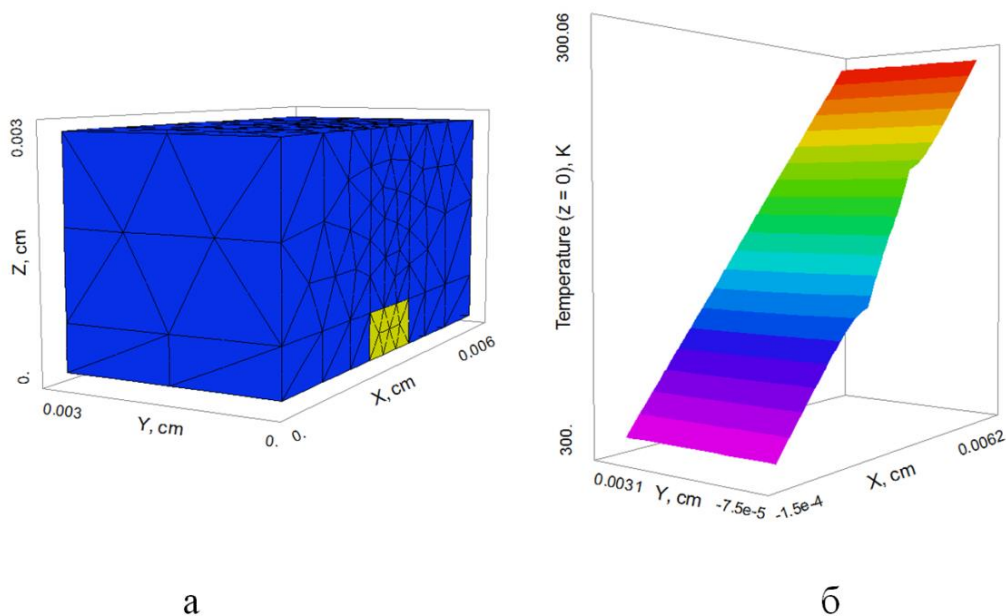


Рис. 2. Область моделирования, содержащая включение жидкой фазы (а) и рассчитанное средой FlexPDE распределение температуры в горизонтальной плоскости $z = 0$ (б) для случая, когда теплопроводность жидкой фазы меньше теплопроводности кристалла

Рассчитанная зависимость относительного значения среднего по объему включения градиента температуры (в направлении оси x) от аспектного отношения W/L представлена на рис. 3. Она будет использована в дальнейшем для оценки градиента температуры в жидкой фазе, необходимой при анализе и обработке экспериментальных данных по термомиграции.

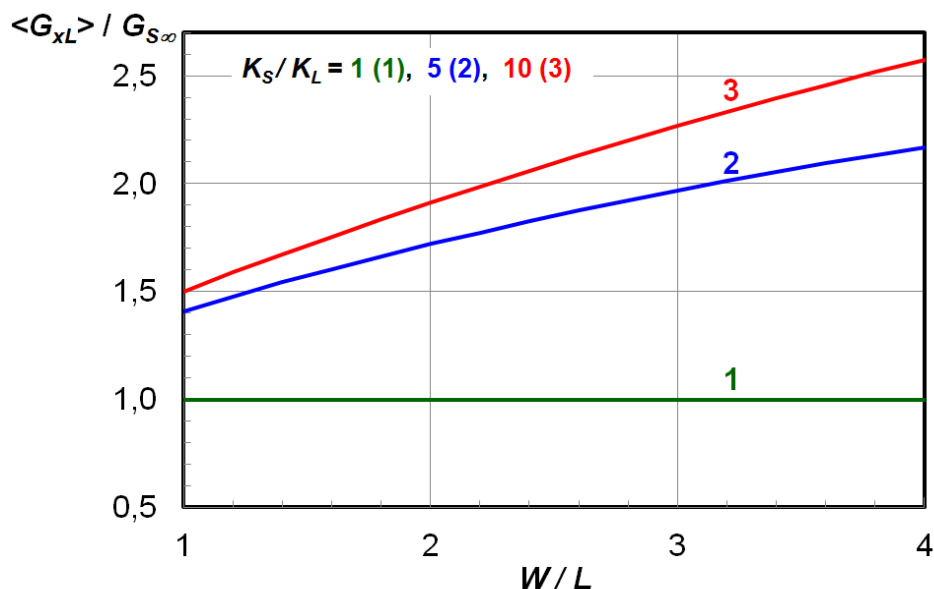


Рис. 3. Рассчитанные зависимости относительного значения усредненного по объему включения градиента температуры $\langle G_{xL} \rangle$ в направлении оси x от аспектного отношения W/L при разных соотношениях коэффициентов теплопроводности твердой и жидкой фаз K_S / K_L ($G_{S\infty}$ – градиент температуры в однородной части твердой фазы (кристалла) на достаточном удалении от включения)

Литература

1. Леммлейн, Г. Г. Перемещение жидкого включения в кристалле в направлении к источнику тепла / Г.Г. Леммлейн // Докл. АН СССР. – 1952. – Т. 85, № 2. – С. 325–328.
2. Pfann, W. G. Temperature gradient zone melting / W. G. Pfann // Journal of Metals. – 1955. – V. 7, Iss. TP 4021E. – P. 961–964.
3. Tiller, W. A. Migration of a liquid zone through a solid / W.A. Tiller // J. Appl. Phys. – 1963. – V. 34. – P. 2757–2762.
4. Лозовский, В. Н. Зонная перекристаллизация градиентом температуры полупроводниковых материалов [Текст] / В.Н. Лозовский, Л.С. Лунин, В.П. Попов. – М. : Metallurgy, 1987. – 232 с.

5. *Cline, H. E.* Nonequilibrium morphology of liquid inclusions migrating in solids / H. E. Cline, T. R. Anthony // *J. Appl. Phys.* – 1977. – V. 48. – P. 5096–5104.
6. *Garmashov, S. I.* Velocity and Cross-Section Shape of Liquid Cylindrical Inclusions Migrating Normally to Close-Packed Planes of a Non-Uniformly Heated Crystal under Stationary Thermal Conditions / S. I. Garmashov, V. Yu. Gershanov // *J. Cryst. Growth.* – 2009. – V. 311, N. 2. – P. 413–419.
7. *Гармашов, С. И.* К методике исследования межфазной кинетики и анизотропии удельной межфазной энергии из экспериментов по миграции жидких цилиндрических включений в кристалле в стационарных тепловых условиях / С. И. Гармашов // *Кристаллография.* – 2018. – Т. 63, № 5. – С. 827–831.
8. *Гармашов, С. И.* О скорости термомиграции жидких цилиндрических включений в кристалле в стационарных тепловых условиях / С. И. Гармашов // *ФТТ.* – 2019. – Т. 61, № 12. – С. 2303–2306.
9. *Garmashov, S.I.* A model of shapes of liquid cylindrical inclusions migrating through a non-uniformly heated crystal: Fundamentals and applications for studying crystallization and dissolution / S.I. Garmashov // *J. Cryst. Growth.* – 2021. – V. 574. – P. 126312.
10. *Гармашов, С. И.* Модель термомиграции жидких цилиндрических включений в кристалле и ее применение : монография / С. И. Гармашов ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2022. – 99 с.
11. *Garmashov, S. I.* Evolution of cross-sectional shapes of liquid inclusions enclosed in a crystal: Computer simulation and its application for studying interface kinetics / S. I. Garmashov // *J. Cryst. Growth.* – 2024. – V. 627. – P. 127532.
12. *Гармашов, С. И.* Применение пакетов FlexPDE, MATLAB для анализа особенностей распределения температуры вдоль границы цилиндрического включения, мигрирующего в кристалле // С. И. Гармашов, Ю. Б. Хатламаджиян / *Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития [Электронный ресурс] : Материалы XXVIII научной конференции (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 13 – 15 мая 2021 г.)* – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2021. – С. 130–134.
13. *FlexPDE - Multiphysics Software for Partial Differential Equations* URL: <https://www.pdesolutions.com> (дата обращения 14.03.2026).

ГЕНЕРАЦИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕМОВ 3-0 КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Горшков С. А.¹, Оганесян П. А.^{1,2}

¹ ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону

² Университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне (КНР)

E-mail: sgorshkov@sfedu.ru, poganesyan@sfedu.ru

При моделировании композитных материалов методом конечных элементов важным шагом является построение полигональной сетки представительного объема. Поскольку большинство существующих генераторов ориентировано на построение тетраэдральных сеток, в качестве конечных элементов нередко также используются тетраэдры. Однако такой подход не является универсальным. В частности, на изображениях микроструктуры пористой керамики (Рис. 1) видно, что твердый каркас материала может состоять из более сложных многогранников.

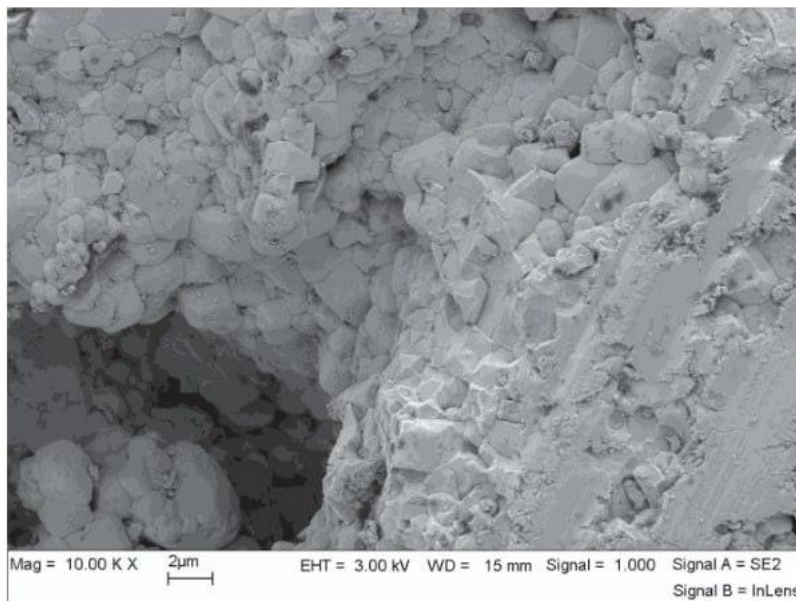


Рис. 1. Фото микроструктуры пористой керамики, полученное в лаборатории [1]

В настоящей работе рассматривается использование различных видов многогранников в качестве конечных элементов для моделирования пористых материалов. Для этого был выбран подход, основанный на регулярном замощении пространства многогранными ячейками с последующим форми-

рованием пористой структуры путем удаления части ячеек. При этом геометрическая модель микроструктуры и конечно-элементная дискретизация оказываются согласованы, а в качестве конечных элементов могут использоваться сами ячейки замощения различных типов. Для реализации предложенного метода был разработан модуль генерации сеток на Python с использованием библиотеки GMSH [2]

Процесс генерации представительного объема в разработанном модуле включает в себя следующие этапы:

1. Построение октаэдрально-тетраэдральных сот
2. Присвоение меток тетраэдрам, относящихся к одним и тем же октаэдрам после триангуляции
3. Построение графа смежности многогранников в сотах
4. Итеративное удаление случайных ячеек с контролем связности графа смежности

Контроль связности на каждой итерации цикла позволяет гарантировать, что твердый каркас в сформированном объеме остается связным по трем пространственным направлениям (связность типа 3-0).

Для апробации предложенного подхода была решена задача идентификации свойств пьезокомпозита в конечно-элементном пакете ACELAN-COMPOSE с использованием генерируемого представительного объема. На одной и той же геометрической модели выполнено сравнение расчетов с использованием тетраэдральных и многогранных конечных элементов.

Литература

1. I. A. Shvetsov, M. A. Lugovaya, M. G. Konstantinova, P. A. Abramov, E. I. Petrova, N. A. Shvetsova and A. N. Rybyanets, Dispersion characteristics of complex electromechanical parameters of porous piezoceramics, JOURNAL OF ADVANCED DIELECTRICS, Vol. 12, No. 2 (2022) 2160004.
2. Официальный сайт пакета GMSH [Электронный ресурс] URL: <https://gmsh.info/>.

ПОСТРОЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ МОДЕЛЕЙ СЖАТИЯ ПОРИСТОГО ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ИЗОТРОПНОГО ЦИЛИНДРА

Гусаков И. В.¹, Нестеров С. А.²

¹ ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Ростов-на-Дону,

² ФГБУН «Южный математический институт – филиал
ВНЦ РАН»,
г. Владикавказ

E-mail: igusakov@sfedu.ru, 1079@list.ru

Пористые материалы с выраженной анизотропией упругих свойств занимают ключевое место в современном материаловедении, биомеханике и геомеханике. К числу таких сред относятся слоистые горные породы, кортикальная костная ткань, древесина, а также широкий класс искусственных волокнистых и ячеистых композитов. Общей чертой перечисленных материалов является наличие упорядоченной внутренней структуры, обуславливающей трансверсальную изотропию: механические свойства одинаковы в плоскости изотропии и существенно отличаются в перпендикулярном направлении. Математическое моделирование деформирования таких сред требует одновременного учета двух фундаментальных факторов: микро-структурных эффектов, связанных с эволюцией порового пространства, и макроскопической анизотропии упругой матрицы [1]. Классическая теория упругости, оперирующая лишь полем перемещений, является недостаточной для адекватного описания процессов, сопровождающихся перестройкой поровой структуры под нагрузкой. Для преодоления указанных ограничений была разработана микро-дилатационная теория Ковина-Нунзиато [2], в которой каждая материальная точка наделяется дополнительной скалярной степенью свободы – микро-дилатацией, интерпретируемой как локальное изменение объемной доли матрицы материала.

подавляющее большинство исследований, основанных на теории Ковина-Нунзиато, посвящено изотропным пористым материалам [2–6]. Для пористых тел, описываемых теорией Ковина-Нунзиато, математические трудности возникают из-за повышения порядка системы дифференциальных уравнений и появления дополнительных граничных условий для поля микро-дилатации. Поэтому область её применения к анизотропным, и, в частности, к трансверсально-изотропным конечным пористым телам остаётся значительно менее изученной.

Исследованию задачи Сен-Венана для трансверсально-изотропных пористых цилиндров посвящена работа [7], где получены точные аналитические решения для бесконечно длинных образцов при нагружении по торцам. Показано, что поля перемещений представляют собой полиномы второй

степени от декартовых координат в поперечном сечении, а микро-дилатация линейно зависит от осевой координаты. Установлено, что анизотропия упругих свойств существенно влияет на распределение пористости по сечению цилиндра. В поперечном сечении возникают дополнительные неоднородности поля микро-дилатации, отсутствующие в изотропном случае. Однако полученные решения, во-первых, описывают поведение материала вдали от мест приложения нагрузки (так называемая «релаксированная» задача) и не учитывают краевые эффекты, возникающие вблизи защемленных торцов; во-вторых, они малопригодны для решения обратных задач идентификации параметров материала из-за сложности представления в виде бесконечных рядов.

Краевая задача для конечного упругого цилиндра является классической проблемой механики, восходящей к работам Файлона и развитой в многочисленных исследованиях, например, в [8, 9]. Её точное решение в случае отсутствия нагрузки на боковой поверхности осложнено тем, что однородные граничные условия приводят к бесконечному числу собственных решений. В [9–11] были разработаны прикладные модели деформирования тел конечных размеров (прямоугольника и цилиндра) методом Канторовича. На основе физически обоснованных аппроксимирующих гипотез исходные двумерные задачи были сведены к системе трех обыкновенных дифференциальных уравнений. Решение полученной системы дифференциальных уравнений имеет фундаментальную структуру, представляющую собой суперпозицию двух качественно различных частей: стержневая часть соответствует однородному напряженно-деформированному состоянию, которое реализуется вдали от торцов и описывается классическими теориями стержней; пограничные слои – экспоненциально затухающие моды, локализованные вблизи торцов.

В данном докладе проведено обобщение ранее полученного решения для конечного изотропного упругого цилиндра [9] на случай наличия пористости и трансверсальной изотропии с осью симметрии материала, совпадающей с геометрической осью цилиндра.

В рамках микро-дилатационной теории Ковина-Нунзиато исследована задача об осевом сжатии конечного пористого трансверсально-изотропного цилиндра, нижний торец которого жёстко защемлён, верхний нагружен равномерным нормальным давлением, боковая поверхность свободна от напряжений и непроницаема для потока микро-дилатации. На основе совместного применения метода Канторовича и вариационного принципа Лагранжа получены явные аналитические выражения для физических полей, разделяющие стержневое и погранслоное поведение.

Модель верифицирована сравнением с конечно-элементным решением в пакете FlexPDE. Показано, что предлагаемая прикладная модель удовлетворительно описывает напряженно-деформированное состояние вытянутых цилиндрических образцов за пределами зоны погранслоных эффектов.

Выявлены условия, при которых можно пренебречь одной из погранслоиных мод. Выяснено, что вблизи нижнего заземленного торца возникает более интенсивный краевой эффект с большими градиентами микро-дилатации, чем вблизи верхнего нагруженного торца.

Проведен систематический параметрический анализ, позволивший выявить роль анизотропии в формировании полей перемещений, напряжений и микро-дилатации. Выяснено, что увеличение осевой жёсткости при фиксированной нагрузке приводит к уменьшению осевых деформаций и ослаблению краевого эффекта; рост связи осевой деформации с пористостью увеличивает осевую податливость образца и амплитуду изменения пористости, при этом радиальные перемещения уменьшаются, так как часть энергии сжатия расходуется на закрытие пор. Увеличение модуля жёсткости пор снижает изменение пористости при той же нагрузке, делая материал более жёстким по отношению к эволюции пор. Рост параметров диффузии пор приводит к сглаживанию распределения пористости вдоль оси, увеличению протяжённости погранслоя и росту пиковых значений сопряжённого ему силового фактора.

Разработана методика оценки неклассических параметров (параметров связанности и модуля жёсткости пор) на основе измерений радиальных смещений на свободной боковой поверхности цилиндра. Выполнена оценка допустимой осевой нагрузки для сухой кортикальной костной ткани на основе трех критериев: прочности, малости деформаций и малости изменения пористости с учетом краевых эффектов. Выяснено, что краевые эффекты существенно снижают допустимую нагрузку по сравнению со стержневой оценкой.

Полученные результаты могут служить основой для корректной интерпретации лабораторных испытаний цилиндрических образцов из пористых трансверсально-изотропных материалов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-11-00265-П) в Южном федеральном университете.

Литература

1. Dong, X. N. The dependence of transversely isotropic elasticity of human femoral cortical bone on porosity / X. N. Dong, X. E. Guo // Journal of Biomechanics. – 2004. – Vol. 37. – P. 1281–1287.
2. Cowin, S. C. Linear elastic materials with voids / S. C. Cowin, J. W. Nunziato // Journal of Elasticity. – 1983. – Vol. 13, No. 2. – P. 125–147.
3. Ieşan, D. Saint-Venant's problem for porous elastic cylinders / D. Ieşan // Le Matematiche. – 2004. – Vol. 59, No. (1–2). – P. 307–322.
4. Ieşan, D. On the Deformation of Functionally Graded Porous Elastic Cylinders / D. Ieşan, A. Scalia // Journal of Elasticity. – 2007. – Vol. 87. – P. 147–159.

5. *Ramezani, H.* Analytical and numerical studies on penalized micro-dilatation (PMD) theory: macro-micro link concept / H. Ramezani, H. Steeb, J. Jeong // *Europ. J. Mech. A/Solids*. – 2012. – Vol. 34. – P. 130–148.
6. *Нестеров, С. А.* О деформировании составных упругих тел с пустыми порами / С. А. Нестеров // *Экологический вестник научных центров Черноморского экономического сотрудничества*. – 2025. – Т. 22, No. 1. – С. 68–79.
7. *Ghiba, I.-D.* On the deformation of transversely isotropic porous elastic circular cylinder / I.-D. Ghiba // *Archives of Mechanics*. – 2009. – Vol. 61, No. 5. – P. 407–421.
8. *Попов, А. Л.* О решении задачи осевого сжатия упругого цилиндра с заданными условиями на перемещения торцов / А. Л. Попов, А. О. Ватульян, Д. А. Челюбеев, В. И. Бухалов // *Известия Российской академии наук. Механика твердого тела*. – 2025. – No. 2. – С. 179–195.
9. *Ватульян, А. О.* прикладной теории сжатия цилиндра / А. О. Ватульян, М. Н. Узлов // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика*. – 2026. – Т. 26, вып. 1. – С. 46–55.
10. *Ватульян, А. О.* О прикладной теории растяжения прямоугольника / А. О. Ватульян, В. О. Юров, И. В. Гусаков // *Известия Российской академии наук. Механика твердого тела*. – 2025. – No. 6. – С. 114–127.
11. *Ватульян, А. О.* О прикладных моделях деформирования пористого прямоугольника / А. О. Ватульян, С. А. Нестеров, В. О. Юров // *Журнал теоретической и прикладной механики*. – 2025. – No. 92. – С. 50–60.

ОБРАТНАЯ КОЭФФИЦИЕНТНАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ НЕОДНОРОДНОЙ УПРУГОЙ ПРИЗМЫ

Гусаков И. В., Узлов М. Н.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: igusakov@sfedu.ru, uzlov@sfedu.ru

В последние десятилетия наблюдается устойчивый рост интереса к обратным коэффициентным задачам по идентификации пространственно-распределенных упругих характеристик материалов [1, 2]. Это обусловлено широким распространением материалов, обладающих неоднородностью упругих свойств. К таким материалам относятся: композиты, костная ткань, древесина и функционально – градиентные материалы (ФГМ). Особенно актуальной является задача определения механических свойств материалов по данным статических испытаний (растяжение-сжатие, изгиб, кручение). Традиционные методы интерпретации данных таких экспериментов базируются на предположении об однородности материала и используют стержневые модели (Эйлера–Бернулли, Тимошенко). Однако, как показано в работах [3, 4], такой подход приводит к значительным погрешностям, поскольку не учитывает локальные особенности напряженно-деформированного состояния (НДС), возникающие из-за неоднородности свойств и краевых эффектов.

Метод Канторовича [5] является эффективным инструментом редукции размерности в задачах теории упругости, позволяющим свести трехмерную краевую задачу к системе обыкновенных дифференциальных уравнений путем аппроксимации поля перемещений. На основе данного подхода построены прикладные модели деформирования длинных призматических тел, занимающие промежуточное положение между классическими стержневыми теориями и полными трехмерными постановками. Такие модели обеспечивают существенно более высокую точность описания НДС по сравнению со стержневыми подходами, особенно в зонах краевых эффектов, оставаясь при этом значительно проще полных решений задач трехмерной теории упругости.

Рассматривается задача сжатия упругой призмы длины L , занимающей область $V = S \times [0, L]$, где S – произвольное односвязное поперечное сечение. Материал полагается изотропным, линейно упругим, с переменными вдоль продольной оси x_3 характеристиками: модуль Юнга $E = E(x_3)$ и коэффициент Пуассона $\nu = \nu(x_3)$ (параметры Ляме $\lambda = \lambda(x_3)$, $\mu = \mu(x_3)$). Исследуются два типа граничных условий: 1) Нижний торец ($x_3 = 0$) жестко зажат, к верхнему торцу ($x_3 = L$) приложена нормальная нагрузка $p(x_1, x_2)$; трение на торце отсутствует. 2) Образец сжимается жесткими плитами с заданным перемещением δ . На контактной поверхности

возникает трение, моделируемое через введение касательной нагрузки τ (x_1, x_2). В качестве примеров поперечного сечения S рассмотрены два варианта: квадратное и круглое сечение.

В рамках метода Канторовича использованы гипотезы о представлении поля перемещений в виде разложения по полиномам различного порядка с неизвестными функциями – коэффициентами, где старшая степень в разложении отвечает за порядок модели. На основе гипотез представлены модели первого и второго порядков. Для кругового сечения используется цилиндрическая система координат и учитывается осевая симметрия. Подстановка аппроксимаций в функционал полной потенциальной энергии Лагранжа и интегрирование по поперечному сечению S приводит к осредненному функционалу. Применение вариационного принципа Лагранжа позволяет получить систему дифференциальных уравнений с граничными условиями, соответствующими типу нагружения. Коэффициенты при неизвестных функциях продольной координаты содержат интегральные геометрические характеристики сечения (площадь сечения, моменты инерции) и переменные упругие модули $\lambda(x_3)$, $\mu(x_3)$.

Для верификации разработанных моделей первого и второго порядка проведено сравнение с результатами прямого конечно-элементного моделирования в среде FlexPDE. Установлено, что модель второго порядка обеспечивает высокую точность описания НДС (погрешность не превышает 1–2%) для длинных призм, корректно описывая погранслои. Модель первого порядка, при своей простоте, также дает приемлемые результаты, что позволяет использовать её при решении обартных задач.

На основе построенных моделей сформулированы обратные коэффициентные задачи [6] по восстановлению функций $\lambda(x_3)$, $\mu(x_3)$ по дополнительной информации о перемещениях точек боковой поверхности образца. Входными данными служат измеренные (синтезированные) значения обобщенных перемещений в наборе точек боковой поверхности. Исследованы два сценария, демонстрирующие различную степень устойчивости решения.

В случае жесткой заделки и нагрузки без трения задача является существенно некорректной по Адамару. Для её решения применяется метод регуляризации А.Н. Тихонова [7] с использованием комбинированного стабилизирующего функционала, где выбор параметров регуляризации осуществляется с помощью L-кривой. Восстановление возможно, но требует априорной информации о гладкости искомого решения.

При сжатии образца жесткими плитами с учетом контактного трения в системе возникают дополнительные касательные напряжения, вызывающие локальную ограниченность поперечных (радиальных) деформаций. Ввиду отсутствия информации об их значении, задача также была классифицирована как некорректно поставленная.

Дальнейшие исследования будут направлены на учет вязкоупругих свойств и анизотропии материала, а также на применение разработанных

алгоритмов для обработки реальных данных, полученных методом цифровой корреляции изображений (DIC).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 22-11-00265-П) в Южном федеральном университете. Авторы выражают благодарность проф. А. О. Ватульяну за внимание к работе.

Литература

1. Ватульян А. О., Юров В. О. Об одном новом подходе к идентификации неоднородных механических свойств упругих тел // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2024. Т. 24, вып. 2. С. 209–221.
2. Vatulyan A. O., Dudarev V. V., Mnukhin R. M. Identification of characteristics of a functionally graded isotropic cylinder. *International Journal of Mechanics and Materials in Design*, 2021, vol. 17, iss. 2, pp. 321–332.
3. Ватульян А. О., Юров В. О., Гусаков И. В. О прикладной теории растяжения прямоугольника // Известия РАН. Механика твердого тела. 2025. № 6. С. 114–127.
4. Ватульян А. О., Узлов М. Н. О прикладной теории сжатия цилиндра // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2026. Т. 26, вып. 1. С. 46–55.
5. Михлин С. Г. Вариационные методы в математической физике. М.: Наука, 1970. 512 с.
6. Ватульян А. О. Коэффициентные обратные задачи в механике деформируемого твердого тела. М.: Физматлит, 2007. 148 с.
7. Тихонов А. Н., Арсенин В. Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979. 288 с.

МЕХАНИЗМЫ ТРОМБООБРАЗОВАНИЯ В АОРТЕ: МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ФАКТОРА ФОН ВИЛЛЕБРАНДА

Зеленчук П. А.

Научно-технологический университет «Сириус»,

Федеральная территория Сириус, Россия

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Институт математики, механики и компьютерных наук

им. И. И. Воровича,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: zelenchuk@sfedu.ru

Тромбоз магистральных артерий, в частности аорты, остается одной из главных причин острых сердечно-сосудистых событий, таких как инфаркт миокарда и ишемический инсульт. Ключевую роль в инициации артериального тромбоза в условиях высокоскоростного кровотока играет фактор фон Виллебранда (von Willebrand factor, vWF) – крупный мультимерный белок плазмы крови, выполняющий функцию молекулярного сенсора механических напряжений [1].

В физиологических условиях vWF циркулирует в свернутом (неактивном) состоянии. При достижении критических значений скорости сдвига, характерных для стенозированных участков аорты, молекула vWF разворачивается, открывая участки связывания с рецепторами на поверхности тромбоцитов. Это инициирует каскад адгезии и агрегации тромбоцитов, формирующих первичный тромб [1, 2].

Несмотря на обширные теоретические и экспериментальные исследования [3] молекулярных механизмов активации vWF, количественное описание временной динамики этого процесса, его зависимость от концентраций реагентов и наличие пороговых эффектов остаются недостаточно изученными.

Целью настоящей работы является разработка кинетической модели, описывающей временную эволюцию концентраций активных форм vWF и тромбоцитарных агрегатов, с последующим обсуждением пространственных аспектов их взаимодействия в аорте.

В основе нашего подхода лежит система обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ), описывающая изменение концентраций ключевых участников тромбообразования как функций времени. Модель оперирует четырьмя основными переменными:

неактивный vWF – исходная форма белка, циркулирующая в плазме;
активный vWF – форма, возникающая под действием механической нагрузки и способная связываться с тромбоцитами;

свободные тромбоциты – неактивированные клетки, циркулирующие в кровотоке;

тромбоцитарные агрегаты – комплексы активированных тромбоцитов, формирующие основу тромба.

Модель учитывает три ключевых процесса, каждый из которых характеризуется своей константой скорости:

механоактивация vWF. Переход неактивной формы в активную зависит от величины механической нагрузки, создаваемой кровотоком. На основе экспериментальных данных *in vitro* (проточные камеры) установлено, что при скоростях сдвига ниже 2000 с^{-1} активация пренебрежимо мала. В диапазоне от 2000 до 10000 с^{-1} скорость активации резко возрастает, достигая насыщения при сверхвысоких нагрузках. В рамках кинетической модели этот эффект параметризуется через эффективную константу скорости, которая принимает ненулевые значения только при превышении порогового уровня механического воздействия.

Связывание активного vWF с тромбоцитами. Активная форма vWF обратимо взаимодействует с рецепторами на поверхности тромбоцитов. Эта стадия описывается классической бимолекулярной реакцией, скорость которой пропорциональна произведению концентраций активного vWF и свободных тромбоцитов. Согласно литературным данным, константа связывания достаточно высока, что делает данный процесс лимитирующим на начальных этапах тромбообразования.

Агрегация тромбоцитов. Тромбоциты, связавшиеся с активным vWF, подвергаются конформационной активации и начинают рекрутировать дополнительные тромбоциты из окружающей среды. Этот процесс моделируется как автокаталитическая реакция с положительной обратной связью: скорость образования агрегатов пропорциональна не только концентрации свободных тромбоцитов, но и текущей концентрации уже сформированных агрегатов. Такое предположение отражает экспериментально наблюдаемый феномен быстрого лавинообразного роста тромба после достижения критического порога.

Начальные условия соответствуют физиологическим концентрациям: типичное содержание vWF в плазме составляет около 10 мкг/мл , а концентрация тромбоцитов – порядка $150\text{--}400\text{ тыс./мкл}$. Параметры модели (константы скоростей, пороговые значения) взяты из литературных данных, полученных в экспериментах на проточных камерах и при изучении биохимической кинетики взаимодействия vWF с тромбоцитами.

Разработанная кинетическая модель описывает процессы в предположении идеального перемешивания, то есть в единичном объеме крови. Для перехода к реалистичным условиям аортального кровотока необходимо учитывать пространственную неоднородность. В перспективе предполагается сопряжение кинетических уравнений с уравнениями конвективно-диффузионного переноса, что позволит моделировать распределение концентраций активированных компонентов по объему сосуда с учетом: переноса vWF и тромбоцитов потоком крови, локальных значений скорости сдвига,

определяющих скорость активации vWF и пристеночной локализации процесса, обусловленной накоплением тромбоцитов вблизи эндотелия.

Анализ системы наряду с вычислительными экспериментами позволили выделить три качественно различных режима поведения в зависимости от величины механической нагрузки (параметризованной через скорость активации vWF):

Субкритический режим. При скоростях сдвига ниже некоторого порогового значения концентрация активного vWF остается крайне низкой. Связывание с тромбоцитами происходит слишком медленно, чтобы запустить агрегацию. Система стремится к стационарному состоянию, в котором преобладают неактивные формы, а концентрация агрегатов близка к нулю. Этот режим соответствует физиологическому состоянию, при котором тромбоз не развивается.

Пороговый режим. При увеличении скорости сдвига система демонстрирует чувствительную зависимость от параметров. Небольшое увеличение скорости активации vWF приводит к качественному изменению поведения: концентрация активного vWF начинает нарастать, достигая уровня, достаточного для устойчивого связывания с тромбоцитами. На этом этапе агрегация тромбоцитов развивается медленно, и система может находиться в неустойчивом равновесии.

Сверхкритический (лавинообразный) режим. При превышении скорости сдвига выше порогового режима система переходит в режим взрывного роста. Концентрация активного vWF быстро достигает насыщения, после чего начинается лавинообразная агрегация тромбоцитов. Характерное время достижения 50% всех тромбоцитов в виде агрегатов составляет от нескольких секунд до десятков секунд в зависимости от точных значений параметров. Такой режим соответствует патологическому тромбообразованию при стенозах аорты.

Полученные результаты согласуются с известными экспериментальными фактами. В частности, пороговый характер активации vWF и зависимость этого порога от концентрации белка объясняет, почему тромбоз развивается преимущественно в зонах стенозов с высокими скоростями сдвига и почему пациенты с повышенным уровнем vWF (при атеросклерозе, сахарном диабете) имеют более высокий риск тромботических осложнений.

В работе разработана кинетическая модель тромбообразования, инициируемого фактором фон Виллебранда, основанная на системе обыкновенных дифференциальных уравнений. Модель описывает временную динамику перехода vWF из неактивной формы в активную, связывание активного vWF с тромбоцитами и последующую агрегацию тромбоцитов с положительной обратной связью.

Установлено, что система демонстрирует пороговое поведение: при скоростях сдвига ниже определенного значения тромбообразование не развивается, а при превышении этого порога происходит лавинообразный рост

концентрации тромбоцитарных агрегатов. Показано, что порог существенно зависит от концентрации vWF в плазме, что объясняет повышенный тромбогенный риск при состояниях, сопровождающихся гипервиемией (патологическое увеличение объема циркулирующей крови или её плазмы).

Анализ чувствительности выявил стадию связывания активного vWF с тромбоцитами как наиболее критическое звено, что обосновывает терапевтическую стратегию, направленную на ингибирование этого взаимодействия. Разработанная кинетическая модель создает фундамент для перехода к пространственно-распределенным расчетам, учитывающим реалистичную гемодинамику аорты, что позволит в дальнейшем создавать персонализированные инструменты оценки риска тромбообразования.

Результаты получены при финансовой поддержке проекта «Развитие технологии для проектирования численного моделирования и аддитивного производства сетчатых конструкций для транскатетерной имплантации аортального клапана», реализуемого в рамках государственной программы федеральной территории «Сириус» «Научно-технологическое развитие федеральной территории «Сириус» (Соглашение № 27-03 от 07 июля 2025 г.).

Литература

1. *Martin S. S.* Heart Disease and Stroke Statistics: A Report of US and Global Data From the American Heart Association / S. S. Martin, A. W. Aday, N. B. Allen et al. // *Circulation*. – 2025. – Vol. 151. – № 8. P. e41-e660.
2. *Sadler J. E.* Biochemistry and genetics of von Willebrand factor. / J. E. Sadler // *Annual review of biochemistry*. – 1998. – Vol. 67. – P. 395–424.
3. *Casa L. D. C.* Thrombus Formation at High Shear Rates / L. D. C. Casa, D. N. Ku // *Annual Review of Biomedical Engineering*. – 2017. – Vol. 19, P. 415–433.
4. *Tuna R.* Platelet Biorheology and Mechanobiology in Thrombosis and Hemostasis: Perspectives from Multiscale Computation / R. Tuna, W. Yi, E. C. Cru et al. // *International Journal of Molecular Sciences*. – 2024. Vol. 25. – № 9. P. 4800.
5. *Belyaev A. V.* Intradimer forces and their implication for conformations of von Willebrand factor multimers / A. V. Belyaev // *Biophysical Journal*. – 2021. Vol. – 120. – № 5. – P. 899–911.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗРЕЖЕННЫХ МАТРИЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ НА GPU С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЛОЧНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ФОРМАТОВ ХРАНЕНИЯ

Игнатенко И. Д., Крылов В. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича*

E-mail: iignatenko@sfedu.ru

В рамках разработки программного пакета Block Sparse Matrix Package реализован специализированный набор низкоуровневых и высокоуровневых операций для работы с матрицами в формате Block Sparse Row (BSR). Основными компонентами набора являются CUDA-ядра для умножения блочно-разреженной матрицы на плотный вектор (SpMV). Для повышения производительности вычислений реализованы узко специализированные варианты этой операции для исходного и транспонированного представлений матрицы, а также версии с накоплением результата.

На базе этих ядер в пакете реализованы методы (BiCGStab, стабилизированный метод бисопряженных градиентов) [1] и GMRES (обобщенный метод минимальных невязок), позволяющий решать системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) произвольного вида, возникающие в задачах упругости и электроупругости [2, 3]. Векторные операции (скалярное произведение, сложение и нормировка) с плотными операндами реализованы при помощи библиотеки cuBLAS. Программный комплекс также включает функционал для решения обобщенной задачи на собственные значения, возникающей при моделировании различных характеристик устройств с упругими и электроупругими свойствами методом конечных элементов [2].

Использование блочно-разреженных структур в пакете дает ряд преимуществ перед более простыми, неспециализированными способами хранения данных. При моделировании реальных объектов методом конечных элементов размерность результирующих СЛАУ может достигать миллионов строк, что делает их хранение в плотном виде невозможным из-за ограничений по памяти [2]. Использование разреженных форматов в итерационных методах позволяет обрабатывать только ненулевые элементы. Блочный подход позволяет эффективно использовать физические особенности прикладных задач: каждый узел сетки имеет несколько степеней свободы (например, 3 для упругих и 4 для электроупругих задач), формирующих плотные подматрицы [2]. В дополнение к этому хранение блоков как заполненных подматриц снижает накладные расходы на представление индексной информации и повышает локальность данных и скорость операций чтения/записи за счет объединения запросов к памяти GPU.

Для оценки эффективности и переносимости предложенных подходов проведен ряд экспериментов. Анализ производительности осуществлен с использованием различных графических ускорителей потребительского и профессионального сегментов рынка: NVIDIA GeForce RTX 2060 Super, NVIDIA GeForce RTX 3070 Laptop, NVIDIA GeForce RTX 4070 Laptop, NVIDIA Quadro GV100 и др. В качестве исходных данных используются матрицы больших размерностей с различными свойствами, полученные в результате дискретизации задач методом конечных элементов.

Авторы благодарят Оганесяна П. А. за внимание к работе.

Литература

1. Van der Vorst, H. A. Bi-CGSTAB: A Fast and Smoothly Converging Variant of Bi-CG for the Solution of Nonsymmetric Linear Systems. SIAM Journal on Scientific and Statistical Computing. 1992. 13(2). Pp. 631–644.
2. Игнатенко, И. Д. О некоторых технологиях обработки разреженных матриц в задачах электроупругости / И. Д. Игнатенко, П. А. Оганесян, Е. И. Фоменко // Современные проблемы математического моделирования : сборник трудов XXI Всероссийской научной конференции (пос. Абрау-Дюрсо, 15–20 сентября 2025) . – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2025. – С. 36-40. – ISBN 978-5-9275-5146-0
3. Реализация стабилизированного метода бисопряженных градиентов для блочно-разреженных матриц на платформе CUDA / Г. В. Муратова, Т. С. Мартынова, П. А. Оганесян [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2026. – № 1(133). – EDN VKHYGO.

АНАЛИЗ ПЕРЕНОСА И ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ПАССИВНЫХ ЧАСТИЦ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕЧЕНИЯХ В ЗАДАЧЕ КОНВЕКЦИИ ДАРСИ В ПРЯМОУГОЛЬНОМ КОНТЕЙНЕРЕ

Лавриненко Н. В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича
E-mail: nlavrinenko@sfedu.ru

Задача конвекции Дарси в прямоугольном контейнере D в переменных функции тока $\psi(x, y, t)$ и отклонения температуры $\theta(x, y, t)$ от равновесного линейного профиля описывается системой уравнений [1, 2]

$$\Delta\psi = \theta_x, \quad \theta_t + \psi_y\theta_x - \psi_x\theta_y = \Delta\theta + \lambda\psi_x \quad (1)$$

где λ – фильтрационное число Рэлея. На границе области заданы условия

$$\psi|_{\partial D} = 0, \quad \theta|_{\partial D} = 0 \quad (2)$$

Задача (1)–(2) обладает косимметрией, что проявляется уже в первом бифуркационном переходе: от состояния покоя ответвляется однопараметрическое семейство устойчивых стационарных режимов. При увеличении λ происходит ряд нетривиальных бифуркаций, приводящих к возникновению различных периодических режимов [3, 4]. Установлено, что сценарии их возникновения зависят от размеров контейнера и фильтрационного числа Рэлея и могут быть следующими: рождение устойчивого и неустойчивого периодических режимов в результате односторонней бифуркации, рождение устойчивого периодического режима в результате косимметричной бифуркации Андронова-Хопфа, возникновение хаотического аттрактора, ответвление квазипериодического режима от точки однопараметрического семейства стационарных режимов и рождение неустойчивых периодических режимов в результате распада гомоклинических траекторий. Специфика большинства перечисленных бифуркаций объясняется косимметрией изучаемой задачи [4, 5].

Доклад посвящен исследованию связи между типом периодического гидродинамического режима и лагранжевой динамикой пассивных частиц. Рассматриваются два устойчивых предельных цикла: возникающий в результате распада гомоклинического контура равновесия семейства ($\lambda = 0.2818$) и ответвившийся от одного из равновесий в результате специальной бифуркации Андронова-Хопфа ($\lambda = 0.288631$). Задача решается методом Галёркина для контейнера $a = 20, b = 50$, а движение пассивной частицы с координатами $(x(t), y(t))$ описывается системой

$$\dot{x} = -\psi_y(x, y, t), \quad \dot{y} = \psi_x(x, y, t) \quad (3)$$

с начальными условиями

$$(x, y)|_{t=t_0} = (x_0, y_0). \quad (4)$$

Для анализа фазового пространства динамики частиц и свойств переноса используются локальные показатели Ляпунова и отображение Пуанкаре. [6, 7].

В результате обширных вычислительных экспериментов показано, что свойства переноса периодическим потоком определяются типом породившей его бифуркации. В гомоклиническом режиме формируется сложная лагранжева структура потока, сопровождающаяся развитием обширных областей хаотической динамики траекторий и эффективным перемешиванием пассивных частиц. В режиме, возникающем через бифуркацию Хопфа, сохраняются инвариантные сепаратрисные кривые, которые разделяют фазовое пространство, ограничивают перенос частиц и препятствуют их глобальному перемешиванию.

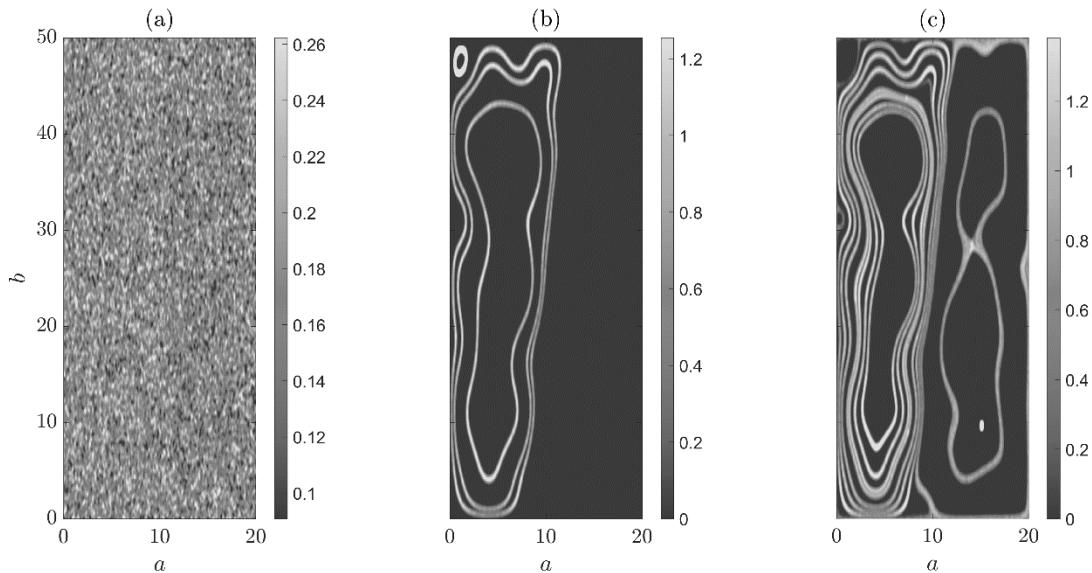


Рис. 1. Сечение Пуанкаре для лагранжевых траекторий в контейнере с параметрами $a = 20, b = 50$.

(a) $\lambda = 0.2818$: точки пересечения заполняют значительную часть области контейнера и образуют разреженную структуру, что указывает на интенсивное перемешивание частиц и высокую чувствительность траекторий к начальным условиям.

(b), (c) При $\lambda = 0.288631$ точки формируют гладкие замкнутые кривые.

На панели (c) показан аналогичный результат при других начальных условиях (4). Сохранение той же геометрической структуры инвариантных кривых подтверждает устойчивость лагранжевой организации потока и указывает на регулярный характер динамики с ограниченным перемешиванием.

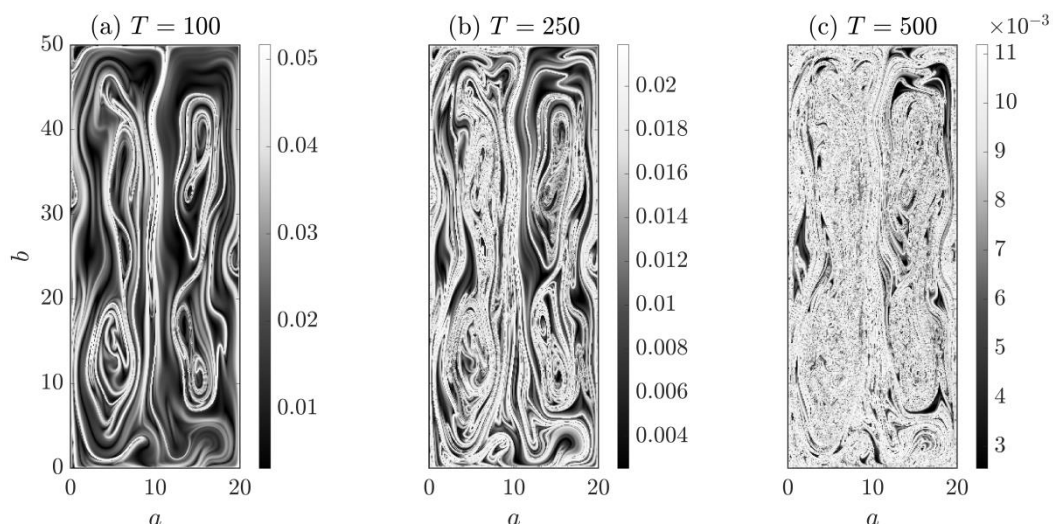


Рис. 2. $\lambda = 0.2818$. Поля конечновременного показателя Ляпунова

С увеличением времени интегрирования структура поля существенно усложняется. Формируется разветвленная сеть узких гребней, соответствующих линиям максимального растяжения траекторий. Появление таких структур указывает на высокую чувствительность лагранжевых траекторий к начальным условиям и на развитие эффективного перемешивания частиц в окрестности гомоклинической структуры. Гребни образуют сложную геометрию, характерную для потоков с развитой лагранжевой динамикой.

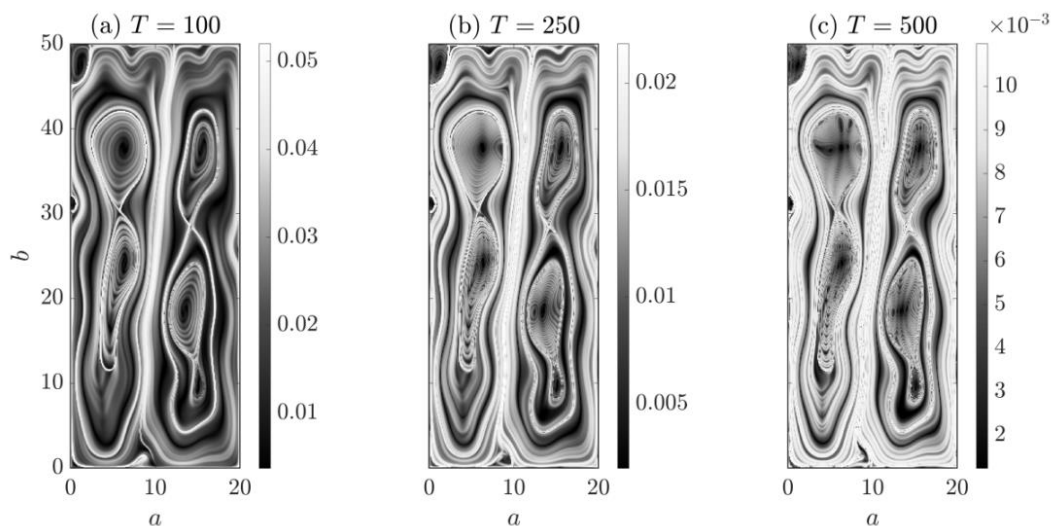


Рис. 3. $\lambda = 0.288631$. Поля конечновременного показателя Ляпунова

Области повышенного растяжения формируют гладкие криволинейные линии. При увеличении горизонта интегрирования гребни становятся более выраженными, их геометрия практически не изменяется. Такие структуры можно интерпретировать как лагранжевы когерентные структуры, разделяющие области движения частиц и отражающие устойчивую периодическую организацию потока.

Литература

1. Юдович В. И. Косимметрия, вырождение решений операторных уравнений, возникновение фильтрационной конвекции // Математические заметки. 1991. Т. 49. № 5. С. 142–148.
2. Любимов Д. В. О конвективных движениях в пористой среде, подогреваемой снизу // ПМТФ. 1975. №2. С. 131–137.
3. Говорухин В. Н. Бифуркации однопараметрических семейств стационарных режимов в модели фильтрационной конвекции // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2012. Т. 20. № 6.
4. Govorukhin V. N., Shevchenko I. V. Multiple equilibria, bifurcations and selection scenarios in cosymmetric problem of thermal convection in porous medium // *Physica D: Nonlinear Phenomena*. 2017. Vol. 361. P. 42–58.
5. Говорухин В. Н., Шевченко И. В. Сценарии возникновения нестационарных режимов в задаче плоской фильтрационной конвекции // Изв. РАН. Механика жидкости и газа. 2006. № 6. С. 125–134.
6. Shadden S. C., Lekien F., Marsden J. E. Definition and properties of Lagrangian coherent structures from finite-time Lyapunov exponents // *Physica D: Nonlinear Phenomena*. 2005. Vol. 212. № 3–4. P. 271–304.
7. Haller G. Lagrangian coherent structures // *Annual Review of Fluid Mechanics*. 2015. Vol. 47. P. 137–162.

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ НА ОСНОВЕ ГИБРИДНОЙ LSTM+ПИД АРХИТЕКТУРЫ С МЕТАЭВРИСТИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИЕЙ

Литвинов Н. К.¹, Дроботов Ю. Е.^{1, 2, 3}

¹Институт опережающих технологий «Школа Икс» Донского государственного технического университета,

²Южный федеральный университет,

³Северо-Кавказский центр математических исследований ВНЦ РАН, г. Ростов-на-Дону

E-mail: litvinonikita4004@gmail.com

Введение

Современные задачи управления роботами-манипуляторами связаны с необходимостью работы в условиях параметрической неопределенности, нелинейностей и внешних возмущений, где развитие методов искусственного интеллекта открывает перспективы создания адаптивных прецизионных систем ввиду возможности универсальной аппроксимации характерных зависимостей [1]. В настоящей работе предлагается гибридный подход, интегрирующий сеть долгой краткосрочной памяти (Long Short-Term Memory, LSTM) в классический ПИД-закон управления, что позволяет учитывать временную динамику ошибки слежения для повышения точности позиционирования. Объектом управления рассмотрено жесткое звено робота-манипулятора, динамика которого существенно нелинейна. Дополнительное усложнение модели доставляет неравномерное трение в шарнире и случайные кратковременные рывки, имитирующие внешние возмущения. Рассмотрена задача точного слежения за сложными, быстро меняющимися траекториями, которые содержат гармоники различных частот.

Математическая модель объекта и подход к управлению

Рассмотрим однозвенный ротационный маятник, динамика которого описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$J \ddot{q}(t) + b \dot{q}(t) + m g L \sin q(t) = u(t),$$

где $q(t)$ – угол поворота звена (рад); $u(t)$ – управляющий момент (Н·м), приложенный к оси вращения; J – суммарный момент инерции звена и груза относительно оси вращения; b – коэффициент вязкого трения в подшипниках; m – масса груза; L – расстояние от оси вращения до центра масс груза. Цель управления – синтезировать такой закон формирования момента $u(t)$, чтобы угол поворота $q(t)$ как можно точнее отслеживал желаемую траекторию $q_0(t)$ на заданном временном интервале T .

Для оценки качества слежения воспользуемся интегральным критерием ITSE (Integral of Time multiplied by Square Error):

$$\text{ITSE} = \int_0^T t e^2(t) dt, \quad e(t) = q_0(t) - q(t).$$

Отметим, что, по определению, ITSE придает больший вес ошибкам, возникающим в поздние моменты времени, тем самым штрафует не только за величину, но и длительность отклонений. Таким образом, малое значение ITSE свидетельствует о быстром возвращении системы к желаемой траектории после возникновения возмущения, то есть высоком быстродействии и приемлемом демпфировании.

Далее потребуем также, чтобы управляющий сигнал обладал достаточной гладкостью, что мотивировано инженерными ограничениями.

Структура системы управления

Предлагаемый гибридный регулятор LSTM+ПИД основан на принципе разделения функций: базовый ПИД-регулятор с фиксированными коэффициентами K_p , K_i , K_d обеспечивает устойчивость замкнутой системы и формирует стабильное номинальное управление, в то время как нейросетевая надстройка осуществляет динамическую коррекцию его работы, компенсируя влияние нелинейностей и параметрических возмущений [2]. Ключевым элементом нейросетевой надстройки выбрана архитектура LSTM, что обусловлено ее способностью сохранять и использовать информацию о предшествующих состояниях процесса благодаря внутренней памяти. В отличие от статических сетей прямого распространения, которые оперируют лишь текущим или несколькими последними отсчетами аппроксимируемого сигнала, LSTM способна выявлять долговременные динамические закономерности – инерционность, запаздывание, затухающие колебания. Предполагается, что это свойство позволит формировать точные корректирующие сигналы, в то время как использование классического регулятора в составе контура управления призвано обеспечить работоспособность системы в случае субоптимальной коррекции.

Общий принцип работы регулятора заключается в следующем. На вход LSTM подаётся временное окно из $L = 5$ последних значений ошибки слежения $[e(t-4), e(t-3), \dots, e(t)]$. Выбор длины окна обусловлен необходимостью учета инерционных свойств объекта: пять шагов дискретизации (0.05 с) позволяют зафиксировать динамические тенденции, такие как нарастание колебаний или тренд ошибки, но при этом не перегружают сеть избыточной предысторией. Архитектура LSTM включает один скрытый слой, содержащий три ячейки ($H = 3$). Компактность структуры продиктована требованием минимизации вычислительной сложности для обеспечения работы в реальном времени, а также необходимостью предотвращения переобучения при ограниченном объеме данных. Каждая ячейка реализует стандартные преобразования с вентилями забывания, входным и выходным

(сигмоидальные активации) и состоянием ячейки, модифицируемым с помощью гиперболического тангенса. Выходной слой представляет собой полносвязную линейную проекцию скрытых состояний на трёхмерное пространство поправок $\Delta p(t)$, $\Delta i(t)$, $\Delta d(t)$. Результирующий закон управления записывается в следующем виде:

$$u(t) = K_p (e(t) + \Delta p(t)) + K_i \left(\int_0^t e(\tau) d\tau + \Delta i(t) \right) + K_d (\dot{e}(t) + \Delta d(t)).$$

Аддитивный способ введения поправок выбран для обеспечения плавности управления: мультипликативная коррекция коэффициентов могла бы приводить к резким изменениям управляющего сигнала при больших значениях поправок. Кроме того, аддитивная схема сохраняет физический смысл базовых коэффициентов как параметров, определяющих масштаб соответствующих составляющих.

Предложенная архитектура LSTM+ПИД содержит 75 настраиваемых параметров: базовые коэффициенты K_p , K_i , K_d и весовые коэффициенты LSTM (матрицы связей и смещения всех вентилей и выходного слоя). Задача заключается в нахождении такого набора параметров, который минимизирует интегральный критерий качества – взвешенную по времени квадратичную ошибку (ITSE) с добавлением малого штрафа за частые переключения знака управляющего сигнала для обеспечения гладкости управления.

Алгоритм оптимизации и оценка робастности

В настоящей работе используется метаэвристический алгоритм глобальной оптимизации – алгоритм зебр (Zebra Optimization Algorithm, ZOA) [3]. Целевая функция (fitness) для каждой «особи» вычисляется путем численного моделирования замкнутой системы с данным набором параметров на интервале времени $T = 4$ с и последующего расчета $F = \text{ITSE} + \rho \cdot N$, где N – количество переключений знака производной управления; $\rho = 10^{-8}$ – малый весовой коэффициент, обеспечивающий приоритет точности слежения. Для количественной оценки качества управления использованы три метрики, каждая из которых отражает определенный аспект поведения системы: среднеквадратичная ошибка (RMSE), максимальная абсолютная ошибка (MAE) и ITSE.

Для оценки робастности предложенного подхода в условиях, приближенных к реальной эксплуатации, в модель динамики манипулятора вводились два типа возмущений: неравномерное трение и случайные рывки. Оба возмущения не учитывались на этапе оптимизации параметров регуляторов, что позволяет проверить способность гибридной схемы сохранять качество управления при непредвиденных изменениях условий работы.

Неравномерное трение моделирует неидеальность механической системы. Коэффициент вязкого трения заменен эффективным значением, зависящим от текущего угла q и угловой скорости $\dot{q}$:

$$b_{eff} = b_{nom} + 0.05 \cdot \sin(2q) + 0.02 \cdot \tanh(10\dot{q}),$$

где b_{nom} – номинальный коэффициент вязкого трения. Предложенная модель аппроксимирует сухое трение, одновременно обеспечивая гладкость функции в окрестности нулевой скорости, что позволяет избежать разрыва в уравнениях динамики. Случайные рывки представлены аддитивным шумом, добавляемым к управляющему сигналу $u_0(t)$:

$$u = u_0(t) + \varepsilon, \quad \varepsilon \sim N(0, \sigma^2), \quad \sigma = 0.1,$$

что имитирует широкий класс непредсказуемых воздействий: вибрации, электрические наводки, шумы датчиков, неточности исполнения команд приводом.

Результаты эксперимента

Сравнительное тестирование проведено в двух сценариях: на номинальной модели без возмущений и при наличии неравномерного трения со случайными рывками. Параметры ПИД-регулятора взяты идентичными базовым коэффициентам LSTM+ПИД, что обеспечивает корректность сопоставления.

В отсутствие внешних возмущений LSTM+ПИД демонстрирует существенное превосходство над классическим ПИД:

- RMSE снижен с $2.058 \cdot 10^{-1}$ до $1.196 \cdot 10^{-1}$ (улучшение на 41,9%);
- MAE уменьшена с $4.158 \cdot 10^{-1}$ до $3.235 \cdot 10^{-1}$ (улучшение на 22,2%);
- ITSE уменьшен с $3.644 \cdot 10^{-1}$ до $8.737 \cdot 10^{-2}$ (снижение в 4,17 раза),

причем значительное улучшение ITSE указывает на то, что LSTM+ПИД не только уменьшает амплитуду ошибок, но и существенно быстрее возвращает систему к заданной траектории после возникновения отклонений. При введении дополнительных возмущений соотношение между регуляторами сохраняется в серии испытаний с варьированием условий возмущения с возрастанием эффективности гибридного контура управления при увеличении шумов, что свидетельствует в пользу способности LSTM+ПИД-контроллера эффективно компенсировать динамические ошибки, обусловленные нелинейностями.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Южного федерального университета, научный проект № ВнГр/26-01-ММ.

Литература

1. *Liu Z., Peng K., Han L., et al.* Modeling and control of robotic manipulators based on artificial neural networks: a review // Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Mechanical Engineering. – 2023. – Vol. 47. – P. 1307–1347.
2. *Jasim Mohamed M., Kadhim Oleiwi B., Taher Azar A., Redha Mahlous A.* Hybrid controller with neural network PID/FOPID operations for two-link rigid robot manipulator based on the zebra optimization algorithm // Frontiers in Robotics and AI. – 2024. – Vol. 11. – Art. 1386968.
3. *Trojovská E., Dehghani M., Trojovský P.* Zebra Optimization Algorithm: A New Bio-Inspired Optimization Algorithm for Solving Optimization Algorithm // IEEE Access. – 2022. – Vol. 10. – P. 49445-49473.

АСИМПТОТИКА РЕШЕНИЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ТОЧКОЙ ПОВОРОТА И ЕЁ ПРИМЕНЕНИЕ К ПРАВИЛУ КВАНТОВАНИЯ БОРА–ЗОММЕРФЕЛЬДА

Логинов Д. С.¹, Каплицкий В. М.^{1,2}

¹ ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича

² Институт прикладной математики и информатики ВНЦ РАН и PCO-A
E-mail: dloginov@sfnedu.ru, vmkaplickiy@sfnedu.ru

Введение. Уравнение Шрёдингера является основным уравнением нерелятивистской квантовой механики. В одномерном стационарном случае оно имеет вид

$$-\frac{\hbar^2}{2m}y'' + V(x)y = E_n y, \quad (1)$$

где $\hbar$ – малый параметр (постоянная Планка), $V(x)$ – потенциал, E_n – собственные значения энергии. При $\hbar \rightarrow 0$ решение может быть построено в квазиклассическом приближении. Классический подход (метод ВКБ) даёт асимптотику в областях, где $E_n - V(x) \neq 0$, но требует отдельного исследования в окрестности точек поворота, где $E_n - V(x) = 0$. В данной работе рассматривается метод построения равномерных асимптотик решений уравнения (1) с помощью функции Эйри и последующего согласования (сшивания) этих асимптотик в области, содержащей две точки поворота. Результатом является вывод правила квантования Бора–Зоммерфельда.

1. Постановка задачи

Введём большой параметр $\lambda = \sqrt{2m}/\hbar$ и перепишем (1) в виде

$$y'' - \lambda^2 q(x)y = 0, \quad q(x) = V(x) - E_n. \quad (2)$$

Предположим, что потенциал $V(x)$ таков, что уравнение $q(x) = 0$ имеет два простых корня $x_- < x_+$ (точки поворота), а вне отрезка $[x_-, x_+]$ функция $q(x)$ знакоопределена. Требуется построить асимптотику решения (2) при $\lambda \rightarrow +\infty$, равномерную на всей вещественной оси, и получить условие на λ , определяющее спектр E_n .

2. Равномерные асимптотики в окрестности точки поворота

В окрестности точки поворота, где $q(x)$ обращается в нуль как линейная функция, главный член асимптотики выражается через функцию Эйри $Ai(t)$ [1]. Для правой точки поворота x_+ при $x > z$ (где z – некоторая точка сшивания, лежащая между x_- и x_+) асимптотика имеет вид

$$y(x) = C_1(\lambda)Y^+(x; x_+, \lambda) + O(\lambda^{-1}), \quad \lambda \rightarrow \infty, \quad (3)$$

$$Y^+(x; x_+, \lambda) = \lambda^{1/6} \frac{1}{\sqrt{\xi_x(x, x_+)}} Ai(\lambda^{2/3} \xi(x, x_+)), \quad (4)$$

$$\xi(x, x_+) = \left(\frac{3}{2} \int_{x_+}^x \sqrt{q(t)} dt \right)^{2/3}. \quad (5)$$

Аналогично для левой точки поворота x_- при $x < z$:

$$y(x) = C_2(\lambda) Y^-(x; x_-, \lambda) + O(\lambda^{-1}), \quad (6)$$

$$Y^-(x; x_-, \lambda) = \lambda^{1/6} \frac{1}{\sqrt{\eta_x(x, x_-)}} Ai(\lambda^{2/3} \eta(x, x_-)), \quad (7)$$

$$\eta(x, x_-) = \left(\frac{3}{2} \int_x^{x_-} \sqrt{-q(t)} dt \right)^{2/3}. \quad (8)$$

3. Условие сшивания

В точке сшивания z необходимо потребовать непрерывности решения и его производной:

$$\begin{cases} C_1 Y^+(z; x_+, \lambda) = C_2 Y^-(z; x_-, \lambda), \\ C_1 \frac{\partial Y^+}{\partial x}(z; x_+, \lambda) = C_2 \frac{\partial Y^-}{\partial x}(z; x_-, \lambda). \end{cases} \quad (9)$$

Нетривиальное решение для C_1, C_2 существует, если определитель системы равен нулю:

$$\Delta = Y^+(z; x_+, \lambda) \frac{\partial Y^-}{\partial x}(z; x_-, \lambda) - Y^-(z; x_-, \lambda) \frac{\partial Y^+}{\partial x}(z; x_+, \lambda) = 0. \quad (10)$$

Используя известные асимптотики функции Эйри при больших аргументах [1, 2], можно заменить функции $Y^\pm$ и их производные на выражения через элементарные функции. Например, при $\lambda \rightarrow \infty$

$$\begin{aligned} Y^+(z; x_+, \lambda) &\sim \frac{1}{\sqrt{\pi i} |q(z)|^{1/4}} \sin \left(-\lambda \int_z^{x_+} \sqrt{q(t)} dt + \frac{\pi}{4} \right), \\ \frac{\partial Y^+}{\partial x}(z; x_+, \lambda) &\sim \lambda \frac{|q(z)|^{1/4}}{\sqrt{\pi i}} \cos \left(-\lambda \int_z^{x_+} \sqrt{q(t)} dt + \frac{\pi}{4} \right). \end{aligned} \quad (11)$$

Аналогичные формулы получаются для Y^- . Подстановка в определитель приводит к тригонометрическому уравнению

$$\sin A \cos B + \sin B \cos A = 0, \quad (12)$$

$$\text{где } A = -\lambda \int_{x_-}^{x_+} \sqrt{q(t)} dt + \frac{\pi}{4}, \quad B = -\lambda \int_{x_-}^{x_+} \sqrt{q(t)} dt - \frac{\pi}{4}. \quad (13)$$

Используя формулу синуса суммы, получаем $\sin(A + B) = 0$, откуда

$$-2\lambda \int_{x_-}^{x_+} \sqrt{q(t)} dt = \pi n, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (14)$$

4. Правило квантования

Возвращаясь к исходным обозначениям, имеем

$$\lambda \int_{x_-}^{x_+} \sqrt{E_n - V(x)} dx = \frac{\pi}{2} + \pi n, \quad (15)$$

что эквивалентно классическому правилу квантования Бора–Зоммерфельда [3]:

$$\sqrt{2m} \int_{x_-}^{x_+} \sqrt{E_n - V(x)} dx = \left(n + \frac{1}{2}\right) \pi \hbar, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (16)$$

Заключение

Предложенный метод сшивания равномерных асимптотик, построенных с помощью функции Эйри, позволяет получить условие квантования без использования комплексного контура, что делает его удобным для обобщения на многомерные задачи.

Полученное выражение совпадает с известным квазиклассическим правилом квантования Бора–Зоммерфельда.

Литература

1. Каплицкий В. М. Асимптотики типа ВКБ для дифференциальных уравнений с большим параметром. – Ростов н/Д.: ЮФУ, 2015. – 38 с.
2. Федорюк М. В. Асимптотические методы для линейных обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Наука, 1977. – 354 с.
3. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Квантовая механика (теоретическая физика, т. III). – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 800 с.

УСКОРЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОБОБЩЁННОЙ ЗАДАЧИ НА СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ

Мартынова Т. С., Муратова Г. В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича

E-mail: martynova@sfedu.ru, muratova@sfedu.ru

Исследование выполнено при поддержке Минобрнауки России, проект государственного задания FENW–2026–0031.

При решении больших разреженных систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) итерационными методами и задач на собственные значения для огромных матричных пучков ($N \sim 10^6$) первостепенное значение имеет ускорение алгоритмов посредством предобусловливания, без применения которого используемые методы не сойдутся в режиме реального времени, либо проявят стагнацию. Наиболее мощными численными методами для решения обеих задач на данном этапе являются методы подпространства Крылова и алгебраические многосеточные методы (AMG). Предпочтителен выбор предобусловливателей не учитывающих конкретную структуру разреженности матриц, связанную со свойствами математических моделей. Таким образом, ставится важная практическая задача разработки не только робастных, но и достаточно универсальных методов ускорения решения СЛАУ и задач на собственные значения. По своей сути вторая проблема является более сложной и, как правило, включает в себя решение первой. Основные численные методы для решения частичной, полной и обобщённой задач на собственные значения (с.з.) даны в [1, 2].

Рассмотрим решение обобщённой задачи на с.з. с симметричными положительно определёнными матрицами:

$$Az = \mu Mz, \quad z \in R^N. \quad (1)$$

Классическим подходом к решению (1) является использование метода Ланцоша со спектральной трансформацией «сдвиг-обращение» [2]. Решение (1) этим методом дано в [3]. Однако в прикладных задачах часто искомым является нижняя часть спектра. Это позволяет использовать для их решения предобусловленные методы сопряжённых градиентов (PCG) [4, 5].

Пусть с.з. (1) упорядочены в возрастающем порядке: $0 < \mu_1 \leq \mu_2 \leq \dots \leq \mu_n$, и собственные векторы (с.в.) M -ортонормализованы: $\langle z_i, z_j \rangle \equiv z_i^T M z_j = \delta_{ij}$. Данные алгоритмы основаны на свойстве с.з. и с.в. (1) являться последовательными минимизаторами обобщённого отношения Рэлея [1, 2]:

$$\rho(x) = \frac{x^T A x}{x^T M x} = \frac{\langle M^{-1} A x, x \rangle}{\langle x, x \rangle}, \quad x \neq 0, \text{ для матричного пучка } (A, M) \text{ и}$$

$$\mu_p = \min \rho(x), \quad p = 1, 2, \dots, n; \quad x^T M z_j = 0, \quad j = 1, \dots, p - 1.$$

Вектор z_j считаем аппроксимацией с.в., если $\|r(z_j)\| \leq \varepsilon$ для заданного $\varepsilon > 0$, где невязка $r(z_j) := (A - \rho(z_j)M)z_j$. Для замыкания сошедшихся с.в. используется М-ортогональная дефляция (ортогонализация относительно уже найденных векторов) [6]. Скорость сходимости CG методов зависит от относительного зазора между искомым значением и остальным спектром. Если $\frac{\mu_{i+1} - \mu_i}{\mu_{\max} - \mu_i} \ll 1$, то методам данного класса потребуются тысячи итераций. Для практически важных задач характерно сгущение с.з. именно в нижней, искомой части спектра. При последовательном поиске (одновекторном) есть риск перескочить через близкое с.з. или сойтись к линейной комбинации векторов из кластера, если точность ортогонализации (дефляции) недостаточно высока. Предобусловливатель помогает сгладить общую картину, но он не увеличивает спектральный зазор внутри кластера.

Для ускорения сходимости метода CG выбран SA-AMG (алгебраический многосеточный метод со сглаженной агрегацией) [7, 8], реализуемый алгоритмически с помощью одного V-цикла. Выбор агрегатов осуществляется на основе узлов графа матрицы, которые объединяются в непересекающиеся множества (агрегаты) на основе «сильных связей». Чтобы улучшить аппроксимацию на грубую сетку, оператор интерполяции сглаживается одним шагом метода Якоби. Масштабируемость данного метода позволяет решать задачи с миллионами неизвестных. Поскольку мы ищем нижние собственные значения (которые соответствуют гладким функциям), качественный оператор интерполяции критичен. Применяя фильтр $(I - \omega D^{-1}A)$, где D – диагональ матрицы A , ω – параметр (стандартно, $\omega = 2/3$), мы убираем высокие частоты из базиса интерполяции. Это делает проекцию на грубую сетку гораздо более точной для нижних мод. Чтобы метод сходился быстро, оператор интерполяции должен удовлетворять условию аппроксимации [8]:

$$\min_v \|u - Pv\|_A \leq C \|u\|_A^2 / \mu_{\max}. \quad (2)$$

В данном исследовании используется сглаживание $P = SP^{(c)}$ для (2), которое увеличивает точность этой аппроксимации для гладких векторов u . Чем меньше ошибка аппроксимации, тем меньше итераций сделает PCG. При реализации SA-AMG увеличение размерности задачи N теоретически приводит к линейному росту вычислительных затрат $O(N)$. Это главное преимущество многосеточных методов. Если предобусловливатель оптимален, число итераций PCG остаётся почти константой или растёт крайне медленно при увеличении сетки. Увеличение размерности не меняет нижнюю часть спектра, а лишь делает её более точной. Оно добавляет новые, более высокие частоты в верхнюю часть спектра, которые не представляют интереса для структурного резонанса.

Следует отметить, что последовательный алгоритм PCG демонстрирует высокую эффективность для хорошо разделенных собственных значений, но его производительность демонстрирует характерное ухудшение при

встрече с кластерами с.з. ($\sim 10^{-4}$). Численные эксперименты показывают, что количество итераций PCG увеличивается на 50–100% при наличии таких кластеров по сравнению с истинно кратными с.з. Такое поведение характерно для итераций с одним вектором. В кластеризованном спектре поверхность отношения Рэлея становится чрезвычайно плоской, что приводит к почти нулевому градиенту в направлении кластеризованных с.в. Следовательно, метод испытывает «спектральную стагнацию», при которой вектор Ритца колеблется между кластеризованными модами, прежде чем достичь окончательного разделения.

Отметим, что методы Крыловского подпространства, такие как алгоритм Ланцоша [1, 2], менее чувствительны к кластеризации. Построив ортонормированный базис для всего подпространства и решив полученную трехдиагональную редуцированную задачу, алгоритм Ланцоша может одновременно находить кластеризованные и кратные с.з. без пропорционального увеличения количества итераций. Хотя методы типа Ланцоша демонстрируют превосходную сходимость при наличии таких кластеров, для обеспечения минимального объема памяти используется последовательный PCG с кумулятивной дефляцией, что крайне важно для высокоразрешенных моделей, где число степеней свободы превышает 10^6 . Метод Ланцоша со спектральной трансформацией имеет преимущество только при возможности факторизации матриц пучка.

Следует учитывать, что операторы грубого уровня, как правило, размывают различие между кластерными с.з. Близкие с.з. могут сливаться в одно числовое значение на грубой сетке. Вместо попытки одновременно разрешить размытые с.з., мы используем M-ортогональную дефляцию [6] для разделения сходящейся моды, эффективно восстанавливая спектральное разрешение итерационного процесса. Без дефляции предобуславливание SA-AMG может привести к перекрестному загрязнению остатков внутри кластерных собственных значений, значительно замедляя сходимость. Заметим, что при использовании SA-AMG спектральный зазор может быть размыт из-за приближений грубой сетки [7, 8]. Таким образом, дефляция является единственным способом достижения машинной точности для кластеров с использованием AMG.

Численные эксперименты для матричных пучков модели проводились в MATLAB (R2019a) на рабочей станции, оснащенной процессором Intel Core i7-3630 (2,4 ГГц) и 8 ГБ оперативной памяти. Учитывая значительные накладные расходы на память, последовательный подход PCG был выбран специально для минимизации объема используемой памяти. В отличие от методов LOBPCG [5] или на основе алгоритма Ланцоша [2], которые требуют хранения большого числа базисных векторов или огромных подпространств Крылова, последовательная итерация с кумулятивной дефляцией поддерживает практически минимальное использование памяти. Интеграция SA-AMG дополнительно оптимизирует использование памяти за счет

применения стратегии агрегирования с минимальными затратами, обеспечивая разреженность матрицы предобуславливания даже на грубых уровнях многосеточной обработки.

В Таблице 1 даны результаты вычисления 10 наименьших с.з. задачи (1), взятой из структурного анализа, где A – матрица жесткости, M – матрица масс, при блочном упорядочивании степеней свободы.

Таблица 1. Сходимость CG + SA-AMG, $\varepsilon = 10^{-8}$, $N = 11868$.

m	it	μ_m	μ_m^{ref}	$\ r_m\ _2$	$\delta(\mu_m)$	$\Delta(\mu_m)$
1	11	2.0740913e-02	2.0740913e-02	8.35e-09	5.33e-02	4.60e-14
2	15	2.1845736e-02	2.1845736e-02	3.38e-09	1.25e+00	3.61e-14
3	17	4.9252056e-02	4.9252056e-02	6.28e-09	4.66e-01	5.64e-15
4	13	7.2195686e-02	7.2195686e-02	1.20e-09	5.21e-02	2.11e-15
5	11	7.5955281e-02	7.5955281e-02	2.44e-09	2.33e-01	3.47e-15
6	12	9.3622546e-02	9.3622543e-02	7.50e-09	2.52e-01	2.96e-16
7	16	1.1717468e-01	1.1717468e-01	8.35e-09	2.12e-01	1.30e-15
8	12	1.4197241e-01	1.4197241e-01	1.31e-09	1.61e-01	1.76e-15
9	15	1.6480189e-01	1.6480189e-01	9.49e-09	1.03e-01	2.19e-15
10	16	1.8175894e-01	1.8175894e-01	6.02e-09	1.21e-02	3.21e-15

Ввиду отсутствия аналитического решения для трехмерной пьезоэлектрической модели точность SA-AMG–предобусловленного метода CG проверялась путем сравнения вычисленных с.з. с соответствующими, полученными MATLAB процедурой `eigs`, которая служит высокоточным эталоном. Здесь m обозначает номер с.з., it – количество итераций PCG, μ_m – вычисленное с.з., μ_m^{ref} – полученное процедурой MATLAB. Для поддержания М-ортогональности векторов с машинной точностью используется алгоритм Грама-Шмидта с итеративным уточнением. Итерации алгоритма PCG завершаются, когда $\|r(z_j)\| \leq \varepsilon$, $\varepsilon = 10^{-8}$. Начальный вектор для метода PCG – случайный вектор. В вычислениях мы используем одни и те же начальные векторы, поскольку их изменение может изменить количество операций и время CPU на 10–15%. В модельных тестах предобуславливатель AMG имеет три уровня. Точность метода оценивается измерением относительной ошибки $\Delta(\mu_m) = |\mu_m - \mu_m^{ref}| / |\mu_m^{ref}|$. Для анализа спектрального распределения оценивается относительный спектральный пробел между соседними с.з. $\delta(\mu_m) = |\mu_{m+1} - \mu_m| / |\mu_m|$.

Данные в Таблице 1 служат строгой проверкой метода, используемого при граничных условиях Дирихле исходной непрерывной задачи. Стабильная

относительная ошибка на уровне 10^{-15} и норма невязки порядка 10^{-9} указывают, что вычисленные с.з. удовлетворяют физическим уравнениям с высокой точностью, обеспечивая надежность идентифицированных мод. Высокая степень соответствия между полученными результатами и эталонным тестом MATLAB подтверждает устойчивость алгоритма, создавая надежную основу для решения более сложных краевых задач.

Переход к упорядочиванию на основе узлов оптимизирует этап предобусловливания. Группируя степени свободы в каждой вершине, схема на основе узлов обеспечивает более надежное представление связности узлов в иерархии SA-AMG. Следовательно, обе схемы подтверждают теоретическую модель с точностью, близкой к машинному уровню, но подход на основе узлов рекомендуется для крупномасштабных приложений из-за его превосходной алгоритмической синергии и эффективной локальности данных с точки зрения кэширования. Хотя вычислительная эффективность значительно различается, численная точность остается неизменной. Обе конфигурации стабильно достигают порога относительной ошибки 10^{-13} – 10^{-15} и нормы невязки 10^{-9} , фактически достигая пределов арифметики двойной точности.

Следует отметить, что схема переупорядочивания узлов не изменяет спектр задачи (1). Однако выбор нумерации неизвестных существенно влияет на спектральный радиус операторов перехода, тем самым воздействуя на скорость сходимости и вычислительную эффективность предобусловленного метода сопряженных градиентов.

Литература

1. B. N. Parlett, The Symmetric Eigenvalue Problem, SIAM: Philadelphia, PA, 1998. – 382 с.
2. Saad Y., Numerical methods for large eigenvalue problems, SIAM: second edition, 2011. – 276 с.
3. The Numerical Solution of Large-Scale Generalized Eigenvalue Problems Arising from Finite-Element Modeling of Electroelastic Materials / Martynova T., Muratova G., Oganessian P., Shtein O. // MDPI, Symmetry. – 2023. – 15. 171.
4. Extreme eigenvalues of large sparse matrices by Rayleigh Quotient and modified conjugate gradients / A. Perdon, G. Gambolati // Comp. Meth. Appl. Mechanics and Engineering. – 1986. – Vol. 56. – p. 251–264.
5. The preconditioned gradient-type iterative methods in a subspace for partial generalized symmetric eigenvalue problem / A.V. Knyazev // SIAM J. Numerical Analysis. – 1994. – Vol. 31. – p. 1226–1239.
6. An orthogonal accelerated deflation technique for large symmetric eigenvalue problems / G. Gambolati, F. Sartoretto, P. Florian // Comput. Methods Appl. Mech. Engrg. – 1992. – Vol. 94. – pp. 13–23.

7. Algebraic multigrid based on smoothed aggregation for second and fourth order problems / P. Vaněk, J. Mandel, M. Brezina // Computing. – 1996. – Vol. 56. – pp. 179–196.
8. Convergence of algebraic multigrid based on smoothed aggregation / P. Vaněk, M. Brezina, J. Mandel // Numer. Math. – 2001. – Vol. 88. – pp. 559–579.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАДАЧИ ВЕРТИКАЛЬНОГО И КАВИТАЦИОННОГО УДАРА КРУГОВОГО ЦИЛИНДРА ПОД СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ ЖИДКОСТИ

Норкин М. В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича

E-mail: norkinmi@mail.ru

Рассматривается плоская задача о вертикальном и кавитационном ударе кругового цилиндра в идеальной, несжимаемой, однородной, тяжелой жидкости. Предполагается, что после удара цилиндр движется вглубь жидкости с постоянной скоростью. За цилиндром образуется присоединенная каверна и появляется новая внутренняя свободная граница жидкости. Давление в каверне является постоянной величиной, равной давлению насыщенного пара жидкости или газа (естественная ситуация) или давлению газа при искусственной кавитации. В работе обсуждаются вопросы, возникающие при исследовании такого типа задач и требующие глубокого анализа. Математическая постановка данной задачи, записанная в безразмерных переменных, в подвижной системе координат, связанной с цилиндром, имеет вид (см. рисунок) [1]:

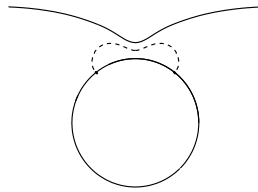


Рис. 1. Форма присоединенной каверны после отрывного удара цилиндра

$$\Delta\Phi = 0, \quad R \in \Omega(t)$$

$$\frac{\partial\Phi}{\partial n} = -n_y, \quad R \in S_{11}(t)$$

$$\frac{\partial\Phi}{\partial t} + \frac{\partial\Phi}{\partial y} + 0.5(\nabla\Phi)^2 + Fr^{-2}(y-t-H) - 0.5\chi = 0, \quad R \in S_{12}(t);$$

$$\frac{\partial\Phi}{\partial r} + \sin\theta = \frac{\partial\eta}{\partial\theta} \left((1+\eta(\theta,t))^{-2} \frac{\partial\Phi}{\partial\theta} + (1+\eta(\theta,t))^{-1} \cos\theta \right) + \frac{\partial\eta}{\partial t}, \quad R \in S_{12}(t);$$

$$\frac{\partial\Phi}{\partial t} + \frac{\partial\Phi}{\partial y} + 0.5(\nabla\Phi)^2 + Fr^{-2}\xi(x,t) = 0, \quad R \in S_2(t)$$

$$\frac{\partial\Phi}{\partial y} = \frac{\partial\xi}{\partial x} \frac{\partial\Phi}{\partial x} + \frac{\partial\xi}{\partial t}, \quad R \in S_2(t)$$

$$\nabla\Phi \rightarrow 0 \quad R \rightarrow \infty$$

$$\Phi(x,y,0) = \Phi_0(x,y), \quad \xi(x,0) = 0, \quad \eta(\theta,0) = 0$$

Здесь функция $\Phi_0(x, y)$ является решением классической модели удара с отрывом. Через Fr и χ обозначены числа Фруда и кавитации:

$$Fr = \frac{V_0}{\sqrt{ga}}, \quad \chi = 2 \frac{p_a - p_c}{\rho V_0^2},$$

Все остальные обозначения, используемые в настоящей статье, такие же, как и в предыдущих работах автора [1,2].

В качестве основного математического аппарата применяется асимптотический анализ на малых временах. При этом асимптотика строится не для исходной, а для преобразованной задачи, которая получается из исходной с помощью замены переменной по угловой координате, фиксирующей положение точек отрыва (см. [1]):

$$\varphi(\alpha, r, t) = \varphi_0(\alpha, r) + t\varphi_1(\alpha, r) + \dots; \quad \zeta(\alpha, t) = t\zeta_0(\alpha) + t^2\zeta_1(\alpha) + \dots; \quad \alpha = \alpha(\theta, t); \\ \xi(x, t) = t\xi_0(x) + t^2\xi_1(x) + \dots; \quad \theta_s(t) = \theta_0 + t\theta_1 + \dots$$

В первой строчке написаны разложения преобразованных потенциала скоростей и возмущения внутренней свободной границы. Последняя формула выражает асимптотику угловой координаты точки отрыва.

При исследовании данной задачи возникают следующие вопросы:

1) При проведении асимптотического анализа на малых временах положение точек отрыва внутренней свободной границы жидкости в каждый момент времени определяется из условия Кутты-Жуковского. При этом давление на смоченной поверхности тела не всегда оказывается положительным. Такая ситуация возникает при больших числах Фруда и маленьком давлении в каверне. В статье [1] эту проблему предлагалось решать с помощью моделирования дополнительных кавитационных зон. При этом возмущения новых свободных границ оказывались весьма незначительными по сравнению с возмущением основной кавитационной зоны, вызванной ударом цилиндра. Другой способ нормализовать давление на смоченной поверхности тела состоит в искусственном увеличении давления в каверне. Следует отметить, что нормализация давления происходит также при уменьшении числа Фруда. Для малых чисел Фруда такая проблема не возникает, так как условие положительности давления заложено в саму постановку задачи с односторонними ограничениями, которая формулируется в главном асимптотическом приближении при $Fr \rightarrow 0$.

2) Асимптотики малых времен, на основе которых проводится анализ задачи, содержат два члена разложения по целым степеням малого времени. При этом, в общем случае, не удастся найти третьи члены разложений так, чтобы они носили степенной характер и одновременно с этим выполнялось условие Кутты-Жуковского в точках отрыва. Однако, если не учитывать динамику точек отрыва и условие Кутты-Жуковского в этих точках, то можно построить степенное асимптотическое разложение по малому времени с

учетом трех членов (в статье автора, опубликованной в ЖТФ в 2023 г., было показано, что для удовлетворения условию Кутты-Жуковского в случае неподвижных точек отрыва нужно использовать специальные законы искусственной кавитации). Учет третьего члена указанным способом позволяет провести эффективный анализ границы каверны в ее центральной части (вблизи оси симметрии), где влияние динамики точек отрыва сказывается весьма незначительно на малых временах. Найти таким способом четвертые члены асимптотических разложений не удастся, так как для соответствующего приближения потенциала скорости возникает некорректная задача (граничная функция в зоне отрыва имеет особенности). Вопрос о построении третьего члена асимптотики с учетом условия Кутты-Жуковского в точках отрыва (с любой зависимостью от времени, не обязательно степенной) в общем случае остается открытым. Поскольку решение этого вопроса связано с очень сложной технической работой, то можно утверждать, что асимптотические разложения, содержащие первые два члена, являются оптимальными.

3) Анализ решений типа пограничного слоя показывает, что главное асимптотическое приближение по времени вблизи точки отрыва ведет себя как корень квадратный из разности соответствующих угловых координат (возникает прямой угол). Для некоторого критического значения числа Фруда этот угол сохраняется и в следующем асимптотическом приближении. Для остальных чисел Фруда прямой угол сглаживается с помощью более эффективных погранслойных решений. При переходе через критическое значение числа Фруда эти регулярные решения ведут себя по-разному. Для чисел Фруда, которые больше критического значения, регулярное решение выходит из точки отрыва и располагается внутри каверны, полученной в главном приближении. Для чисел Фруда, которые меньше критического значения, регулярное погранслойное решение подправляет решение типа квадратного корня с внешней стороны каверны. При этом точка пересечения этого решения с границей тела немного отличается от точки отрыва. Для правильного понимания этой ситуации нужно обратить внимание на то, что при нахождении более эффективных решений для возмущения внутренней свободной границы жидкости потенциал скоростей и точка отрыва не меняются.

4) При исследовании данной задачи важно правильно понимать в каком временном диапазоне работают асимптотики малых времен. Для больших чисел Фруда ситуация всегда проще, чем для малых. Причина этого в том, что при уменьшении числа Фруда диапазон применимости асимптотических формул очень быстро уменьшается и, вследствие этого, ситуация становится непонятной. Чтобы разобраться с этой ситуацией автором была предложена модель с односторонними ограничениями, описывающая динамику точек отрыва в главном асимптотическом приближении при малых числах Фруда [2]. На ее основе можно провести полное исследование задачи

и определить время схлопывания тонкой каверны. Многочисленные численные эксперименты, проведенные автором в различных задачах рассматриваемого типа, показали, что при малых числах Фруда асимптотики малых времен достаточно хорошо себя проявляют для времен, не превышающих половины времени схлопывания тонкой каверны. Для цилиндра, расположенного достаточно близко к внешней свободной границы жидкости, очень четко определяется диапазон применимости асимптотик малых времен и при больших числах Фруда – асимптотики работают до момента касания внутренней свободной границы поверхности тела (после этого граница каверны входит внутрь твердого тела). Таким образом, в целом, становится понятной ситуация, связанная с диапазоном применимости асимптотик малых времен.

5) Решение рассматриваемой задачи должно удовлетворять двум важным физическим условиям – Кутты-Жуковского и положительности давления. Однако, кроме этого, нужно еще обратить внимание на реалистичность размерных (характерных) физических и геометрических величин, которые однозначно определяются на основании заданных значений чисел Фруда и кавитации. Например, может возникнуть ситуация, когда при данных числах Фруда и кавитации наблюдается интересное поведение внутренней свободной границы жидкости, а характерный размер тела оказывается достаточно большим (например, 150м.). В этом случае помогает искусственная кавитация, которая дает некоторый произвол в выборе указанных величин. Пусть, например, радиус цилиндра равен 1 м. Тогда из выражения для числа Фруда однозначно определяется скорость цилиндра, а выражение для числа кавитации оказывается справедливым при специальном выборе давления в каверне (оно должно быть немного меньше атмосферного давления).

Литература

1. Норкин М. В. Образование каверны при наклонном отрывном ударе кругового цилиндра под свободной поверхностью тяжелой жидкости // Сибирский журнал индустриальной математики. 2016. Т. 19, № 4. С. 81–92. Doi:10.17377/SIBJIM.2016.19.409.
2. Норкин М. В. Динамика точек отрыва при ударе плавающего кругового цилиндра // Прикладная механика и техническая физика. 2019. Т. 60, № 5. С. 19–27. Doi:10.15372/PMTF20190503.

ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ГЕОМЕТРИИ КРЫЛА В ТРЕХМЕРНОМ ОДНОРОДНОМ ПОТОКЕ ИДЕАЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ

Осяк А. А., Сумбатян М. А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону

E-mail: osiak@sfsedu.ru, masumbatyan@sfsedu.ru

Целью данной работы является нахождение оптимальной формы тонкого слабоизогнутого крыла в идеальном потоке жидкости в трехмерной аэродинамической теории. При этом поверхность крыла задается функцией $z = f(x, y)$ и помещена под углом атаки $\alpha = -\partial f / \partial x$ в набегающий поток, который направлен вдоль оси x .

На Рис. 1 изображено тонкое крыло в потоке жидкости.

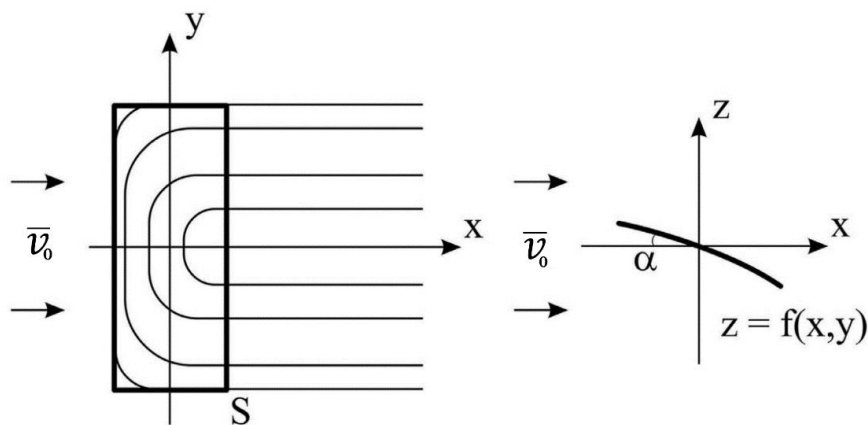


Рис. 1. Крыло в стационарном потоке невязкой несжимаемой жидкости

Основная гипотеза: тонкое крыло слабо изогнуто и слабо отклоняется от плоскости xy . В рамках этой гипотезы, пусть функция $z = f(x, y)$ определяет поверхность тонкого крыла. Если α – угол атаки, то:

$$\left| \frac{\partial f}{\partial x} \right| \ll 1, \quad \left| \frac{\partial f}{\partial y} \right| \ll 1, \quad \alpha = -\frac{\partial f}{\partial x} \quad (1)$$

В рамках линейной теории крыла будем считать, что на основной поток наложены возмущения, которые обозначены штрихами: p', u' , которые малы по сравнению с исходным давлением p_0 и скоростью набегающего потока u_0 :

$$\bar{v} = \bar{v}_0 + \bar{v}', \quad p = p_0 + p', \quad \left| \frac{p'}{p_0} \right| \ll 1, \quad \left| \frac{v'}{v_0} \right| \ll 1 \quad (3)$$

Воспользуемся интегралом Бернулли, чтобы получить связь между давлением p и скоростью потока. После линеаризации легко получаем [1, 2]:

$$p' = -\rho v_0 \frac{\partial \varphi'}{\partial x} \quad (6)$$

где ρ – массовая плотность жидкости.

Если поток является безвихревым, то потенциал скорости $\bar{v} = \nabla \varphi$, в силу уравнения неразрывности для несжимаемой жидкости $\nabla \cdot \bar{v} = 0$, должен удовлетворять уравнению Лапласа. На основе соотношения (6) легко получить, что тогда и аэродинамическое давление также удовлетворяет уравнению Лапласа [2]:

$$\Delta \varphi' = 0, \quad \Delta p' = 0 \quad (7)$$

Однако давление, в отличие от потенциала, имеет прямой механический смысл, поэтому p' является регулярной функцией вне тонкой поверхности крыла S , поэтому удобнее решать второе из уравнений Лапласа в (7).

Граничное условие на крыле является условием непроницаемости твердой поверхности крыла S , которое после линеаризации приобретает следующий вид:

$$v_n|_S = 0 \quad \sim \quad \left. \frac{\partial \varphi'}{\partial z} \right|_{z=\pm 0} = v_0 \frac{\partial f}{\partial x}, \quad (x, y) \in S \quad (8)$$

Получили краевую задачу для второго уравнения Лапласа (7) с граничным условием (8), которое сносим с крыла на его проекцию в горизонтальную плоскость xu .

Применим преобразование Фурье (ПФ) [3] по переменным x, y ,

$$p'(x, y, z) \rightarrow P(\alpha, \beta, z) \quad (9)$$

получим обыкновенное дифференциальное уравнение по переменной z , решение которого в нижней и верхней полуплоскости имеет следующий вид:

$$P_+ = C_2 e^{-|q|z}, \quad q = \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} \quad (10)$$

$$P_- = C_1 e^{|q|z} \quad (11)$$

Сведем задачу к интегральному уравнению. С этой целью введем новую вспомогательную функцию $\gamma(x, y)$ следующим равенством:

$$(p'_- - p'_+)|_{z=0} = \begin{cases} 0, & (x, y) \notin S \\ \gamma(x, y), & (x, y) \in S \end{cases} \quad (12)$$

причем функция $\gamma(x, y)$ имеет ясный физический смысл – это локальная подъёмная сила, действующая в каждой точке крыла.

Во всей плоскости $z = 0$ имеет место соотношение $\partial P_+ / \partial z = \partial P_- / \partial z$, так как вне крыла это напрямую следует из непрерывности нормальной компоненты скорости, а на крыле – из равенства (8), которое должно удовлетворяться как снизу, так и сверху от крыла. Отсюда получаем: $C_1 = -C_2$

Далее, применим к (12) ПФ и подставим в него выражения (10), (11):

$$-2C_2 = (P_- - P_+)|_{z=0} = \iint_S \gamma(\xi, \eta) e^{i(\alpha\xi + \beta\eta)} d\xi d\eta \quad (13)$$

Подставим (13) в (10), воспользовавшись выражением (6), продифференцируем по z а затем проинтегрируем по x от $-\infty$ до текущей точки x :

$$\left. \frac{\partial \varphi'}{\partial z} \right|_{z=+0} = \frac{-1}{8\pi^2 \rho v_0} \int_{-\infty}^x \iint_S \gamma(\xi, \eta) \iint_{-\infty}^{\infty} q e^{i(\alpha(\xi-x)+\beta(\eta-y))} d\alpha d\beta d\xi d\eta dx \quad (14)$$

Проинтегрировав здесь по переменной x , в итоге получим ядро:

$$K(x, y, \xi, \eta) = \frac{x - \xi}{\sqrt{(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2}} + 1$$

Итоговое интегральное уравнение принимает следующий вид:

$$\frac{1}{4\pi\rho v_0} \iint_S \frac{\gamma(\xi, \eta)}{(\eta - y)^2} K(x, y, \xi, \eta) d\xi d\eta = F(x, y) = v_0 \frac{\partial f}{\partial x}, \quad (x, y) \in S \quad (15)$$

Для простоты будем считать крыло прямоугольным в плане: $S = (-b, b) \times (-l, l)$. Здесь $2l$ – размах крыла, $2b$ – длина хорды. Сначала проинтегрируем по η . Воспользуемся численным методом решения для гиперсингулярных и сингулярных уравнений [2]. Для этого разобьем отрезок $(-l, l)$ на N_y точек, а отрезок $(-b, b)$ на N_x

Тогда шаг будет равен: $h_y = \frac{2L}{N_y}$, $h_x = \frac{2b}{N_x}$

$$y_i = -L + \left(i - \frac{1}{2}\right) h_y, \quad y_j = -L + \left(j - \frac{1}{2}\right) h_y \quad (16)$$

$$x_n = -b + \left(n - \frac{1}{2}\right) h_x, \quad \xi_m = -b + h_x \quad (17)$$

В итоге получим систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ):

$$h_x \sum_{m=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} \gamma(\xi_m, y_j) \left[\frac{\sqrt{(x_n - \xi)^2 + (\eta - y_i)^2} + x_n - \xi_m}{(x_n - \xi_m)(y_i - \eta)} \right]_{\eta=y_j - \frac{h_y}{2}}^{y_j + \frac{h_y}{2}} = F(x_n, y_i)$$

которую решаем методом Гаусса. Здесь учтено условие Кутта-Жуковского [3].

Полную подъемную силу и сопротивление будем искать, как интеграл по площади крыла от проекции локальной подъемной силы на оси z, x соответственно:

$$L = \iint_S \gamma(\xi, \eta) , \quad D = \iint_S \gamma(\xi, \eta) \cdot \left(-\frac{\partial f}{\partial x}\right) d\xi d\eta$$

Аэродинамическое качество $Q = L/D$ равно отношению подъемной силы к сопротивлению.

Оптимальную среднюю линию профиля будем искать в классе квадратичных функций: $z = Ax^2 + Bx + C$.

Введем также приведенный коэффициент $k = -A/b$, который будет характеризовать одинаковую кривизну при разных размерах крыла.

Для оптимизации формы средней линии профиля выберем параметры: $l = 5\text{ м}$, $b = 1\text{ м}$, $v_0 = 10\text{ м/с}$, $N_x = 25$, $N_y = 125$, плотность воздуха при 25° равна $\rho = 1.185\text{ кг/м}^3$. Угол атаки считаем малым, поэтому $\alpha = -\tan B \cdot \pi/180 \approx -\pi B/180$, будем вычислять его в диапазоне $[0, 10]$ градусов. Кривизну профиля, задаваемую параметром, k будем исследовать в диапазоне $[0, -0.075]$.

Зависимость аэродинамического качества от угла атаки при фиксированных k показана на Рис.2.

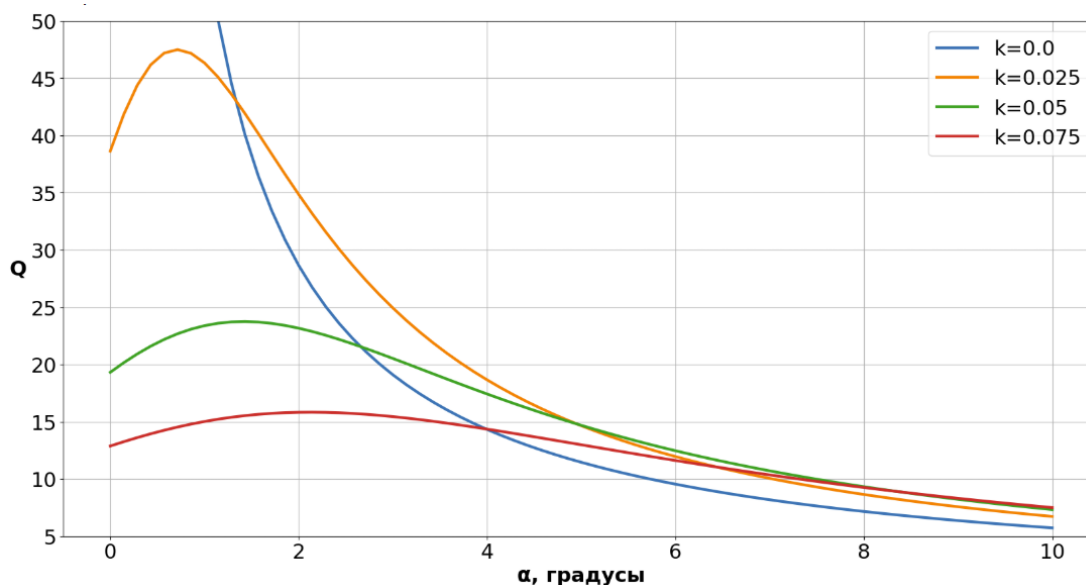


Рис. 2. Зависимость аэродинамического качества от угла атаки

Из Рисунка 2 видно, что выбор оптимальной кривизны зависит от того, какие углы атаки больше задействуются в полете. Так, например, при углах атаки $[1, 5]$ наибольшее Q показывает профиль с параметром $k = 0.025$. Профили с кривизной $k = 0.05$ и 0.075 показывают очень похожие результаты, их наибольшее Q находится в диапазоне углов атаки $[5, 10]$. Профили же с нулевой кривизной имеют максимальные Q на углах атаки менее 1 градуса.

Литература

1. Седов Л. И. Механика сплошной среды. Том 1. М: Наука, 1970. 492 с.
2. Сумбатян М. А., Скалия А. Основы теории дифракции с приложениями в механике и акустике. М.: Физматлит, 2013. 328 с.
3. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа (4-е издание). М.: Наука, 1973. 848 с.

АЛГОРИТМ ЧИСЛЕННОГО АНАЛИЗА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В СОЕДИНЕНИЯХ ТРУБ НА ОСНОВЕ ОТКРЫТОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Рукавишников В. А., Ткаченко О. П., Цай В. С.

Вычислительный центр Дальневосточного отделения РАН,
г. Хабаровск

E-mail: vark0102@mail.ru

В работе рассматривается возможность применения открытого программного обеспечения для построения эффективных алгоритмов численного анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) в соединениях труб. Разработан алгоритм, позволяющий выполнять полный цикл конечно-элементного расчета – от построения геометрической модели до визуализации результатов, на базе свободно распространяемых компонентов (FreeCAD, CalculiX, SciLab). Предложенный подход ориентирован на исследование численного решения в окрестности сингулярности напряжений, возникающей в угловых зонах изгиба при малых радиусах кривизны.

Применимость теории упругих оболочек для рассматриваемого класса задач и соответствующие математические модели подробно представлены в работах [1, 2], базирующихся на фундаментальных положениях монографии [3]. Ранее в [4, 5] была показана принципиальная возможность использования пакета FreeCAD для решения подобных механических задач, а в [6] исследовалась задача о врезке труб с сингулярностью напряжений. Исследования методов численного анализа краевых задач с сингулярностью решения выполнены в [7, 8]. Идея о том, что при малом радиусе кривизны профиля угловой сегмент трубопровода демонстрирует с точки зрения численного анализа поведение, неотличимое от сингулярности в угловом стыке, высказана в [9]. В настоящей работе акцент сделан на детальном исследовании алгоритмов решателя CalculiX, интегрированного в среду FreeCAD, применительно к данному классу задач.

Основой конечно-элементных расчетов в исследуемом программном обеспечении является решатель CalculiX – открытый пакет для решения краевых задач механики деформируемого твердого тела методом конечных элементов [10]. В рамках линейной статической постановки решатель реализует вариационную формулировку задачи теории упругости: требуется найти поле перемещений $\mathbf{u}$ такое, что для всех тестовых функций $\mathbf{v}$ выполняется равенство

$$\int_{\Omega} \boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{v}) : \mathbf{C} : \boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{u}) d\Omega = \int_{\Omega} \mathbf{v} \cdot \mathbf{f} d\Omega + \int_{\Gamma_t} \mathbf{v} \cdot \bar{\mathbf{t}} d\Gamma,$$

где $\boldsymbol{\varepsilon}$ – тензор малых деформаций, $\mathbf{C}$ – тензор упругих модулей, $\mathbf{f}$ – вектор объемных сил, $\bar{\mathbf{t}}$ – заданные поверхностные усилия. После дискретизации задача сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений

$KU = F$. Данная краевая задача полностью соответствует цели работы – определению НДС стенки изогнутой трубы при заданных граничных условиях и служит эталоном для верификации предлагаемого численного подхода.

Алгоритм численного решения и визуализации. Построение твердотельной модели колена выполняется в инструменте Part Design, генерация конечно-элементной сетки и задание граничных условий – в модуле FEM верстака FreeCAD. Для управления выводом результатов во входной файл решателя ('model.inp') вносятся дополнительные директивы:

```
*EL FILE
```

```
S, E
```

```
*EL PRINT, ELSET=Eall
```

```
S
```

Данные команды обеспечивают экспорт полей напряжений и деформаций в явном виде. Расчет производится из командной строки посредством прямого вызова решателя ('cscx -i model'), что гарантирует генерацию полноценного текстового файла результатов с расширением 'frd'. Последующая визуализация и обработка полученных массивов данных осуществляются с помощью оригинальной программы, разработанной в среде SciLab.

Тестовый расчет. Для апробации алгоритма решен тестовый пример. Модель представляет собой две трубы радиусом $R_0 = 42.5$ мм и толщиной стенки $h = 5$ мм, соединенные коленом с радиусом изгиба $R_{bend} = 46$ мм; оси труб расположены под углом 90° . Концы труб закреплены шарнирно. На внутреннюю поверхность конструкции подано равномерное давление $P = 10$ МПа. Материал – сталь S355JO с модулем Юнга $E = 210$ ГПа, коэффициентом Пуассона $\nu = 0.3$. Результаты расчета НДС представлены на рис. 1 (карта распределения интенсивности напряжений в оттенках серого; максимальные значения соответствуют черному цвету). Зафиксированное максимальное напряжение составило 415 МПа, что находится в интервале между пределом текучести (355 МПа) и временным сопротивлением (510 МПа) данной марки стали. Данный факт указывает на необходимость учета пластического деформирования материала в окрестности угловой зоны при построении корректной расчетной схемы.

Вычислительные затраты на решение тестового примера на персональном компьютере (процессор Intel Xeon E31270 @ 3.40 GHz) составили 15 минут. Для проведения серийных расчетов и анализа практически значимых конструкций требуемая вычислительная емкость возрастает, поэтому необходима разработка специализированных ускоренных методов численного анализа (методов, ориентированных на решение задач с сингулярностью напряжений).

В работе [11] выполнен теоретический анализ численного решения задачи Дирихле с угловой сингулярностью. Установленная аналогия между

сингулярностью в задаче [11] и особенностью напряжённого состояния в соединении труб позволяет рассматривать разработанный алгоритмический комплекс не только как эффективный инструмент расчёта, но и как основу для построения ускоренных вычислительных методов нового класса.



Рис. 1. Карта напряжений в углу изгиба трубы

Таким образом, предложенный алгоритмический комплекс на базе открытого программного обеспечения (FreeCAD, CalculiX, SciLab) обеспечивает полный цикл численного анализа напряжённо-деформированного состояния соединений труб, включая обработку и визуализацию результатов. Его практическая значимость подтверждена решением тестовой задачи с фиксацией зоны сингулярности напряжений. Научная новизна работы заключается в создании полностью воспроизводимого открытого инструментария, адаптированного для данного класса сингулярных задач и пригодного для верификации специализированных численных методов.

Литература

1. Rukavishnikov V. A., Tkachenko O. P. Dynamics of a fluid-filled curvilinear pipeline. Appl. Math. Mech. (Engl. Ed.). 2018. V. 39, № 6. P. 905–922.
2. Rukavishnikov V. A., Tkachenko O. P. Approximate resolving equations of mathematical model of a curved thin-walled cylinder. Appl. Math. Comput. 2022. V. 422. P. 126961.

3. Новожиллов В. В. Теория тонких оболочек. – СПб: Изд. СПб ун-та, 2010. – 380 с.
4. Rukavishnikov V. A., Tkachenko O. P. Mathematical model of the pipeline with angular joint of elements. *Math. Meth. Appl. Sci.* 2020. V. 43 (13). P. 7550–7568.
5. Rukavishnikov V. A., Ryabokon A. S., Tkachenko O. P. Numerical Investigation of Pipe Deformation Under Pressure With Branch. *Int. J. Appl. Mech.* 2023. V. 15, № 7. P. 2350052.
6. Rukavishnikov V. A., Ryabokon A. S., Tkachenko O. P. Mathematical modeling of the stress–strain state of T-shaped connection of cylindrical pipes. *Math. Meth. Appl. Sci.* 2026. V. 49. P. 7–20.
7. Rukavishnikov V. A., Rukavishnikova E. I. Weighted finite-element method for elasticity problems with singularity. В сборнике: *Finite Element Method: Simulation, Numerical Analysis, and Solution Techniques*. Сер. “Numerical Computing” London. 2018. P. 295–311.
8. Rukavishnikov V. A., Rukavishnikova E. I. Numerical method for Dirichlet problem with degeneration of the solution on the entire boundary. *Symmetry*. 2019. V. 11 (12). P. 1455.
9. Рукавишников В. А., Ткаченко О. П. Численное моделирование напряжений в соединениях трубопроводов методом конечных элементов с использованием открытого программного обеспечения. *Вестник ЮУрГУ. Серия «Математическое моделирование и программирование»*. 2025. Т. 18, № 4. С. 86–95.
10. Официальный сайт CalculiX. URL: <https://www.calculix.de/> (дата обращения 15.02.2026)
11. Rukavishnikov V. A., Rukavishnikova E. I. On the Dirichlet problem with corner singularity. *Mathematics*. 2020. V. 8, № 11. P. 1870.

КВАЗИРАВНОМЕРНАЯ ТРИАНГУЛЯЦИЯ МНОГОСВЯЗНОЙ ДВУМЕРНОЙ ОБЛАСТИ В ЗАДАЧЕ НЕЙМАНА ДЛЯ СИСТЕМЫ ЛАМЕ

Рукавишников В. А., Чемоданов А. А.

Вычислительный центр Дальневосточного отделения РАН,
г. Хабаровск

E-mail: vark0102@mail.ru, artem.chemodanov@gmail.com

Для исследования напряжений в удароопасных массивах горных пород в качестве математической модели используется краевая задача для системы Ламе в области с включениями, границы которых содержат входящие углы. Наличие угловых сингулярностей у задачи потребовало от многих исследователей при численных расчетах использовать адаптивные сетки со сгущением к точкам особенностей (см., например, [1–3]).

Нами было предложено для подавления влияния угловой сингулярности на точность нахождения приближенного решения вводить для задачи R_ν – обобщенное решение [4, 5]. Введение весовой функции в определение решения позволяет находить решение без потери точности на квазиравномерных сетках. Такой подход обеспечивает удобство программной реализации, высокую точность при меньших вычислительных затратах (см., например, [6–10]).

Пусть Ω двумерная прямоугольная многосвязная область с границей $\Gamma = \Gamma_0 \cup \Gamma_1 \cup \dots \cup \Gamma_N$, где Γ_0 – внешняя граница области Ω , $\Gamma_1, \dots, \Gamma_N$ – границы внутренних многоугольных подобластей (см., например, Рис. 1). Контур многоугольника представляет собой замкнутую ломаную линию без самопересечений.

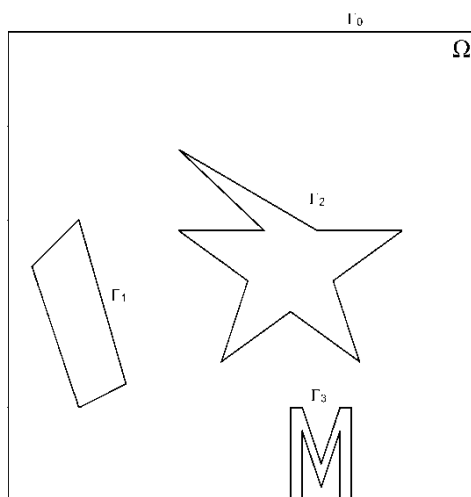


Рис. 1. Пример многосвязной области Ω , $N = 3$

В области Ω рассматривается краевая задача с условиями Неймана для системы уравнений Ламе с постоянными коэффициентами λ и μ относительно поля перемещений $\mathbf{u}$:

$$\begin{cases} -(2\mathbf{div}(\mu\boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{u})) + \nabla(\lambda \operatorname{div} \mathbf{u})) = \mathbf{f}, & (x, y) \in \Omega, \\ \boldsymbol{\sigma}(\mathbf{u}) \cdot \mathbf{n}^{(m)} = \mathbf{g}^{(m)}, & (x, y) \in \Gamma_m, \quad m = 0, \dots, N, \end{cases}$$

где

$$\varepsilon_{xx}(\mathbf{u}) = \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right), \quad \varepsilon_{yy}(\mathbf{u}) = \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right), \quad \varepsilon_{xy}(\mathbf{u}) = 0.5 \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x}\right),$$

$$\sigma_{xx}(\mathbf{u}) = \lambda \left(\varepsilon_{xx}(\mathbf{u}) + \varepsilon_{yy}(\mathbf{u}) \right) + 2\mu \varepsilon_{xx}(\mathbf{u}),$$

$$\sigma_{yy}(\mathbf{u}) = \lambda \left(\varepsilon_{xx}(\mathbf{u}) + \varepsilon_{yy}(\mathbf{u}) \right) + 2\mu \varepsilon_{yy}(\mathbf{u}),$$

$$\sigma_{xy}(\mathbf{u}) = 2\mu \varepsilon_{xy}(\mathbf{u}),$$

$\mathbf{n}^{(0)}$ – единичный вектор внешней нормали, $\mathbf{n}^{(m)}$ ($m = 1, \dots, N$) – единичный вектор нормали к границе Γ_m , направленные внутрь соответствующих подобластей.

Для поставленной задачи можно сформулировать постановку R_ν -обобщенного решения по аналогии с [9].

В этой работе разработан алгоритм построения квазиравномерной сетки точек и её сортировки для области Ω , в соответствии с условиями функции `triangulate` языка `python` из библиотеки `Triangle`. Данная функция позволяет провести триангуляцию с ограничениями, и корректно обработать случаи, когда углы многоугольников достаточно острые (меньше 30°).

Прямоугольная область задаётся параметрами:

$x0, y0$ – координаты левого нижнего угла;

$width$ – размер стороны вдоль оси Ox ;

$height$ – размер стороны вдоль оси Oy .

Шаги сетки вдоль осей h_x и h_y определяются через минимальное ненулевое расстояние min_len между вершинами многоугольников и границами области с учётом длин рёбер по формулам:

$$h_x = \frac{width}{N_x}, \quad h_y = \frac{height}{N_y},$$

$$N_x = \left\lceil \frac{width}{min\_len} \right\rceil N, \quad N_y = \left\lceil \frac{height}{min\_len} \right\rceil N,$$

где N – параметр дополнительного разбиения ($N \geq 1, N \in \mathbb{Z}$).

Основными идеями при создании сетки точек являются расположение точек в вершинах равносторонних или почти равносторонних прямоуголь-

ных треугольников и построение внешних контуров (Рис. 2, 3) для многоугольных подобластей, с заранее выбранным расстоянием $d \leq 0.5 \sqrt{h_x^2 + h_y^2}$. Новые контуры строятся путём сдвига исходных вершин на d , вдоль направлений нормалей, направленных внутрь Ω , с учётом выпуклости соответствующих вершин. Затем вокруг каждой соответствующей вершины строится окружность радиусом d .

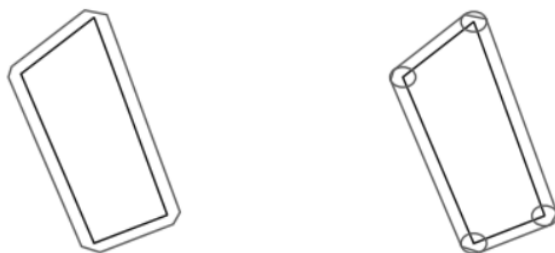


Рис. 2. Внешний контур выпуклого многоугольника (после сдвига вершин/полный контур)

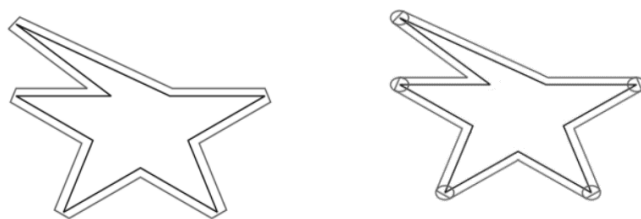


Рис. 3. Внешний контур невыпуклого многоугольника (после сдвига вершин/полный контур)

Такие контуры позволяют не добавлять в сетку узлы, попадающие внутрь границ Γ_m и рядом с ними, и тем самым уменьшить число треугольников, близких к вырожденным, при проведении триангуляции.

Точки на рёбрах многоугольников добавляются рекурсивно: если длина ребра больше $\sqrt{h_x^2 + h_y^2}$, то в середину помещается узел, и процедура проверки повторяется для подотрезков.

Алгоритм сортировки упорядочивает точки сетки в следующем порядке:

1. Точки внешней границы Γ_0 – против часовой стрелки;
2. Точки на внутренних границах Γ_m , $m = 1, \dots, N$ – по часовой стрелке;
3. Внутренние точки без изменения порядка.

Так же алгоритм определяет, какие из многоугольников «задевают» внешнюю границу Γ_0 , и перестраивает её, с учётом точек на границах данных многоугольников. Пример сетки точек и сетки треугольников на Рис. 4.

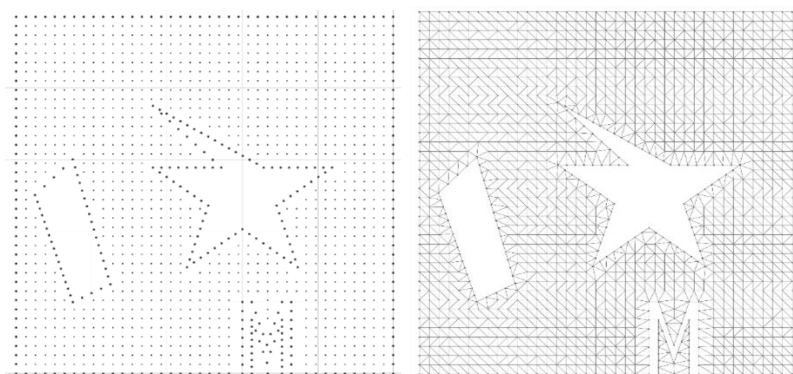


Рис. 4. Сетка точек и сетка треугольников

Литература

1. Barrios T. P., Behrens E. M., Bustinza R. An a posteriori error estimator of the Lamé equations considering nonhomogeneous Dirichlet boundary condition. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*. 2026. Vol. 553.
2. Lepe F., Rivera G., Vellojin J. Finite element analysis for the Navier-Lamé eigenvalue problem. *Applied Numerical Mathematics*. 2025. Vol. 208. P. 1–20.
3. Немировский Ю. В., Пятаев С. Ф. Автоматизированная триангуляция многосвязных областей со сгущением и разрежением узлов. *Вычислительные технологии*. 2000. Т. 5, № 2. С. 82–91.
4. Rukavishnikov V. A. On differentiability properties of an R_ν -generalized solution of the Dirichlet problem. *Soviet Mathematics. Doklady*. 1990. V. 40 (3). P. 653–655.
5. Rukavishnikov V. A., Rukavishnikova E. I. On the Dirichlet problem with corner singularity. *Mathematics*. 2020. V. 8 (11). P. 1455.
6. Rukavishnikov V. A., Rukavishnikova E. I. Weighted finite-element method for elasticity problems with singularity. В сборнике: *Finite Element Method: Simulation, Numerical Analysis, and Solution Techniques*. Сер. “Numerical Computing” London. 2018. P. 295–311.
7. Rukavishnikov V. A., Rukavishnikova E. I. Numerical method for Dirichlet problem with degeneration of the solution on the entire boundary. *Symmetry*. 2019. V. 11 (12). P. 1455.
8. Rukavishnikov V. A., Rukavishnikova E. I. Error estimate FEM for the Nikol’skij-Lizorkin problem with degeneracy. *Journal of Computational and Applied Mathematics*. 2022. V. 403. P. 113841.
9. Rukavishnikov V. A., Tkachenko O. P. Approximate resolving equations of mathematical model of a curved thin-walled cylinder. *Applied Mathematics and Computation*. 2022. V. 422. P. 126961.
10. Rukavishnikov V. A., Rukavishnikova E. I. Weighted finite element method and body of optimal parameters for elasticity problem with singularity. *Computers & Mathematics with Applications*. 2023. V. 151. P. 408–417.

БИГАРМОНИЧЕСКАЯ КРАЕВАЯ ЗАДАЧА БЕЗ СМЕШАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ В R_V -ОБОБЩЁННОМ РЕШЕНИИ

Рукавишников В. А., Юров Я. В., Рукавишникова Е. И.

Вычислительный центр Дальневосточного отделения РАН,

г. Хабаровск

E-mail: vark0102@mail.ru

1. Введение

Краевые задачи в областях с изломом профиля или с трещинами являются математическими моделями теории разрушений. Одной из таких задач является бигармоническая задача с сингулярностью, численное решение которой находится методами конечных элементов на основе введения слабого решения.

Для бигармонической задачи можно сформулировать два определения слабого решения: содержащее смешанные производные и без смешанных производных. Решение по первому определению будет принадлежать пространству W_2^2 , а по второму – W_2^3 . По этой причине для нахождения приближённого решения используются различные численные методы (более подробно смотри [1–4]). Когда бигармоническая задача рассматривается в области с входящим углом на границе или трещиной общим для этих методов является неудовлетворительная скорость сходимости, примерно, $O(h^{0.5-\varepsilon})$ ($\varepsilon \geq 0$).

С целью повышения скорости сходимости приближённого решения для задач с угловой сингулярностью, мы предложили определять для них R_V -обобщённое решение [5, 6] и разработали различные весовые методы конечных элементов [7–11].

В этой работе для бигармонической краевой задачи с угловой сингулярностью определено R_V -обобщённое решение без смешанных производных, исследованы его существование, единственность и дифференциальные свойства.

2. R_V -обобщённое решение

2.1. Постановка задачи

В этой статье рассматривается бигармоническое уравнение

$$\frac{\partial^4 u(x)}{\partial x_1^4} + 2 \frac{\partial^4 u(x)}{\partial x_1^2 \partial x_2^2} + \frac{\partial^4 u(x)}{\partial x_2^4} = f(x), \quad x \in \Omega, \quad (1)$$

с граничными условиями

$$u(x) = 0, \quad x \in \partial\Omega; \quad (2)$$

$$\frac{\partial u(x)}{\partial \mathbf{n}} = \frac{\partial u(x)}{\partial x_1} \mathbf{n}_1 + \frac{\partial u(x)}{\partial x_2} \mathbf{n}_2 = 0, \quad x \in \partial\Omega, \quad (3)$$

где Ω – невыпуклая многоугольная область с границей $\partial\Omega$, содержащей один входящий угол с вершиной в начале координат $O(0,0)$, $\mathbf{n}_i = \cos\left(\widehat{\vec{n}, Ox_i} + \frac{\pi}{2}\right)$, $i = 1, 2$.

2.2. R_ν -обобщённое решение без смешанных производных для бигармонической краевой задачи с сингулярностью

Обозначим через $\Omega' = \{x \in \bar{\Omega}: (x_1^2 + x_2^2)^{\frac{1}{2}} \leq \delta \ll 1\}$ δ -окрестность точки $O(0,0)$, принадлежащую области Ω .

Пусть $\rho(x)$ – весовая функция положительная всюду кроме точки $O(0,0)$ и удовлетворяющая следующим условиям:

- а) $\rho(x) = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}$ для $x \in \Omega'$,
- б) $\rho(x) = \delta$ для $x \in \Omega \setminus \Omega'$.

Введём весовые пространства с квадратами норм

$$\|v\|_{H_{2,\alpha}^l(\Omega)}^2 = \|v\|_{L_{2,\alpha}(\Omega)}^2 + \sum_{j=1}^l \sum_{i=1}^2 \left\| \rho^\alpha \frac{\partial^j v}{\partial x_i^j} \right\|_{L_2(\Omega)}^2, \quad (4)$$

$$\|v\|_{L_{2,\alpha}(\Omega)}^2 = \int_{\Omega} \rho^{2\alpha} v^2 dx,$$

где l – неотрицательное целое число, а α – действительное число, $dx = dx_1 dx_2$. Будем считать $H_{2,\alpha}^0(\Omega) = L_{2,\alpha}(\Omega)$. Через $|\cdot|_{H_{2,\alpha}^l(\Omega)}$ обозначим полунорму в пространстве $H_{2,\alpha}^l(\Omega)$.

Пусть $H_{2,\alpha}^l(\Omega, \delta)$ есть множество функций, удовлетворяющих следующим условиям:

$$(a) \quad \left| \frac{\partial^j v(x)}{\partial x_i^j} \right| \leq C_1 \rho^{(l-j)-\alpha-1}(x) \text{ для } x \in \Omega',$$

где $j = \overline{0, l}$, $i = 1, 2$, постоянная C_1 не зависит от j ;

$$(b) \quad |v|_{H_{2,\alpha}^j(\Omega \setminus \Omega')} \geq C_2 > 0 \text{ для } 0 \leq j \leq \max\{0, l-1\}$$

с нормой (4).

Обозначим через $\overset{\circ}{H}_{2,\alpha}^2(\Omega, \delta)$ подмножество $H_{2,\alpha}^2(\Omega, \delta)$, функции которого и их производные обращаются в ноль на границе $\partial\Omega$.

Для задачи (1)–(3) определим R_ν -обобщённое решение без смешанных производных.

Определение. Функцию u_ν из множества $H_{2,\alpha}^2(\Omega, \delta)$ назовём R_ν -обобщённым решением без смешанных производных бигармонической краевой задачи (1)–(3), если для всех ν из множества $H_{2,\alpha}^2(\Omega, \delta)$ справедливо интегральное тождество

$$\begin{aligned} \int_{\Omega} \left(\rho^{2\nu} \Delta u_\nu \Delta \nu + 4\nu \rho^{2\nu-1} \Delta u_\nu \left(\frac{\partial \nu}{\partial x_1} \frac{\partial \rho}{\partial x_1} + \frac{\partial \nu}{\partial x_2} \frac{\partial \rho}{\partial x_2} \right) + 4\nu^2 \rho^{2\nu-2} \Delta u_\nu \nu \right) dx = \\ = \int_{\Omega} \rho^{2\nu} f \nu dx, \end{aligned} \quad (5)$$

для любого значения $\nu > 0$.

3. Основные теоремы

Основные результаты работы сформулируем в виде теорем.

Теорема 1. Пусть выполняется условие

$$f \in L_{2,\beta}(\Omega), \quad 1 < \beta < 2.$$

Тогда найдётся такое значение δ , при котором R_ν -обобщённое решение u_{ν^*} задачи (1)–(3) существует и единственно во множестве $H_{2,\alpha}^2(\Omega, \delta)$ для любого ν^* , удовлетворяющего неравенству

$$\nu^* > \nu. \quad (6)$$

При этом справедлива оценка

$$\|u_{\nu^*}\|_{H_{2,\nu^*}^2(\Omega)} \leq C_3 \|f\|_{L_{2,\beta}(\Omega)},$$

где C_3 – положительная постоянная, не зависящая от функции f .

Теорема 2. Если выполняются условия теоремы 1, то для всех ν^* R_ν -обобщённое решение задачи (1)–(3) одно.

Следствие 1. Если для задачи (1)–(3) существует обобщённое (слабое) решение, то оно будет совпадать с R_ν -обобщённым решением.

Следствие 2. R_ν -обобщённое решение задачи (1)–(3) принадлежит пространству $H_{2,\nu^*}^3(\Omega)$ при $\nu^* > 2 - \alpha_1$, где α_1 – степень первого члена разло-

жения решения рассматриваемой задачи в ряд (см. [12]). Заметим, что величина α_1 зависит от размеров входящего угла на границе области и типа граничных условий.

Литература

1. Zhang S. An optimal order multigrid method for biharmonic, C^1 finite element equations. Numer. Math. 1989. V. 56. P. 613–624.
2. Zhang S. A family of P_4 macro-bubble enriched C^1 - P_k finite elements on triangular meshes. Numer. Math. 2025. V. 157. P. 1133–1159.
3. Carstensen C., Nataraj N. Adaptive Morley FEM for the von Karman Equations with Optimal Convergence Rates. SIAM Journal on Numerical Analysis. 2021. V. 59. P. 696–719.
4. Carstensen C., Nataraj N. A Priori and a Posteriori Error Analysis of the Crouzeix-Raviart and Morley FEM with Original and Modified Right-Hand Sides. Computational Methods in Applied Mathematics. 2021. V. 21. P. 289–315.
5. Rukavishnikov V. A. On differentiability properties of an R_v -generalized solution of the Dirichlet problem. Soviet Mathematics. Doklady. 1990. V. 40 (3). P. 653–655.
6. Rukavishnikov V. A., Rukavishnikova E. I. On the Dirichlet problem with corner singularity. Mathematics. 2020. V. 8 (11). P. 1455.
7. Rukavishnikov V. A., Rukavishnikova E. I. Weighted finite-element method for elasticity problems with singularity. В сборнике: Finite Element Method: Simulation, Numerical Analysis, and Solution Techniques. Сер. “Numerical Computing” London. 2018. P. 295–311.
8. Rukavishnikov V. A., Rukavishnikova E. I. Numerical method for Dirichlet problem with degeneration of the solution on the entire boundary. Symmetry. 2019. V. 11 (12). P. 1455.
9. Rukavishnikov V. A., Rukavishnikova E. I. Error estimate FEM for the Nikol’skij-Lizorkin problem with degeneracy. Journal of Computational and Applied Mathematics. 2022. V. 403. P. 113841.
10. Rukavishnikov V. A., Tkachenko O. P. Approximate resolving equations of mathematical model of a curved thin-walled cylinder. Applied Mathematics and Computation. 2022. V. 422. P. 126961.
11. Rukavishnikov V. A., Rukavishnikova E. I. Weighted finite element method and body of optimal parameters for elasticity problem with singularity. Computers & Mathematics with Applications. 2023. V. 151. P. 408–417.
12. Kim S., Palta B., Jeong J., & Oh H. S. Extraction of stress intensity factors of biharmonic equations with corner singularities corresponding to mixed boundary conditions of clamped, simply supported, and free (II). Computers & Mathematics with Applications. 2022. V. 109. P. 235–259.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ОКСИДА МЕДИ

Саенко А. В., Козюменко К. А., Смирнов В. А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Таганрог

E-mail: avsaenko@sfnedu.ru

Мемристивные структуры являются перспективными устройствами энергонезависимой резистивной памяти, обладающие высоким быстродействием, долговременным хранением информации, а также низким энергопотреблением [1]. Особый интерес представляют мемристивные структуры, которые сочетают в себе свойства резистивной памяти с фоточувствительностью, и могут применяться в нейроморфных системах машинного зрения в виде оптоэлектронных мемристивных структур для визуального восприятия и интеллектуальной обработки изображений [2–4].

Оксид меди (Cu_2O) является полупроводниковым материалом р-типа с шириной запрещенной зоны 2,1–2,2 эВ и коэффициентом поглощения света порядка 10^5 см^{-1} , что обеспечивает высокое поглощение света в ультрафиолетовой и видимой области спектра [4, 5]. Это открывает возможности создания оптически управляемых мемристивных структур, где свет используется в качестве управляющего сигнала для изменения проводимости пленки Cu_2O за счет дополнительной генерации электронно-дырочных пар. Выбор длин волн оптического управления имеет основное значение для функционирования оптоэлектронных мемристоров, поскольку проводимость таких структур может обратимо изменяться под действием света различной длины волны [2, 3].

В работе проведено численное моделирование фоточувствительной мемристивной структуры на основе Cu_2O с использованием программы SCAPS для определения квантовой эффективности преобразования света в электричество на каждой длине волны в диапазоне 300–700 нм и расчет максимальной величины генерируемого фототока структурой.

Моделирование фоточувствительной структуры в программе SCAPS заключается в решении системы уравнений переноса носителей зарядов в полупроводниках, включающей уравнения непрерывности для носителей заряда и уравнение Пуассона [4, 5]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\mu_n \left(-n \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{kT}{q} \frac{\partial n}{\partial x} \right) \right] + G - R = \frac{\partial n}{\partial t}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[\mu_p \left(p \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{kT}{q} \frac{\partial p}{\partial x} \right) \right] + G - R = \frac{\partial p}{\partial t}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = -\frac{q}{\epsilon \epsilon_0} (p - n - N_A + N_D), \quad (3)$$

где μ_n , μ_p – подвижности электронов и дырок; ϕ – электрический потенциал; n , p – концентрация свободных электронов и дырок; k – постоянная Больцмана; T – температура; q – элементарный заряд; ε – относительная диэлектрическая проницаемость; ε_0 – диэлектрическая постоянная; G – скорость оптической генерации электронно-дырочных пар; R – скорость рекомбинации электронно-дырочных пар; N_D , N_A – концентрация донорной и акцепторной примеси (структурных дефектов).

При моделировании в программе SCAPS фоточувствительной мемристорной структуры на основе Cu_2O использовались прозрачные проводящие ИТО электроды с работой выхода 4,4 эВ (рисунок 1). Ширина запрещенной зоны и коэффициент поглощения пленки Cu_2O задавались равными 2,1 эВ и 10^5 см^{-1} соответственно, а концентрация дефектов (кислородных вакансий) принималась равной 10^{15} см^{-2} . Толщина пленки Cu_2O была выбрана равной 90 нм. В качестве источника света использовался спектр солнечного излучения AM1,5G в диапазоне длин волн 300-700 нм, где для каждой длины волны известна величина плотности мощности или интенсивности света. Например, для длины волны 450 нм она составляет $1,5859 \text{ Вт/м}^2$.

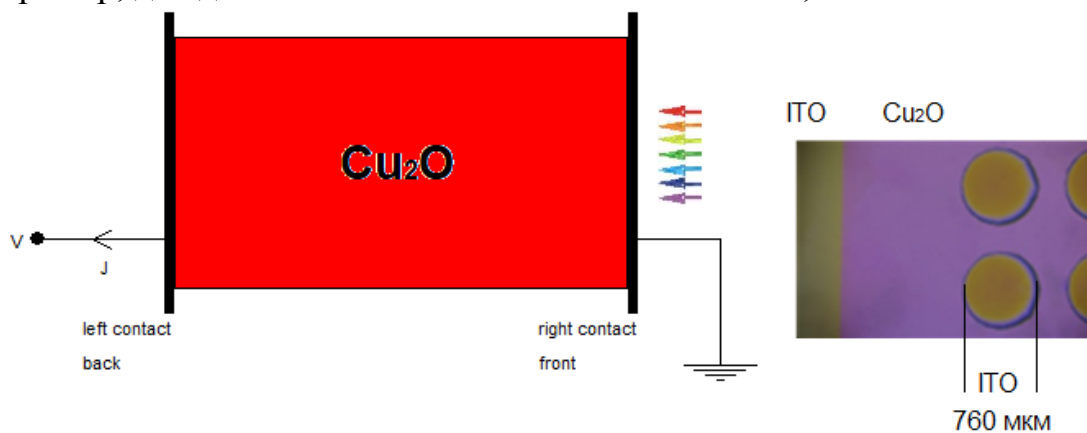


Рис. 1. Схематичное изображение в программе SCAPS и оптическое изображение образца мемристорной структуры ИТО/ Cu_2O /ИТО

В результате моделирования получена зависимость квантовой эффективности от длины волны падающего монохроматического света для фоточувствительной структуры ИТО/ Cu_2O /ИТО при толщине пленки Cu_2O 90 нм (рисунок 2). Показано, что квантовая эффективность, рассчитанная как отношение количества генерированных носителей заряда к количеству падающих фотонов, составляет от 10 до 40 % для длин волн до порядка 550-575 нм.

Для расчета максимальной величины генерируемого фототока на определенной длине волны было использовано следующее выражение [5]:

$$QE(\lambda) = \frac{J(\lambda)}{q} \cdot \frac{h \cdot c}{\lambda \cdot P(\lambda)} \quad (4)$$

$$J(\lambda) = \frac{QE(\lambda) \cdot \lambda \cdot P(\lambda)}{1240} \quad (5)$$

где QE – квантовая эффективность; $J(\lambda)$ – максимальная плотность тока, создаваемая монохроматическим светом на длине волны λ ; q – заряд электрона; h – постоянная Планка; c – скорость света; $P(\lambda)$ – плотность мощности или интенсивность падающего монохроматического света.

Для определения максимального тока полученная величина плотности тока умножалась на площадь круглого верхнего ИТО электрода равную $0,4536 \text{ мм}^2$ (диаметр 760 мкм, рисунок 1).

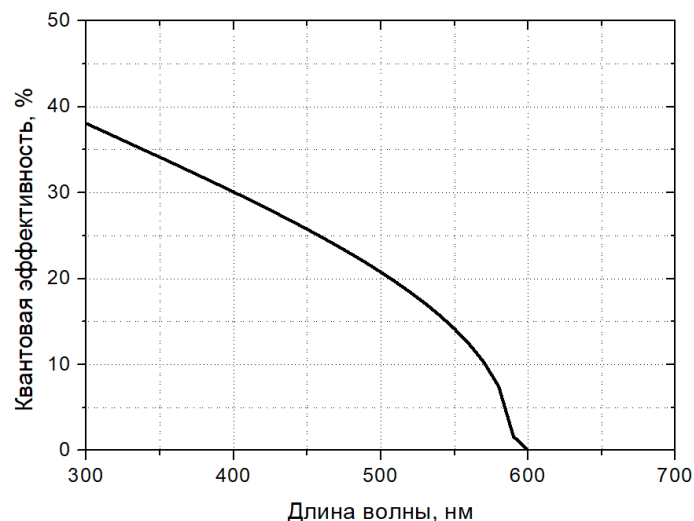


Рис. 2. Зависимость квантовой эффективности от длины волны для фоточувствительной структуры ИТО/Cu₂O/ИТО

На рисунке 3 представлены зависимости рассчитанной величины генерируемого фототока и интенсивности света от длины волны монохроматического света.

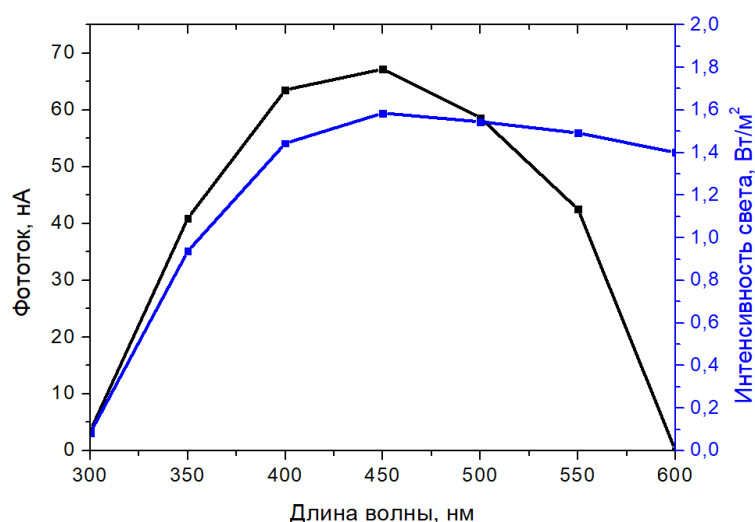


Рис. 3. Зависимости величины генерируемого фототока и интенсивности света от длины волны

В результате показано, что оптическое воздействие фиолетовым светом с длинами волн в диапазоне 350–450 нм (энергия фотонов 3,54–2,75 эВ) способно существенно увеличить проводимость пленки Cu_2O , что обеспечивает наибольшее возрастание тока. Зеленый свет с длинами волн в диапазоне 500–550 нм (энергия фотонов 2,48–2,25 эВ) также увеличивает проводимость, поскольку энергия падающих фотонов превышает ширину запрещенной зоны Cu_2O . Однако красный свет с длинами волн в диапазоне 600–650 нм (энергия фотонов 2,06–1,91 эВ) показывает отсутствие возрастания тока. Таким образом, использование различных длин волн в диапазоне 350–650 нм позволяет реализовать обратимое оптическое управление резистивными состояниями фоточувствительной мемристорной структуры, что открывает широкие перспективы для создания энергоэффективных оптоэлектронных нейроморфных систем машинного зрения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-19-00809, <https://rscf.ru/project/25-19-00809/> в Южном федеральном университете.

Литература

1. Saransh Shrivastava, Hans Juliano, Phan Ai Linh Uong, Tseung-Yuen Tseng. Recent developments on neuromorphic optoelectronic memristors based on metal oxide semiconductors: A review // *APL Electronic Devices*, 1, 2025, 021506.
2. Chen Meng, Hongxin Liu, Tong Li, Jin Luo, Sijie Zhang. Optoelectronic memristor based on $\text{ZnO}/\text{Cu}_2\text{O}$ for artificial synapses and visual system // *Electronics*, 14, 2025, 2490.
3. Maria Elias Pereira, Rodrigo Martins, Elvira Fortunato, Pedro Barquinha, Asal Kiazadeh. Recent progress in optoelectronic memristors for neuromorphic and in-memory computation // *Neuromorphic Computing and Engineering*, 3, 2023, 022002.
4. A. V. Saenko, G. E. Bilyk, V. A. Smirnov. Study of the Photovoltaic Parameters of Inorganic Solar Cells Based on Cu_2O and CuO // *Russian Microelectronics*, 2024, Vol. 53, No. 4, pp. 319–328.
5. A. V. Saenko, V. S. Klimin, A. A. Rozhko, S. P. Malyukov. Modeling the Structure of an Oxide Solar Cell // *Journal of Communications Technology and Electronics*, 67, 2022, S108-S114.

РАСЧЕТНАЯ СХЕМА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЛОСКИХ КОНВЕКТИВНЫХ ДВИЖЕНИЙ В ДВУХСЛОЙНОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

Селищев А. А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И.И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: selishev@sfedu.ru

Моделирование гравитационной конвекции в пористых средах занимает важное место в современной теплофизике и механике сплошных сред [1]. Исследование двухслойных систем продиктовано многочисленными приложениями: от оценки устойчивости грунтовых вод и геотермальной энергетики до технологий добычи нефти и проектирования теплоизоляционных материалов. В условиях, характерных для большинства природных и инженерных задач, теплофизические свойства (проницаемость, теплопроводность) зависят от координат, а скорости фильтрации жидкости или газа остаются достаточно малыми. Это позволяет пренебречь инерционными членами в уравнениях движения и использовать закон Дарси, связывающий градиент давления со скоростью фильтрации [2]. Безразмерные уравнения для функции тока ψ и девиации температуры θ (отклонение от температуры на границе) записываются в виде:

$$\begin{aligned}\dot{\theta} + J(\psi, \theta) &= -\lambda\psi_x + (d_{11}(z)\theta_x)_x + (d_{22}(z)\theta_z)_z \\ (\mu_{22}(z)\psi_x)_x + (\mu_{11}(z)\psi_z)_z + \theta_x &= 0, \quad J(\psi, \theta) = \\ d_{kk} &= \begin{cases} d_{kk}^{(1)}, z \in [0, b_1] \\ d_{kk}^{(2)}, z \in [b_1, b] \end{cases} \quad \mu_{kk} = \begin{cases} \mu_{kk}^{(1)}, z \in [0, b_1] \\ \mu_{kk}^{(2)}, z \in [b_1, b] \end{cases}\end{aligned}$$

Здесь точкой обозначена производная по времени, λ – число Рэлея, b_1 – высота нижнего слоя, b – высота всей области, μ_{kk} и d_{kk} – соответственно компоненты тензоров коэффициентов обратной проницаемости и теплопроводности, зависящие от вертикальной координаты.

Рассматривается прямоугольная область ширины a с горизонтальной линией раздела слоев, отличающихся своими характеристиками. На внешних границах задаются условия непроницаемости и линейный по высоте профиль температуры, на границе раздела требуется непрерывность функции тока и девиации температуры. Кроме того, на линии раздела формулируются условия для вертикальных потоков

$$[d_{22}\theta_z]_{z=b_1} = 0, \quad [\mu_{11}\psi_z]_{z=b_1} = 0.$$

Для численного исследования задачи используется метод конечных разностей [3]. Вводятся равномерные сетки по координатам x и z с шагами

$h_x = a/n, h_z = b/m$. Для аппроксимации уравнений внутри каждого слоя используется развитая в [4] компактная схема повышенного порядка точности.

На границе раздела используется консервативная разностная схема, полученная при помощи интегро-интерполяционным методом [3]

$$\begin{aligned}\dot{\theta}_i^{j_0} + J_i^{j_0} = & -\lambda \frac{\psi_{i+1}^{j_0} - \psi_{i-1}^{j_0}}{h_x} + \frac{d_{11}^{(1)} + d_{11}^{(2)}}{2} \frac{\theta_{i+1}^{j_0} - 2\theta_i^{j_0} + \theta_{i-1}^{j_0}}{h_x^2} \\ & + \frac{1}{h_z} \left(d_{22}^{(2)} \frac{\theta_i^{j_0+1} - \theta_i^{j_0}}{h_z} - d_{22}^{(1)} \frac{\theta_i^{j_0} - \theta_i^{j_0-1}}{h_z} \right), \\ 0 = & \frac{\theta_{i+1}^{j_0} - \theta_{i-1}^{j_0}}{h_x} + \frac{\mu_{22}^{(1)} + \mu_{22}^{(2)}}{2} \frac{\psi_{i+1}^{j_0} - 2\psi_i^{j_0} + \psi_{i-1}^{j_0}}{h_x^2} \\ & + \frac{1}{h_z} \left(\mu_{11}^{(2)} \frac{\psi_i^{j_0+1} - \psi_i^{j_0}}{h_z} - \mu_{11}^{(1)} \frac{\psi_i^{j_0} - \psi_i^{j_0-1}}{h_z} \right).\end{aligned}$$

Якобиан J аппроксимируется специальными формулами аналогично [5]. Для решения задачи используется метод прямых, сеточная функция тока выражается через узловые значения температуры и получается система обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\dot{Y} = F(Y), \quad Y = [\theta_1^1, \theta_2^1, \dots, \theta_n^1, \theta_1^2, \dots, \theta_n^m].$$

Для интегрирования по времени используется метод Рунге-Кутты 4 порядка. При числах Рэлея, меньших первого критического значения устойчивым является механическое равновесие (состояние покоя), когда жидкость недвижима, а по высоте устанавливается линейное распределение температуры согласно заданному на границе, т.е. нулевыми являются девиация температуры и функция тока.

В таблицах 1, 2 представлены результаты расчета критических чисел Рэлея в узком прямоугольнике. Коэффициенты обратной проницаемости и теплопроводности в каждом слое удовлетворяют условиям сохранения косимметрии, выведенным в [6]. В этом случае при потере устойчивости механического равновесия, происходит ответвление однопараметрического семейства равновесий. Из таблиц 1, 2 видно, что критические числа являются двукратными, что свидетельствует о косимметричности задачи.

Таблица 1. Расчет критических чисел Рэлея. $a = 1, b = 2, b_1 = 1, d_{11}^{(1)} = \mu_{22}^{(1)} = 1.5, d_{11}^{(2)} = \mu_{22}^{(2)} = 0.5, d_{22}^{(1)} = d_{22}^{(2)} = \mu_{11}^{(1)} = \mu_{11}^{(2)} = 1.0$

$n \times m$	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
5×10	35.6299	35.6299	118.9039	118.9039
10×20	25.7655	25.7655	72.3275	72.3275
20×40	23.8569	23.8569	57.7409	57.7409
40×80	23.4067	23.4067	54.5778	54.5778

Таблица 2. Расчет критических чисел Рэлея. $a = 3, b = 2, b_1 = 1$,
 $d_{11}^{(1)} = \mu_{22}^{(1)} = 1.5, d_{11}^{(2)} = \mu_{22}^{(2)} = 0.5, d_{22}^{(1)} = d_{22}^{(2)} = \mu_{11}^{(1)} = \mu_{11}^{(2)} = 1.0$

$n \times m$	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4
15×10	12.1809	12.1809	19.1555	19.1555
30×20	11.4871	11.4871	16.3799	16.3799
60×40	11.3137	11.3137	15.7498	15.7498
120×80	11.2702	11.2702	15.5958	15.5958

Для случая широкого прямоугольника ($d_{22}^{(1)} = d_{22}^{(2)} = \mu_{11}^{(1)} = \mu_{11}^{(2)} = 1.0$, $d_{11}^{(1)} = \mu_{22}^{(1)} = 1.5, d_{11}^{(2)} = \mu_{22}^{(2)} = 0.5$) производился расчет задачи при $\lambda > \lambda_{\text{crit}}$ для различных начальных условий. На рис. 1, 2 представлены два стационарных режима, которые получены из симметричных и несимметричных начальных условий. При комбинации этих условий реализуются другие режимы, составляющие семейство. Таким образом, задача обладает свойством мультистабильности.

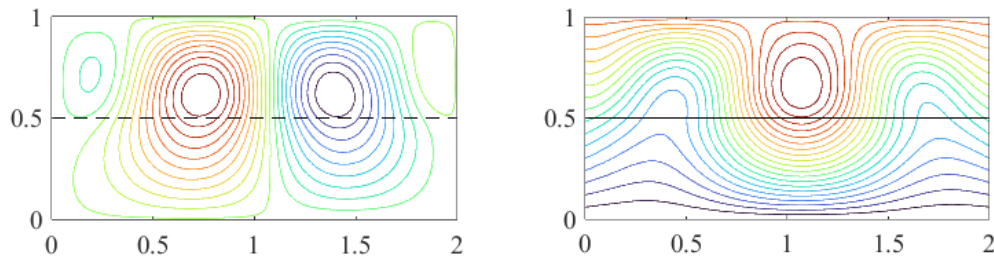


Рис. 1. Стационарный режим при $\lambda = 45, \theta_0 = \sin(\pi x/a) \sin(\pi z/b)$, функция тока (слева), температура (справа), сетка 28×14

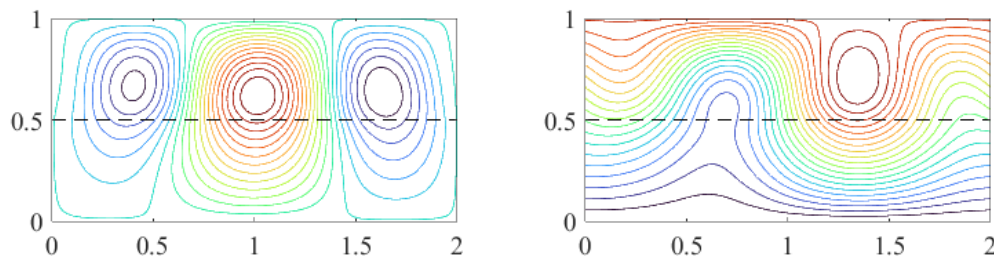


Рис. 2. Стационарный режим при $\lambda = 45, \theta_0 = \sin(2\pi x/a) \sin(\pi z/b)$, функция тока (слева), температура (справа), сетка 28×14

Литература

1. Nield D.A., Bejan A. Convection in Porous Media. – New York: Springer, 2017 – 988 p.

2. *Гершуни Г.З., Жуховицкий Е.М.* Конвективная устойчивость несжимаемой жидкости. – М.: Наука, 1972 – 392 с.
3. *Самарский А.А.* Введение в теорию разностных схем. – М.: Наука, 1971 – 552 с.
4. *Селищев А.А., Цибулин В.Г.* Компактная разностная схема для анизотропной задачи конвекции Дарси // Компьютерные исследования и моделирование. – 2025. Т. 17, № 2. – С. 199–211.
5. *Моисеенко Б.Д., Фрязинов И.В.* Полностью нейтральная схема для уравнений Навье-Стокса // Изучение гидродинамической неустойчивости численными методами. – 1980. – С. 186–209.
6. *Абделхафиз М.А., Цибулин В.Г.* Численное моделирование конвективных движений в анизотропной пористой среде и сохранение косимметрии // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2017. Т. 57, № 10. – С. 1734–1747.

ТОЧНАЯ ЛУЧЕВАЯ ТРАЕКТОРИЯ В ДВУХ ГРАДИЕНТНОЙ СРЕДЕ: ИННОВАЦИОННЫЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Смагличенко Т. А.¹, Смагличенко А. В.², Саянкина М. К.¹

¹ ИПНГ РАН «Институт Проблем Нефти и Газа»,
г. Москва

² Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского,
г. Симферополь

E-mail: tasmaglichr@gmail.com

В механике сплошных сред интерес изучения двух градиентных моделей обусловлен широтой области их применения. Они помогают определить смену сейсмических границ в районах нефтедобычи [1, 2], оценить неровности океанического дна путем акустического просвечивания [3], используются в оптике, метеорологии, астрономии, в теории распространения света [4], в компьютерной графике. В фокусе данной статьи – сейсмические модели. В то же время, предлагаемое решение универсально и может применяться в других областях.

Опыт исследований показывает, что наиболее оптимальными моделями являются минимальные модели [5, 6, 7], которые приводят к минимальной разнице между временами, полученными из реальных наблюдений, и теоретическими. Однако, вычисления теоретических времен для оценивания минимальных моделей должны осуществляться при рассмотрении этапов лучевой трассировки: опускание луча в среду второго градиента, его прохождение там и подъем в среду выхода. Отметим, что формулы вычисления теоретических времен включают координаты точек источников на пути распространения волны, углы выхода из текущего источника и входа в точку приема. Поэтому отсутствие точной информации об углах может привести к «срезанию» траектории прохождения луча через точки максимального опускания луча, и теоретическое время от источника к приемнику будет занижено. Следовательно, трассировки нуждаются в точном вычислении меняющихся углов на пути следования луча с применением адекватных формул, приводящих луч безошибочно от основного источника к регистрирующей станции.

С другой стороны, современные подходы настроены на приближенные алгоритмы. В связи с растущей информацией о глубинном строении, в модель вносятся граничные условия в виде наклонных границ скачка градиентов. Из источника выпускается пучок лучей, имитируя «пристрелку». Лучи преломляются через границу с выбором наиболее оптимального попадания в приемник. Анализируя большие данные одной из европейских баз, авторы настоящей работы отметили, присутствие нереально большой ошибки по глубине для значительного числа источников выхода луча, если применяется «пристрелка».

Задача поставлена при следующих начальных условиях: известно положение источника и приемника, а также глубина, на которой располагается горизонтальная граница $z_{\text{гp}}$ – глубина смены градиентов. Модель линейного изменения сейсмической скорости с глубиной до прохождения границы характеризуется как: $V_1(z) = a_1 + b_1 * z$, где a_1 и b_1 – параметры модели, z – глубина от поверхности до границы $z_{\text{гp}}$ и после прохождения границы как: $V_2(z) = a_2 + b_2 * z$, где a_2 и b_2 – параметры модели, z – значение глубины от $z_{\text{гp}}$. Рисунок 1 показывает распространение луча в двух градиентной среде в плоскости луча (w, z) . Точки пересечения двух окружностей, соответствующих системе кривых распространения волн в двух градиентной среде, рассмотрены в обеих плоскостях (w, z) и $(\tilde{w}, \tilde{z})$.

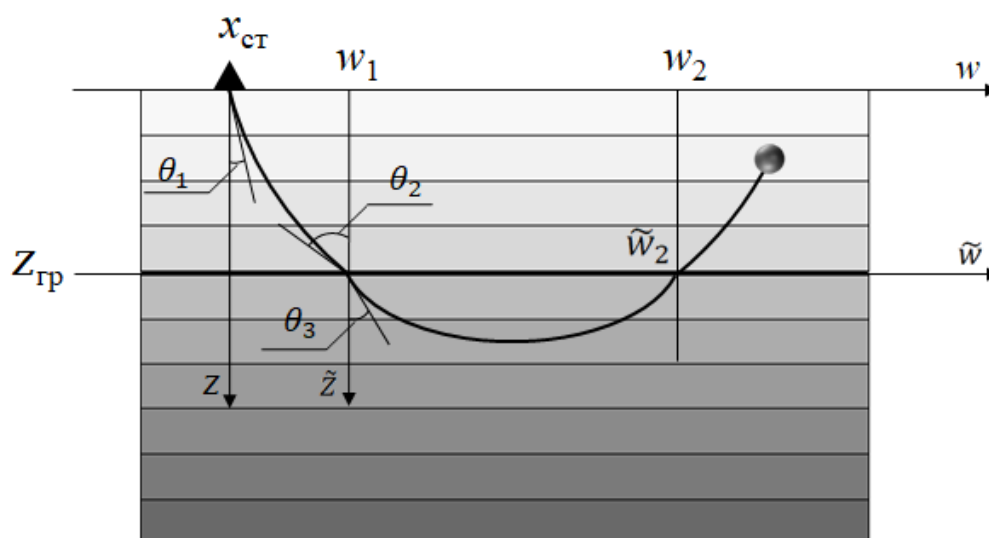


Рис. 1. Источник и приемник - окружность и треугольник, соответственно. Граница перехода луча из среды первого градиента в среду второго градиента указана горизонтальной прямой $z_{гр}$, θ_1 – угол падения луча на приемник – сейсмическую станцию, θ_2 – угол падения на глубину $z_{гр}$, границу между двумя градиентами, θ_3 – угол преломления, определяющий распространение волны в среде второго градиента

Формулы были выведены в работе [8]. Отметим, что в [8] детально описаны все этапы нахождения нового решения, приведены результаты робастного тестирования. Как сказано выше, в данном исследовании мы приводим окончательный результат вычисления базовых углов, определяющих трассу луча в двух градиентной среде. При параметризации среды с помощью слоев, блоков, сетки, сегменты прохождения луча через модули среды, могут быть без труда вычислены, используя формулы (1)–(5):

$$\sin^2 \theta_3 = \frac{4a_2^2}{4a_2^2 + b_2^2 \tilde{w}_2^2} \quad (1)$$

$$\sin^2 \theta_2 = \frac{4(a_1 + b_1 z_{\text{гп}})^2 a_2^2}{(a_2 + b_2 z_{\text{гп}})^2 (4a_2^2 + a_2^2 \tilde{w}_2^2)} \quad (2)$$

$$\tan \theta_1 = \frac{R_1}{R_2} \quad (3)$$

$$R_1 = \frac{a_1}{(a_1 + b_1 z_{\text{гп}})} \left[1 - \frac{2b_1^2 w_1^2}{(a_1 + b_1 z_{\text{гп}})^2 + b_1^2 w_1^2 - a_1^2} \right] \quad (4)$$

$$R_2 = \sqrt{\left(1 + \frac{b_2^2 \tilde{w}_2^2}{4a_2^2}\right) \frac{(a_2 + b_2 z_{\text{гп}})^2}{(a_1 + b_1 z_{\text{гп}})^2} - 1} \quad (5)$$

Разработанные формулы могут быть применимы для детального изучения нефтегазоносных районов, которые, как правило, имеют два основных слоя: осадочный, где расположены залежи, и следующий за ним, более глубокий. Так, например, было выявлено, что заливы Гренландского моря (районы Субарктики) потенциально газоносны по данным геологических и геохимических исследований: батиметрии, анализа состава газов, размещения полициклических ароматических углеводородов, пластов обычного и бурого угля. Мощность осадочного слоя оценена как 4 км [9]. Согласно использованию формул (1)–(5) граница между двумя градиентами равна 5 км. Это предполагает возможную неравномерность осадочного слоя по глубине, присутствие локальных участков, где осадки могут размещаться глубже [10].

Работа выполнена в рамках государственного задания (тема «Фундаментальный базис инновационных, цифровых технологий прогноза, поиска, разведки и освоения нефтегазовых ресурсов (фундаментальные, поисковые, прикладные, экономические и междисциплинарные исследования до 2030 года)» № 125021302095-2, и в рамках темы № FZEG-2024-0016).

Литература

1. Минханов И. Ф., Долгих С. А., Варфоломеев М. А. Разработка нефтяных и газовых месторождений // Учеб. пособие для вузов. Казанский федеральный университет. Казань, 2019. 96с.
2. СПГ проекты НОВАТЭК. Электронный ресурс:
<https://www.novatek.ru/ru/about/lng-projects/arctic-lng/>.

3. *Jens M. H.* Ray Trace Modeling of Underwater Sound Propagation // Modeling and Measurement Methods for Acoustic Waves and for Acoustic Microdevices. In Tech. 2013. DOI: 10.5772/55935.
4. *Groller E.* Nonlinear ray tracing: Visualizing strange worlds // The Visual Computer. 1995. Vol. 11. P.263–274. DOI: 10.1007/BF01901044.
5. *Husen S., Kissling E. Clinton J. F.* Local and regional minimum 1D models for earthquake location and data quality assessment in complex tectonic regions: application to Switzerland // Swiss. J. Geosci. 2011. Vol. 104. P.455–469. DOI: 10.1007/s00015-011-0071-3.
6. *Smaglichenko T. A., Bjarnason I. Th., Smaglichenko A. V.* Method to find the minimum 1D linear gradient model for seismic tomography // Fundamenta Informaticae. 2016. Vol. 146, No. 2. P.211–217.
7. *Смагличенко Т. А., Смагличенко А. В., Саянкина М. К.* Двух градиентная минимальная модель как продвижение аналитических решений // Сборник материалов научной конференции «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития» (СИТО 2025), посвященная 110-летию Южного федерального «университета», Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, 17 – 19 апреля 2025 г. С. 417–421.
8. *Smaglichenko T.A.* Merging of Euler’s method with trigonometric functions for accurate ray path in a two-gradient medium // Izvestiya of Saratov University. Mathematics. Mechanics. Informatics, Vol. 2, 2026, pp. 1–14
9. *Richter B., Brandsdottir B., Geptner A., Driscoll N., Boejesen-Koefoed J.* Hydrocarbon prospect of the Tjornes Fracture Zone, north of Iceland // American Geophysical Union, Fall Meeting. 2005. Id. OS33C-1487.
10. *Смагличенко Т. А., Саянкина М. К., Смагличенко А. В.* Район Оксафьердур, Гренландское море: движение материала в голоценовом осадочном слое, вызванное землетрясением // Рельеф и четвертичные образования Арктики, Субарктики и Северо-Запада России. 2025. Выпуск 12. С. 190–198. DOI: 10.24412/2687-1092-2025-12-190-198.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АССИМПТОТИЧЕСКОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ СЛАБОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ

Старков М. А.¹, Юров В. О.^{2,1}

¹ ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,

² ЮМИ ВНЦ РАН
г. Ростов-на-Дону

E-mail: mastarkov@sfedu.ru, vyurov@sfedu.ru

Важной задачей при изготовлении функционально-градиентных материалов (ФГМ) является проверка готового образца на соответствие ожидаемых и полученных законов изменения механических свойств. Такие задачи относятся к обратным задачам механики деформируемого твердого тела. Одной из коэффициентных обратных задач является задача определения переменных характеристик упругого стержня, изготовленного из ФГМ, где в качестве дополнительной информации используется амплитудно-частотные характеристики (АЧХ).

В представленной работе рассматривается обратная задача восстановления неоднородных вдоль осевой координаты податливости и плотности. В качестве входных данных используются АЧХ, измеренные на свободном конце консольно-закрепленного с одного конца стержня при продольных и изгибных колебаниях. Постановка прямых задач в безразмерном виде представлена в (1), (2).

$$\begin{cases} U_2' = -r\lambda U_1, & U_1(0) = 0, \\ U_1' = fU_2, & U_2(1) = \tilde{P}; \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} W_4' = \gamma\lambda rW_1, & W_1(0) = 0, \\ W_3' = W_4, & W_2(0) = 0, \\ W_2' = fW_3, & W_3(1) = \tilde{M}, \\ W_1' = W_2, & W_4(1) = 0; \end{cases} \quad (2)$$

Здесь U_1, W_1 – амплитуды смещений стержня вдоль продольной и поперечной координаты соответственно, f, r – податливость и плотность, $\tilde{P}, \tilde{M}$ – безразмерные продольная сила и изгибающий момент (в силу линейности задачи приняты за 1), λ – безразмерный частотный параметр. При решении прямых задач (1) и (2) формируется дополнительная информация вида: $c(\lambda) = U_1(1, \lambda)$, $h(\lambda) = W_1(1, \lambda)$.

Функции U_i, W_i представляются в виде разложений по степеням λ :

$$U_i = \sum_{j=0}^N U_{ij} \lambda^j, i = 1, 2; \quad (3)$$

$$W_i = \sum_{j=0}^N W_{ij} \lambda^j, i = 1, 2, 3, 4; \quad (4)$$

Выражения для коэффициентов разложения, полученные путем решения краевых задач при соответствующих порядках этого параметра, представлены формулами (3)–(4).

$$U_{1j}(\xi) = \int_0^\xi f(x) \int_1^x -r(y) U_{1j-1}(y) dy dx; \quad (5)$$

$$W_{1j}(\xi) = \gamma \int_0^\xi (\xi - x) f(x) \int_y^1 (y - x) r(y) W_{1j-1}(y) dy dx; \quad (6)$$

Представлено несколько различных подходов к решению обратной задачи.

1. Предполагая, что функции податливости и плотности являются полиномами вида $f(\xi) = \sum_{j=0}^M a_j \xi^j$, $r(\xi) = \sum_{j=0}^M b_j \xi^j$, удастся получить АЧХ в параметрическом виде. Измеряя АЧХ в наборе точек, строится полиномиальная аппроксимация входной информации $c(\lambda) = \sum_{j=0}^N c_j \lambda^j$, $\lambda \in [0, \lambda_1]$, $h(\lambda) = \sum_{j=0}^N h_j \lambda^j$, $\lambda \in [0, \lambda_2]$, где λ_1, λ_2 – безразмерные значения первой резонансной частоты в случае продольных и изгибных колебаний соответственно. Далее полученные на основе входной информации коэффициенты разложений c_j, h_j приравниваются к их аналитическим выражениям U_{1j}, W_{1j} . В результате формируется и решается система нелинейных алгебраических уравнений относительно неизвестных коэффициентов a_j, b_j .

2. Для того же параметрического представления АЧХ предложен второй подход нахождения параметров, заключающийся в нахождении a_j, b_j при помощи минимизации следующего функционала невязки:

$$\begin{aligned} v(a_j, b_j) = e_1 \sum_{m=1}^M \left(\sum_{n=0}^N (\lambda_m^n U_{1n}(1, \lambda_m)) - c(\lambda_m) \right)^2 + \\ + e_2 \sum_{m=1}^M \left(\sum_{n=0}^N (\lambda_m^n W_{1n}(1, \lambda_m)) - h(\lambda_m) \right)^2; \end{aligned} \quad (7)$$

Здесь $\lambda_m \in [0, \min(\lambda_1, \lambda_2)]$. Минимизация функционала (7) также приводит к системе нелинейных алгебраических уравнений относительно a_j, b_j .

3. Реализована поэтапная реконструкция. Этап 1: Находится среднее значение функции податливости по АЧХ на нулевой частоте. Этап 2: Податливость представляется в виде линейной функции $f(\xi) = f_0 + f_1(\xi - 0.5)$, коэффициенты которой находятся по АЧХ в малой окрестности нулевой частоты с использованием среднего значения, полученного на этапе 1. Этап 3: Податливость представлена в виде разложения по трем квадратичным функциям:

$$\begin{aligned} \varphi_1(\xi) = 2 \left(\frac{1}{2} - \xi \right) (1 - \xi), \quad \varphi_2(\xi) = 4\xi(1 - \xi), \\ \varphi_3(\xi) = -2\xi \left(\frac{1}{2} - \xi \right); \end{aligned} \quad (8)$$

Составляется и минимизируется регуляризованный функционал невязки между аналитическим и измеренным значениями АЧХ. Условие стационарности приводит к системе нелинейных алгебраических уравнений относительно неизвестных коэффициентов.

4. Проанализировав интегралы, входящие в рекуррентные выражения (5), (6), удастся предложить несколько специальных представлений функций f и r , для которых выражения (5) и (6) имеют наиболее простой вид. Так, например, линейно-изменяющаяся податливость ищется в виде $f(\xi) = a_0 + a_1(1/2 - \xi)$ в случае продольных колебаний и $f(\xi) = 2a_0 + a_1(\xi - 1/3)$ в случае изгибных колебаний. Рассматривая мало-меняющиеся функции податливости и плотности, удастся получить приближенные явные выражения для коэффициентов a_j, b_j .

В рамках подходов 1 – 4 проведен ряд вычислительных экспериментов.

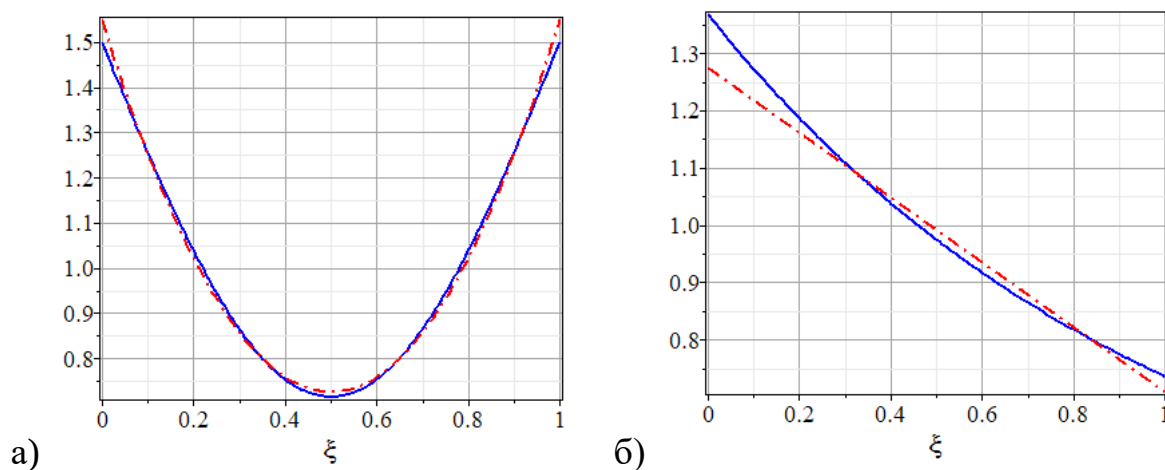


Рис. 1. Пример реконструкции f, r в рамках первого подхода.

Сплошной линией обозначены искомые функции,
штрихпунктирной – восстановленные

Литература

1. Ватульян, А. О. Об одном новом подходе к идентификации неоднородных механических свойств упругих тел / А. О. Ватульян, В. О. Юров // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. – 2024. – Т. 24, № 2. – С. 209–221.
2. Ватульян, А. О. Об определении механических характеристик стержневых элементов из функционально-градиентных материалов / А. О. Ватульян, В. О. Юров // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2021. – № 4. – С. 52–63.

ПЛОТНЫЕ УПАКОВКИ ДИСКОВ И ЭЛЛИПСОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗДОРОВОГО И РАКОВОГО ЭПИТЕЛИЯ

Федоренко К. К.¹, Рошаль Д. С.¹, Рошаль С. Б.¹,
Багдигян С.²

¹ ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
физический факультет,
г. Ростов-на-Дону

² Университет Монпелье, Монпелье, Франция
E-mail: fedorenkokiri@bk.ru

Современные подходы к моделированию эпителиальных тканей рассматривают клеточный пласт как систему взаимодействующих элементов, геометрическая форма которых критически влияет на релевантность модели. В частности, в рамках вершинной модели эпителия [1–4] справедливо, что раковые клетки имеют более удлиненную форму, чем здоровые.

Целью исследования стал поиск корреляций между степенью вытянутости эллипсов и долей клеток, имеющих ровно шесть соседей (P_6). Эта характеристика является маркером упорядоченности эпителия и важна для понимания механики нормальных и раковых тканей.

В данной работе проводится сравнительный анализ двух геометрических моделей: классического подхода, аппроксимирующего клетки упаковкой дисков (кругов) (рис.1. а), и альтернативной модели, представляющей клетки в виде эллипсов (рис 1. б) с варьируемой степенью вытянутости.

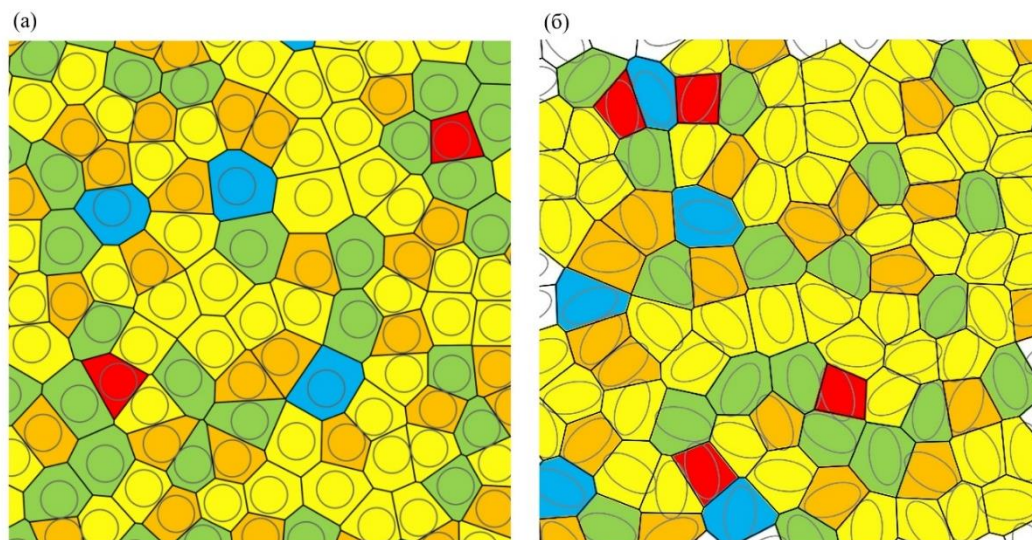


Рис. 1. Фрагмент полигональной упаковки (а) дисков и (б) эллипсов. Красным, оранжевым, желтым, зеленым и голубым цветом показаны ячейки Вороного, имеющие 4, 5, 6, 7, 8 соседей, соответственно

Для статистической достоверности было сгенерировано и проанализировано порядка 1000 синтетических монослоев с различной степенью вытянутости элементов: от круглых дисков до сильно вытянутых эллипсов, с отношением полуосей равным 1:4. Обработка полученных конфигураций выполнялась с помощью оригинального программного обеспечения на языке Python. Алгоритм включал построение триангуляции Делоне по центрам масс фигур и последующее построение диаграммы Вороного, что позволяло определить количество соседей для каждой ячейки.

В результате были получены плотные упаковки эллипсов со значением $P_6 = 0,2-0,512$. Было показано, что увеличение вытянутости эллипсов систематически снижает долю шестиугольных ячеек, что качественно соответствует поведению неупорядоченных систем, таких как раковый эпителий. Однако, количественное сравнение топологических характеристик с реальными фотографиями здоровых (HCerEpiC) и раковых (HeLa) эпителиальных монослоев клеток шейки матки человека выявило, что, несмотря на совпадение доли клеток с шестью соседями, значение полуширины распределения клеток по их площадям несколько расходится с экспериментальными данными для здорового эпителия. Это отклонение принимает схожие по порядку значения с моделью, где упорядочиваются диски. Следовательно, для моделирования здорового эпителия обе модели нуждаются в механизме дополнительного упорядочения, например, в минимизации свободной энергии системы [1, 4].

Таким образом, было показано, что модель псевдослучайных упаковок эллипсов может быть использована в качестве начального приближения для моделей, описывающих топологию реальных эпителиальных слоев. Полученные результаты могут быть использованы для исследования разнообразных тканей в нормальных и патологических условиях.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ 22-12-00105-П.

Литература

1. Roshal, D. S., Lebrun, R., Fedorenko, K., Golushko, I., Rochal, S. B., & Baghdiguian, S. (2025). Multiscale biological systems converge toward universal topology. *Phys. Rev. Research*, 7(3), 033151.
2. Roshal D., Fedorenko K., Martin M., Baghdiguian S., Rochal S. (2024). Topological balance of cell distributions in plane monolayers. *J. Phys.: Condens. Matter*, 36, 265101.
3. Roshal D. S., Azzag K., Fedorenko K. K., Rochal S. B., Baghdiguian S. (2023). Topological properties and shape of proliferative and nonproliferative cell monolayers. *Phys. Rev. E*, 108, 024404.
4. Roshal D. S., Martin M., Fedorenko K., Golushko I., Molle V., Baghdiguian S., Rochal S. B. (2022). Random nature of epithelial cancer cell monolayers. *J. R. Soc. Interface*, 19, 20220026.

ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПОЛОГИИ НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО ЭВОЛЮЦИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ ПЛОСКИХ ЭЛЕКТРОУПРУГИХ ЗАДАЧ

Фоменко Е. И.¹, Оганесян П. А.^{2,1}

¹ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону

²МГУ ППИ,
г. Шэньчжэнь (КНР)

E-mail: elfomenko@sfedu.ru, poganesyan@sfedu.ru

Пакет ACELAN-COMPOS [1] представляет собой программный пакет конечных элементов, предназначенный для решения задач со связанными полями, такими как электроупругие задачи. Поведение упругих и электроупругих тел описывается следующими уравнениями и определяющими соотношениями:

$$\begin{aligned}\rho_j \omega^2 \ddot{\mathbf{u}} - \nabla \cdot \boldsymbol{\sigma} &= \mathbf{f}_j; \nabla \cdot \mathbf{D} = 0; \\ \boldsymbol{\sigma} &= \mathbf{c}_j^E \cdot \boldsymbol{\varepsilon} - \mathbf{e}_j^T \cdot \mathbf{E}; \mathbf{E} = -\nabla \varphi; \\ \mathbf{D} + \zeta_d \dot{\mathbf{D}} &= \mathbf{e}_j \cdot \boldsymbol{\varepsilon} + \vartheta_j^S \cdot \mathbf{E}; \boldsymbol{\varepsilon} = (\nabla \mathbf{u} + \nabla \mathbf{u}^T) / 2,\end{aligned}\quad (1)$$

где $\boldsymbol{\sigma}$ – тензор напряжений, ρ_j – плотность тела, $\boldsymbol{\varepsilon}$ – тензор деформаций, $\mathbf{u}$ – вектор перемещений, $\mathbf{D}$ – вектор электрической индукции, $\mathbf{E}$ – вектор напряженности электрического поля, $\mathbf{f}_j$ – вектор массовых сил, φ – электрический потенциал, $\mathbf{c}_j^E$, $\mathbf{e}_j^T$, ϑ_j^S – тензоры упругих констант, пьезомодулей и диэлектрических проницаемостей, индекс j отвечает номеру тела в модели.

В пакете реализованы треугольные элементы с тремя и шестью узлами. Для треугольного элемента с тремя узлами матрица зависимости деформации от перемещения задается напрямую по формуле. Интегрирование такого элемента проводится по упрощенной одноточечной схеме. Треугольный элемент с шестью узлами задается через функции формы. Каноническая форма элемента – прямоугольный треугольник на плоскости $O\xi\eta$ с точками $\xi_1 = \{0,0\}$, $\xi_2 = \{1,0\}$, $\xi_3 = \{0,1\}$. Для квадратичного элемента добавляются узлы на серединах сторон. Базисные функции для рассматриваемого элемента задаются формулами:

$$\begin{aligned}N_1 &= (1 - 2\xi - 2\eta)(1 - \xi - \eta), \quad N_2 = 2\xi^2 - \xi, \quad N_3 = 2\eta^2 - \eta, \\ N_4 &= 4\xi(1 - \xi - \eta), \quad N_5 = 4\xi\eta, \quad N_6 = 4\eta(1 - \xi - \eta).\end{aligned}\quad (2)$$

Для решения задач топологической оптимизации упругих и электроупругих тел в пакете ACELAN-COMPOS реализован модуль топологической оптимизации на основе модифицированного эволюционного метода. Метод реализует полноценный алгоритм топологической оптимизации,

обеспечивающий постепенное удаление материала из малонагруженных областей при сохранении связности конструкции и контроле объемной доли материала. Показателем неэффективного использования материала является низкий уровень напряжения (или деформации) в этой части. Предпочтительно, чтобы распределение материала было таким, чтобы уровень напряжения в конструкции был близок к предельному, но безопасному значению и равномерно распределялся [2].

Для топологической оптимизации в пакете ACELAN-COMPOS необходимо иметь модель оптимизируемого устройства, а также данные для оптимизации: процент удаляемого материала, функцию для оценки чувствительности элемента и целевую функцию. Для достижения симметричных топологий может задаваться несколько граничных условий, полученные для них решения усредняются. В начале работы задаются начальные параметры – скорость эволюции и порог сходимости, а также сохраняется исходное распределение материалов по элементам, для восстановления удаленные элементов. Процесс оптимизации выполняется до тех пор, пока изменение целевой функции не станет меньше заданного порога или не будет достигнуто максимальное количество итераций. Каждый шаг оптимизации состоит из нескольких этапов.

На первом этапе каждого шага решаются прямые задачи для каждого набора граничных условий, описывающих схему нагружения модели, и находятся значения чувствительности элементов, которые показывают, насколько сильно изменение состояния элемента повлияет на целевую функцию. В качестве функции оценки чувствительности могут выступать: деформации, напряжения или перемещения.

При дискретизации непрерывной структуры на конечные элементы функция чувствительности может иметь разрывы на границах элементов, что ведет к образованию топологии в виде «шахматного поля». Для того чтобы избежать подобного результата используется сглаженная чувствительность элементов с фильтрацией, причем характерный размер фильтра $r_{\min}$ не меняется с изменением сеточного разбиения [3]. Величина $r_{\min}$ создает круговую подобласть Ω_i , центр которой совпадает с центром i -го элемента. Элементы, центры которых расположены внутри Ω_i создают вклад в сглаженную чувствительность i -го элемента согласно формуле

$$\alpha_i = \sum_{j=1}^K w(r_{ij}) \alpha_j^n / K, \quad (3)$$

где K – общее число узлов, содержащихся в подобласти Ω_i , и $w(r_{ij})$ – линейные веса, определяемые как

$$w(r_{ij}) = (r_{\min} - r_{ij}) / r_{\min} \quad (4)$$

Таким образом, сглаживая значения чувствительности по всей области проектирования, схема фильтрации автоматически присваивает ненулевые

значения чувствительности удаленным элементам. Для исключения резких изменений топологии в итерационном процессе используется усреднение индексов чувствительности между текущим и предыдущим шагами оптимизации.

$$\alpha_i = (\alpha_i^k - \alpha_i^{k+1}) / 2, \quad (5)$$

где k – номер текущей итерации. На следующей итерации полагают $\alpha_i = \alpha_i^{k+1}$ и т. д.

На втором этапе вычисляется целевая функция оптимизации, которая вычисляется с помощью проб. В качестве проб могут выступать: объем тела, масса тела, среднее напряжение и другие интегральные характеристики. Далее определяется текущая объемная доля материала в конструкции. Если она превышает целевое значение, скорость удаления увеличивается, а целевая объемная доля на текущую итерацию изменяется. В противном случае, когда текущий объем уже достиг или оказался ниже целевого, скорость удаления снижается до минимальной, а целевой объем приравнивается к конечной цели.

Для принятия решения о том, какие элементы следует удалить или восстановить используется чувствительность элементов. Ключевой этап алгоритма – бинарный поиск порога чувствительности для определения элементов, которые должны остаться в конструкции. На каждой итерации поиска вычисляется средний порог, и формируется пробное состояние конструкции. При этом гарантированно сохраняются все граничные элементы, а также элементы с чувствительностью больше текущего порога. Для каждого пробного состояния проверяется связность полученной конструкции, и лучшее связное состояние сохраняется. В зависимости от полученного объема, корректируются границы поиска, который продолжается до достижения заданной точности.

После нахождения оптимального порога происходит фактическое обновление модели. Чтобы избежать перестановки сетки конечных элементов, удаление материала выполняется путем присвоения удаляемому элементу эффективных свойств псевдоматериала, имитирующего пустоту. История изменения топологии сохраняется для последующего анализа.

Результатом оптимизации в пакете ACELAN-COMPOS является набор файлов для каждого шага оптимизации: сетки в формате .nas для экспорта в сторонние пакеты и в собственном формате .jam на основе синтаксиса JSON для отображения в ACELAN. Файл JAM создается на каждом шаге оптимизации и для каждого набора граничных условий содержит узловые, элементные и модельные решения.

В данной работе рассматривается реализация программного модуля для оптимизации топологии на основе треугольных конечно-элементных сеток. Оптимизация проводится на основе эволюционного метода. Проведены численные эксперименты с плоскими пьезоэлектрическими устройствами.

Обычно в качестве функции чувствительности рассматриваются усредненные элементные напряжения, а в качестве целевой функции – максимальные напряжения по Мизесу.

Исследование выполнено за счет гранта РФФИ № 22-11-00302-П.

Литература

1. *Kurbatova N. V., Nadolin D. K., Nasedkin A. V., Oganessian P. A., Soloviev A. N.* Finite element approach for composite magneto-piezoelectric materials modeling in ACELAN-COMPOS package, *Advanced Structured Materials*, 81, pp. 69 – 88. 2018.
2. *Bendsoe, M. P., Sigmund, O.* Topology Optimization: Theory, Methods and Applications. – Berlin : Springer. 2003.
3. *Шевцов, С. Н., Оганесян, П. А.* Оптимизация топологии конструкций в пакете ABAQUS, *Известия Самарского научного центра РАН*. 6(2), с. 543-549. 2016.

ПРИБЛИЖЕННЫЙ АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД В ЗАДАЧЕ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ МНОГОСЛОЙНЫМИ ПЕРИОДИЧЕСКИМИ СТРУКТУРАМИ, ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Черникова М. В., Сумбатян М. А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Институт математики, механики и компьютерных наук

им. И. И. Воровича,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: masumbatyan@sfedu.ru, machernikova@sfedu.ru

В статье [1] рассматривалась проблема распространения плоских акустических волн через многослойную структуру – многослойный барьер, состоящий из конечного числа параллельных чередующихся твердых и упругих (воздушных) слоев конечной толщины, и получено точное явное аналитическое представление коэффициента прохождения для случая произвольного конечного числа слоев и произвольных значений их толщины, с целью решения практических задач защиты от шума и вибраций.

Настоящая работа является продолжением применения и развития полученных решений в [1] для оценки эффективности звукоизоляции периодических структур, то есть акустических барьеров периодической толщины, в том числе для случая сверхнизких частот.

Рассматриваемая многослойная структура аналогична структуре в [1] и представляет собой набор вертикальных параллельных слоев $N = M - 1$ из чередующихся сред m (где $m = 0, 1, \dots, M$) определенной повторяющейся толщины (l_1 – толщина каждого твердого слоя, l_0 – толщина каждого воздушного слоя) – см. рис. 1.

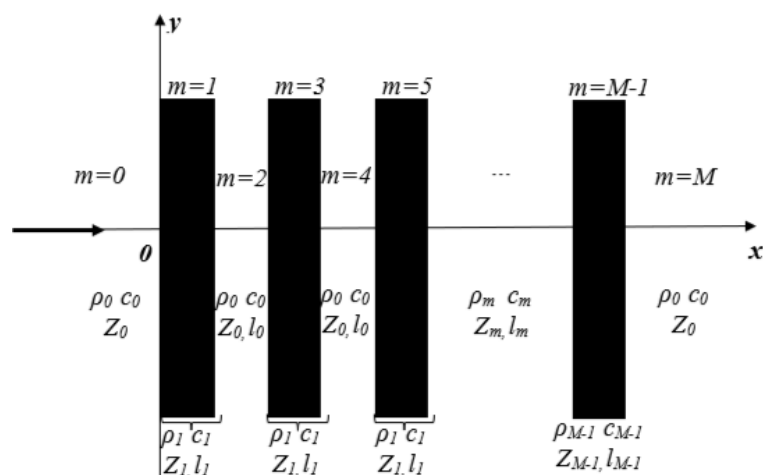


Рис. 1. Прохождение плоской волны через многослойный периодический барьер

Параметры задачи: массовые плотности всех сред ρ_m ; скорости распространения звука в этих средах c_m ; акустические импедансы всех сред $Z_m = \rho_m c_m$, при этом $\rho_M = \rho_0$, $c_M = c_0$, $Z_M = Z_0$, $k_M = k_0$.

Для граничных условий и системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) (13a), (13b), (14a), (14b), (15a), (15b), (16), (17), ранее полученных в [1], главный определитель СЛАУ для периодического многослойного барьера представляет собой трехдиагональный определитель D^M вида (1):

$$D^M = \begin{vmatrix} d_1 & b_2 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ c_2 & \boxed{a_1} & \boxed{b_1} & \boxed{0} & \cdots & 0 \\ 0 & c_1 & \boxed{a_2} & \boxed{b_2} & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & \boxed{c_2} & \boxed{a_1} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \boxed{\vdots} & \boxed{\vdots} & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & 0 & c_1 & a_2 & b_2 \\ 0 & \cdots & 0 & 0 & c_2 & d_M \end{vmatrix}, \quad (1)$$

где

$$\begin{aligned} d_1 &= \left(C_1 - i \frac{Z_0}{Z_1} \right), b_2 = -\frac{Z_1}{Z_0 S_1}, c_2 = -\frac{1}{S_1}, a_1 = \left(\frac{Z_1}{Z_0} C_1 + C_0 \right), b_1 = -\frac{Z_0}{Z_1 S_0}, a_2 = \left(\frac{Z_0}{Z_1} C_0 + C_1 \right), \\ c_1 &= -\frac{1}{S_0}, d_M = \left(\frac{Z_1}{Z_0} C_1 - i \right). \end{aligned} \quad (2)$$

Путем последовательного разложения трехдиагонального определителя D^M сначала по элементам первой, затем последней строки, получено следующее равенство (3):

$$D^M = -d_1 \cdot c_2 \cdot b_2 \cdot K^{M-3} + d_1 \cdot d_M \cdot I^{M-2} + b_2^2 \cdot c_2^2 \cdot L^{M-4} - b_2 \cdot c_2 \cdot d_M \cdot J^{M-3}, \quad (3)$$

где I^{M-2} , L^{M-4} , K^{M-3} , J^{M-3} – некоторые трехдиагональные определители, для которых методом рекуррентных соотношений, предложенным в [2], получены явные выражения:

$$I^{M-2} = a_2 \cdot \frac{\left[|\beta| \cdot e^{iz} \left(|\alpha|^{\frac{M}{2}-1} \cdot e^{-i \left(\frac{M-1}{2} \right) \xi} \right) - |\beta| \cdot e^{-iz} \left(|\alpha|^{\frac{M}{2}-1} \cdot e^{i \left(\frac{M-1}{2} \right) \xi} \right) \right]}{[|\alpha| \cdot e^{-i\xi} - |\alpha| \cdot e^{i\xi}]}, \quad (4)$$

$$L^{M-4} = \frac{\left[|\alpha|^{\frac{M}{2}-1} \cdot e^{-i \left(\frac{M}{2} \right) \xi} - |\alpha|^{\frac{M}{2}-1} \cdot e^{i \left(\frac{M}{2} \right) \xi} \right]}{[|\alpha| \cdot e^{-i\xi} - |\alpha| \cdot e^{i\xi}]} + b_1 \cdot c_1 \cdot \frac{\left[|\alpha|^{\frac{M}{2}-2} \cdot e^{-i \left(\frac{M-2}{2} \right) \xi} - |\alpha|^{\frac{M}{2}-2} \cdot e^{i \left(\frac{M-2}{2} \right) \xi} \right]}{[|\alpha| \cdot e^{-i\xi} - |\alpha| \cdot e^{i\xi}]}, \quad (5)$$

$$K^{M-3} = a_2 \cdot \frac{\left[|\alpha|^{\frac{M}{2}-1} \cdot e^{-i\left(\frac{M-1}{2}\right)\xi} - |\alpha|^{\frac{M}{2}-1} \cdot e^{i\left(\frac{M-1}{2}\right)\xi} \right]}{[|\alpha| \cdot e^{-i\xi} - |\alpha| \cdot e^{i\xi}]} \quad (6)$$

$$J^{M-3} = \frac{a_2}{a_1} \cdot K^{M-3}, \quad (7)$$

где α и β – корни рекуррентных однородных квадратных уравнений, числа ξ и z – аргументы комплексных чисел α и β соответственно.

Далее, применяя правило Крамера, можно найти переменную G_M и явное решение для коэффициента прохождения T :

$$\Delta^M = -2c_1^{\frac{M}{2}-1} c_2^{\frac{M}{2}}, G_M = \frac{\Delta^M}{D^M} \rightarrow T = -iG_M = -2i \cdot \frac{c_1^{\frac{M}{2}-1} c_2^{\frac{M}{2}}}{D^M} = \frac{-2i}{(-S_0)^{\frac{M}{2}-1} (-S_1)^{\frac{M}{2}} D^M}. \quad (8)$$

С помощью построенного явного решения получены оценки звукоизоляции (в дБ) для примеров структур из [1]. Наличие критических частот (частот, при которых функция меняет характер с осциллирующего на монотонно убывающий) в диапазоне от 1 Гц до 200 Гц при $N > 1$ связано с наличием комплексных решений с мнимой частью рекуррентных уравнений. Затухающий и осциллирующий характеры функции коэффициента прохождения, в рамках линейной теории, обусловлены свойствами многослойного барьера, поэтому особый интерес представляет рассмотрение низкочастотного случая нормального прохождения плоской волны.

Для малых значений волнового числа $kl \ll 1$ и $\frac{Z_1}{Z_0} \gg 1$ рассмотрены предельные случаи затухания, при которых коэффициент отражения близок к единице $r \rightarrow 1$, а коэффициент прохождения стремится к нулю $t = \sqrt{1-r^2} \rightarrow 0$. Из граничных условий [1] выражается приближенная оценка коэффициента $|t^*|$ однослойного барьера ($N_s=1$, где N_s – количество твердых слоев):

$$|t^*| = \frac{1}{\sqrt{\cos^2(k_1 l_1) + \left(\frac{Z_1}{2Z_0}\right)^2 \sin^2(k_1 l_1)}}. \quad (9)$$

Используя выражение энергетического баланса, находится оценка амплитуды отраженного излучения от однослойного барьера $r^* (N_s = 1)$:

$$r^* = \sqrt{1-|t|^2} = \frac{|\sin(k_1 l_1)| \sqrt{\left(\frac{Z_1}{2Z_0}\right)^2 - 1}}{\sqrt{\cos^2(k_1 l_1) + \left(\frac{Z_1}{2Z_0}\right)^2 \sin^2(k_1 l_1)}} \approx \frac{\frac{Z_1}{2Z_0} |\sin(k_1 l_1)|}{\sqrt{\cos^2(k_1 l_1) + \left(\frac{Z_1}{2Z_0}\right)^2 \sin^2(k_1 l_1)}}. \quad (10)$$

Рассматривая последовательно случаи $N = 3$, $N = 5$, $N = 7$, получена амплитуда коэффициента прохождения как бесконечный сходящийся ряд, модуль суммы которого для общего случая $N_s = M/2$ равен

$$|T_{Ns}| = \frac{|t^*|^{Ns}}{[1 + r^{*4} - 2r^{*2} \cos(2k_0 l_0)]^{(Ns-1)/2}}. \quad (11)$$

При $r \rightarrow 1$ и $\lim_{k_1 l_1 \rightarrow 0} \sin(k_1 l_1) = k_1 l_1$ получена приближенная оценка решения (12):

$$|T_{Ns}| = \frac{|t^*|^{Ns}}{[1 + r^{*4} - 2r^{*2} \cos(2k_0 l_0)]^{(Ns-1)/2}} \approx \frac{2^{Ns} Z_0^{Ns}}{(Z_1 k_1 l_1)^{Ns} 2^{Ns-1} (k_0 l_0)^{Ns-1}} = \frac{2Z_0^{Ns}}{(Z_1 k_1 l_1)^{Ns} (k_0 l_0)^{Ns-1}}. \quad (12)$$

На графике ниже показана эффективность звукоизоляции на сверхнизких частотах для примеров [1] с применением построенных явных и приближенных методов (11), (12) – пунктирные и штрихпунктирные кривые соответственно.

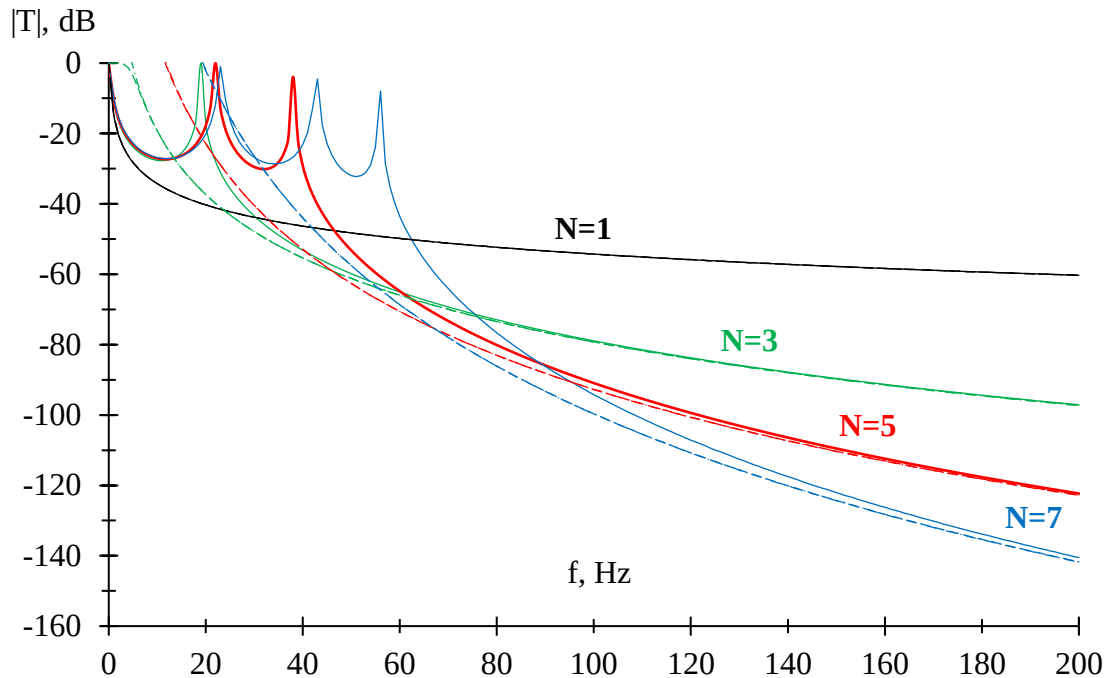


Рис. 2. Оценка эффективности звукоизоляции с применением явных и приближенных методов

Из рисунка 2 видно, что построенный приближенный метод для диапазона частот (60 ÷ 200) Гц, в зависимости от количества слоев, является «рабочим», а, следовательно, эффективным при решении задач звукоизоляции с применением многослойных барьеров, позволяя выбирать оптимальные конструкции при проектировании.

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (РНФ), проект № 25-21-00139, выполняется в Южном федеральном университете.

Литература

1. *Sumbatyan, M., Chernikova, M.* Explicit analytical representation for a transmission coefficient in the normal wave propagation through a multi-layered solid-fluid structure. *Continuum Mech. Thermodyn.* 37, 57 (2025).
2. *Проскуряков И. В.* Сборник задач по линейной алгебре. Учебное пособие для вузов. Изд. 16, стер. С.-Петербург: Лань, 2022. 476 с.
3. *Scarpetta, E., Sumbatyan, M. A.:* On wave propagation in elastic solids with a doubly periodic array of cracks. *Wave Motion.* 25, 61–72 (1997).

МЕТОДОЛОГИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ КОМПЕНСАЦИИ ГЛОБАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ КАМЕРЫ

Шишкина А. Д.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: shis@sfedu.ru*

Задача обнаружения движущихся объектов – одна из фундаментальных тем в области компьютерного зрения. Для решения подобных задач в настоящее время принято использовать различные модели глубокого обучения и нейросетевые алгоритмы, например YOLO или Faster-CNN, описанные в работах [1,2], так как они демонстрируют высокий уровень точности детекции целей. Однако использование подобных методов также сопряжено с рядом недочетов, указанных в научном обзоре [3]: серьезная вычислительная сложность, продолжительное время обработки кадра, необходимость в подготовке специализированных обучающих выборок, адаптированных под конкретный тип объекта, например, животное, человек или транспортное средство и уникальный сценарий наблюдения. Все перечисленные ограничения затрудняют использование подобных моделей в оптико-электронных системах реального времени, где требуются высокая скорость анализа в сочетании с ограниченными вычислительными ресурсами.

Наиболее распространенным методом для решения выделенной проблемы, согласно статье [4], считается вычисление разности между идущими подряд фреймами видеопотока. Однако он демонстрирует устойчивые и корректные результаты в условиях идеально неподвижной сцены и статичного фона, в более сложных случаях панорамирования и тряски камеры разность наблюдаются во всех пикселях изображения, что приводит к многочисленным ложным срабатываниям. В данной работе рассматривается алгоритм выявления движущихся объектов путем вычисления разности кадров с компенсацией глобального движения сцены. Реализация алгоритма выполнена на языке программирования C++(17) с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV и фреймворка Qt5 для создания адаптивных экранов приложения.

На первом этапе алгоритма производится непосредственная оценка глобального движения в кадре. Для этого на изображении выделяются устойчивые, различимые характерные точки с использованием алгоритма Good Features to Track (Shi–Tomasi), описанного в работе [5]. Благодаря использованию матрицы градиентов и минимального порога он обеспечивает выделение локальных областей с выраженной структурой интенсивности,

необходимых для дальнейшего сравнения кадров видеопотока. Затем используется метод Lucas–Kanade [6], который позволяет определить смещение выбранных характерных точек в последовательных фреймах и установить соответствия между их положениями. Таким образом, формируется набор пар характерных точек, описывающих смещение отдельных участков изображения.

На основе полученного набора производится оценка аффинного преобразования, описывающего глобальное изменение сцены между фреймами:

$$T = \begin{pmatrix} a & b & t_x \\ c & d & t_y \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где t_x, t_y – смещение изображения,

a, b, c, d – параметры вращения и масштабирования.

Поскольку среди выведенных соответствий могут присутствовать ошибочные точки, для повышения устойчивости оценки параметров преобразования применяется метод RANSAC (Random Sample Consensus), предложенный в работе [7].

После оценки параметров межкадрового смещения выполняется стабилизация изображения. Для этого текущий кадр преобразуется в систему координат предыдущего, что позволяет компенсировать влияние движения камеры на анализ и выявление целей.

Листинг 1. C++, Преобразование кадра в с.к. предыдущего

```
cv::Mat A_inv;
cv::invertAffineTransform(A, A_inv);

cv::warpAffine(currImg, currAligned, A_inv, prevImg.size(),
cv::INTER_LINEAR, cv::BORDER_REPLICATE);
```

На следующем этапе выполняется вычисление разности между стабилизированным текущим кадром и предыдущим:

$$D = |I_t^{aligned} - I_{t-1}|, \quad (2)$$

где I_{t-1} – предыдущий кадр,

I_t – текущий кадр.

В результате операции формируется карта различий, отражающая потенциальные области движения в сцене. Впоследствии она преобразуется в бинарное изображение с использованием пороговой функции:

$$B(x, y) = \begin{cases} 1, & D(x, y) > T \\ 0, & D(x, y) \leq T \end{cases}, \quad (3)$$

где T – пороговое значение.

Пороговая функция позволяет отделить области значимых изменений в полученном изображении от несущественных фоновых шумовых движений. Также для дополнительного подавления шумовых артефактов и объединения близких пикселей применяется морфологическая операция дилатации. Далее производится поиск связных компонент и формирование областей, соответствующих движущимся целям, приведенный в листинге 2. Для каждой пространственной области производится поиск ограничивающего её прямоугольника. Полученные прямоугольные области рассматриваются как кандидаты на движущиеся объекты и выводятся на экран. Образец возможного выделения целей показан на рисунке 1.



Рис. 1. Образец выделения цели в приложении

Листинг 2. C++, Поиск контуров

```
findContours(thresh, contours, RETR_EXTERNAL, CHAIN_APPROX_SIMPLE);

std::vector<Rect> rects;
for (int i = 0; i < (int)contours.size(); i++)
{
    rects.push_back(boundingRect(contours[i]));
}

std::vector<Rect> unionContours = ContoursUnion(rects);

if (objects_.size() == 0)
{
    objects_ = unionContours;
    lifeTime_.resize(objects_.size());
}
else
{
    FramesUnion(unionContours);
    objects_ = SimpleContoursUnion(objects_);
    DeleteOldCountours(output);
}
```

Описанный алгоритм детекции объектов использует разность кадров и компенсацию глобального движения сцены, позволяя существенно уменьшить количество ложных срабатываний при использовании камеры или тепловизионных устройств в подвижных, динамических системах. Он обладает высокой скоростью работы, поскольку основан на простых математических операциях: получение и преобразование оптического потока с медиаустройств, аффинных преобразованиях, разности кадров и морфологической обработки. А также в отличие от нейросетевых общеупотребимых методов, предложенный подход обладает низкими требованиями к аппаратному оборудованию, не требует предварительного процесса обучения и может быть эффективно и быстро внедрен в системы слежения реального времени.

Литература

1. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. – You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection [Электронный ресурс]: <https://arxiv.org/abs/1506.02640>.
2. Girshick R. – Fast R-CNN / Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV) [Электронный ресурс]: <https://arxiv.org/abs/1504.08083>.
3. Rawat W., Wang Z. Deep Convolutional Neural Networks for Image Classification: A Comprehensive Review // Neural Computation. – 2017. – Vol. 29, № 9. – pp. 2352–2449.
4. Bouwmans T. Traditional and Recent Approaches in Background Modeling for Foreground Detection: An Overview // Computer Science Review. – 2014. – Vol. 11–12. – pp. 31–66.
5. Shi J., Tomasi C. Good Features to Track. Proceedings of CVPR, 1994
6. Lucas B., Kanade T. An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision. IJCAI, 1981.
7. Fischler M., Bolles R. Random Sample Consensus (RANSAC). Communications of the ACM, 1981.

СЕКЦИЯ 3.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

КОНТРОЛИРУЕМОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ ПРОГРАММИРОВАНИЮ

Абрамян В. М.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону*

E-mail: vikabramyan@sfedu.ru

1. Введение. Развитие больших языковых моделей (Large Language Models, LLM) привело к тому, что такие системы стали заметным инструментом в образовательной практике. Они способны генерировать объяснения, примеры, ответы на вопросы и программный код, поэтому всё чаще используются студентами при изучении различных дисциплин, в том числе программирования. Вместе с тем их включение в учебный процесс ставит ряд педагогических вопросов, особенно в тех случаях, когда использование таких систем остаётся вне методического контроля.

Одна из главных проблем: LLM могут выдавать студенту уже готовое решение. В обучении программированию это снижает самостоятельную активность – студент получает результат, не пройдя полностью через анализ условия, построение алгоритма и проверку своего кода. К тому же ответы модели не всегда соответствуют логике конкретного курса. В них могут всплывать конструкции или методы, которые ещё не проходили на занятиях, и это мешает последовательному освоению материала. А ещё ответы LLM по своей природе вероятностны, поэтому в них возможны неточные объяснения, неудачные формулировки и ошибки в коде – а значит, в образовательной среде с ними нужно обращаться осторожно [1, 2].

Поэтому особенно важно найти такие способы встроить LLM в обучение, чтобы использовать их возможности, но при этом не ломать структуру курса и не снижать активную роль студента. В этой работе мы рассматриваем подход к обучению программированию, где LLM используются контролируемо – прямо в рамках учебного процесса.

2. Педагогические проблемы неконтролируемого использования LLM. Если применять языковые модели в обучении программированию бесконтрольно, возникает несколько серьёзных рисков.

Первый: LLM могут сами выдавать готовые решения. Студент получает результат, не разбирая условие, не продумывая алгоритм и не проверяя программу. Это снижает вовлечённость и мешает формированию базовых навыков алгоритмического мышления.

Второй: использование LLM может ломать логику изучения материала. В начальных курсах программирования новые понятия вводятся последовательно. Но языковая модель не привязана к структуре конкретного курса и может предлагать решения с ещё не пройденными конструкциями, библиотеками или слишком сложными приёмами. Для начинающих это когнитивная перегрузка и проблемы с усвоением основ.

Третий: вероятностный характер генерации. Ответы LLM строятся на статистике обучающих данных, поэтому в них бывают неточные формулировки, ошибочные объяснения и некорректный код [1, 2]. В образовательной практике это требует осторожности и педагогического контроля.

В итоге применение LLM в обучении программированию должно опираться на методические решения, которые сохраняют управляемость учебного процесса и активную роль студента.

3. Модель контролируемого использования LLM. Чтобы снизить описанные риски, в курсе «Основы программирования на Python» мы поступили иначе: языковая модель здесь – не универсальный источник информации, а управляемый учебный инструмент, встроенный прямо в структуру курса.

Взаимодействие с системой построено на разделении двух сценариев: лекционного и консультативного.

Лекционный режим – для изучения теории. LLM-ассистент работает как лектор, опираясь на заранее подготовленную базу знаний. Материал разбит на темы, которые открываются студентам в заданном порядке. Модель придерживается структуры курса: не меняет последовательность изложения и не вводит ещё не пройденные языковые конструкции. При этом студент может задавать уточняющие вопросы по уже изученному материалу.

Консультативный режим – для практических заданий. Здесь LLM выступает учебным консультантом, который помогает решать задачи. Поддержка строится на принципе минимальной достаточной помощи: сначала модель уточняет, с чем возникла трудность, затем даёт подсказку или общий план решения, и только при необходимости – небольшой фрагмент кода. Полные решения не выдаются, так что студент остаётся активным участником процесса.

Такое разделение позволяет использовать LLM в обучении, сохраняя педагогический контроль над тем, что и в каком объёме помогает модель.

4. Организация учебного процесса. Как уже было сказано выше, эта модель была реализована в курсе «Основы программирования на Python» для первокурсников педагогического бакалавриата. Учебный процесс построен так, чтобы языковая модель поддерживала обучение, но не подменяла самостоятельную работу студентов.

Каждая тема начинается с теории. Для этого используется LLM-ассистент в лекционном режиме: студенты сами знакомятся с новой темой, изучают материал и при необходимости задают уточняющие вопросы. Такой формат позволяет вынести большую часть теории на самостоятельное изучение, а аудиторное время оставить в основном для практики.

После теории студенты проходят первичное тестирование прямо внутри ассистента – базовые вопросы по теме для проверки понимания основных понятий. Затем для закрепления материала есть более развёрнутый тест в системе Moodle. Он не ограничен по времени и допускает сколько угодно попыток, так что его можно использовать для повторения и самопроверки.

Практические задания выполняются на занятиях и постепенно усложняются по ходу курса. В процессе работы студенты могут обращаться к LLM-консультанту, который помогает с затруднениями. Система не выдаёт готовых решений, только подсказки и рекомендации, чтобы студент мог сам завершить работу над программой.

Проверку выполненных заданий проводит преподаватель через Moodle. Если студент не успевает закончить работу на занятии, можно доделать ее самостоятельно и отправить решение позже. В итоге курс сочетает самостоятельное изучение теории, проверку понимания и практическую работу под контролем преподавателя.

5. Ограничения и перспективы метода. У предложенной модели есть несколько ограничений.

Первое – нужна предварительная подготовка учебных материалов. Для корректной работы лекционного режима требуется структурированная база знаний, включающая следующий контент: конспекты тем, примеры кодов, тестовые задания. На подготовку всего вышеперечисленного требуются существенные трудозатраты преподавателя.

Второе ограничение связано с настройкой системных инструкций и параметров работы LLM. Для того, чтобы ассистент выполнял ожидаемые от него действия, требуется правильно задать следующие параметры: границы предметной области; допустимый уровень помощи; последовательность изложения. У преподавателей без опыта работы с большими языковыми моделями это может вызвать некоторые затруднения.

Кроме того, такая модель зависит от внешней цифровой инфраструктуры. Консультативный модуль требует размещения на сервере, а также использования API языковой модели, что накладывает определенные финансовые затраты.

Однако стоит отметить и перспективы такого подход. И первая из них – это логирование того, как студенты взаимодействуют с системой. Благодаря этим данным преподаватель сможет выявлять типичные затруднения, обновлять базу знаний и улучшать механизмы поддержки. Сама же система, обладая краткой историей запросов каждого обучающегося, станет куда более персонализированной.

6. Заключение. Мы рассмотрели подход к использованию больших языковых моделей в обучении программированию, при котором они контролируемо встраиваются в учебный курс. LLM здесь выступает не удобный способ поиска информации в интернете, а как управляемый образовательный инструмент.

Главная идея состоит в том, чтобы разделить функции модели на два режима: лекционный и консультативный. Первый помогает осваивать теоретическую часть курса, не нарушая логики повествования, а второй, работая по принципу минимально достаточной помощи, консультирует обучающихся при решении практических задач.

Реализация модели показала, что, не ломая методическую логику обучения, LLM можно использовать не только в начальном курсе программирования, но и в других дисциплинах, в которых требуется строгая последовательность изучения материала и относительная самостоятельность обучающегося при решении практических задач.

Литература

1. Bai, Y., Kadavath, S., Kundu, S., Askell, A., Kernion, J., Jones, A., Chen, A., Goldie, A., Mirhoseini, A., McKinnon, C., Chen, C., Olsson, C., Olah, C., Hernandez, D., Drain, D., Ganguli, D., Henighan, T., Mann, B., Perez, E., Schiefer, N., Kaplan, J., Amodei, D. Constitutional AI: Harmlessness from AI Feedback / Yuntao Bai et al. // arXiv preprint arXiv:2212.08073. – 2022.
2. Kasneci, E. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education / E. Kasneci, K. Sessler, A. Küchemann et al. // Learning and Individual Differences. – 2023. – Vol. 103. – Art. No. 102274.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ: ВОЗМОЖНОСТИ И БАРЬЕРЫ ВНЕДРЕНИЯ

Бойко А. О.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: aliboi@sfedu.ru*

В последние годы в образовательной системе растет интерес к внедрению новых методов обучения, которые способствуют развитию у обучающихся навыков анализа и решения задач. Современное школьное образование направлено не только на формирование каких-то базовых знаний, но и на умение применять свои знания для решения практических или прикладных задач. Одним из таких методов является математическое моделирование, с помощью которого можно глубже понять процессы или явления, а также применять полученные знания на практике.

Математическое моделирование представляет собой процесс построения и изучения моделей, отражающих реальные объекты с помощью математических средств. Это позволяет формализовать исследуемую ситуацию, выделить основные параметры и связи между ними, а также прогнозировать поведение системы в различных условиях. Создание модели является необходимым этапом изучения сложных явлений природы и общества. Реальные объекты и процессы часто слишком сложны для непосредственного изучения; моделирование позволяет упростить их и изучать только определенные аспекты, существенные для решения конкретной задачи [1].

Роль математического моделирования в образовательном процессе заключается в развитии у учащихся навыков анализа, абстрагирования и решения нестандартных задач. Использование моделей способствует формированию системного мышления, учит видеть взаимосвязи между различными элементами и оценивать последствия принимаемых решений. Кроме того, освоение основ моделирования готовит школьников к дальнейшему изучению информатики, физики, экономики и других дисциплин, где подобные методы широко применяются. Моделирование выступает тем мостом, который соединяет абстрактные математические знания с реальными жизненными ситуациями, будь то прогноз погоды, расчет бюджета или проектирование технического устройства.

Включение математического моделирования в школьный курс информатики осуществляется с помощью различных методических подходов. Наиболее распространёнными являются проектная деятельность, использо-

вание компьютерных симуляций и работа с программными средствами моделирования. Учителя применяют задачи на построение и анализ моделей, а также интегрируют моделирование в изучение алгоритмов и основ программирования.

На практике это может выглядеть следующим образом: на уроках информатики школьники могут создавать модели движения тел в среде электронных таблиц, разрабатывать простейшие имитационные модели в среде Scratch или Python, исследовать математические модели из курса физики (например, радиоактивный распад или колебания маятника) с помощью специализированного программного обеспечения. Такой подход позволяет сделать обучение более практико-ориентированным и интересным для школьников.

Преимущества внедрения моделирования проявляются в развитии у учащихся критического мышления, умении анализировать сложные ситуации и принимать обоснованные решения. Работа с моделями способствует лучшему усвоению материала, формирует межпредметные связи и позволяет применять полученные знания на практике. Кроме того, моделирование помогает подготовить школьников к современным требованиям рынка труда, где ценятся навыки работы с данными, анализом и прогнозированием. Эффективность таких подходов подтверждается исследованиями в области педагогики и методики преподавания информатики.

Барьеры внедрения:

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение математического моделирования в школьную практику сталкивается с рядом трудностей. К основным проблемам относятся:

1. **Кадровый дефицит.** Недостаточная подготовка педагогов является, пожалуй, самым серьезным препятствием. Многие учителя информатики сами не владеют в полной мере методами моделирования или не знают, как доступно объяснить эти сложные концепции школьникам.
2. **Методическая ограниченность.** Наблюдается острая нехватка качественных учебно-методических материалов, готовых сценариев уроков и дидактических разработок, адаптированных под разные возрастные группы и уровень подготовки учащихся.
3. **Организационные сложности.** В учебной программе катастрофически не хватает времени на глубокое изучение моделирования. Зачастую эта тема рассматривается поверхностно, в конце учебного года, когда ни у учителей, ни у учеников уже нет сил на серьезные проекты.
4. **Психолого-педагогические трудности.** Зачастую учителя испытывают затруднения при объяснении абстрактных понятий моделирования, а школьники сталкиваются с трудностями при переходе от теории к практике. Разрыв между математической формализацией и её программной реализацией оказывается слишком велик для среднестатистического ученика.

Для успешного внедрения моделирования необходим комплексный подход. В первую очередь рекомендуется проводить систематическую подготовку учителей через курсы повышения квалификации, мастер-классы и стажировки, где педагоги сами смогут погрузиться в проектную деятельность.

Не менее важно разрабатывать доступные и наглядные учебные материалы: банки задач, шаблоны проектов, видеоуроки и интерактивные рабочие тетради. Целесообразно интегрировать моделирование не как отдельную тему, а как сквозной метод, пронизывающий различные разделы курса информатики от программирования до обработки числовых данных.

Важно использовать современные программные средства, позволяющие визуализировать процессы и облегчать понимание материала. Это могут быть как профессиональные пакеты (Wolfram Alpha, MATLAB в упрощенном режиме), так и доступные школьные среды (Lazarus, среда КуМир, электронные таблицы Excel или её аналоги). Кроме того, целесообразно поощрять проектную деятельность и работу в группах, что способствует развитию коммуникативных и исследовательских навыков. Данные рекомендации поддерживаются в работах отечественных специалистов по методике преподавания информатики, таких как Босова Л. Л., Лапчик М. П. и другие. [2, 3]

Математическое моделирование – это не просто дань образовательной моде, а насущная необходимость для подготовки выпускников, способных жить и работать в цифровом обществе. Несмотря на серьезные барьеры от нехватки времени до слабой подготовки педагогов существуют реальные пути их преодоления. Ключевым условием успеха является системная работа, включающая переподготовку учителей, создание качественного методического обеспечения и широкое внедрение проектных форм работы. Только при выполнении этих условий математическое моделирование займет достойное место в школьном курсе информатики и будет эффективно работать на развитие личности ученика [4].

Рассматривая теоретические аспекты, нельзя не обратиться к собственной практике. Недавно я провела урок, посвященный основам математического моделирования, в обычном школьном классе. До этого момента мне казалось, что термин «моделирование» звучит для детей слишком сложно и академично, и они не имеют о нем никакого представления. Однако реальность оказалась интереснее.

Когда мы начали разбирать задачу про планирование поездки (расчет времени, скорости, стоимости бензина и количества остановок), я с удивлением обнаружила, что у детей уже есть бытовое представление о моделировании. Они не знали научного определения, но отлично понимали, что мы упрощаем реальность: мы не учитываем погоду или настроение водителя, а берем только главные цифры. Одна ученица даже сказала: «Это как в играх-симуляторах, только с формулами». Этот момент стал для меня открытием

современные дети, окруженные цифровым миром, интуитивно чувствуют принципы работы моделей, даже если не могут их сформулировать.

Следует отметить, что интерес к основам математического моделирования был неожиданно высоким, но избирательным. Школьникам было очень интересно обсуждать постановку задачи и конечный результат. Например, когда мы моделировали доходы от продажи лимонада в зависимости от цены и погоды, ребята включились в игру с азартом. Это была для них не абстрактная математика, а почти бизнес-планирование.

Однако трудности возникли именно в середине процесса на этапе математической формализации и переноса формул в компьютер. Как только нужно было от слов «если жарко, то продаж больше» перейти к конкретному коэффициенту в уравнении или написать формулу в Excel, интерес части класса резко угасал. Основная сложность для школьников заключалась в разрыве между образом (картинкой в голове) и его строгим математическим описанием. Им трудно было понять, почему красивая жизненная история вдруг превращается в скучный набор цифр и ячеек. Именно здесь требуется максимальная помощь учителя, чтобы этот переход не убил мотивацию [5, 6].

Таким образом, небольшой опыт преподавания показал: школьники имеют смутное, но верное интуитивное представление о моделировании. Им интересно, потому что это про жизнь. Но главная трудность не в отсутствии интереса, а в сложности перевода жизненной ситуации на строгий математический язык, к которому они часто оказываются не готовы психологически и методически.

Литература

1. Самарский, А. А., Михайлов, А. П. Получение моделей из фундаментальных законов природы / А. А. Самарский, А. П. Михайлов [Текст] // Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры.. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. С. 58–76.
2. Босова Л. Л. Информатика. 11 класс: учебник / Л. Л. Босова, А. Ю. Босова. – 6-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. – 172 с
3. Ершов, А. П. Основы информатики и вычислительной техники. Части 1, 2. [Текст] Пробное учебное пособие для средних учебных заведений / А. П. Ершов, В. М. Монахов, С. А. Бешенков, Я. Э. Гольц, А. А. Кузнецов, Э. И. Кузнецов, М. П. Лапчик, А. С. Лесневский, Ю. А. Первин, Д. О. Смекалин. Под редакцией А. П. Ершова и В. М. Монахова. – Москва: Издательство «Просвещение», 1985. – 139 с.
4. Штепа Ю. П., Стекольников Н. С. Развитие познавательного интереса школьников на уроках информатики с использованием интерактивных заданий // Вестн. Приамурского гос. ун-та им. Шолом-Алейхема. 2020. № 1 (38). С. 124–131.

5. *Захарова, И. Г.* Информационные технологии в образовании: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений [Текст] / И. Г. Захарова – М.: Изд. центр Академия, 2003. – 192 с.
6. *Поляков К. Ю.* Информатика. 10 класс: учебник / К. Ю. Поляков, Е. А. Еремин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019. – 59 с.

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ УЧИТЕЛЕЙ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ К АНАЛИЗУ УЧЕБНЫХ ДАННЫХ

Глазко И. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича
E-mail: iglazko@sfedu.ru*

Цифровизация является важнейшим двигателем развития современной системы образования. По мере интенсивного внедрения в образовательный процесс цифровых технологий, происходит интеграция большого объема информации в традиционное обучение. Исследованием этого вопроса и занимается анализ учебных данных.

Согласно посланию президента РФ Федеральному собранию о формировании цифровых платформ в отраслях экономики и социальной сферы уделяется особое внимание решению задач в рамках проекта «Экономика данных» [4]. Проект предполагает развитие цифровых платформ посредством внедрения искусственного интеллекта и обеспечение технологического суверенитета в генеративном искусственном интеллекте и языковых моделях. В соответствии с этим появляется множество задач, которые касаются и системы образования. В связи с широким распространением элементов электронного обучения возникает необходимость к формированию и накоплению учебных данных и образовательных результатов. В частности, подготовка будущих учителей математики и информатики требует необходимой базы для работы с большими объемами учебных данных.

Учебные (образовательные) данные – это данные об образовательных результатах обучающихся, развития образовательных систем, условиях образования [1]. Для будущих учителей математики и информатики работа с учебными данными должна отражать их практический уровень: сбор «сырых» данных, их первичная обработка, подготовка данных к анализу, анализ данных, интерпретация результатов.

В рамках многочисленных исследований можно отметить значимый вклад как отечественных, так и зарубежных ученых. Например, работы С. И. Барцева, П. Дж. Вербоса, Н. Вапникова, А. И. Галушкина, А. Н. Горбань, С. Пайперт, Б. Уидроу и др. посвящены интеллектуальному анализу данных; работы Р. Алмонда, Г. А. Атанова, М. Десмаре, Е. Миллан, Д. Рей и др. исследуют методы моделирования учебного процесса; разработкой подходов к решению проблем, связанных с анализом образовательных данных занимались Р. Бейкер, П. Л. Брусиловский, С. Вентура, Л. С. Лисицина и др.

В условиях современного образования ключевую роль играют новые подходы к организации обучения на основе концепции «больших данных в образовании». Как следствие важную роль приобретают новые компетентности профиля педагогической деятельности, одной из которых является «цифровой куратор» [3]. Согласно профстандарту основной задачей цифрового куратора является консультация в области цифровой грамотности и применения ИКТ-технологий. Однако для учителя математики и информатики этого недостаточно. В связи с этим появляются новые программы профессионального развития педагогов, связанные с управлением образованием на основе данных, где важную роль играет возможность сформировать аналитические навыки, в том числе и у студентов-педагогов первых курсов бакалавриата.

Особенность подготовки будущих учителей математики и информатики к анализу данных должна включать:

- владение навыками постановки задач;
- владение навыками сбора данных;
- умение анализировать информацию, моделировать и выявлять закономерности в ходе исследования;
- умение визуализировать информацию для представления результатов исследования;
- умение формулировать выводы, принимать обоснованные решения и предлагать стратегии развития, в частности образовательной среды.

Практико-ориентированное применение технологий анализа данных позволит педагогу анализировать такие учебные данные как, вовлеченность детей в программы дополнительного образования, результаты освоения школьниками образовательных программ, что может способствовать корректировке и проектирования индивидуальных образовательных траекторий и в дальнейшем возможному выбору профильного образования [2].

Стоит отметить также актуальность развития такой области знания, как «Педагогика, основанная на данных (Data Driven Pedagogy)». По своей структуре она включает следующую группу методов:

- прогнозирование на основе анализа учебных данных;
- выявление и описание логической структуры учебных данных;
- выявление взаимосвязей между переменными в образовательных данных [2].

Рассматриваемые методы позволяют эффективно реализовывать процесс принятия решений для улучшения организации учебного процесса, а также повысить качество образовательных результатов. Однако особенностью в подготовке будущих педагогов является акцент не на математической сложности. Прежде всего важно сформировать базу умений и навыков для интерпретации результатов, полученных в ходе исследований.

Особенность подготовки будущих учителей математики и информатики к анализу данных предполагает включение специальных дисциплин, которые могут быть реализованы в качестве факультативных курсов. В процессе обучения студенты смогут овладеть необходимыми навыками для работы с учебной информацией, умениями их визуализировать, а также сформируют базу знаний в прогнозировании и выявлении закономерностей в структуре учебных данных.

Разработка факультативного курса предполагает содержание по модулям, каждый из которых будет разбит по спринтам:

- 1) **Модуль 1** «Основы анализа данных с помощью SQL и DataLens»
- 2) **Модуль 2** «Основы анализа данных с помощью Python»
- 3) **Модуль 3** «Основы статистического анализа данных».

Таким образом, для решения проблемы подготовки будущих учителей математики и информатики к анализу учебных данных целесообразно обеспечить их необходимой базой знаний, умений и навыков, поскольку в условиях цифровой трансформации образования появляются новые требования к информационно-аналитической компетентности педагога. Благодаря интеграции методов анализа данных в учебный процесс появится возможность лучше понимать образовательные потребности обучающихся, тем самым создавая персонализированную среду обучения.

Литература

1. Фиофанова, О. А. SMART BIG DATA В ПУБЛИЧНЫХ ДОКЛАДАХ // Образовательная политика. 2020. № 4 (84).
2. Фиофанова, О. А. Анализ больших данных в сфере образования: методология и технологии: монография / О. А. Фиофанова. – М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2020. – 200 с.
3. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 31 октября 2018 г. № 682н Об утверждении профессионального стандарта «Консультант в области развития цифровой грамотности населения (цифровой куратор)» [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/72108006/> (дата обращения 13.03.2026).
4. Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 29.02.2024 «Послание Президента Федеральному Собранию» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_471111/ (дата обращения 13.03.2026).

АНАЛИЗ ТИПИЧНЫХ ОШИБОК ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ЕГЭ ПО ИНФОРМАТИКЕ НА PASCALABC.NET И МЕТОДИКА ИХ ПРОФИЛАКТИКИ

Горюшкина О. А.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: goryushkina@sfedu.ru*

Выбор такого предмета как информатика и ИКТ для сдачи единого государственного экзамена является достаточно распространённым среди выпускников школ. Однако в противовес растущему количеству сдающих, средний тестовый балл стал меньше по сравнению с 2022 и 2023 годами [3], что связано с усложнением заданий второй части и недостаточной подготовкой учащихся к решению задач по программированию.

Особую значимость эта проблема приобретает при использовании PascalABC – языка, широко применяемого в школах. Благодаря тому, что PascalABC объединяет в себе черты классического Pascal и современные конструкции языка, его использование позволяет упростить решение сложных задач ЕГЭ. Однако, именно эти особенности языка являются причиной специфических ошибок, несвойственных для других языков программирования.

Цель данной статьи – классифицировать ошибки, наиболее часто возникающие при решении задач ЕГЭ на PascalABC, и предложить методику их профилактики.

Классификация типичных ошибок в контексте PascalABC.

При решении заданий ЕГЭ по информатике учащиеся нередко совершают ошибки. Как показывает практика, часто эти ошибки носят скорее систематический, а не случайный характер, и бывают вызваны не только особенностями самого языка программирования, но и типичными заблуждениями учащихся. Обнаружение подобных ошибок помогает выбрать наиболее эффективные пути подготовки выпускников к экзамену.

У языка Pascal есть характерные для него особенности, которые порождают множество характерных именно для него ошибок. На основе этого были выделены пять основных категорий ошибок, каждая из которых будет подробно рассмотрена ниже: ошибки типизации, ошибки работы с файлами, алгоритмические ошибки, ошибки при работе со строками, ошибки в динамических структурах данных.

Ошибки типизации.

Строгая типизация PascalABC является значительным преимуществом с точки зрения формирования у учащихся культуры программирования, но

она же становится источником многих ошибок. Разделить подобные ошибки можно на четыре основных группы: несовместимость типов при присваивании, переполнение, неинициализированные переменные, ошибки с вещественными числами.

Для профилактики рассмотренной категории ошибок необходим системный подход: изучение диапазонов типов, отработка явного приведения, использование современных возможностей PascalABC.

Ошибки работы с файлами.

Обработка файловых данных является неотъемлемой частью заданий ЕГЭ по информатике высокого уровня сложности. Эти задания требуют от учащихся умения корректно считывать информацию из текстовых файлов, обрабатывать ее и выводить результаты в требуемом формате.

Работа с файлами в PascalABC происходит с помощью: файловых переменных типа `text`, процедур `assign`, `reset`, `rewrite`, `close` и современных методов работы с файлами. При любом из этих подходов возможны ошибки. Их можно разделить на три типа: ошибки открытия файла, ошибки чтения, ошибки вывода результатов. Алгоритмические ошибки.

Пожалуй, данную категорию можно назвать наиболее сложной. Ошибки, относящиеся к ней, связаны не с незнанием синтаксиса языка, а с непониманием логики решения задачи неправильным построением алгоритма или неверной реализацией корректной идеи. Их особенность в том, что написанная программа будет работать, но результат ее выполнения будет неверным. Из-за этого их сложно обнаружить.

В качестве примеров данной категории можно привести такие ошибки как: ошибки инициализации, ошибки в условиях завершения, ошибки в условных операторах, ошибки при работе с вложенными циклами, игнорирование граничных случаев, логические ошибки в реализации алгоритмов.

Ошибки при работе со строками.

Строки занимают особое положение в PascalABC. Они сочетают в себе черты классического Pascal и современные возможности .NET. Благодаря такой двойственности расширяются возможности программиста, однако это создает почву для ошибок, какая именно модель работы со строками подходит для в заданном контексте.

Можно выделить три основные группы строковых ошибок: ошибки индексации, ошибки использования строковых функций, ошибки кодировки

Ошибки в динамических структурах данных.

Динамические структуры данных такие как списки, словари, множества необходимы учащимся для решения задач повышенной сложности (№ 17, № 26, № 27), поскольку статических массивов недостаточно. Совершаемые здесь ошибки связаны с непониманием учащимся внутреннего устройства динамических структур, семантики ссылочных типов и особенностей работы с коллекциями. К основным ошибкам здесь можно отнести:

выход за границы списка и удаление элементов при обходе через `foreach`, обращение по несуществующему ключу в словаре, путаница между методами `Add/AddRange` и `Remove/RemoveAt`, непонимание ссылочной семантики (коллекции хранят ссылки, а не данные), неэффективное использование структур данных (поиск в списке вместо `HashSet`, частые вставки в начало списка).

Методика профилактики ошибок.

1. Система упражнений на отработку ввода-вывода и работы с файлами.

Предлагаемая система упражнений построена по принципу "от простого к сложному" и охватывает все типичные ситуации, встречающиеся в задачах ЕГЭ. Базовый уровень направлен на освоение современных функций ввода-вывода. Средний уровень посвящен работе с файлами. Учащиеся знакомятся с методами `ReadAllLines` и `ReadAllText`. Продвинутый уровень направлен на формирование навыков защитного программирования.

2. Использование отладчика и трассировки.

Встроенный отладчик `PascalABC` является хорошим помощником в обнаружении логических ошибок. Методика его использования включает в себя три этапа. Первый этап – знакомство с интерфейсом. Второй этап посвящен освоению условных точек останова, которые останавливают программу при выполнении определенных условий. Третий этап направлен на получение учащимися навыка использования окна наблюдений для отслеживания изменения выбранных переменных.

Формирование навыков отладки дает учащимся возможность перейти от стратегии «случайных исправлений» к системному анализу работы программы.

3. Методика защитного программирования.

Защитное программирование представляет собой такой стиль написания программ, при котором легко можно обнаружить закравшиеся в код программы ошибки. Первая линия обороны – это тщательная проверка всех граничных условий. Второй уровень защиты – обработка исключений с помощью блоков `try..except` и использование конструкции `try...finally`.

Еще одним важным аспектом является использование современных возможностей языка программирования, которые сами по себе позволяют снизить вероятность ошибок.

Данная система дает возможность учащимся сформировать навыки, которые позволяют снизить количество ошибок, совершенных учащимися, при решении задач ЕГЭ.

Заключение.

Проведенный анализ позволил найти особенности часто допускаемых учащимися ошибок при решении ЕГЭ по информатике на языке `PascalABC.NET`. Данные особенности обусловлены уникальными чертами выбранного языка: строгой статической типизацией, индексацией строк с еди-

ницы, наличием современных динамических коллекций и некоторыми другими. Представленная классификация ошибок дает возможность создать основу для системной профилактики ошибок и может помочь при планировании занятий по подготовке к ЕГЭ.

Литература

1. Крылов С. С. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2025 года по информатике. – Москва : ФИПИ, 2025. – 45 с.
2. Названы самые популярные предметы ЕГЭ у выпускников 2025 года // РБК. – 2025. – 7 июля. – URL: <https://www.rbc.ru/society/07/07/2025/6869aaa49a7947837dab9d83> (дата обращения: 15.03.2026).
3. Рособрнадзор подвел предварительные итоги ЕГЭ-2025 // РИА Новости. – 2025. – 7 июля. – URL: <https://pressria.ru/20250707/958054297.html> (дата обращения: 15.03.2026).
4. Крылов Сергей Сергеевич МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ, ПОДГОТОВЛЕННЫЕ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТИПИЧНЫХ ОШИБОК УЧАСТНИКОВ ЕГЭ 2020 ГОДА ПО ИНФОРМАТИКЕ И ИКТ // Педагогические измерения. 2020. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-rekomendatsii-dlya-uchiteley-podgotovlennye-na-osnove-analiza-tipichnyh-oshibok-uchastnikov-ege-2020-goda-po-2> (дата обращения: 20.11.2024).

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ЯЗЫКУ ПРОГРАММИРОВАНИЯ GO В СТАРШИХ КЛАССАХ В РАМКАХ ЭЛЕКТИВНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дорнес К. В., Шабас И. Н.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: dornes@sfedu.ru, shabas@sfedu.ru*

В условиях стремительного развития информационных технологий программирование становится одним из важнейших навыков современного человека. В образовательных программах по информатике значительное внимание уделяется формированию алгоритмического мышления и развитию практических навыков разработки программ. Однако традиционные подходы к обучению программированию в школе часто основываются на использовании ограниченного набора языков программирования, что не всегда отражает актуальные тенденции развития современной разработки программного обеспечения.

В настоящее время активно развиваются новые языки программирования, ориентированные на создание высокопроизводительных и масштабируемых программных систем. Одним из таких языков является Go (Golang), разработанный компанией Google. Данный язык программирования сочетает в себе простоту синтаксиса, высокую скорость компиляции и эффективные механизмы поддержки параллельных вычислений. Благодаря этим особенностям язык Go широко применяется при разработке серверных приложений, облачных сервисов и распределённых систем.

Включение изучения современных языков программирования в образовательный процесс способствует повышению мотивации учащихся к изучению информатики и позволяет приблизить содержание обучения к требованиям современного рынка труда. При этом элективные курсы старшей школы являются удобной формой реализации подобных образовательных инициатив, так как позволяют расширить и углубить содержание базового курса информатики.

Целью исследования является разработка методических рекомендаций по обучению языку программирования Go в рамках элективного курса старшей школы. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- проанализировать возможности использования языка Go в образовательном процессе;
- определить структуру элективного курса по изучению данного языка;

- рассмотреть эффективные методы обучения программированию старшеклассников.

Элективный курс по изучению языка Go может быть ориентирован на учащихся 10–11 классов, проявляющих интерес к программированию и информационным технологиям. Основной целью курса является формирование у обучающихся базовых навыков разработки программ на современном языке программирования, а также развитие алгоритмического мышления и способности к решению прикладных задач.

При организации обучения следует учитывать возрастные особенности старшеклассников и уровень их подготовки. Большинство учащихся уже обладают базовыми представлениями об алгоритмах и структурах данных, полученными в рамках основного курса информатики. Это позволяет перейти к изучению более сложных аспектов программирования, связанных с разработкой программных приложений и использованием современных инструментов разработки.

Одним из важных принципов организации обучения является принцип постепенного усложнения учебного материала. На начальном этапе учащиеся знакомятся с основными особенностями языка Go, его историей создания и областями применения. Также рассматриваются вопросы установки среды разработки и структуры простой программы. Учащиеся выполняют первые практические задания, направленные на написание простых консольных программ.

Следующий этап обучения связан с изучением базовых конструкций языка программирования. Учащиеся знакомятся с основными типами данных, переменными, операторами и выражениями. Особое внимание уделяется управляющим конструкциям языка, таким как условные операторы и циклы. Выполнение практических заданий на данном этапе позволяет учащимся закрепить полученные знания и сформировать навыки написания программ.

Важным элементом курса является изучение функций и модульной структуры программ. Использование функций позволяет учащимся понять принципы структурирования программного кода и повысить его читаемость. Кроме того, изучение функций способствует формированию у обучающихся навыков декомпозиции задач, что является важной составляющей алгоритмического мышления.

На последующих этапах курса рассматриваются более сложные структуры данных, используемые в языке Go. К ним относятся массивы, срезы и отображения (map). Учащиеся учатся работать с коллекциями данных, выполнять их обработку и реализовывать различные алгоритмы.

Особенностью языка Go является встроенная поддержка параллельного программирования. В рамках элективного курса учащиеся могут познакомиться с базовыми понятиями параллельных вычислений, такими как горутины и каналы. Несмотря на относительную сложность данной темы,

знакомство с её основами позволяет расширить представления учащихся о возможностях современных языков программирования.

Важную роль в процессе обучения играет практическая деятельность учащихся. Значительная часть учебного времени должна быть отведена на выполнение лабораторных и практических работ. Практические задания могут включать разработку простых консольных программ, реализацию алгоритмов обработки данных, а также создание небольших программных проектов.

Эффективным методом обучения программированию является использование проектной деятельности. В рамках элективного курса учащимся может быть предложено разработать собственный программный проект. Это может быть, например, консольное приложение для обработки текстовых данных, программа для решения математических задач или простая информационная система.

На начальном этапе обучения целесообразно использовать простые консольные задания, направленные на освоение базового синтаксиса языка Go и формирование первичных навыков программирования. Такие задания должны быть понятны учащимся и не требовать сложной предварительной подготовки.

Примером может служить следующее задание: разработать консольную программу, которая запрашивает у пользователя его имя и возраст, а затем выводит сообщение с этими данными. В процессе выполнения данного задания учащиеся осваивают структуру программы на языке Go, объявление переменных, ввод данных с клавиатуры и вывод информации на экран.

После выполнения задания может быть предложено его усложнение, например, добавить проверку корректности введённого возраста или узнать возраст пользователя спустя определенное время.

Использование подобных заданий позволяет обеспечить постепенное включение учащихся в процесс программирования и создать основу для дальнейшего изучения более сложных тем.

Таким образом, использование языка программирования Go в рамках элективного курса старшей школы является перспективным направлением развития школьного курса информатики. Данный язык обладает рядом особенностей, которые делают его удобным инструментом для обучения основам программирования и разработки программных приложений. Включение изучения современных языков программирования в образовательный процесс позволяет повысить интерес учащихся к информатике, развить их алгоритмическое мышление и подготовить к дальнейшему обучению в области информационных технологий

Литература

1. Донован А., Керниган Б. Язык программирования Go. - М.: ООО "И. Д. Вильямс", 2016.

2. *Bodner J.* Learning Go. - O'Reilly Media, 2024.
3. Белоусова Ю. В. Мотивация учащихся общеобразовательных школ к изучению программирования // Калининградский вестник образования. – 2023.
4. *Полат Е. С.* Современные педагогические технологии. - М.: иц «Академия», 2010.

РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ НАВЫКОВ ОБУЧАЮЩИХСЯ 8 КЛАССОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ВПР ПО ИНФОРМАТИКЕ

Дубинина П. С., Кувшинова Е. Н.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону*

E-mail: podubinina@sfedu.ru, enkuvshinova@sfedu.ru

Всероссийские проверочные работы (ВПР) являются неотъемлемой частью современной системы оценки качества общего образования в Российской Федерации. Согласно Постановлению Правительства Российской Федерации от 30.04.2024 № 556 «Об утверждении перечня мероприятий по оценке качества образования и правил проведения мероприятий по оценке качества образования» [3], всероссийские проверочные работы, проводимые в образовательных организациях, реализующих образовательные программы начального общего, основного общего и среднего общего образования, официально отнесены к мероприятиям по оценке качества образования. Их проведение осуществляется в рамках государственной системы мониторинга качества образования, установленной Постановлением Правительства Российской Федерации от 05.08.2013 № 662 «Об осуществлении мониторинга системы образования» [4].

В 2025 году предмет «Информатика» впервые был включён в перечень учебных дисциплин, по которым проводятся Всероссийские проверочные работы в 7 и 8 классах. Основное назначение ВПР по учебному предмету «Информатика» в 8 классе – оценка качества общеобразовательной подготовки обучающихся в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования (ФГОС ООО) [6] и федеральной образовательной программы основного общего образования (ФОП ООО) [5].

На современном этапе развития системы общего образования ВПР стали одним из значимых мероприятий в мониторинге учебных достижений, что обуславливает высокую актуальность задачи организации и подготовки к ним для всех участников образовательного процесса. В условиях повсеместной цифровизации общества владение предметными компетенциями становится критически важным фактором не только для текущей академической успеваемости учащихся, но и для будущего профессионального становления личности. Системная работа по подготовке к ВПР способствует не только качественному усвоению учебного материала, но и формирует необходимую базу для успешной сдачи государственных экзаменов (ОГЭ/ЕГЭ), развивая у обучающихся универсальные навыки работы с информацией.

Согласно приказу Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки от 07.05.2025 № 991 [7] ВПР по информатике для учащихся 8 класса проводится в период с 20 апреля по 20 мая на бумажном носителе и с 20 апреля по 29 апреля 2026 года с использованием компьютера. Для обеспечения успешного прохождения аттестации необходимо, чтобы все темы, включённые в кодификатор ВПР, были изучены до начала проведения работ.

Проверочная работа по информатике для обучающихся 8 класса состоит из двух частей, на выполнение каждой из которых отводится не более 45 минут. Первая часть выполняется на бумажном носителе с возможностью использовать непрограммируемый калькулятор, вторая – на компьютере в программной среде «Кумир» версии 2.1.0 (rc10 или rc11) с настроенным исполнителем «Черепашка». Работа включает 12 заданий, охватывающих два основных тематических блока: «Теоретические основы информатики» и «Алгоритмы и программирование». Максимальный первичный балл за выполнение работы составляет 16.

Проведено сопоставление содержания УМК «Информатика: 8-й класс: базовый уровень: учебник» Босовой Л. Л. и Босовой А. Ю. (5-е издание, переработанное – Москва: Просвещение, 2023 г.) [1] и УМК «Информатика: 8-й класс: углублённый уровень: учебное пособие» (Москва: Просвещение, 2024 г.) Полякова К. Ю. и Еремина Е. А. [2] с кодификатором проверяемых элементов содержания ВПР за 2026 год. Показало, что оба рассмотренных учебно-методических комплекса в полной мере отвечают требованиям Всероссийской проверочной работы по информатике для 8 класса в 2026 году по содержанию изучаемого материала, временным рамкам освоения тем и предметным результатам. Полнота соответствия подтверждается детальным анализом каждого типа задания ВПР и соответствующих разделов учебников, а также их временным совпадением с периодом проведения проверочной работы. Однако требуется более детальное изучение соответствия практических цифровых навыков восьмиклассников заданиям ВПР по информатике.

Изучение общероссийской статистики ВПР показало, что средний балл выполнения ВПР по информатике учащимися 8 классов в 2025 году составил 3,63 (при оценке по 5-балльной шкале). Полученный показатель позволяет оценить общий уровень подготовки как удовлетворительный. Детальный анализ выполнения отдельных заданий показывает неравномерность в усвоении отдельных тем школьного курса информатики.



Рис. 1. Выполнение заданий ВПР по информатике 8 классов в России.

Самыми сложными для школьников оказались задание №10 по теме «Элементы математической логики» и задание №12 по теме «Основы алгоритмизации». Данные задания ориентированы на проверку предметных знаний и на определение метапредметных результатов (познавательных и регулятивных универсальных учебных действий).

В среде «Кумир» школьники достаточно уверенно владеют отдельными базовыми операциями, однако испытывают значительные затруднения при их применении в комплексных задачах при программной реализации и отладке. Таким образом, необходима более содержательная проработка тем, целенаправленное развитие алгоритмического и логического мышления через системное использование практико-ориентированных и дифференцированных заданий в процессе обучения.

Выявленные проблемные зоны обуславливают необходимость корректировки педагогического процесса и определяют ключевые принципы построения методики подготовки. Помимо общедидактических принципов, методика подготовки к ВПР по информатике должна опираться на специфические принципы:

- принцип соответствия кодификатору;
- принцип диагностичности;
- принцип практико-ориентированности;
- принцип метапредметной направленности.

В соответствии с вышеперечисленными принципами разрабатывается система дифференцированных учебных заданий, которая будет реализована на образовательной платформе Stepik. Система включает три уровня сложности, что позволяет учитывать индивидуальные особенности учащихся, их интересы, уровень подготовки и темп обучения:

- репродуктивный уровень направлен на отработку базовых умений;

- конструктивный уровень предполагает применение знаний в типовых ситуациях;
- творческий уровень содержит знания повышенной сложности, требующие комплексного применения знаний и развития метапредметных умений.

Курс рассчитан на 32 часа, что соответствует одному занятию в неделю на протяжении одного года.

Центральное место в разрабатываемой методике отводится заданиям по темам, вызвавшим наибольшие затруднения у обучающихся, а также систематической практико-ориентированной работе в среде «Кумир» с постепенным усложнением задач. Методика подготовки к Всероссийской проверочной работе, опирающаяся на дидактические принципы и реализуемая через систему дифференцированных заданий на платформе Stepik, нацелена на устранение выявленных пробелов. Отдельное внимание уделяется развитию метапредметных умений – способности анализировать условия задачи, проектировать алгоритм решения, оценивать его корректность и оптимизировать программный код.

Практическая значимость исследования определяется возможностью интеграции разработанной системы в образовательный процесс при подготовке к ВПР по информатике 8 классов. Благодаря разноуровневой структуре предложенная система позволяет одновременно обеспечивать базовую подготовку для всех обучающихся и создаёт предпосылки для углублённой подготовки одарённых учащихся, проявляющих интерес к предмету, ориентированных на перспективу сдачи ОГЭ по информатике и последующего выбора профессий, связанных с информационными технологиями.

Литература

1. Босова, Л. Л. Информатика. 8 класс: базовый уровень: учебник / Л. Л. Босова, А. Ю. Босова. – 5-е изд., перераб. – Москва: Просвещение, 2023. – 272 с.
2. Поляков, К. Ю. Информатика. 8 класс: углублённый уровень: учебное пособие / К. Ю. Поляков, Е. А. Еремин. – Москва: Просвещение, 2024. – 238, [2] с.
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 30.04.2024 № 556 "Об утверждении перечня мероприятий по оценке качества образования и Правил проведения мероприятий по оценке качества образования" (Зарегистрирован 15.05.2024 № 0001202405150037). – 9 с.
4. Постановление Правительства РФ от 05.08.2013 N 662 "Об осуществлении мониторинга системы образования" (вместе с "Правилами осуществления мониторинга системы образования") (Актуальная редакция 01.09.2022 - 31.08.2028) (Зарегистрирован 24.03.2022 №450). – 12 с.

5. Приказ Минпросвещения России от 18.05.2023 N 370 (ред. от 09.10.2024) Об утверждении федеральной образовательной программы основного общего образования (Зарегистрировано в Минюсте России 12.07.2023 N 74223)
6. Приказ Минпросвещения России от 31.05.2021 N 287 (ред. от 22.01.2024) "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования" (Зарегистрировано в Минюсте России 05.07.2021 N 64101). – 73 с.
7. Приказ Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки от 07.05.2025 № 991 "Об утверждении состава участников, сроков и продолжительности проведения всероссийских проверочных работ в образовательных организациях, осуществляющих образовательную деятельность по образовательным программам начального общего, основного общего, среднего общего образования, а также перечня учебных предметов, по которым проводятся всероссийские проверочные работы в образовательных организациях, осуществляющих образовательную деятельность по образовательным программам начального общего, основного общего, среднего общего образования, в 2025/2026 учебном году" (Зарегистрирован 29.05.2025 № 82398). – 6 с.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПРЕДПРОФИЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ ИНФОРМАТИКЕ ПОСРЕДСТВОМ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Зайнуллина И. В., Блинова Е. Е.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
Ростов-на-Дону*

E-mail: syrova@sfedu.ru, eesivokon@sfedu.ru

Современный технологический уклад предъявляет рынку труда жёсткие, почти беспощадные требования. Цифровая экономика требует постоянного притока квалифицированных кадров. Между тем, статистика приёмных кампаний последних лет выявляет тревожный парадокс: спрос на инженеров остаётся высоким, перспективы трудоустройства привлекательными, а интерес абитуриентов к техническим специальностям не демонстрирует стремительного роста. Школьники всё реже выбирают инженерно-технические профили. Этот дисбаланс указывает на системную проблему, зарождающуюся на этапе ранней профориентации, когда у подростка складывается первое представление о будущей профессии.

Критическая точка приходится на предпрофильную подготовку (восьмые и девятые классы). Именно здесь учащийся должен не просто усвоить набор знаний, а ощутить себя в роли профессионала. Традиционное школьное преподавание информатики нередко страдает оторванностью от реальности. Алгоритмы изучаются в вакууме. Программирование сводится к решению абстрактных задач, не имеющих очевидного прикладного смысла. Школьник видит перед собой набор сложных правил, а не инструмент для созидания. Мотивация угасает. Выбор профиля в старшей школе оказывается ошибочным. [5]

Разрыв между теорией и практикой преодолим, но лишь через качественную трансформацию образовательного процесса. Речь не о количественном наращивании лабораторных работ. Необходимо предложить учащимся треки, моделирующие реальную профессиональную среду. Ключевое решение – это модульная структура курса, выходящая за пределы базового учебника. Ребёнок последовательно проходит через погружение в разные профессии: пробует себя в роли тестировщика, анализирует данные, сталкивается с задачами кибербезопасности. Не абстрактный «программист», а конкретные, осязаемые специальности.

Современная методика не может игнорировать запрос на гибкие навыки. Работа в команде, презентация продукта, управление временем – всё это формируется не на классных часах, а в процессе разработки. Учащиеся спорят,

распределяют задачи, защищают итоговый результат. Параллельно усиливается связь с другими предметами: физикой, экономикой, математикой. Информатика предстаёт не изолированной дисциплиной, а универсальным инструментом. [3]

Существующие методические разработки в данном ключе зачастую фрагментарны и не предлагают целостной системы, что влечет необходимость разработки методического обеспечения предпрофильного обучения информатике, где центральное место занимает практико-ориентированная деятельность модульного типа. Реализация этого подхода должна способствовать осознанному выбору ИТ-профиля и сдержать отток потенциальных абитуриентов из технической сферы.

Образовательный контент для предпрофильной подготовки не обязан выстраиваться в строгую цепочку «тема за темой». Гораздо продуктивнее работает модульная архитектура, так как она копирует реальную траекторию роста специалиста в цифровой сфере. Структура здесь спиральная. Учащийся возвращается к ключевым навыкам снова и снова, но каждый виток сложнее предыдущего и вложен в новый профессиональный контекст. Школьная абстракция отступает, а учеба превращается в череду проб коротких, конкретных и осязаемых.

Первый уровень задуман как широкое погружение. Никаких вступительных экзаменов в виде предварительных знаний. Школьник пробует себя в разных ипостасях ИТ-мира: ловит баги в чужом коде, строит графики из сырых данных, настраивает простейшие защиты. Циклы короткие, чтобы не утратить мотивацию. Главное создать ситуацию успеха для каждого. Даже тот, кто до этого боялся слово «алгоритм», должен увидеть динамику роста. Варьируя виды деятельности, появляется возможность выявления скрытых склонностей. Ребёнок, казавшийся безразличным к программированию, вдруг загорается, когда видит результаты своей деятельности или находит удовольствие в поиске ошибок. Это и есть материал для выбора - не случайного, а осмысленного. [1]

Дальше траектория сужается. Модули становятся глубже, конкретнее. Группа уже не однородная – кто-то тянется к веб-разработке, кто-то к анализу данных, третьи к безопасности. Теории не прибавляется. Сложность растёт иначе: через самостоятельность. Ребёнок сам принимает решения, сам несёт ответственность за результат. Он работает с настоящими инструментами, а не учебными «игрушками». Это меняет статус всей деятельности. Информатика перестаёт быть «школьным предметом» и начинает напоминать профессию.

Финал – это проект, где всё сходится воедино. Жёсткие навыки, гибкие навыки, знания из других предметов. Никаких разрозненных заданий. Только цельный продукт, который имеет смысл за пределами класса. Планирование, распределение ролей, сроки, презентация. Производственный цикл в миниатюре. Именно здесь профессия обретает вес и объём. Школьник понимает: это не игра. Это то, чем можно заниматься всерьёз.

Подобная структура учебного трека берётся за одну из самых острых проблем школьного возраста – страх перед выбором. Ребёнок не обязан с ходу понимать, куда ему идти. Модульная система даёт ему право на пробу. Сначала широкую, почти без ограничений. Потом всё уже, конкретнее. К моменту, когда наступает время выбирать профиль старшей школы или направление в вузе, подросток уже знает, что ему близко. Он не гадает, а лишь опирается на опыт. [4]

Ошибка здесь не является провалом. «Это – не моё» – ценная информация, такое понимание ничуть не менее важно, чем находка своего пути. Методика работает не только на знаниях. Она вырабатывает мотивацию не из лекций и призывов, а из личного опыта. Ребёнок сам убеждается: программирование – это инструмент, который можно применить к чему угодно.

Практико-ориентированная среда требует отказа от шаблонных задач с готовым ответом в конце учебника. Вместо них ситуации, похожие на настоящие. Данные берутся не из идеального мира задачника. Они сырые, неровные, местами неполные. Датчики из школьной лаборатории, цифры успеваемости, открытые государственные наборы – всё это содержит шум, пропуски, лишнее. Работа с таким материалом учит тому, что в реальной жизни редко бывает чисто и просто. Предобработка данных перестаёт быть абстракцией, а становится необходимостью.

Важнейшее отличие – это свобода выбора пути. Нет единого «правильного» решения. Можно пойти в обход, но получить код, который легко читать. Можно оптимизировать под скорость ценой сложности. Можно экономить ресурсы. Ребёнок сам решает, на что пойти и вынужден объяснять свой выбор. Это и есть инженерное мышление – не просто писать код, а взвешивать компромиссы и нести ответственность за решение.

И ещё один важный момент – информатика здесь не самоцель. Она становится языком, на котором говорят другие науки. Задача формулируется на языке физики или экономики. Программирование лишь способ добраться до ответа. Школьник видит: код работает не в вакууме. Он помогает моделировать процессы, считать прибыль, анализировать явления. Стереотип о программисте, сидящем в изоляции перед монитором, рассыпается. На его месте появляется понимание: цифровые технологии – это универсальный инструмент для описания и преобразования мира.

Методика построения задач обязательно включает этап проверки, но не ту, где машина просто говорит «да» или «нет». Результат оценивается по-другому. Важно не только, работает ли код. Важно, решает ли он реальную проблему. Приложение должно быть удобным для того, кто будет им пользоваться. Анализ данных приводит к осмысленным выводам, а не просто созданию красивых графиков. Когда в систему оценки входят критерии простоты и практической пользы, школьник вынужден думать о человеке за экраном. Это и есть начало понимания заказчика без длинных лекций о «клиентоориентированности».

Такой подход меняет саму природу учёбы. Она перестаёт быть пересказом чужих знаний. Ребёнок создаёт что-то новое – пусть небольшое, но своё. Отсутствие готового ответа в конце учебника включает любопытство. Включает исследователя. Внутренняя мотивация растёт сама без внешнего давления. Конструктор задач превращается в инструмент профессиональной пробы. Школьник не читает о работе аналитика или разработчика. Он её пробует. Через конкретные действия, через решения, через ошибки. Погружение получается глубже, чем при изучении теории. Выбор профиля становится осознаннее.

Оценивать эффективность предпрофильной подготовки через оценки является методологической ошибкой. Пятёрка по информатике ничего не говорит о готовности идти в ИТ. Она лишь подтверждает: ученик умеет воспроизводить материал. Нужен другой подход - многоуровневая диагностика, где главный фокус смещается с знаний на профессиональное самоопределение. Задача системы не подсчитать сколько фактов усвоено, а отследить, как меняется представление подростка о профессии и как формируется готовность к конкретной деятельности.

Первый уровень мониторинга: динамика мотивации. Сравниваем показатели в начале и в конце курса. Опросники адаптируются: они выявляют не абстрактную любовь к гаджетам, а понимание содержания работы. Школьнику предлагают оценить привлекательность конкретных задач, с которыми он столкнулся в модулях. Рост показателей говорит о том, что практико-ориентированная деятельность скорректировала первоначальные представления. Сделала их точнее, детальнее, реалистичнее. [2]

Ключевой элемент всей системы – это профессиональная проба. Успех методики измеряется не количеством школьников, выбравших ИТ-профиль. Осознанный отказ от технического направления тоже является результатом. Более того, это ценный результат. Он предотвращает ошибки, совершённые под влиянием моды, родительского давления или случайных обстоятельств. Ранняя основа выбора экономит годы жизни подростка. Снижает риск отчисления из вуза. Предотвращает выгорание в профессии, которая оказалась чужой. Иногда самое полезное, что может дать профориентация, это честный ответ: «Это не твоё».

Второй уровень диагностики опирается на поведение и не на моментальное, а на долгосрочное. Сколько процентов школьников после курса переходят в технологические или инженерные классы десятого класса – один показатель. Однако, куда важнее другое: продолжают ли ребята участвовать в олимпиадах, хакатонах, конкурсах проектов уже добровольно, без оценки в журнале и без принуждения. Такая внешняя активность является надёжным индикатором. Она говорит: интерес не угас, когда пропало внешнее давление.

Комплексная оценка спасает от подмены понятий. Когда успех измеряется не отметкой, а способностью сделать осознанный выбор, методика об-

ретает реальный вес. Диагностический инструментарий даёт педагогу обратную связь в реальном времени. Можно корректировать модули, подстраиваться под запросы группы, улавливать сдвиги в настроениях. В итоге формируется кадровый резерв, где люди оказываются на своём месте не по воле случая, не под давлением, а по внутреннему убеждению.

Исследование подтверждает: модернизация предпрофильной подготовки требует пересмотра не только содержания, но и самой формы обучения. Методическое обеспечение, построенное на модулях и практико-ориентированных задачах, работает. Оно эффективно. Переход от сухих алгоритмов к имитации реальной работы позволяет подростку понять специфику ИТ-сферы ещё до того, как он выберет профиль старшей школы. Это не теория. Это проба.

Главный результат такой методики – это смена критериев успеха. Академический балл отступает на второй план. На первом осознанность выбора. Школа начинает выполнять свою социальную миссию по-настоящему. Преподавательское сопровождение, возможность пройти разные профессиональные пробы снижает риск ошибки. Подросток может отсеять неподходящие направления без потери времени и без удара по мотивации. Ошибки здесь не наказуемы, они полезны.

В перспективе такой подход выращивает качественный кадровый резерв для цифровой экономики. Выпускники приходят в вузы уже с базовыми навыками и, что важнее, с пониманием контекста. Они знают, зачем им это нужно. Выбор специальности перестаёт быть лотереей. Он становится продолжением пути, начатого ещё в школе. Спокойным, взвешенным, своим.

Литература

1. *Софронова, Н. В.* Теория и методика обучения информатике: учебник для вузов / Н. В. Софронова, А. А. Бельчусов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2026. – 469 с.
2. *Советов, Б. Я.* Информационные технологии: учебник для вузов / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский. – 8-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2026. – 414 с.
3. *Трофимов, В. В.* Интеллектуальные системы поддержки принятия решений. Цифровая трансформация, искусственный интеллект: учебник для вузов / В. В. Трофимов, Е. В. Трофимова. – Москва: Издательство Юрайт, 2026. – 199 с.
4. *Кудрявцев, В. Б.* Интеллектуальные системы: учебник и практикум для среднего профессионального образования / В. Б. Кудрявцев, Э. Э. Гасанов, А. С. Подколзин. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2026. – 165 с.
5. *Софронова, Н. В.* Теория и методика обучения информатике: учебник для вузов / Н. В. Софронова, А. А. Бельчусов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2026. – 469 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИБЛИОТЕКИ MANIM ДЛЯ СОЗДАНИЯ УЧЕБНЫХ ВИДЕОРОЛИКОВ НА ВНЕУРОЧНЫХ ЗАНЯТИЯХ ПО ИНФОРМАТИКЕ

Захарова Д. А., Шабас И. Н.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону

E-mail: dshishova@sfedu.ru, shabas@sfedu.ru

Современное образование невозможно представить без качественной визуализации. Если в недавнем прошлом арсенал учителя ограничивался классной доской, то сегодня его инструментарий включает в себя интерактивные средства обучения, позволяющие выводить на экран цифровые рабочие листы, тесты и видеоматериалы.

Особенно актуальной проблема наглядности стала в период массового перехода на дистанционное обучение, когда удерживать внимание ученика стало сложнее. Однако ценность визуального представления информации важна не только для онлайн-образования: грамотно построенная анимация помогает школьникам лучше понять абстрактные понятия математики, физики или информатики, увидеть то, что сложно представить мысленно.

Сегодня у учителя и учеников появилась возможность не только пользоваться готовым видеоматериалом, но и создавать собственные анимационные ролики. Одним из таких инструментов является библиотека Manim.

Библиотека Manim как инструмент образовательной визуализации
Manim (от Mathematical Animation Engine) – это специальная библиотека для языка программирования Python, позволяющая создавать математическую анимацию. Она была разработана математиком и популяризатором науки Грантом Сандерсоном и широко используется при создании образовательных видеороликов на научно-популярных платформах.

В отличие от традиционных видеоредакторов, где работа осуществляется преимущественно в графическом интерфейсе, в Manim пользователь описывает сцены и действия объектов с помощью программного кода [1]. В результате выполнения программы система автоматически генерирует анимированный видеоролик.

Такой подход открывает огромные возможности для уроков информатики, особенно в рамках внеурочной деятельности и проектной работы, поскольку процесс создания анимации одновременно становится задачей программирования, требующей формализации действий и алгоритмического мышления.

В рамках внеурочного курса «Визуализация с Manim» школьники могут решать следующие задачи:

- Создавать анимированные объяснения по математике или физике для младших классов;
- Визуализировать работу алгоритмов (например, сортировки или поиска в массиве), что часто требуется на олимпиадах по программированию;
- Создавать проекты, в которых сложный материал объясняют простым и доступным языком.

Основные принципы работы библиотеки Manim

Для работы с Manim требуется установленный интерпретатор языка Python, а также сама библиотека Manim, которая подключается с помощью менеджера пакетов `pip`. Написание программного кода может осуществляться в стандартной среде разработки Python (IDLE).

Вся работа строится на трёх ключевых элементах: сцены, объекты и анимации [2].

1. Сцены (Scene). Любая анимация в Manim представляет собой последовательность сцен. В программном коде каждая сцена реализуется как отдельный класс языка Python. Основные действия, происходящие в сцене, описываются в методе `construct`.

2. Объекты (Objects). Все элементы, отображаемые на экране, представлены в виде объектов. К ним относятся геометрические фигуры, текстовые элементы, линии, стрелки и другие визуальные компоненты. Библиотека предоставляет широкий набор стандартных объектов, таких как `Circle`, `Square`, `Line`, `Arrow`, `Text`. Особое значение для образовательных задач имеет поддержка системы LaTeX, позволяющая выводить математические формулы.

3. Анимации (Animations). Анимация объектов реализуется с помощью специальных команд, задающих различные типы визуальных преобразований.

Для запуска программы и генерации анимации используется командная строка, в которой указывается имя файла и класс сцены, подлежащий визуализации. После выполнения команды, Manim выполняет рендеринг сцены и сохраняет результат в виде видеофайла.

Пример из практики:

```
from manim import *

class PythagorasTheorem(Scene):
    def construct(self):
        title = Text("Теорема Пифагора", color=BLUE).to_edge(UP)
        self.play(Write(title))
        self.wait()
        triangle = Polygon(
            [-2, -1, 0],
            [2, -1, 0],
            [-2, 2, 0],
            color=WHITE
        )
```



```

a = MathTex("a").next_to(triangle.get_left(), LEFT)
b = MathTex("b").next_to(triangle.get_bottom(), DOWN)
c = MathTex("c").next_to(triangle.get_center(), UR)

self.play(Create(triangle))
self.play(Write(a), Write(b), Write(c))
self.wait()

text = Text(
    "В прямоугольном треугольнике квадрат гипотенузы",
    color=BLUE,
    font_size=24
).next_to(triangle, DOWN, buff=0.8)

text2 = Text(
    "равен сумме квадратов катетов",
    color=BLUE,
    font_size=24
).next_to(text, DOWN, buff=0.2)

formula = MathTex("c^2 = a^2 + b^2", font_size=30).next_to(text2,
DOWN, buff=0.3)

self.play(Write(text))
self.play(Write(text2))
self.play(Write(formula))
self.play(Indicate(formula))
self.wait(2)

```



Рис. 1. Результат выполнения кода

Заключение

Библиотека Manim – это не просто инструмент для создания красивых картинок. Это мощное дидактическое средство, которое органично вписывается в концепцию внеурочной деятельности по информатике. Оно позволяет:

- Углубить знания языка Python;
- Развить алгоритмическое и критическое мышление;
- Реализовать межпредметные связи (информатика + математика + физика);
- Мотивировать учеников на создание собственных цифровых продуктов.

Включение курса по созданию анимации в Manim в план внеурочной работы поможет превратить школьников из пассивных потребителей видео-контента в активных создателей образовательных материалов.

Литература

1. Мельников, М. О. Применение языка программирования Python для создания анимированных математических выражений и графиков / М. О. Мельников // ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ. Материалы областного профильного семинара по проблемам естественных наук . – Липецк : Липецкий государственный педагогический университет имени П. П. Семенова-Тян-Шанского (Липецк), 2021. – С. 84–89.
2. Manim Community [Электронный ресурс] / The Manim Community Developers ; originally created by Grant Sanderson. – URL: <https://www.manim.community> (дата обращения: 15.03.2026).

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ОСНОВНЫМ АЛГОРИТМИЧЕСКИМ КОНСТРУКЦИЯМ НА ЯЗЫКЕ PYTHON В СРЕДЕ БЛОЧНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ MAKEBLOCK

Извозчикова В. Д.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: kosmacheva@sfedu.ru*

Формирование алгоритмической культуры и навыков программирования является обязательным компонентом современного школьного образования согласно Федеральному государственному образовательному стандарту основного общего образования. В примерных рабочих программах по информатике для 7–9 классов содержательная линия «Алгоритмизация и программирование» выделяется как одна из ключевых, а в перечень допустимых для изучения языков программирования включен Python – язык, занимающий лидирующие позиции благодаря своей универсальности и относительной простоте освоения. Однако практика обучения программированию в школе сталкивается с серьезным противоречием: текстовое программирование требует от обучающихся одновременного усвоения синтаксических правил и логики построения алгоритмов, что создает высокий порог входа, в то время как существующие среды визуального программирования эффективны на пропедевтическом этапе, но не обеспечивают плавного перехода к профессиональным языкам.

Данная проблема актуализирует поиск методических решений, которые обеспечивали бы преемственность между визуальным и текстовым программированием. Рассмотрим платформу MakeBlock и ее программную среду mBlock, обладающие уникальным дидактическим потенциалом. Среда программирования mBlock основывается на Scratch 3.0. Это обеспечивает понятный интерфейс для блочного программирования, позволяя создавать проекты с помощью графического языка программирования. Ключевая особенность среды mBlock заключается в ее режиме параллельного просмотра и генерации кода на языке Python. Обучающийся может собрать алгоритм из блоков и в любой момент переключиться на вкладку с готовым кодом. Увидеть сгенерированную программу на Python, проанализировать ее синтаксис и внести изменения уже в текстовом режиме. Это и отличает эту среду от других классических виртуальных сред.

Идея визуализации программирования появилась в 1967 году. Тогда двое учёных, Сеймур Пейперт и Идит Харель, придумали язык Logo. Главной фишкой этого языка была «черепашка» – курсор в виде черепахи, который рисовал линии на экране. Ребёнок писал команды и сразу видел, как

двигается черепаха и какой рисунок получается. А в 1980-х годах компания LEGO объединилась с учёными из Массачусетского технологического института (MIT). Они придумали, как соединить программирование с настоящим конструированием. Сначала появились наборы LEGO TC Logo, а потом – знаменитые LEGO Mindstorms. Настоящую революцию в пропедевтике программирования совершил Scratch, созданный в 2007 году в MIT под руководством Митчела Резника, ученика Пейперта. Его блочный интерфейс стал стандартом де-факто для начального обучения. MakeBlock (mBlock) органично вбирает в себя эту эволюцию: наследует идею наглядного исполнителя от Logo, берет мощнейший мотивационный фактор работы с реальными устройствами от LEGO, заимствует интуитивно понятный интерфейс от Scratch и реализует важнейшую дидактическую функцию плавного перехода к текстовому программированию на современном языке Python.

Помимо программной составляющей, платформа MakeBlock предлагает широкую линейку программируемых устройств: от начального робота mBot, позволяющего собирать программируемое устройство с нуля с помощью отвертки, до более сложных контроллеров CyberPi и HaloCode с поддержкой Wi-Fi и множеством датчиков. Исследования показывают, что использование реальных роботов значительно повышает мотивацию обучающихся за счет наглядности результатов программирования. Ошибка в алгоритме проявляется не в абстрактном сообщении компилятора, а в неверном поведении робота, что делает процесс отладки наглядным и осмысленным.

С дидактической точки зрения, использование MakeBlock позволяет реализовать несколько важных принципов обучения. Во-первых, наглядность и визуализация: визуальные подсказки помогают лучше запоминать и воспроизводить информацию, использование значков и схем способствует более глубокой обработке материала и формированию долговременных связей. Во-вторых, деятельностный подход: управление реальным устройством создает прочную обратную связь между написанной программой и наблюдаемым результатом. В-третьих, принцип плавного перехода: возможность видеть параллельно блоки и код Python позволяет ученику устанавливать соответствие между визуальными образами и текстовыми конструкциями, что снижает когнитивную нагрузку.

Актуальность такого подхода подтверждается современными исследованиями. В работе М. Младенович с соавторами (2024) было экспериментально доказано, что использование педагогического подхода «медиаторного переноса» с bridging-методом (начало обучения с блочного программирования с последующим структурированным переходом к текстовому) значительно снижает количество ошибок и неправильных представлений при изучении базовых концепций программирования: переменных, последовательностей, ветвлений и циклов.

Разрабатываемая методика обучения основным алгоритмическим конструкциям (следование, ветвление, цикл) на языке Python в среде MakeBlock базируется на идее пошагового движения от визуального образа к текстовому коду. На начальном этапе обучающиеся работают с блоками, программируя поведение робота и осваивая логику алгоритмических конструкций без необходимости писать синтаксически правильный код. Например, для изучения циклических конструкций предлагается задание «Запрограммируйте движение робота по квадрату». Ученики собирают программу из блоков «двигаться вперед», «повернуть направо» и помещают их в цикл с заданным количеством повторений, наблюдая реальное движение робота.

Далее, после проверки алгоритма в действии, обучающиеся переключаются на вкладку с кодом Python. Ключевая задача этого этапа – установить соответствие между визуальными блоками и текстовыми конструкциями. Цикл с параметром из блоков превращается в конструкцию `for i in range(4):`, блок «двигаться вперед на 10 см» – в вызов функции `move(10)`. Ученикам предлагается проанализировать структуру кода: обратить внимание на отступы, обозначающие тело цикла, на синтаксис заголовка цикла с двоеточием в конце, на способы вызова функций. Важно, чтобы этот анализ проводился не абстрактно, а в привязке к уже знакомой визуальной модели.

На завершающем этапе обучающиеся вносят изменения в программу непосредственно в текстовом редакторе, а затем проверяют результат, запуская код на роботе. Сложность заданий возрастает, и ученики переходят к созданию программ, изначально записывая их на Python, используя блочное представление лишь как справочную модель при затруднениях.

Система заданий охватывает все основные алгоритмические конструкции и строится по принципу равномерно нарастающей сложности. Линейные алгоритмы предполагают движение по прямой с различными параметрами, управление светодиодами и звуком. Алгоритмы с ветвлениями включают движение с остановкой перед препятствием с использованием ультразвукового датчика, движение по линии с выбором направления в зависимости от показаний датчиков. Циклические алгоритмы охватывают движение по геометрическим фигурам, движение по линии с бесконечным циклом, мигание светодиодом.

Рекомендуется уделять внимание задачам, которые развивают творческие способности и навыки проектной деятельности. Например, можно предложить обучающимся разработать программу для робота-уборщика, который должен объезжать препятствия и подавать звуковой сигнал при обнаружении объекта определенного цвета.

Среда MakeBlock обладает значительным дидактическим потенциалом для обучения школьников основным алгоритмическим конструкциям. Наглядность блочного программирования, возможности работы с реальными роботами и генерации кода Python создает условия для плавного перехода от визуального программирования к текстовому. Разрабатываемая

методика позволяет снизить когнитивную нагрузку на начальном этапе изучения программирования, обеспечить понимание основных конструкций Python через их визуальное представление.

Литература

1. Российская Федерация. Министерство просвещения. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования : Приказ Министерства просвещения РФ от 31 мая 2021 г. № 287. – Москва, 2021.
2. Босова, Л. Л. Информатика. Программа для основной школы : 7–9 классы / Л. Л. Босова, А. Ю. Босова. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. – 88 с.
3. Мордвинов, Д. А. Сравнение образовательных сред визуального программирования роботов / Д. А. Мордвинов, Ю. В. Литвинов // Компьютерные инструменты в образовании. – 2016. – № 3. – С. 32–49.
4. Патаракин, Е. Д. Учимся готовить в среде Скретч / Е. Д. Патаракин. – Москва : Институт ЮНЕСКО по информационным технологиям в образовании, 2008. – 61 с.

ВИРТУАЛЬНЫЕ ЭКСКУРСИИ В СИСТЕМЕ СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ ИНФОРМАТИКЕ: ПРОБЛЕМАТИКА, АКТУАЛЬНОСТЬ И КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВОГО РЕСУРСА

Ищенко П. А., Блинова Е. Е.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону*

E-mail: pishchenko@sfedu.ru, eesivokon@sfedu.ru

Современный этап развития системы общего образования характеризуется цифровизацией всех компонентов учебно-воспитательного процесса. Внедрение Федеральных государственных образовательных стандартов нового поколения требует от педагогов не только передачи знаний обучающимся, но и формирования у них цифровой грамотности, навыков работы с информацией. Предмет «Информатика» занимает центральное место в этом процессе, так как он является базовым для формирования информационной культуры школьников. Однако традиционные методы преподавания информатики часто сталкиваются с рядом ограничений: абстрактность многих понятий, быстрое устаревание материальной базы компьютерных классов и недостаточная связь теории с реальной практикой IT-индустрии снижают познавательный интерес обучающихся. В этом контексте смешанное обучение выступает как эффективная модель, сочетающая очное взаимодействие с педагогом и самостоятельную работу с использованием цифровых технологий [4]. Одним из перспективных компонентов смешанного обучения, который пока недостаточно реализован в практике преподавания информатики, являются виртуальные экскурсии.

Важно отметить, что смешанное обучение предполагает интеграцию различных образовательных сред. В рамках преподавания информатики в школе это означает сочетание работы учащихся в классе, и внеурочное применение электронных обучающих платформ и интерактивных материалов [1]. Несмотря на широкое распространение образовательного контента, остаются не до конца раскрытыми вопросы о связи теоретического материала с его применением в будущем, в том числе в профессиональной сфере. Учащиеся знакомятся с аппаратным и программным обеспечением компьютера, принципами работы алгоритмов, осваивают различные языки программирования, часто не понимая, как эти знания применяются в реальной жизни. Посещение реальных IT-компаний сложно организовать в связи с логистическими, режимными и финансовыми ограничениями. Виртуальные экскурсии могут решить эти проблемы, так как они позволяют обеспечить эффект присутствия. Виртуальная экскурсия в данном случае понимается не

как просмотр панорамных фотографий, а как образовательный маршрут, который включает в себя теоретические материалы, интерактивные элементы, задания для проверки знаний и рефлексии [3].

Анализ литературы о педагогическом опыте применения виртуальных экскурсий показывает, что данный инструмент чаще используется при изучении гуманитарных дисциплин (география, история, литература), в то время как для точных наук, в том числе для информатики, методическая база остаётся недостаточно разработанной.

В ходе первичного анализа предметной области были выявлены следующие проблемы. Во-первых, наблюдается нехватка специализированного образовательного контента. Существующие виртуальные туры по музеям, связанным с историей развития вычислительной техники, или IT-компаниям часто носят ознакомительный характер и не адаптированы под школьную программу: в них отсутствует связь с конкретными темами уроков, отсутствуют методические рекомендации для учителей и задания для проверки и оценки уровня усвоения материала. Учителю приходится самостоятельно адаптировать такой контент под школьную программу и интегрировать его в урок или во внеурочную деятельность, что требует существенных временных затрат и развитых навыков работы с цифровыми ресурсами. Во-вторых, отсутствует единая методика применения виртуальных экскурсий в системе смешанного обучения: неясно, на каком этапе урока целесообразно использовать данный ресурс – для мотивации в начале занятия, для изучения нового материала или для закрепления знаний. Не разработаны критерии оценки эффективности использования виртуальных экскурсий, и без четкого методического обоснования внедрение инновационных инструментов рискует стать формальным и не принесет ожидаемого эффекта. Таким образом, основной пробел в проработанности темы заключается в отсутствии цифровых образовательных ресурсов, которые бы комплексно решали задачу внедрения виртуальных экскурсий в курс информатики средней школы, сопровождаясь подробным методическим руководством для учителя.

Виртуальные экскурсии повышают мотивацию к обучению, задействуют различные каналы восприятия информации и способствуют лучшему запоминанию материала за счет эффекта погружения [2]. Кроме того, в условиях ограниченности технического оснащения школ виртуальные экскурсии могут быть реализованы как на мощных компьютерах с использованием VR-шлемов, так и на обычных смартфонах или планшетах через веб-браузер, что обеспечивает доступность ресурса для школьников и педагогов большинства образовательных учреждений.

Исходя из обозначенной актуальности планируется разработка цифрового образовательного ресурса (ЦОР), который может стать основой для проектирования методики применения виртуальных экскурсий. Концепция

ресурса строится на модульном принципе и включает в себя несколько ключевых компонентов:

1) библиотека виртуальных экскурсий, содержащая сценарии посещения виртуальных объектов, соответствующим темам школьного курса информатики. Например, экскурсия «Внутреннее устройство системного блока» позволит ученикам интерактивно изучить материнскую плату, процессор и другие компоненты в 3D-пространстве; экскурсия «История вычислительной техники» может быть реализована на базе виртуального музея; экскурсия «Кибербезопасность» может моделировать ситуацию в серверной комнате или офисе специалиста по защите информации;

2) конструктор для учителя, предназначенный для оптимизации временных и трудовых затрат на создание виртуальной экскурсии. Конструктор будет помогать учителю адаптировать экскурсию под конкретный класс, а также в нём будет предусмотрена возможность добавления своего материала, тестов, шаблонов для опорных конспектов учащихся;

3) система оценивания знаний и рефлексии. Цифровой ресурс будет включать в себя библиотеку электронных тестов, в том числе тестов с автоматизированной проверкой по итогам каждой экскурсии. Результаты прохождения теста каждым учащимся будут видны учителю. Это позволит более эффективно использовать виртуальные экскурсии в рамках обучения с использованием смешанной системы.

Разработка ресурса планируется на базе веб-технологий, что позволит избежать необходимость установки дополнительного программного обеспечения, а значит обеспечит доступность ресурса на любых устройствах.

Таким образом, использование виртуальных экскурсий в системе смешанного обучения - современный подход, обладающий большим, но не в полной мере использованным, потенциалом в рамках обучения информатике. Для эффективной реализации всех возможностей, которые предоставляют виртуальные экскурсии, необходима детальная проработка методических материалов, а также создание соответствующих цифровых ресурсов.

Литература

1. Блинова Е. Е., Ищенко П. А. Возможности применения модели смешанного обучения в преподавании информатики // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития [Электронный ресурс] : Материалы XXXII научной конференции (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 17 – 19 апреля 2025 г.) – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2025. – С. 45–49.
2. Игнатьева Э. А., Софронова Н. В., Иванова А. А. Дополненная реальность как перспективное средство обучения информатике в школе // КПЖ. 2021. № 1 (144). URL:

- <https://cyberleninka.ru/article/n/dopolnennaya-realnost-kak-perspektivnoe-sredstvo-obucheniya-informatike-v-shkole> (дата обращения: 04.03.2026).
3. Матушанский Г. У., Черезова Н. С., Лякина Г. А. Педагогический потенциал онлайн-экскурсий как инновационной формы обучения // Вестник РМАТ. 2023. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pedagogicheskiy-potentsial-onlayn-ekskursiy-kak-innovatsionnoy-formy-obucheniya> (дата обращения: 04.03.2026).
4. Пушкарева Т. П., Калинина В. В. Реализация смешанной модели обучения информатике // Открытое образование. 2020. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/realizatsiya-smeshannoy-modeli-obucheniya-informatike> (дата обращения: 04.03.2026).

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ ЭЛЕМЕНТАМ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ НА PYTHON В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ

Кадили Н. С., Кувшинова Е. Н.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону*

E-mail: kadilin@sfedu.ru, enkuvshinova@sfedu.ru

В современном образовательном процессе всё большее внимание уделяется формированию у обучающихся гибкого алгоритмического мышления для адаптации к разнообразным подходам в программировании. Согласно Федеральному государственному образовательному стандарту среднего общего образования [1], изучение информатики предполагает формирование у учащихся способности применять знания и навыки программирования для решения практических задач [9]. На фоне традиционного доминирования императивной парадигмы в школьном курсе постепенно возрастает интерес к включению элементов альтернативных стилей – в частности, функционального программирования.

Функциональное программирование представляет собой одну из наиболее математически строгих и концептуально чистых парадигм программирования. В отличие от императивного подхода, где вычисления рассматриваются как последовательность изменений состояния системы, функциональное программирование трактует вычисления как применение и композицию математических функций [2]. Ключевым понятием вышеуказанной парадигмы является чистая функция – функция без побочных эффектов, обладающая свойством детерминированности, то есть при одинаковых входных данных всегда возвращать один и тот же результат. Важной характеристикой чистых функций выступает ссылочная прозрачность, позволяющая заменять любое выражение его результатом без влияния на поведение программы [3, 4].

В функциональном программировании функции обладают статусом объектов первого класса: их можно сохранять в переменных, передавать в другие функции в качестве аргументов и возвращать как результат вычислений. На этой основе строятся функции высшего порядка, которые способны принимать функции как параметры или возвращать их в качестве результата. Данные возможности обеспечивают основу для лямбда-выражений – анонимных функций, определяемых непосредственно в точке применения [3, 6].

Отказ от изменяемых переменных приводит к использованию неизменяемых данных, а вместо традиционных циклов применяются рекурсивные

вызовы. Ряд функциональных языков поддерживают отложенные (ленивые) вычисления – стратегию, при которой аргументы вычисляются только в момент их фактического использования. Дополнительно выделяют каррирование, то есть преобразование функции от нескольких аргументов в последовательность функций, каждая из которых принимает один аргумент [2, 3, 4, 6, 7].

Обучение элементам функционального программирования в средней школе требует методического подхода, обеспечивающего доступность изложения теоретического материала, сопровождаемого решением практических задач, и тщательной проработки содержания курса для осмысления сути функциональной парадигмы [6]. Акцент делается не на смене инструментов, а на расширении способов мышления, что соответствует общим целям профильного обучения – развитию когнитивной гибкости и формированию устойчивой информационной культуры [1]. Предложенный подход может помочь избежать недостатков функционального стиля, среди которых выделяют высокую степень абстракции, риски снижения производительности и рост затрат памяти из-за неизменяемости объектов [3, 4].

Тем не менее, у данного подхода есть достоинства, делающие его полезным дополнением к классическому императивному программированию в школе. Запись кода в математической нотации обычно лаконичнее и понятнее, что способствует обучению школьников четко структурировать свои алгоритмы. Приверженность принципам чистоты и неизменяемости данных сокращает количество ошибок, вызванных изменением состояния, что существенно облегчает отладку и анализ кода программ [3, 4]. Упрощается и тестирование: поскольку побочные эффекты исключены, то результат зависит исключительно от аргументов. Совокупность этих факторов напрямую способствуют развитию алгоритмического мышления учащихся, а также учит их поиску закономерностей и созданию предсказуемых решений.

В основе организации учебного процесса лежит принцип последовательного усложнения содержания: от освоения базовых конструкций до работы с абстрактными концепциями. Благодаря такой структуре появляется возможность поэтапного формирования компетенций у обучающихся. Последовательность освоения инструментов функционального программирования на Python в профильных классах может выглядеть следующим образом.

На первом этапе учащиеся получают общее представление о функциональной парадигме, различиях с императивным стилем и преимуществах нового подхода.

На втором начинается изучение функций – основных программных структур в языке Python, обеспечивающих многократное использование программного кода и уменьшающих его избыточность. Необходимо разо-

брать их синтаксическую структуру и закрепить полученные знания на основе решения задач. Здесь важно показать учащимся и объяснить принцип написания «чистых функций», включающий следующие правила: не использовать глобальные переменные, не организовывать ввод-вывод внутри тела функции и гарантировать свойство детерминированности функции, то есть при одних и тех же данных выводить всегда одинаковый результат. Затем школьники знакомятся с лямбда-выражениями – анонимными функциями, определяемыми непосредственно в месте использования, и тернарной операцией, позволяющей записать условный оператор в одну строку [5, 7, 9].

На третьем шаге можно перейти к встроенным функциям высшего порядка: `map` и `filter`. С помощью первой можно применить заданное действие ко всем элементам последовательности, а вторая оставляет только те значения, что проходят проверку. Такие инструменты позволяют выстраивать цепочки преобразований без использования циклов [5, 7, 9].

На четвёртом этапе обучающиеся знакомятся со списковыми включениями – конструкциями языка Python, позволяющими создавать новый список одной строкой. Они выступают в качестве альтернативы методам для обработки последовательностей `map` и `filter`. Параллельно изучается функция `reduce` из модуля `functools`, предназначенная для свёртки последовательностей. В этот же блок входят вспомогательные инструменты: `sorted` для сортировки, `range` для генерации числовых последовательностей, `reversed` для разворота порядка элементов. Следом разбираются встроенные функции `min`, `max`, `len`, `any`, `all`, а также методы обработки строк [5, 7, 9].

На последующих занятиях вводится рекурсия – механизм, при котором функция обращается к самой себе до наступления базового случая. После освоения этой темы ученики плавно переходят к созданию собственных функций высшего порядка, тем самым закрепляя понимание передачи функций в виде аргументов [5, 7].

Если говорить о возможностях реализации элементов функционального программирования, Python, оставаясь мультипарадигменным языком, предоставляет богатые средства для этого. Здесь функции являются объектами первого класса, доступны лямбда-выражения, генераторы для отложенных вычислений и обширный инструментарий для работы с последовательностями [5, 7, 9].

Выбор в пользу Python в качестве основы для обучения школьников элементам функционального программирования определён несколькими причинами. Прежде всего, это лаконичный и интуитивный синтаксис языка: он снижает барьер восприятия, позволяя учащимся концентрироваться на сути парадигмы, а не на грамматике кода. Во-вторых, низкий порог вхождения: в отличие от C#, Java или C++, где для начала необходимо разобраться с интерфейсами, делегатами и шаблонами, в Python функциональные инструменты доступны к использованию уже на начальных этапах. В-третьих,

высокая прикладная ценность полученных умений в ходе курса, востребованных в современной индустрии, усиливает вовлечённость обучающихся и поддерживает их учебную мотивацию.

Таким образом, интеграция курса по элементам функционального программирования на Python в программу профильных классов средней школы представляется обоснованным и своевременным шагом. Это решение работает на достижение сразу нескольких образовательных результатов: формирование алгоритмического мышления; расширение представлений учащихся о многообразии стилей программирования; овладение обучающимися эффективными средствами для решения сложных задач. Успех реализации зависит от методически выверенной структуры: постепенного нарастания сложности; сочетания теории с практикой; опоры на актуальные учебные материалы и ресурсы. При грамотном подходе функциональный стиль не вытесняет императивный, а естественным образом дополняет и обогащает инструментарий школьников.

Литература

1. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования (ФГОС СОО) [Электронный ресурс]. – URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-soo/> (дата обращения: 27.02.2026).
2. *Сергиевский Г. М.* Функциональное и логическое программирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Г. М. Сергиевский, Н. Г. Волчёнков. – Москва : Издательский центр «Академия», 2010. – 320 с. – ISBN 978-5-7695-6433-8.
3. Функциональное программирование. Теоретические и практические основы для разных языков : учебник для вузов / под общей редакцией А. Ю. Анисимова, А. Е. Трубина, Ф. А. Мастяева. – Москва : Издательство Юрайт, 2026. – 135 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-20518-3. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/589911> (дата обращения: 27.02.2026).
4. *Малов, А. В.* Концепции современного программирования : учебник для вузов / А. В. Малов, С. В. Родионов. – Москва : Издательство Юрайт, 2026. – 96 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-14911-1. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/588973> (дата обращения: 27.02.2026).
5. *Лутц, М.* Изучаем Python / М. Лутц. – 4-е изд. – СПб.: Символ-Плюс, 2011. – 1280 с. – ISBN 978-5-93286-159-2.
6. *Голицына О. Л., Попов И. И.* Программирование на языках высокого уровня : учебное пособие / О. Л. Голицына, И. И. Попов. – Москва : ФОРУМ, 2010. – 496 с. – (Профессиональное образование) – ISBN 978-5-91134-209-8.

7. *Самылкина, Н. Н.* Информатика (углубленный уровень). Реализация требований ФГОС среднего общего образования: методическое пособие для учителя / Н. Н. Самылкина. – Москва : ФГБНУ «Институт стратегии развития образования», 2023. – 226 с. – ISBN 978-5-6049296-3-6.
8. Python Software Foundation. Functional Programming HOWTO [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.python.org/3/howto/functional.html> (дата обращения: 22.02.2026).
9. Федеральный институт педагогических измерений. Демонстрационные варианты ЕГЭ по информатике и ИКТ [Электронный ресурс]. – URL: <https://fipi.ru/ege/demoversii-specifikacii-kodifikatory> (дата обращения: 22.02.2026).

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ РАБОТЕ С ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ ASTRA LINUX В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ

Ковальчук А. А., Майер С. Ф.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: akovalc@sfedu.ru, sfmayer@sfedu.ru*

В условиях активной цифровизации образования и расширения использования отечественного программного обеспечения возрастает необходимость формирования у школьников навыков работы с различными операционными системами. Одной из таких систем является Astra Linux, которая постепенно внедряется в образовательные организации в рамках политики технологического суверенитета и импортозамещения программного обеспечения.

В школьном курсе информатики учащиеся знакомятся с понятием операционной системы и основами работы с ней [2, 3]. Однако на практике обучение чаще всего строится на примере систем семейства Windows. При этом навыки работы с альтернативными или отечественными операционными системами формируются недостаточно. В результате учащиеся могут испытывать затруднения при работе в другой программной среде, поскольку интерфейс, структура файловой системы и принципы управления могут отличаться от привычных.

Освоение новой операционной системы нередко вызывает у школьников определённые трудности. Среди наиболее распространённых можно выделить следующие:

- отсутствие опыта работы с альтернативным интерфейсом операционной системы;
- недостаточное понимание принципов организации файловой системы;
- трудности в систематизации и хранении учебных файлов;
- недостаточное внимание к вопросам цифровой безопасности;
- сложности при использовании инструментов командной строки [4, 5].

В связи с этим возникает необходимость разработки методических подходов, которые позволят эффективно формировать у школьников базовые навыки работы с операционной системой Astra Linux [1].

Одним из возможных решений является введение в курс информатики специального учебного модуля, направленного на освоение данной операционной системы. Такой модуль может быть реализован в рамках раздела

«Информационные технологии. Операционные системы» и включать серию практико-ориентированных занятий [7].

Таким образом, в рамках проведённой работы был разработан учебный модуль «Основы работы в ОС Astra Linux», рассчитанный на восемь учебных часов и предназначенный для обучающихся 8 класса. Основной целью модуля является формирование у школьников базовых навыков работы с операционной системой, понимания принципов организации файлов и папок, а также освоение основ безопасной работы в цифровой среде.

Занятия проводятся в классно-урочной форме с активным использованием практических заданий. Основное внимание уделяется формированию устойчивых пользовательских навыков, которые могут применяться как в учебной деятельности, так и в повседневной работе с компьютером.

Структура модуля включает восемь занятий, каждое из которых посвящено определённому аспекту работы в операционной системе:

- знакомство с операционной системой Astra Linux и её интерфейсом;
- организация файлов и папок;
- работа с программами и обновлениями;
- базовые настройки системы и персонализация рабочего пространства;
- пользователи и права доступа;
- работа с терминалом и базовыми командами;
- безопасная работа в сети;
- итоговая практическая работа.

Последовательность изучения тем построена по принципу постепенного усложнения учебного материала. Сначала учащиеся знакомятся с интерфейсом системы и выполняют простые действия, такие как создание файлов и папок. Далее они осваивают более сложные операции, включая работу с правами доступа и использование командной строки.

Особое внимание в рамках модуля уделяется практической деятельности обучающихся. Представленные в модуле задания позволяют не только закрепить теоретический материал, но и сформировать прикладные навыки работы в операционной системе.

Рассмотрим примеры практических заданий, используемых на занятиях.

Пример практического задания № 1

Тема задания – организация файлов и папок в операционной системе Astra Linux.

Цель работы заключается в формировании навыков структурирования файловой системы и аккуратного хранения учебных материалов.

В ходе выполнения задания учащимся предлагается создать в домашнем каталоге следующую структуру папок:

Информатика / Астра / Урок2

Внутри папки «Урок2» необходимо создать дополнительные папки:

- Текст
- Изображения
- Архив

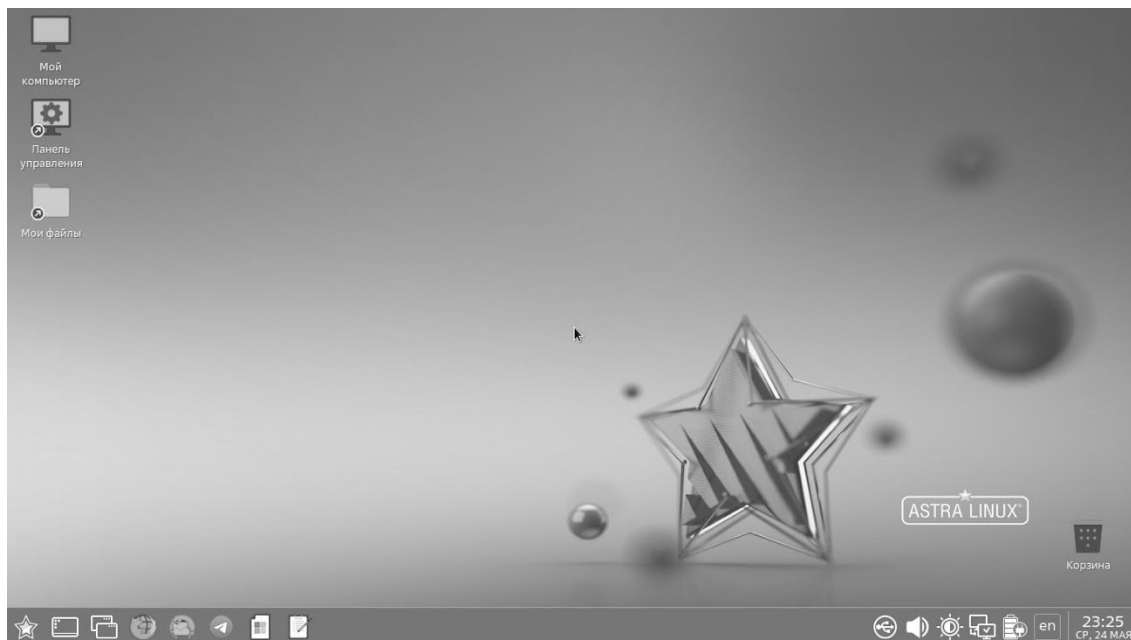


Рис. 1. Рабочий стол Astra Linux и основные элементы интерфейса

Далее учащиеся создают текстовый файл по заданному шаблону и записывают в него несколько строк: дату, тему урока и основные правила безопасной работы с компьютером. После этого необходимо сделать скриншот рабочего стола и сохранить его в папку «Изображения».

Завершающим этапом работы является перемещение созданных файлов в соответствующие папки и архивирование папки «Урок2». Полученный архив передаётся учителю для проверки.

Подобные задания помогают учащимся понять важность упорядоченного хранения файлов и формируют навыки организации рабочего пространства на компьютере.

Пример практического задания № 2

Ещё одним важным элементом обучения является знакомство учащихся с терминалом и базовыми командами командной строки.

В рамках практической работы школьникам предлагается выполнить последовательность команд, направленных на создание папок и файлов.

Например, учащиеся выполняют следующие действия:

1. открывают терминал;
2. определяют текущий каталог с помощью команды `pwd`;
3. создают новую папку с помощью команды `mkdir`;
4. переходят в созданный каталог командой `cd`;
5. создают текстовый файл командой `touch`;

6. записывают в файл текст с помощью команды `echo`;

7. просматривают содержимое файла командой `cat`.

Выполнение подобных заданий позволяет учащимся получить представление о возможностях терминала и понять, каким образом можно управлять файлами и папками с помощью командной строки.

Кроме формирования технических навыков, важным компонентом обучения является развитие культуры безопасной работы в цифровой среде [3]. В рамках модуля учащиеся знакомятся с основными принципами информационной безопасности, среди которых:

- использование надёжных паролей;
- понимание различий между правами пользователя и администратора;
- безопасная установка программного обеспечения;
- распознавание подозрительных ссылок и сообщений;
- создание резервных копий данных.

Важно отметить, что данные вопросы не рассматриваются изолированно, а включаются непосредственно в практическую деятельность учащихся. Такой подход позволяет формировать у школьников более осознанное отношение к вопросам безопасности.

Методическая разработка опирается на ряд дидактических принципов [1, 6].

Одним из ключевых является принцип практической направленности обучения. Большая часть учебного времени отводится выполнению практических заданий, которые помогают закрепить изученный материал.

Также важную роль играет принцип доступности и поэтапности. Учебный материал изучается последовательно: от простых действий к более сложным. Это позволяет снизить уровень сложности восприятия новой информации и поддерживать интерес учащихся к изучению предмета.

В разработке реализуется и принцип наглядности. Учитель демонстрирует основные действия на экране, а учащиеся выполняют их самостоятельно, опираясь на пошаговые инструкции.

Кроме того, большое внимание уделяется активной учебной деятельности школьников. Школьники не только выполняют задания, но и анализируют результаты своей работы, обсуждают возникающие ошибки и ищут способы их исправления.

Реализация разработанного учебного модуля позволяет сформировать у обучающихся ряд образовательных результатов.

К предметным результатам относятся:

- понимание назначения операционной системы;
- умение ориентироваться в интерфейсе ОС Astra Linux;
- сформированность навыков работы с файлами и папками;
- умение выполнять базовые настройки системы;

- использование простых команд терминала;
- соблюдение правил безопасной работы в цифровой среде.

Метапредметные результаты проявляются в развитии универсальных учебных действий, таких как: умение работать по инструкции, планировать свою деятельность, контролировать результат и анализировать ошибки.

Личностные результаты связаны с формированием ответственного отношения к использованию цифровых технологий, развитием интереса к современным информационным системам и повышением уверенности учащихся в своих компьютерных навыках.

Таким образом, включение в школьный курс информатики практико-ориентированного модуля по изучению операционной системы Astra Linux позволяет расширить цифровую компетентность учащихся и познакомить их с современными отечественными программными решениями. Реализация подобного модуля способствует формированию устойчивых пользовательских навыков, развитию информационной культуры и повышению уровня цифровой безопасности школьников.

Литература

1. Кузнецов А. А., Лапчик М. П., Семакин И. Г. Методика обучения информатике в школе // Учебное пособие для вузов. 2016. М. : Лань, с. 389.
2. Семакин И. Г. Информатика. 8 класс // Учебник для общеобразовательных организаций. 2021. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, с. 192.
3. Министерство просвещения Российской Федерации // Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. М., 2021.
4. Astra Linux. Официальная документация пользователя. М. : РусБИТех, 2023.
5. Астра Linux. Руководство администратора Astra Linux Special Edition. М., 2023.
6. Ершов А. П. Избранные труды по информатике и образованию. Новосибирск : СО РАН, 2014.
7. Угринович Н. Д. Информатика и ИКТ // Практикум по информационным технологиям. М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ИНТЕРАКТИВНОГО ПРАКТИКУМА ПО ИНФОРМАТИКЕ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 7 КЛАССА

Корнева К. А.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: kkorneva@sfedu.ru*

Цифровые инструменты необходимы в современном обществе, они трансформируют как содержание обучения, так и способы взаимодействия учащихся. Так как активно развивается цифровизация в школах, то особое значение приобретает разработка учебных материалов, которые были бы не только информативными, но и интерактивными, и позволяли вовлечь ученика в активную познавательную деятельность.

Согласно посланию Федеральному собранию от президента В. В. Путина от 1 марта 2018 года развитие цифровой среды приняло прогрессивный характер. Одним из приоритетных направлений является внедрение в образовательный процесс современных цифровых решений, которые обеспечивают повышения качества обучения [5]. Это актуализирует проблему поиска эффективных методических подходов к созданию учебных материалов, в том числе интерактивных практикумов, которые отвечают требованиям педагогического дизайна.

Понятие «интерактивный практикум» в современной педагогической литературе трактуется как электронное средство обучения, которое позволяет учащемуся не просто пассивно воспринимать информацию, но и активно взаимодействовать с учебным контентом, выполнять задания, получать мгновенную обратную связь и корректировать свои действия [4].

Важно отметить, что понятие педагогического дизайна представляет собой системный подход к построению учебного процесса. Как отмечают зарубежные исследователи (М. Меррилл и др.), педагогический дизайн – это научная дисциплина, направленная на создание наиболее эффективных и комфортных способов обучения [3]. Если рассматривать в контексте разработки интерактивного практикума принципы педагогического дизайна позволяют выстроить логику подачи материала, чтобы каждый элемент ресурса работал на достижение поставленных образовательных целей.

Возрастные особенности учащихся 7 класса характеризуются переходом к абстрактному мышлению, но наглядно-образные компоненты также играют важную роль в усвоении материала [2]. Интерактивный материал и практические задания делает интерактивный практикум востребованным

инструментом. Практические задания визуализируются с помощью современных цифровых технологий.

Под интерактивным практикумом по информатике мы будем понимать структурированный электронный ресурс, включающий в себя теоретические блоки, тренировочные упражнения, задачи с автоматической проверкой и моделирующие среды, позволяющие учащимся экспериментировать с изучаемыми алгоритмами и процессами [1].

Для разработки интерактивного практикума для учащихся 7 класса требуется ряд методических особенностей, базирующихся на учете возрастных психолого-педагогических характеристик обучающихся и специфики предмета «Информатика». Разработке практикума должна предшествовать система следующих этапов:

- анализ уровня владения ИКТ-компетенциями учащихся 7 класса;
- определение места практикума в рабочей программе по информатике;
- отбор содержания, соответствующего Федеральному государственному образовательному стандарту (ФГОС) и примерной основной образовательной программе;
- проектирование интерактивных элементов, обеспечивающих высокую степень вовлеченности;
- разработка системы навигации, исключающей когнитивную перегрузку;
- создание механизмов обратной связи и оценивания результатов.

Ключевая задача интерактивного практикума состоит в том, чтобы обеспечить деятельностный подход учащихся, а не дублировать традиционный учебник. Учащийся должен собрать алгоритм из блоков, настроить параметры модели, исправить ошибки в программном коде, ответить на вопросы с мгновенной проверкой.

Логично разрабатывать практикум по модульному принципу, где каждый модуль соответствует теме курса информатики 7 класса (например, «Информация и информационные процессы», «Компьютер как универсальное устройство», «Обработка графической информации», «Обработка текстовой информации», «Мультимедиа»). Такая структура поможет выстраивать ресурс в учебный процесс, а также использовать его на уроках и организовывать самостоятельную работу.

Ключевыми требованиями при разработке следует уделить особое внимание интерфейсу, так как важно сделать все так, чтобы навигация была понятной. Но, не стоит забывать, что игровые механики не должны заменять учебные цели, а лишь служить средством для достижения учебных целей.

Методическими особенностями разработки интерактивного практикума для учеников 7 класса включают в себя следующие компоненты:

- Мотивационно-целевой компонент, который реализуется через визуализацию, и позволяет сделать понятия наглядными.
- Содержательный компонент, который требует строгого содержания ФГОС и адаптации материала под возраст учащихся.
- Деятельностный компонент, в котором преобладают задания на творческую активность (создание мини-проектов, работа в визуальных средах).
- Технологический компонент

В разработку интерактивного практикума логично включать будущих учителей информатики в рамках следующих дисциплин: «Теория и методика обучения информатике», «Цифровые образовательные ресурсы» и «Web-программирование». Такая практика поможет не только овладеть технологией создания цифровых ресурсов, но, а также и освоить принципы их применения в контексте педагогического дизайна.

Таким образом, интерактивный практикум позволяет реализовать принципы наглядности, доступности и активности обучения. Его разработка требует от педагога глубокого понимания предметного содержания, а также владения современными инструментами создания цифрового контента.

Литература

1. Григорьев С. Г., Гриншкун В. В. Информатизация образования: фундаментальные основы и прикладные аспекты. – М.: МГПУ, 2020. – 312 с.
2. Зимняя И. А. Педагогическая психология: учебник для вузов. – 3-е изд., пересмотр. – М.: МПСУ, 2019. – 448 с.
3. Педагогический дизайн / Под ред. А. Ю. Уварова. – М.: Лаборатория знаний, 2021. – 224 с.
4. Роберт И. В. Теория и методика информатизации образования (психолого-педагогический и технологический аспекты). – М.: БИНОМ, 2020. – 398 с.
5. Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919> (дата обращения: 14.03.2026).

МОБИЛЬНАЯ РАЗРАБОТКА НА ЯЗЫКЕ KOTLIN В ПРОФИЛЬНОЙ ШКОЛЕ

Кувшинова Е. Н., Насибян А. А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Институт математики, механики и компьютерных наук

им. И. И. Воровича,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: enkuvshinova@sfedu.ru, anasibyan@sfedu.ru

В условиях ускоренной цифровизации обучение школьников современным аспектам развития информационных технологий приобретает особую важность. Среди множества перспективных и востребованных направлений разработка мобильных приложений выделяется как одна из ключевых областей. Повсеместное использование таких приложений подчеркивает их значимость как для образовательного процесса, так и для формирования будущей профессиональной траектории обучающихся.

Растущий спрос на компетентных специалистов в области мобильной разработки стимулирует повышенный интерес старшеклассников к IT-сектору. Это проявляется в их активном погружении в цифровое пространство, желании постигать основы программирования и разбираться в механизмах функционирования программ и приложений [3].

С учетом необходимости организации профориентационной составляющей при обучении школьников в профильных классах по информатике одним из возможных вариантов является внедрение элективного курса, посвященного обучению основам мобильной разработки, в частности, создания мобильных приложений на платформе Android с применением языка программирования Kotlin.

Android – самая популярная и востребованная на данный момент мобильная операционная система. Выбор именно этой среды обоснован широким разнообразием видов устройств, функционирующих под ее управлением, а также свободой настройки, в том числе установки сторонних программ. Последнее особенно актуально в условиях создания тестовых приложений на занятиях и их последующего запуска.

Осуществление сборки и отладки может быть организовано с использованием среды Android Studio. Данное средство разработки от Google активно используется в индустрии разработки мобильных приложений, следовательно, знакомство старших школьников с данной средой может позволить им получить практические и актуальные знания и навыки будущего специалиста.

Программный код в Android Studio создается на языках Java или Kotlin. Так, компания Google рассматривает Kotlin в качестве официального язык

программирования для разработки под операционную систему Android. Kotlin, созданный как продолжение развития Java, содержит в себе ряд улучшений, таких как лаконичность и высокая производительность, что позволяет данному языку стать приоритетным для интегрированных сред разработки. Наличие понятного синтаксиса и низкий порог вхождения являются определяющими причинами выбора языка Kotlin при создании элективного курса для старших школьников [2].

Курс рассчитан на 32 часа, что соответствует одному занятию в неделю на протяжении одного года. Программное обеспечение, необходимое для реализации элективного курса, включает в себя программу Android Studio для создания и отладки, а также эмулятор AVD Manager для тестирования разработанных приложений. Для изучения Kotlin подойдет онлайн-платформа Kotlin Playground.

Содержание курса включает пять модулей:

- Введение в мобильную разработку.
- Основы языка Kotlin.
- Разработка пользовательского интерфейса. Логика приложения и навигация.
- Работа с данными.
- Итоговый проект: создание мобильного приложения.

Первый модуль ориентирован на решение следующих задач: введение понятия мобильного приложения; разбор архитектуры Android; установка и настройка Android Studio. По итогу этого модуля обучающиеся должны усвоить, что такое нативная разработка, кроссплатформенная разработка, фреймворк, интегрированная среда разработки и другие термины, используемые в мобильной разработке. Также необходимо разобраться в структуре Android-приложения. Учащиеся должны научиться работать со средой Android Studio: устанавливать программу, запускать и сохранять проект. Школьники должны овладеть базовыми навыками работы в Android Studio, а также первичными навыками запуска и тестирования приложений.

Второй модуль предполагает освоение школьниками основ программирования на языке Kotlin, а также принципов объектно-ориентированного программирования. По окончании этого модуля обучающиеся должны знать синтаксис языка Kotlin и его основные алгоритмические конструкции. Они должны научиться писать простые программы на Kotlin и читать чужой программный код, анализируя его работу и результат. Учащиеся должны получить навыки структурирования кода, отработать некоторые приёмы отладки простых программ.

Третий модуль посвящен изучению базовых правил и принципов построения пользовательского интерфейса приложения. По итогу этого модуля обучающиеся должны знать основные элементы интерфейса (TextView, Button, EditText и др.); основы XML-разметки в Android. Школь-

ники должны научиться размещать и настраивать элементы UI; обрабатывать нажатия и другие действия пользователя; связывать интерфейс с программной логикой. Обучающиеся должны владеть навыками проектирования простых интерфейсов; навыками обработки событий в приложении.

Четвертый модуль направлен на изучение методов хранения, передачи и обработки данных между компонентами программы. В результате прохождения данного раздела обучающийся должен знать: основные способы хранения данных (SharedPreferences, файлы, базы данных). Учащиеся должны уметь сохранять и загружать данные; работать с источниками данных. Обучающиеся должны владеть базовыми навыками работы с локальным хранением данных.

Последний модуль предполагает разработку обучающимися мобильного приложения на платформе Android и защиту созданного проекта.

В рамках описываемого элективного курса предполагается проведение учебных занятий теоретического и практического содержания. Каждый модуль предполагает выполнение школьниками лабораторных работ.

Обучение по данному элективному курсу направлено на формирование у обучающихся наиболее востребованных практических навыков, которые станут фундаментом для их будущей деятельности в сфере IT. Участники курса будут испытывать себя в решении современных задач, требующих нестандартного мышления и изобретательности [1]. Изучение обучающимися современных технологий программирования даст возможности для самоопределения, выявления способностей к дальнейшему продолжению обучения в данном направлении.

Литература

1. Гусев К. В., Петросян Л. Э. «Разработка мобильных приложений на языке Kotlin». – СПб.: Лань, 2024. – 104 с.
2. Документация и обучающие материалы JetBrains по языку Kotlin (<https://kotlinlang.org>).
3. Новиков М. Ю. Возможности применения мобильных технологий в школьном курсе информатики // Педагогическое образование в России. 2017. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-primeneniya-mobilnyh-tehnologiy-v-shkolnom-kurse-informatiki> (дата обращения: 13.03.2026).

ПРОПЕДЕВТИКА АНАЛИЗА ДАННЫХ НА ЯЗЫКЕ PYTHON В УГЛУБЛЕННОМ КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ СТАРШЕЙ ШКОЛЫ

Кувшинова Е. Н., Симонова В. С.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону*

E-mail: vasimonova@sfedu.ru, enkuvshinova@sfedu.ru

Современный этап развития информационного общества характеризуется внедрением технологий обработки данных во все сферы профессиональной деятельности. Профессии Data Analyst и Data Scientist стабильно входят в топ наиболее востребованных и высокооплачиваемых специальностей как в России, так и за рубежом. Это создаёт социальный запрос на раннюю профориентацию школьников и формирование у них базовых компетенций в области анализа данных.

Наибольшим потенциалом для решения этой задачи обладает углубленный курс информатики в 10–11 классах. К этому возрасту у учащихся уже сформировано алгоритмическое мышление, они знакомы с базовыми конструкциями языков программирования и мотивированы на получение знаний, имеющих практическую ценность для будущей карьеры. Однако анализ действующих программ показывает, что вопросы анализа данных либо остаются нераскрытыми, либо рассматриваются фрагментарно, преимущественно в контексте изучения темы «Электронные таблицы», что недостаточно для подготовки к реальной профессиональной деятельности.

Растущая роль данных в науке, экономике и повседневной жизни требует обновления образовательных подходов в старшей школе.

Овладение школьниками цифровыми навыками анализа данных возможно в рамках пропедевтического курса, направленного на достижение следующих целей:

- формирование представлений школьников о процессе обработки информации (от постановки задачи и сбора информации до интерпретации полученных результатов);
- знакомство учащихся с современными инструментами, необходимыми для анализа данных;
- развитие критического мышления и исследовательских навыков;
- профориентация школьников, закладывающая основу для осознанного выбора будущей образовательной траектории.

При разработке курса важно учитывать психологические особенности учащихся. Старшеклассники проявляют интерес к темам, имеющим общественное значение, и стремятся определиться с будущей профессией. Для

того, чтобы курс был интересным и полезным необходимо использовать практико-ориентированный подход, и работать с реальными данными.

Для обучения анализу данных можно использовать язык программирования Python, так как старшеклассники зачастую знакомы с его синтаксисом, это позволит сосредоточиться школьникам на процессе анализа данных, а не на особенностях работы. Помимо этого, Python обладает специализированными библиотеками, которые являются мощным аналитическим инструментом, доступным для изучения в школе. И наконец, знание Python и его библиотек – ключевое требование для освоения IT-профессий.

Логика построения курса должна отражать естественный ход анализа данных: от первичного знакомства до их интерпретации и презентации.

Первый этап – погружение и актуализация: повторение базовых структур данных Python (списки, словари), алгоритмических конструкции (следование, ветвление, циклы) и подпрограмм (процедуры, функции) в контексте задач обработки данных, что формирует основу для понимания работы специализированных библиотек.

Второй этап – знакомство с библиотекой Pandas: освоение основных инструментов анализа. Старшеклассники учатся загружать данные из внешних файлов, выполнять первичный анализ, осуществлять выборку и фильтрацию, группировать данные и вычислять необходимые показатели, а также обрабатывать пропуски.

Третий этап – визуализация данных: освоение библиотек Matplotlib и Seaborn для наглядного представления результатов. Рассматриваются основные типы диаграмм, критерии их применения, особенности оформления их элементов.

Четвертый этап – основы статистического анализа: знакомство с описательными показателями (среднее, медиана, стандартное отклонение), понятием корреляции и интерпретируют полученные значения.

Пятый этап – ознакомление с элементами машинного обучения: для мотивированных учащихся на интуитивном уровне рассматриваются постановки задач классификации и кластеризации, демонстрируются возможности дальнейшего развития.

Эффективность освоения дополнительного курса по основам анализа данных во многом зависит от правильно выбранных форм и методов обучения. Ключевую роль играет среда программирования, в которой код, результаты его выполнения и комментарии представляют единый продукт, подобно исследовательскому отчёту. При изучении основ анализа данных проектная работа обучающихся позволяет организовать учебно-исследовательскую деятельность с учетом интересов школьников. Из предложенных учителем вариантов школьники выбирают тему проекта и проводят исследование: собирают необходимые данные, анализируют их и выявляют закономерности, визуализируют полученные результаты и презентуют их. Защита проекта в

таком случае позволяет не только продемонстрировать результаты работы, но и развить коммуникативные навыки.

В ходе обучения старшеклассники не просто получают теоретические знания, а погружаются в специфику работы с большими данными, ведь курс нацелен прежде всего на развитие аналитического мышления. Даже если школьник в будущем выберет профессию, напрямую не связанную с программированием или ИТ, то способность грамотно работать с данными, выявлять тренды и аргументировать свои решения на основе фактов станет преимуществом в любой сфере деятельности.

Литература

1. Босова Л. Л. Современные тенденции развития школьной информатики в России и за рубежом // Информатика и образование. 2019. № 1. С. 22–32.
2. Павлов Д. И. Принципы реализации пропедевтического курса информатики в контексте цифровой трансформации образования. Информатика и образование. 2025;40(3):5–14. DOI: 10.32517/0234-0453-2025-40-3-5-14.
3. Поляков, К. Ю. Информатика : 10-й класс : базовый и углублённый уровни : учебник : в 2 частях / К. Ю. Поляков, Е. А. Еремин. – 7-е изд., стер. – Москва : Просвещение, 2025 – Часть 1 – 2025. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/497618> (дата обращения: 13.03.2026).
4. Поляков, К. Ю. Информатика : 10-й класс : базовый и углублённый уровни : учебник : в 2 частях / К. Ю. Поляков, Е. А. Еремин. – 7-е изд., стер. – Москва : Просвещение, 2025 – Часть 2 – 2025. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/497621> (дата обращения: 13.03.2026).
5. Поляков, К. Ю. Информатика : 11-й класс : базовый и углублённый уровни : учебник : в 2 частях / К. Ю. Поляков, Е. А. Еремин. – 7-е изд., стер. – Москва : Просвещение, 2025 – Часть 1 – 2025. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/497642> (дата обращения: 13.03.2026).
6. Поляков, К. Ю. Информатика : 11-й класс : базовый и углублённый уровни : учебник : в 2 частях / К. Ю. Поляков, Е. А. Еремин. – 7-е изд., стер. – Москва : Просвещение, 2025 – Часть 2 – 2025. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/497648> (дата обращения: 13.03.2026).
7. Федеральная рабочая программа среднего общего образования. Информатика (углублённый уровень) (утв. в составе Федеральной образовательной программы среднего общего образования Приказом Минпросвещения России от 18.05.2023 № 371) [Электронный ресурс] // Единое содержание общего образования : сайт. – URL: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2025/07/2025_soo_frp_informatika_10_11_ugl.pdf (дата обращения: 14.03.2026).

РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ НАВЫКОВ БУДУЩИХ ПЕДАГОГОВ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ГЕНЕРАТИВНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Кувшинова Е. Н., Стилиди К. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону*

E-mail: enkuvshinova@sfedu.ru, stilidi@sfedu.ru

Сегодня цифровая трансформация образования в первую очередь обусловлена стремительным развитием искусственного интеллекта (ИИ). Это влечет за собой появление и развитие новых подходов и форматов обучения. Немаловажную роль в данном контексте играет генеративный ИИ, поскольку он способен создавать текст, изображения, аудио и видео материалы по запросу пользователя, позволяя за несколько минут подготовить материал, для создания которого «с нуля» требуется значительно больше времени.

Данное преимущество особенно актуально для педагогов, поскольку грамотное применение генеративного ИИ позволит ускорить подготовку к занятиям. Разработка конспектов урока, составление самостоятельных и контрольных работ, проверка заданий, подготовка отчетной документации – эти рутинные операции могут быть выполнены с использованием генеративного ИИ. Однако полностью автоматизировать работу учителя невозможно: результаты требуют проверки, редактуры и понимания ограничений тех или иных моделей. Несмотря на постоянное развитие ИИ, результаты генераций могут быть некорректными и содержать недостоверную информацию.

Для будущих учителей-предметников генеративный ИИ представляет практическую ценность. В ходе обучения в вузе студенту необходимо постоянно обрабатывать большой объем информации, который целесообразно структурировать и применять в дальнейшей профессиональной деятельности. В рамках педагогической практики студенты также проектируют уроки и разрабатывают задания, готовят презентации к занятиям и оценивают результаты обучающихся. Освоение работы с генеративным ИИ позволяет выполнять эти действия быстрее и осознаннее, а также формирует новый слой цифровых навыков, связанных с педагогическим дизайном.

Францкевич А. А. и др. в своем исследовании [4] рассматривают возможности применения инструментов ИИ в профессиональной деятельности педагога, уделяя особое внимание генеративным нейросетям. Дочкин А. С. утверждает, что нейросети уже являются инструментом, повышающим квалификацию педагогических кадров [2]. Бороненко Т. А., Федотова В. С. в

своей статье [1] поднимают проблему формирования у педагогов новых цифровых компетенций в области ИИ. Они указывают на недостаточную подготовленность педагогов к интеграции генеративного ИИ в реальной педагогической работе и необходимость овладения новыми цифровыми компетенциями для успешного применения технологий.

Актуальность изучения генеративного ИИ обусловлена также тем, что современные студенты уже являются пользователями нейросетей, однако часто у них отсутствует осознанность и понимание рисков. Главное – экономия времени, что не учитывает достоверность и качество полученных результатов.

В вузах темы, а также отдельные дисциплины, связанные с ИИ, встречаются все чаще. Однако единого подхода к формированию этой подготовки нет. На наш взгляд, здесь важны не только общие упоминания цифровизации и ИИ, но и практическая подготовка: необходимо научить студентов формулировать корректные запросы, сравнивать и выбирать результаты генерации нескольких моделей, проверять материалы. Сысоев П. В. в своем исследовании [3] подчеркивает, что эффективность ИИ напрямую зависит от четких критериев и контроля со стороны преподавателя.

Реализация подготовки будущих педагогов к работе с генеративным ИИ возможна в формате онлайн-курса. Это позволит обеспечить изучение материала студентом в собственном темпе, с возможностью повторно ознакомиться с материалами и вернуться к ним в любой момент времени. Преимуществом выбранного формата также является возможность сразу перейти от теоретической части к практике. В процессе выполнения заданий и изучения новых сервисов для генерации учебных материалов студенты будут создавать свой собственный курс, с применением генеративного ИИ. Таким образом, будущие педагоги смогут совместить развитие навыков генерации образовательных материалов с творческой работой, а также закрепить полученные знания. Получившийся курс и его презентация будут являться итоговым проектом и позволят оценить эффективность применения генеративного ИИ в профессии.

Цель курса заключается в формировании у будущих педагогов цифровых навыков применения генеративного ИИ. По завершению обучения студент должен:

- понимать принцип работы генеративного ИИ;
- уметь выбирать инструмент согласно поставленной задаче;
- уметь правильно формулировать запрос;
- редактировать и совершенствовать полученные результаты;
- критически оценивать генерацию.

Примерная структура курса может выглядеть так:

1. Входной контроль.
2. Историческая справка по генеративному ИИ.
3. Основы работы генеративного ИИ.

4. Промпт-инжиниринг.
5. Этика и безопасность применения генеративного ИИ.
6. Классификация генеративного ИИ.
7. Практическая работа с конкретными сервисами.
8. Итоговый проект.

Генеративный ИИ для педагогической практики целесообразно структурировать по типу создаваемого образовательного продукта. Такой функциональный подход позволяет связать инструмент не с абстрактной технологией, а с конкретной задачей преподавателя:

Категории инструменты ИИ	Результаты работы инструмента ИИ	Примеры инструментов ИИ
Текстовые LLM-ассистенты	Планы уроков, тесты, объяснения, черновики обратной связи	ChatGPT, GigaChat, YandexGPT, DeepSeek
Генераторы изображений	Иллюстрации, схемы, карточки, визуальные опоры	Kandinsky, Stable Diffusion, Midjourney
Генераторы аудио и видео	Озвучка, короткие ролики, демонстрационные материалы	Runway, Pika, Suno, TTS-сервисы
Мультимодальные помощники	Анализ текста и изображений, комплексные ответы	ChatGPT с мультимодальными функциями, Gemini

Текстовые модели наиболее востребованы, поскольку позволяют ускорять подготовку урока и варьировать уровень сложности материала. Генераторы изображений и видео особенно полезны там, где важна наглядность, а мультимодальные помощники открывают возможности для комплексных сценариев проектной работы. При этом все инструменты генеративного ИИ требуют методической проверки, так как модель может выдавать правдоподобный, но неточный ответ, а значит, педагог должен сохранять контроль над содержанием.

Генеративный ИИ становится значимым фактором трансформации профессиональной подготовки будущих педагогов. Для студентов-предметников его изучение является необходимым компонентом цифровой грамотности, поскольку именно они в дальнейшем будут проектировать учебный контент, использовать цифровые средства оценивания и сочетать традиционные и IT-технологии. Разработка онлайн-курса в этой области представляется наиболее гибким и практико-ориентированным решением для подготовки педагогических кадров в системе высшего образования.

Литература

1. *Бороненко Т. А., Федотова В. С.* Развитие персонализированного обучения будущих педагогов через генерацию курсов с использованием искусственного интеллекта // Мир науки, культуры, образования. – 2024. – №. 4 (107). – С. 29-33.
2. *Дочкин Сергей Александрович* Нейросети – новый инструмент для системы повышения квалификации педагогических кадров // Научное обеспечение системы повышения квалификации кадров. 2024. № 2 (59). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/neyroseti-novyy-instrument-dlya-sistemy-povysheniya-kvalifikatsii-pedagogicheskikh-kadrov> (дата обращения: 18.03.2026).
3. *Сысоев Павел Викторович* Искусственный интеллект в образовании: осведомлённость, готовность и практика применения преподавателями высшей школы технологий искусственного интеллекта в профессиональной деятельности // Высшее образование в России. 2023. № 10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-v-obrazovanii-osvedomlyonnost-gotovnost-i-praktika-primeneniya-prepodavatelayami-vysshey-shkoly-tehnologiy> (дата обращения: 18.03.2026).
4. *Францкевич А. А. и др.* Технологии искусственного интеллекта в образовательной деятельности педагога: от промпт-инженерии к визуализации знаний. – 2025.

МЕТОД ПРОЕКТОВ В ОБУЧЕНИИ ВЕБ-ДИЗАЙНУ СТАРШЕКЛАСНИКОВ В РАМКАХ ФАКУЛЬТАТИВНОГО КУРСА

Левченко А. А., Майер С. Ф.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: alev@sfedu.ru, sfmayer@sfedu.ru*

Веб-дизайн относится к числу наиболее динамично развивающихся отраслей цифровой индустрии, а веб-дизайнер остается одной из самых востребованных профессий, поскольку без участия специалиста этого профиля невозможно создать современный сайт. В статье рассматривается проблема подготовки старшеклассников в данной области. Актуальность исследования обусловлена недостаточным вниманием к веб-дизайну в школьной программе: согласно федеральной рабочей программе среднего общего образования, на изучение темы «Интернет как глобальная информационная сеть» отводится только 5 часов, в рамках которых рассматриваются лишь базовые понятия интернета и Всемирной паутины, язык разметки HTML и язык стилей CSS. Такого объема учебного времени явно недостаточно для формирования у учащихся целостного представления о веб-дизайне и получения практических навыков, востребованных на современном цифровом рынке труда.

Возникает противоречие: с одной стороны, существует запрос общества и самих обучающихся на освоение актуальных веб-технологий, с другой – возможности базового курса информатики в общеобразовательной школе существенно ограничены. Решением данной проблемы может стать внедрение факультативного курса, реализуемого на основе метода проектов. Данный подход позволит не только расширить знания учащихся в области веб-дизайна, но и обеспечит формирование практических навыков разработки сайтов, необходимых для их успешного профессионального самоопределения.

Метод проектов в современной педагогике рассматривается как эффективный способ организации обучения, предполагающий самостоятельную разработку обучающимися продукта с последовательным прохождением этапов планирования, реализации и презентации результата. Как отмечает А. Н. Морозов, суть данного подхода заключается в стимулировании интереса учащихся к определенным проблемам, для решения которых необходимо владеть определенным объемом знаний, а также в формировании у обучающихся способности применять эти знания на практике посредством проектной деятельности.

Применительно к обучению веб-дизайну метод проектов позволяет организовать работу обучающихся над созданием реальных цифровых продуктов – от простых макетов до многостраничных веб-ресурсов с элементами интерактива. В рамках каждого проекта осуществляется анализ потребностей целевой аудитории, разработка структуры, создание дизайн-макета и реализация итогового продукта с использованием изученных инструментов.

Необходимость создания специализированного курса обусловлена также требованиями Федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования (ФГОС СОО), в котором особо акцентируется необходимость формирования ИКТ-компетенций, подготовки обучающихся к осознанному выбору профессии и развития умений реализовывать индивидуальные и групповые проекты.

Разработанный курс «Основы веб-дизайна» рассчитан на 68 часов и предназначен для учащихся 10 класса. Программа построена по модульному принципу включает пять тематических модулей и итоговый групповой проект.

Цель курса: сформировать базовые компетенции в области веб-дизайна посредством выполнения учебных проектов.

Задачи курса:

- познакомить учащихся с современными инструментами и их возможностями;
- сформировать умение проводить анализ технического задания и целевой аудитории с последующим составлением требований к сайту;
- овладеть технологией создания прототипов и дизайн-макетов в среде Figma;
- сформировать навыки реализации сайтов с использованием конструкторов Google Sites и Tilda;
- дать базовые знания о принципах верстки на HTML и CSS;
- познакомить с основами работы с CMS WordPress.

Каждый модуль курса (за исключением первого) завершается реализацией конкретного продукта – сайта или прототипа, – что позволяет учащимся к моменту окончания обучения собрать портфолио из 6 проектов.

Все проектные задания разработаны в формате технического задания, что позволяет учащимся моделировать реальную профессиональную деятельность: анализировать потребности «заказчика» и принимать обоснованные дизайн-решения.

Первый модуль посвящен изучению основ веб-дизайна, в рамках которого учащиеся знакомятся с инструментами, осваивают принципы композиции, работы с цветом и типографикой, рассматривают основы UX-дизайна, анализируют существующие сайты и практикуются в создании мудбордов.

Второй модуль знакомит школьников с прототипированием в среде Figma – современном инструменте для проектирования интерфейсов. Уча-

щиеся знакомятся с интерфейсом программы, изучают инструменты создания фигур, работы с текстом и изображениями, осваивают понятия фреймов, слоев, компонентов. Полученные знания по завершению прохождения модуля закрепляются выполнением проектного задания.

Пример проектного задания №1:

Легенда: К Вам обратился благотворительный фонд помощи бездомным животным «Пушистая лапка». У фонда нет сайта, только группа в соцсети. Им нужен концепт-дизайн лендинга для привлечения волонтеров и сбора пожертвований. Задача – создать наглядное представление будущего сайта в форме дизайн-макета для последующей передачи его разработчикам.

Целевая аудитория – лица в возрасте 25–45 лет, которые хотят помочь животным в материальной форме или временем.

Задача: разработать в среде Figma дизайн-концепцию и интерактивный прототип главной страницы сайта.

Структура страницы:

1. Название фонда, вдохновляющий слоган (например, «Помоги им найти дом»), крупное фото счастливого животного, кнопка с надписью «Хочу помочь».
2. О фонде: небольшой текст с описанием миссии, 2–3 ключевых числа (например, «256 животных нашли свой дом»).
3. Истории успеха: карточки 2–3 животных с фотографиями «До/После» и краткой историей.
4. Как помочь: блок с тремя шагами («Сделать пожертвование», «Стать волонтером», «Взять домой»).
5. Форма сбора контактов: поля для имени и e-mail, кнопка с надписью «Стать другом фонда».
6. Ссылки на соцсети, контакты.

Требования:

- Продумать некричащую, вызывающую доверительное восприятие цветовую гамму и шрифт.
- Использовать компоненты для карточек и кнопок.
- Кнопка с надписью «Хочу помочь» должна вести на блок с формой сбора контактов.

Третий модуль знакомит обучающихся с возможностями онлайн-конструктора Google Sites. По завершению изучения данного модуля учащиеся создают многостраничный сайт-портфолио для школьного театрального кружка «Маска». Проект должен включать следующие обязательные страницы: с анонсами, разделами новостей, составом труппы, репертуара и страницу Контакты. В ходе работы обучающихся осваивают принципы планирования веб-ресурса, настраивают систему навигации (меню) для удобного

перемещения между страницами и реализуют функционал фотогалереи. Основной акцент – на обеспечении логичном и интуитивно понятном расположении объектов на странице.

Четвертый модуль посвящен работе с онлайн-конструктором Tilda. Учащимся предстоит разработать лендинг для школьной ярмарки «Осенний марафон». В рамках проекта требуется создать привлекательную веб-страницу с датой и местом проведения, программой мероприятия (оформление с помощью инструмента Zero Block) и формой регистрации участников. Важными требованиями являются использование цветовой палитры в осенней стилистике и обеспечение корректного отображения на мобильных устройствах. В процессе выполнения проекта школьники закрепляют принципы адаптивного дизайна и учатся создавать нестандартные блоки.

Пятый модуль обеспечивает переход от визуального проектирования к практической верстке. На примере создания сайта для школьного музея Боевой Славы учащиеся осваивают основы HTML и CSS. Требуется сверстать три страницы (главную, страницу с экспонатами и контакты) по предоставленному описанию. Задания включают использование семантических тегов (header, nav, main, section), построение сеток с помощью Flexbox и Grid, добавление интерактивных hover-эффектов для кнопок и карточек, реализацию адаптивности через медиа-запросы и встраивание интерактивной карты с помощью iframe. Этот модуль демонстрирует связь между дизайн-макетом и его реализацией в коде.

Шестой модуль знакомит старшеклассников с системами управления контентом на примере WordPress. Проектное задание – создать блог для школьного психолога «Зона комфорта». Учащиеся выполняют развертывание сайта на локальном сервере, устанавливают и настраивают тему (например, Astra), создают рубрики «Экзамены», «Отношения», «Самооценка» и наполняют их постами. Также необходимо создать статическую страницу «О себе», установить плагин контактной формы Contact Form 7 и настроить главную страницу в режиме отображения ленты записей. В ходе работы школьники осваивают кастомизацию тем, создание меню и управление контентом без написания кода. Это способствует формированию представления о роли CMS в современной веб-разработке.

Кульминацией курса становится выполнение итогового комплексного проекта, реализуемого учащимися в группах по 2–3 человека. Школьникам предлагается на выбор один из предложенных вариантов:

- создание сайта для творческой мастерской «Handmade Studio», включающего лендинг с описанием услуг и блог;
- разработка лендинга и блога для сообщества юных натуралистов «ЭкоПатриот»;
- создание многостраничного сайта-путеводителя «Маршруты выходного дня» с интерактивными картами.

Для итогового проекта предусмотрены следующие критерии оценивания:

- качество планирования и организации работы (соблюдение сроков и распределение задач) (0–3 балла);
- полнота реализации и техническая сложность (0–6 балла);
- дизайн и пользовательский интерфейс (0–6 балла);
- качество защиты и рефлексия (0–5 балла).

Защита включает презентацию проекта, демонстрацию его функциональности и ответы на вопросы.

Применение метода проектов в обучении веб-дизайну обеспечивает моделирование условий, максимально приближенных к реальной профессиональной деятельности. Использование формата технического задания от заказчика усиливает практическую значимость учебных проектов и развивает у учащихся навыки анализа требований и коммуникации. Предложенный факультативный курс, включающий современные инструменты и систему проектных заданий, способствует не только освоению технических навыков, но и развитию личностных качеств учащихся. Материалы курса могут быть использованы учителями информатики, педагогами дополнительного образования и специалистами, занимающимися вопросами профориентации школьников.

Литература

1. Федеральная рабочая программа среднего общего образования. Информатика (базовый уровень). – URL: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2025/07/2025_soo_frp_informatika_10_11_baz.pdf.
2. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования (ред. от 27.12.2023): приказ Минобрнауки России от 17.05.2012 № 413.
3. Жихарева Н. А. Проектирование персонального сайта с помощью онлайн-конструктора // Романо-германские языки: интеграция методики преподавания и филологии: материалы VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Горловка, 2024. – С. 103–105.
4. Морозов А. Н. Метод проектов // Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения. 2010.
5. Бугай Н. Р., Маришина А. А. Метод проектов на уроках информатики // Теория и практика современной науки. 2019. – №7(49). – С. 18–21.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО СТОРИТЕЛЛИНГА В ОБУЧЕНИИ ПРОГРАММИРОВАНИЮ ШКОЛЬНИКОВ

Лисовская А. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: lisovskaia@sfedu.ru*

Информатика как учебная дисциплина характеризуется высокой динамичностью обновления своего содержания, обусловленной стремительным развитием информационных технологий и процессами цифровизации, охватывающими все сферы общественной жизни. В этих условиях перед современной педагогической наукой ставится непростая задача. Необходимо не только сохранить основы и фундаментальность образования, опираясь на проверенные временем классические подходы, но и одновременно интегрировать инновационные методы и технологии, соответствующие современным требованиям цифрового общества. Это предполагает активный поиск баланса между традиционным подходом к обучению и новыми возможностями, предоставляемыми технологическим прогрессом.

Согласно пункту 33.1 ФГОС ООО информатика является обязательным предметом изучения на базовом и углубленном уровне, а программирование, как неотъемлемая ее часть, вводится уже в 8-м классе. Однако на начальных этапах освоения курса педагоги зачастую сталкиваются с неприятием учениками раздела, связанного с алгоритмизацией и программированием. Часто можно услышать «Я гуманитарий, программирование не для меня», «мне не интересно», «не вижу смысла» [1].

Основные причины такого отношения кроются в нескольких аспектах:

- **Абстрактность**

Начальные этапы изучения программирования связаны с абстрактными понятиями, которые трудно визуализировать и соотнести с реальными объектами и процессами.

- **Отсутствие немедленного результата**

Процесс отладки кода может быть монотонным, а конечный продукт воспринимается обучающимися как неинтересный и лишенный практической значимости.

- **Психологический барьер**

Восприятие программирования как сложной, скучной дисциплины, доступной лишь «избранным», снижает мотивацию и вызывает чувство беспомощности.

- **Недостаток внутренней мотивации**

Обучающимся не хватает четкой цели и личной заинтересованности для преодоления трудностей, неизбежно возникающих при освоении нового материала.

Для повышения интереса учащихся к изучению программирования и преодоления вышеуказанных барьеров традиционные и современные методы обучения информатике рассматриваются как взаимодополняющие элементы образовательного процесса. Одним из таких современных инструментов, способных повысить эффективность изучения программирования, является метод цифрового сторителлинга.

В рамках образовательного процесса технология сторителлинга рассматривается как эффективный инструмент, способствующий формированию эмоциональной вовлеченности обучающихся и удержанию их интереса. Использование поучительных визуальных историй с участием реальных или вымышленных персонажей позволяет комплексно воздействовать на мотивационные и когнитивные процессы, акцентируя внимание на ключевых аспектах учебного материала [3].

Применение данного метода дает возможность преобразовывать стандартные учебные задачи в осмысленные сюжетные ситуации, в которых программный код выступает средством достижения конкретной прикладной цели. Например, вместо традиционного задания, где нужно посчитать значение выражения, педагог может предложить анимационный фрагмент, иллюстрирующий процесс расчета пекарем необходимого количества ингредиентов для теста. Создание подобного эмоционального и смыслового контекста способствует преодолению психологических барьеров и формированию устойчивой внутренней мотивации к освоению новых знаний и навыков.

Эффективность интеграции данной технологии в процесс обучения школьников различных возрастных групп обусловлена следующими факторами [2]:

- 1. Доступность образовательного процесса**

Обучающиеся предпочитают воспринимать информацию в форме повествований, а не в виде традиционных докладов и описаний. Данный формат легче усваивается, так как одновременно задействуется рациональная и образная сторона восприятия информации.

- 2. Динамичность**

Современные школьники с клиповым мышлением лучше воспринимают информацию в форме визуальной анимации, чем в виде текста. Такие истории создают эмоциональный отклик, повышая концентрацию внимания и способствуя глубокому усвоению материала.

Рассмотрим пример применения сторителлинга на уроке информатики в 8 классе при изучении темы «Организация ввода и вывода данных на языке PascalABC.NET».

Цель: научить дифференцировать команды Read, Readln, Write, WriteLn через понимание их роли в интерфейсе программы.

Описание истории: в центре сюжета любопытный ученик Кирилл, мечтающий научиться программировать. Он хочет помочь Садовому Духу, чьи программы по управлению волшебным садом оказались повреждены. Но мальчик не знает, какие команды оказались стерты, и обращается за помощью к Мастеру Паскалю, хранителю знаний.

Для решения задачи Мастер раскрывает секреты команд Read, Readln, Write, WriteLn. Внимательно его выслушав, обучающиеся 8 класса вместе с Кириллом пробуют восстановить код и в дальнейшем наблюдают за преобразованием сада.

```
program GardenMagic;
var
  PlantName: string;
  Number: integer;
begin
  _____('Привет, Садовник! Давай посадим новые цветы и деревья!');
  _____('Какое растение ты хочешь посадить? ');
  _____(PlantName);
  _____('Сколько таких растений нужно? ');
  _____( Number);
  _____('Хороший выбор. Теперь сад стал еще красивее!');
end.
```

Рис. 1. Пример поврежденного кода

В данном кейсе программирование становится средством продвижения сюжета, а цифровой сторителлинг повышает эффективность усвоения материала и формирует устойчивый интерес к информатике.

Литература

1. Белоусова Юлия Викторовна Мотивация учащихся общеобразовательных школ к изучению программирования // Научно-методический электронный журнал «Калининградский вестник образования». 2023. № 3 (19). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/motivatsiya-uchaschihsya-obscheobrazovatelnyh-shkol-k-izucheniyu-prog-rammirovaniya> (дата обращения: 11.03.2026).
2. Подорожная, А. В. Сторителлинг - преимущества и возможности в школьном образовании / А. В. Подорожная, А. В. Сулейков // Педагогический журнал. – 2022. – Т. 12, № 2-1. – С. 365–370
3. Пяткова Ольга Борисовна Метод сторителлинга в обучении // Школьные технологии. 2018. № 6 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-storitellinga-v-obuchenii> (дата обращения: 12.03.2026).

МЕТОД ПРОЕКТОВ КАК СРЕДСТВО РАЗВИТИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРЕСА У ОБУЧАЮЩИХСЯ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ

Марченко О. П.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: oma@sfedu.ru*

В настоящее время развитие общества характеризуется резким увеличением объема информации, который поступает к человеку из различных источников. Традиционная система образования не соответствует потребности в формировании личности, способной к самообучению и адаптации к актуальным установкам. Такая система ориентирована на передачу уже готовых знаний. На данный момент важнейшей целью современного образования становится развитие у обучающихся познавательного интереса, способности к саморазвитию. Именно это служит опорой в дальнейшей жизнедеятельности человека в нынешнем «цифровом» мире [1].

Математика, как учебный предмет, открывает массу возможностей. Она развивает логическое мышление, смекалку, внимание и воображение. Однако обучающимися математика воспринимается зачастую как абстрактный, сухой предмет, который ничего общего не имеет с реальной жизнью. Именно поэтому происходит снижение мотивации к ее изучению, так как в традиционном обучении часто доминирует заучивание по образцу и механическое воспроизведение, а познавательный интерес, возникающий в процессе открытия новых знаний, не реализуется в полной мере. Формальное усвоение алгоритмов и пассивность на уроках, как правило, приводит к снижению качества образования. В современной методике обучения это является одной из актуальных проблем [3].

Эффективным средством оживления познавательной активности на уроках математики является проектный метод. Зародился он еще в начале XX века, как технология, направленная на развитие самостоятельности, креативности и критического мышления. В период внедрения федеральных образовательных стандартов проектный метод обретает особую актуальность [2].

Учитель математики, реализуя проектный метод, способен организовать учебный процесс так, чтобы обучающиеся были заинтересованы в поиске новых знаний, могли решать реальные проблемы, а также создавать практически значимый продукт.

Проектный метод представляет собой педагогическую технологию, предполагающую организацию самостоятельной деятельности по решению

практически или теоретически значимой проблемы, создание конкретного продукта. Метод проектов основан на идее «обучения в процессе деятельности», позволяющей усваивать готовые знания, а также формировать новые умения и навыки [1].

Применение метода проектов способствует развитию познавательного интереса за счет следующих факторов:

1. Вовлечение в самостоятельную исследовательскую деятельность.

Процесс работы над проектом предполагает поиск информации без чьей-либо помощи, исследование проблемы, формулирование гипотез, проведение расчетов, опытов и анализ результатов. Это не только способствует развитию творческого потенциала и критического мышления, но также позволяет обучающимся почувствовать себя исследователями, первооткрывателями, разработчиками, что способствует проявлению интереса к изучению предмета [3].

2. Связь абстрактных математических понятий с реальной жизнью.

Проектная деятельность дает возможность увидеть, в чем же заключается практическое применение математических знаний в архитектуре, строительстве, искусстве, экономике и других сферах жизни. Благодаря этому формируется осознанное отношение к математике, понимание ее значимости в современном мире [4].

3. Формирование УУД (универсальные учебные действия).

В процессе работы над проектом у обучающихся развиваются регулятивные (планирование, контроль, оценка), познавательные (поиск и анализ информации) и коммуникативные (командные взаимодействия или личная презентация результатов) действия.

4. Возможность самореализации

Обучающиеся в ходе реализации проекта получают возможность проявить оригинальность, креативность, что способствует повышению их самооценки [2].

Метод проектов действительно способствует реализации познавательного интереса на уроках математики, что подтверждается результатами педагогического наблюдения, анализом качества выполненных работ.

Особенности организации проектной деятельности:

- Соответствие интересам обучающихся и программному материалу (необходимо не только вовлечь в изучаемую тему, но и способствовать углублению знаний по математике);

- Прикладной характер (проекты с уклоном на практическое применение вызывают наибольший интерес);

- Межпредметные связи (целостная картина мира формируется благодаря применению знаний из других областей жизни – физики, химии, истории, литературы и др.);

- Разнообразие (существуют различные виды проектов в зависимости от целей и задач – исследовательские, творческие, ролевые, прикладные);

- Применение современных технологий (использование специализированных средств для визуализации, моделирования – GeoGebra, Excel и др.) [2].

Проектный метод является актуальным и эффективным в повышении мотивации к обучению. Его дальнейшее развитие должно сопровождаться методической поддержкой учителей, созданием востребованного перечня тем, успешной реализацией, а также разработкой системы, способной оценить динамику интереса к изучению предмета. Обучающиеся перестанут быть пассивными слушателями, а станут активными исследователями.

Эффективность применения проектного метода подтверждается в ходе педагогического эксперимента на базе МАОУ г. Ростов-на-Дону «Школа № 115 имени Юрия Андреевича Жданова». Внедрение элементов проектной деятельности на уроках математики в 7 классах показывает существенный рост вовлеченности в изучение предмета. Обучающиеся проявляют больше инициативы, а уровень усвоения материала стремительно возрос.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОСОБИЙ В FIGMA ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ОГЭ ПО ИНФОРМАТИКЕ

Махова А. Е., Блинова Е. Е.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича*

E-mail: makhova@sfedu.ru, eesivokon@sfedu.ru

В условиях цифровой трансформации образования особое значение приобретает не только содержание обучения, но и способы представления учебного материала, способствующие его эффективному усвоению. Подготовка к ОГЭ по информатике требует от учащихся не только теоретических знаний, но и сформированных практических навыков. Традиционные текстовые методические пособия часто не в полной мере отвечают потребностям визуального восприятия современных школьников, что делает актуальным поиск новых форм структурирования и подачи информации. В данной работе рассматривается подход к созданию методических пособий с использованием онлайн-инструмента Figma, предназначенных для подготовки к ОГЭ по информатике.

Прежде чем приступить к описанию особенностей разработки пособий в Figma, был проведен анализ существующих ресурсов для подготовки к ОГЭ по информатике, который позволил выявить их основные достоинства и недостатки. Рассматривались следующие категории источников: печатные издания, специализированные веб-сайты и открытый банк заданий ФИПИ.

Среди печатных изданий можно выделить несколько популярных пособий. Сборник «ОГЭ 2026. Информатика. Типовые экзаменационные варианты. 20 вариантов» под редакцией Крылова и Чуркиной [3] ежегодно обновляется в соответствии с демоверсией и содержит типовые экзаменационные варианты с ответами. Пособие Артема Фролова «ОГЭ. Информатика. Интенсивный курс» [4] ориентировано на экспресс-подготовку и включает теоретический материал и тренировочные задания. К достоинствам печатных изданий можно отнести структурированность вариантов, соответствие актуальной демоверсии и возможность работы без компьютера. Однако есть и существенные недостатки: статичность, ограниченный объем заданий и невозможность автоматического обновления при изменениях в экзамене. Кроме того, такие материалы являются платными, и внести в них какие-либо изменения или адаптировать под конкретные нужды невозможно. Нередко в сборниках отсутствуют некоторые типы заданий, а теория изложена сухо и содержит много лишней информации, что затрудняет ее восприятие.

Среди веб-ресурсов был рассмотрен открытый банк заданий ФИПИ [1], который является ключевым источником, так как содержит все задания, ко-

торые могут встретиться на экзамене. Главное его преимущество – регулярное обновление. Однако практика работы с девятиклассниками показывает, что многие из них испытывают трудности при самостоятельной работе с банком. Задания там представлены в неструктурированном виде, без четкой систематизации по темам и уровням сложности, отсутствует теория и разборы. Это создает психологический барьер: школьники теряются в большом объеме однотипных задач, не видят общей картины и быстро устают от сплошного текста.

Сайт Константина Полякова [5] содержит обширную теоретическую базу, методические материалы, разборы задач и тесты. Материалы хорошо структурированы по темам, однако для современных подростков сайт выглядит несколько устаревшим. Навигация требует переходов по большому количеству ссылок, в которых легко запутаться, что снижает мотивацию к занятиям.

Платформа «Решу ОГЭ» [7] предлагает большую базу заданий с возможностью генерации вариантов и автоматической проверкой. Интерфейс достаточно удобен, есть каталог заданий по темам. Однако существенным недостатком является наличие неактуальных заданий, которые не соответствуют демоверсии текущего года, что может дезориентировать учащихся.

«Яндекс Учебник» [6] содержит структурированные подборки заданий по темам, теоретический материал и автоматическую проверку. Задания соответствуют актуальным требованиям, интерфейс современный и интуитивно понятный. Платформа «Школково» [8] предлагает комплексную подготовку: видеолекции, теорию, структурированные задания по уровням сложности, автоматическую проверку и возможность отслеживать прогресс. Материалы хорошо систематизированы, есть план занятий. Однако доступ к многим материалам на этих платформах является платным, что ограничивает их использование.

Проведенный анализ показал, что каждый из существующих ресурсов имеет свои достоинства и недостатки. Печатные издания дают структуру, но статичны и ограничены. ФИПИ предлагает аутентичные задания, но не структурирован. «Решу ОГЭ» удобен, но содержит устаревшие задания. «Яндекс Учебник» и «Школково» предлагают качественный контент, но требуют постоянного доступа к интернету, и многие материалы на этих сайтах платные. Сайт Полякова хорош для теории, но сложен для восприятия большинства учащихся из-за навигации. Возникает потребность в создании пособия, которое сочетало бы лучшие качества существующих ресурсов: структурированность печатных изданий, аутентичность заданий ФИПИ, наглядность и возможность адаптации под конкретные нужды. Figma предоставляет инструменты для решения этой задачи.

Ключевая идея предлагаемого подхода – блочная структура пособия. Вместо сплошного текста материал целесообразно разбить на смысловые

блоки, каждый из которых решает определенную задачу. Первый блок – теоретический. Теоретический материал оформляется не в виде сплошного текста, а с использованием схем и таблиц. Например, тема «Системы счисления» представляется в виде таблицы соответствия чисел с цветовым выделением разрядов, алгоритмы перевода иллюстрируются стрелками. Такой визуальный конспект усваивается быстрее традиционного текстового изложения.

Второй блок – базовые задания по темам. Задачи располагаются по принципу «от простого к сложному»: сначала задания базового уровня, затем более сложные варианты. Источником могут служить задания из открытого банка ФИПИ, сгруппированные по темам. К каждому заданию могут добавляться визуальные подсказки. Для темы «Файловая система» эффективно использовать изображение дерева папок, аналогичное проводнику Windows, с подписанными путями, что наглядно демонстрирует различие между полным и относительным путем к файлу.

Третий блок – задания прошлых лет. Открытый банк ФИПИ ежегодно обновляется: в 2026 году также были добавлены новые задания и исключены некоторые устаревшие. Однако печатные пособия выходят раз в год и быстро теряют актуальность, поэтому многие школьники не знают о появлении новых задач или о том, какие задания уже не входят в экзамен. В данном блоке можно разместить задания прошлых лет, разборы решений учеников и акцентировать внимание на типичных ошибках, которые допускали выпускники. Такой подход позволяет реализовать более осознанную подготовку. Благодаря Figma блок легко обновлять вслед за банком ФИПИ: достаточно заменить фрейм с устаревшим заданием на новое. В последнем блоке собраны задачи для тех, кто уже освоил базовую программу и хочет попробовать свои силы в более сложных заданиях. В него входят задания повышенной сложности и олимпиадные задачи. Данный подход позволяет структурировать задания, решая главную проблему пособий. Задания можно группировать по годам, темам, уровню сложности.

Преимущество Figma – компоненты, которые позволяют создать шаблон для блока с задачей и использовать его многократно, меняя только текст. Благодаря этому все страницы выглядят одинаково, ученику не приходится каждый раз адаптироваться к новому оформлению.

Данные пособия можно использовать по-разному: распечатать или работать с экрана. Чтобы ученик не терялся, текст лучше разбить на смысловые блоки, выделить ключевые. Для наглядности можно добавить схемы, цветные блоки, таблицы, иконки-подсказки и иллюстрации. А «маршрутные листы» помогут ученику отслеживать прогресс. Заполняя такие листы, ученик видит не только пройденный материал, но и объем предстоящей работы. Это поддерживает учебную мотивацию и позволяет более рационально распределять время.

Конечно, у Figma есть и минусы – например, нет автоматической проверки и встроенных видеоразборов. Но тут всё решается просто: добавляем QR-коды, по которым можно перейти на тест с автопроверкой или на видеоурок. Туда же можно прикрепить карточки для повторения или ссылки на дополнительные ресурсы.

Отдельного внимания заслуживает возможность совместного редактирования в Figma. Над одним пособием могут параллельно работать несколько человек – правки сразу видны всем участникам. Это избавляет от необходимости обмениваться файлами и ждать очереди на внесение изменений. При оперативной подготовке материалов такой формат работы оказывается наиболее эффективным.

Школьники всё меньше вовлечены в учебный процесс – это проблема, с которой сталкиваются многие учителя. В условиях цифровизации образования такие пособия дают возможность эту вовлечённость повысить. Материал легко подстраивается под темп, уровень и интересы конкретного ученика. Как следствие, подготовка к ОГЭ становится более осмысленной, и у школьников постепенно развивается самостоятельность.

Литература

1. Открытый банк заданий ОГЭ по информатике [Электронный ресурс] // ФИПИ. – URL: <https://fipi.ru/> (дата обращения: 15.03.2026).
2. Лукина М. Figma для преподавателей: как создавать интерактивные учебные материалы и привлекать студентов [Электронный ресурс] // Дизайнер ПРО. – 2025. – URL: <https://startdizain.ru/blog/figma-dlya-prepodavatelej-kak-sozdavat-interaktivnye-uchebnye-materialy-i-privlekat-studentov/> (дата обращения: 13.03.2026).
3. Крылов С. С., Чуркина Т. Е. ОГЭ 2026. Информатика : типовые экзаменационные варианты : 20 вариантов. – Москва : Национальное образование, 2026. – 272 с. – (ОГЭ 2026. ФИПИ – школе). – ISBN 978-5-4454-1896-2.
4. Фролов А. ОГЭ. Информатика. Интенсивный курс. – Москва : Эксмо, 2026. – 128 с. – (Готовься к экзаменам с Умскул). – ISBN 978-5-04-222322-8.
5. Преподавание, наука и жизнь: сайт Константина Полякова [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.kpolyakov.spb.ru/> (дата обращения: 15.03.2026).
6. Яндекс Учебник [Электронный ресурс]. – URL: <https://education.yandex.ru/> (дата обращения: 15.03.2026).
7. Решу ОГЭ [Электронный ресурс]. – URL: <https://inf-oge.sdamgia.ru/> (дата обращения: 14.03.2026).
8. Школково [Электронный ресурс]. – URL: <https://3.shkolkovo.online/catalog?SubjectId=34> (дата обращения: 13.03.2026).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ «INFOGEN EDU» ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ КОМПЛЕКТА УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО ИНФОРМАТИКЕ

Мордюкова А. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: mordiukova@sfedu.ru*

Динамичное развитие информационных технологий определяет новые требования к организации учебного процесса. Учителя информатики сталкиваются с необходимостью постоянного обновления содержания учебных материалов, их адаптации под разный уровень подготовки учащихся и соответствие актуальным образовательным стандартам [1]. При этом значительная часть рабочего времени расходуется на рутинные операции по подготовке заданий, тестов и методических документов.

В связи с этим появляется необходимость в систематизации существующих решений в области автоматизированной генерации учебного контента, в выявлении их ограничений, в разработке специализированного веб-приложения, учитывающего специфику преподавания информатики в российской школе [6].

Современные веб-приложения для подготовки учебных материалов условно можно разделить на три категории. Первая включает системы управления обучением (Moodle, Google Classroom, ЯКласс), обеспечивающие хранение контента и организацию коммуникации, но не предоставляющие инструментов автоматической генерации. Вторая группа – специализированные конструкторы тестов (Online Test Pad, MyTestX), ориентированные на создание проверочных работ, однако не поддерживающие формирование теоретических блоков или практических заданий по программированию. Третья категория представлена универсальными ИИ-инструментами (чат-боты на базе больших языковых моделей), способными генерировать текст и код, но не обеспечивающими педагогическую валидацию и соответствие учебным программам [5].

Ключевые критерии оценки таких систем включают: полноту предметного покрытия, возможность параметризации сложности заданий, совместимость с действующими УМК, качество автопроверки кода, удобство интерфейса и соответствие требованиям безопасности персональных данных.

Проведённый анализ позволяет выделить системные недостатки существующих решений. Универсальные ИИ-инструменты не гарантируют соответствие контента требованиям ФГОС и часто генерируют синтаксически

некорректный код. Специализированные конструкторы тестов не поддерживают создание комплексных материалов для полноценного урока. Платформы управления обучением требуют ручной загрузки контента, что не снижает нагрузку на педагога. Отдельной проблемой остаётся отсутствие механизмов адаптации материалов под конкретные учебники информатики, что затрудняет интеграцию сгенерированных ресурсов в реальный учебный процесс.

Концепция проекта «InfoGen Edu»

Разрабатываемое приложение предназначено для автоматизированной подготовки комплекта учебных материалов по заданной теме курса информатики. Система будет формировать технологическую карту урока с учётом планируемых результатов согласно ФГОС, адаптированный теоретический блок, практические задания с возможностью генерации кода на Python, Pascal или C++, разноуровневые тестовые вопросы, а также визуализации алгоритмов. Предусмотрена функция экспорта материалов в форматы, совместимые с печатными носителями и школьными LMS [3].

Приложение будет реализовано по клиент-серверной модели. Клиентская часть построена на фреймворке React с использованием TypeScript, что обеспечит интерактивность интерфейса и типизацию данных. Серверная часть разрабатывается на Python с применением FastAPI для эффективной обработки запросов. Для хранения пользовательских данных и истории генераций планируется использование реляционной СУБД PostgreSQL, дополненной Redis для кэширования частых запросов к внешним ИИ-сервисам.

Интеграция с языковыми моделями осуществляется через API отечественных платформ (YandexGPT, GigaChat), что соответствует требованиям законодательства о локализации персональных данных. Системные промпты ограничивают генерацию рамками школьной программы, минимизируя риски получения нерелевантного контента.

Работа системы будет включать следующие этапы. Педагог задаёт параметры: класс, тему, используемый УМК, тип урока и уровень сложности. На основе этих данных формируется контекстный запрос к ИИ-модели с методическими ограничениями. Сгенерированный контент проходит модуль валидации: код проверяется в изолированной среде выполнения (Docker-контейнеры) на синтаксическую корректность, текстовые материалы – на соответствие возрастным особенностям и отсутствие запрещённой тематики. Результат представляется пользователю в виде редактируемого черновика с возможностью экспорта в требуемом формате.

Критически важным компонентом системы является модуль статического анализа кода, позволяющий выявлять ошибки до передачи материала учителю. Это отличает приложение от универсальных чат-ботов, не обеспечивающих подобную проверку. Дополнительно реализуется база знаний, связывающая темы курса с параграфами распространённых учебников, что обеспечивает адаптивность под различные УМК.

Интерфейс проектируется с акцентом на минимализм и включает три основных раздела: панель управления с историей проектов, конструктор параметров генерации и библиотеку шаблонов для повторного использования. Такой подход снижает порог входа для пользователей с разным уровнем цифровой компетентности.

Внедрение разрабатываемого решения позволит сократить время подготовки к уроку за счёт автоматизации рутинных операций. Стандартизация структуры материалов снизит вероятность методических ошибок, а возможность генерации вариативных заданий будет способствовать реализации дифференцированного подхода. Автоматическое заполнение обязательных разделов технологических карт уменьшит бюрократическую нагрузку на педагога [4].

Перспективы развития проекта включают расширение поддержки языков программирования, интеграцию с популярными школьными LMS, развитие механизмов объяснимости генерации контента и внедрение инструментов коллективной работы методистов. Дальнейшие исследования будут направлены на эмпирическую оценку эффективности применения системы в реальной педагогической практике [2].

Предложенная концепция «InfoGen Edu» позволит заполнить выявленный пробел за счёт предметной ориентации, встроенной валидации кода и адаптивности под российские учебные программы. Реализация проекта будет способствовать повышению качества образовательного контента и снижению нагрузки на педагогов, что соответствует приоритетам цифровизации образования.

Литература

1. *Абрамов В. И., Теплякова А. Ю.* Опыт применения искусственного интеллекта в процессе подготовки педагогов дошкольного образования // Вестник МГПУ. Серия «Информатика и информатизация образования». – 2025. – № 4. – С. 7–17.
2. *Аверьянова В. В.* Проблемы и перспективы использования искусственного интеллекта в преподавании иностранных языков // Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины. – 2024. – № 5. – С. 6–9.
3. *Ким Д. В.* Создание веб-приложения для оценки самостоятельного образования студентов // Tadqiqotlar jahon ilmiy–metodik jurnali. – 2025. – № 53. – С. 68–71.
4. *Петрова М. Г., Косолапова А. А., Медников А. А.* Применение искусственного интеллекта в создании интерактивных учебных материалов: возможности и перспективы // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. – 2024. – №9. – С. 110–113.

5. *Трошкина Т. А.* Разработка технологии использования искусственного интеллекта в организации проектной деятельности студентов // Управление образованием: теория и практика. – 2025. – С. 151–155.
6. *Шишкина М. С., Соловьёва В. В.* Роль информационных технологий в профессиональной подготовке будущего учителя информатики // Альманах современной науки и образования. – 2011. – № 12. – С. 133–134.

ЭКОСИСТЕМА ИТ-ОБРАЗОВАНИЯ: СТРУКТУРА, УЧАСТНИКИ И ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ (НА ПРИМЕРЕ РОССИЙСКИХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ)

Мышкова А. С.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: myshkova@sfedu.ru*

Современный этап развития общества характеризуется глубинной цифровой трансформацией социальных институтов, среди которых система образования подвергается наиболее существенным изменениям. Как отмечает Н. А. Рязанцева, цифровая трансформация высшего образования представляет собой не просто внедрение информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), а системный процесс перестройки образовательной экосистемы, направленный на изменение содержания, методов и организационных форм обучения [1, с. 168]. Термин «экосистема» в данном контексте заимствован из биологии и призван подчеркнуть сложность, динамичность и взаимосвязанность всех элементов цифровой образовательной среды.

В связи с переходом образования на цифровые носители значимость экосистемного подхода актуализируется его способностью стимулировать инновации в секторе образовательных технологий, что делает данное направление приоритетной областью научного изучения и инвестирования [3]. Более того, архитектура современных информационно-образовательных систем претерпевает эволюцию от монолитных решений к гибким микросервисным структурам, базирующимся на принципах интероперабельности и открытых стандартах [4]. Закономерным следствием описанной эволюции архитектуры образовательных систем становится их многоплановое воздействие на экономические и экологические процессы. Рассмотрим данные аспекты подробнее.

С экономической точки зрения экосистема ИТ-образования демонстрирует мультипликативный эффект. Во-первых, она генерирует новые рабочие места для широкого круга специалистов: от преподавателей и методистов до разработчиков программного обеспечения, аналитиков (data scientists) и создателей цифрового контента [3]. Во-вторых, цифровые платформы способствуют повышению операционной эффективности образовательных учреждений за счет снижения транзакционных издержек, связанных с административными процессами, автоматизацией документооборота и внедрением ERP-систем [1, с. 170].

Наряду с экономическим эффектом, цифровая трансформация образования оказывает существенное воздействие на окружающую среду. Данный

аспект приобретает особую значимость в контексте глобальной повестки устойчивого развития (ESG). Переход к онлайн-обучению и отказ от избыточных печатных материалов объективно снижают нагрузку на природные ресурсы. Дистанционные форматы минимизируют транспортные выбросы углекислого газа, связанные с ежедневными поездками обучающихся и преподавателей [3].

Описанные выше экономические и экологические эффекты были бы невозможны без качественного технологического базиса, который обеспечивает функционирование ИТ-экосистем. Рассмотрим ключевые технологические драйверы их развития. Технологический базис экосистемы ИТ-образования формируется на стыке нескольких прорывных направлений. Ключевую роль играют технологии искусственного интеллекта, обеспечивающие адаптивное обучение и построение индивидуальных образовательных траекторий на основе анализа «больших данных» об успеваемости учащихся, их поведении в образовательной среде [1, с. 171]. Облачные вычисления позволяют учебным заведениям эффективно масштабировать свои сервисы без капитальных затрат на собственную инфраструктуру, обеспечивая доступ к качественному образованию для широкой аудитории вне зависимости от географического положения [3].

Существенное значение приобретают технологии погружения: виртуальная (VR) и дополненная (AR) реальность, а также симуляционные тренажеры. Данные инструменты трансформируют процесс обучения, позволяя моделировать практические ситуации в безопасной цифровой среде, что особенно востребовано при подготовке ИТ-специалистов и инженерных кадров [4]. Кроме того, развитие специализированных стандартов, например, xAPI (Experience API), позволяет фиксировать и анализировать разнообразные учебные активности за пределами традиционных LMS, создавая «цифровой след» обучающегося и обеспечивая преемственность образовательного процесса на протяжении всей жизни (Lifelong Learning) [1, с. 172].

Развитие перечисленных технологий и стандартов было бы невозможно без активной роли конкретных рыночных игроков. Технологические корпорации и EdTech-компании формируют инфраструктурный каркас экосистемы, а их стратегическое взаимодействие с образовательными учреждениями определяет векторы её развития. Крупные технологические корпорации, такие как Cisco Systems Inc., Oracle Corp., ПАО «Ростелеком», Яндекс (Yandex Cloud) выступают в роли поставщиков базовой инфраструктуры и программных платформ, формирующих фундамент экосистемы [3], которыми пользуются компании, produцирующие образовательный контент и реализующие образовательный процесс.

Широкое распространение получила практика стратегических альянсов между технологическими компаниями и образовательными учреждениями. Подобное сотрудничество нацелено на внедрение интегрированных платформ обучения и реализацию концепции «умного кампуса» (smart

campus), объединяющего в единую сеть административные, академические и исследовательские процессы вуза [1, с. 172; 4]. Как отмечается в зарубежных исследованиях, экосистемный подход в управлении университетом становится предпосылкой создания взаимовыгодных условий для непрерывного образования, однако анализ выявляет существенное цифровое инфраструктурное неравенство между различными типами образовательных учреждений [3, с. 95].

Наряду с этим, сравнительный анализ отечественных EdTech-платформ обнаруживает их функциональную дифференциацию. «Школа 21» реализует бесплатную модель взаимообучения («равный — равному») с высоким порогом входа, что ограничивает её масштабируемость. «Нетология» ориентирована на формальную переподготовку с гослицензией, но отличается высокой стоимостью программ. «Степик» предоставляет гибкие инструменты автоматизированной проверки и значительный объём бесплатного контента при неоднородности качества, тогда как «Яндекс Практикум» делает ставку на интенсивную практико-ориентированную подготовку с эмуляцией производственной среды, что сопряжено с высокой стоимостью и ограниченной ретроспективой данных о трудоустройстве. Выбор платформы, таким образом, обусловлен приоритетом между формальным признанием квалификации, доступностью и прикладной направленностью.

Проведенный анализ позволяет не только зафиксировать текущее состояние отдельных платформ, но и выявить общие для всей экосистемы ИТ-образования проблемы и перспективы развития. К числу системных вызовов, характерных как для российского, так и для глобального рынка, относятся следующие. Ключевым барьером остается высокая стоимость внедрения и сопровождения передовых технологий, а также дефицит квалифицированных кадров, способных эффективно интегрировать цифровые инструменты в учебный процесс [1, с. 172]. Не менее остро стоят вопросы конфиденциальности персональных данных и информационной безопасности. Накопление больших массивов данных об учащих (цифрового следа) требует создания надежных систем защиты и этического регулирования их использования [4].

Тем не менее, потенциал роста отрасли остается высоким. Государственная политика в рамках национальных программ «Наука и университеты» и «Цифровая экономика» направлена на преодоление цифрового неравенства и модернизацию ИТ-инфраструктуры вузов. Дальнейшее развитие экосистемы будет определяться степенью интеграции иммерсивных технологий, совершенствованием механизмов персонализации на основе ИИ и способностью рынка гибко реагировать на запросы цифровой экономики [5].

Подытоживая, экосистема ИТ-образования является многоуровневым феноменом в стадии активного становления. Проведенный анализ показы-

вает, что ее эффективность зависит от синергии технологических инноваций, стратегического партнерства между бизнесом и образованием, а также от учета архитектурных особенностей самих образовательных платформ. Дальнейшее исследование предполагает углубленный анализ методологического аппарата систем.

Литература

1. *Шевчук, Е. В.* Проектирование архитектуры информационно-образовательных систем: интеграционные подходы и стандарты / Е. В. Шевчук // Вестник Северо-Казахстанского университета имени Манаша Козыбаева. – 2025. – № 3 (67). – С. 206–213. – DOI: 10.54596/2958-0048-2025-3-206-213.
2. *Полоников, И. В.* Системный анализ эволюции концепции образовательных технологий / И. В. Полоников // Инженерный вестник Дона. – 2025. – № 5 (125). – С. 10-27. – EDN: IZPUWT.
3. *Gudkova, S. A.* Ecosystems for Higher Education and Society / S. A. Gudkova, E. N. Korneeva, R. K. Krayneva [и др.] // Smart Education and e-Learning—Smart University: Smart Innovation, Systems and Technologies. – Singapore: Springer Nature, 2023. – Vol. 305. – P. 183–193. – DOI: 10.1007/978-981-19-3112-3_34.
4. Toward modern educational IT-ecosystems: from learning management systems to digital platforms // International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT 2018): proceedings, Moscow, 5–9 November 2018. – [Piscataway]: IEEE Computer Society, 2018. – P. 8631229. – DOI: 10.1109/ICUMT.2018.8631229.
5. *Uden, L.* The Future of E-learning: E-learning Ecosystem / L. Uden, I. T. Wangsa, E. Damiani // 2007 Inaugural IEEE International Conference on Digital Ecosystems and Technologies (IEEE DEST 2007): proceedings, Cairns, Australia, 21–23 February 2007. – [Piscataway]: IEEE, 2007. – P. 113–117. – DOI: 10.1109/DEST.2007.371955.

ФОРМИРОВАНИЕ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ У ШКОЛЬНИКОВ ПОСРЕДСТВОМ РАЗРАБОТКИ УЧЕБНЫХ ВЕБ-САЙТОВ

Нарыжная В. М.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: naryzhnaia@sfedu.ru*

В современном мире умение мыслить логически и выстраивать чёткие последовательности действий – важный навык, его называют алгоритмическим мышлением. Оно помогает не только в программировании, но и в решении повседневных задач: планировании дня, приготовлении блюда по рецепту или сборке мебели по инструкции.

В школе алгоритмическое мышление можно развивать разными способами – через математику, логические игры, изучение основ программирования. Один из самых наглядных и интересных методов – создание учебных веб-сайтов. Алгоритмическое мышление представляет собой способность структурировать большую задачу, разбивая её на отдельные меньшие шаги, планомерно располагать эти шаги в оптимальной последовательности, анализировать потенциальные сценарии развития ситуации, а также выявлять и корректировать недочёты в совокупности действий.

Например, чтобы приготовить бутерброд, нужно выполнить шаги по порядку: взять хлеб, намазать масло, положить колбасу, накрыть вторым куском хлеба. Если пропустить какой-то шаг или сделать их не по порядку, результат будет не тот.

Когда школьники начинают изучать веб-разработку, они не просто зубрят теорию – они сразу пробуют создавать что-то своё. Постепенно ребята учатся мыслить как настоящие разработчики: сначала продумывают, как будет устроен сайт – где главная страница, куда поместить раздел «О нас», где разместить контакты. Потом садятся за код: тут важно не просто написать команды, а выстроить их в правильной последовательности – как в рецепте или сборке конструктора.

После написания кода ребята тут же проверяют, что получилось: открывают страницу в браузере и смотрят, всё ли работает как надо. Если что-то не так – ищут ошибку и исправляют. Ещё один важный момент: школьники сразу учатся думать наперёд и проверять, как сайт выглядит на разных устройствах – не съезжают ли блоки на маленьком экране смартфона, читаемый ли шрифт на планшете.

Самое позитивное в этом процессе – мгновенный результат. Написал пару строк кода, сохранил – и вот уже видишь свою первую страницу в браузере. Такая наглядность здорово мотивирует: сразу понимаешь, что ты не просто играешься с непонятными символами, а создаёшь что-то реальное. И с каждым исправлением, с каждой новой строчкой кода логика работы сайтов становится всё понятнее.

Для учебных проектов обычно используют три основные технологии – каждая отвечает за своё: HTML, CSS и JavaScript.

HTML помогает «начертить» страницу: расставить заголовки, абзацы, вставить картинки и ссылки – в общем, создать каркас сайта.

CSS превращает этот каркас в красивую страницу: задаёт цвета, выбирает шрифты, выстраивает элементы так, чтобы всё смотрелось гармонично.

JavaScript добавляет «живости»: с его помощью делают кликабельные кнопки, плавные анимации или даже простой калькулятор прямо на странице.

Лучше всего осваивать эти инструменты постепенно – от простого к сложному. Вот как может выглядеть путь начинающего:

Шаг 1. На старте школьники создают свой самый первый сайт – простую одностраничную «визитку». Это как первый рисунок карандашом: ничего сложного, но зато всё своё. Ученик добавляет заголовок с именем, пишет пару строк о себе и своих увлечениях, составляет небольшой список хобби. Потом вставляет свою фотографию (не забывая указать путь к файлу и добавить альтернативный текст – на случай, если картинка не загрузится) и добавляет ссылку – например, на профиль в соцсети или сайт любимого блогера.

Ребята разбирают базовую структуру HTML-документа: учатся правильно расставлять теги, понимать, где заканчивается один блок и начинается другой. Когда код готов, сохраняют файл с расширением `.html` и открывают его в браузере. И вот он – первый триумф: перед глазами появляется настоящая веб-страница с текстом и картинкой! Именно в этот момент многие впервые чувствуют: «Я могу создавать сайты».

Шаг 2. Когда базовая разметка освоена, самое время сделать страницу красивее. Школьники знакомятся с CSS: создают отдельный файл стилей и подключают его к своей HTML-странице. Теперь можно поэкспериментировать – задать приятный цвет фона, подобрать стильный шрифт для заголовка, отрегулировать размер текста и расстояние между строками.

Ребята учатся оформлять элементы: например, добавляют фоторамку с закруглёнными углами, настраивают отступы вокруг списка, выравнивают блоки так, чтобы они смотрелись аккуратно на экране. Постепенно скучная «визитка» превращается в симпатичный мини-сайт – и школьники видят, как с помощью нескольких строчек кода можно полностью изменить внешний вид страницы.

Шаг 3. Теперь, когда страница выглядит аккуратно и стильно благодаря HTML и CSS, самое время вдохнуть в неё жизнь. На этом этапе школьники знакомятся с JavaScript – языком, который позволяет сайту реагировать на действия пользователя: нажимать кнопки, заполнять формы, получать мгновенный отклик.

Например, создают тест с автоматической проверкой. Сначала в HTML пишутся вопросы с несколькими вариантами ответов. Затем ребята создают отдельный файл с кодом JavaScript и подключают его к своей HTML-странице. В коде JavaScript ученик прописывает правильные ответы, создаёт функцию, которая сравнивает выбор пользователя с эталоном, и добавляет подсчёт баллов. Добавляется кнопка «Проверить ответы» и область для отображения итогов. Когда школьник нажимает кнопку, сайт тут же выдаёт результат – например, «5 из 5 – отлично!» или «3 из 5 – попробуй ещё раз». Чтобы сделать обратную связь ещё нагляднее, программа может подсветить верные ответы зелёным цветом, а ошибочные – красным. Так сразу видно, где были допущены промахи, а где всё сделано правильно.

После добавления интерактивных элементов сайт перестаёт быть просто набором текста и картинок. Он становится живым: нажимаешь кнопку – появляется расчёт, выбираешь ответ – он меняет цвет, вводишь данные – получаешь мгновенный результат. Ученик своими глазами видит, как код реагирует на его действия в реальном времени.

Формы работы могут быть разными:

- индивидуальные проекты (каждый создаёт свой сайт);
- групповые проекты (команда делает сайт школьного мероприятия);
- мини-соревнования (кто быстрее исправит ошибку в коде).

Допустим, школьники создают сайт «Расписание школьных событий». Этапы работы:

1. Постановка задачи: сайт должен показывать даты мероприятий, иметь меню и красивую обложку.
2. Проектирование: рисуем на бумаге, как будут расположены блоки (дата, название, описание).
3. Код: пишем HTML-разметку для структуры, добавляем CSS-стили для оформления.
4. Тестирование: открываем страницу в браузере, проверяем, всё ли отображается правильно.

Публикация: загружаем файлы на бесплатный хостинг (например, GitHub Pages) – теперь сайт видят все.

В процессе ученики:

- учатся планировать (сначала дизайн, потом код);
- тренируют логику (если кнопка не работает, ищут ошибку в JavaScript);
- развивают креативность (выбирают цвета и шрифты).

Литература

1. Босова, Л. Л. Информатика. 7–9 классы: учебник : в 2 ч. Ч. 1 / Л. Л. Босова, А. Ю. Босова. – Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2023. – 256 с.
2. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования (ФГОС ООО): утверждён приказом Министерства просвещения Российской Федерации от 31.05.2021 № 287. – Текст : электронный // Министерство просвещения Российской Федерации : официальный сайт. – URL: <https://edu.gov.ru/> (дата обращения: 10.03.2026).
3. Проектная деятельность на уроках информатики : методические рекомендации / Министерство образования и науки Российской Федерации. – Москва, 2022. – 48 с. – Текст : непосредственный.
4. Основы HTML и CSS: интерактивный курс / Stepik. – Текст : электронный. – URL: <https://stepik.org/course/2621/promo>(дата обращения: 11.03.2026).
5. Исследования по развитию навыков XXI века в школьном образовании / Центр цифровой трансформации образования НИУ ВШЭ. – Москва, 2024. – 120 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ ОСНОВАМ РОБОТОТЕХНИКИ УЧАЩИХСЯ 5–6 КЛАССОВ В РАМКАХ ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Непошивайленко М. А.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: nepos@sfedu.ru*

На сегодняшний день стремительное развитие технологий привело к тому, что робототехника стала неотъемлемой частью как промышленности, так и повседневной жизни человека. В этих условиях перед системой образования возникает необходимость подготовки инженерно-технических кадров, начиная со школьного возраста. Однако анализ литературы показывает недостаточную разработанность методического обеспечения данного процесса.

Данное противоречие определило актуальность нашего исследования, цель которого заключается в разработке, теоретическом обосновании и экспериментальной проверке методики обучения основам робототехники во внеурочной деятельности, направленной на развитие технического мышления и проектных умений у учащихся 5–6 классов.

Выбор возрастной группы 10–12 лет педагогически обоснован и опирается на анализ психологических особенностей данного возраста. Этот возраст характеризуется переходом от наглядно-образного к абстрактно-логическому мышлению и создает благоприятные условия для освоения алгоритмизации и основ программирования. А внеурочный формат, который построен на проектных и игровых методах, эффективен для формирования мотивации к техническому творчеству.

Обучение будет построено на пяти взаимосвязанных модулях:

1. Теоретический блок знакомит учащихся с историей робототехники, основными типами роботов и правилами безопасности.
2. Модуль конструирования включает в себя выполнение практических работ.
3. Модуль программирования направлен на освоение визуальных сред и базовых алгоритмических структур.
4. Модуль сенсорных систем посвящен изучению датчиков и программированию реакций робота на внешние сигналы.
5. Завершающий, проектный модуль строится на самостоятельной деятельности учащихся, которые будут разрабатывать и защищать собственные проекты.

В основе методики лежит проектная и исследовательская работа. Учащиеся проходят полноценный цикл: ищут проблему, затем продумывают решение, после конструируют модель и тестируют её, что делает процесс обучения осмысленным. В результате учащиеся осваивают программирование и конструирование, а также приобретают навыки критического мышления и командной работы.

Для проверки эффективности разработанной методики запланирован педагогический эксперимент, включающий три этапа. На первом этапе проводится диагностика исходного уровня технического мышления и мотивации учащихся. Второй этап предполагает апробацию разработанной методики во внеурочной деятельности. Третий этап посвящён повторной диагностике и статистической обработке полученных данных.

Подводя итог вышесказанному, предложенная методика опирается на интересы и возможности пятиклассников и шестиклассников и соответствует современным запросам инженерного образования.

Литература

1. Данчук И. И. Робототехника в развитии технического творчества школьников во внеурочной деятельности в дополнительном образовании // Педагогический журнал. 2018. Т. 8. № 6А. С. 113–122. URL: <http://www.publishing-vak.ru/file/archive-pedagogy-2018-6/13-danchuk.pdf> (дата обращения: 14.03.2026).
2. Using robots to teach creativity, collaboration, and self-confidence // eSchool News. URL: <https://www.eschoolnews.com/steam/2024/11/27/robots-students-creativity-collaboration/> (дата обращения: 14.03.2026).

РОЛЬ СИСТЕМ ГЕНЕРАТИВНОГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТРАНСФОРМАЦИИ ХАРАКТЕРА УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ

Полупанова И. И., Блинова Е. Е.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича*

E-mail: polupanova@sfedu.ru, eesivokon@sfedu.ru

Цифровая образовательная среда стремительно меняется под влиянием новых технологий. Если ещё несколько лет назад главным инструментом поиска информации оставались поисковые системы, то сегодня всё большую роль начинают играть генеративные модели искусственного интеллекта. Они способны создавать тексты, объяснять учебные темы, решать задачи и формулировать аргументы для сочинений. Для школьников такие инструменты становятся особенно привлекательными: достаточно сформулировать короткий запрос, после чего система мгновенно предлагает готовое решение [4]. Подобная технологическая доступность постепенно трансформирует характер учебной деятельности и вызывает всё более частые дискуссии о снижении самостоятельной интеллектуальной активности учащихся.

Современный школьник находится в условиях постоянного информационного потока. Учебные задания, сообщения в социальных сетях, видеоинформация и цифровые сервисы формируют среду, где скорость получения ответа становится важнее глубины его осмысления. В результате меняется сам подход к работе с учебным материалом [1]. В традиционной модели обучения значительную роль играли процессы анализа, сопоставления источников и формулирование собственных выводов. В цифровой среде всё чаще используется стратегия быстрого поиска готового ответа. При наличии генеративного ИИ эта стратегия становится ещё более удобной, поскольку система может не просто найти информацию, а сформировать законченный текст или решение.

Подобная ситуация постепенно формирует у части школьников особую модель когнитивного поведения. Задача воспринимается не как повод для размышления, а как проблема, требующая максимально быстрого получения результата. Когда ответ появляется практически мгновенно, необходимость длительного интеллектуального усилия начинает восприниматься как избыточная. Вследствие этого ослабевает привычка к последовательному рассуждению, к проверке информации и к формулированию собственной позиции. В педагогической литературе подобное явление всё чаще описывается через понятие когнитивной лени – склонности избегать сложной

мыслительной деятельности при наличии более простого способа получения результата [3]. Генеративные технологии идеально соответствуют этому механизму, предоставляя быстрый и удобный инструмент решения учебных задач. В результате учащийся может выполнить задание формально правильно, но при этом практически не участвовать в процессе мышления.

Особую сложность представляет следующий факт: генеративный искусственный интеллект способен создавать тексты, внешне полностью соответствующие академическим требованиям. Сочинения, эссе и аналитические ответы могут выглядеть логичными и структурированными, хотя реального понимания темы со стороны ученика может не происходить. В школьной практике это постепенно снижает диагностическую ценность многих традиционных заданий, поскольку становится трудно определить, какой вклад в их выполнение внёс сам учащийся.

В ответ на растущий запрос на цифровую грамотность педагогов и учащихся на образовательном рынке появилось множество курсов по работе с ИИ и промт-инжинирингу. Проведённый анализ популярных программ – от «Искусственного интеллекта в образовании» СберУниверситета до «Промпт-инжинира» МФТИ и курсов от Нетологии, ВШЭ, ОРЛЕУ и Яндекса – позволяет выявить как общие сильные стороны, так и системные ограничения существующих предложений. Практически все рассмотренные программы успешно решают задачу начального знакомства с инструментарием: обучающиеся осваивают базовые приёмы формулировки запросов, узнают о возможностях zero-shot и chain-of-thought подходов, учатся адаптировать вывод моделей под конкретные нужды. Однако смысловая нагрузка большинства курсов сводится к алгоритмическому обучению в духе «нажми сюда – получи результат», при этом за рамками остаётся формирование умения мыслить через промт, выстраивать диалог с моделью, критически оценивать сгенерированный ответ и интегрировать его в собственную познавательную деятельность [4].

Именно этот разрыв между технической подготовкой и развитием критического мышления становится ключевой проблемой. Дети используют ИИ постоянно, но слишком прямолинейно: не умеют писать эффективные промты, не проверяют ответы, не осознают ограничений моделей и, как следствие, не используют потенциал ИИ как инструмента обучения, а лишь как источник готовых решений. Педагоги, прошедшие стандартные курсы, зачастую сталкиваются с той же дилеммой: они знают, как запросить у нейросети материал для урока, но не всегда понимают, как научить ребёнка работать с этим материалом осмысленно. Таким образом, встаёт вопрос о целесообразности разработки нового образовательного продукта, который бы не дублировал существующие курсы, а закрывал выявленный методический пробел.

На основе проведённого анализа сформирована концепция цифрового ресурса – педагогической платформы осознанного промтинга, цель которой заключается не просто в обучении формулированию запросов к ИИ, а в формировании у школьников и педагогов культуры критического взаимодействия с генеративными моделями. Ключевая идея состоит в том, чтобы превратить ИИ из «чёрного ящика», выдающего ответы, в партнёра по учебному диалогу. Реализация этой идеи предполагает создание целостной структуры, включающей несколько взаимосвязанных компонентов, органично дополняющих друг друга.

Первый компонент – чек-листы по промтингу, разработанные отдельно для педагогов и учащихся. Для школьников они представляют собой алгоритмы самопроверки запроса, побуждающие рефлексировать над формулировкой цели, продумывать уточняющие вопросы и оценивать достоверность полученного ответа. Для учителей чек-листы содержат критерии оценки качества промта, рекомендации по интеграции ИИ в различные этапы урока и шаблоны рефлексивных вопросов для обсуждения сгенерированного контента с учащимися. Такой подход позволяет перевести фокус с механического составления запроса на осмысленное планирование взаимодействия с моделью.

Второй компонент – раздел для педагогов, содержащий сценарии внедрения ИИ в учебный процесс. Здесь представлены готовые методические разработки с пошаговым описанием того, как использовать генеративные модели для генерации гипотез на уроке математики, как организовать групповую работу по верификации ответов нейросети, как строить задания, где ИИ выступает «оппонентом» или «источником альтернативной точки зрения». Каждый сценарий сопровождается чётко сформулированными целями, ожидаемыми результатами и критериями оценки, причём оцениваются не только предметные знания, но и сформированность навыков критической рефлексии, что соответствует современным требованиям к метапредметным результатам обучения [2].

Третий компонент – библиотека промтов по предметам, охватывающая математику, информатику и проектную деятельность. Коллекция включает проверенные, педагогически выверенные запросы, сгруппированные по типам учебных задач: объяснение понятия, решение задачи с пошаговым комментарием, генерация идей для проекта, анализ аргументации. К каждому промту прилагается методический комментарий, раскрывающий, зачем использовать именно такую формулировку, на что обратить внимание при анализе ответа и какие типичные ошибки может допустить модель. Такая детализация позволяет педагогам не просто копировать шаблоны, а понимать логику их построения и адаптировать под собственные учебные ситуации.

Концептуальная особенность платформы заключается в том, что она смещает акцент с результата на процесс: не «получить ответ», а «понять, как я пришёл к этому ответу, насколько он обоснован, что можно улучшить в

моём запросе». Этот подход соответствует современным представлениям о формировании метапредметных компетенций в цифровой среде и опирается на принципы проблемного обучения, где технология выступает не заменой мышления, а его катализатором [3]. Разработка методической системы формирования критической рефлексии при использовании генеративного ИИ становится важным направлением педагогики цифровой эпохи, и в рамках работы предполагается реализация описанной системы в формате интерактивного веб-ресурса, оформив его как полноценную педагогическую платформу [2].

Современная школа оказывается на пересечении двух тенденций. С одной стороны, технологии искусственного интеллекта значительно расширяют доступ к знаниям и создают новые возможности для обучения. С другой стороны, они могут провоцировать снижение самостоятельной мыслительной активности при неосознанном использовании. Будущее образовательной среды во многом зависит от того, удастся ли превратить эти технологии из источника готовых ответов в инструмент развития мышления. Формирование культуры осмысленного взаимодействия с искусственным интеллектом становится одной из ключевых задач педагогики ближайших лет. Школьник цифровой эпохи должен уметь не только получать информацию, но и критически её оценивать, задавать уточняющие вопросы и формировать собственные выводы [5]. Развитие таких навыков позволяет сохранить главную цель образования – формирование самостоятельного и ответственного мышления даже в условиях стремительного технологического прогресса.

Предлагаемая платформа не претендует на универсальное решение всех вызовов цифровизации, но предлагает конкретный, методически обоснованный инструмент для перехода от пассивного потребления контента ИИ к активному, рефлексивному диалогу с технологией. Именно такой подход, на наш взгляд, способен гармонично соединить преимущества генеративных моделей с фундаментальными задачами развития мышления и самостоятельности учащихся, создавая основу для устойчивого образовательного результата в эпоху искусственного интеллекта.

Литература

1. Беспалько В. П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения. – М.: Педагогика, 1995. – 336 с.
2. Зимняя И. А. Педагогическая психология. – М.: Логос, 2010. – 384 с.
3. Лучинина А. О., Бетехтина С. И. Психолого-педагогическая подготовка школьников в условиях профильного обучения // Концепт. 2015. № 11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/psihologo-pedagogicheskaya-podgotovka-shkolnikov-v-usloviyah-profilnogo-obucheniya> (дата обращения: 10.03.2025).

4. *Сундукова Г. М.* Перспективы эволюции модели высшего образования в контексте развития искусственного интеллекта // Социально-политические исследования. 2025. № 2 (27). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-evolyutsii-modeli-vysshego-obrazovaniya-v-kontekste-razvitiya-iskusstvennogo-intellekta> (дата обращения: 09.03.2026).
5. *Сысоев П. В.* Компетенция современного педагога в области искусственного интеллекта: структура и содержание // Высшее образование в России. 2025. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompetentsiya-sovremennogo-pedagoga-v-oblasti-iskusstvennogo-intellekta-struktura-i-soderzhanie> (дата обращения: 01.03.2026).

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ ДЛЯ ПРОГРАММИСТОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ СПО

Селезнева В. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: vselezneva@sfedu.ru*

Цифровая трансформация образования представляет собой один из ключевых векторов развития системы среднего профессионального образования на современном этапе. Данный процесс предполагает не просто техническое переоснащение образовательных учреждений, но и качественное изменение подходов к организации учебного процесса, форм взаимодействия участников образовательных отношений, способов трансляции знаний и методов контроля их усвоения [3].

Особую актуальность вопросы цифровой трансформации приобретают при подготовке будущих программистов по специальности 09.02.07 «Информационные системы и программирование». Процесс их профессиональной подготовки должен быть организован с применением современных цифровых инструментов, соответствующих актуальному уровню развития информационно-коммуникационных технологий.

В ГБПОУ РО «Ростовский-на-Дону колледж связи и информатики» (далее – ГБПОУ РО «РКСИ») локальная компьютерная сеть на протяжении длительного периода являлась основным инструментом обеспечения доступа студентов к учебно-методическим материалам. На практике анализ использования локальной сети позволяет выделить ряд следующих недостатков:

1. Привязка к месту обучения (доступ к материалам возможен только в здании колледжа).
2. Трудности для отдельных групп студентов (проблемы возникают у тех, кто пропустил занятия).
3. Отсутствие индивидуального подхода (материалы выдаются одинаково для всей группы, без учета особенностей студентов).
4. Невозможность варьировать задания (все видят одни и те же материалы, нельзя дать разным студентам разные варианты).
5. Риск заимствований (работы хранятся в общих папках, что позволяет копировать уже сданные задания).
6. Сложности при проверке (преподаватель вручную ищет работы студентов, а из-за разных названий файлов тратит на это много времени).

7. Задержка обратной связи (студент узнает результаты проверки только на следующем занятии).

8. Невозможность доработки (нет механизма, позволяющего исправить ошибки и сдать работу повторно).

Анализ эффективности данной модели выявил ряд существенных ограничений, что обусловило необходимость поиска новых методических решений, соответствующих задачам цифровой трансформации образования.

В качестве альтернативы локальной сети была выбрана платформа Google Classroom, входящая в экосистему Google Workspace for Education. Выбор данной платформы обусловлен бесплатным доступом для образовательных учреждений, интуитивно понятным интерфейсом и возможностью работы с различных устройств при наличии доступа к сети Интернет.

Внедрение Google Classroom позволило качественно изменить процесс предоставления учебных материалов студентам ГБПОУ РО «РКСИ». При публикации нового задания все студенты учебной группы получают уведомление либо видят его в ленте курса при первом входе на платформу, что исключает ситуации неинформированности. Учебные материалы в Classroom автоматически структурируются по тематическим разделам и хронологии. Платформа позволяет прикреплять к заданиям не только текстовые файлы, но и гиперссылки, видеоматериалы, в том числе размещенные на российских видеохостингах.

Главной дидактической возможностью при внедрении Google Classroom является организация индивидуальной работы с обучающимися. При отправке выполненной работы на проверку она становится доступна только преподавателю, что минимизирует возможность заимствований и создает комфортную среду для обучающегося. Преподаватель может подготовить несколько вариантов одного и того же задания, а затем выдать их конкретным студентам. На практике это важно при обучении программированию, где уровень подготовки у студентов часто различается. У каждого обучающегося формируется свое рабочее пространство: студенту доступны только его задания, указаны сроки сдачи и выставленные баллы.

Платформа Google Classroom и сервис Google Forms заметно упростили контроль успеваемости и ускорили обратную связь. Раньше на проверку тестов уходило много времени, теперь результаты становятся известны сразу после выполнения – система автоматически подсчитывает баллы и показывает, какие темы вызывают сложности у группы. При проверке письменных работ преподаватель может оставлять пометки прямо в тексте или писать замечания в закрытом разделе. Существенным является возможность возврата студентам работы на исправление. Студент видит ошибки, дорабатывает свой вариант и отправляет снова, а преподаватель может отследить, как именно менялся результат.

Проблема доступности материалов, которая раньше была главным затруднением, с переходом на облачную платформу исчезла. Заходить в курс

можно когда угодно и с любого устройства, при наличии интернет. Даже если по какой-то причине занятия в колледже пришлось пропустить, учебный процесс не прерывается.

Google Colaboratory – это облачная среда для Python, введенная в курс для студентов-программистов в ГБПОУ РО «РКСИ». Colab помогает избежать установки программного обеспечения на разных компьютерах: у всех теперь одна и та же версия, все библиотеки работают одинаково. Плюс это приближает студентов к реальной работе, потому что в профессиональной среде такие инструменты используются повсеместно.

Практическое применение цифровых ресурсов показало, что они позволяют получить важные результаты:

- доступ к учебным материалам;
- индивидуальный подход;
- прозрачность системы оценивания;
- развитие профессиональных навыков работы с облачными сервисами;
- снижение нагрузки на преподавателя;

Таким образом, В ГБПОУ РО «РКСИ» переход от локальной сети к Google Classroom позволил по-новому выстроить учебный процесс. Студенты получили возможность заниматься в своём темпе, с индивидуальными заданиями и оперативной обратной связью.

Литература

1. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования по специальности 09.02.07 «Информационные системы и программирование» (утв. Приказом Минобрнауки России от 09.12.2016 № 1547).
2. *Иванов С. В., Петрова Н. Г.* Цифровая трансформация профессионального образования: вызовы и перспективы // Профессиональное образование. – 2024. – № 2. – С. 8–15.
3. *Коваленко Е. А.* Облачные технологии в образовательном процессе колледжа: опыт применения // Информатика и образование. – 2024. – № 3. – С. 45–53.
4. *Михайлова Т. А.* Организация смешанного обучения в системе СПО с использованием Google Classroom // Педагогическая информатика. – 2023. – № 4. – С. 62–70.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ LIBREOFFICE В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ИНФОРМАТИКИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОБУЧАЮЩИХСЯ К ОГЭ ПО ИНФОРМАТИКЕ

Стрелкова Е. Р., Майер С. Ф.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону*

E-mail: mvorontsova@sfedu.ru, sfmayer@sfedu.ru

На современном этапе развития системы образования в Российской Федерации происходит цифровая трансформация и переход образовательных организаций на свободное программное обеспечение (СПО). Но существующие учебно-методические материалы и методики преподавания информатики ориентированы на ранее классический пакет MS Office. Замена программного продукта может повлиять на результаты выполнения заданий основного государственного экзамена (ОГЭ): специфика интерфейса, расположение инструментов и алгоритмы выполнения операций могут вызвать затруднения у девятиклассника. Возникает естественная необходимость в разработке адаптированных учебно-методических материалов преподавания раздела «Информационные технологии» в школьном курсе информатики средствами свободных офисных приложений, каким и является LibreOffice.

LibreOffice – бесплатный традиционный пакет офисных приложений, содержащий в себе текстовый процессор Writer, табличный процессор Calc, программу для подготовки и просмотра презентаций Impress, систему управления базами данных Base, векторный графический редактор Draw, редактор формул Math [2].

В экзаменационной работе сформированность навыков работы с информацией и умений использовать современные информационно-коммуникационные технологии проверяют задания 13.1, 13.2 и 14 второй части экзамена.

Рассмотрим функциональные возможности приложений LibreOffice Impress, Writer и Calc применительно к решению заданий 13.1, 13.2 и 14 ОГЭ по информатике.

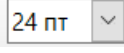
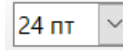
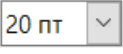
Задание 13.1 проверяет навыки учащегося создавать презентацию из 3 слайдов, добавлять на слайды текст и изображения. Сохранить ответ в виде презентации необходимо в формате *.odp.

Задание имеет ряд критериев оценивания по структуре, шрифту в презентации и изображениям на слайдах:

1. Презентация должна состоять из 3 слайдов альбомной ориентации: титульный слайд с названием и номером участника; второй слайд с основной информацией по теме, размещенной по образцу макета (заголовок, 2 изображения, 2 блока текста); третий слайд с дополнительной информацией по теме презентации, размещенной по образцу макета (заголовок, 3 изображения, 3 блока текста).
2. В презентации используется единый тип шрифта; размер шрифта для названия на титульном слайде 40 пт, для подзаголовка титульного слайда и заголовков 2 и 3 слайда – 24 пт, размер основного текста – 20 пт; текст не перекрывает изображения и не сливается с фоном презентации.
3. Пропорции изображений сохранены; изображения не перекрывают текст, заголовок или друг друга [1].

Рассмотрим возможности создания презентации в приложениях MS Power Point и LO Impress [3].

Таблица 1. Алгоритм выполнения задания в PP и Impress

PowerPoint	Impress
«Создание титульного слайда»	
Меню Вставка → Создать слайд → Титульный слайд	Меню Слайд → Разметка → Титульный слайд ИЛИ Макеты → 
Заголовок слайда → Меню Главная → Размер шрифта → 40 → Название	Заголовок слайда → Панель инструментов  → Название
Подзаголовок слайда → Меню Главная → Размер шрифта → 24 → Идентификационный номер	Подзаголовок слайда → Панель инструментов  → Идентификационный номер
«Создание второго слайда»	
Меню Вставка → Создать слайд → Только заголовок	Меню Слайд → Создать слайд Меню Слайд → Разметка → Заглавие, 4 блока ИЛИ Макеты → 
Заголовок слайда → Меню Главная → Размер шрифта → 24 → Заголовок	Заголовок слайда → Панель инструментов  → Заголовок
Меню Вставка → Надпись Меню Главная → Размер шрифта → 20 → Текст [2 блока]	Блок →  → Текст [2 блока]

Меню Вставка → Рисунки [2 изображения]	Блок → Меню Вставка → Изображение [2 изображения]
«Создание третьего слайда»	
Меню Вставка → Создать слайд → Только заголовок	Меню Слайд → Создать слайд Меню Слайд → Разметка → Заглавие, 6 блоков ИЛИ  Макеты →
Заголовок слайда → Меню Главная → Размер шрифта → 24 → Заголовок	Заголовок слайда → Панель инструментов 24 пт → Заголовок
Меню Вставка → Надпись Меню Главная → Размер шрифта → 20 → Текст [3 блока]	Блок → 20 пт → Текст [3 блока]
Меню Вставка → Рисунки [3 изображения]	Блок → Меню Вставка → Изображение [3 изображения]

Приложение LibreOffice Impress обладает возможностями создать презентацию из 3 слайдов, добавить и отредактировать текст, а также добавить иллюстрации на слайды.

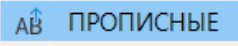
Задание 13.2 проверяет навыки работы с текстом. Прежде всего, создание текстового документа и форматирование его по заданному образцу; создание и заполнение простой таблицы, форматирование табличного текста. Ответ на задание в виде текстового документа должен быть сохранен в формате *.odt.

Задание имеет ряд критериев оценивания:

1. Основной текст набран шрифтом размером 14 пунктов обычного начертания; отступ первой строки абзацев основного текста – 1 см; расстояние между строками текста – не менее одинарного, но не более полуторного междустрочного интервала; основной текст выровнен по ширине; верно применено форматирование к некоторым словам в тексте. Заголовок текста выровнен по центру.
2. В таблице создано необходимое количество строк и столбцов; для текста некоторых ячеек выбрано верное начертание; выполнено выравнивание текста отдельных ячеек; для обозначений используются верхний и нижний индексы или специальные символы. Таблица выровнена по центру по горизонтали, ширина таблицы меньше ширины основного текста [1].

Рассмотрим возможности создания и редактирования текстового документа в приложениях MS Word и LO Writer [3].

Таблица 2. Алгоритм выполнения задания в Word и Writer

Word	Writer
«Основной текст»	
Меню Главная → Шрифт → Размер шрифта → 14	Панель инструментов → 
Линейка → 1 см	Линейка → 1 см
Панель инструментов → Интервал → 1, 0/ 1,15/ 1,5	Панель инструментов → Межстрочный интервал  → 1/ 1,15/ 1,5
Меню Главная → Абзац → Выровнять по ширине	Панель инструментов → Выравнивание по центру 
«Заголовок» → Меню Главная → Абзац → Выровнять по центру	«Заголовок» → Панель инструментов → Выравнивание по центру 
«Заголовок» → Меню Главная → Шрифт → Регистр → ВСЕ ПРОПИСНЫЕ	«Заголовок» → Меню Формат → Текст → 
«Текст» → Меню Главная → Шрифт → Полужирный/ Курсив/ Подчеркнутый	«Текст» → Панель инструментов → Начертание 
«Создание таблицы»	
Меню Вставка → Таблица → Вставить таблицу → Число столбцов, Число строк → ОК	Меню Таблица → Вставить таблицу → Количество столбцов, Количество строк → Вставить
Таблица → Меню Главная → Абзац → Выровнять по центру	Таблица → Меню Таблица → Свойства → Выравнивание → По центру
Линейка → 15 см	Таблица → Меню Таблица → Свойства → Ширина
Ячейки → Меню Макет → Объединить ячейки	Ячейки → Меню Таблица → Объединить ячейки ИЛИ Панель инструментов → 
Ячейки → Меню Главная → Абзац → Выровнять по центру / Выровнять по левому краю	Ячейки → Панель инструментов → Выравнивание  / 
«Текст» → Меню Главная → Шрифт → Нижний индекс/ Верхний индекс ИЛИ Меню Вставка → Символ → Вставить	«Текст» → Меню Формат → Текст → Нижний индекс/ Верхний индекс ИЛИ Меню Вставка → Специальные символы → Вставить

То есть, в приложении LibreOffice Writer возможно создание и редактирование текстового документа по образцу.

Задание 14 проверяет навыки работы с электронными таблицами: использование формул, функций, операций с блоками данных, сортировки и

поиска данных. Задание состоит из 3 частей: два вопроса и построение диаграммы. Экзаменуемому нужно вычислить числовые значения, внести ответы и выполнить построение диаграммы. Сохранить документ электронной таблицы в формате *.ods.

Указания для оценивания следующие:

1. Первые две части считаются выполненными верно, если соответствующие числовые значения посчитаны верно и записаны в ячейки, указанные в тексте задания.
2. Диаграмма считается построенной верно, если ее геометрические элементы правильно отображают представляемые данные, а сами данные определены верно и явно указаны на диаграмме. Диаграмма должна быть снабжена легендой [1].

Рассмотрим возможности обработки данных электронных таблиц в процессорах MS Excel и LO Calc [3].

Таблица 3. Алгоритм выполнения задания в Excel и Calc

Excel	Calc
«Фильтрация и сортировка»	
Таблица → Меню Главная → Сортировка и фильтр → Фильтр Столбец → Фильтр → Текстовые фильтры/ Числовые фильтры → Настраиваемый фильтр → Параметры → ОК	Таблица → Меню Данные →  Автофильтр Столбец 3 → Фильтр по условию → Стандартный фильтр → Параметры → ОК
Столбец → Фильтр → Сортировка по возрастанию/ по убыванию/ Сортировка от А до Я/ Сортировка от Я до А	Столбец 3 → Сортировка по возрастанию/ по убыванию
«Функции и операции»	
Логические: ЕСЛИ()	Логические: ЕСЛИ()
Математические: ОКРУГЛ(), ОСТАТ(), СУММ(), СУММЕСЛИ(), ЦЕЛОЕ(), ABS()	Математические: ОКРУГЛ(), ОСТАТ(), СУММ(), СУММЕСЛИ(), ЦЕЛОЕ(), ABS()
Статистические: МАКС(), МИН(), СРЗНАЧ(), СЧЕТ(), СЧЕТЕСЛИ()	Статистические: МАКС(), МИН(), СРЗНАЧ(), СЧЕТ(), СЧЕТЕСЛИ()
Арифметические операции: сумма (+), разность (-), произведение(*), частное (/), степень (^)	Арифметические операции: сумма (+), разность (-), произведение(*), частное (/), степень (^)
Точность до разрядов: Панель инструментов → Число → Увеличить разрядность/ Уменьшить разрядность	Точность до разрядов: Панель инструментов → Больше разрядов  / Меньше разрядов 
«Диаграмма»	
Таблица → Меню Вставка → Рекомендуемые диаграммы → Круговая → ОК	Таблица → Меню Вставка → Диаграмма → Круговая  → Готово

Табличный процессор LibreOffice Calc позволяет обработать большой массив данных, включает в себя библиотеку функций, поддерживает сортировку и фильтрацию данных в таблице, обладает возможностью построить диаграмму.

Таким образом, функционал офисных приложений LibreOffice хоть и немногим отличается от ранее классического пакета приложений Microsoft, тем не менее позволяет учащимся приобрести навыки работы с информацией и умения использовать современные информационно-коммуникационные технологии: создавать презентацию, редактировать текстовый документ, обрабатывать данные в электронных таблицах.

Литература

1. Федеральный институт педагогических измерений. Демоверсии, спецификации, кодификаторы [Электронный ресурс]. URL: <https://fipi.ru/oge/demoversii-specifikacii-kodifikatory#!/tab/173801626-5> (Дата обращения: 07.03.2026).
2. Вовк, Е. Т. Astra Linux: руководство по национальной операционной системе и совместимым офисным программам. – Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2022. – 400 с.
3. Никулина, Е. Ю. Сравнительный анализ программных продуктов Microsoft Office и Libre Office / Е. Ю. Никулина, М. О. Мещеряков // Охрана, безопасность, связь. – 2020. – № 5-3. – С. 253–256. – EDN EUHFUS.

ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫЙ МАРШРУТ ОБУЧЕНИЯ В ЧАТ-БОТЕ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЕГЭ ПО ИНФОРМАТИКЕ

Тихоненко М. И.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: mvorontsova@sfedu.ru*

ЕГЭ по информатике и ИКТ – один из наиболее динамично развивающихся экзаменов, число участников которого растет с каждым годом. Согласно статистике, в 2026 году информатика стала вторым по популярности предметом по выбору среди сдающих единый государственный экзамен. Выбор этого направления сделали свыше 21,7% абитуриентов, что составило почти 162 тысячи человек. Данный показатель демонстрирует рост на 9% по сравнению с предыдущим 2025 годом. Для сравнения, по итогам ЕГЭ 2024 года информатику выбрали 19% выпускников, а в 2020 году интерес к этому предмету проявляли лишь 12% школьников [4]. Это обусловлено высоким спросом на IT-специальности в экономике и развитием цифровой инфраструктуры вузов, в которых ЕГЭ по информатике засчитывается при поступлении. Однако высокая стоимость дополнительных образовательных услуг (репетиторство, платные онлайн-курсы) и неравный доступ к качественному образованию создают серьезные препятствия для эффективной подготовки школьников к выпускному экзамену по информатике, особенно проживающих в удаленных районах. Традиционные методы обучения часто не учитывают индивидуальные темпы усвоения материала, из-за этого возникают пробелы в знаниях [3].

Решение данной проблемы состоит в создании чат-бота, который позволит строить персональный учебный маршрут во время подготовки к ЕГЭ по информатике [2].

В результате анализа существующей литературы и действующих решений, определился потенциал для усовершенствования имеющихся чат-ботов или разработки совершенно новой концепции. В результате было принято решение создать чат-бот, который позволит индивидуализировать траектории подготовки к Единому государственному экзамену (ЕГЭ) по информатике в 2026 году.

Детальный разбор экзаменационных задач ЕГЭ по информатике показал, что экзаменационная работа включает 27 задач разного уровня трудности, затрагивающих обширный круг тем: от кодирования данных и систем счисления до разработки алгоритмов и программирования [1] [5]. По итогам разбора все задачи были классифицированы по степени сложности (базовая,

повышенная, высокая) и тематическим разделам. Это дало возможность построить онтологию предметной области, в которой вершины соответствуют конкретным компетенциям (таким как «способность переводить числа из двоичной системы счисления», «понимание принципов работы циклов», «владение навыками работы с массивами»), а ребра между ними отражают логические взаимосвязи. Примером такой зависимости является связь между темами «Логические уравнения» и «Системы счисления». Бот понимает, что для решения логических уравнений нужно уверенно знать системы счисления. Если ученик ошибается в базовых заданиях, бот не станет предлагать ему сложную задачу, а сначала предложит подтянуть основы. Таким образом, путь обучения строится гибко, исходя из реальных знаний школьника, а не по жесткому, заранее утвержденному плану.

В процессе проведения исследования столкнулись с затруднением при подборе оптимального метода оценки знаний. Стандартные тесты предоставляют результат лишь по завершении всей процедуры, не показывают ошибок на начальном этапе. Такой подход не позволяет решить поставленные задачи. В отличие от этого, алгоритм адаптивной оценки способен предсказывать степень усвоения представленного материала после каждого полученного ответа. Система применяет байесовский метод или принцип максимального правдоподобия для корректировки модели знаний учащегося. При возникновении ошибки алгоритм рекомендует либо вернуться к теоретической части (ознакомиться с кратким конспектом или видеоуроком), либо выполнить упрощённое задание для отработки навыка. Лишь после успешного выполнения задания базового уровня система предоставляет доступ к задачам более высокого уровня сложности.

В результате реализации проекта планируется достичь следующих результатов:

- Создание функционального прототипа чат-бота.
- Разработка базы заданий с метаданными, соответствующей спецификации ФИПИ, что позволит системе гибко подбирать контент.
- Создание методики адаптивного обучения, которая сокращает время подготовки, исключая уже изученные темы и фокусируясь на областях, требующих улучшения.
- Повышение успеваемости, с ожидаемым приростом среднего балла на 10–15% в экспериментальной группе и снижением тревожности учащихся.

Таким образом, чат-боты имеют значительный потенциал в качестве средства индивидуализации подготовки к ЕГЭ по информатике. Использование адаптивных алгоритмов позволяет преобразовать стандартный образовательный контент в персонализированный маршрут обучения, соответствующий индивидуальным особенностям и текущему уровню знаний учащихся. Предполагается, что данный чат-бот сможет решить проблему

нехватки времени у учителей для индивидуальной поддержки каждого ученика в больших классах. Чат-бот будет функционировать как личный наставник, доступный круглосуточно. Инновационность этого подхода состоит не только в переводе учебных задач в цифровой формат, но и в аналитической обработке результатов пользователя для корректировки дальнейшего обучения, что, в свою очередь, способствует достижению более высоких результатов на экзамене.

Литература

1. *Воронцова М. И., Майер С. Ф. МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ОБУЧЕНИЯ РАБОТЕ С ЭЛЕКТРОННЫМИ ТАБЛИЦАМИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ К ЕГЭ ПО ИНФОРМАТИКЕ* / Воронцова М. И., Майер С. Ф. [Текст] // XXXII научная конференция. Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. – Ростов-на-Дону: ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, 2025 г. – С. 97–101.
2. *Долженкова М. А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЧАТ-БОТОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ* // Вестник науки. 2023. № 12 (69). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-chat-botov-v-obrazovatelnoy-deyatelnosti> (дата обращения: 04.03.2026).
3. *Король Андрей Дмитриевич, Воротницкий Юрий Иосифович ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ВЫЗОВЫ XXI ВЕКА* // Высшее образование в России. 2022. № 6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovaya-transformatsiya-obrazovaniya-i-vyzovu-xxi-veka> (дата обращения: 09.03.2026).
4. Названы самые популярные предметы ЕГЭ в 2026 году / [Электронный ресурс] // РБК : [сайт]. – URL: <https://www.rbc.ru/life/news/6997017e9a794776935172cc?ysclid=mmlryautjd335027293> (дата обращения: 10.03.2026).
5. *Федеральный институт педагогических измерений (ФИПИ). // Демонстрационные варианты ЕГЭ по информатике и ИКТ* URL: <http://www.fipi.ru> (дата обращения: 02.03.2026).

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ ПО МАТЕМАТИКЕ ПОСРЕДСТВОМ ГЕЙМИФИКАЦИИ

Фидрик Ю. П., Блинова Е. Е.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: fidrik@sfedu.ru*

В школьной программе подготовке к единому государственному экзамену по математике отведена ключевая роль. Это связано с тем, что ЕГЭ решает две важнейшие задачи: выступает в качестве государственной проверки знаний выпускников и служит механизмом конкурсного отбора для поступления в вузы. Действующая система экзамена подразумевает его деление на базовый и профильный уровни, а это, в свою очередь, требует от учащихся и педагогов применения принципиально разных подходов к освоению материала. Если в рамках базового уровня приоритетом становится прочное освоение обязательного содержания школьного курса и отработка типовых заданий, то профильный уровень требует развития более сложных умений, связанных с решением задач повышенной и высокой сложности, включая задания с развёрнутым ответом. Официальные материалы ФИПИ на 2026 год подтверждают сохранение данной двухуровневой структуры и подчёркивают значимость таких ресурсов, как открытый банк заданий, демоверсии, кодификаторы и навигатор самостоятельной подготовки, служащих основными ориентирами для обучающихся и педагогов.

Однако сама по себе доступность качественных учебных материалов не гарантирует высокой результативности подготовки, что демонстрирует анализ доступных материалов и стратегий подготовки к ЕГЭ по математике, которые демонстрируют преобладающий тип подготовки в виде «нарешивания» однотипных заданий с повторяющимися заданиями базового уровня и сложных профильных задач, которые требуют у решающего концентрации внимания и отслеживания ошибок, что говорит не только о нехватке ресурсов для эффективной подготовки, но и отсутствия стабильного учебного ритма, когда простые и сложные задания сменяют друг друга, поддерживая при этом интерес и стимулирует мотивацию к подготовке у обучающихся.

Решить данную проблему, исходя из результатов исследований по цифровой дидактике может помочь применение игровых технологий, внедрение которых в образовательный процесс способно привести к росту заинтересованности школьников к учебному процессу, вовлечь в планомерную работу по подготовке к экзамену, успех которой зависит не столько от наличия вир-

туальных наград или таблиц лидеров, сколько от глубины проработки учебного сценария, насколько ученику предоставлена возможность выбора, насколько тщательно фиксируются его успехи, создаются условия для достижения результата и оперативно корректируются его действия, что подтверждает идею того, что значимость приобретает не столько игровая механика сама по себе, сколько её грамотное включение в выстроенную логику учебного процесса.

В данном контексте важна не простая оцифровка учебных материалов, а их содержательная трансформация в формат мобильного обучения, дополненного игровыми приемами, так как привлекательность смартфона как инструмента обучения связана не только с его функциональными возможностями, но и с его влиянием на поведенческие паттерны пользователя, потому что мобильное устройство позволяет встроить учебный процесс в интервалы между повседневными делами, снижает порог входа в занятие и способствует формированию устойчивой привычки к регулярным занятиям.

Результаты исследований в области применения мобильного обучения (mobile learning) при преподавании математики свидетельствуют: использование мобильных технологий позволяет повысить интерес к дисциплине, сделать взаимодействие с контентом более гибким и увеличить периодичность обращения к учебным материалам. Наибольший эффект достигается в тех случаях, когда процесс обучения разбит на последовательные, логически завершённые этапы и сопровождается постоянной обратной связью.

Анализ существующих цифровых решений показывает, что рынок уже предлагает ряд эффективных элементов, однако они далеко не всегда объединяются в целостную мотивационно-педагогическую систему. Так, приложение «ЕГЭ Математика 2026» позиционируется как офлайн-инструмент, включающий пробные варианты, теоретические материалы, видеоразборы и тренажёры для базового и профильного уровней. Его сильной стороной является чёткая предметная направленность и ориентация на экзаменационный формат. Вместе с тем модель взаимодействия, насколько можно судить по описанию, строится главным образом вокруг предоставления контента и тренировки, тогда как механизмы длительного удержания учащегося в режиме ежедневной подготовки выражены слабее.

Иную организацию учебного процесса демонстрирует платформа «Экзаммер», где существенно усиливается роль игровых механизмов: квесты, накопление опыта, уровни, награды, бонусы, персонализированный план подготовки и элементы соревновательности задают общий формат взаимодействия. За счёт подобной структуры подготовка к экзаменам приобретает более привлекательный и эмоционально вовлекающий характер, что помогает сгладить монотонность, обычно сопутствующую традиционному решению типовых тестовых заданий. Вместе с тем универсальный характер подобных платформ, ориентированных сразу на широкий спектр предметов и разных форм аттестации, не всегда даёт возможность выстраивать

настолько тонкий предметный микродизайн, который особенно значим при обучении математике. Для математической подготовки, как показывают наблюдения, принципиально важна дифференциация когнитивной нагрузки: от тренировки и частичной автоматизации базовых умений до развернутого многошагового логического рассуждения при работе со сложными задачами.

Определенным эталоном в осмыслении подобных подходов к геймифицированному обучению выступает модель Duolingo, которую сегодня можно отнести к числу наиболее узнаваемых массовых образовательных сервисов. Важность этой логики построения учебного продукта связана не только с использованием на первый взгляд простых игровых компонентов, но и с тщательно продуманной поведенческой архитектурой, через которую выстраивается траектория деятельности пользователя (в том числе, на уровне мельчайших интерфейсных решений). Ежедневные цели, серии непрерывных дней занятий, накопление очков, механизмы сохранения серии, короткие задания, мгновенная обратная связь, визуально понятный прогресс и регулярные напоминания формируют устойчивую учебную привычку. Для подготовки к ЕГЭ по математике подобная логика представляется особенно значимой, поскольку позволяет трансформировать подготовку из эпизодической активности в последовательную и ритмичную практику.

Применительно к математике такая модель обладает дополнительными преимуществами. Во-первых, содержание данного предмета сравнительно легко структурируется в виде микротем: вычисления, уравнения, функции, вероятность, планиметрия, стереометрия, производная, текстовые задачи. Во-вторых, базовый и профильный уровни экзамена могут быть разведены по различным траекториям внутри одной цифровой среды: первая ориентируется на закрепление обязательного минимума и скорость выполнения типовых заданий, вторая – на поэтапное освоение более сложных задач. В-третьих, именно в математике чрезвычайно важно формировать у учащегося ощущение поступательного продвижения, поскольку неудачи в решении задач нередко интерпретируются школьниками не как естественная часть обучения, а как свидетельство собственной неспособности к предмету.

С учётом этого наиболее перспективной выглядит модель мобильного приложения, где учебный процесс выстраивается как цепочка коротких сессий продолжительностью 5–10 минут. В структуру каждой сессии целесообразно включать небольшой фрагмент теории, затем серию практических заданий с нарастающей сложностью, а завершать её – оперативной обратной связью. При выполнении заданий могут начисляться очки опыта, открываться новые уровни, визуально фиксироваться продвижение по теме. Поддерживать устойчивый учебный ритм способны ежедневные цели и серии непрерывных занятий, а систему дополнительного эмоционального под-

крепления формируют награды и достижения. Мини-игры на математическую логику, в свою очередь, можно использовать как инструмент низкого порога входа в деятельность: они позволяют мягко переводить обучающегося от игровой активности к более содержательной и сложной учебной задаче.

Ключевым условием эффективности выступает недопущение подмены образовательного ядра развлекательными приёмами. Сведение цифрового инструмента к механике начисления очков, соревновательным таблицам и внешнему вознаграждению порождает краткосрочный мотивационный всплеск, быстро угасающий согласно практическим наблюдениям. Оптимальной архитектурой является органичное включение игровой механики в целостную дидактическую систему: адаптивную регулировку сложности, систематический возврат к проблемным разделам, чередование концептуальных и прикладных модулей, аналитику распространённых недочётов и планомерное нарастание требований. Подобная интеграция катализирует смещение от экзогенных побудителей к эндогенной учебной заинтересованности – обучающийся взаимодействует с платформой не столько в расчёте на поощрения, сколько ради ощущения последовательного и осознанного овладения предметным содержанием.

Итак, вопрос подготовки к ЕГЭ по математике обусловлен не только повышенной сложностью экзаменационного материала, но и выраженным дефицитом устойчивой учебной мотивации. Существующие цифровые продукты частично решают задачу обеспечения доступа к учебным материалам, однако далеко не всегда способствуют формированию долгосрочной привычки к регулярным занятиям. Следовательно, наибольший потенциал имеет не просто цифровой ресурс с набором заданий, а мобильная образовательная среда, в которой механики геймификации подчинены педагогической логике и направлены на поддержание систематической учебной активности. В условиях возрастания роли самостоятельной подготовки именно такой формат может стать одним из наиболее результативных инструментов повышения эффективности подготовки к ЕГЭ по математике.

Литература

1. Ваганова Я. В., Вершинина С. В. Применение онлайн-платформ в процессе обучения информатике // Математическое и информационное моделирование: материалы Всероссийской конференции молодых ученых. Вып. 23. – Тюмень, 2025. – ТюмГУ-Press, 2025. – С. 378–384.
2. Мамиконян К. Р. Использование цифровых технологий в подготовке к ОГЭ по математике // В 88 Высокопроизводительные вычисления для решения. – С. 280–285.

3. *Пушкарева Т. П., Титовская Н. В., Титовский С. Н.* Мобильные технологии в обучении математике //Открытое образование. – 2024. – Т. 28. – № 3. – С. 35–45.
4. *Титова В. Н., Орлова О. В., Щенников С. А.* Геймификация как средство повышения эффективности процесса обучения в высших учебных заведениях //НАУЧНЫЕ ТРУДЫ Северо-Западного института управления РАНХиГС. – 2025. – С. 270–277.
5. *Шамрай Л. И., Буряк Е. С.* Геймификация образовательного процесса как инструмент повышения мотивации обучающихся //ББК 74.58 я43. – С. 102–108.

РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ УЧИТЕЛЕЙ ИНФОРМАТИКИ ПО ОБУЧЕНИЮ РАБОТЕ В СРЕДЕ «КУМИР»

Фортуна А. А., Майер С. Ф.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: fortuna@sfedu.ru, sfmayer@sfedu.ru*

В современном информационном обществе, где компьютерные технологии занимают весьма важное место, обучение программированию становится все более востребованным и актуальным. Стремительное развитие цифровой сферы требует от нового поколения обучающихся гибкости мышления, умения анализировать и решать задачи с применением различных вычислительных инструментов. Одним из таких ключевых инструментов для начинающих программистов может стать язык программирования КуМир.

КуМир (Комплект Учебных МИРов) – система программирования, предназначенная для поддержки начальных курсов информатики и программирования в средней и старшей школе. Данная система программирования имеет несколько преимуществ по сравнению с другими языками программирования:

- в системе КуМир используется школьный алгоритмический язык с русской лексикой и встроенными исполнителями, такими как Робот, Чертёжник и некоторыми другими;
- понятный и интуитивный в использовании интерфейс системы КуМир делает этот язык доступным для любого уровня подготовки, следовательно, обучающиеся могут начать программировать с 5-6 классов;
- система КуМир имеет встроенное графическое окружение, которое позволяет обучающимся создавать анимацию, игры и другие визуальные приложения, что позволяет проводить обучение на наглядных примерах;
- данный язык программирования был специально разработан для образовательных организаций и включает инструменты, предназначенные именно для учителей, и позволяющие эффективно преподавать курс программирования;
- система КуМир является свободно распространяемым инструментом, доступным для скачивания и использования без каких-либо ограничений.

Однако несмотря на большое количество преимуществ системы, ее применение в обучении имеет ряд проблем. Во-первых, это недостаточное

количество часов, отводящихся на знакомство с языком программирования КуМир в образовательных организациях. Так, например, в школах на изучение системы программирования КуМир отводится 7–8 часов по календарно-тематическому плану ФГОС. Как показывает практика, этого времени недостаточно, так как обучающиеся могут познакомиться с 1–2 исполнителями (Робот, Чертежник), при этом все остальные исполнители оказываются незатронутыми (Черепаша, Кузнечик, Водолей, Удвоитель и др.). Решением данной проблемы может быть использование внеурочной деятельности для освещения темы, либо введение предмета информатики, начиная с 5 классов, благодаря чему появляются дополнительные часы.

Еще одним препятствием успешному освоению обучающимися данной темы может стать недостаточный опыт учителя для эффективного преподавания языка программирования, что в итоге может стать причиной появления пробелов в теоретических и практических знаниях и умениях обучающихся. Решением данной проблемы может стать введение курса обучения по работе с системой программирования КуМир в программу повышения квалификации учителей информатики.

И, наконец, наиболее важной и глобальной проблемой обучения работе в системе является недостаточное количество обучающих материалов по теме. Сегодня существует небольшое количество учебных пособий и онлайн-ресурсов по изучению языка программирования «КуМир», что затрудняет самостоятельное обучение. Решением данной проблемы может стать интернет-ресурс, на котором будут доступны все имеющиеся материалы по данной теме.

Рассмотрим более подробно некоторые методические особенности изучения языка программирования КуМир. Сегодня учителя и методисты могут и должны активно использовать интерактивные формы обучения, которые позволяют обучающимся быстро и непринужденно вовлекаться в процесс обучения. Программирование – это творческая деятельность, где каждый шаг строится на результате, полученном на предыдущем шаге. Поэтому важно создать условия для развития самостоятельного мышления обучающихся, стимулировать их к креативности и поиску нетривиальных решений.

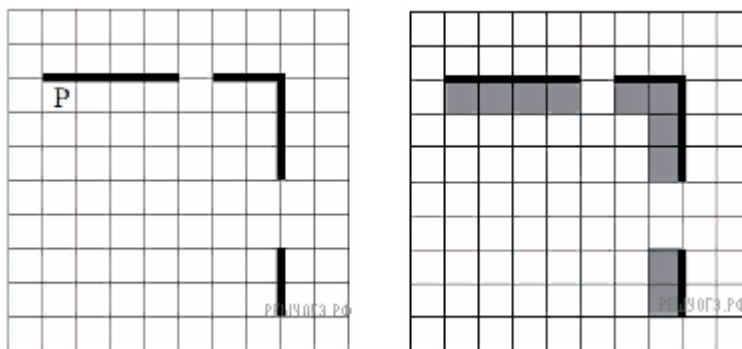
Кроме того, неотъемлемой частью преподавания являются практические методы обучения, направленные на применение полученных знаний в процессе прикладной деятельности. Обучающиеся должны иметь возможность решать реальные задачи, создавать свои программы и видеть результат своей работы. Такой подход позволит им усвоить материал гораздо глубже и лучше запомнить изученные концепции. Также, контекстное обучение имеет большое значение в эффективном освоении языка программирования КуМир. Решение задач, которые связаны с повседневной реальностью обучающихся, позволяет им понять практическую ценность программирования и его применения в реальной жизни.

Перечисленные формы и методы обучения позволят обучающимся освоить язык программирования КуМир и добиться хороших результатов. Одной из мотиваций изучения языка программирования КуМир может стать тренировка решения 15 задания ОГЭ по информатике и, благодаря этому, получение высокого балла. Ниже приведен пример и решение подобного задания.

Пример задания 15.2:

Выполните задание:

На бесконечном поле есть горизонтальная и вертикальная стены. Правый конец горизонтальной стены соединен с верхним концом вертикальной стены. Длины стен неизвестны. В каждой стене есть ровно один проход, точное место прохода и его ширина неизвестны. Робот находится в клетке, расположенной непосредственно под горизонтальной стеной у ее левого конца. На рисунке указан один из возможных способов расположения стен и Робота (Робот обозначен буквой «Р»).



Напишите для Робота алгоритм, закрашивающий все клетки, расположенные непосредственно ниже горизонтальной стены и левее вертикальной стены. Проходы должны остаться незакрашенными. Робот должен закрасить только клетки, удовлетворяющие данному условию. Например, для приведенного выше рисунка Робот должен закрасить следующие клетки (см. рис.).

При исполнении алгоритма Робот не должен разрушиться, выполнение алгоритма должно завершиться. Конечное положение Робота может быть произвольным. Алгоритм должен решать задачу для любого допустимого расположения стен и любого расположения, и размера проходов внутри стен. Алгоритм может быть выполнен в среде формального исполнителя или записан в текстовом редакторе. Сохраните алгоритм в текстовом файле.

Решение задачи:

Для решения данной задачи учащимся необходимо воспользоваться исполнителем Робот и достаточно таких алгоритмических конструкций как:

The screenshot displays the Turbo Pascal development environment. The main window is titled "Новая программа" - Кумир (New Program - Kumpir). The menu bar includes: Программа (Program), Редактирование (Editing), Вставка (Insert), Выполнение (Execution), Окна (Windows), Практикум (Practicum), Чертежник (Diagrammer), Робот (Robot), and Инфо (Info).

The code editor shows a program for solving a maze using a robot. The code is as follows:

```
1  использовать Робот
2  алг
3  нач
4      . нц пока не сверху свободно
5      . . закрасить
6      . . вправо
7      . кц
8      . нц пока сверху свободно
9      . . вправо
10     . кц
11     . нц пока справа свободно
12     . . закрасить
13     . . вправо
14     . кц
15     . нц пока не справа свободно
16     . . закрасить
17     . . вниз
18     . кц
19     . нц пока справа свободно
20     . . вниз
21     . кц
22     . нц пока не справа свободно
23     . . закрасить
24     . . вниз
25     . кц
26  кон
```

The execution window, titled "Робот", shows a 20x20 grid representing the maze. The grid is mostly green, with some cells highlighted in purple, indicating the path explored by the robot. A small diamond icon represents the robot's current position at the bottom right of the grid.

The status bar at the bottom indicates: "Выполнено шагов: 58" (Steps completed: 58) and "Стр: 24, Кол: 9" (Line: 24, Column: 9).

Таким образом, может быть решен один из типов задач итогового экзамена девятиклассников, оцениваемый в 2 балла.

Литература

- 348

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНЫХ ПОДХОДОВ К ОРГАНИЗАЦИИ СРЕДЫ ИЗУЧЕНИЯ БИБЛИОТЕК PYTHON В ШКОЛЕ

Цыгикало С. С.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: tsygikalo@sfedu.ru*

Качество освоения практического модуля курса информатики напрямую зависит от выбранного инструментария. В старшей школе, где программа предполагает углубленное изучение языков программирования, преподаватель сталкивается с дилеммой выбора между установкой локального программного обеспечения и использованием онлайн-сервисов. Каждый из этих подходов диктует свои условия организации учебного процесса, накладывает ограничения на инфраструктуру кабинета и влияет на безопасность данных учащихся.

Актуальность вопроса усиливается при изучении специализированных библиотек языка Python, таких как NumPy, Pandas и Matplotlib [1]. Работа с данными требует стабильного окружения, возможности визуализации и выполнения вычислений, что не всегда достижимо в рамках стандартных школьных ограничений. Существующие решения часто требуют либо постоянной установки и обновления ПО системными администраторами, либо бесперебойного доступа к сети Интернет, что не гарантировано во многих регионах. В связи с этим возникает необходимость поиска компромиссной архитектуры, обеспечивающей функциональность современных инструментов при минимальных требованиях к инфраструктуре.

Те инструменты для организации практических занятий по программированию, которые существуют сейчас, можно разделить на три вида, каждый из которых имеет свои определенные характеристики:

– Локальные IDE. Предполагается установка ПО (IDLE, PyCharm) на каждое рабочее место. Стоит отметить, что плюсом является полная независимость от сети и доступ ко всем функциям языка, но, к сожалению, практика показывает наличие и минусов. Администрирование компьютеров требует многого: установка, настройка путей, обновление версий. Кроме того, различия в конфигурациях могут приводить к ошибкам исполнения кода у отдельных учеников. Сюда же можно отнести и отсутствие автоматизированной обратной связи: преподаватель вынужден вручную проверять файлы, а это все снижает объективность при проверке работ и увеличивает время, которое необходимо потратить на эту проверку.

– Облачные образовательные платформы. Сервисы типа Stepik, Google Colab или Replit переносят среду исполнения на удаленный сервер. Это снимает проблему установки ПО и позволяет внедрить автоматическую проверку заданий. Тем не менее, зависимость от подключения к сети Интернет делает данный подход не совсем подходящим для некоторых школ. Перебои с интернетом в школе приводят к срыву урока.

– Автономные клиентские веб-приложения. Современный подход, использующий технологии WebAssembly (например, PyScript), позволяет исполнять код Python в самом браузере пользователя. Ключевая особенность данной архитектуры – отсутствие необходимости в серверной части для обработки запросов. Программа распространяется в виде локальных файлов и открывается в браузере как веб-страница. После первичной загрузки ресурсов работа возможна в полностью оффлайн-режиме, что является большим плюсом. Данные обрабатываются на стороне клиента и не покидают устройство пользователя [2].

Для изучения библиотек анализа данных в школьном курсе информатики наиболее предпочтительной представляется архитектура автономного веб-приложения. Данный выбор обусловлен совокупностью технических и педагогических факторов:

– Инфраструктурная доступность. Школы в удаленных населенных пунктах часто не имеют высокоскоростного доступа в сеть. Локальный веб-файл, используемый в рамках предлагаемого подхода, не нуждается в постоянном подключении к сети после этапа первоначальной подготовки. Подобное решение гарантирует равные возможности доступа к учебным материалам вне зависимости от того, где находится образовательное учреждение.

– Безопасность и суверенитет данных. Работа с локальным файлом предполагает, что сведения об учащихся остаются на устройстве пользователя и не направляются внешним сервисам. Указанный подход соответствует положениям Федерального закона № 152-ФЗ «О персональных данных», а также удовлетворяет внутренним требованиям образовательных организаций к защите информации.

– Портативность и простота внедрения. Распространение среды обучения сводится к копированию файла или папки на компьютеры класса. Не требуется прав системного администратора для установки программ, не требуется настройка серверов. Преподаватель может самостоятельно обновлять учебные материалы, заменяя файлы задач.

– Возможности автоматизации. Отсутствие серверной части не исключает внедрения скриптов для автоматической проверки написанного кода. Система сравнивает результат, полученный при исполнении программы учащегося, с эталонным значением непосредственно в браузере. Пользователь получает сообщение об ошибке мгновенно. Реализуется принцип оперативной обратной связи, который играет существенную роль при формировании умений отладки программ.

Библиотека Pandas позволяет работать со структурированными табличными данными, а это, в свою очередь, школьные задания приближает к аналитическим задачам из реальной жизни, в частности с теми, с которыми можно столкнуться в дальнейшей профессиональной деятельности. В процессе изучения библиотеки NumPy учащиеся знакомятся, в свою очередь, с концепцией векторизации операций; стоит подчеркнуть, что освоение данного приёма имеет важное значение для воспитания культуры разработки производительного кода, что подтверждается практикой. Средства библиотеки Matplotlib позволяют визуализировать результаты, полученные, например, в результате анализа данных, а это, за счет наглядности, улучшает восприятие материала школьниками за счёт наглядности, что, стоит подчеркнуть, очень важно в процессе обучения [3].

Стоит отметить, что автономная среда предоставляет возможность организовать генерацию персональных вариантов задач. В частности, уникальный идентификатор ученика, как правило, применяется в качестве стартового значения (seed) для генератора псевдослучайных чисел. В результате система формирует персональные наборы данных для каждого обучающегося. Подобный подход препятствует списыванию, поскольку числовые значения ответов различаются у всех учащихся, тогда как алгоритм решения остаётся общим.

Эффективность рассматриваемого подхода нуждается в экспериментальной проверке. В ходе исследования предполагается сопоставление результатов двух групп школьников. Учащиеся контрольной группы выполняют задания в традиционной локальной среде разработки, проверка работ осуществляется преподавателем вручную. Участники экспериментальной группы работают в автономной веб-среде, где предусмотрена автоматизированная валидация кода.

Сравнение производится по следующим критериям: продолжительность выполнения практических заданий; число допущенных синтаксических и логических ошибок; степень самостоятельности при поиске и исправлении ошибок; временные затраты преподавателя на проверку работ. Есть основания полагать, что применение автономной среды позволит сократить время на техническую подготовку к уроку и увеличит число практических попыток, которые каждый ученик сможет выполнить за отведённое время.

Проведенный анализ показывает, что архитектура автономного веб-приложения является оптимальным решением для организации практических занятий по программированию в условиях школы. Она сочетает преимущества облачных сервисов (автоматизация, удобный интерфейс) и локальных сред (независимость от сети, безопасность). Внедрение портативных веб-сред для изучения библиотек Python позволяет решить проблему инфраструктурного неравенства школ и обеспечить современный уровень подготовки учащихся в области анализа данных.

Литература

1. *Васильченко А. М.* Как проводить анализ данных при помощи python? // Инновации и инвестиции. 2023. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kak-provodit-analiz-dannyh-pri-pomoschi-python> (дата обращения: 09.03.2026).
2. *Рокотянская Виолетта Валерьевна, Абрамов Вадим Сергеевич* Исследование webassembly и сравнение производительности с javascript // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2023. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-webassembly-i-sravnenie-proizvoditelnosti-s-javascript> (дата обращения: 09.03.2026).
3. *Фарайдунов О. К., Амонбекова З. А.* Анализ данных в среде языка программирования python для решения экономических задач // ТГФЭУ. 2024. № 4.1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-dannyh-v-srede-yazyka-programmirovaniya-python-dlya-resheniya-ekonomicheskikh-zadach> (дата обращения: 09.03.2026).

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТ-КАРТ НА УРОКЕ ИНФОРМАТИКИ КАК ИНСТРУМЕНТА УЧЕБНОЙ РЕФЛЕКСИИ

Яровая Ж. С., Блинова Е. Е.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича*

E-mail: eesivokon@sfedu.ru, . ziarovaia@sfedu.ru

Современный мир погружен в поток информации, объем которой еже-секундно нарастает. В связи с этим повышается информационная насыщенность и образовательной среды. Меняются когнитивные способности школьников, которые зачастую лучше всего воспринимают именно визуальные образы, многим учащимся трудно воспринимать содержание темы особенно если она требует полной концентрации их внимания. Процент людей, ориентированных на восприятие информации посредством визуализации, постепенно увеличивается. Таким образом, одним из наиболее эффективных способов представления информации выступает процесс ее визуализации [5].

Л. С. Выготский выделял наглядно-действенное, наглядно-образное и словесно-логическое мышление. Слияние наглядно-действенного и наглядно-образного мышления создают основу для визуального мышления, где при взаимодействии практических и чувственных образов объектов формируются внешние компоненты процесса восприятия, которые человек выполняет чтобы получить, анализировать, различать и формировать целостные образы предметов и явлений окружающего мира [2]. Под визуальным мышлением будем понимать способ работы с информацией, в результате которого она воспринимается и обрабатывается посредством визуальных образов и их взаимосвязей. Визуальные образы будут не иллюстрацией к мыслям автора, а конечным проявлением самого мышления. В таком случае усваивание наглядного материала возможно при логическом обосновании тех или иных объектов, образы которых формируются в ходе мышления [3]. А для того, чтобы собрать эти образы воедино, может помочь метод построения интеллект-карт (ментальных карт), которые представляют собой эффективный аналитический инструмент, предназначенный для поиска оптимальных решений различного рода задач. По Т. Бьюзену, этот формат идеально адаптирован к требованиям современной действительности, где необходима быстрая обработка больших объемов данных: от фиксации телефонных разговоров до планирования рабочего проекта [1]. Разработанная им методика развивалась как целостная система, созданная по подобию древовидной структуры нейронов мозга с их миллиардами синаптических связей. Благодаря ассоциативной логике, со-

четанию вербальных и визуальных элементов, метод интеллект-карт позволяет одновременно охватывать общую картину проблемы и углубиться в детали, переходя от создания идей к их структурированию и анализу. На практике данный метод может быть применим для конспектирования материала, планирования проектов, мозгового штурма и в целом для повышения продуктивности. Основными принципами интеллект-карт являются:

- принцип радиантного мышления: способ мышления, предложенный Тони Бьюзенем, строящийся на основе центрального объекта, который влечет за собой ряд ассоциаций, которые в свою очередь дают свои ассоциации;
- принцип ассоциативного мышления: ассоциации возникают и развиваются по определенным интеллектуальным закономерностям;
- принцип визуального мышления: углубленное запоминание информации происходит при активации обоих полушарий головного мозга, а наглядные зрительные образы, которые являются неотъемлемой частью построения ментальных карт, как раз подключают в работу правое полушарие;
- принцип целостности: интеллект-карта является отражением системы знаний, дополненной зрительными образами, все это вместе воспринимаются мышлением как целостный объект восприятия;
- принцип иерархии: для отображения значимости объектов, расположенных на карте, используется определенная иерархия, по которой основная идея располагается в центре и крупнее остальных;
- принцип эмоциональной выразительности: стимулируются когнитивные процессы и включаются эмоциональные аспекты для повышения уровня восприятия и развития мышления при работе с интеллект-картами;
- принцип синестезии: стимуляция одного канала восприятия должна автоматически вызывать ощущения и в другом, тем самым комбинируются различные виды восприятия [4].

Таким образом, данный метод выполняет сразу ряд функций: визуализация и структурирование учебного материала, выявление смысловых связей между понятиями и темами, укрепление запоминания за счет ассоциативных связей и активизации работы обоих полушарий мозга. Помимо этого, визуальная структура и форма карты отражает модель внутреннего понимания учащегося. По своей заполненности, по цвету ветвей и структуре можно судить об усвоении материала. В данном случае карта может быть использованная как инструмент учебной рефлексии. В заданиях на сравнение, дополнение и самостоятельное воспроизведение карты школьники осознанно анализируют свои затруднения и пробелы в усвоении, а также видят свои достижения.

Согласно Федеральным образовательным стандартам (ФГОС), одним из предметных результатов усвоения для учебного предмета «Информатика» является овладение основными понятиями. Курс 7 класса ориентирован на формирование информационной культуры через осмысленное внедрение, использование и изучение информационных процессов, представления данных и практической работы с ИКТ [6]. Иными словами, семиклассники развивают умение грамотно обращаться с информацией, изучая свойства и особенности работы с ней, а также осваивают реальные навыки работы на компьютере. В соответствии с ФГОС, курс основывается на базовых навыках и потребностях обучающихся, которые узнают, что такое информация и как с ней безопасно работать, учатся различать типы носителей данных, делать таблицы и графики, рисовать картинки в растровом или векторном формате и создавать базовые презентации. Помимо предметных результатов, при изучении информатики должны формироваться метапредметные результаты. Учащиеся должны самостоятельно ставить цели и пути их достижения, осуществлять поиск и анализ информации, осуществлять рефлекссию способов и результатов собственной деятельности. Практика показывает, что реализация этих требований предполагает использование специальных приемов, побуждающих учащихся к осознанному структурированию материала и оценке своих навыков. Методика работы с интеллект-картами способна закрывать задачи предметного и метапредметного характера. Построение ментальных карт по различным темам помогает ученикам видеть структуру, выделять ключевые понятия и связи между ними.

Работу с картами можно разделить на 3 этапа: организационно подготовительный этап, предполагающий знакомство с картами, рассмотрение и анализ уже готовых карт; этап изучения и составления карт, на котором учащиеся уже самостоятельно заполняют карты согласно определенной теме и задаче урока; этап рефлексии и закрепления, предполагающий использования карт для осознания и оценки уровня усвоения материала.

Так, например при изучении темы «Текстовые редакторы» метод построения интеллект-карт может быть организован следующим образом:

1. На организационном этапе предложить учащимся рассмотреть не полную интеллект-карту, содержащую ключевой объект и несколько ветвей первого уровня для анализа основных направлений темы.

2. На этапе изучения и составления поработать с текстом учебника, проанализировать информацию по теме и достроить карту ветвями 2–3 и т. д. уровней, показать взаимосвязь между параграфами изучаемой сейчас и ранее темами, разнообразить карту цветами и ассоциативными картинками.

3. На этапе рефлексии организовать самостоятельное воспроизведение карты с ее ключевыми темами или построение карты с вопросами по теме «Что изучили?», «Что было понятно/не понятно при изучении?», «Что хотели бы применить на практике?», «Что следует повторить?».

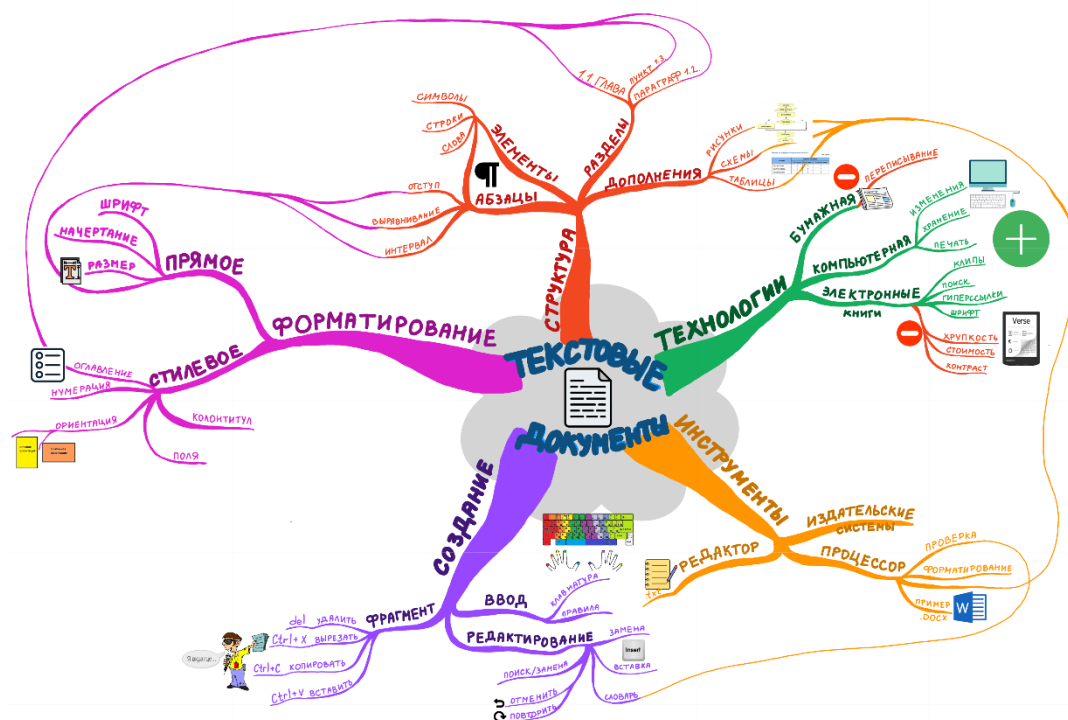


Рис. 1. Пример готовой интеллект-карты

Предложенная трехэтапная технология работы с интеллект-картами предполагает ее постепенное освоение и органичное внедрение в структуру урока.

Использование метода построения ментальных карт на уроках информатики в 7 классе ориентированно на реализацию требований ФГОС по формированию предметных и метапредметных результатов, осмысленное усвоение материала через его анализ и визуализацию, а также на глубокую оценку собственных знаний и умений.

Литература

1. Бьюзен Т. Интеллект-карты. Полное руководство по мощному инструменту мышления. – Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2021. – 208 с.
2. Выготский, Л. С. Мышление и речь. – Москва; Ленинград : Гос. учеб.-пед. изд-во, 1934. – 324 с.
3. Крюкова Светлана Анатольевна Понимание визуального мышления // Аналитика культурологии. 2012. № 22. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponimanie-vizualnogo-myshleniya> (дата обращения: 10.03.2026).
4. Назарова Ольга Владимировна, Назаров Алексей Васильевич ИНТЕЛЛЕКТ-КАРТЫ В СОВРЕМЕННОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ: преимущества, функции, принципы визуализации и инстру-

- менты проектирования // Преподаватель XXI век. 2023. №4-1. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellekt-karty-v-sovremennom-obrazovatelnom-protssesse-preimuschestva-funktsii-printsiyu-vizualizatsii-i-instrumenty> (дата обращения: 10.03.2026).
5. *Попова Татьяна Игоревна, Колесова Дарья Владимировна* ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИИ КАК ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОГО ТЕКСТА // Медиалингвистика. 2015. №4 (10). [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vizualizatsiya-informatsii-kak-tendentsiya-razvitiya-sovremennogo-teksta> (дата обращения: 27.02.2026).
6. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования : утв. приказом Минобрнауки России от 17 дек. 2010 г. № 1897 (ред. от 22 янв. 2024 г.). [Электронный ресурс] URL: <https://fgos.ru/fgos/fgos-ooo/> (дата обращения: 12.03.2026).

СЕКЦИЯ 4.

РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР И МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

КОНСТРУКТОР КУРСОВ ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ LEARNING UNITY

Абрамян М. Э.^{1,2}, Романько Д. А.², Чжан Гэфань (张舸帆)¹

¹ Университет МГУ-ППИ в Шэньчжэне (КНР)

² ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича

E-mail: mabr@sfedu.ru, romanko@sfedu.ru, zhanggefany1124@163.com

Доклад посвящен первой версии конструктора курсов для системы Learning Unity – обучающей системы по программированию в Unity.

Система Learning Unity была разработана в 2023 году магистрантами мехмата ЮФУ С. Д. Петрияненко и С. Э. Цаценко; тогда же результаты их работы были представлены на конференции СИТО [1, 2]. Эта система представляет собой расширяемое приложение, которое может включать различные курсы, разделенные на уроки. После выбора требуемого курса учащийся может изучить содержимое урока с подробными инструкциями по разработке очередной части проекта и сразу выполнить описанные действия в среде Unity, после чего проверить их правильность, запустив систему unit-тестов. При успешном прохождении тестов урок считается пройденным, и учащийся получает доступ к следующему уроку. Для демонстрации возможностей системы авторы включили в нее курс «Demo Mario», посвященный приемам разработки двумерной игры-платформера.

Автоматическая проверка всех действий по разработке проекта, как выполняемых в редакторе Unity, так и реализованных в виде программных скриптов, существенно облегчает процесс обучения приемам программирования в Unity. Однако разработка самого обучающего курса требует от преподавателя серьезных усилий. Помимо содержательной части курса, включающей текст всех уроков и иллюстративные материалы к ним, необходимо подготовить систему unit-тестов в каждом уроке и объединить все компоненты курса в едином файле, используя специальный формат для каждого компонента. Чтобы упростить действия по подготовке новых курсов, авторами настоящего доклада разработан комплекс LUTeacherPack, включающий набор программ для автоматизации создания различных компонентов курса.

Основной частью комплекса является Unity-проект LUCourseMaker. Все действия по настройке и последующей корректировке нового курса реализованы в этом проекте в окне инспектора благодаря использованию в этом окне интерактивных элементов-кнопок.

Для создания нового курса достаточно ввести его имя. При вводе имени существующего курса система настраивается на его корректировку. Сразу после создания нового курса для него создаются заготовки всех компонентов, и становятся доступными команды для редактирования этих компонентов.

Для редактирования текста уроков разработан специализированный редактор LUTextEditor.exe с расширенными возможностями визуализации. В частности, в нем можно просматривать не только сам текст, но и связанные с ним графические файлы. Подготовленный текст автоматически конвертируется в json-файл специального формата.

Автоматизированы также действия по подготовке единого файла с иллюстрациями: вначале все графические файлы для каждого урока объединяются в единый файл типа Sprite Asset (групповой спрайт), а затем все групповые спрайты объединяются в контейнер AssetBundle. Ссылки на элементы-иллюстрации из данного контейнера автоматически размещаются в json-файле с текстами уроков.

Третья группа действий связана с подготовкой исходного шаблона Unity-проекта для данного курса и последующим включением в него наборов unit-тестов для каждого урока. Разработка unit-тестов является самым сложным этапом при создании курса, и обеспечить автоматизацию этого этапа проблематично. Однако в конструктор включены средства, упрощающие проверку правильности созданного набора тестов, и для этой проверки нет необходимости запускать систему Learning Unity.

Процесс разработки тестов для каждого урока естественно совместить с описанием требуемых действий и подготовкой иллюстраций. В конце разработки каждого урока будут получены не только текстовое описание, иллюстрации и набор тестов, но и «мгновенный снимок» проекта после выполнения действий, описанных в данном уроке. После завершения разработки всего курса будут доступны «снимки» всех уроков, что существенно упростит последующую корректировку курса.

Автоматизирован также завершающий этап, на котором выполняется итоговая сборка всех компонентов курса в единый контейнер и размещение этого контейнера в системе Learning Unity.

Наличие конструктора LUTeacherPack существенно упростит разработку новых обучающих курсов по программированию в Unity, что является очередной задачей данного проекта.

Литература

1. *Абрамян М. Э., Петрияненко С. Д.* Разработка интерфейса обучающего приложения по программированию в Unity / Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы XXX научной конференции. Изд-во ЮФУ, 2023. С. 30–31.
2. *Абрамян М. Э., Цаценко С. Э.* Разработка ядра обучающего приложения по программированию в Unity / Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы XXX научной конференции. Изд-во ЮФУ, 2023. С. 32–33.

ПРОБЛЕМАТИКА ВНЕДРЕНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ VR/AR-ПОДХОДОВ

Афанасьев В. А., Тясто С. А.
ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН»,
Институт информационных технологий,
г. Москва
E-mail: dfjx2201@yandex.ru

Разработка и развитие методов имитационного моделирования предоставляет возможность исследования и оптимизации бизнес-процессов предприятий без риска для реального производства и с минимальными затратами. На текущий момент наблюдаются определенные сложности с эффективным переносом настоящих систем в виртуальную реальность и реализацией необходимых механик в соответствии с требуемой технической документацией, что предполагает формирование специальных методик и инструментов.

Актуальность работы заключается в том, что в настоящее время имитационное моделирование производственных процессов приобретает все большую популярность в качестве инструмента анализа и оценки эффективности сложных технологических систем без риска для реального оборудования. VR/AR-подход предоставляет реалистичную визуализацию взаимодействия компонентов, обеспечивая безопасное проведение виртуальных экспериментов.

Применение VR/AR-подхода позволяет проектировать новые производственные линии и сборочные конвейеры без существенных затрат на их конфигурацию как в случае с их физической реализацией. Гораздо проще и дешевле экспериментировать с расположением компонентов в виртуальной среде, поскольку для перемещения какого-либо объекта достаточно нажатия пары кнопок. Таким образом, имитационное моделирование предоставляет возможность анализа эффективности различных решений до непосредственного физического монтажа. На основе полученных данных предприятие может оптимизировать свои логистические потоки и принять соответствующие бизнес-решения на этапе планирования. Данный подход значительно снижает риски и затраты на последующую модернизацию [1].

В качестве примера можно привести VR-тренажер, предназначенный для обучения и подготовки специалистов службы капитана к работе на нефтедобывающей платформе «Приразломная». В него заложены цифровые алгоритмы виртуальных помощников, функционал автоматического контроля знаний обучаемого персонала, а визуализация и детализация соответствует уровню «цифровой двойник» [2].

На рис. 1 представлен VR-тренажер «Приразломная».



Рис. 1. VR-тренажер «Приразломная»

Основным методом интеграции тренажеров является разработка LMS (от англ. Learning Management System) – системы управления обучением. LMS – программные комплексы, используемое для планирования, дистрибуции и мониторинга учебных и образовательных программ [3].

Эксплуатация LMS позволяет сделать процесс обучения более удобным и доступным для персонала и повысить привлекательность повышения квалификации, что немаловажно в текущих условиях высокого темпа прогресса [4].

Для корректного взаимодействия LMS и тренажера необходимо настроить API (от англ. Application Programming Interface) – программный интерфейс, набор инструкций, который позволяет разным приложениям общаться между собой. Например, компания «Энкисофт» внедрила в свою инфраструктуру систему, обеспечивающую непрерывный обмен данными между LMS и тренажером, автоматический учет ошибок и генерацию отчетов о прохождении [5].

На рис. 2 представлена схема взаимодействия LMS и тренажера.

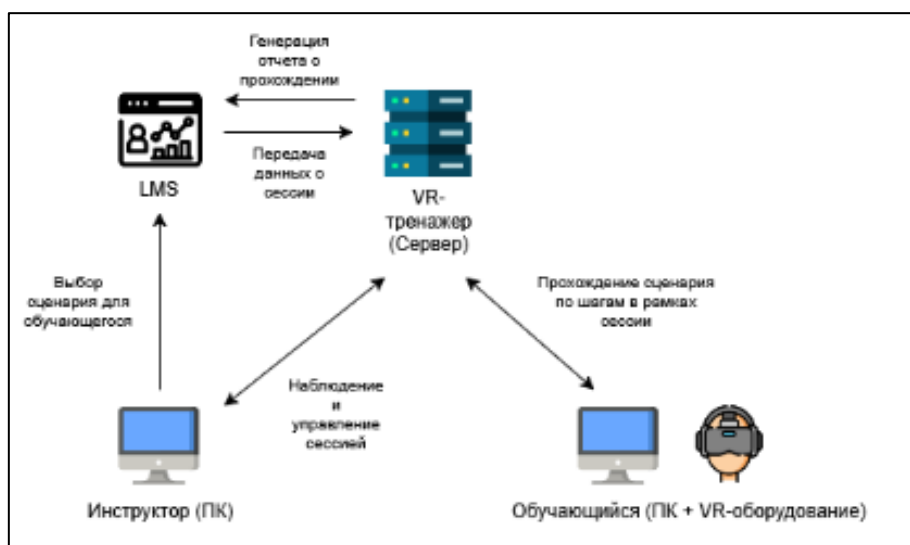


Рис. 2. Схема взаимодействия LMS и тренажера

В настоящее время, несмотря на наличие множества различных методических материалов и пособий, разработка виртуальных тренажеров все еще вызывает затруднения. Выделяют следующие типы проблем:

- технические;
- кадровые;
- экономические;
- методические.

Технические проблемы подразумевают значительное количество времени, которое уходит на обработку и адаптацию технической документации предприятий для ее реализации в движках или фреймворках [6]. Расчет трудоемкости важен для оценки сроков разработки и точности переноса механик. Реальные предприятия располагают огромным числом всевозможных узлов, агрегатов, аппаратов, которые занимают большие площади. Точное воспроизведение каждого интерактива требует немалых затрат вычислительных ресурсов, что предполагает проведение тщательной оптимизации.

На рынке труда до сих пор наблюдается дефицит квалифицированных специалистов, стек технологий которых позволяет направить их усилия на разработку программных средств, основывающихся на VR/AR-подходе. Это одна из главных причин, по которой ранее в данном исследовании были упомянуты такие инструменты, как Unreal Engine и Unity. Создание и поддержка собственного фреймворка или движка – это очень затратное и трудоемкое мероприятие, что подразумевает дополнительную подготовку принятых на работу кандидатов.

Тема закупки периферии поднимает экономические проблемы внедрения. Интеграция системы с производственными элементами предприятия предполагает постоянную передачу информации между узлами. Это значит, что компании-разработчику нужно реализовать API с учетом всех требуемых интерфейсов. В зависимости от масштабов инфраструктуры заказчика, объем затрат на закупку и развертывание локальной сети может достигать внушительных размеров.

Методические проблемы внедрения затрагивают прежде всего вовлеченность персонала и его обучение корректной эксплуатации программных средств с использованием VR/AR-подходов. Технологии виртуальной и дополненной реальности находятся на зачаточном этапе развития и воспринимается целевой аудиторией довольно скептически. Также следует помнить, что использование VR-гарнитур может вызывать у неопытных пользователей головокружение и общее недомогание, что затрудняет процесс подготовки.

Требуется разработать методологию разработки VR/AR-приложений, стандартизировать подходы к применению паттернов проектирования базовых механик, сформировать основные требования к оборудованию и периферии. Виртуальная и дополненная реальность уже никого не удивляет и за время развития технологии было выпущено в релиз большое количество

различных решений, однако все еще остаются проблемы с поиском наиболее оптимальных путей разработки. Также следует учитывать быстрый темп прогресса VR/AR-подхода. Наиболее перспективными направлениями являются метавселенные и гибридная реальность, которые необходимо принимать во внимание в ходе решения проблем внедрения.

Литература

1. Соколова Т. Ю., Кулагин Б. Ю. Перспективы применения технологий интерактивной визуализации в виртуальном прототипировании высокотехнологичных процессов и оборудования // Актуальные проблемы информатизации в цифровой экономике и научных исследованиях. 2024. С. 120–128. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67322862> (дата обращения: 10.03.2026).
2. Рыжих М. С. Проведение учебных занятий по профессии стропальщик с применением технологий виртуальной (VR) и дополненной реальности (AR) // Рассохинские чтения. 2023. С. 359–362. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50475389> (дата обращения: 10.03.2026).
3. Баданова Н. М., Баданов А. Г. Использование СДО (LMS) в электронном обучении // Школьные технологии. 2016. № 2. С. 102–108. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26511286> (дата обращения: 10.03.2026).
4. Журихин С. А. VR-технологии в обучении и развитии персонала // Вестник университета Правительства Москвы. 2022. № 2. С. 46–51. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49180261> (дата обращения: 10.03.2026).
5. Мамедов В. М. Разработка интерактивных VR-тренажеров на базе программного обеспечения VR Concept и фреймворка Ionium Collider // International Journal of Open Information Technologies. 2023. Т. 11, № 9. С. 83–91. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54501601> (дата обращения: 10.03.2026).

КОНТЕКСТУАЛЬНО-ЗАВИСИМАЯ ГЕНЕРАЦИЯ ПЕРСОНАЖЕЙ И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С ВИТРИНОЙ ИГРОВОГО МАГАЗИНА

Бондаренко Д. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: dbondaren@sfedu.ru*

Современная индустрия разработки игр всё чаще обращается к историческим сеттингам как к инструменту создания уникального пользовательского опыта. Однако поддержание высокого уровня погружения требует от разработчика не только визуальной достоверности, но и динамического соответствия игрового мира описываемой эпохе. Поэтому в данной работе рассматривается создание системы процедурной генерации игрового окружения и персонажей, которая изменяется во времени, отражая социально-политические трансформации. В качестве объекта исследования выступает симулятор пекарни в сеттинге России конца 1917 года (период с февраля по октябрь), где через игровые механики транслируется смена исторических эпох.

Ключевой особенностью реализации является система генерации неигровых персонажей, основанная на алгоритме изменяемых весов вероятностей, а также прямая зависимость социального состава созданных персонажей от внутриигровой временной шкалы. В начале игрового цикла массив доступных настроек персонажей включает в себя преимущественно представителей «имперского» общества (чиновники, буржуазия, офицеры). Каждому типу NPC присвоен базовый вес. С течением игрового времени вызывается функция обновления контекста, которая пересчитывает веса:

- Веса персонажей старого порядка снижаются.
- Веса персонажей «советского» типа увеличиваются.

Такой подход позволяет игроку органично наблюдать за тем, как к декабрю 1917 года контингент посетителей пекарни полностью трансформируется, что усиливает ощущение исторического сдвига без прямого использования нарративных инструментов.

Также для увеличения заинтересованности игрока была введена система торговой витрины, а именно привлекательность магазина с готовой продукцией пекарни и алгоритм порчи продуктов, работающий в рамках общего игрового цикла. Общий показатель привлекательности витрины влияет на поведение сгенерированных NPC: персонажи с высокими требованиями могут отказаться от покупки, если средний показатель свежести ниже

установленного порога. Это создает дополнительный уровень менеджмента и заставляет игрока постоянно следить за товаром.

Разработка представлена в виде проекта на игровом движке unity, на языке программирования C#.

Реализованные системы контекстуально-зависимой генерации и динамической витрины позволяют создать живой, меняющийся игровой мир, который реагирует на исторический контекст. Использование весов вероятностей для генерации NPC дает гибкий инструмент настройки сложности и атмосферы, а механика деградации объектов вносит необходимый элемент стратегического планирования. Подобные технические решения повышают историческую достоверность проекта и способствуют более глубокому удержанию игрока за счет визуализации глобальных перемен через локальные игровые процессы.

Литература

1. *Шелленберг, Т.* Процедурная генерация в дизайне уровней и персонажей: подходы и алгоритмы // Вестник компьютерных технологий. – 2022. – № 4. – С. 12–18.
2. *Шелл, Дж.* Геймдизайн: Как создать игру, в которую будут играть все. – 3-е изд. – М.: Альпина Паблишер, 2023. – 640 с.

РАЗРАБОТКА ПОВЕДЕНЧЕСКОГО ДЕРЕВА В UNITY: ПЕРЕХОД ОТ OBJECT-ORIENTED PROGRAMMING K DATA-ORIENTED DESIGN

Бурым В. Г.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: vburym@sfedu.ru*

В современной игровой индустрии разработчики всё чаще сталкиваются с ограничениями традиционного объектно-ориентированного подхода при создании сложных и масштабируемых систем искусственного интеллекта. По мере роста проекта возрастает количество связей между игровыми объектами, усложняется сопровождение логики, ухудшается предсказуемость производительности, а также увеличивается стоимость внесения изменений и добавления нового контента. Особенно остро данная проблема проявляется в системах AI, где принятие решений, обработка состояния и взаимодействие с игровым окружением должны оставаться одновременно гибкими, расширяемыми и эффективными.

В современных условиях разработки одной из ключевых задач становится проектирование архитектуры промышленного уровня, которая сочетает удобство сопровождения с высокой производительностью runtime-исполнения. В контексте Unity особую актуальность приобретает подход, ориентированный не на иерархию объектов, а на структуру и поток данных (Data-Oriented Design, DOD). Такой подход позволяет по-новому рассматривать реализацию игровых систем, в частности систем искусственного интеллекта, в которых важную роль играют алгоритмы принятия решений, их масштабируемость, тестируемость и совместимость с многопоточным исполнением.

В данной работе рассматриваются принципы DOD и архитектурный паттерн “сущность-компонент-система” (Entity Component System, ECS) как основа для построения современных AI-систем в Unity. Показано, почему DOD в геймдеве постепенно вытесняет классический объектно-ориентированный подход из горячего контура симуляции, а также почему ECS оказывается более естественной моделью для массовой обработки игровых сущностей. Дополнительно анализируются различия между управляемым и неуправляемым представлением данных, а также их влияние на совместимость с Burst-компиляцией, Job System и другими инструментами Unity’s Data-Oriented Technology Stack (DOTS).

Отдельное внимание в работе уделяется поведенческому дереву (Behaviour Tree, BT) как одному из наиболее распространённых алгоритмов принятия решений в игровых AI-системах. В рамках исследования BT рассматривается не как граф объектов на сцене, а как отдельный слой принятия решений, который должен быть изолирован от визуального представления, не зависеть от MonoBehaviour-архитектуры и не использовать неявное глобальное хранилище состояния. В этой связи анализируются недостатки популярных MonoBehaviour-ориентированных решений, сложности их отладки, ограничения при масштабировании, а также проблемы, возникающие при попытке интеграции таких реализаций с ECS-подходом.

В ходе исследования также рассматривается различие между рекурсивным и итеративным представлением BT. Показано, что рекурсивная модель удобна на концептуальном уровне, однако плохо подходит для промышленных сценариев, в которых требуется совместимость с Burst-компиляцией, Jobs и DOD структурой хранения. В качестве более устойчивого решения предлагается итеративное представление дерева поведения в виде плоского массива данных с отделенным runtime-состоянием агента. Такой подход позволяет компилировать дерево в BlobAsset, переиспользовать конфигурации между большим количеством сущностей и одновременно сохранять возможность визуального представления и удобной отладки.

Кроме того, в работе рассматривается вопрос разделения редакторского представления и runtime-исполнения BT. Обосновывается тезис о том, что графический редактор должен оставаться инструментом представления и анализа, но не должен определять внутреннюю форму данных, используемых во время исполнения. Это позволяет совместить удобство визуального проектирования дерева поведения с требованиями к производительности, наблюдаемости и сериализуемости промышленных систем.

Результатом работы является разработка готового программного плагина для Unity, реализующего DOD подход к построению BT и удовлетворяющего ключевым требованиям промышленного кода. Разработанное решение ориентировано на расширяемость, предсказуемость исполнения, удобство сопровождения и интеграцию в реальные игровые сценарии. Архитектура плагина обеспечивает разделение редакторских инструментов и runtime-представления, отказ от привязки к MonoBehaviour-жизненному циклу, удобную отладку, возможность повторного использования конфигураций поведения и совместимость с ECS-ориентированными сценариями разработки. Тем самым предложенный плагин может рассматриваться не только как исследовательский результат, но и как практический инструмент для построения масштабируемых систем искусственного интеллекта в игровых проектах, где критически важны производительность, прозрачность внутренней логики и надежность дальнейшей эксплуатации.

Литература

1. Unity Technologies. *Entities package documentation* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: docs.unity3d.com/Packages/com.unity.entities@latest/ – дата обращения: 12.03.2026.
2. Unity Technologies. *Burst compiler documentation* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: docs.unity3d.com/Packages/com.unity.burst@latest/ – дата обращения: 12.03.2026.
3. Unity Technologies. *Blob assets documentation* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: docs.unity3d.com/Packages/com.unity.entities/1.4/manual/blob-assets-concept.html – дата обращения: 12.03.2026.
4. Unity Technologies. *Unity 6.3 Manual: ECS feature set* [Электронный ресурс]. – Режим доступа: docs.unity3d.com/6000.3/Documentation/Manual/ECSFeature.html – дата обращения: 12.03.2026.

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПОСТРОЕНИЕ СБАЛАНСИРОВАННОГО СЛЕВА К-МЕРНОГО ДЕРЕВА НА GPU С ПОМОЩЬЮ CUDA И ОПТИМИЗИРОВАННОЙ ПРЕФИКСНОЙ СУММЫ

Вавилкин М. А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: vavilkin@sfedu.ru

К-мерные деревья широко используются в различных областях программирования для быстрого поиска ближайших объектов – как правило многомерных точек. В компьютерной графике эта структура данных находит свое применение в том числе в методе photon mapping для хранения и поиска ближайших фотонов. Для этого при работе на CPU подходит сбалансированное дерево [1], однако из-за особенностей GPU составление дерева через указатели неэффективно [2], а значит нужно использовать дерево, с которым можно работать через индексы. Для индексной реализации дерева отлично подходит куча, а значит, что полученное дерево будет сбалансированным слева [3].

В данной работе предложена полностью параллельная реализация алгоритма построения сбалансированного слева k-мерного дерева (left-balanced k-d tree) на GPU, который принимает массив произвольных трехмерных координат (позиций фотонов) типа float и конструирует дерево в виде кучи. Алгоритм написан с использованием C++ и CUDA, не требует большого количества дополнительной памяти за исключением пары массивов для хранения индексов, а также требует всего два вызова выполнения ядер на каждый уровень строящегося дерева. Данная работа опирается на реализации, описанные в работах [3] (построение дерева) и [4] (префиксная сумма и сортировка), однако берет оттуда лишь общий подход.

Для построения дерева на вход алгоритму передается массив данных, элементы которого должны быть размещены в дереве. Соответственно, каждый элемент массива соотносится с тем или иным поддеревом. Базовый подход из работы [3], на который опирается данная реализация, заключается в использовании системы тегов – индексов, обозначающих, к какому конкретному узлу или поддереву принадлежит текущий элемент. Так, например, на нулевом шаге все элементы принадлежат нулевому узлу (всему дереву сразу), на первом шаге одна половина – первому (левому поддереву от корня), а другая половина – второму (правому поддереву от корня), и т. д. Еще одной особенностью работы [3] является то, что элементы, которые ответственны уже обработанным узлам, т. е. тем, которые были определены

как медиана (а значит и как корень) элементов того или иного поддерева, располагаются в начале массива, так что при сортировке оставшихся элементов их можно игнорировать. Пример работы алгоритма представлен на рис. 1.

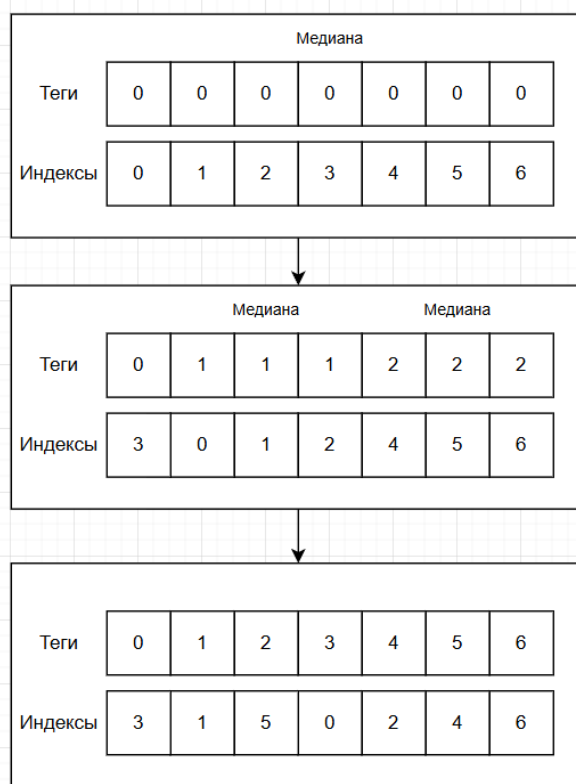


Рис. 1. Состояние массивов тегов и индексов элементов на трех шагах работы алгоритма

Для поддержания такой структуры массива необходимо перед построением каждого уровня дерева перемещать элементы, соответствующие корням поддеревьев, в начало таким образом, чтобы сохранялась структура кучи для уже обработанных узлов. Для этого в реализации вычисляется префиксная сумма для просчета значений смещения каждого элемента. Входными данными для алгоритма префиксной суммы на этом этапе являются нули и единицы, которые сигнализируют, имеет ли элемент уникальный тег, т.е. был ли он уже обработан, а значит и должен ли быть перемещен в начало массива. Уникальность тега легко определить по его номеру и количеству уже обработанных узлов. Количество уже обработанных узлов высчитывается парой арифметических операций при известном текущем уровне дерева. Благодаря структуре массива все теги отсортированы относительно каждой своей группы (с уникальными тегами и повторяющимися), так что префиксная сумма идеально подходит для вычисления смещений. Далее в описании работы будет считаться, что обработанные узлы более не рассматриваются.

В данной работе для лучшей точности распределение элементов перед этапом сортировки высчитываются ограничивающие объемы для элементов

каждого из поддеревьев из ограничивающего объема всех входных данных, а после для каждого элемента в отдельный массив записывается измерение (ось) с самой большой шириной полученного объема. Для нулевого шага ось разбиения выбирается на основе ограничивающего объема всего массива.

После предварительной подготовки, проводимой на каждом уровне, необходимо приступить к выполнению двух главных шагов обработки уровня дерева:

1. Сортировка элементов массива входных данных по заранее выбранному измерению отдельно для каждого поддерева (сегмента элементов с одним и тем же тегом).
2. Выбор медианы в каждом поддереве, назначение ее корневым узлом соответствующего поддерева.

Для сортировки элементов был выбран алгоритм поразрядной сортировки (radix sort) с использованием алгоритма префиксной суммы, т. к. он требует относительно малое количество дополнительной памяти и имеет высокую скорость выполнения. Общая идея описана в работе [4]. Авторы предлагают два варианта функции вычисления префиксной суммы: одна – для обработки фиксированного числа элементов (в два раза больше, чем потоков в блоке), вторая – для обработки массива произвольного размера (не более количества элементов прошлой функции). Если количество входных данных слишком велико, стандартный подход подразумевает последовательный запуск и объединение результатов работы той или иной функции для его разных частей.

В данной работе, используется функция-надстройка, которая вызывает одну из ранее упомянутых функций в зависимости от ситуации и обрабатывает различные случаи в зависимости от длины входных данных. Чтобы избежать недостатков оригинального алгоритма, используется механизм синхронизации сетки, что позволяет обработать массив любой длины за один вызов ядра, без последующего шага объединения разрозненных данных.

Чтобы не перемещать многомерные данные множество раз, сортируются их индексы. Т. к. одновременно многомерные точки сортируются только по одному измерению, то фактически выполняется сортировка массива по числам типа float. Поразрядная сортировка подразумевает сортировку по битам числа от младшего к старшему. Соответственно, следующие шаги алгоритма поразрядной сортировки выполняются 32 раза (количество бит в типе float):

1. Преобразовать координаты по вычисленному ранее измерению в тип `uint32_t`, инвертировать все биты, если число отрицательное, и инвертировать старший бит, если число положительное. Для преобразования типа существует встроенная функция `__float_as_uint`.
2. Записать рассматриваемый на данной итерации бит в массив, предварительно инвертировав его. Это массив, который необходимо обработать алгоритму префиксной суммы.

3. Выполнить алгоритм префиксной суммы.
4. Вычислить смещение каждого из элементов внутри текущего сегмента (последовательности элементов с одним и тем же тегом), вычитая вклад предыдущих сегментов. Для корректного вычисления смещений требуется найти индексы начала и конца этих сегментов. Их легко вычислить по индексу текущего элемента, текущему уровню глубины дерева и общему количеству элементов.
5. Записать смещенные индексы в дополнительный массив индексов, чтобы избежать конфликта одновременного чтения-записи.
6. Поменять указатели массивов индексов. Из-за четного числа шагов алгоритма, результат будет храниться по адресу оригинального, не дополнительного массива.

В рамках данной работы предложена реализация алгоритма построения сбалансированного слева k -мерного дерева за $O(n \log_2 n)$, которая требует дополнительную память в размере $n * 18$ байт, где n – длина массива входных данных. Для сравнения массив фотонов, по координатам которого проводится распределение самих фотонов по дереву, занимает $n * 36$ байт, что в два раза больше требуемой алгоритмом временной памяти. Благодаря механизму синхронизации сетки, реализация не требует дополнительных шагов постобработки после каждого вызова функции сортировки. Получаемая после выполнения алгоритма структура легко расширяема на произвольную размерность и тип данных и может быть использована как на GPU, так и на CPU для ускорения поиска ближайших соседей в трехмерном пространстве.

Литература

1. Вавилкин М. А. Использование метода фотонных карт для создания текстуры каустик // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития [Электронный ресурс]: Материалы XXXI научной конференции (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 18–20 апреля 2024 г.) – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2024, с. 101–102.
2. Вавилкин М. А., Демяненко Я. М. Разработка унифицированного трассировщика лучей: адаптация кода для CPU и GPU // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития [Электронный ресурс] : Материалы XXXII научной конференции (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 17–19 апреля 2025 г.) – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2025, с. 85–87.
3. Nguyen H. GPU Gems 3. – Boston: Addison-Wesley Professional, 2007. – 942 с.
4. Wald Ingo. GPU-friendly, Parallel, and (Almost-)In-Place Construction of Left-Balanced k -d Trees [Электронный ресурс] URL: <https://arxiv.org/abs/2211.00120>.

ФОТОРЕАЛИСТИЧНЫЙ РЕНДЕРИНГ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЛАКОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Деркунский Е. А., Демяненко Я. М.

ФГАОУ ВО Южный федеральный университет,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону

E-mail: derkunskii@sfedu.ru, demyana@sfedu.ru

Одним из важнейших элементов фотореалистичного изображения окружающей среды является моделирование атмосферных явлений и, в частности, облаков. Облака обладают сложной пространственной структурой и динамикой, обусловленной целым комплексом различных физических процессов. В соответствии с этим реалистичный рендеринг облаков связан с целым набором ресурсоемких задач в случае их точного физического воспроизведения. Поэтому в случае рендеринга в реальном времени, как, например, в компьютерных играх, разрабатываются алгоритмы, обеспечивающие баланс между качеством изображения и производительностью, упрощающие и обобщающие физические расчеты.

В рамках данной работы рассматривается система визуализации объемных облаков в реальном времени. Целью является создание алгоритма рендеринга облаков в реальном времени, обеспечивающего фотореалистичное изображение при частоте кадров, достаточной для интерактивного взаимодействия. Основой решения является использование экранного шейдера вычислений (compute shader) в совокупности с Ray Marching и 3D/2D текстур для сканирования неба. В качестве платформы используется Unity с рендер-пайплайном High Definition Render Pipeline (HDRP), а также язык шейдеров High-Level Shader Language (HLSL).

В данном проекте облачный слой представляется в виде трехмерного объемного поля плотности. Каждой точке небесного пространства соответствует некоторое значение плотности от 0 до 1, которое влияет на интенсивность рассеяния света. Эти значения генерируются с помощью нескольких типов шумов. Для создания общей структуры облаков используется сочетание шумов Перлин-Ворли и Ворли с разными параметрами. А для создания деталей, характерных разрывов и неоднородностей внутри облачной массы используются Ворли вместе с вихревым шумом (curl noise).

Суммарно используются 11 шумов, хранящихся в 3 текстурах: 2 трехмерных текстуры с 4 и 3 каналами соответственно, а также одной двумерной текстурой с 3 каналами. Такой подход позволяет эффективно просматривать значения в любой точке пространства. Также с таким подходом возможно изменять параметры шумов и соответственно свойства облачных массивов.

Рендеринг облаков осуществляется внутри шейдера вычислений, который записывает результаты в промежуточную текстуру рендера (Render Texture), имеющую разрешение, соответствующее разрешению экрана. Затем, с помощью пользовательского рендер-прохода (Custom Render Pass) содержимое этой текстуры выводится на экран и комбинируется с уже отрисованной сценой.

Внутри шейдера вычислений производится поиск облаков и вычисление их освещения. Для поиска используется метод Ray Marching, в котором для каждого пикселя изображения из камеры в направлении сцены выпускается сканирующий луч, рассчитываемый с помощью обратных матричных преобразований из экранного пространства в мировое. Этот луч последовательно проходит через небесное пространство и на каждом шаге считывает значение плотности из первой текстуры, отвечающей за общую структуру облаков. В случае ненулевого результата шаг луча становится меньше, а для вычисления плотности используются все 3 текстуры, чтобы получить точную форму облаков. Вклад каждой точки вдоль луча суммируется, а итоговое значение позволяет получить представление о яркости и прозрачности облака в данном пикселе.

Также в каждой точке с ненулевой плотностью просчитывается освещение с учетом ослабления света. Оно определяется законом Бера:

$$T = e^{-t}$$

Однако для создания эффекта с темными краями в облаках (так называемый эффект «сахарной пудры») эта функция модифицируется. А именно, она умножается на следующую функцию:

$$E = 1.0 - e^{-d*2}$$

Кроме того, в освещении используется модель однократного рассеяния (single scattering). В каждой точке выборки дополнительно оценивается интенсивность света, приходящего от солнечного света – основного источника освещения сцены. Для этого из точек выборки внутри облака выполняется дополнительная трассировка луча в направлении источника света. Вдоль этого луча также просматриваются значения плотности, что позволяет вычислить коэффициент пропускания света от источника до рассматриваемой точки. Таким образом формируются затенения облака собственными объемными структурами. Если на пути к источнику находится области высокой плотности, интенсивность света значительно уменьшается, формируя характерные внутренние тени.

Дополнительно при расчете освещения учитывается зависимость рассеяния от угла между направлением падающего света и направлением наблюдения. Для этого используется фазовая функция Хенли-Гринштейна, которая широко применяется для моделирования рассеяния света в атмосферных средах. Она имеет вид:

$$HG(g, \theta) = \frac{1}{4\pi} \frac{1 - g^2}{(1 + g^2 - 2g \cos \theta)^{3/2}}$$

где θ угол между направлением света и направлением наблюдения, а параметр g определяет степень анизотропии рассеяния.

Использование данной функции позволяет корректно воспроизводить эффект яркого свечения облаков в направлении солнечного света и более мягкое освещение в других направлениях.

Все приведенные выше методы также требуют некоторой оптимизации для достижения необходимых результатов производительности при работе в реальном времени. Для этого применяется сразу ряд техник. Самыми важными являются две.

1. Первой является динамическое ограниченное количество шагов Ray Marching, которое зависит от угла сканирующего луча и от встречаемых значений плотности. Также в случае, если плотность достигнет максимального значения, то есть 1, срабатывает ранний выход, так как дальнейшие вычисления уже не будут играть никакой роли в итоговом цвете пикселя.
2. Второй важной оптимизацией является разделение обработки всех пикселей на несколько кадров. Это возможно вследствие достаточно медленного изменения состояния облаков. Весь экран делится на блоки пикселей 4x4 и в течение одного кадра обновляется только один пиксель в каждом блоке. Это позволяет значительно увеличить обрабатываемое количество кадров в секунду.

Таким образом в работе предложен и реализован алгоритм рендеринга фотореалистичных облаков в реальном времени на основе Ray Marching. Использование данного алгоритма позволило достичь высокого качества визуализации с реалистичным формированием облачных масс и их корректным взаимодействием со светом при интерактивной производительности. Данный подход может быть применен в игровых проектах и симуляторах, где требуется реалистичное воспроизведение атмосферных явлений.

Литература

1. Schneider A. The real-time volumetric clouds of Horizon: Zero Dawn // ACM SIGGRAPH Advances in Real-Time Rendering, 2015.
2. Shneider A. Nubis: Authoring Real-Time Volumetric Cloudscapes with the Decima Engine // ACM SIGGRAPH Advances in Real-Time Rendering, 2017.
3. Bauer F. Creating the Atmospheric World of Red Dead Redemption 2. A complete and Integrated Solution // ACM SIGGRAPH Advances in Real-Time Rendering, 2019.
4. Документация Unity High Definition Render Pipeline [Электронный ресурс] URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.render-pipelines.high-definition@17.5/manual/index.html>.
5. Шум Ворли [Электронный ресурс] URL: <https://thebookofshaders.com/12/>.

ИНТЕРАКТИВНОЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ И ОЦЕНКИ ИГРЫ НА ПИАНИНО С ОТЧЁТАМИ СЕССИЙ И УМНОЙ ПРАКТИКОЙ

Доц Е. А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: dots@sfedu.ru

Рост популярности онлайн-обучения музыке повышает спрос на цифровые инструменты, способные автоматически анализировать исполнение и давать понятную обратную связь. На практике такие решения должны работать в двух сценариях: при подключении цифрового пианино по MIDI и при игре на акустическом инструменте с записью на микрофон. Помимо качества распознавания, ключевым фактором становится удобство приложения как продукта: наглядные отчёты, визуализация ошибок на piano-roll и клавиатуре, режим тренировки проблемных мест и поддержка живого режима.

В работе представлено веб-приложение, реализующее полный цикл «загрузка/запись – распознавание – сравнение с эталоном – отчёт – рекомендации для практики». Архитектура построена как full-stack система: фронтенд на React/Next.js обеспечивает пользовательские режимы и визуализации, а бэкенд (FastAPI) выполняет распознавание аудио, обработку событий и вычисление метрик. Центральной сущностью обмена между компонентами является единый формат NoteEvent (onset, offset, pitch, velocity), позволяющий унифицировать анализ для MIDI и аудио.

Приложение поддерживает два основных режима:

- Live MIDI – при подключении цифрового пианино фиксируются события note_on/note_off, ноты подсвечиваются на виртуальной клавиатуре, формируется «сырое» исполнение с высокой точностью.
- Audio/Mic – запись с микрофона или загрузка mp3/wav, последующая нейросетевая транскрипция (AMT) и преобразование вероятностных матриц onset/frame в список нотных событий с постобработкой (склейка дребезга, фильтрация кратких событий, нормализация длительностей).

Для сравнения исполнения с эталоном реализован модуль оценки, который автоматически ищет глобальный временной сдвиг между эталонным MIDI и исполнением, затем выполняет сопоставление нот по высоте и времени атаки в пределах заданной толерантности. В отчёте сессии вычисляются Precision/Recall/F1, количество лишних и пропущенных нот, а также

статистика временной ошибки. Результаты отображаются пользователю в виде отчета сессии:

- наложение piano-roll «expected vs performed»;
- список ошибок (missed/extra/late/early) с привязкой ко времени;
- тепловая карта проблемных мест по таймлайну, позволяющая быстро найти участки для тренировки.

На основе тепловой карты реализован режим умной практики: приложение автоматически предлагает зацикливание проблемного отрезка (loop), постепенное ускорение темпа (tempo ramp) и тренировку по рукам (разделение по диапазонам клавиатуры). Для сценариев «занятия в реальном времени» предусмотрен режим Mic Live в браузере: AudioWorklet выполняет детектирование текущей высоты (pitch detect) и отображает на экран «какую ноту сыграли сейчас» в виде живого HUD и подсветки на клавиатуре.

Практическая часть разработки включала:

- проектирование продуктовой структуры интерфейса (режимы Practice/Lab/Session Report);
- реализацию загрузки аудио и MIDI в Lab с получением отчёта сравнения;
- создание визуальных компонентов (клавиатура на весь диапазон, piano-roll, графики метрик);
- интеграцию бэкенда распознавания и оценивания, автоматизацию тестов и бенчмарков.

Результатом работы является полнофункциональное веб-приложение, готовое к демонстрации и дальнейшему развитию (добавление профилей пользователей, персональных планов практики, облачного хранения сессий). Эксперименты на тестовых примерах показывают устойчивую работу системы и удобство представления результатов для учебного процесса.

Литература

1. Benetos, E., Dixon, S., Duan, Z., Ewert, S. Automatic Music Transcription: An Overview. IEEE Signal Processing Magazine.
2. Hawthorne, C. et al. Onsets and Frames: Dual-Objective Piano Transcription. Cornell University.

РЕАЛИЗАЦИЯ РАЗРЕЗАНИЯ 3D ОБЪЕКТОВ С АДАПТИВНОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ МАТЕРИАЛОВ

Зиннатуллин К. С.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: kzinnatullin@sfedu.ru*

В современной компьютерной графике и симуляционных системах часто возникает необходимость не просто отображать внешний вид трехмерных моделей, но и моделировать их внутреннюю структуру. Одной из интересных задач в этой области является реализация интерактивного разрезания объектов. Данная механика находит применение в образовательных симуляторах, игровых системах и инструментах визуализации. Ключевой сложностью при реализации данного механизма является не только корректное изменение геометрии сетки, но и сохранение реалистичности визуального образа на вновь образованных поверхностях.

В рамках данной работы реализована система динамического разрезания 3D-объектов, дополненная механизмом адаптивной генерации материалов для поверхности среза. Основная цель исследования заключалась в создании алгоритма, позволяющего автоматически формировать визуальный стиль внутренней структуры объекта без использования заранее заготовленных текстурных карт.

Процесс реализации разделен на два логических этапа. Первый этап посвящен геометрическим вычислениям: осуществляется пересечение полигональной сетки плоскостью разреза, генерация новых вершин и полигонов для закрытия образовавшейся полости. Второй этап фокусируется на рендеринге: для новой геометрии применяется процедурный материал, параметры которого адаптируются в зависимости от ориентации поверхности среза в пространстве.

Для текстурирования вновь образованных поверхностей применяется метод трипланарного проецирования в сочетании с процедурным шумом. В отличие от стандартной UV-развертки, координаты текстурирования вычисляются на основе локальных координат вершин, что исключает эффект растягивания и не требует предварительной параметризации геометрии. Использование математических функций шума позволяет имитировать однородную внутреннюю структуру материала (например, волокна или зернистость) и обеспечивает визуальную целостность среза при любой ориентации плоскости разреза.

Литература

1. Minetto, R., Gomes, J., Lopes, H. An optimal algorithm for 3D triangle mesh slicing // Computer-Aided Design. 2017. Vol. 92. P. 1–10.
2. Unity Technologies. Triplanar Node – Shader Graph Documentation [Электронный ресурс] URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.shadergraph@14.0/manual/Triplanar-Node.html>.
3. PatientZero. Нечёткий мир шума Перлина [Электронный ресурс] // Хабр. 2019. 28 февраля. URL: <https://habr.com/ru/articles/441312/>.
4. Dong, J., Liu, J., Xu, Y. Survey of Procedural Methods for Two-Dimensional Textures // Sensors. 2020. Vol. 20. Issue 4. Article 1135. <https://doi.org/10.3390/s20041135>.

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ШАХМАТНЫХ ПОЗИЦИЙ

Калинин А. А., Абрамян А. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону*

E-mail: kalsash@yandex.ru, avabramyan@sfedu.ru

Автоматизация процессов, связанных с обработкой визуальной информации, является одной из ключевых задач современного искусственного интеллекта. В контексте шахмат автоматическое распознавание позиций на доске позволяет значительно ускорить анализ партий, обучение и организацию турниров. Шахматисты часто сталкиваются с ситуацией, когда нужно перенести партию из бумажного формата в цифровой: для анализа, публикации, обучения. Этот процесс требует времени и внимания. Ошибки при переносе позиций могут повлиять на анализ партии или обучающий процесс. Автоматизация этого этапа может значительно сэкономить время, а также открыть новые возможности, например, быструю оцифровку партий с турниров.

В данной статье рассматриваются основные этапы разработки мобильного приложения для автоматического распознавания шахматных фигур на фотографии шахматной доски, а также извлечения шахматных партий из видео.

Первым и фундаментальным этапом в процессе автоматического распознавания шахматной доски является тщательная подготовка исходного изображения. Этот процесс начинается с момента, когда пользователь загружает фотографию через мобильное приложение, и требует особого внимания к деталям.

Главная задача начальной стадии обработки – точное обнаружение границ шахматной доски на полученном изображении.

Хорошим вариантом детекции объектов на изображении является YOLO [1]. Эта архитектура свёрточных нейронных сетей была выбрана благодаря её оптимальному сочетанию скорости и точности, что особенно важно для потенциальных реальных приложений, таких как обработка видеопотока с камеры или мобильное приложение. YOLO [1] работает по принципу единого прохода через изображение, одновременно предсказывая ограничивающие рамки и классы объектов. Это делает его значительно быстрее классических детекторов, использующих скользящие окна или регионы интереса. По завершении обучения лучшая версия модели сохраняется, после чего её можно использовать для детекции шахматных досок на новых изображениях.

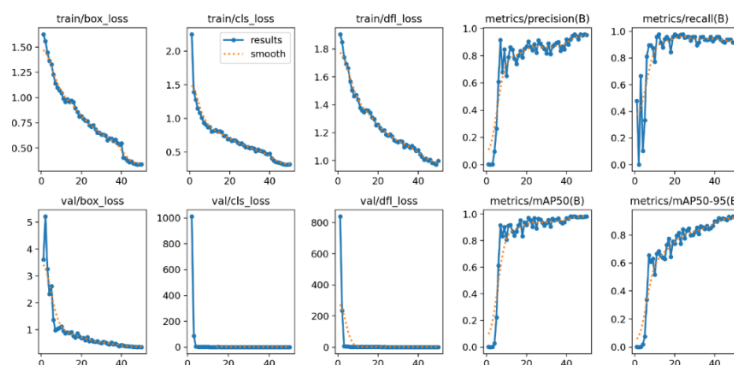


Рис. 1. Модель для детекции шахматных досок

После того как шахматная доска была обнаружена с помощью YOLO, необходимо разделить её на 64 клетки для дальнейшего распознавания фигур. Благодаря тому, что YOLO возвращает координаты ограничивающей рамки доски, становится возможным применить геометрический подход: высота и ширина обнаруженной области делятся на восемь равных частей, что позволяет вычислить координаты каждого квадрата и извлечь 64 отдельных изображения.

Последующая обработка осуществляется посредством второй модели, построенной на базе сверточных нейронных сетей (CNN) и реализованной с использованием фреймворка TensorFlow. Эта модель обучена классифицировать шахматные фигуры на отдельных клетках. В современных исследованиях прослеживается чёткий тренд в сторону использования глубокого обучения как наиболее универсального и перспективного направления. Сверточные нейронные сети [2], обученные на больших датасетах, демонстрируют устойчивость к искажениям, изменению освещения и ракурса, что делает их предпочтительным выбором для разработки новых систем компьютерного зрения в шахматах.

Разработка архитектуры нейронной сети является ключевым этапом в создании эффективной модели для распознавания изображений. В данном проекте используется последовательная модель, состоящая из нескольких типов слоев, каждый из которых выполняет специфическую функцию в процессе извлечения и обработки признаков.

После загрузки сырых данных необходимо выполнить их предварительную обработку, чтобы подготовить к подаче в нейронную сеть. Приведение всех изображений к одному размеру критически важно для работы сверточных слоев нейронной сети. Для улучшения сходимости обучения проводится нормализация, которая улучшает стабильность работы оптимизатора. Для объективной оценки качества модели необходимо разделить данные на две независимые части, где 80% данных используется для обучения модели, а 20% данных резервируется для тестирования. Соотношение 80/20 обеспечивает достаточный объем данных как для обучения, так и для валидации.

Кроме того, необходимо подобрать конфигурацию и параметры обучения для модели распознавания.

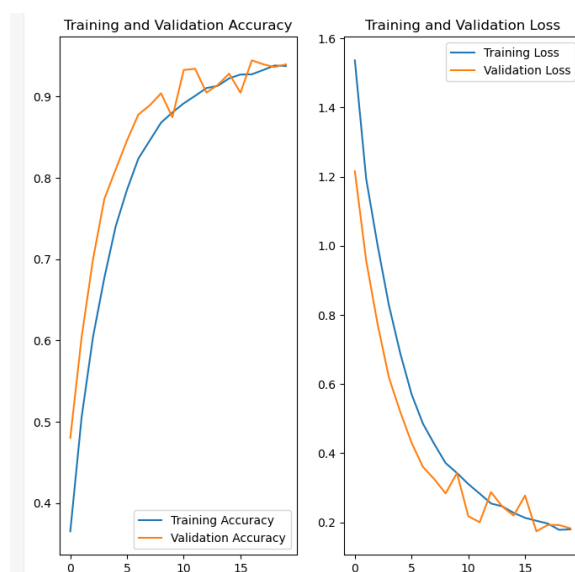


Рис. 2. Графики потерь (loss) и точности (accuracy) при обучении модели классификации фигур

Следующим этапом является создание мобильного приложения. Для реализации приложения был выбран язык Kotlin и фреймворк Jetpack Compose [3], так как они позволяют создавать современные, производительные и удобные интерфейсы с минимальным количеством кода. Compose [3], будучи декларативным, упрощает разработку пользовательского интерфейса и обеспечивает реактивное обновление экранов при изменении данных. Полученные модели необходимо преобразовать к формату tflite для внедрения в мобильное приложение.

Архитектура MVVM [4] была выбрана для обеспечения модульности, удобства тестирования и поддержки кода. Каждый компонент выполняет строго определенную роль, что минимизирует связанность и упрощает масштабирование приложения.

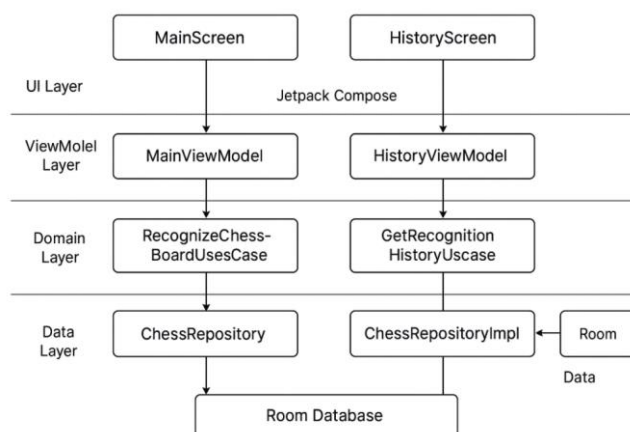


Рис. 3. MVVM-Архитектура мобильного приложения

Разработанное мобильное приложение предоставляет удобный и современный способ распознавания шахматных фигур на изображении, объединяя в себе передовые методы глубокого обучения и интуитивно понятный интерфейс.

Модель детекции YOLO показала стабильные результаты: точность обнаружения доски достигла 99% (mAP50). Модель классификации на базе TensorFlow также продемонстрировала устойчивую сходимость: точность распознавания фигур на валидационной выборке составила 92%, а значение функции потерь стабилизировалось.

Приложение было протестировано на наборе из 50 фотографий. В 98% случаев доска была успешно обнаружена, а итоговая точность распознавания шахматных позиций составила 89%.

Литература

1. Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection [Электронный ресурс] URL: <https://arxiv.org/abs/1506.02640>.
2. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. E. Разработка сверточных сетей для классификации изображений // Advances in Neural Information Processing Systems. 2012.
3. Jetpack Compose 1.5 Essentials. [Электронный ресурс] URL: <https://developer.android.com/compose>.
4. Model-View-ViewModel (MVVM) [Электронный ресурс] URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/architecture/maui/mvvm>
5. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Глубокое обучение с остаточными связями // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2016.
6. Bishop C. M. Распознавание образов и машинное обучение. Springer, 2006.

РАЗРАБОТКА ДОПОЛНЕНИЯ BLENDER ДЛЯ ЦИФРОВЫХ ХУДОЖНИКОВ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЗИРОВАНИЯ 3D-ПЕРСОНАЖЕЙ ПО 2D ИЗОБРАЖЕНИЮ

Колесникова Е. А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: ekole@sfedu.ru

Определение 3D-позы человека по фото – ключевая задача компьютерного зрения и ИИ, которая набирает популярность в цифровую эпоху. Точное восстановление положения и ориентации тела в пространстве из обычного изображения открывает огромные возможности для множества отраслей, включая 3D-анимацию. Автоматическое извлечение позы из фото, взятых в качестве референса, ускорит пайплайн художников, минимизируя ручной риггинг и позинг моделей.

Add-on (дополнение) в Blender – это скрипт на Python, расширяющий функциональность программы. Устанавливаемый плагин интегрируется в интерфейс Blender, добавляя новые панели, кнопки и инструменты, доступные непосредственно из меню программы. Основное назначение разработанного дополнения Blender – предоставление функционала для автоматического позирования модели по фото-референсу. Предложенный авторами add-on переносит позу человека с 2D-фотографии на 3D модель, используя оптимизированный под эту задачу скелет (стандартный скелет Blender + модификации).

Add-on реализует простой UI (рис. 1), где художник:

1. загружает предоставленную add-on модель со скелетом на сцену
2. выбирает фотографию-референс с диска
3. нажимает кнопку «Применить позу»

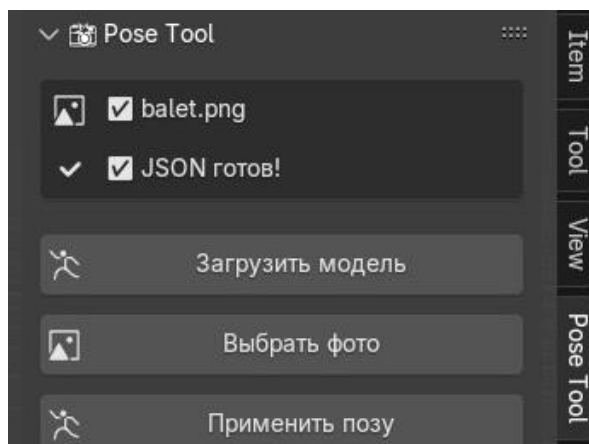


Рис. 1. UI в Add-on

Add-on работает следующим образом.

1. Add-on предоставляет модель с модифицированным скелетом.
2. Add-on получает на вход фотографию, отправляет на сервер.
3. Сервер, реализованный на FastAPI (современный Python-фреймворк для создания высокопроизводительных веб-API), использует MediaPipe [1] (библиотеку Google AI Edge для задач компьютерного зрения, которая определяет 33 ключевые точки позы на изображении) для получения координат ключевых точек (рис. 2), которые возвращает в виде файла JSON обратно клиенту.

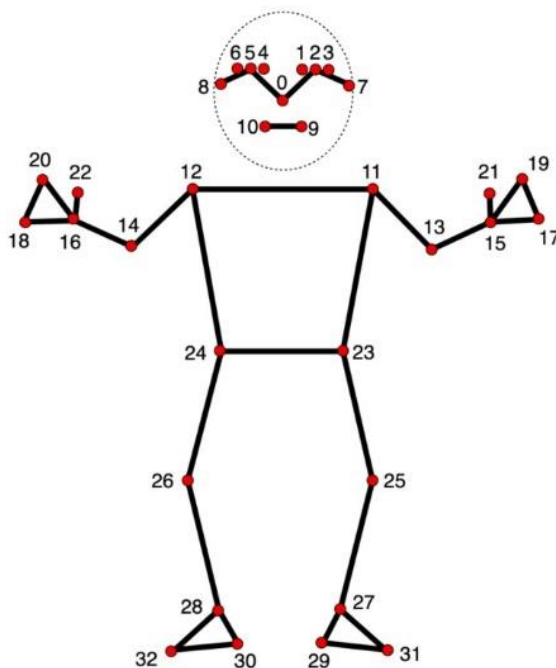


Рис. 2. Ключевые точки, находимые библиотекой MediaPipe

4. Add-on использует Blender Python API [2] (программный интерфейс для доступа к данным и объектам Blender) для взаимодействия с риггом (скелетом) модели и применяет найденную позу.

Серверная часть реализует POST запрос `/process_pose`, принимающий фотографию, использует модель MediaPipe Pose Landmarker из библиотеки готовых моделей Google AI Edge (модель, обученная на миллионах изображений для детекции 33 ключевых точек тела в 3D-координатах), находит ключевые точки и возвращает их координаты (рис. 3)

Модель использует модифицированный скелет человека из Blender (стандартный с применением модификаций для решаемой задачи) – добавлены ограничения на поворот костей и родительские кости для костей бедер, ступней и ключиц, это необходимо для корректного распознавания родительской матрицы поворачиваемой кости.

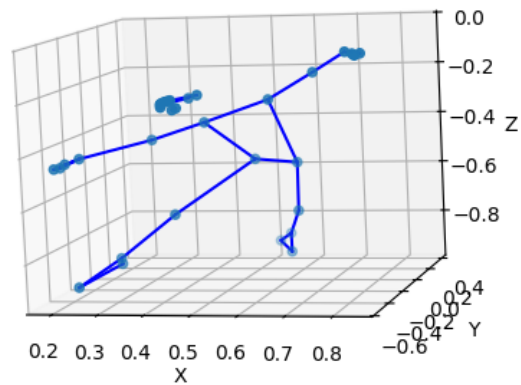


Рис. 3. Результат обработки фото на сервере

После получения координат ключевых точек add-on выполняет алгоритм поворота костей в целевом направлении. Для этого находятся начало и конец каждой движущейся кости согласно схеме ключевых точек. Сопоставляется название кости в скелете к паре чисел – индексам начала и конца кости согласно перечню ключевых точек из официальной документации MediaPipe. Например, 'upperarm_R': (12, 14), 'upperarm_L': (11, 13). Далее алгоритм обрабатывает кости по очереди (в порядке иерархии скелета – сначала обрабатываются родительские кости, потом те, которые из них выделены):

1. Находится целевой вектор направления кости от начальной точки к конечной в глобальной системе координат Blender (X=право, Y=вперёд, Z=вверх), вектор нормализуется.
Пример: 'thigh_R' (24, 26) даёт вектор (0.1, -0.95, -0.32) – бедро согнуто вперёд-вниз на $\sim 72^\circ$.
2. Целевой вектор выражается в координатах родительской кости для обрабатываемой, получается целевой вектор, но уже в локальной системе координат. Ключевая идея – найти целевое направление, выраженное относительно уже повернутой родительской кости.
3. Кость выравнивается с полученным вектором в локальной системе координат. Для этого вычисляется минимальный кватернион, поворачивающий стандартную Y-ось (0,1,0) к целевому вектору в локальной системе. Назначение `pose_bone.rotation_quaternion` происходит в POSE mode Blender. Автоматическое переключение `rotation_mode = 'QUATERNION'` исключает проблемы Эйлеровских углов.

Все повороты ограничены диапазонами поворотов суставов, исключая нереалистичные деформации.

Обработка костей строго сверху вниз по иерархии скелета гарантирует физическую реалистичность конечной позы. Алгоритм начинается с корневой кости таза (pelvis), которая первой получает поворот по мировым

координатам – определяя общую ориентацию тела относительно камеры. Дочерние кости (spine01-02, clavicle_R/L) вычисляют свои повороты относительно уже установленной ориентации родителя, а не мировых координат. Бедра (thigh_R/L) поворачиваются относительно таза, голени (calf_R/L) – относительно бедер, стопы – относительно голеней.

В конце работы алгоритма на сцене находится модель, принявшая позу человека с фотографии (рис. 4).



Рис. 4. Результат работы add-on

Разработанный add-on представляет собой полноценный инструмент для цифровых 3D-художников, который позволяет переносить позу человека с обычной 2D-фотографии-референса непосредственно на скелет 3D-модели. Add-on отличается простотой использования и имеет крайне низкий порог входа: достаточно выбрать фотографию и нажать одну кнопку – процесс полностью автоматизирован.

Архитектура системы обладает высокой гибкостью и масштабируемостью, что открывает перспективы дальнейшего развития: сервер может быть адаптирован для обработки видеоматериалов с заданием количества ключевых кадров, после чего add-on автоматически создаст полную анимацию на основе последовательности возвращенных поз.

Литература

1. Pose landmark detection guide // Google AI Edge: [сайт]. – 2025. – URL: https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/vision/pose_landmarker (дата обращения: 11.03.2026).
2. Blender 5.0 Python API Documentation // Blender Projects: [сайт]. – 2026. – URL: docs.blender.org (дата обращения: 11.03.2026).

РАЗРАБОТКА МНОГОЭТАПНОЙ ПЕКАРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ НА UNITY

Котосонова А. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича*

E-mail: akotosonova@sfedu.ru

Создание видеоигры в жанре симулятора пекарни – это сложный процесс, требующий баланса между реалистичностью приготовления и увлекательностью игрового процесса. Многоэтапная пекарная система для игры является частным случаем реализации крафтовой механики, где игрок проходит через последовательные этапы, ведущие к готовому продукту.

В данной работе рассматривается процесс дизайна и разработки многоэтапной пекарной системы, интегрированной в общее игровое пространство. Основной идеей является разделение выпечки на три категории: хлеба, сладости и мелкая выпечка. Они отличаются набором ингредиентов, а также каждая категория имеет свои уникальные этапы приготовления. Мелкая выпечка основана на трёх основных – замес теста, формовка и выпекание. У хлеба добавляется этап расстойки. А для сладостей дополнительно требуется смешать крем и соединить его с готовыми коржами. В работе было уделено внимание проектированию систем инвентаря, рецептов и производственных станций, а также их взаимодействию с игроком через интерфейс.

Особенности каждого этапа:

1. Замес и приготовление крема

Эти этапы требуют выбора ингредиентов из инвентаря и их смешения. Для последнего игрок должен водить мышкой по кругу, имитируя процесс замеса.

2. Формовка

Игрок должен выбрать, как именно сформировать продукт данной категории с помощью выпадающего меню.

3. Выпечка и расстойка

Эти этапы основаны на временной шкале, которая будет показывать степень готовности. Игрок сам контролирует, когда нужно закончить данный этап и перейти к следующему. Преждевременное или слишком позднее окончание этих этапов будет влиять на качество готового продукта.

Данные механики интегрированы в единую систему, где игроку предстоит управлять запасами ресурсов, планировать производственные цепочки и открывать новые рецепты.

Игра выполнена в изометрической перспективе, что позволяет создать эффект объемного пространства при использовании 2D-спрайтов. Реализация разработанных решений представлена в виде проекта на языке C# на платформе Unity 2D.

РАЗРАБОТКА ДИАЛОГОВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ С МЕХАНИКОЙ ТОРГА

Макеев Т. А.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: makeev@sfedu.ru*

В разработке игр, сочетающих нарративные и экономические механики, ключевой задачей является проектирование гибкой архитектуры взаимодействия диалоговых и торговых систем. Такой подход обеспечивает согласованность компонентов и масштабируемость контента без нарушения целостности системы. Поэтому необходимо определить универсальные интерфейсы взаимодействия между данными подсистемами.

В этой работе был произведен анализ проектирования структуры взаимодействия диалоговой системы с торговыми механиками на основе интеграции нарратива и экономики, а также использования JSON-модели данных для хранения контента. Разработанная игра относится к жанру RPG с элементами экономического симулятора и включает в себя следующие ключевые механики: ветвящаяся диалоговая система с вариантами выбора, система репутации и отношений с персонажами, динамическое ценообразование на товары и система торговли. Перечисленные игровые системы взаимодействуют друг с другом на основе единой модели диалоговых данных и используют общие механизмы влияния нарративных выборов на экономические параметры. Также в работе представлен анализ существующих реализаций подобных систем в коммерческих проектах, что позволило выявить оптимальные паттерны проектирования и избежать типичных архитектурных ошибок.

В данной работе особое внимание уделено точкам связи между механиками, таким как интеграция нарратива и экономики, где каждый диалоговый выбор игрока напрямую влияет на торговые условия: доступные товары, уровень цен, появление эксклюзивных предложений и репутационные требования. Данный подход позволяет создать глубокую причинно-следственную связь между общением с NPC и экономическими последствиями, что значительно повышает иммерсивность игрового процесса.

Также рассмотрена JSON-структура данных, обеспечивающая гибкое хранение диалогов с параметрами, влияющими на торговлю – например, поля, отвечающие за изменение цен, открытие новых товаров или модификаторы репутации при выборе конкретной реплики. Приведен анализ реализации динамической экономики диалога, где отношение персонажей, выраженное через числовые значения в JSON, трансформируется в конкретные торговые условия через систему менеджмента состояний.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ОБУЧЕНИЯ АЛГОРИТМА ALPHAZERO ДЛЯ ИГРЫ CONNECT 4

Попов Л. А.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: lpopov@sfedu.ru*

Представленный в 2017 году алгоритм глубокого обучения с подкреплением AlphaZero показал выдающиеся результаты в играх для двух игроков шахматы, сёги и го. Алгоритму понадобилось 300000 итераций для того, чтобы превзойти шахматный движок Stockfish [1]. Алгоритм изначально разрабатывался для го, однако, как видно по оригинальной статье, легко обобщается для иных игр для двух игроков.

Игра Connect 4 предоставляет игроку до 7 возможных ходов в любой момент времени, при этом максимальная длина партии составляет 42 хода. Таким образом, в игре относительно небольшое (по сравнению с играми решаемыми в оригинальной статье играми) число состояний, в связи с чем игра была полностью решена в пользу первого игрока [2]. Тем не менее, количество возможных состояний в игре достаточно большое, чтобы минимакс с альфа-бета отсечением не был способен полностью её решить в реальном времени.

В рамках AlphaZero модель тренируется на основе игр, сгенерированных в ходе её игры самой с собой. Модель получает на вход позицию игры и на выходе выводит два значения: оценку позиции (поражение, ничья или победа) и вектор вероятностей выбора действия, где наибольшая вероятность соответствует наиболее выигрышное для текущего игрока действие. Данные значения используются для нахождения оптимального хода алгоритмом Monte Carlo Tree Search (далее MCTS) [3]. Полученные в ходе партии позиции, итоговые вероятности ходов (полученные с помощью MCTS) и оценки позиций (назначенные на основе реального результата партии) служат в качестве данных, на которых обучается модель.

MCTS отличается от обычного минимакса тем, что не строит полное дерево ходов из исходного состояния до определённого хода, а вместо этого просчитывает ограниченное количество партий полностью от текущего состояния и до конца игры. Данный алгоритм не находит гарантированно лучший ход, однако при правильной политике выбора хода может достичь лучшего результата, чем минимакс за то же время за счёт меньшего количества просмотренных состояний.

Очевидно, что полученные в ходе игры самой с собой данные не соответствуют идеальной игре. Чтобы модель в процессе обучения выявила

реальные закономерности в игре и стала играть лучше, необходимо большое количество разнообразных партий. Для обеспечения разнообразия партий применяется два метода.

Во-первых, мы можем воспользоваться тем, что MCTS возвращает вероятности ходов, и выбирать не всегда оптимальный ход, а любой ход с назначенной ему вероятностью. Таким образом, если модель не уверена, какой из заданных ходов выбирать в нужной позиции, и назначает нескольким ходам примерно равные вероятности, мы можем за счёт большого количества игр исследовать все варианты. Количество таких вариантов растёт по ходу партии, и, хотя мы заинтересованы в разнообразии вариантов начала партии, в конце игры нам желательно, чтобы модель стабильно выбирала наилучших ход. Поэтому для контроля данного поведения вводится параметр температура τ . В начале τ принимается равным 1, что говорит процессу генерации игр выбирать ходы случайно основываясь на их вероятности. После некоторого количества ходов (мы используем 10) τ устанавливается равным 0, говоря о том, чтобы всегда выбирался наилучший ход.

Во-вторых, мы можем слегка скорректировать вероятности в начальном состоянии MCTS-поиска, добавив к ним распределение Дирихле. Таким образом, мы можем случайно заставить MCTS исследовать, получая разнообразные результаты. При этом, когда мы заинтересованы, чтобы модель показывала наилучший результат (например, во время вычисления её силы против других ботов) мы не будем использовать оба данных метода.

В оригинальной статье использовалось 800 MCTS-поисков на ход для шахмат и 1600 для го. Для connect 4, ввиду простоты игры, мы можем позволить себе меньшее количество поисков. Путём экспериментов мы остановились на числе в 320 поисков, поскольку данное количество позволяет быстро генерировать игры, и в то же время позволяет MCTS достаточно качественно выбрать ход. При этом во время сражения против других ботов мы можем позволить себе больше времени на ход ради большего качества игры, для чего мы можем увеличить количество поисков до 800.

Архитектура нейронной сети была использована стандартная для AlphaZero, с пятью residual layers в связи с простотой игры. Learning rate для стохастического градиентного спуска выбран 0.01. Размер батча для обучения 256 позиций, выбранных случайно из буфера на 400000 позиций. За итерацию производится 10 обновлений градиента. Для обучения проводилось 200 игр за итерацию, данные о которых дублировались за счёт добавления в буфер симметричных позиций.

В рамках эксперимента было проведено 800 итераций. В ходе обучения значение функции потерь, рассчитанной как сумма потерь от значения игры и вероятностей оптимального хода изменялось образом, показанным на рисунке 1.



Рис. 1. График функции потерь

Как мы видим по графику, значение функций потерь в пределах соседних итераций достаточно шумное и подвержено колебаниям. Тем не менее, мы видим общий тренд на снижение, пока в районе 450 итерации не выходит на плато. Значение функции потерь также достаточно большое и соизмеримо с суммой значений измеримых величин (значение игры может быть -1 , 0 , 1 для поражения, ничьи, победы, сумма вектора вероятности равняется 1). Всё это может говорить о том, что обучение с текущим learning rate себя исчерпало, и нам следует его уменьшить. Заметим, что learning rate периодически уменьшался в исходной статье.

Посмотрим теперь как модель ведёт себя против других ботов. Мы ожидаем, что с течением времени качество игры модели будет улучшаться. Для этого проведём турнир, в котором модель будет соревноваться против минимакса с эвристикой с глубиной от 1 до 5 , как первый и как второй игрок (итого 10 партий). Понаблюдаем на то, как ведёт себя количество побед. Если оно стабильно увеличивается, то качество игры модели улучшается, если мы выходим на плато или качество после какого-то момента ухудшилось, то это сигнал о необходимости уменьшить learning rate. Полученный график представлен на рисунке 2.



Рис. 2. График побед над минимаксом

Как мы видим по графику, количество побед нашей модели меняется достаточно нестабильно и периодически падает до нуля. Тем не менее, можно увидеть определённый тренд на улучшение. Продолжится ли он дальше можно показать лишь продолжением эксперимента.

Таким образом, можно сделать вывод, что 800 итераций недостаточно для обучения модели AlphaZero игре Connect 4 с выбранными гиперпараметрами. Вопрос, в какой момент следует понизить learning остаётся открытым, поскольку момент выхода на плато функции потерь не заметен на графике побед над минимаксом. Тем не менее, мы можем увидеть, что качество игры модели всё же несколько улучшилось, так что обучение не прошло даром. Точно ответить на вопрос о необходимости изменения гиперпараметров можно только продолжив эксперимент.

Литература

1. *D. Silver*. Mastering Chess and Shogi by Self-Play with a General Reinforcement Learning Algorithm / D. Silver, Th. Hubert, J. Schrittwieser [и др.] // arXiv preprint arXiv:1712.01815. – 2017.
2. *James D. Allen*. Expert Play in Connect-Four – 1990.
3. *M. Świechowski*, Monte Carlo Tree Search: a review of recent modifications and applications / K. Godlewski, B. Sawick, J. Mańdziuk // Artificial Intelligence Review – 2023. С. 2497–2562.

МОДЕЛЬ ИГРОВЫХ ПРЕДМЕТОВ КАК ТОЧКА ИНТЕГРАЦИИ МЕХАНИК КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ В ЖАНРЕ «ТАЙКУН»

Пригарин О. Ю.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: prigarin@sfedu.ru*

В процессе разработки программных продуктов, и компьютерных игр, в частности, одной из ключевых задач технической реализации является проектирование гибкой, расширяемой и поддерживаемой архитектуры. Качественная архитектура ПО позволяет эффективно вносить как точечные, так и глобальные изменения, а также расширять создаваемый функционал, распараллеливая задачи между разработчиками. Однако для этого требуется корректно определить средства связи между отдельными самостоятельными системами.

В этой работе был произведен анализ проектирования структуры взаимодействия игровых механик на основе базовой модели игрового предмета и использования системы менеджмента этих предметов в различных условиях. Проектируемая игра относится к жанру «тайкун» (экономического симулятора) и включает в себя механики управления хлебопекарной лавкой: система производства товаров (изготовление выпечки из ингредиентов), система менеджмента ингредиентов и система торговли (продажи товаров). В докладе показано структурное описание архитектуры проекта и процессов взаимодействия его главных компонентов друг с другом на основе различных форм единой модели продуктов и ее общими для всех систем механизмами.

Особое внимание уделено точкам связи между механиками, таким как интерфейсы структурных компонентов, а также возможностям горизонтального расширения контента в рамках описываемой архитектуры на примере добавления побочной механики срока годности продуктов, что включает в себя расширение модели продукта и введения дополнительной игровой системы. Также произведен анализ для проектирования системы сеточного пространственного инвентаря для общего способа взаимодействия с предметами через пользовательский интерфейс.

РАЗРАБОТКА ПЛАГИНА ДЛЯ КОНВЕРТАЦИИ ШЕЙДЕРНЫХ ГРАФОВ ИЗ СРЕДЫ BLENDER В ИГРОВУЮ ДВИЖОК UNITY

Селина М. К.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: mselina@sfedu.ru

В ходе разработки современных игровых проектов часто возникает необходимость интеграции в игровые движки ресурсов, созданных в сторонних программах. Одной из таких является Blender – популярный редактор для 3D-моделирования [1]. В рамках данного программного обеспечения пользователь может создавать материалы с помощью встроенного графа с узлами (нодами) (рис. 1), что позволяет достигать необходимых 3D-художникам эффектов без знаний языков компьютерной графики и навыков программирования. Однако материалы, созданные в Blender, часто некорректно отображаются при стандартном экспорте в популярные игровые движки. Одним из таких движков является Unity [2].



Рис. 1. Пример шейдерного графа в программе Blender

Существующие методы переноса материалов можно разделить на три основные категории:

- использование стандартного материала, создающегося при сохранении модели в формат .fbx, однако все еще требующего ручной настройки используемых текстур;
- «запекание», когда 3D-художник с помощью специальных плагинов получает итоговые текстуры, карты нормалей, карты освещения и

прочее, и уже с их помощью в игровом движке собирается итоговый материал [3];

- ручная настройка, когда материал воссоздается средствами Unity ShaderGraph по образу графа Blender, что является очень трудоемкой задачей.

Первые два перечисленных метода при всей своей простоте имеют общий недостаток – невозможность изменения материала внутри игрового движка, а последний сложен в реализации. Разрабатываемый плагин (аддон) для программы Blender автоматизирует процесс конвертации нодового графа в эквивалентный граф для Unity ShaderGraph (рис. 2). Это позволяет избежать сложного процесса переноса узлов одной программы в другую, и при этом сохраняет возможность изменять свойства материала в игровом движке. Аддон для Blender создается на языке Python с использованием встроенного Blender Python API (bpy), формата данных JSON и языка HLSL.

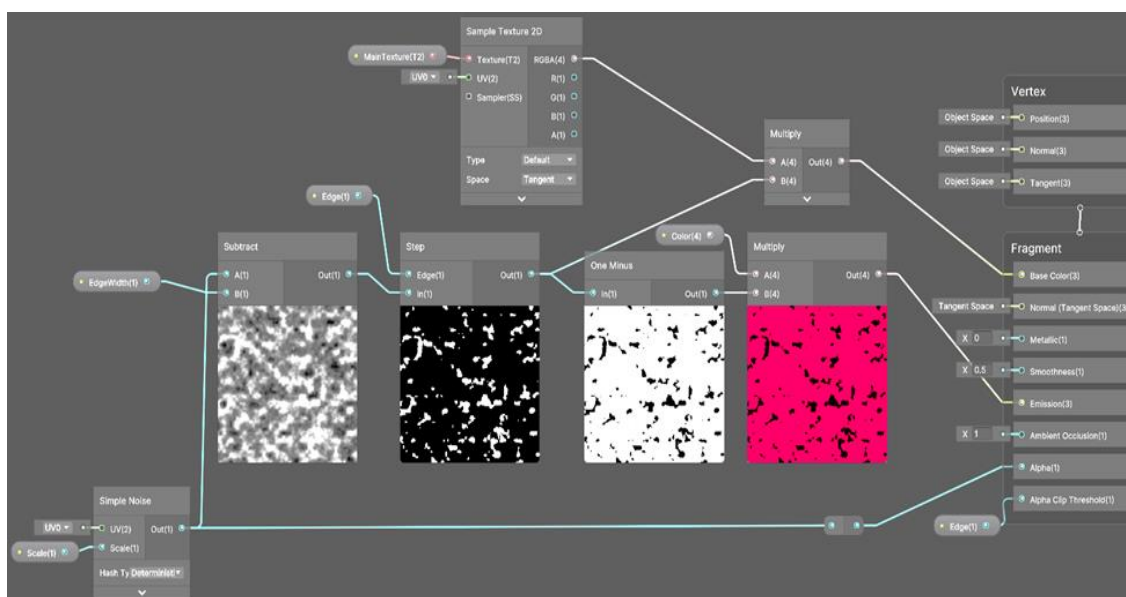


Рис. 2. Пример шейдерного графа в игровом движке Unity

Процесс переноса начинается с рекурсивного обхода шейдерного графа активного материала в Blender. Точкой входа служит выходной узел Material Output, от которого алгоритм движется вглубь по входящим связям, последовательно посещая все задействованные ноды. На каждом шаге выполняется анализ типа узла, его входных и выходных параметров с их названиями, типами данных и значениями. Также анализируется информация о том, как и в каком порядке связаны ноды между собой. В Blender Python API существует встроенный механизм доступа к нодовой структуре, что позволяет программно извлекать все необходимые данные.

На следующем шаге все узлы в полученной модели графа соотносятся с аналогами из базы правил соответствий. В ней содержатся заранее определенные сопоставления между типами нод Blender и соответствующими

узлами Unity ShaderGraph [4] [5]. Например, для стандартных математических операций, таких как сложение и умножение, существует прямой аналог в Unity, что позволяет выполнить прямое сопоставление. Для более сложных процедурных узлов составляется комбинация из нескольких базовых нод или создание отдельной пользовательской функции. На этом же этапе выполняется преобразование координатных пространств. Blender и Unity используют разные системы координат (правосторонняя и левосторонняя соответственно), что может приводить к некорректному отображению нормалей или направлений векторов.

После завершения сопоставления всех узлов и преобразования параметров формируется итоговое представление шейдерного графа в формате JSON, соответствующее структуре файла Unity ShaderGraph. Каждая нода представляется объектом с уникальным строковым идентификатором, типом, координатами позиции на графе, а также списками входных и выходных слотов [6]. Связи между узлами кодируются через ссылки на узлы и слоты, что позволяет системе Unity корректно восстановить граф при импорте. Порядок следования объектов в JSON не имеет значения благодаря двухэтапной десериализации, используемой в игровом движке. Готовый файл сохраняется с расширением .shadergraph, после чего пользователю остается лишь добавить его в проект Unity, где материал автоматически появится в окне ShaderGraph и будет доступен для дальнейшего редактирования и использования. (рис. 3).

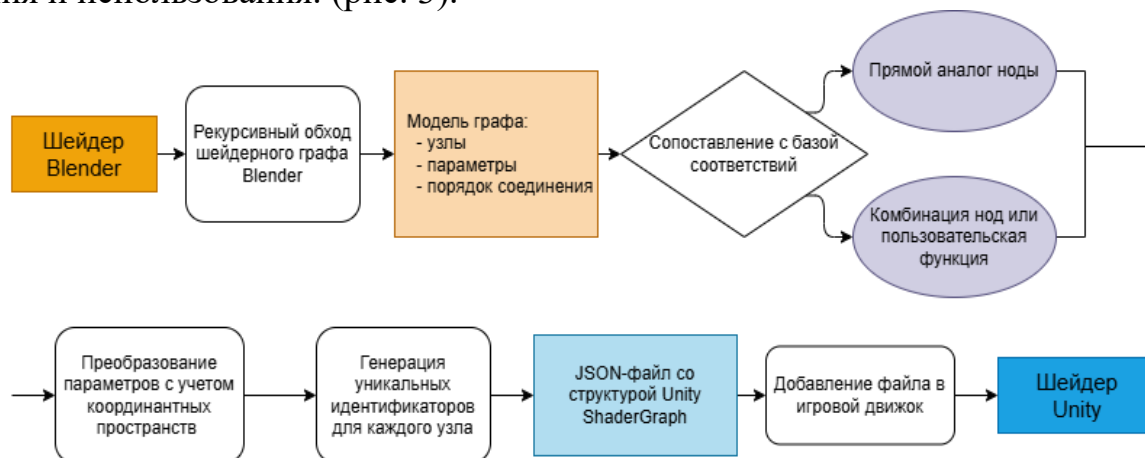


Рис. 3. Диаграмма алгоритма перевода шейдерного графа Blender в шейдерный граф Unity ShaderGraph

Разработанный плагин для Blender представляет собой эффективное решение для автоматизации перевода шейдерных графов в формат Unity ShaderGraph, обеспечивая сохранение структуры узлов, параметров и связей. Это устраняет необходимость ручного воссоздания материалов, минимизирует ошибки, а также позволяет сохранять полную редактируемость в игровом движке. В результате процесс интеграции 3D-ресурсов из Blender в

Unity существенно упрощается, сокращая время разработки и повышая качество визуальных эффектов в игровых проектах.

Литература

1. Документация Blender Python API. – URL: <https://docs.blender.org/api/current/>.
2. Документация Unity Shader Graph. – URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.shadergraph@latest>.
3. Статья о «запекании» текстур в Blender. – URL: <https://sky.pro/wiki/digital-art/prodvinutye-tehniki-v-blender-zapekanie-tekstur/>.
4. Репозиторий с кодом всех шейдерных узлов графа Blender – URL: <https://github.com/blender/blender/tree/main/source/blender/nodes/shader/nodes>.
5. Репозиторий с правилами и структурой JSON-файла ShaderGraph и кодом всех нод. – URL: <https://github.com/Unity-Technologies/Graphics/pull/222/changes#top>.
6. Блог с пояснениями составляющих структуры JSON в ShaderGraph. – URL: https://blog.csdn.net/m0_57836225/article/details/146130946.

ИССЛЕДОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНЫХ ПОДХОДОВ К АВТОМАТИЧЕСКОМУ РАСПОЗНАВАНИЮ РЕЧИ

Харина А. С., Абрамян А. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону*

E-mail: aharina@sfedu.ru, avabramyan@sfedu.ru

Введение

Автоматическое распознавание речи является важным направлением развития систем обработки аудиоданных. Расширение практического использования речевых технологий усиливает требования к качеству и устойчивости алгоритмов распознавания речи. Важным фактором становится выбор архитектуры модели и организации процесса инференса. В работе рассматриваются и реализуются различные подходы к построению систем автоматического распознавания речи (Automatic Speech Recognition), включая потоковую и трансформерную архитектуры. Выполнено сопоставление их характеристик и особенностей применения.

Потоковая архитектура ASR на основе T-one

Потоковые системы автоматического распознавания речи ориентированы на обработку аудиосигнала по мере его поступления. Такой подход позволяет уменьшить задержку между поступлением аудиоданных и получением текстовой транскрипции. В отличие от пакетных методов, потоковая архитектура не требует предварительной загрузки полного аудиофайла в память и обеспечивает последовательную обработку входного сигнала.

В работе использована модель T-one, реализующая потоковое распознавание речи (Рис. 1) с применением механизма Connectionist Temporal Classification (CTC). Данный метод позволяет выполнять выравнивание между акустической последовательностью и текстовой транскрипцией без предварительной сегментации аудиосигнала. Это упрощает процесс обучения и повышает устойчивость системы при работе с непрерывной речью [1].

Использование потокового инференса делает возможной обработку длительных аудиозаписей без существенного роста требований к оперативной памяти. Такая архитектура применяется в задачах онлайн-распознавания речи и интерактивных системах обработки аудио, где важна минимальная задержка получения результата [2]. Подобные решения широко используются в современных системах распознавания речи, ориентированных на непрерывный поток аудиоданных [3].

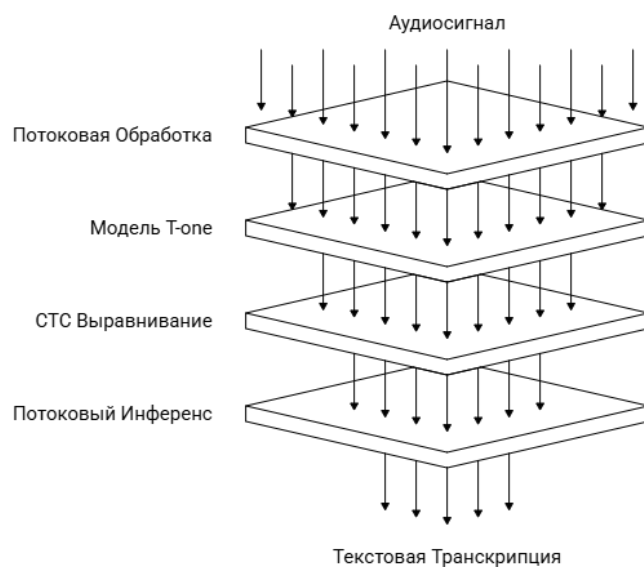


Рис. 1. Процесс потокового распознавания речи

Трансформерная модель Whisper

Модель Whisper относится к классу трансформерных систем автоматического распознавания речи (Рис. 2). В её основе лежит архитектура encoder–decoder, позволяющая преобразовывать аудиосигнал в текстовую последовательность. Аудиоданные предварительно преобразуются в спектрограмму, которая подаётся на вход энкодера. Декодер поэтапно генерирует текстовую последовательность, опираясь как на представление аудиосигнала, сформированное энкодером, так и на токены, сгенерированные на предыдущих шагах декодирования [4].

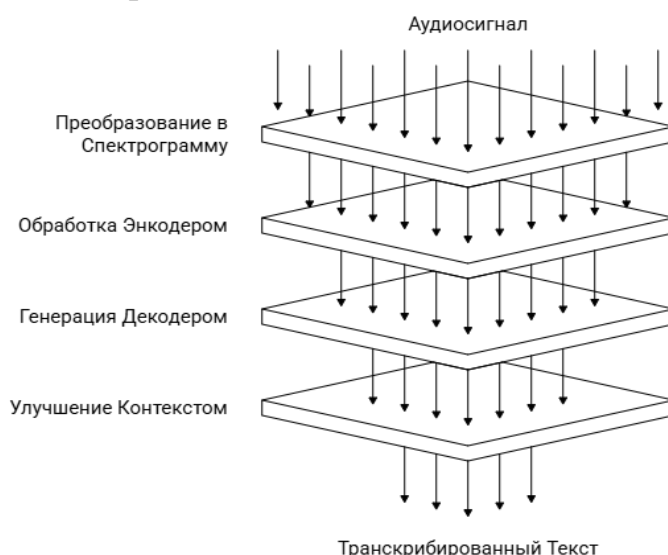


Рис. 2. Процесс транскрибации Whisper

Одной из особенностей модели является обучение на большом корпусе многоязычных аудиоданных, что обеспечивает устойчивость распознавания

при наличии фоновых шумов и различных вариантов произношения. Такой подход позволяет модели сохранять высокое качество транскрибации в широком диапазоне условий записи [5].

В рамках работы была использована конфигурация Whisper-medium, представляющая собой компромисс между точностью распознавания и вычислительными затратами. Применение данной модели позволяет получать стабильные результаты распознавания при обработке аудиозаписей различной продолжительности. Трансформерная архитектура обеспечивает эффективное использование контекстной информации, что способствует повышению качества итоговой транскрипции [6].

Сравнительный анализ реализованных подходов

Для оценки качества автоматического распознавания речи используются специализированные метрики, позволяющие количественно сравнивать результаты транскрибации. Наиболее распространёнными показателями являются Word Error Rate (WER) и Character Error Rate (CER), применяемые при анализе систем распознавания речи [7].

Метрика Word Error Rate отражает долю ошибок на уровне слов и рассчитывается на основе количества операций редактирования, необходимых для преобразования распознанного текста в эталонную транскрипцию.

$$WER = \frac{S+D+I}{N}, \quad (1)$$

где S – количество замен (*substitutions*),

D – количество удалений (*deletions*),

I – количество вставок (*insertions*),

N – общее число слов в эталонном тексте [8].

Метрика Character Error Rate рассчитывается аналогичным образом, однако анализ проводится на уровне отдельных символов. Формула вычисления имеет следующий вид

$$CER = \frac{S+D+I}{N} \quad (2)$$

Использование CER позволяет более детально анализировать ошибки распознавания, поскольку данная метрика чувствительна к частичным и орфографическим искажениям текста, которые могут не отражаться в показателе WER [9].

Перед вычислением метрик выполняется предварительная обработка текстовых данных. Она включает удаление знаков препинания, приведение текста к единому регистру и нормализацию пробелов. Такая процедура позволяет исключить влияние формальных различий записи и сосредоточиться на содержательных ошибках распознавания.

Совместное использование метрик WER и CER обеспечивает более полную оценку качества работы систем автоматического распознавания

речи и позволяет корректно сопоставлять различные архитектурные подходы.

Заключение

В работе реализованы и рассмотрены различные подходы к построению систем автоматического распознавания речи. Исследованы особенности потоковой архитектуры на основе модели T-one и трансформерной модели Whisper-medium. Показано, что различные архитектурные решения обладают своими преимуществами и могут применяться в зависимости от условий использования и требований к системе. Для оценки качества распознавания рассмотрены метрики WER и CER, широко используемые при анализе ASR-систем [7]. Полученные результаты подтверждают актуальность применения современных архитектур глубокого обучения при разработке систем распознавания речи [3, 4].

Литература

1. Graves A., Fernández S., Gomez F., Schmidhuber J. Connectionist Temporal Classification: Labelling Unsegmented Sequence Data with Recurrent Neural Networks // Proceedings of the 23rd International Conference on Machine Learning. 2006.
2. Hannun A. et al. Deep Speech: Scaling up End-to-End Speech Recognition // arXiv:1412.5567. 2014.
3. Li J., Deng L., Gong Y., Haeb-Umbach R. An Overview of Noise-Robust Automatic Speech Recognition // IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing. 2014.
4. Radford A., Kim J. W., Xu T., Brockman G., McLeavey C., Sutskever I. Robust Speech Recognition via Large-Scale Weak Supervision // arXiv:2212.04356. 2022.
5. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., Uszkoreit J., Jones L., Gomez A. N., Kaiser Ł., Polosukhin I. Attention Is All You Need // Advances in Neural Information Processing Systems. 2017.
6. OpenAI. Whisper: General-Purpose Speech Recognition Model. URL: <https://github.com/openai/whisper>.
7. Jurafsky D., Martin J. H. Speech and Language Processing. 3rd ed. Stanford University, 2023.
8. Morris A., Maier V., Green P. From WER and RIL to MER and WIL: improved evaluation measures for connected speech recognition // Proceedings of Interspeech. 2004.
9. Zhang Y., Chan W., Jaitly N. Very Deep Convolutional Networks for End-to-End Speech Recognition // IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). 2017.

ПРОТОТИПИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АДАПТИВНОЙ СЛОЖНОСТИ И ДИНАМИЧЕСКОГО САУНДТРЕКА ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ

Шишкина В. И.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича*

E-mail: vshishkina@sfedu.ru

Развитие компьютерных игр сопровождается постоянным ростом требований к качеству игрового опыта. Одной из ключевых задач современного геймдизайна является поддержание оптимального уровня сложности, при котором игра остаётся одновременно увлекательной и доступной для игрока. Если сложность игры слишком низкая, игровой процесс быстро становится монотонным и теряет способность удерживать внимание пользователя. В противоположной ситуации, при чрезмерно высокой сложности, игрок испытывает фрустрацию и может прекратить прохождение. В связи с этим особую актуальность приобретает разработка систем адаптивной сложности (Dynamic Difficulty Adjustment), способных автоматически изменять параметры игрового процесса в зависимости от действий и эффективности игрока. Дополнительным инструментом усиления погружения в игровой процесс является динамический саундтрек, который реагирует на происходящие в игре события и отражает текущее состояние игрового процесса.

В данной работе были проанализированы несколько основных подходов к реализации адаптивной сложности, основываясь на современных исследованиях и практике разработки игр. Например, наиболее распространённый подход, основанный на анализе эффективности действий игрока (performance-based adaptation), при котором система собирает статистические данные игрового процесса и на их основе регулирует параметры игры. А также был рассмотрен метод моделирования игрока (player modeling), при котором строится модель навыков или поведения пользователя, позволяющая прогнозировать его дальнейшие действия. Дополнительно в работе были проанализированы методы, основанные на алгоритмах искусственного интеллекта и машинного обучения, включая нейронные сети и обучение с подкреплением, позволяющие автоматически подбирать оптимальный уровень сложности, и процедурная генерация игрового контента, при которой параметры уровней, противников или ресурсов изменяются в соответствии с текущим состоянием игрока.

Работа посвящена прототипированию системы адаптивной сложности и динамического саундтрека для компьютерной игры. Игровой процесс предполагает зачистку локации от противников с последующим переходом на следующий уровень, который является той же локацией, но с заново сгенерированными врагами

и ресурсами. Для реализации адаптивной сложности был выбран подход, основанный на анализе эффективности действий игрока, поскольку он позволяет относительно просто реализовать систему адаптации и при этом обеспечивает достаточную точность оценки игрового процесса.

Система адаптации сложности, представленная в данной работе, основана на сборе статистических показателей поведения игрока во время прохождения уровня. К таким показателям относятся количество уничтоженных противников, нанесённый и полученный урон, точность стрельбы, длина серии убийств, а также частота использования ресурсов. Полученные данные сглаживаются с использованием метода экспоненциального скользящего среднего для устранения резких колебаний и получения более устойчивой оценки текущей эффективности игрока. На основе этих показателей вычисляется интегральный показатель эффективности, характеризующий интенсивность и успешность действий игрока. Далее данный показатель используется для обновления значения сложности игры, которое влияет на параметры процедурной генерации игрового процесса, включая количество и типы противников, частоту появления ресурсов и доступность оружия.

Одновременно с системой адаптивной сложности была реализована система динамического музыкального сопровождения, реагирующая на текущую интенсивность игрового процесса. Для этого используется вертикальная перестройка музыкальной композиции, при которой в зависимости от активности игрока и интенсивности боя изменяется количество музыкальных слоёв. При низкой интенсивности звучит базовый атмосферный слой, при увеличении активности добавляется основная мелодия, а в наиболее напряжённых моментах подключаются ударные и басовые партии. Переход между музыкальными состояниями осуществляется синхронно с музыкальным тактом, что обеспечивает плавность и естественность звучания.

Разработанная система была реализована с использованием игрового движка Unity и аудиосреды FMOD. В работе рассматриваются этапы проектирования системы адаптивной сложности, сбор и обработка статистических данных игрового процесса, вычисление показателя эффективности игрока и интеграция полученных значений в систему процедурной генерации противников и ресурсов. Также описывается реализация динамического саундтрека, реагирующего на изменение интенсивности игрового процесса.

Литература

1. *Smith L.* The Effect of Dynamic Music in Video Games. – <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1934330&dswid=-4973>.
2. *Hunicke R.* The Case for Dynamic Difficulty Adjustment in Games. – <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1178477.1178573>.
3. *Paraschos P. D., Koulouriotis D. E.* Game Difficulty Adaptation and Experience Personalization: A Literature Review – <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10447318.2021.2020008?scroll=top&needAccess=true>.

СЕКЦИЯ 5.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ОБРАЗОВАНИИ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ УСКОРЕНИЯ NEURAL RADIANCE FIELDS

Айдинян Л. А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: aydinyan@sfedu.ru

В последние годы методы нейросетевого рендеринга стали одним из наиболее активно развивающихся направлений в области компьютерной графики и машинного обучения. Особое место среди них занимает метод Neural Radiance Fields (NeRF), который позволяет восстанавливать трёхмерную сцену на основе набора двумерных изображений. В основе данного подхода лежит нейронная сеть, которая обучается предсказывать плотность и цвет для любой точки пространства, а также учитывает направление наблюдения. В результате формируется непрерывное представление сцены, из которого можно синтезировать новые изображения с произвольных ракурсов камеры.

Несмотря на высокое качество реконструкции, оригинальный метод NeRF обладает рядом серьёзных недостатков. Основным из них является высокая вычислительная сложность. Для получения одного изображения необходимо выполнить большое количество выборок вдоль лучей камеры, при этом каждая точка требует прохождения через нейронную сеть. Вследствие этого обучение модели может занимать часы, а скорость рендеринга остаётся крайне низкой. Такие ограничения значительно усложняют использование NeRF в практических приложениях, особенно в задачах интерактивной визуализации и системах реального времени.

В связи с этим в последние годы предложено большое количество методов, направленных на ускорение обучения и рендеринга NeRF. Основная идея заключается в изменении способа представления сцены или в оптимизации структуры модели. В данной работе представлены результаты экспериментального исследования трёх современных подходов к ускорению NeRF: Instant Neural Graphics Primitives (Instant-NGP), TensoRF и Mip-Grid. Все три метода реализованы и протестированы в единой вычислительной

среде, что позволило провести их сравнительный анализ по ключевым характеристикам: времени обучения, скорости рендеринга, потреблению памяти и качеству синтезируемых изображений.

Эксперименты проводились на вычислительной системе, оснащённой графическим процессором AMD RX6600 с 8 ГБ видеопамяти. Для обучения использовались сцены, содержащие от 80 до 120 изображений разрешением 800×800 пикселей. Все методы тестировались в одинаковых условиях, что позволило получить сопоставимые результаты и выявить их основные преимущества и ограничения.

Первым рассмотренным методом является Instant Neural Graphics Primitives (Instant-NGP). Основная идея данного подхода заключается в использовании многомасштабного хеш-кодирования координат пространства. В классическом NeRF координаты точки напрямую подаются на вход нейронной сети, которая должна самостоятельно обучиться извлекать необходимые пространственные признаки. В Instant-NGP вместо этого используется набор хеш-таблиц различного разрешения, каждая из которых хранит компактные признаки для разных уровней детализации пространства.

При обработке координаты точки сначала кодируются с помощью этих таблиц, после чего полученные признаки подаются на вход небольшой нейронной сети. Такой подход позволяет значительно уменьшить размер модели и сократить количество вычислений. В результате обучение модели происходит существенно быстрее, чем в классическом NeRF.

В ходе проведённых экспериментов обучение модели Instant-NGP занимало в среднем около 20–30 минут для одной сцены. Для сравнения, классический NeRF при аналогичных условиях требует более двух часов обучения. Скорость рендеринга достигала 80–100 кадров в секунду, что обеспечивает практически интерактивную визуализацию сцены. При этом качество реконструкции оставалось достаточно высоким: среднее значение метрики PSNR составило около 26.8 dB, а SSIM – 0.90. Полученные результаты подтверждают, что использование хеш-кодирования является одним из наиболее эффективных способов ускорения NeRF без значительной потери качества.

Вторым исследованным методом является TensoRF, который предлагает иной подход к представлению сцены. Вместо плотной нейронной сети в данном методе используется факторизация тензорного представления radiance field. Сцена описывается набором факторизованных тензоров, которые хранят информацию о пространственных признаках и цвете. Такая структура позволяет значительно уменьшить число параметров модели и снизить вычислительную сложность обучения.

В рамках проведённых экспериментов обучение модели TensoRF занимало примерно 40–45 минут для одной сцены. Это существенно быстрее классического NeRF, хотя и несколько медленнее Instant-NGP. Однако

TensoRF продемонстрировал более высокое качество реконструкции. Среднее значение PSNR достигло 27.0 dB, а SSIM – 0.91.

Кроме того, важным преимуществом данного метода является компактность итоговой модели. Размер сохранённого представления сцены составлял менее 10 мегабайт, что значительно меньше по сравнению с большинством других методов. Потребление видеопамати во время обучения также оказалось относительно небольшим – около 1 ГБ GPU-памяти. Скорость рендеринга составляла приблизительно 40–50 кадров в секунду, что обеспечивает достаточно комфортную интерактивную визуализацию.

Третьим реализованным методом является Mip-Grid, который представляет собой усовершенствование «grid-based» представлений. В современных ускоренных вариантах NeRF часто используются сеточные структуры признаков, позволяющие быстро извлекать информацию о пространстве. Однако такие методы могут страдать от эффекта «aliasing», который возникает при изменении масштаба изображения или расстояния до камеры.

Метод Mip-Grid решает эту проблему за счёт использования многомасштабных сеток признаков, аналогичных mip-map структурам, применяемым в компьютерной графике. Для каждой точки пространства выбирается соответствующий уровень детализации, что позволяет уменьшить артефакты изображения и повысить стабильность рендеринга.

В проведённых экспериментах обучение модели Mip-Grid занимало около 22–25 минут. Скорость рендеринга составляла приблизительно 60 кадров в секунду, что немного ниже, чем у Instant-NGP, но выше, чем у TensoRF. При этом метод продемонстрировал наилучшее визуальное качество среди рассмотренных подходов. Среднее значение PSNR достигло 27.2 dB, а SSIM – 0.92. Особенно заметным преимуществом Mip-Grid стало уменьшение артефактов на дальних объектах и при резких изменениях масштаба камеры.

Сравнительный анализ результатов показывает, что каждый из рассмотренных методов обладает своими преимуществами. Instant-NGP демонстрирует наилучшие показатели скорости обучения и рендеринга, что делает его особенно привлекательным для интерактивных приложений и быстрого прототипирования. TensoRF обеспечивает хорошее качество реконструкции при минимальном размере модели, что может быть полезно в системах с ограниченными ресурсами памяти. Mip-Grid обеспечивает наилучшее визуальное качество и уменьшает количество артефактов изображения, хотя требует несколько большего времени обучения по сравнению с Instant-NGP.

Модель	Время обучения	Скорость рендеринга	PSNR	SSIM
Instant-NGP	20–30 минут	80–100 FPS	26.8 dB	0.90
TensoRF	40–45 минут	40–50 FPS	27.0 dB	0.91
Mip-Grid	22–25 минут	60 FPS	27.2 dB	0.92

Кроме того, проведённые эксперименты показали, что использование структурированных представлений сцены (таких как хеш-таблицы, тензорные факторизации или многомасштабные сетки) позволяет существенно уменьшить вычислительные затраты по сравнению с классическим NeRF. В большинстве случаев обучение сокращается с десятков часов до нескольких минут или десятков минут, что делает такие методы гораздо более пригодными для практического использования.

Полученные результаты подтверждают, что дальнейшее развитие методов нейросетевого рендеринга связано прежде всего с разработкой более эффективных способов представления сцены. Использование структурированных пространственных представлений позволяет значительно ускорить обучение моделей и приблизить технологии NeRF к практическому применению в системах виртуальной и дополненной реальности, трёхмерной реконструкции и интерактивной визуализации. Перспективным направлением исследований является объединение различных подходов, например сочетание хеш-кодирования и тензорных факторизаций, а также адаптация подобных методов для обработки динамических сцен и работы в реальном времени.

Литература

1. Müller T., Evans A., Schied C., Keller A. Instant Neural Graphics Primitives with a Multiresolution Hash Encoding // ACM Transactions on Graphics (Proceedings of SIGGRAPH). – 2022.
2. Chen A., Xu Z., Geiger A., Yu J., Su H. *TensoR.F*: Tensorial Radiance Fields // European Conference on Computer Vision (ECCV). – 2024.
3. Nam S., Rho D., Ko J. H., Park E. Mip-Grid: Anti-Aliased Grid Representations for Neural Radiance Fields. – 2024.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЧАТ-БОТОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

Бугаева И. А.

*ФГАОУ ВО Южный федеральный университет,
Институт компьютерных технологий и информационной безопасности,
г. Таганрог*

E-mail: iallyapunova@sfedu.ru

Современное образование находится на пороге фундаментальной трансформации, вызванной стремительным развитием технологий искусственного интеллекта (ИИ). Если раньше цифровые помощники ограничивались поиском информации, по ключевым словам, или выполнением простых скриптов, то появление генеративных нейросетей, способных вести диалог, объяснять сложные концепции и генерировать уникальные учебные задачи, открыло новые горизонты для самостоятельной работы студентов [1–3]. Такие чат-боты, как ChatGPT, Google Gemini и российские аналоги (YandexGPT, GigaChat), становятся не просто справочниками, а полноценными репетиторами-ассистентами, доступными 24/7.

Особенно остро потребность в таком «интеллектуальном наставнике» ощущается при изучении дисциплин, требующих развитого абстрактного мышления, к которым, безусловно, относится теория вероятностей. Этот раздел математики, лежащий в основе статистики, машинного обучения и анализа данных, часто воспринимается студентами как набор оторванных от жизни формул. Кульминационной и наиболее сложной для понимания темой здесь являются основные законы распределения случайных величин. Студенту необходимо не только запомнить формальные признаки биномиального, пуассоновского, нормального или показательного распределений, но и понять, почему конкретный закон возникает в той или иной реальной ситуации, научиться интерпретировать его параметры и видеть связь между абстрактной функцией плотности и практической задачей (например, контролем качества продукции или анализом финансовых рисков).

Традиционные методы обучения – лекции и решение типовых задач из учебника – часто оказываются недостаточными для формирования такого глубокого, интуитивного понимания [4, 5]. Здесь на помощь и приходят интеллектуальные чат-боты. Их использование позволяет перейти от пассивного потребления информации к активному диалогу со «знающим коллегой».

Данная работа посвящена анализу дидактического потенциала генеративных чат-ботов при изучении темы «Основные законы распределения случайных величин». Цель работы – показать, что ИИ может служить не инструментом для автоматического решения домашних заданий (что было бы контрпродуктивно), а мощным средством для:

- персонализации объяснения: адаптации сложности материала под индивидуальный уровень подготовки студента;
- визуализации абстракций: генерации примеров и метафор, делающих математические понятия «осознаваемыми»;
- интерактивного моделирования: создания мгновенных сценариев «что, если...» для исследования свойств распределений;
- критического анализа: проверки гипотез студента о применимости того или иного закона в конкретной ситуации.

Будут рассмотрены конкретные методические приемы работы с чат-ботами, направленные на формирование прочных знаний по теме законов распределения, а также обозначены границы применимости и потенциальные риски использования ИИ в образовательном процессе по математике.

Анализ проблемы, почему изучение «законов распределения» сложно для студентов:

- психологические барьеры (абстрактность, сложный математический аппарат);
- разрыв между теорией и практикой (непонимание, где в жизни встретить распределение Коши);
- проблема вариативности (студенты часто заучивают решение одного типа задач и теряются при изменении условия).

Методология работы с чат-ботами включает конкретные сценарии диалогов:

- 1) «объясни как ребенку»: как попросить бота объяснить разницу между дискретным и непрерывным распределением на бытовых примерах;
- 2) «генератор контекста»: как с помощью промпта (запроса) заставить бота придумать 10 разных жизненных ситуаций, которые описываются, например, распределением Пуассона (поток посетителей, поломки оборудования, мутации в ДНК), что также развивает эрудицию;
- 3) «ролевая игра»: предложить боту сыграть роль «придирчивого профессора», который требует строго обосновать, почему в задаче про изменение роста людей мы используем нормальное распределение, а не равномерное;
- 4) «визуализатор»: попросить бота написать код на Python (с библиотеками Matplotlib/Seaborn), который построит графики плотности для разных распределений при изменении их параметров; даже если студент не программист, он может скопировать код в онлайн-среду и увидеть, как «хвосты» распределения реагируют на изменение сигмы.

Рассмотрим несколько практических примеров.

1. Возьмите конкретную задачу и покажите «плохой» способ использования бота (просто получить ответ) и «хороший» способ (попросить объяснить ход мыслей, показать альтернативные методы решения, указать на типичные ошибки). Например, задача на применение правила «трех сигм» для нормально распределенной случайной величины.

2. Задание: «Игровая механика и контроль качества». Контекст: стартап разрабатывает мобильную игру, а вы отвечаете за баланс и экономику. В игре есть «сундук с сокровищами». Вероятность выпадения легендарного меча из одного сундука составляет 5% ($p=0.05$). Игрок открывает сундуки один за другим до первого успеха. Используя любой ИИ-бот, объясните руководителю проекта, почему среднее количество попыток для получения меча равно 20. Как называется это распределение и каков его смысл?

3. Творческая задача (в продолжение предыдущей): дизайнеры хотят ввести «систему гарантии»: если игрок открыл 30 сундуков и не получил меч, то на 31-й раз он выпадает гарантированно. Попросите бота смоделировать эту ситуацию (например, написать код на Python или псевдокод) или объяснить математически, как изменится среднее количество попыток. Сделать вывод о том, станет ли система лучше для игрока? Напишите рекомендацию, внедрять ли эту механику.

Ограничения при использовании интеллектуальных ботов в образовании:

- бот может ошибаться в вычислениях, его нужно проверять;
- бот не заменит живого общения с преподавателем и работу в группе, но является отличным тренажером.

Вывод: интеграция ИИ в обучение математике – это не замена фундаментальному образованию, а создание новой, более богатой образовательной среды; интеграция чат-ботов в изучение теории вероятностей – это лишь первый шаг к персонализированному образованию будущего, где темп и глубина погружения в материал определяются не усредненной программой, а индивидуальными когнитивными особенностями и интересами каждого обучающегося.

Литература

1. Бугаева, И. А. Модификация курса математики для студентов it-направлений / И. А. Бугаева // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития : Материалы XXXII научной конференции, Ростов-на-Дону, 17–19 апреля 2025 года. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2025. – С. 73–74. – EDN LXARIN.
2. Бугаева, И. А. Изложение материала в вузовском курсе математики / И. А. Бугаева, А. Г. Клово // Современные компьютерные технологии : материалы V научно-методической конференции НПР, Таганрог, 26–28 февраля 2024 года. – Таганрог: ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ, 2024. – С. 113–115. – EDN BXZRYG.
3. Ляпунова, И. А. Разработка мобильного образовательного приложения / И. А. Ляпунова, А. А. Нечепуренко // Отраслевые аспекты технических наук. – 2015. – № 1(43). – С. 10–13. – EDN TPVYJV.

4. *Клово, А. Г.* Курс лекций по математике / А. Г. Клово, И. А. Ляпунова ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южный федеральный университет, Инженерно-технологическая академия. – Ростов-на-Дону; Таганрог : Южный федеральный университет, 2020. – 199 с. – ISBN 978-5-9275-3503-3. – EDN CSSHTF.
5. *Клово, А. Г.* Математика в техническом вузе / А. Г. Клово, И. А. Ляпунова. Том Часть 1. – Ростов-на-Дону; Таганрог : Южный федеральный университет, 2017. – 235 с. – ISBN 978-5-9275-2586-7. – EDN RXSGOF.

МАТЕМАТИКА НА СЛУЖБЕ ИНТЕЛЛЕКТА: МОДЕРНИЗАЦИЯ КУРСА ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ

Бугаева И. А.

ФГАОУ ВО Южный федеральный университет,

*Институт компьютерных технологий и информационной безопасности
г. Таганрог*

E-mail: iallyapunova@sfedu.ru

Современные инженерные специальности стремительно цифровизируются. Работодатели ждут от выпускников умения работать с данными и нейросетями. Однако классический курс высшей математики на младших курсах по-прежнему насыщен теорией пределов, дифференциальным исчислением и сложными интегралами, которые кажутся студентам оторванными от реальности [1–3].

Нужно ли разгружать классическую программу в пользу изучения инструментов машинного обучения (МО) и искусственного интеллекта (ИИ), или это подорвёт фундаментальную подготовку?

Цель исследования: сравнить аргументы «за» и «против» включения методов ИИ и машинного обучения (МО) в курс высшей математики для инженеров.

Аргументы «за» (плюсы интеграции):

- 1) повышение мотивации и осознанности обучения: студенты часто не понимают, зачем им нужны тройные интегралы или преобразования Фурье и, если сразу показать, что на линейной алгебре строятся рекомендательные системы (как у Netflix), на дифференциальных уравнениях – работают предсказания погоды, а на градиентном спуске (производные) – обучаются нейросети, интерес к изучению теории взлетает, а математика перестает быть абстракцией и становится инструментом для создания крутых вещей;
- 2) соответствие духу времени (тренд на инженерию, основанную на данных): современный инженер – это не только расчетчик на бумаге, но и исследователь данных, а умение анализировать большие массивы информации с помощью алгоритмов МО становится такой же базовой компетенцией, как знание сопромата (например: инженер-строитель анализирует данные с датчиков на мосту (временные ряды, ML для поиска аномалий), а не просто считает нагрузку по СНиПу);
- 3) развитие современных математических навыков: вместо механического счета интегралов (который сегодня за секунду делает Wolfram), студенты учатся векторному исчислению (для NLP и компьютерного зрения), теории оптимизации (ядро любого обучения нейросетей) и т. п.;
- 4) конкурентоспособность выпускников: рынок перенасыщен инженерами со стандартным дипломом, а инженер, который уже на 2-м курсе

написал простую нейросеть для классификации сигналов, имеет огромное преимущество при трудоустройстве в hi-tech сектор.

Аргументы «против» (риски и минусы):

- 1) потеря фундаментальности образования: высшая математика – это не просто набор формул, а способ формирования инженерного мышления; замена доказательства теорем программированием готовых библиотек может привести к тому, что студенты перестанут понимать физику процессов, в результате мы рискуем получить поколение «операторов нейросетей», которые умеют нажимать кнопки, но не могут вывести формулу, когда алгоритм дает сбой;
- 2) перегрузка и без того плотной программы: инженерные специальности и так перегружены, добавление больших блоков по ИИ потребует сокращения «классических» разделов (например, функций комплексного переменного или аналитической геометрии в полном объеме), а «что вырезать?» – болезненный вопрос для профессорско-преподавательского состава;
- 3) сложность кадрового обеспечения: преподаватели «старой школы» блестяще знают матанализ, но часто не владеют современными инструментами, а научить их работать с языковыми моделями и нейросетями сложно и дорого, читать же курс ИИ без математической глубины (поверхностно) – вредно;
- 4) иллюзия простоты и «чёрный ящик»: библиотеки МО позволяют получить результат тремя строчками кода, не понимая математики, что провоцирует соблазн просто «скормить данные» и получить ответ, а впоследствии инженер перестает проверять адекватность модели, критерии сходимости, допущения. В инженерии это чревато катастрофами (в отличие от сферы рекомендации мемов).

Одна из важнейших проблем в интеграции методов ИИ в курс высшей математики в том, что дисциплина изучается на 1 курсе, когда студенты еще слабо владеют техническим инструментарием и только развивают навыки программирования. Интеграция на этом этапе должна быть концептуальной и мотивационной, а не инструментальной. Мы не учим их программировать нейросети (для этого есть старшие курсы). Мы показываем, зачем им нужна та математика, которую они сейчас учат, используя язык будущих дисциплин, но не углубляясь в него.

Другая важная проблема, затронутая выше, это сжатая программа дисциплины. Едва ознакомившись с понятием определенных интегралов, без полноценной практики аналитических вычислений, им уже необходимо изучать двойные интегралы. На лекции затрагиваются основные вопросы, но на практику отводится только пара занятий, и студенты успевают решать только самые простые примеры. Как интегрировать сюда ИИ?

Двойные и в целом кратные интегралы при таком раскладе – это действительно «зона бедствия» с точки зрения классического преподавания. Требовать от них уверенного владения аппаратом бессмысленно.

Однако именно в этой «стесненной» ситуации скрыт парадоксальный плюс. Раз у нас нет времени учить их технике счета, мы можем сосредоточиться на смысле. Главная идея, которую нужно донести: если обычный интеграл суммирует что-то по линии (по отрезку), то двойной интеграл суммирует что-то по площади (по плоскости). Здесь минимум сложных преобразований, максимум – работа с геометрией области и интерпретация результата.

Таким образом мы можем поменять подход к преподаванию высшей математики для будущих инженеров, сместив акценты с вычислительных навыков и механического запоминания на понимание сути и дальнейшее применение в ИИ и смежных областях.

Вывод: интеграция методов ИИ в курс высшей математики – это не дань моде, а объективная необходимость, однако делать это нужно осторожно, сохраняя математическую культуру мышления. Инженер будущего должен уметь не только считать интегралы, но и понимать, как устроен «мозг» машины, которой он эти интегралы считает. Главная задача вузов – найти баланс между вечным фундаментом и инновационными инструментами.

Литература

1. Клово, А. Г. Курс лекций по математике / А. Г. Клово, И. А. Ляпунова ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южный федеральный университет, Инженерно-технологическая академия. – Ростов-на-Дону; Таганрог : Южный федеральный университет, 2020. – 199 с. – ISBN 978-5-9275-3503-3. – EDN CSSHTF.
2. Клово, А. Г. Математика в техническом вузе / А. Г. Клово, И. А. Ляпунова. Том Часть 1. – Ростов-на-Дону; Таганрог : Южный федеральный университет, 2017. – 235 с. – ISBN 978-5-9275-2586-7. – EDN RXSGOF.
3. Бугаева, И. А. Модификация курса математики для студентов it-направлений / И. А. Бугаева // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития : Материалы XXXII научной конференции, Ростов-на-Дону, 17–19 апреля 2025 года. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2025. – С. 73–74. – EDN LXARIN.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ СВЧ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ИСПОЛЬЗУЕМОГО В КОСМОСЕ

Волощенко П. Ю., Волощенко Ю. П.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Таганрог*

E-mail: puvoloshhenko@sfedu.ru, voloschenkoyup@sfedu.ru

Расширенное применение искусственного интеллекта (ИИ) в космической технике требует создания нового класса радиационно-стойких электронных компонентов (ЭК) – вакуумных интегральных схем (ВИС) телеметрического и электротехнического назначения, функционирующих в электромагнитном поле (ЭМ) СВЧ [1].

При этом основной проблемой проектирования аналоговых и цифровых микросхем является отсутствие инженерных моделей электромеханических процессов в них, многозначно зависящих от вида воздействия и существующего конструктивно-технологического исполнения (КТИ) подобной «летающей» электронной радио- и вычислительной аппаратуры (РЭА и ЭВА) [11].

Упомянутая проблема разработки ИИ обусловлена несколькими причинами: превалированием концепции уменьшения проектной нормы и роста степени интеграции микроламп, пересмотром требований по составу и параметрам ЭК, уточнением реальной радиационной обстановке и учетом условий эксплуатации в конформной несущей платформе.

Цель доклада заключается в изложение методики достоверного и наглядного инженерного моделирования электромеханического движения электронов в ИИ, использующего уравнения Лоренца и Рамо, Телледжена и Кирхгофа.

Для изучения коллективного действия вакуумных ЭП, проведем формализацию электромеханических процессов в составном источнике ЭДС и нагрузке, создаваемых во внешней многоконтурной электронной цепи (ЭЦ), имеющей внешний вид совокупности смежных микротриодов. В этом случае рассматриваем сигнал как возмущение единого ЭМ поля, обусловленное ускоренным движением электронов в них с привлечением общепринятых обозначений задаваемых и рассчитанных искомым переменных величин, позволяющих сопоставить известные сведения и верифицировать новые данные. Для достижения поставленной цели воспользуемся схематичным изображением КТИ микротриода, алгоритмом аналитического расчета взаимосвязи наведенного и конвекционного тока при инвариантной силовой и энергетической трактовке теоремы Рамо, изложенной в [2–4]. Считаем, что ток полевой (электростатической или автоэлектронной) эмиссии острейного «холодного» катода в трехэлектродной системе каждого ЭП определяется формулой Фаулера Нордгейма [1].

На рис. 1 приведен общий объемный вид микротриода, расположенного на кремниевой подложке, имеющего молибденовые катод, сетку и анод, изолированные друг от друга диоксидом кремния.

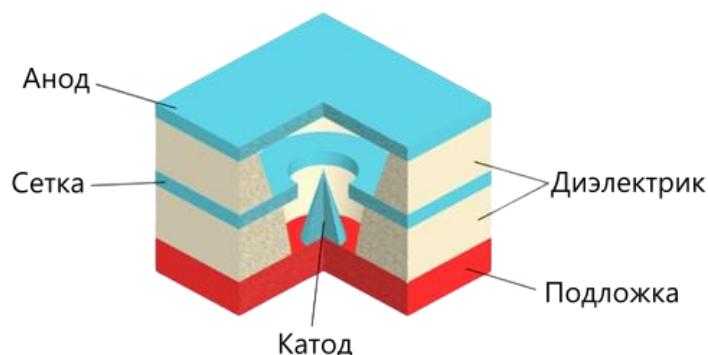


Рис. 1. Трехмерная КТ модель микротриода СВЧ

Используя оператор - угол пролета $\theta = \omega d/v_0$ электронов в межэлектродной области микротриода, объединенное уравнение Лоренца и Рамо записываем в компактном и одновременно наглядном виде

$$i_{навед}(P) = I_0(P) + M(P)I_m(P)\sin\omega t_0, \quad M(\omega, d) = \frac{\sin\theta/2}{\theta/2}$$

Множитель $M(\omega, d, v_0)$, представляет собой классический коэффициент взаимодействия электронного потока с электрической составляющей ЭМ поля, известный в теории ЭП СВЧ, анодный ток которых управляется сигналом [1–4]. В соответствии с графиком M (рис.2) увеличение параметра θ сопровождается значительным уменьшением мощности P_e источника ЭДС, создающей наведенный ток, который обращается в нуль при значении $\theta = 2\pi$.

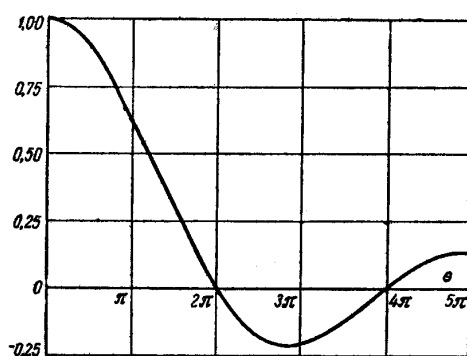


Рис. 2. Зависимость коэффициента M микротриода от угла пролета электронов в нем

Из проведенного инженерного моделирования электронного потока и символического анализа его взаимодействия с ЭМ полем методами электротехники СВЧ следует, что область между сеткой и анодом микротриода можно

корректно заменить идеализированным плоским конденсаторным зазором нулевой протяженности, соответствующим постулатам и феноменологическим операторам теории нелинейных электрических и электронных цепей. Для оптимизации функционирования ВИС в космосе требуется формализация её возмущений инвариантом источника мощности, который идентифицируется без указания типа ЭДС при корректном переходе от КТИ к его электрической модели в ходе совместного решения уравнений Лоренца и Рамо, Телледжена и Кирхгофа. При этом его местоположение, соответствует центру реального межэлектродного пространства вакуумного ЭП, играющего роль генератора ЭМ поля и условия уменьшения в M раз величины обобщенного тока, текущего по идеализированной цепи. Кроме того, внутренний размер между электродами микротриода обязательно связан с частотой и интенсивностью воздействия, длиной области и временем пролета электронов, которые не могут выбираться произвольно, т.к. конвекционный и наведенный ток, являются причиной появления ЭМ поля РЭА и ЭВА космического применения [5–11].

Литература

1. Волощенко П. Ю., Волощенко Ю. П. Моделирование нелинейных электрических процессов в элементах электронной волновой цепи: учебное пособие. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Южный федеральный университет, 2018. – 116 с. – ISBN 978-5-9275-3038-0. – EDN YTPREQH
2. Батушев В. А. Электронные приборы: учебник для вузов. – Москва: Высшая школа, 1980. – 383 с.
3. Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ: учебник для вузов. – Москва: Высшая школа, 1970. – 440 с.
4. Волощенко П. Ю., Волощенко Ю. П. Моделирование переноса электрических зарядов в электровакуумных приборах с электростатическим управлением: учебное пособие. – Ростов-на-Дону; Таганрог : Южный федеральный университет, 2019. – 110 с. – ISBN 978-5-9275-3341-1. – EDN ZNYSFK.
5. Волощенко П. Ю., Волощенко Ю. П. Электротехническое моделирование цифровых интегральных схем СВЧ // Фундаментальные, поисковые, прикладные исследования и инновационные проекты : Сборник трудов Национальной научно-практической конференции, Калининград, 27–31 мая 2025 года. – Москва: Ассоциация выпускников и сотрудников ВВИА им. профессора Н. Е. Жуковского, 2025. – С. 289–293. – EDN UIGKQZ.
6. Волощенко П. Ю., Волощенко Ю. П. Проблемы математического моделирования электронно-вычислительной аппаратуры СВЧ диапазона // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития : Материалы XXXII научной конференции, Ростов-на-Дону,

- 17–19 апреля 2025 года. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2025. – С. 89–92. – EDN YEILYO.
7. Волощенко П. Ю., Волощенко Ю. П. Применение электронно-вычислительных средств для визуализации трансформации вольтамперной характеристики полупроводниковой структуры СВЧ в учебном процессе // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития : Материалы XXIX научной конференции, Ростов-на-Дону, 21–23 апреля 2022 года. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2022. – С. 77–79. – EDN EWJKXX.
 8. Волощенко П. Ю., Волощенко Ю. П. Изучение сигнала в сверхскоростном логическом элементе с использованием компьютерных систем инженерных расчетов // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития : Материалы XXIX научной конференции, Ростов-на-Дону, 21–23 апреля 2022 года. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2022. – С. 80–82. – EDN IUULLQ.
 9. Волощенко П. Ю., Волощенко Ю. П. Диагностика трансформации амплитуды сигнала в логическом элементе СВЧ // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития : Материалы XXVIII научной конференции, Ростов-на-Дону, 13–15 мая 2021 года. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2021. – С. 108–110. – EDN CVABBU.
 10. Волощенко П. Ю., Волощенко Ю. П. Прогнозирование изменения фазы сигнала в вентиле гига- и терагерцового диапазонов // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития : Материалы XXVIII научной конференции, Ростов-на-Дону, 13–15 мая 2021 года. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2021. – С. 111–113. – EDN CODKYO.
 11. Волощенко П. Ю., Волощенко Ю. П. Моделирование твердотельных электронных компонентов для электро- и радиооборудования микроволнового диапазона: учебное пособие. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Южный федеральный университет, 2025. – ISBN 978-5-9275-4958-0. – EDN UCHYYN.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, УСТОЙЧИВОГО К РАДИАЦИИ

Волощенко П. Ю., Волощенко Ю. П.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Таганрог

E-mail: puvoloshhenko@sfedu.ru, voloschenkoyup@sfedu.ru

Расчёт и конструирование бортового искусственного интеллекта (ИИ) космических летательных аппаратов требуют создания оригинальных типов вакуумных микротриодов аналоговых и цифровых интегральных схем (ИС), не подверженных экстремальному воздействию околоземного пространства, в первую очередь, ионизирующего излучения. Вместе с тем для проектирования радиационно-стойких электронных компонентов (ЭК) и определения технически обоснованных условий испытаний ИИ, необходимо применять аналитические и экспериментальные модели микроволнового оборудования, разработанные на кафедрах радиотехнической электроники и наноэлектроники, электротехники и мехатроники ЮФУ. Подобные новые инженерные средства формируют отечественную методологию корректного технического синтеза вакуумных ИС (ВИС) методом неавтономных блоков и достоверного символьного анализа электромеханических процессов в системах микротриодов, используемых в космосе, описание алгоритмов которых является целью данного доклада.

Для пояснения методики теоретического исследования фрагмента конструкции ИС ИИ проведем электротехническое моделирование наведенного $i_{\text{нав}}(P_0, P_c, t)$ тока и электромагнитного поля (ЭМ) поля единичного вакуумного электронного прибора (ЭП) – микротриода СВЧ. Считаем, что ЭМ возмущение в момент времени t обусловлено одновременно ЭДС источников питания и сигнала, имеющих мощность P_0 и P_c при мгновенном напряжении $u = U_0 \cdot U_m \sin(\omega t)$ на его электродах, но не рассматриваем специфику подключения питающих проводов, создающих внешние обратные связи ВИС.

Конкретизацию импедансной модели электронных компонентов (ЭК) проводим на примере графического инварианта параллельного соединения вещественного (резистивно-негатронного) и реактивного (индуктивно-емкостного) двухполюсного или одностороннего четырехполюсного НЭ для изучения электромеханических процессов СВЧ. В этом случае решаем совместно уравнения Лоренца и Рамо, баланса кинетической и потенциальной энергии электрона, выделяя в микротриоде область d пролета электронов и группируя члены, содержащие сомножители $\sin(\omega t)$ и $\cos(\omega t)$. Затем, раскладывая тригонометрические функции в степенные ряды, получаем аналитическое

выражение переменной составляющей монохроматического наведенного тока $i_{\text{нав}}(P_0, P_c, t)$ каждого фрагмента и всей конструкции ИИ в ЭМ поле.

$$i_{\text{нав}}(P_0, P_c, t) = I_{m1} \sin \omega t + I_{m2} \cos \omega t; \quad (1)$$

$$F_1(\theta) = \frac{2(1 - \cos \theta) - \theta \sin \theta}{\theta^2}; \quad (2) \quad F_2(\theta) = \frac{2 \sin \theta - \theta(1 + \cos \theta)}{\theta^2}. \quad (3)$$

$$I_{m1} = \frac{U_m I_0}{2U_0} F_1(\theta); \quad (4) \quad I_{m2} = \frac{U_m I_0}{2U_0} F_2(\theta); \quad (5)$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{2e}{m} U_0}; \quad (6) \quad \theta = \omega \tau_0 = \frac{\omega d}{v_0}; \quad (7)$$

где величина I_0 – постоянная составляющая конвекционного тока дискретного ЭП.

Формулы (1)–(7) позволяют корректно воспользоваться при символьном анализе фрагмента ВИС алгоритмами уменьшения количества переменных нелинейной теории электрических и электронных цепей (ЭЦ), записанными в алгебраической комплексной форме, рекомендуемой для операций вычисления композиции ЭМ воздействий и реакций отдельных микротриодов.

Затем, записываем полный входной импеданс каждого и всех ЭК как инвариант амплитудно- и частотно-зависимых вольтамперной характеристики (ВАХ) НЭ.

$$\dot{Y}_e(P_0, P_c) = G_e(P_0, P_c) + jB_e(P_0, P_c) \quad (8)$$

$$G_e(P_0, P_c, \omega) = \frac{I_{m1}(P_0, P_c, \omega)}{U_m} = \frac{I_0(P_0, P_c)}{2U_0} F_1(\theta) \quad (9)$$

$$B_e(P_0, P_c, \omega) = \frac{I_{m2}(P_0, P_c, \omega)}{U_m} = \frac{I_0(P_0, P_c)}{2U_0} F_2(\theta) \quad (10)$$

Алгебраическая сумма (8) вещественного $G_e(P_0, P_c)$ и мнимого $B_e(P_0, P_c)$ членов характеризует преобразование и запасаение электрической энергии в межэлектродной области d микротриода и соответствует клеммам его НЭ. Мгновенные величины импеданса $\dot{Y}_e(P_0, P_c, \omega)$ ветвей и контуров ЭЦ определяются граничными условий в ВИС, следующими из законов сохранения энергии и заряда, обусловленных электромеханическими процессами движения электронов в ней.

Рис.1 демонстрирует периодическое изменение СВЧ параметров модели многоэлектродной конструкции ИС, феноменологически и инвариантно отображающие явления ускорения и торможения электронов, отдачу и потребление, запасаение и перераспределение уровня электрической энергии в них [1–3]. Положительные значения вещественной компоненты электронной проводимости $G_e(P_0, P_c, \omega)$ одиночного ЭП лежат в диапазоне $[0-2\pi]$ углов пролета θ . Отметим, что при величине $\theta \approx 5\pi/2$ реализуется максимальное отрицательное значение $G_e < 0$ модели НЭ, определяющее негатронный

характер граничных условий в ИС. Кроме того, зависимости резистивно-негатронно-реактивного импеданса $\dot{Y}_e(P_0, P_c, \omega)$ микротриода, иллюстрирующие его энергетические свойства кривыми (рис. 1), имеют экстремумы (максимумы и минимумы), а не вид обратно пропорциональной функции, соответствующей критериям Мура и Деннарда. Поэтому методика современного «масштабирования» ИС, трактуемая как произвольное уменьшение геометрических размеров области пролета и вариация скорости электронов без учета интенсивности и частоты ЭМ поля на электродах и питающих проводах ЭП, априори не достоверна в СВЧ диапазоне.

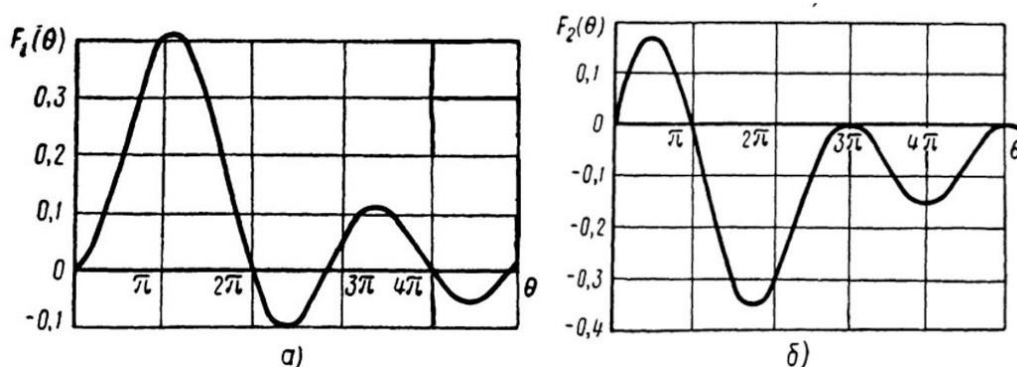


Рис. 1. Графики функций $F_1(\theta)$ и $F_2(\theta)$, определяющих импеданс микротриода

Таким образом, в докладе приведен наглядный пример феноменологической и инвариантной формализации нелинейных электромеханических процессов в ВИС радиационно-стойкого ИИ, расположенной внутри и вне несшей платформы космического аппарата. Полученные алгебраические формулы, доказательно иллюстрируют методологию инженерного моделирования микротриода в виде инварианта параллельного и последовательного соединения резистивно-негатронного и реактивного двух- и четырех-полюсного НЭ, многозначно связывающих электрические и геометрические параметры ИС. Алгоритмы символьного анализа свойств трехэлектродного ЭП демонстрируют трансформацию трансцендентных функций в алгебраическую форму для уменьшения количества изучаемых переменных, и отодвигают на второй план исследование его временных зависимостей. Изложенный способ описания ВАХ микротриода позволяет достоверно воспользоваться теоремами Тевенина и Нортонa, неравенствами Пирса и Котельникова для идентификации амплитудно-зависимых критериев стационарности и устойчивости режима регенерации ЭМ колебаний и потребления электрической энергии ИИ [4–6].

Литература

1. Волощенко П. Ю., Волощенко Ю. П. Инвариантное моделирование систем электронных приборов и питающих проводников в интегральных

- схемах СВЧ // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития : материалы XXVII научной конференции, Ростов-на-Дону -Таганрог, 24–26 сентября 2020 года. – Ростов-на-Дону – Таганрог: ЮФУ, 2020. – С. 84-86. – EDN TLVRLD.
2. Волощенко П. Ю., Волощенко Ю. П. Феноменологическое моделирование беспроводной сети передачи электрической энергии // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития: Материалы XXX научной конференции, Ростов-на-Дону, 13–15 апреля 2023 года. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2023. – С. 78-81. – EDN DPFYHC.
 3. Волощенко П. Ю., Волощенко Ю. П. Концепция моделирования электромагнитного поля сверхскоростных и сверхбыстродействующих микросхем инженерным способом // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития : Материалы XXXII научной конференции, Ростов-на-Дону, 17–19 апреля 2025 года. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2025. – С. 93-96. – EDN UTRAYU.
 4. Ковальчук М. В. Надо перестать жить в парадигме сегодняшней техносферы и перейти на природоподобные технологии. – URL: <https://iz.ru/1224275/elena-likhomanova/nado-perestat-zhit-v-paradigme-segodniashnei-tekhnosfery-i-pereiti-na-prirodopodobnye-tehnologii>.
 5. Ковальчук М. В. Природоподобные технологии как ответ на новые глобальные вызовы // Цикл публичных дискуссий. Россия в глобальном контексте. Никитский клуб. Выпуск 102 – М., 2020. –52 с.
 6. Волощенко П. Ю., Волощенко Ю. П. Моделирование твердотельных электронных компонентов для электро- и радиооборудования микроволнового диапазона: учебное пособие. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Южный федеральный университет, 2025. – ISBN 978-5-9275-4958-0. – EDN UCHYYN.

СИСТЕМА КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ТЕКСТОВ НА ОСНОВЕ PMI И TF-IDF ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СЕМАНТИЧЕСКИХ АССОЦИАЦИЙ

Воронин Е. С.

*ФГАОУ ВО Южный федеральный университет,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: evoroni@sfedu.ru*

Аннотация. В докладе представлена система кластерного анализа текстов, предназначенная для выявления семантических ассоциаций между словами на основе статистических методов обработки естественного языка. Система использует комбинацию метрик PMI (Pointwise Mutual Information) и TF-IDF для группировки слов по смысловой близости и построения иерархической структуры тематических кластеров.

Ключевые слова: кластерный анализ, PMI, TF-IDF, обработка естественного языка, семантические ассоциации, информационный поиск.

Проблема и актуальность исследования

В современном мире объём текстовой информации растёт экспоненциально. Социальные сети, новостные порталы, научные публикации, техническая документация – все эти источники генерируют огромные массивы неструктурированных данных. В условиях резкого роста объёмов текстовой информации критически важной становится задача автоматического извлечения данных из текстов.

Актуальность разработки систем семантического анализа обусловлена следующими факторами:

- необходимостью автоматизации процессов категоризации и кластеризации текстовых данных в научных исследованиях, образовании и бизнес-аналитике;
- возрастающей потребностью в инструментах интеллектуального анализа текста для поддержки принятия решений в условиях информационной перегрузки;
- развитием методов машинного обучения и искусственного интеллекта, создающим новые возможности для извлечения знаний из текстов;
- важностью импортозамещения в области программного обеспечения для анализа данных и необходимости развития отечественных решений в сфере обработки естественного языка.

Описываемая система решает проблему выявления скрытых семантических связей между словами путём применения статистических методов анализа совместной встречаемости терминов в больших текстовых корпусах. В отличие от традиционных подходов, основанных исключительно на

частотном анализе, предложенная система использует комбинацию метрик PMI для оценки силы ассоциаций между словами и TF-IDF для определения релевантности терминов в контексте документа.

Методы и подходы

Система реализует следующие основные алгоритмы:

- инвертированный индекс для эффективного поиска слов и предложений;
- расчёт PMI (Pointwise Mutual Information) для оценки силы семантической связи между словами;
- нормализованный NPMI для сравнения ассоциаций различной силы;
- TF-IDF векторизацию для определения релевантности слов в контексте предложений;
- непересекающуюся кластеризацию на основе метрики $TF-IDF \times \log(freq)$;
- итеративную кластеризацию для последовательного сужения области поиска по нескольким ключевым словам.

Результаты и практическая значимость

Разработана полнофункциональная система анализа текстов, включающая:

- модуль загрузки и предобработки текстовых данных с использованием токенизации и фильтрации стоп-слов;
- ядро кластерного анализа с поддержкой PMI, NPMI и TF-IDF метрик;
- веб-интерфейс на базе FastAPI для интерактивного исследования кластеров;
- механизм итеративного уточнения поиска для детального анализа тематических областей.

Система протестирована на датасете комментариев Reddit (более 100 000 предложений) и демонстрирует высокую производительность: время кластеризации составляет 1–5 секунд для массивов данных среднего размера. Веб-интерфейс обеспечивает возможность интерактивного исследования кластеров с поддержкой вложенной навигации по иерархии ассоциаций.

Область применения

Разработанная система может быть использована в следующих областях:

- научные исследования – анализ публикаций, выявление тематических трендов, построение карт знаний;
- образование – поддержка изучения новых предметных областей через визуализацию ключевых понятий и их связей;
- бизнес-аналитика – анализ отзывов клиентов, выявление проблемных тем, мониторинг бренда;
- цифровая трансформация – автоматизация обработки документооборота, классификация обращений.

Заключение

Представленная система кластерного анализа текстов решает актуальную задачу выявления семантических ассоциаций в больших текстовых массивах. Комбинация статистических методов PMI и TF-IDF позволяет обнаруживать скрытые смысловые связи между терминами без использования предобученных языковых моделей, что обеспечивает независимость от внешних ресурсов и возможность работы со специализированными предметными областями.

Дальнейшее развитие системы включает поддержку многоязычного анализа, интеграцию с системами визуализации данных и расширение функционала для задач цифровой трансформации образования и управления университетом.

ОЦЕНКА СПОСОБНОСТИ КОМПАКТНЫХ ВИЗУАЛЬНО-ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ ИНТЕРПРЕТИРОВАТЬ УКАЗАТЕЛЬНЫЕ ЖЕСТЫ В РЕЖИМЕ ZERO-SHOT

Гладкова К. Н., Демяненко Я. М.

*ФГАОУ ВО Южный федеральный университет,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону*

E-mail: kgla@sfedu.ru, demyana@sfedu.ru

В последние годы ключевым направлением развития искусственного интеллекта становится воплощённый ИИ (Embodied AI) – создание систем, способных воспринимать физическую среду и взаимодействовать с человеком. В контексте взаимодействия человек-робот эффективная коммуникация требует не только понимания языка, но и интерпретации невербальных сигналов в общем физическом пространстве.

Традиционные задачи на стыке языка и зрения (Referring Expression Comprehension) [1] требуют локализовать объект по текстовому описанию, но не учитывают естественные для человека жесты и взгляд. Для преодоления этого ограничения предложена задача воплощённого понимания указаний (Embodied Reference Understanding) [1], где коммуникация осуществляется через комбинацию речи и невербальных сигналов.

Ключевым типом таких сигналов выступают дейктические жесты, прежде всего указание пальцем. В загроможденных сценах жест выполняет функцию пространственного фильтра, ограничивая область поиска направлением указывания. При указании на удаленные объекты люди используют так называемую Virtual Touch Line [1] – линию между глазом и кончиком пальца, аппроксимирующую направление жеста. Даже без речи такие жесты содержат достаточно информации для определения объекта интереса.

Современные визуально-языковые модели (VLM) достигли впечатляющих успехов в семантическом понимании изображений и всё шире применяются в робототехнике. Возникает вопрос: способны ли они интерпретировать указательные жесты без языковой подсказки?

В данном исследовании проверяется, могут ли компактные VLM по одному изображению распознавать объект, на который направлен жест человека. Цель – оценить информативность жеста как самостоятельного невербального сигнала и определить, способны ли легковесные мультимодальные модели использовать его для точной идентификации цели указания.

Для решения поставленной задачи используются два датасета, содержащих сцены с указательными жестами: YouRefIt [2] и Innsbruck Pointing-at-Objects Dataset [3]. Они различаются условиями сбора и принципами

аннотирования, что позволяет проанализировать интерпретацию жеста в различных сценариях.

YouRefIt – один из первых крупномасштабных датасетов для воплощённого понимания указания. Он содержит 4 тысячи кадров, извлеченных из видеозаписей в реалистичных помещениях: на кухнях, в офисах и гостиных. В каждом кадре человек указывает на объект, сопровождая жест речевой инструкцией. Аннотации включают разметку целевых объектов и их расположение в кадре. Разнообразие сцен и обилие объектов делают этот датасет репрезентативным для задач локализации в сложном визуальном контексте.

Innsbruck Pointing-at-Objects Dataset предназначен для изучения геометрии указательных жестов. Он содержит кадры, полученные статической RGB-D камерой, где каждый участник естественно указывает на один из десяти предметов на столе пальцем или маркером. Все объекты хорошо видны, сцена не загромождена – это позволяет оценить способность модели интерпретировать жест в изолированных условиях, без усложняющих факторов.

Примеры сцен и аннотаций датасетов показаны на рисунке 1.

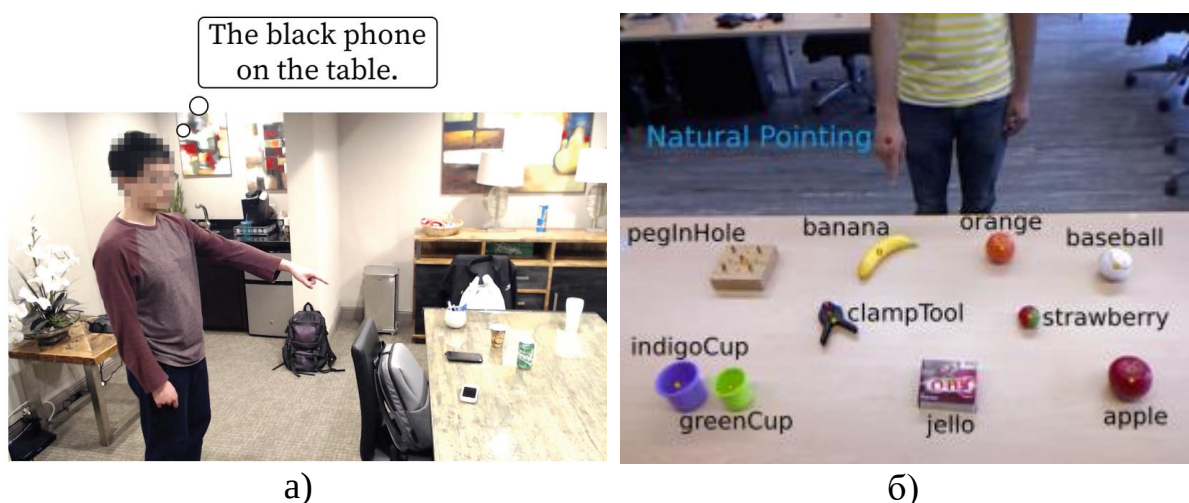


Рис. 1. Примеры сцен и аннотаций датасета
(a) YouRefIt и

(б) Innsbruck Pointing-at-Objects Dataset.

Подписи на изображениях даны лишь для наглядности

Для оценки способности современных мультимодальных моделей интерпретировать указательные жесты был проведён эксперимент с несколькими компактными визуально-языковыми моделями. В исследование вошли представители семейств Molmo [4], Gemma 3 [5] и Qwen3-VL [6]; полный перечень моделей с указанием размера приведён в таблице 1.

Таблица 1. Тестируемые модели

Модель	Размер	Семейство / Архитектура
Molmo2-4B	4B	Molmo2
gemma-3-4b-it	4B	Gemma 3
gemma-3-12b-it	12B	Gemma 3
Qwen3-VL-2B-Instruct	2B	Qwen3-VL
Qwen3-VL-4B-Instruct	4B	Qwen3-VL
Qwen3-VL-8B-Instruct	8B	Qwen3-VL

Отобранные легковесные VLM тестировались в режиме zero-shot. Каждая получала изображение с указывающим человеком и запрос на английском с требованием назвать объект указания. Корректным считался ответ, полностью (**Accuracy_{abs}**) или семантически (**Accuracy_{sem}**) совпадающий с целевым объектом из аннотации.

В таблицах 2 и 3 представлены результаты оценки моделей.

Таблица 2. Метрики качества на датасете YouRefIt

Модель	Accuracy _{abs}	Accuracy _{sem}
Molmo2-4B	0.1815	0.1898
gemma-3-4b-it	0.1334	0.1341
gemma-3-12b-it	0.331	0.3423
Qwen3-VL-2B-Instruct	0.067	0.067
Qwen3-VL-4B-Instruct	0.1032	0.1564
Qwen3-VL-8B-Instruct	0.2725	0.2819

Таблица 3. Метрики качества на датасете
Innsbruck Pointing-at-Objects Dataset

Модель	Accuracy _{abs}	Accuracy _{sem}
Molmo2-4B	0.1874	0.1996
gemma-3-4b-it	0.1483	0.1652
gemma-3-12b-it	0.3515	0.364
Qwen3-VL-2B-Instruct	0.096	0.096
Qwen3-VL-4B-Instruct	0.1566	0.1894
Qwen3-VL-8B-Instruct	0.3022	0.3207

Полученные результаты демонстрируют, что современные компактные визуально-языковые модели обладают ограниченной способностью интерпретировать указательные жесты в режиме zero-shot: даже лучшая модель (Gemma-3-12B-it) достигает лишь 34–36% семантической точности на обоих датасетах. При этом наблюдается устойчивая зависимость качества

от масштаба модели, а более высокие результаты на структурированном лабораторном датасете Innsbruck по сравнению с реалистичным YouRefIt подтверждают, что сложность визуального контекста критически влияет на успешность интерпретации жеста.

Наиболее характерные типы ошибок включают:

- выбор инструмента указания или объекта, ближайшего к руке, а не расположенного в направлении жеста;
- выбор семантически или визуально наиболее заметного объекта в кадре;
- неспособность различать несколько семантически сходных объектов.

Таким образом, современные VLM способны извлекать некоторую информацию из указательных жестов, однако их точность остаётся недостаточной для практического применения, особенно в загромождённых сценах. Дальнейшие перспективы связаны с разработкой легковесных моделей, специализированно ориентированных на пространственные намерения человека, и созданием датасетов разного уровня сложности, учитывающих как геометрию жеста, так и семантику сцены.

Литература

1. Li Y. *et al.* Understanding Embodied Reference with Touch-Line Transformer //ICLR. – 2023.
2. Chen Y. *et al.* Yourefit: Embodied reference understanding with language and gesture //Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. – 2021. – С. 1385–1395.
3. Shukla D. *et al.* Probabilistic detection of pointing directions for human-robot interaction / D. Shukla, O. Erkent, J. Piater // 2015 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA). – New York: IEEE, 2015. – P. 1–8.
4. Deitke M. *et al.* Molmo and pixmo: Open weights and open data for state-of-the-art vision-language models //Proceedings of the Computer Vision and Pattern Recognition Conference. – 2025. – С. 91–104.
5. Team K. *et al.* Kimi-vl technical report //arXiv preprint arXiv:2504.07491. – 2025.
6. Yang A. *et al.* Qwen3 technical report //arXiv preprint arXiv:2505.09388. – 2025.

КОСВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГИХ КОНСТАНТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MLP

Гуцу А. А.

Автономная некоммерческая образовательная организация
высшего образования

«Научно-технологический университет «Сириус»

E-mail: gutsu@sfedu.ru

Введение.

Расчет прочности, жесткости и долговечности любой инженерной конструкции в машиностроении, строительстве или робототехнике основывается на точном знании механических свойств материала. Переход от модели абсолютного твердого тела к модели реального деформируемого материала требует описания связи между приложенными нагрузками и возникающими деформациями. Для линейно-упругого изотропного материала эта связь, описываемая обобщенным законом Гука, полностью определяется двумя независимыми фундаментальными константами: модулем Юнга (E), характеризующим сопротивление продольным деформациям, и коэффициентом Пуассона (ν), отражающим соотношение поперечных продольных деформаций [1]. Точность определения этих констант напрямую влияет на надежность, безопасность и экономическую эффективность проектируемых изделий.

На сегодняшний день существует несколько подходов к решению этой задачи.

Прямое экспериментальное определение модуля Юнга и коэффициента Пуассона требует проведение испытаний на специализированном оборудовании в лабораторных условиях. Это делает такие методы малоприменимыми в учебных классах или на ранних этапах проектирования, когда образцы ещё не изготовлены, а ресурсы ограничены.

Аналитический расчет по формулам теории упругости основан на использовании замкнутых решений для простых геометрий и видов нагружений. Данный метод применим только к идеализированным формам, не учитывает анизотропию и неоднородность материала, чувствителен к погрешностям изменений.

Численные методы требуют построение сетки и решения системы алгебраических уравнений для каждого расчета, что занимает время и ресурсы.

Таким образом существующие подходы либо слишком упрощены и не подходят для реальных условия, либо требуют значительных вычислительных ресурсов, что подтверждает необходимость в разработке инженерно-вспомогательного инструмента, который позволит облегчить решение такой задачи. В работе приводится методика косвенного определения упругих констант на основе данных, получаемых при простых механических испытаниях. Такой

подход позволяет устранить необходимость в сложном оборудовании, пригоден к учебному процессу, обеспечивает высокую скорость и точность получения результатов.

Целью данной работы является разработка доступной методики косвенного определения модуля Юнга и коэффициента Пуассона с использованием искусственной нейронной сети, обученной на синтетических данных, рассчитанных по законам теории упругости. Основное внимание уделяется созданию инструмента, пригодного для применения в учебных лабораториях и ограниченных ресурсах.

В основе предлагаемого решения лежит синтез классических формул механики деформируемого твердого тела и современных алгоритмов машинного обучения.

Методология.

Разработанная методика представляет собой последовательный процесс, направленный на создание цифрового инструмента, который заменяет сложную лабораторную аппаратуру и ресурсоемкие вычисления на быстрый нейросетевой прогноз. В ее основе лежит идея обучения искусственной нейронной сети на идеальных, физически корректных данных, что позволяет ей выявить фундаментальные зависимости между простыми изменениями и искомыми упругими константами.

Процесс разработки метода состоял из четырех этапов.

Первым и ключевым шагом стало создание обучающей выборки. Так как целью являлась разработка универсального метода, не привязанного к конкретному оборудованию, было решено не собирать реальные экспериментальные данные, а сгенерировать их синтетически путем аналитического расчета, строго опираясь на законы теории упругости и сопротивлении материалов. Такой подход гарантирует, что нейронная сеть будет изучать не случайные погрешности измерений, а саму физическую суть процессов деформирования.

На этом этапе были определены все необходимые переменные. В качестве исходных параметров задавались:

- выходные параметры – модуль Юнга и коэффициент Пуассона;
- геометрические размеры условного образца;
- величины прикладываемых нагрузок [2].

Параметры варьировались в очень широких, но реалистичных диапазонах, чтобы охватить разнообразие материалов – от мягкой резины до высокопрочной стали. Для каждого элемента в базе данных по известным формулам сопротивления материалов рассчитывались: удлинение при растяжении, прогиб при изгибе и угол закручивания при кручении. В результате была получена большая таблица данных, фрагмент представлен в таблице 1, где каждой комбинации свойств материала и условий эксперимента соответствовал точный отклик в виде трех измеряемых деформаций.

Таблица 1. Фрагмент первой обучающей выборки*

Заданные	Материал	Резина	Сталь	Алюминий	Медь	...	Магний	Никель	Свинец
	E, ГПа	0,01	200	70	110	...	45	200	16
	ν	0,49	0,29	0,33	0,35	...	0,35	0,31	0,44
	d, мм	11,28	15	18	16,8	...	20	14	22
	F _{изг} , Н	100	5000	1200	1800	...	800	4500	300
Геометрия	T, Н·м	0,10	800	200	300	...	120	700	40
	A, мм	99,93	176,71	254,46	213,82	...	314,15 9	153,93 8	380,13 3
	I, мм	794,70	2485,0 5	5153	3638,3 6	...	7853,9 8	1885,7 4	11499
Случайное	J, мм	1589,4 1	4970,1	10306	7276,7 2	...	15708	3771,4 8	22998
	L, мм	690,88	646,21 5	687,95	667,51 3	...	400,91 5	659,56 2	563,79 6
	L _{изг} , мм	570,22	592,13 4	460,31	593,75 7	...	510,16 1	562,35 7	484,02 5
Расчетные формулы	L _{кр} , мм	199,32	169,86 3	188,89	230,12 7	...	224,04 5	230,99	238,62 6
	G, ГПа	0,0033	77,51	26,31	40,741	...	16,667	76,336	5,556
	F _{раст} , кН	0,01	40	45	16	...	25	28	10
	d, мм	-0,055	-0,005	-0,015	-0,004	...	-0,011	-0,005	-0,009
	L, мм	6,913	0,731	1,738	0,454	...	0,709	0,6	0,927
	δ , мм	77,768	0,07	0,011	0,031	...	0,01	0,071	0,006
	φ , °	2,141	0,202	0,08	0,133	...	0,059	0,322	0,043

*Таблица является фрагментом. Многоточием (...) обозначены пропущенные строки. Полный справочник включает 245 операций.

Изначально для обучения нейросети был предложен обширный набор из более чем 15 признаков, состоящий из первичных измеряемых величин (сила и прогиб) и многочисленных расчетных параметров (площадь сечения, моменты инерции, напряжения). Однако, эксперименты с обучением показали, что такая сложная модель склонна к переобучению. Кроме того, требовалось введение большого количества входных параметров, часть из которых нужно предварительно рассчитать, это противоречило идее простоты метода.

Поэтому на втором этапе был проведен анализ физической взаимосвязи всех параметров. Стало очевидным, что многие из них являются избыточными. Было принято решение провести радикальное сокращение и оставить только минимальный набор независимых признаков, которые:

– можно просто измерить в условиях учебной мастерской линейкой, штангенциркулем и набором грузов;

– являются физически необходимыми и достаточными для определения двух неизвестных констант из трех видов деформации [2, 3].

В таблице 2 представлены 7 ключевых параметров: сила при растяжении, величина прогиба, угол закручивания, диаметр образца и его характерная длина. Этот шаг позволил повысить устойчивость и обобщающую способность нейросети, а также сделал методику исключительно удобной для конечного пользователя – студента или инженера.

Таблица 2. Фрагмент оптимизированной обучающей выборки*

Материал	F раст., кН	δ , мм	φ , °	d, мм	L, мм	ν	E, ГПа
Резина	0,08	25,4	485	10	80	0,49	0,005
Резина	0,12	18,9	365	12	85	0,49	0,008
Полиэтилен	0,15	12,3	295	11	75	0,45	0,015
...	...	...	...	...	...	...	...
Сталь	25	0,21	8,5	15	150	0,3	200
Сталь	28	0,19	7,8	16	160	0,29	210
Алюминий	12	0,34	22,3	12	120	0,33	70

*Таблица является фрагментом. Многоточием (...) обозначены пропущенные строки. Полный справочник включает 245 операций.

Третьим этапом стало разработка, обучение и тестирование нейронной сети. Для решения задачи регрессии – прогнозирования двух чисел (модуля Юнга и коэффициента Пуассона) была построена классическая архитектура многослойного перцептрона. Ее прозрачность и достаточность мощности стало преимуществом для решения поставленной задачи без излишней сложности. Спроектированная сеть имеет компактную структуру: входной слой принимает 5 параметров, далее следуют два скрытых слоя, которые позволяют модели уловить нелинейные взаимосвязи между входными данными, и выходной слой из двух нейронов, выдающий прогноз модуля Юнга и коэффициента Пуассона.

Процесс обучения контролировался по величине ошибки, последовательно корректируя внутренние веса нейронов, чтобы минимизировать расхождения между прогнозируемыми данными и расчетными. Для предотвращения переобучения использовалась валидационная выборка, которая останавливала процесс, когда модель начинала подстраиваться под шум, а не

под общие закономерности. Обучение велось до достижения заданной точности равной 0,15, что гарантировало надежность последующих предсказаний [4, 5].

После завершения обучения, важным этапом стала всесторонняя проверка модели. Ее способность к обобщению оценивалась на выборке, состоящей из параметров, которые сеть не видела. Высокая точность прогноза равная 0,15 для абсолютной ошибки и 12% для относительной, стала основным доказательством того, что разработанная методика работает и готова к практическому применению для быстрого и точного определения упругих констант [7].

Заключение.

Разработанная методика была успешно реализована в виде программной модели на основе многослойного перцептрона. Обучение нейросети проводилось в течении 397330 эпох с использованием алгоритма обратного распространения ошибки с моментом. Процесс обучения завершился при достижении целевого порога максимальной ошибки (0,15), что свидетельствует о стабильности и сходимости алгоритма.

Разработанный алгоритм представляет собой эффективный инструмент, которые не только решает конкретную инженерную задачу определения упругих констант, но и служит важным элементом модернизации инженерного образования, соединяя традиционные знания механики с современными цифровыми технологиями.

Методика открыта для дальнейшего расширения в нескольких перспективных направлениях. На следующем этапе планируется реализовать модель с использованием фреймворков машинного обучения, что позволит гибко настраивать архитектуру сети и улучшит ее точность. Это расширит возможность применения подхода к анизотропным и композитным материалам, а также позволит интегрировать его в образовательные платформы в виде интерактивных лабораторных практикумов.

Литература

1. Тимошенко С. П., Гудьер Дж. Теория упругости. – М.: Наука, 1975. – 576 с.
2. Белов А. А., Иванов И. И. Обратные задачи механики деформируемого твёрдого тела: учебное пособие. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2018. – 148 с.
3. Lakes R. S. Experimental methods for determination of Poisson's ratio // Experimental Mechanics. – Vol. 42, № 1. – P. 66–73.
<https://lakeslab.ep.wisc.edu/Coss.Npr.pdf>.
4. Григорьев А. П., Петров Д. С. Нейросетевые модели в задачах механики композитов // Компьютерные исследования и моделирование. – 2022. – Т. 14, № 3. – С. 521–536.

5. *Zhang Y. et al.* Machine learning for inverse problems in solid mechanics: A review // *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*. – 2023. – Vol. 407. – 115879. <https://arxiv.org/abs/2303.07647>.
6. *Pfeiffer M. et al.* Deep learning-based estimation of Poisson's ratio from single uniaxial tensile test data // *Mechanics of Materials*. – 2022. – Vol. 174. – 104462. https://www.researchgate.net/publication/339505304_Poisson's_ratios_of_molded_pulp_materials_by_digital_image_correlation_method_and_uniaxial_tensile_test.
7. *Ghaboussi J., Garrett J. H., Wu X.* Knowledge-based modeling of material behavior with neural networks // *Journal of Engineering Mechanics*. – 1991. – Vol. 117, № 1. – P. 132–153. – DOI: <https://scispace.com/papers/knowledge-based-modeling-of-material-behavior-with-neural-3tp0l8k6f8>.

ОЦЕНКА ОТВЕТОВ LLM С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ RAG

Жучков М. Ю., Ячменева Н. Н.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: zhuchkov@sfedu.ru, nnyachmeneva@sfedu.ru*

Языковые модели (LM) содержат огромный объем знаний о мире, что позволяет им отвечать на вопросы без обращения к внешним источникам. Идея LLM как хранилищ знаний появилась вскоре после внедрения BERT и стала более устойчивой с появлением все более крупных LLM (Roberts et al., 2020). Хотя самые последние большие языковые модели (LLM) содержат достаточно знаний, чтобы соперничать с человеческими способностями по широкому спектру тестов на ответы на вопросы, идея использования LLM в качестве баз знаний по-прежнему имеет два фундаментальных ограничения. Во-первых, LLM не могут отвечать на вопросы о событиях, которые произошли после их обучения. Во-вторых, даже самые большие модели трудно запоминают знания, которые редко упоминаются в учебном. Стандартное решение этих проблем заключается в использовании технологии Retrieval Augmented Generation (RAG). Ответ на вопрос тогда включает в себя извлечение соответствующих отрывков из корпуса и передачу этих отрывков, вместе с исходным вопросом, в LM. Высокая эффективность данного подхода делает возможным использование стратегий с расширенным поиском в сочетании с LLM, доступными только через API. Хотя полезность стратегий с расширенным поиском очевидна, их реализация требует значительной настройки, поскольку на общую производительность будут влиять, среди прочего, модель поиска, рассматриваемый корпус, LM или формулировка подсказки. Таким образом, автоматическая оценка систем с расширенным поиском имеет первостепенное значение.

Одной из стратегий проверки ответов является проверка вероятностей, присвоенных отдельным токенам., где мы ожидаем, что модель будет менее уверена в галлюцинационных ответах, чем в фактических. Например, BERTScore оценивает сходство двух текстов, используя контекстуальные эмбединги слов из предобученных моделей (BERT, RoBERTa и др.). Данная метрика позволяет посчитать семантическую близость. В качестве метрики на основе только токенов можно использовать F1-Score, высчитывающий гармоническое среднее точности (precision) и полноты (recall). В контексте оценки сгенерированных ответов она измеряет пересечение слов между предсказанием и эталоном.

Автоматическая оценка систем генерации текста LLM также используются для автоматической оценки других аспектов сгенерированных

фрагментов текста, помимо фактичности. Например, GPTScore использует подсказку, которая указывает рассматриваемый аспект, а затем оценивает отрывки на основе средней вероятности сгенерированных токенов в соответствии с заданным авторегрессионным LM. Другой подход заключается в том, чтобы напрямую попросить ChatGPT оценить конкретный аспект данного ответа, присвоив ему оценку или рейтинг по шкале. Примечательно, что таким образом можно получить хорошие результаты, хотя этот подход имеет ограничение, заключающееся в чувствительности к запросу и few-shot примерам. Вместо того, чтобы оценивать отдельные ответы, можно так же выбирать лучший вариант из предложенных.

В качестве автоматической оценки различных RAG архитектур с помощью LLM будем использовать следующие метрики: достоверность (Faithfulness) означает, что ответ должен быть основан на заданном контексте. Это важно для предотвращения галлюцинаций и обеспечения того, чтобы найденный контекст мог служить обоснованием для сгенерированного ответа. Релевантность ответа (Answer relevance) означает, что сгенерированный ответ должен отвечать на фактически заданный вопрос. Релевантность контекста означает, что извлеченный контекст должен быть сфокусированным и содержать как можно меньше нерелевантной информации. Это важно с учетом затрат, связанных с подачей длинных контекстных фрагментов в LLM. Кроме того, когда контекстные фрагменты слишком длинные, LLM часто менее эффективны в использовании этого контекста, особенно в отношении информации, которая предоставляется в середине контекстного фрагмента. Для всесторонней оценки качества использовались несколько метрик:

- Context Recall (бинарная) – основана на span-based recall: содержит ли объединённый контекст не менее 70% слов эталонного ответа (для коротких ответов – точное вхождение). Позволяет оценить, был ли найден документ с ответом.
- Context Precision – LLM-метрика: модель оценивает, насколько предоставленный контекст полезен для ответа на вопрос.
- Faithfulness – LLM-метрика: проверяет, нет ли в ответе фактов, отсутствующих в контексте.
- Answer Relevance – LLM-метрика: оценивает, отвечает ли сгенерированный ответ прямо на вопрос.
- F1-score – классическая токенная метрика: гармоническое среднее точности и полноты на множестве слов (без учёта порядка).
- BERTScore – семантическая метрика:
- среднее F1, вычисленное на основе контекстуальных эмбеддингов BERT (модель bert-base-multilingual-cased).
- Latency – время выполнения запроса в секундах (среднее по вопросам).

LLM-метрики реализованы через промпты с few-shot примерами, что повышает их надёжность. Оценка извлекалась из ответа модели по шаблону для исключения случайности ответов модели

В рамках эксперимента были реализованы различные RAG архитектуры, сравнения производилось на русскоязычном датасете SberQuAD и Gigachat в качестве модели. Для усложнения среды для каждого тестового вопроса дополнительно генерировалось несколько как семантически близких, так и абсолютно похожих ответа, содержащих неверные факты. Каждый ядовитый документ смешивался со случайным реальным контекстом из базы, формируя длинный чанк. Они были проиндексированы в векторной базе ChromaDB наравне с обычными документами. Таким образом, при поиске модели могли столкнуться как с полезными, так и с ложными документами, что имитирует реальную ситуацию наличия дезинформации в корпусе. Эмбединги были получены с помощью multilingual-e5-small, в качестве кросс-энкодера для некоторых архитектур использовался bge-reranker-v2-m3.

Тестируемые архитектуры:

1. Pure LLM (Baseline) – ответ генерируется без контекста, только на основе знания модели.
2. Naive – dense-поиск трёх наиболее похожих чанков
3. MultiQuery – генерация двух синонимичных запросов, поиск по каждому (выбор топ 3), удаление дубликатов, реранжировка всех кандидатов по исходному запросу с помощью кросс-энкодера
4. HyDE (Hypothetical Document Embeddings) – генерация гипотетического ответа на вопрос, поиск по этому ответу.
5. CRAG (Corrective RAG) – dense-поиск трёх документов, фильтрация по LLM-оценке релевантности (порог 0.6), при недостатке документов – добавление результатов гибридного поиска (dense-поиск и BM25 с нормализацией через RRF).
6. Agentic – двухшаговая генерация: сначала черновик ответа, затем его коррекция с учётом контекста.
7. GraphRAG – dense-поиск трёх документов, извлечение из контекста триплетов (субъект-связь-объект) с помощью LLM, генерация ответа по структурированным фактам.
8. True_Rerank – dense-поиск 15 кандидатов, реранжировка кросс-энкодером, выбор топ-3.

Все архитектуры использовали одну и ту же базу данных, содержащую как чистые, так и ядовитые документы. Результаты представлены на рисунке 1.

	Context Recall	Context Precision	Faithfulness	Answer Relevance	F1_Score	BERTScore	Latency (s)
Architecture							
CRAG	1.00	0.798	0.657	0.786	0.463	0.806	6.188
True_Rerank	0.98	0.738	0.598	0.790	0.410	0.794	56.268
MultiQuery	0.98	0.710	0.574	0.788	0.386	0.780	22.410
Naive	0.98	0.708	0.641	0.756	0.375	0.779	0.776
GraphRAG	0.98	0.708	0.669	0.760	0.340	0.762	2.773
HyDE	0.60	0.602	0.623	0.774	0.305	0.758	3.372
Agentic	0.98	0.708	0.702	0.802	0.288	0.763	2.948
Pure LLM (Baseline)	0.00	0.000	0.000	0.788	0.122	0.711	1.405

Рис. 1. Оценка различных архитектур

Context Recall у большинства архитектур близок к 1.0, что говорит о том, что даже простой dense-поиск часто находит чанк, содержащий ответ. Исключение составляет HyDE – вероятно, из-за неточного гипотетического ответа, который уводит поиск в сторону. Baseline, естественно, имеет нулевой recall. Context Precision выше всего у CRAG. Это объясняется дополнительной LLM-фильтрацией, отсеивающей нерелевантные документы. True_Rerank тоже хорошо ранжирует, но уступает, возможно, из-за того, что кросс-энкодер иногда пропускает ядовитые документы, семантически близкие к запросу. Faithfulness максимален у Agentic. Двухшаговая генерация позволяет модели перепроверить и исправить собственные ошибки, уменьшая галлюцинации. GraphRAG и CRAG также показывают хорошие результаты. Интересно, что Agentic при этом имеет самый низкий F1 среди RAG-методов – видимо, коррекция «урекает» ответы, удаляя не только ложь, но и полезные детали. Answer Relevance везде высока, включая Baseline. Это означает, что GigaChat почти всегда отвечает по теме, даже без контекста. Однако релевантность не гарантирует фактической точности. F1-мера (точность фактов) – ключевая метрика. Лидирует CRAG, значительно опережая остальных. True_Rerank второй, но с огромной задержкой. MultiQuery и Naive близки, что говорит о скромном выигрыше от расширения запросов. GraphRAG, HyDE и Agentic заметно отстают, а Baseline ожидаемо низок. BERTScore повторяет тренд F1: CRAG лучший, True_Rerank, далее остальные с постепенным снижением. Это подтверждает, что улучшение фактической точности сопровождается ростом семантического сходства. Latency минимальна у Naive. True_Rerank и MultiQuery очень медленны из-за использования кросс-энкодера. CRAG – умеренно, но всё же дороже Naive. Agentic, GraphRAG, HyDE укладываются в 2–4 секунды. Проведённый эксперимент позволяет сделать следующие выводы: CRAG показал наилучший баланс между качеством ответов (F1, BERTScore) и временем выполнения. Использование LLM для фильтрации релевантности документов оказалось эффективным способом борьбы с шумом в базе. Архитектура устойчива к ядовитым документам и рекомендуется для практического применения.

True_Rerank даёт близкое к CRAG качество, но его практическое использование ограничено из-за очень высокой задержки (56 секунд на запрос). Он может служить «золотым стандартом» для небольших экспериментов, но не для продакшена. Naïve – быстрый и простой метод, обеспечивающий приемлемое качество ($F1=0.375$) при минимальных затратах. В условиях умеренного шума его может быть достаточно, если скорость критична. MultiQuery не оправдывает затрат: небольшой прирост F1 по сравнению с Naïve не компенсирует 30-кратное увеличение времени. Agentic полезен, если главный приоритет – минимизация галлюцинаций (самый высокий Faithfulness), однако он сильно проигрывает по F1, что делает его непригодным для задач, требующих высокой точности фактов. GraphRAG и HyDE не показали преимуществ перед Naïve в данной постановке. Их потенциальные выгоды нивелируются шумом и спецификой коротких ответов. Pure LLM без контекста непригоден для задач, требующих фактической точности, хотя и сохраняет релевантность темы.

АГЕНТНАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ РАБОТЕ С VISUAL SCADA НА ОСНОВЕ ГРАФОВЫХ ИНДЕКСОВ И СПЕЦИФИКАЦИЙ

Ивахненко В. М.

ФГАОУ ВО Южный федеральный университет,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
ООО «НПП «Югпромавтоматизация»,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: vivakhnenko@sfedu.ru

Ключевые слова:

SCADA-системы, Visual SCADA, АСУ ТП, интерактивное обучение, агентные системы, алгоритмы на графах, кейс-метод

Представлена архитектура системы для обучения работе в Visual SCADA [1] и учебные материалы, используемые в ней.

Ценность этой системы заключается в возможности интерактивного обучения работе не только в конкретной SCADA системе, но и в целом освоению общепринятых стандартов работы с такими системами, на основе кейсов [2] приближенных к реальным задачам инженеров АСУ ТП. Что заметно выделяет её на фоне существующих распространенных форматов – видеокурсов, например, как в MasterSCADA [3]. Ниже представлено сравнение этих подходов:

Таблица 1. Сравнение видеокурсов и предлагаемого решения

	Видеокурсы	Агентная система
Формат взаимодействия	Пассивный (просмотр видео, чтение документов)	Интерактивный
Обратная связь	Отсутствует или очень ограниченная	Персонализированная, в реальном времени
Основной фокус	Изучения функционала конкретной IDE	Помимо изучения функционала – развитие навыков проектирования и соблюдения стандартов

Кроме того, был использован подход, обеспечивающий максимальную детерминированность ответов агентной системы [4] по одинаковым входным данным (индексам и запросу пользователя). Такая система позволит объективно оценивать полученные знания в ходе выполнения предложенных проектов в формате кейсов. Всё решение было разбито на модули [5] для удобства интеграции с IDE и простой модификации системы: база знаний (Knowledge Base) – набор заранее описанных правил в формате markdown, хранится в файловой системе, модуль индексации (Graph Index Module), которые реализует алгоритмы построения и сравнения индексов, и непосредственно модуль агента (Agent Core), модуль использующий API

для LLM, описывающий инструменты агента, сценарии и способы вызова API модуля индексации при различных типах запросов пользователя.

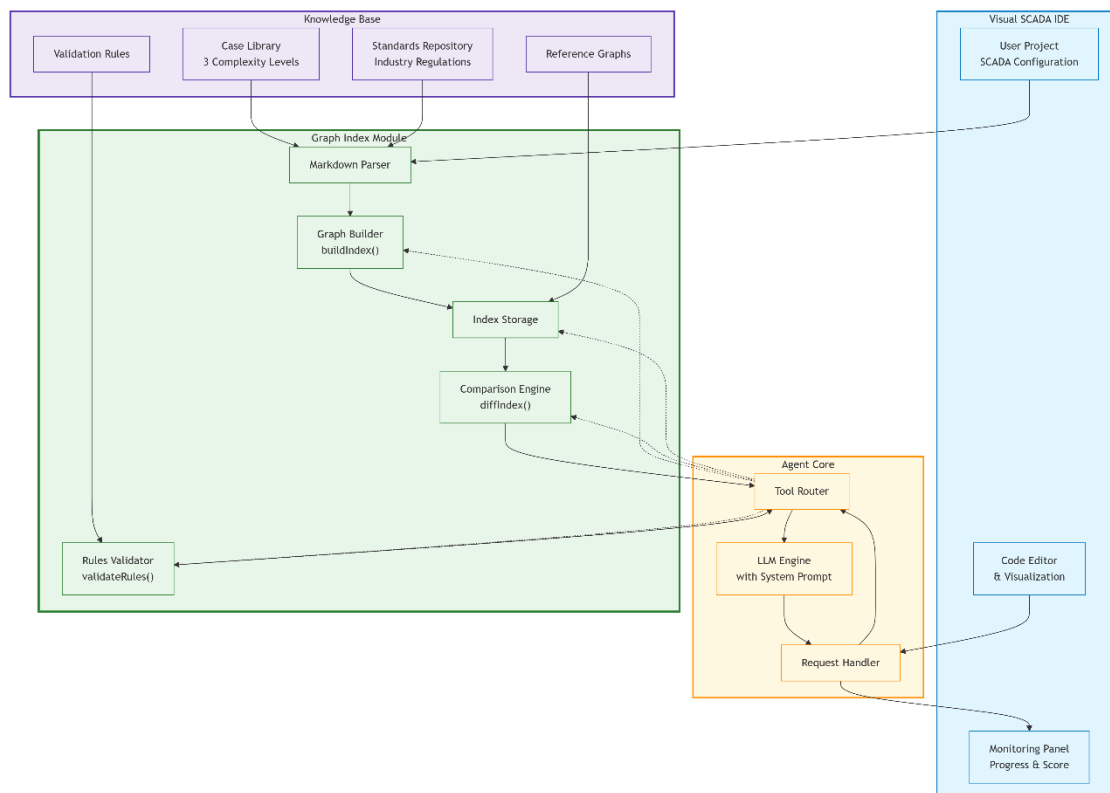


Рис. 1. Визуализация архитектуры агентной системы

Предсказуемость ответов обеспечивается преимущественно за счет детерминированных алгоритмов формирования индексов и разбора спецификаций. Сам индекс является графом, который строится по markdown спецификациям, вершинами в котором являются заголовки разных уровней, блоки кода, различные таблицы. Дуги графа представляют собой основные отношения между вершинами: отношение связи, отношение вложенности, отношение ссылки. Другим важным этапом является вычисление различия между индексами обучающегося и индекса, составленного по заранее описанному кейсу. В финальной версии архитектуры алгоритмы работы с индексами (создание, удаление и сравнение) были вынесены в отдельный модуль

Одним из самых важных компонентов этой системы являются непосредственно учебные материалы, представленные в виде «кейсов», отражающие реальные задачи инженеров АСУ ТП, разбитые по 3 уровням сложности: простой, средний и сложный. Был разработан и описан модуль реализации автоматизации котельной, разбитый по уровням сложности.

Для описанных кейсов может быть построен индекс без создания полноценного проекта в Visual SCADA, что значительно ускорит их внедрение. Кроме того, подход, лежащий в основе архитектуры системы, может быть

успешно применен для валидации проектов, стандартизации спецификаций, описанных пользователем в «вольном» стиле, а также для генерации по описанию непосредственно проектов в Visual SCADA.

Таким образом предложенная система является инновационным решением в области образования и использовании AI агентов в SCADA системах.

Литература

1. "Реестр российского ПО," [Online]. Available: https://reestr.digital.gov.ru/reestr/2757822/?sphrase_id=15779401.
2. G. Rosier, "The case method evaluated in terms of higher education research: A pilot study," *The International Journal of Management Education*, vol. 20, no. 3, p. 1, 2022.
3. Р. п. о. (. 4D). [Online]. Available: https://reestr.digital.gov.ru/reestr/790906/?sphrase_id=15779661
4. K. I. R. M. K. Ranjan Sapkota, "AI Agents vs. Agentic AI: A Conceptual taxonomy, applications and challenges," *Information Fusion*, vol. 126, no. B, p. 30, 2026.
5. R. Guntakandla, "Modular architecture: A scalable and efficient system design approach for enterprise," *World Journal of Advanced Research and Reviews*, vol. 26, p. 13, 2025.

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПАНЕЛИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ОНЛАЙН-КУРСОВ

Кайдашева Е. С.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: ekaydasheva@sfedu.ru*

Возрастающая популярность онлайн-курсов в сфере высшего образования обусловлена рядом преимуществ как для образовательных учреждений, так и студентов, главным образом благодаря гибкости и доступу к обучению для учащихся независимо от их географического положения, возраста, культуры или социального положения [1]. Вместе с тем исследования выявили устойчиво низкие показатели успешности учащихся, в сочетании с высоким уровнем отсева, который значительно выше, чем в других системах образования [2]. Разрыв между количеством зачисленных студентов и числом тех, кто успешно завершает онлайн-обучение представляет угрозу преимуществ дистанционного обучения, поскольку влияет на возможность приема новых студентов, объемы финансирования и доверие к самой системе [3].

Одним из наиболее перспективных инструментов для борьбы с оттоком студентов является машинное обучение, которое позволяет проводить анализ больших объёмов данных, выявлять скрытые закономерности и прогнозировать результаты обучения.

Кроме того, образовательные данные можно визуализировать с помощью аналитических панелей (LADs) – интерактивных панелей визуализации данных, которые собирают, анализируют и отображают ключевые показатели учебного процесса (успеваемость, конверсию, доходимость и проч.) в режиме реального времени. Они помогают преподавателям и студентам принимать обоснованные решения, улучшать курсы и оптимизировать обучение [4].

В этой статье представлена аналитическая панель (см. рис. 1), которая объединяет ML-модель для прогнозирования отсева обучающихся и визуализацию основных метрик, отражающих эффективность учебного процесса, проводимого с применением дистанционных образовательных технологий. Для построения дашборда использовалась библиотека Dash, созданная компанией Plotly, для интерактивных панелей управления [5]. Исходными данными служила статистическая информация, полученная из нескольких источников, например, логов системы управления обучением Moodle и корпоративной платформы Microsoft Teams.



Рис. 1. Дашборд по «Цифровым кафедрам»

Разработанная аналитическая панель объединяет учебную и предсказательную аналитику. Прогнозирование успеваемости обучающихся проводится на основе данных о студентах, описанных с помощью динамически меняющегося списка признаков. Это означает, что набор данных помимо постоянных признаков (пол, возраст, оценки, данные об основном месте обучения, данные о курсе) содержит также данные об учебной активности, которые в начале, середине и конце рабочего процесса имеют разное число признаков.

Прогнозы были сделаны с использованием метода «случайного леса». На рис. 2 представлены численные результаты для оценки и сравнения производительности разработанных моделей и точности их прогнозирования.

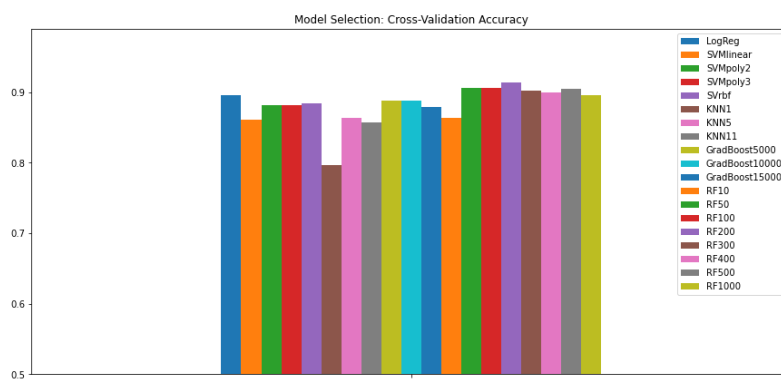


Рис. 2. Выбор метода для решения задачи

Результаты показали, что предлагаемая модель бинарной классификации, позволяет предсказать обучающихся с высоким риском отчисления с точностью (метрика ROC-AUC) от 0.74 (на ранних стадиях обучения, первые 2 недели осеннего семестра), до 0.94 (на стадии окончания весеннего семестра). Т.о. с помощью машинного обучения можно выявлять учащихся из группы риска на ранней стадии обучения, однако точность прогноза моделей повышается с увеличением объема данных по мере прохождения семестра.

Разработанная аналитическая панель предназначена для педагогов с целью мониторинга динамики образовательного процесса. Функционал дашборда постоянно совершенствуется и дорабатывается для максимальной информативности исходя из потребностей его пользователей.

Литература

1. Boling, E.C., Hough, M., Krinsky, H., Saleem, H. and Stevens, M. (2012) Cutting the Distance in Distance Education: Perspectives on What Promotes Positive, Online Learning Experiences. *Internet and Higher Education*, 15, 118–126. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2011.11.006>.
2. Shea, P., & Bidjerano, T. (2014). Does online learning impede degree completion? A national study of community college students. *Computers & Education*, 75, 103–111.
3. Guzmán-Simón, F., García-Jiménez, E., & López-Cobo, I. (2017). Undergraduate students' perspectives on digital competence and academic literacy in a Spanish University.
4. A. Schwendimann, B., M. J. Rodríguez-Triana, A. Vozniuk, P. Prieto, L., M. S. Boroujeni, A. Holzer, D. Gillet, P. Dillenbourg, Perceiving learning at a glance: A systematic literature review of learning dashboard research, *IEEE Transactions on Learning Technologies* 10 (2016) 30–41.
5. Dash for Python Documentation: <https://dash.plotly.com/tutorial>.

ГЕНЕРАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОЛИГОНАЛЬНЫХ МАСОК С УПРАВЛЯЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ ИНПЕЙНТИНГА

Карякин М. М.

ФГАОУ ВО Южный федеральный университет,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: mkariakin@sfedu.ru

Задача восстановления целостности изображений (инпейнтинг) остается одной из ключевых в области компьютерного зрения ввиду неоднозначности генерации отсутствующих данных. Особую сложность представляет закрашивание областей сложной геометрической формы с неровными границами. Существующие датасеты масок часто ограничены набором простых форм (прямоугольники, эллипсы) или случайными штрихами [1, 2], что не позволяет полноценно оценить устойчивость и обобщающую способность моделей в реальных условиях, где маски могут иметь произвольную, «рваную» структуру.

В данной работе представлен метод программной генерации синтетических полигональных масок с тремя ключевыми управляемыми параметрами: вытянутостью, рваностью и топологическим родом. Цель – создание обширного и контролируемого набора данных для стресс-тестирования и сравнительного анализа современных архитектур нейронных сетей для инпейнтинга, таких как EdgeConnect [3], LaMa [4], MAT [5] и других.

Для того чтобы по результатам тестирования получить наиболее полную информацию о качестве работы алгоритмов инпейнтинга, необходимо выбрать набор обратимых слабо коррелирующих параметров. Алгоритм, принимающий их на вход, должен генерировать множество многоугольников, достаточно полно отражающее пространство всех возможных форм масок.

Параметр вытянутости (Aspect Ratio, α). Исходной точкой генерации является прямоугольник, ограничивающий будущий многоугольник. Параметр вытянутости задаётся как соотношение его сторон (ширина/высота). Значение $\alpha = 1$ описывает квадратную область, $\alpha > 1$ – горизонтально вытянутый прямоугольник, $\alpha < 1$ – вертикально вытянутый. Этот параметр позволяет моделировать маски различной пространственной ориентации.

Топологический род (Genus, G). Параметр определяет количество отверстий внутри маски. Род $G = 0$ соответствует односвязной области без отверстий (например, диск). $G = 1$ – область с одним отверстием (кольцо), $G > 1$ – со многими отверстиями. Это критически важный параметр, так как

алгоритмы инпейнтинга должны корректно учитывать сложную топологию пропущенных областей.

Рваность (raggedness, R), определяемая как отношение квадрата периметра многоугольника (P^2) к его площади (S), с поправочным коэффициентом для нормализации. Высокое значение R соответствует сильно изрезанной, фракталоподобной границе, низкое – гладкому контуру (например, эллипсу). Согласно изопериметрическому неравенству, минимально возможное значение P^2/S равно 4π (соответствует кругу). Для удобства определим рваность как

$$R = \frac{P^2}{4\pi S} \quad (1)$$

Суть предложенного алгоритма состоит в последовательном приближении рваности R текущей фигуры к целевому значению R_{target} . Изначально генерируется простая фигура с низкой рваностью R_{start} . Общий требуемый прирост рваности $\Delta R = R_{\text{target}} - R_{\text{start}}$ распределяется между двумя этапами: модификацией внешнего контура ($\Delta R_{\text{contour}}$) и добавлением деформированных отверстий (ΔR_{holes}), так что $\Delta R = \Delta R_{\text{contour}} + \Delta R_{\text{holes}}$.

Шаг 1. Генерация базовой выпуклой оболочки.

Исходной точкой является ограничивающий прямоугольник с заданным коэффициентом вытянутости α . Внутри него генерируется случайный выпуклый многоугольник P , который служит базовой внешней границей маски. Данная фигура характеризуется малой начальной рваностью R_{start} .

Шаг 2. Итеративная модификация внешнего контура для управления рваностью.

Цель данного шага – увеличить рваность фигуры от R_{start} до промежуточного значения $R_{\text{contour}} = R_{\text{start}} + \Delta R_{\text{contour}}$. Для этого применяется итеративная процедура локальной деформации границы:

Генерируется небольшой случайный выпуклый многоугольник c_i .

К многоугольнику P применяется геометрическая операция разности (вычитания): $P := P \setminus c_i$. Эта операция "вырезает" часть площади вдоль границы, создавая локальную вогнутость, увеличивает периметр, уменьшает площадь и, следовательно, рваность R .

Значение R для нового многоугольника P пересчитывается. Процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнуто целевое значение R_{contour} или исчерпан лимит итераций.

Шаг 3. Последовательное формирование отверстий для задания топологического рода и финальной рваности.

Цель данного шага – увеличение рваности до итогового значения R_{target} и придание фигуре заданного топологического рода G .

Создаётся случайный выпуклый многоугольник-заготовка h . Его граница итеративно деформируется (аналогично Шагу 2) путём вычитания малых многоугольников.

Для корректного размещения деформированной заготовки h внутри основного полигона P (так, чтобы операция вычитания создала изолированное отверстие, а не рассекла фигуру на части и не деформировала границу без создания нового отверстия) вычисляется сумма Минковского P и $-h$. Результирующая геометрическая область определяет множество допустимых точек позиционирования центра h .

Деформированный многоугольник h случайным образом размещается внутри области, полученной на предыдущем этапе. После этого выполняется геометрическая операция разности: $P := P \setminus h$.

Данная процедура повторяется G раз. Каждое новое отверстие генерируется, деформируется и размещается относительно уже модифицированного полигона P , полученного после вычитания предыдущих отверстий.

Результатом является многоугольник, имеющий заданный топологический род и итоговую рваность $R \approx R_{\text{target}}$.

Для быстрого и качественного приближения целевой рваности при вычитании $P \setminus h$ используется аналитический подход, основанный на свойствах параметра R . Ключевым наблюдением является инвариантность рваности многоугольника относительно операции масштабирования: если многоугольник h масштабируется, отношение P^2/S для него остаётся постоянным.

Управление вкладом отверстия в общую рваность осуществляется через его масштабирование. Для полигона h с заданной формой (и, следовательно, фиксированной собственной рваностью r) необходимый коэффициент масштабирования k рассчитывается из условия, что операция $P \setminus h$ должна увеличить рваность композитной фигуры до заданной величины R_{target} . Данный коэффициент однозначно определяется через целевой прирост ΔR , текущие периметр P и площадь S маски, а также величину r , после нахождения необходимого периметра p .

$$p^2(1 + \frac{R_{\text{target}}}{r}) + p * 2P + (P^2 - R_{\text{target}} * S * 4\pi) = 0 \quad (2)$$

Проведена интеграция с алгоритмом инпейнтинга EdgeConnect, основанного на последовательном восстановлении границ изображения и текстур двумя отдельными нейросетями. Для оценки качества были использованы следующие метрики PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio, чем выше, тем лучше), SSIM [6] (Structural Similarity Index Measure, чем выше, тем лучше) и LPIPS [7] (Learned Perceptual Image Patch Similarity, чем меньше, тем лучше). Каждая из множества сгенерированных масок накладывалась на три изображения из разных классов датасета Places2 [8] (одни и те же для каждой маски). Такое небольшое количество изображений призвано снизить влияние на результат разнообразия текстур, чтобы в первую очередь сравнить влияние параметров масок.

	area	aspect_ratio	genus	ragedness	psnr	ssim	lpips
area	1.0	0.73	-0.06	-0.58	-0.93	-0.97	0.94
aspect_ratio	0.73	1.0	0.05	-0.41	-0.68	-0.72	0.73
genus	-0.06	0.05	1.0	-0.07	0.09	0.04	-0.06
ragedness	-0.58	-0.41	-0.07	1.0	0.63	0.54	-0.51
psnr	-0.93	-0.68	0.09	0.63	1.0	0.93	-0.93
ssim	-0.97	-0.72	0.04	0.54	0.93	1.0	-0.97
lpips	0.94	0.73	-0.06	-0.51	-0.93	-0.97	1.0

На иллюстрации представлена матрица корреляции Пирсона между параметрами маски и метриками. Значения близкие к 1 и -1 говорят о сильной прямой и обратной линейной зависимости соответственно. Значения близкие к 0 означают отсутствие линейной зависимости. Как и ожидалось, все метрики наиболее сильно коррелируют с площадью маски (чем меньше, тем лучше). Аналогичная ситуация с вытянутостью: широкие (близкие к кругу или квадрату) маски оказались сложнее для заполнения чем тонкие. В свою очередь увеличение параметра рваности коррелирует с ухудшением показателей всех метрик. Параметр топологического рода не оказал существенного влияния на качество работы алгоритма из-за ограниченности возможностей алгоритма генерации отверстий на данном этапе, особенно для фигур с большой рваностью. Повышение разнообразия возможной топологии, а также использование большего количества параметров масок и метрик качества являются основными направлениями дальнейшего исследования.

Литература

1. Liu, G. Image Inpainting for Irregular Holes Using Partial Convolutions / G. Liu, F. A. Reda, K. J. Shih [et al.] // Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV). 2018. URL: <https://arxiv.org/abs/1804.07723>.
2. Isakov, K. Semi-parametric Image Inpainting / K. Isakov. – 2018. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1807.02855>.
3. Nazeri, K. EdgeConnect: Generative Image Inpainting with Adversarial Edge Learning / K. Nazeri, E. Ng, T. Joseph [et al.]. – 2019. – URL: <https://arxiv.org/abs/1901.00212>.
4. Suvorov, R. Resolution-robust Large Mask Inpainting with Fourier Convolutions / R. Suvorov, E. Logacheva, A. Mashikhin [et al.]. – 2021. – URL: <https://arxiv.org/abs/2109.07161>.

5. *Li, W.* MAT: Mask-Aware Transformer for Large Hole Image Inpainting / W. Li, Z. Lin, K. Zhou [et al.] // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2022. – P. 10758–10768.
6. *Wang, Z.* Image quality assessment: from error visibility to structural similarity / Z. Wang, A. C. Bovik, H. R. Sheikh, E. P. Simoncelli // IEEE Transactions on Image Processing. – 2004. – Vol. 13, № 4. – P. 600–612.
7. *Zhang, R.* The Unreasonable Effectiveness of Deep Features as a Perceptual Metric / R. Zhang, P. Isola, A. A. Efros [et al.] // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2018. – P. 586–595.
8. *Zhou, B.* Places: A 10 million Image Database for Scene Recognition / B. Zhou, A. Lapedriza, A. Khosla [et al.] // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2017. – Vol. 40, № 6. – P. 1452–1464.

ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПЕРЕВОДЕ С РУССКОГО НА АНГЛИЙСКИЙ

Красноженов Е. Ю.

Балтийский Государственный Технический Университет

«Военмех» им. Д. Ф. Устинова,

г. Санкт-Петербург

E-mail: ekrutenko@sfedu.ru

За последние годы технологии машинного перевода претерпели революционные изменения. Переход от статистических методов к нейронному машинному переводу (NMT), а впоследствии – к использованию больших языковых моделей (LLM), позволил достичь беспрецедентного качества автоматического перевода для многих языковых пар. Направление "русский → английский" традиционно является одним из наиболее востребованных как в силу глобального статуса английского языка, так и благодаря значительному объему доступных параллельных корпусов [1, 8].

Актуальность применения LLM в задачах русско-английского перевода обусловлена несколькими факторами. Во-первых, это способность моделей к обучению "в несколько примеров" (few-shot prompting), что позволяет адаптировать их к специализированным доменам (юридические, медицинские, технические тексты) без необходимости сбора огромных доменно-специфичных параллельных корпусов [1]. Во-вторых, генеративные возможности LLM открывают путь к созданию систем, учитывающих стилистические и прагматические нюансы, что особенно важно при передаче идиоматики и культурно-специфичных реалий [8].

Однако, несмотря на впечатляющий прогресс, широкое внедрение LLM в критически важные области, где требуется высокоточный перевод с русского на английский (международное право, дипломатия, научная коллаборация), сдерживается рядом серьезных проблем. К ним относятся склонность моделей к генерации фактологически неверной информации (галлюцинации), воспроизведение и усиление социальных и культурных предубеждений (bias), непрозрачность механизмов принятия решений, а также отсутствие надежных и интерпретируемых метрик оценки [2, 3, 6, 7].

Целью данного доклада является систематизация этих проблемных аспектов и анализ современных подходов к их решению, предлагаемых в зарубежной и отечественной научной литературе, с проекцией на специфику русско-английской языковой пары. Анализ актуальных исследований позволяет выделить несколько магистральных направлений, в рамках которых ведутся дискуссии о проблемах и путях развития LLM в машинном переводе.

Одной из наиболее острых проблем является склонность LLM к галлюцинациям – генерации беглого, но семантически неверного английского перевода, не соответствующего исходному русскому тексту. Для русско-английской пары эта проблема усугубляется значительными различиями в грамматических структурах (свободный порядок слов в русском против фиксированного в английском, категория вида глагола и др.). Как отмечается в обзорной работе [1], галлюцинации остаются нерешенной проблемой для всех архитектур. Исследование [7] показывает, что стандартные LLM могут не только генерировать, но и с трудом обнаруживать собственные галлюцинации без специальной настройки.

Дополнительную уязвимость создает использование механизма Retrieval-Augmented Generation (RAG). Авторы статьи [2] в своей работе демонстрируют, что системы, дополненные поиском, крайне чувствительны к "шумному" контексту. Для перевода с русского это может означать, что извлечение нерелевантного или неверно интерпретированного фрагмента из памяти переводов способно катастрофически ухудшить качество финального вывода.

Проблема системной предвзятости в русско-английском переводе имеет ярко выраженную лингвокультурную специфику. Исследование [5] констатирует, что модели воспроизводят и усиливают стереотипы. Для пары русский-английский это может проявляться в нескольких аспектах:

1. Гендерная предвзятость: Русский язык маркирует гендер грамматически (сказуемое в прошедшем времени), в то время как английский часто требует явного указания на гендер или использования нейтральных конструкций. Модели могут "угадывать" гендер на основе стереотипных ассоциаций (например, *"врач сказала"* → *"the doctor said"* с потерей гендера, или ошибочное *"she"* там, где это не следует из контекста).
2. Культурные реалии: Перевод концептов, уникальных для русской культуры (*"душа"*, *"тоска"*, *"дачная амнистия"*), требует не просто транслитерации, а культурной адаптации, к которой LLM не всегда готовы, часто выбирая буквалистские или стилистически неадекватные варианты [8].

Оценка качества русско-английского перевода сталкивается с теми же проблемами, что и оценка для других пар, но с нюансами. Традиционные метрики, такие как BLEU, часто не справляются с оценкой семантической точности при наличии лексических и синтаксических расхождений между языками.

Масштабное исследование 47 метрик показало, что методы на основе LLM как оценщиков ненадежны на сегментном уровне. В ответ на эти ограничения предлагаются более сложные подходы. Метрика TASER [9] использует Large Reasoning Models (LRMs) для пошаговой систематической

оценки, что не только повышает точность, но и обеспечивает интерпретируемость результатов. Работа [6] также акцентирует внимание на необходимости создания сложных тестовых наборов и использования протокола Error Span Annotation (ESA) для более качественной человеческой оценки, что особенно важно для выявления тонких смысловых искажений при переводе с русского.

Подход, основанный на прямой оптимизации предпочтений (англ. – Direct Preference Optimization) [10], использует идею обучения на парах "хороший" и "плохой" перевод, где "плохой" (отвергаемый) перевод содержит галлюцинацию. Цель – максимизировать разницу в логарифмической вероятности между предпочтительным и непредпочтительным ответами. Функция потерь выражается как:

$$L(\pi_{\theta}; \pi_{\text{ref}}) = -\mathbb{E} \left[\log \sigma \left(\beta \log \frac{\pi_{\theta}(y_w | x)}{\pi_{\text{ref}}(y_w | x)} - \beta \log \frac{\pi_{\theta}(y_l | x)}{\pi_{\text{ref}}(y_l | x)} \right) \right]$$

где:

- β – гиперпараметр (коэффициент регуляризации).
- $\pi(Y|X)$ – оптимизируемая языковая модель, которая учится предсказывать ответ Y для промпта X .
- $\pi_{\text{ref}}(Y|X)$ – референсная (замороженная) модель, которая нужна, чтобы новая модель не уходила слишком далеко от исходного распределения токенов.
- x – входной текст (промпт);
- y_w – предпочтительный (winning) ответ
- y_l – отвергаемый (losing) ответ.

Математическое ожидание в функции потерь вычисляется путем генерации троек (x, y_w, y_l) из обучающего набора данных.

Для русско-английского перевода генерация таких пар (y_w, y_l) может быть осуществлена путем внесения типичных ошибок, связанных с межъязыковой интерференцией (например, неверный порядок слов, калькирование, неправильный выбор предлога).

Проведенный анализ показывает, что применение методов машинного обучения, в особенности больших языковых моделей, в задачах перевода с русского на английский сопряжено с рядом серьезных проблем. Галлюцинации, системная предвзятость, неинтерпретируемость и несовершенство метрик оценки остаются объектами активных исследований. Особую остроту этим проблемам придают структурно-типологические различия между русским и английским языками, а также необходимость передачи культурно-специфичных смыслов.

Современные подходы к решению этих проблем лежат в различных плоскостях: от совершенствования архитектур и методов обучения (оптимизация предпочтений, соревновательное обучение) до создания гибридных

нейро-символических систем и разработки новых, более сложных и интерпретируемых метрик оценки. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на создание более надежных, справедливых и объяснимых систем, способных эффективно и безопасно работать с лингвистической сложностью и культурным богатством русско-английской языковой пары.

Данная работа была выполнена под руководством проф., д. ф.-м. н. Кудрявцева Олега Евгеньевича.

Литература

1. Gain B., et al. Bridging the linguistic divide: a survey on leveraging large language models for machine translation. arXiv:2504.01919, 2025.
2. Sun, et al. Exposing the cracks: vulnerabilities of retrieval-augmented LLM-based machine translation. arXiv:2510.00829, 2025.
3. Moghe, et al. Machine translation meta evaluation through translation accuracy challenge sets. Computational Linguistics, 2025. 51 (1), 73–137.
4. Mishra A. Advancing explainability in neural machine translation: analytical metrics for attention and alignment consistency. 2024. CoRR abs/2412.18669.
5. TraductAL: an offline neural machine translation system based on NLLB200 and Apertus8B. GitHub, 2025.
6. Kocmi, T., et al. Findings of the WMT25 General Machine Translation Shared Task: Time to Stop Evaluating on Easy Test Sets. 355. Paper presented at Tenth Conference on Machine Translation, Suzhou, China. URL: <https://aclanthology.org/2025.wmt-1.22/>.
7. Gogoulou E. et al. Can LLMs detect intrinsic hallucinations in paraphrasing and machine translation? // Proceedings of the Fourth Workshop on Generation, Evaluation and Metrics, 2025. 161–177. URL: <https://aclanthology.org/2025.gem-1.13/>.
8. Костиникова О. А. БЯМи в сфере машинного перевода // Russian Linguistic Bulletin. 2026. №1 (73). DOI: 10.60797/RULB.2026.73.14.
9. Maheswaran, M., et al. TASER: Translation Assessment via Systematic Evaluation and Reasoning, 2025. 1004-1010. URL: <https://aclanthology.org/2025.wmt-1.76/>.
10. Rafailov R. et al. Direct Preference Optimization: Your Language Model is Secretly a Reward Model // Thirty-seventh Conference on Neural Information Processing Systems, 2023. URL: <https://openreview.net/forum?id=HPuSIXJaa9>.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК ИНСТРУМЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ПОДХОДА В ОБРАЗОВАНИИ

Крутенко Е. В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: ekrutenko@sfedu.ru

Аннотация. В статье рассматривается методика использования генеративных нейронных сетей для создания дифференцированных учебных заданий. Одна из основных проблем современного образования – гетерогенность классов, где ученики с разным уровнем подготовки вынуждены обучаться по единой программе. Предлагается решение с помощью генеративного ИИ. В статье представлена структура эффективного запроса, теоретическое обоснование дифференциации через таксономию Блума, а также готовые примеры запросов для генерации заданий разного уровня сложности.

Ключевые слова: дифференцированное обучение, генеративный ИИ, таксономия Блума, индивидуализация образования, нейросети в педагогике.

Введение: проблема гетерогенного класса

Современный массовый класс по своей природе гетерогенен (разнороден). В нём неизбежно оказываются ученики с разными когнитивными способностями, темпом усвоения материала и уровнем владения предметом. Перед учителем стоит сложная задача: как одновременно работать с теми, кто только начинает осваивать тему («начинающие»), с теми, кто уверенно владеет базой («продвинутые»), и с теми, кто способен к углублённому изучению («эксперты»)?

Традиционная фронтальная методика не учитывает эту гетерогенность, что порождает «образовательный разрыв»: слабые ученики не успевают, сильные теряют мотивацию. Решением может стать использование разноразрядных раздаточных материалов, однако их подготовка вручную требует огромных временных затрат. Здесь на помощь приходят генеративные нейросети.

Современные исследования подтверждают, что грамотно составленный запрос к ИИ позволяет автоматизировать создание дифференцированных заданий, учитывающих уровень познавательной деятельности учащихся [1, 2].

1. Теоретическая основа: таксономия Блума как фундамент дифференциации

Чтобы эффективно «разговаривать» с ИИ и получать задания разного уровня, необходимо опираться на педагогическую теорию. Классическая

таксономия Блума предлагает иерархию познавательных целей, которая идеально ложится в основу дифференцированных запросов.

Уровни таксономии Блума:

1. Знание: запоминание и воспроизведение информации.
2. Понимание: объяснение, интерпретация фактов.
3. Применение: использование знаний в новых ситуациях.
4. Анализ: выявление структуры, связей между элементами.
5. Синтез: создание нового продукта, оценка, аргументация.
6. Оценка: критическое суждение, формулирование выводов.

В контексте дифференциации мы можем соотнести эти уровни с тремя группами учащихся:

Начинающие (базовый уровень): соответствуют уровням «Знание» и «Понимание». Продвинутое (средний уровень): соответствуют уровням «Применение» и «Анализ». Эксперты (высокий уровень): соответствуют уровням «Синтез» и «Оценка».

2. Структура эффективного запроса: формула успеха

Анализ методической литературы позволяет выделить универсальную формулу эффективного запроса к ИИ для генерации учебных материалов [3-7]. Разные авторы предлагают сходные структуры: формула «Роль + Цель + Действие + Детали + Ограничения».

Обобщая, можно предложить следующий шаблон:

«Ты – [роль]. Создай [тип материала] по теме [тема] для [уровень/класс]. Учти следующие особенности: [детали, лексика, контекст]. Используй глаголы, соответствующие уровню таксономии Блума: [список глаголов]. Оформи в формате [требования к оформлению]. Количество заданий: [N].»

Ключевые элементы:

1. Роль: «Ты – опытный методист», «Ты – учитель математики», «Ты – репетитор по русскому языку». Это задаёт стиль и глубину ответа.

2. Контекст и аудитория: обязательно укажите уровень, возраст, тему. Например: «ученик 7-го класса, уровень А2 по английскому, тема "Путешествия"».

3. Глаголы-маркеры: использование глаголов из таксономии Блума радикально меняет сложность задания.

4. Ограничения и формат: укажите объём, наличие ответов, форму подачи (таблица, список, текст с пропусками).

3. Практикум: генерация заданий для трёх уровней

Рассмотрим, как теория воплощается в практические запросы на примере.

Математика (Тема: «Производная функции», 10–11 класс)

Для начинающего (уровень «Знание» и «Понимание»):

«Ты – репетитор по математике. Создай 5 заданий для ученика, который только начал изучать тему "Производная". Задания должны проверять знание таблицы производных и правил дифференцирования (сумма, разность). В каждом задании дай простую функцию (например, $y = 3x^2$, $y = 5x + 2$). Попроси найти производную. Добавь ответы для самопроверки.»

Для продвинутого (уровень «Применение» и «Анализ»):

«Ты – учитель математики профильного класса. Создай 5 заданий по теме "Производная" для учеников, уверенно владеющих базой. Задания должны требовать применения производной для нахождения углового коэффициента касательной и скорости точки, движущейся по закону. Добавь одну задачу на анализ: "В какой точке касательная к графику функции параллельна прямой?"»

Для эксперта (уровень «Синтез» и «Оценка»):

«Ты – преподаватель вуза, готовишь учеников к олимпиаде. Составь 3 задания по теме "Производная" повышенной сложности. Задания должны требовать нестандартного подхода: исследование сложной функции с параметром, доказательство неравенств с помощью производной, задачи на оптимизацию с экономическим или физическим контекстом. Добавь указания к решению.»

4. Продвинутые техники написания запросов

Для создания по-настоящему качественных дифференцированных материалов можно использовать более сложные приёмы.

4.1. Реверсивный диалог

Вместо того чтобы давать готовый запрос, можно попросить ИИ выступить в роли соавтора. Например: «Я хочу провести урок по теме "Кислород" в 8 классе. В классе есть сильные и слабые ученики. Предложи мне 3 варианта структуры урока с дифференцированными заданиями. Задавай уточняющие вопросы, если тебе не хватает информации.» Такой подход, известный как реверсивный диалог, позволяет совместно с ИИ конструировать оптимальную структуру занятия.

4.2. Метод «Диаграммы мыслей» (Сократический диалог)

Для экспертного уровня эффективно использовать технику, где ИИ выступает не как генератор ответов, а как тьютор, задающий наводящие вопросы. Это позволяет развивать критическое мышление.

«Ты – философ и наставник. Не давай мне готовых ответов. Я хочу разобраться в причинах Первой мировой войны. Задавай мне вопросы, которые подтолкнут меня к самостоятельным выводам. Если я ошибаюсь, мягко направляй меня контраргументами.»

4.3. Моделирование дискуссии

Можно создавать промпты, где несколько виртуальных персонажей ведут диалог, а ученик должен проанализировать их позиции.

«Создай диалог трёх историков: либерала, консерватора и марксиста. Пусть они спорят о роли личности в истории. Каждый должен привести по

два аргумента. После диалога задай ученику вопрос: "Чья позиция кажется тебе наиболее убедительной и почему?"»

Заключение

Генеративные нейронные сети открывают новые горизонты для реализации принципа дифференцированного обучения. Они позволяют учителю, работающему в гетерогенном классе, быстро и эффективно создавать разноуровневые материалы, экономя время и силы.

Ключевой навык современного педагога – умение грамотно формулировать запрос, опираясь на педагогическую теорию (таксономию Блума). Освоив этот навык, учитель превращает ИИ из «просто технологии» в своего надёжного ассистента, способного подготовить индивидуальные задания для каждого ученика: от начинающего до эксперта.

Литература

1. Жигалов, К. Ю. Искусственный интеллект в помощь педагогу: как составлять эффективные промты для лекций, практик и сценариев занятий // Научный Лидер. 2025.
2. Токтарова, В. И., Ребко, О. В. Промпт-инжиниринг как цифровая компетенция педагога: новые вызовы и возможности // Новые образовательные стратегии. 2025.
3. Бондаренко, А. А. Генеративные нейросети: основы и применение в образовании / А. А. Бондаренко, И. В. Смирнов. – М.: Академия ИИ, 2023. – 312 с.
4. Воробьева, Е. С. Prompt Engineering: искусство взаимодействия с ИИ / Е. С. Воробьева. – СПб.: Питер, 2023. – 224 с.
5. Кузнецов, П. С. Этика и безопасность в использовании генеративного ИИ в образовании / П. С. Кузнецов // Среднее профессиональное образование. – 2022. – № 11. – С. 45–53.
6. Румянцев, Д. В. Генеративные модели в обучении: от ChatGPT до StableDiffusion / Д. В. Румянцев. – М.: ИТ-пресс, 2023. – 198 с.
7. Тихомиров, В. П. Prompt-дизайн в образовании: методические рекомендации для преподавателей / В. П. Тихомиров. – М.: Институт цифрового образования, 2023. – 84 с.

РАЗРАБОТКА И СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КЛАССИФИКАЦИИ ШЛИФОВ

Лунева А. А.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: aluneva@sfnedu.ru*

Доклад посвящен автоматизации петрографического анализа – разработке и сравнению моделей глубокого обучения для классификации изображений шлифов горных пород. В условиях больших объемов геологических данных визуальная диагностика шлифов специалистом требует значительных временных затрат. Целью работы является создание инструмента, позволяющего автоматически и с высокой точностью определять характеристики породы по ее микрофотографиям.

Постановка задачи.

Сравнить существующие модели и разработать оптимальную архитектуру для решения задачи многоклассовой классификации шлифов. В рамках исследования необходимо решить следующие подзадачи: выполнить предварительную обработку и аугментацию датасета, реализовать обучение нескольких архитектур нейронных сетей, провести сравнительный анализ их эффективности и выбрать наилучшую модель для практического применения.

Методы решения.

В работе рассматриваются и сравниваются следующие подходы:

Классические сверточные нейронные сети (CNN): архитектуры ResNet и EfficientNet.

Архитектуры на базе Vision Transformer (ViT): использование self-distillation стратегий для извлечения признаков.

Результаты.

Экспериментальные исследования продемонстрировали следующую эффективность разработанных моделей:

Разработанные модели достигли точности более 60% при классификации степени окатанности горных пород на тестовой выборке.

Практическая значимость: разработанные модели могут быть интегрированы в программное обеспечение для геологов, обеспечивая классификацию образцов.

1. *Liang J.* Image classification based on RESNET // Journal of Physics: Conference Series. – Bristol: IOP Publishing, 2020. – Vol. 1634. – Article 012110. – DOI 10.1088/1742-6596/1634/1/012110.
2. *Liu J., Wang M., Bao L., Li X.* EfficientNet based recognition of maize diseases by leaf image classification // Journal of Physics: Conference Series. – Bristol: IOP Publishing, 2020. – Vol. 1693. – Article 012148. – DOI 10.1088/1742-6596/1693/1/012148.
3. *Khan S., Naseer M., Hayat M., Zamir S. W., Khan F. S., Shah M.* Transformers in Vision: A Survey // ACM Computing Surveys. – New York: Association for Computing Machinery, 2022. – Vol. 54, No. 10s. – Article 200. – P. 1-41. – DOI 10.1145/3505244.
4. *Zhang L., Bao C., Ma K.* Self-Distillation: Towards Efficient and Compact Neural Networks // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – Piscataway: IEEE, 2022. – Vol. 44, No. 8. – P. 4388-4403. – DOI 10.1109/TPAMI.2021.3067100.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ

Макаренко Д. А.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт компьютерных технологий и информационной
безопасности,*

г. Таганрог

E-mail: dmakarenko@sfedu.ru

Введение

Цифровая трансформация образования постепенно меняет не только способы преподавания, но и сам подход к пониманию учебного процесса. Электронные курсы, системы дистанционного обучения, платформы тестирования, цифровые библиотеки – всё это оставляет после себя большие массивы данных. В них фиксируются результаты тестов, активность студентов, особенности выполнения заданий, динамика взаимодействия с учебными материалами. И если раньше такие сведения воспринимались скорее как сопутствующий продукт образовательной деятельности, то сегодня они становятся самостоятельным объектом анализа.

На этом фоне всё более заметную роль играют методы машинного обучения. Они позволяют работать с образовательными данными не вручную и не фрагментарно, а системно: искать закономерности, выявлять скрытые зависимости, строить прогнозы, замечать риски ещё до того, как проблема проявится в итоговых результатах. Именно поэтому образовательная аналитика и интеллектуальный анализ образовательных данных сегодня рассматриваются как одно из наиболее перспективных направлений развития цифрового образования.

Цель настоящего исследования состоит в анализе возможностей применения методов машинного обучения для обработки образовательных данных, прогнозирования академической успешности и повышения эффективности управления учебным процессом.

Образовательные данные как объект интеллектуального анализа

Образовательные данные формируются в ходе повседневной деятельности студентов и преподавателей в цифровой среде. Их источниками выступают системы управления обучением, электронные образовательные платформы, сервисы тестирования, базы успеваемости, журналы посещаемости и другие информационные системы, встроенные в инфраструктуру современного университета [1].

Содержательно такие данные весьма разнообразны. Сюда относятся результаты экзаменов и промежуточных тестов, информация о посещаемости, выполнение домашних заданий, частота обращения к учебным материалам, продолжительность работы в системе, характер взаимодействия с цифро-

выми ресурсами. В совокупности эти показатели дают достаточно подробное представление о том, как именно организована учебная деятельность обучающегося.

Именно в этом и заключается исследовательская ценность образовательных данных. Они позволяют не только фиксировать уже достигнутый результат, но и рассматривать обучение как процесс, в котором можно обнаружить устойчивые модели поведения, факторы риска, признаки снижения вовлечённости или, напротив, условия высокой академической успешности. Анализ таких данных делает возможным решение нескольких значимых задач: прогнозирование успеваемости, выявление студентов группы риска, определение факторов, влияющих на результаты обучения, а также персонализацию образовательных траекторий [2].

Методы машинного обучения в образовательной аналитике

Машинное обучение представляет собой набор методов, ориентированных на выявление закономерностей в данных и построение моделей, способных делать прогнозы или принимать решения на основе накопленного опыта. В образовательной аналитике наибольшее распространение получили методы классификации, кластеризации и регрессии.

Методы классификации применяются в тех случаях, когда необходимо отнести объект к одной из заранее заданных категорий. Например, с их помощью можно оценить вероятность успешного завершения курса, определить уровень академической подготовки студента или спрогнозировать риск возникновения задолженности. В числе наиболее распространённых алгоритмов этой группы выделяются деревья решений, метод опорных векторов и нейронные сети [3].

Кластеризация решает иную задачу. Здесь речь идёт не о распределении по заранее известным классам, а о выявлении групп студентов со сходными характеристиками учебной активности. Это особенно полезно, когда необходимо понять, какие типы поведения существуют в цифровой образовательной среде. Один студент регулярно работает с платформой и стабильно выполняет задания заранее, другой подключается нерегулярно, но показывает высокие результаты, третий быстро теряет активность. Формально это просто разные паттерны, но в практическом смысле – основа для более точной педагогической работы.

Методы регрессии используются для прогнозирования числовых показателей, например итогового балла по дисциплине или вероятности успешной сдачи экзамена. Их преимущество заключается в возможности учитывать множество факторов одновременно, оценивая вклад каждого из них в итоговый результат.

Отдельного внимания заслуживают методы глубокого обучения. Нейронные сети позволяют анализировать более сложные структуры данных, включая временную динамику учебной активности. Это особенно актуально в тех случаях, когда важно не просто знать отдельные показатели

студента, а видеть траекторию его поведения во времени: когда началось снижение вовлечённости, как менялась интенсивность работы, в какой момент появились признаки риска. Такие модели открывают более широкие возможности для построения адаптивных образовательных систем.

Практическое применение методов машинного обучения в образовании

Практическая значимость методов машинного обучения в образовательной среде проявляется прежде всего в возможности принимать более обоснованные решения. Речь идёт не только об автоматизации анализа успеваемости, но и о поддержке управления образовательным процессом в целом.

Одним из ключевых направлений применения является раннее выявление студентов, испытывающих трудности в обучении. Прогностические модели позволяют заранее определить вероятность академической неуспеваемости и тем самым создать условия для своевременной поддержки. В университетской практике это может выражаться в дополнительных консультациях, адаптации содержания курса, изменении темпа освоения материала или подключении наставнических механизмов.

Ещё одно важное направление связано с персонализацией обучения. Если система способна учитывать индивидуальные особенности студента, уровень его подготовки, темп работы и характер взаимодействия с материалом, то обучение становится менее усреднённым. Оно начинает подстраиваться под реального человека, а не под абстрактную модель «среднего обучающегося». В этом смысле машинное обучение становится не просто технологическим инструментом, а средством повышения качества образовательной среды.

Кроме того, методы интеллектуального анализа данных могут использоваться для совершенствования учебных программ. Анализ результатов освоения дисциплин, структуры ошибок, динамики вовлечённости и использования цифровых ресурсов даёт преподавателям и администраторам основания для корректировки содержания курсов, пересмотра методических подходов и выявления проблемных тем. Это особенно ценно в условиях, когда объём данных слишком велик для традиционного анализа.

Проблемы и ограничения применения

При всей очевидной перспективности этого направления нельзя игнорировать и ограничения. Первый, и, пожалуй, самый чувствительный вопрос связан с конфиденциальностью данных. Образовательные платформы аккумулируют большое количество персональной информации: результаты обучения, особенности поведения, данные об активности. Работа с такими данными требует соблюдения не только технических, но и этических норм.

Не менее значимой проблемой остаётся интерпретируемость моделей. Многие алгоритмы, особенно сложные нейросетевые архитектуры, действительно обеспечивают высокую точность прогнозов. Но если преподаватель

или администратор не может понять, почему система пришла именно к такому выводу, доверие к результату снижается. В образовательной среде это особенно критично, потому что управленческие и педагогические решения затрагивают конкретных людей, а значит, требуют прозрачного обоснования.

Есть и ещё один момент. Эффективность любой модели напрямую зависит от качества исходных данных. Если данные неполны, несогласованы или отражают лишь часть учебной активности, выводы системы могут оказаться неточными. Поэтому внедрение методов машинного обучения в образовательную практику невозможно рассматривать в отрыве от общей цифровой зрелости образовательной организации.

Перспективы развития

Перспективы развития образовательной аналитики связаны с дальнейшей интеграцией методов машинного обучения в цифровые образовательные платформы и интеллектуальные системы сопровождения обучения. Вероятнее всего, такие системы будут всё активнее работать в режиме реального времени: отслеживать изменения в учебной активности, оперативно обновлять прогнозы, формировать рекомендации как для студентов, так и для преподавателей.

Можно ожидать, что в ближайшие годы особую роль начнут играть комплексные аналитические решения, которые будут объединять данные из разных источников: электронных курсов, тестирующих систем, библиотечных сервисов, платформ проектной работы. Такой подход позволит рассматривать учебную деятельность не как набор разрозненных событий, а как связанную и динамичную систему.

В более широком смысле применение машинного обучения в анализе образовательных данных открывает путь к новой модели управления образованием, в которой решения принимаются не интуитивно и не постфактум, а на основе обнаруженных закономерностей и прогнозных оценок. Это не отменяет роли преподавателя, а, скорее, усиливает её: у педагога появляется больше оснований для точного и своевременного вмешательства в учебный процесс.

Таким образом, методы машинного обучения становятся важным инструментом анализа образовательных данных и развития современной образовательной аналитики. Их использование позволяет выявлять закономерности учебной деятельности, прогнозировать академические результаты, обнаруживать группы риска и персонализировать образовательные траектории студентов [4].

Вместе с тем эффективность применения этих методов определяется не только качеством алгоритмов, но и зрелостью цифровой инфраструктуры, надёжностью данных, а также готовностью образовательных организаций учитывать требования этики и интерпретируемости результатов. Именно в

этом сочетании технологических и педагогических условий и заключается реальный потенциал интеллектуального анализа образовательных данных.

Литература

1. *Siemens G., Baker R.* Learning Analytics and Educational Data Mining // Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge. 2012. URL: <https://learning-analytics.info> (дата обращения: 10.03.2026).
2. *Romero C., Ventura S.* Educational Data Mining: A Review of the State of the Art // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 2010. URL: <https://ieeexplore.ieee.org> (дата обращения: 10.03.2026).
3. *Bishop C.* Pattern Recognition and Machine Learning. New York: Springer, 2006. URL: <https://link.springer.com> (дата обращения: 10.03.2026).
4. *Goodfellow I., Bengio Y., Courville A.* Deep Learning. Cambridge: MIT Press, 2016. URL: <https://www.deeplearningbook.org> (дата обращения: 10.03.2026).

ИМПУЛЬСНЫЕ НЕЙРОСЕТИ И ЗАДАЧИ ФИНАНСОВОЙ МАТЕМАТИКИ

Мамедов Г. Э.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: glebmamedov2004@gmail.com*

Импульсные нейронные сети представляют собой новое поколение нейронных сетей, приближённых к биологическим принципам обработки информации. Они используют дискретные импульсы(спайки) вместо непрерывных сигналов, что позволяет учитывать временную структуру данных. Однако дискретность спайков делает невозможным прямое применение градиентных методов обучения. Существуют методы, которые направлены на преодоление данной проблемы. Одним из таких подходов является группа методов *spike-timing-dependent plasticity (STDP)* [1], в которых изменение веса синапса определяется временной разностью между входным и выходным спайками. Данные методы хорошо согласуются с самой природой спайковых нейронных сетей, поскольку позволяют учитывать временную структуру входных последовательностей спайков. Однако наряду с биологически мотивированными подходами существуют и более стандартные, широко распространённые методы обучения, например методы суррогатного градиента [2], позволяющие использовать схему обратного распространения ошибки за счёт замены недифференцируемой функции испускания спайка её гладкой аппроксимацией при обратном проходе. Замена функции спайка в методах суррогатного градиента может негативно сказаться на скорости и точности обучения.

Существует ряд моделей спаковых нейронов, к которым применяется описанные выше методы. Они в разной степени точности реализуют упрощение модели Ходжкина-Хаксли [3]. Наибольшее распространение получили *integrate-and-fire(IF)* и *leaky-integrate-and-fire(LIF)* модели [4]. Эти модели нейронов довольно просты в вычислениях, что позволяет строить большие спайковые нейронные сети на их основе. Модель IF является более простой, но одновременно и менее биологически правдоподобной, чем модель LIF, поскольку в ней отсутствует механизм утечки мембранного потенциала. Тем не менее именно это свойство делает IF-модель особенно удобной при ANN–SNN конвертации.

В данной работе предложена новая модель спайкового нейрона, в которой мембранный потенциал представлен как экспоненциальный процесс Леви с управляемым коэффициентом утечки следующего вида (1):

$$U(t) = U_0 e^{-\beta t + I(t)}, \quad (1)$$

где входящий ток описывается процессом Леви (2):

$$I(t) = \sum_{i=1}^M w_i N_t^i \quad (2)$$

Со следующим механизмом сброса мембранного потенциала после испускания спайка (3):

$$U(t) \geq U_{th}, U(t) = U_{min}, \quad (3)$$

N_t^i – процесс Пуассона с интенсивностью λ_i для i -го пресинаптического нейрона, U_{th} – барьер, U_{min} – потенциал покоя.

Такая модель позволяет учитывать вероятностную природу входных токов и описывать пересечение порогового значения как задачу барьерного типа, аналогичную задачам ценообразования барьерных опционов в финансовой математике. Таким образом можно предложить новый подход к обучению спайковых нейронных сетей, сведя задачу обучения к вероятностной постановке.

Были проведены вычислительные эксперименты с применением новой модели и предложенной методики обучения для различных задач классификации. Для сравнения результатов была выбрана модель LIF нейрона, реализованная в пакете snntorch [5]. Проведённые вычислительные эксперименты показали, что предложенная модель демонстрирует результаты, сравнимые или превосходящие классический LIF нейрон в задачах классификации. Модель может быть применена для оценки вероятности пересечения барьера процессами Леви, что открывает возможности для более эффективного использования спайковых нейронных сетей на основе предложенного нейрона в задачах финансовой математики.

Данная работа была выполнена под руководством проф., д. ф.-м. н. Кудрявцева Олега Евгеньевича

Литература

1. *Feldman D. E.* (2012). The spike-timing dependence of plasticity. *Neuron*, 75(4), 556–571.
2. *Neftci, E. O., Mostafa, H., & Zenke, F.* (2019). Surrogate gradient learning in spiking neural networks. *IEEE Signal Processing Magazine*, 36(6), 61–63.
3. *Hodgkin, A. L., & Huxley, A. F.* (1952). A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve. *The Journal of Physiology*, 117(4), 500–544.
4. *Burkitt, Anthony.* (2006). A Review of the Integrate-and-fire Neuron Model: I. Homogeneous Synaptic Input. *Biological cybernetics*. 95. 1–19.
5. <https://snntorch.readthedocs.io/en/latest/>.

МЕТОД АУГМЕНТАЦИИ ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ АНАЛИЗА МИКРОВЫРАЖЕНИЙ

Нежинский М. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: nezhinskii@sfedu.ru*

Автоматическое распознавание микровыражений лица представляет собой задачу компьютерного зрения, связанную с обнаружением и классификацией кратковременных (0,04–0,2 с) произвольных движений лицевых мышц. Анализ таких движений применяется в психологии, криминалистике, медицине.

Развитие методов глубокого обучения в этой области ограничено небольшим объёмом доступных данных. Существующие наборы данных (CASME II, SAMM, CAS(ME)³ и другие) содержат лишь сотни размеченных видеофрагментов, характеризуются дисбалансом классов и значительной вариативностью форм лиц участников [1]. Основные причины ограниченности данных – сложность спонтанного вызова микровыражений в контролируемых условиях, необходимость точной разметки экспертами и короткая длительность самих микровыражений, что затрудняет их выделение и аннотацию [2]. В данной работе предложен метод аугментации, основанный на синтезе новых последовательностей ключевых точек лица путём переноса динамики микровыражения на формы лиц из подготовленного набора изображений.

На первом этапе предложенного метода аугментации подготавливается большой неразмеченный набор изображений лиц. Для каждого изображения извлекаются координаты ключевых точек лица, после чего все лица выравниваются к среднему шаблону. Затем производится фильтрация по углам поворота головы и эмоциям, удаление выбросов. Таким образом происходит отбор изображений с выровненными лицами с нейтральным выражением. Далее проводится снижение размерности координат, в полученном пространстве выделяется небольшое число кластеров, соответствующих основным типам форм лиц.

На следующем этапе используется датасет с размеченными микровыражениями. Для обработки видеофрагментов по каждому кадру извлекаются координаты ключевых точек лица. Чтобы уменьшить шум и дрейф точек между кадрами, применяется стабилизация последовательности, включая выравнивание относительно первого кадра и фильтрацию на основе оптического потока [3]. Для синтеза нового примера берётся форма лица из

другого кластера подготовленного набора, а динамика микровыражения переносится на неё с помощью трансформации тонкой пластины (TPS), применяемой отдельно к основным зонам лица.

Для оценки эффективности предложенного метода аугментации разработан модель классификации микровыражений. На основе последовательности ключевых точек строится граф, где вершины содержат относительные координаты и изменения между кадрами, а рёбра определяются по анатомической структуре лицевых мышц. Граф обрабатывается графовой нейронной сетью с механизмами внимания для получения эмбедингов каждого кадра [4]. Полученные последовательности эмбедингов подаются во временную модель (GRU, Transformer или на основе MIL), после чего следует классификационная голова.

Эксперименты по оценке предложенного метода аугментации проводились на датасете CAS(ME)³ в задаче 3-классовой классификации микровыражений. Без применения аугментации модель достигала значения F1-score 0,43. При использовании предложенного метода аугментации показатель вырос до 0,50.

Полученный прирост подтверждает, что метод позволяет эффективно увеличивать объём обучающих данных и улучшать качество распознавания микровыражений при ограниченных размеченных наборах. Дальнейшие исследования планируется направить на оптимизацию архитектуры модели и переноса TPS-аугментации на уровень изображений для получения полноценных синтезированных видеофрагментов.

Литература

1. Ben, Xianye, Yi Ren, Junping Zhang, Su-Jing Wang, Kidiyo Kpalma, Weixiao Meng, and Yong-Jin Liu. Video-based facial micro-expression analysis: A survey of datasets, features and algorithms // IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence 44, no. 9, 2021: 5826–5846.
2. Zhou L., Shao X., Mao Q. A survey of micro-expression recognition //Image and Vision Computing. – 2021. – Т. 105. – С. 104043.
3. Wang R. et al. Facialpulse: An efficient rnn-based depression detection via temporal facial landmarks //Proceedings of the 32nd ACM international conference on multimedia. – 2024. – С. 311–320.
4. Li D., Qiao N., Liu Y. Micro-expression recognition based on a novel GCN-transformer cooperation model for IoT-eHealth //Expert Systems with Applications. – 2024. – Т. 255. – С. 124763.

КРАТКОСРОЧНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ СОБЫТИЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПРОФИЛЯ "БЫСТРО-ВОЛНОВОГО СНА" ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС

Пономарев М. Б., Шепелев И. Е.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
Научно-исследовательский технологический центр
нейротехнологий
г. Ростов-на-Дону*

E-mail: maponoma@sfedu.ru, ishepelev@sfedu.ru

Краткосрочное прогнозирование сейсмических событий остаётся сложной и практически значимой задачей: своевременное предупреждение способно спасти жизни и смягчить экономические и социальные последствия землетрясений [1]. Мы рассматриваем подход к прогнозу на горизонте нескольких суток, основанный на анализе суточного профиля быстроволнового сна (REM) лабораторных крыс, размещённых на сейсмоактивной территории [2]. Предполагается, что стресс, вызванный приближающейся сейсмической активностью, отражается в структуре сна животного и, в частности, в динамике REM [3].

В работе использованы суточные гипнограммы, полученные по интеркортикальной ЭЭГ взрослых самцов крыс (линия пасюк, масса 200–250 г), находившихся на базе Камчатского филиала Единой геофизической службы РАН (г. Петропавловск-Камчатский, станция «Институт»). Анализ охватывает данные за каждые девять дней до и после каждого из четырнадцати крупных сейсмических событий интенсивностью более 2 баллов.

Методологически мы строим конвейер машинного обучения, специализированный на обработке временных рядов, в котором суточные ЭЭГ крыс преобразуются в гипнограммы, из которых в свою очередь вычисляются профили быстрого сна и их параметры, например, среднее (mean) и размах (разница между максимальным и минимальным значением на отрезке), которые мы используем в качестве признаков. На финальном этапе конвейера производится бинарная классификация «есть крупное событие в ближайшие сутки/нет». Суточный профиль REM вычисляется как процент времени фаз быстрого сна в некотором временном скользящем окне.

Генерация целевой метки учитывает наступление сейсмособытия в ближайшей перспективе: метка равна 1, если крупное событие происходит в окне следующих нескольких \суток (величина зависит от гиперпараметра модели). Метка равна 0, если землетрясение в ближайшее время не наблюдалось. Таким образом формируется сверхмалая выборка примеров по которой мы обучили и сравнили компактные модели.

Для реализации указанного конвейера разработаны расширения к библиотеке *scikit-learn*, позволяющие нативно работать с временными рядами в пайплайнах: компоненты могут изменять не только признаки, но и целевую переменную, а также выполнять генерацию и расширение выборки за счёт проведения целевой переменной через методы пакета. Добавлены специализированные препроцессоры для гипнограмм и профилей REM, обеспечивающие корректное выравнивание по времени и агрегирование статистик на фиксированных суточных сегментах. Кроме того, поддерживается перебор гиперпараметров с учётом временной структуры и *k-fold* кросс-валидация.

В качестве одной из базовых моделей использован опорный векторный классификатор: SVC с линейным ядром. На кросс-валидации получена точность 0.8. Выборка состояла по вышеописанным в тезисах правилам и параметрам. Полученные результаты указывают, что размах REM-профиля является информативной характеристикой, чувствительной к предвестникам сейсмической активности на горизонте суток.

Для улучшения качества модели с учетом сверхмалых размеров обучающей выборки были использованы байесовские методы, а также проделана объемная работа в сфере инженерии признаков: были рассмотрены изменения основных признаков относительно друг друга по мере близости к сейсмическому событию.

Ограничения исследования связаны с умеренным объёмом данных, однотипностью условий (один регион наблюдений и ограниченное число животных) и потенциальной чувствительностью к особенностям животных. Тем не менее сформированный конвейер устойчив к вариациям гиперпараметров, а показатели качества подтверждают наличие сигналов, релевантных краткосрочному прогнозированию сильных сейсмособытий. Практическое значение подхода – в возможности интеграции данных поведенческой нейрофизиологии животных в мультисенсорные системы раннего оповещения.

В дальнейшем планируется расширение датасета (другие регионы, большее количество исследуемых животных). Также нам предстоит разработать алгоритмы для вычисления гипнограмм непосредственно внутри конвейера, что позволит полностью автоматизировать процесс обучения и практического использования модели.

Литература

1. Geller R. J. (2007) Earthquake prediction: a critical review. *Geophysical Journal International* 131(3):425–450
2. Yokoi S. et. al. Mouse circadian rhythm before the Kobe earthquake in 1995 // *Bioelectromagnetics*. – 2003. – Т. 24. – №. 4. – С. 289–291.
3. Kirschvink J. L. Earthquake Prediction by Animals: Evolution and Sensory Perception. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 90, 2, pp. 312–323, 2000.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЛАТЕНТНЫХ ПРОСТРАНСТВ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Проскуряков А. А.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт компьютерных технологий и информационной
безопасности,
г. Таганрог*

E-mail: proskuriakov@sfedu.ru

В последние годы методы машинного обучения и глубоких нейронных сетей стали активно использоваться не только как инструменты автоматизации прикладных задач, но и как средства научного исследования сложных данных [1]. Одним из наиболее интересных аспектов современных нейросетевых моделей является формирование так называемых латентных пространств – внутренних представлений данных, возникающих в процессе обучения [1, 2]. Эти пространства представляют собой преобразование исходных данных в новую систему координат, в которой сложные нелинейные зависимости между объектами могут становиться более явными [2, 3]. Исследование структуры латентных пространств позволяет использовать нейросетевые модели не только для предсказаний, но и для анализа скрытых закономерностей, содержащихся в данных [1, 3].

Формально можно рассматривать нейросетевую модель как отображение исходного пространства данных X в пространство признаков Z . Пусть исходные данные представлены множеством объектов $X = \{x_1, x_2, \dots, x_3\}$, где каждый объект может иметь высокую размерность и сложную внутреннюю структуру. Нейросетевая модель реализует отображение вида

$$\phi: X \rightarrow Z,$$

где Z – латентное пространство признаков, а $\phi(x)$ – вектор признаков, формируемый на одном из внутренних слоёв модели. Размерность пространства Z обычно существенно меньше размерности исходных данных, однако при этом оно сохраняет наиболее информативные характеристики объектов [1, 2].

Особенность латентных пространств заключается в том, что в процессе обучения модель фактически выполняет нелинейное преобразование данных, которое стремится расположить объекты с похожими характеристиками ближе друг к другу. В результате в пространстве Z формируется определённая геометрическая структура, отражающая внутренние закономерности исходного набора данных. Это позволяет рассматривать латентные пространства как инструмент исследовательского анализа, позволяющий изучать структуру данных с новой точки зрения.

В задачах компьютерного зрения данный подход представляет особый интерес. Изображения обладают высокой размерностью и сложной пространственной структурой, а многие значимые признаки оказываются трудно формализуемыми. Нейросетевые модели, обучаемые на изображениях, автоматически формируют иерархию признаков, начиная от простых текстурных элементов и заканчивая более сложными структурными характеристиками объектов. При этом латентные представления, формируемые моделью, могут содержать информацию о форме, текстуре, взаимном расположении элементов изображения и других визуальных характеристиках.

Исследование латентных пространств становится особенно перспективным в случаях, когда данные обладают сложной и многослойной структурой, как, например, в медицинской визуализации. Медицинские изображения часто содержат тонкие морфологические признаки, которые могут быть трудно различимы при обычном визуальном анализе. Нейросетевые модели, обученные на таких данных, способны выявлять комбинации признаков, которые не всегда очевидны для человека, и тем самым формировать более глубокое представление о структуре изображений.

В ходе проведенных экспериментов с моделями компьютерного зрения, применяемыми для анализа медицинских снимков органов грудной клетки, особое внимание было уделено исследованию структуры латентных пространств, формируемых нейросетевой моделью. Вместо того чтобы рассматривать модель исключительно как инструмент классификации, анализировалось распределение признаковых векторов, соответствующих различным изображениям. Для этого каждому изображению сопоставлялся вектор признаков $z = \phi(x)$, извлекаемый из одного из внутренних слоёв модели. Совокупность таких векторов формировала облако точек в пространстве Z , отражающее структуру набора данных.

Анализ геометрии этого пространства позволил сделать ряд интересных наблюдений.

Во-первых, было обнаружено, что изображения с похожими морфологическими особенностями формируют устойчивые локальные области в латентном пространстве. Такие области можно рассматривать как кластеры, соответствующие определённым типам визуальных структур [3, 4]. При этом формирование этих кластеров происходило даже в тех случаях, когда модель обучалась на относительно ограниченном наборе диагностических меток. Это позволяет предположить, что нейросеть способна выделять более тонкие морфологические характеристики изображений, чем те, которые непосредственно используются в процессе обучения.

Во-вторых, было замечено, что латентное пространство имеет выражённую топологическую структуру. Объекты не просто группируются в изолированные кластеры, а образуют своеобразные переходные области между ними. Такие области могут интерпретироваться как промежуточные состояния между различными типами визуальных паттернов. В контексте

медицинских изображений это особенно интересно, поскольку многие патологические процессы имеют непрерывный характер развития. Наличие переходных областей в латентном пространстве может отражать постепенное изменение морфологических признаков заболевания.

Ещё одним наблюдением стало наличие аномальных областей в латентном пространстве. Некоторые изображения оказывались значительно удалёнными от основных кластеров. При дальнейшем анализе таких случаев нередко обнаруживались либо редкие морфологические особенности снимков, либо особенности получения изображения. Это указывает на возможность использования анализа латентных пространств для выявления нетипичных или потенциально ошибочных данных.

Интересным результатом стало также то, что в латентном пространстве модель иногда группировала изображения по визуальным характеристикам, не связанным напрямую с диагностическими метками. Например, могли формироваться области, соответствующие определённым особенностям структуры лёгочной ткани или конфигурации анатомических элементов. Это свидетельствует о том, что нейросетевые модели способны извлекать из изображений гораздо более богатую информацию, чем та, которая непосредственно используется для решения конкретной задачи классификации.

Полученные наблюдения позволяют рассматривать латентные пространства нейросетевых моделей как перспективный инструмент научного анализа данных [2, 4]. В отличие от традиционных методов статистики, которые часто требуют заранее сформулированных признаков, нейросети способны автоматически формировать представления данных, отражающие их внутреннюю структуру. Анализ этих представлений может использоваться для выявления закономерностей, формирования новых гипотез и поиска аномалий в сложных наборах данных.

Важно подчеркнуть, что подобный подход имеет универсальный характер и может применяться не только в медицинской визуализации. Любая задача, в которой используются методы представлений данных, потенциально допускает анализ латентных пространств. Это может включать задачи обработки изображений, анализа текстов, биологических данных, сигналов и многих других типов информации. Таким образом, исследование латентных пространств открывает новое направление в применении искусственного интеллекта как инструмента научного исследования.

В целом проведённая работа показывает, что нейросетевые модели могут рассматриваться не только как средства автоматизации прикладных задач, но и как инструменты исследования структуры сложных данных. Латентные пространства, формируемые в процессе обучения моделей, содержат богатую информацию о внутренних закономерностях данных и могут использоваться для анализа их геометрии, топологии и распределения. Полученные результаты подтверждают перспективность дальнейшего изуче-

ния латентных представлений и их использования в качестве аналитического инструмента в научных исследованиях, в том числе в задачах компьютерного зрения и анализа медицинских изображений.

Литература

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – Cambridge, MA: MIT Press, 2016. – 775 p.
2. Bishop C. M. Pattern Recognition and Machine Learning. – New York: Springer, 2006. – 738 p.
3. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning // Nature. – 2015. – Vol. 521, No. 7553. – P. 436–444.
4. Litjens G., Kooi T., Bejnordi B. E. et al. A survey on deep learning in medical image analysis // Medical Image Analysis. – 2017. – Vol. 42. – P. 60–88.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ DEEPSEEK КАК ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

Пустовалова О. Г.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: ogpustovalova@sfedu.ru*

В настоящей работе рассматривается эффективность применения языковой модели DeepSeek [1] в контексте задач теории упругости. Анализ проведён на основе сопоставления возможностей модели с требованиями, предъявляемыми к вычислительным и аналитическим инструментам в данной области механики сплошных сред. Теория упругости, являясь фундаментальным разделом механики деформируемого твёрдого тела, оперирует сложным математическим аппаратом, включающим тензорное исчисление, дифференциальные уравнения в частных производных и методы математической физики. В связи с этим возникает естественный вопрос: насколько современные большие языковые модели, изначально разработанные для обработки естественного языка, способны помогать исследователям и инженерам в решении профессиональных задач этой дисциплины.

Установлено, что модель DeepSeek демонстрирует высокую результативность при выполнении символьных операций и аналитических выкладок. Модель способна воспроизводить вывод фундаментальных соотношений, таких как уравнения Ламе и условие совместности деформаций, включая их формулировки в ортогональных криволинейных системах координат [2, 3]. Например, при обращении к модели с запросом о выводе уравнения равновесия в цилиндрических координатах для осесимметричной задачи, DeepSeek последовательно представляет все этапы преобразований, начиная от записи исходных выражений в декартовой системе и заканчивая финальной формой с учётом метрических коэффициентов. Существенным преимуществом является возможность пошаговой демонстрации преобразований, что позволяет использовать систему в образовательных целях и при верификации промежуточных результатов исследований. Так, при изучении курса теории упругости студенты могут обращаться к DeepSeek за детальным разъяснением того, как из общих уравнений Навье получаются уравнения для плоской задачи, или как осуществляется переход от тензорной записи закона Гука к инженерным формулам через технические постоянные. Модель не только выдаёт конечный результат, но и показывает промежуточные выкладки, включая правила свёртки тензоров и замену индексов, что особенно ценно для начинающих исследователей.

В области интерпретации физического содержания аппарата теории упругости DeepSeek эффективно выполняет функции семантического анализа. Модель корректно раскрывает смысл тензорных операций, разделение тензора напряжений на шаровую и девиаторную составляющие, а также объясняет границы применимости классических критериев текучести [4]. Например, при запросе о физическом смысле первого инварианта тензора напряжений DeepSeek объясняет его связь с гидростатическим давлением и объёмной деформацией, иллюстрируя это на примере всестороннего сжатия кубического элемента. При обращении к критерию текучести Мизеса модель не только приводит его математическую формулировку через второй инвариант девиатора напряжений, но и поясняет, почему этот критерий лучше согласуется с экспериментальными данными для пластичных материалов по сравнению с критерием Треска, и в каких случаях предпочтение следует отдавать тому или иному подходу. Это качество делает систему полезным инструментом на этапе концептуальной постановки задачи, когда исследователь определяет, какие упрощающие гипотезы допустимы, какую модель материала следует принять и какие граничные условия являются наиболее адекватными для конкретной физической ситуации.

Для класса классических краевых задач, имеющих аналитическое решение, DeepSeek выступает в роли структурированного справочника. К таким задачам относятся, например, задача Ламе о толстостенной трубе под действием внутреннего и внешнего давления, задача Кирша о растяжении бесконечной пластины с круговым отверстием, задача Герца о контактном взаимодействии двух упругих тел, задача Фламана о действии сосредоточенной силы на упругое полупространство. Модель воспроизводит постановку граничных условий, вид разрешающих функций, таких как функции напряжений Эри для плоских задач или функции Папковича-Нейбера для пространственных, и алгоритмы получения замкнутых решений. Например, при запросе о распределении напряжений вокруг кругового отверстия при одноосном растяжении DeepSeek не только приводит известные формулы Кирша для радиальных, тангенциальных и касательных напряжений, но и поясняет эффект концентрации напряжений, указывает положение точек с максимальными значениями и обсуждает границы применимости решения, связанные с предположением о бесконечности пластины. Данная функция позволяет сократить время на поиск исходной информации в литературных источниках, особенно когда требуется быстро восстановить в памяти детали классического решения или сравнить результаты для разных типов нагружения.

В контексте численной реализации методов решения задач теории упругости, в частности метода конечных элементов [5], DeepSeek генерирует программный код на языках высокого уровня: Python с библиотеками NumPy и SciPy, MATLAB. Создаваемые фрагменты кода применимы для решения учебных и тестовых задач, а также для быстрого прототипирования

вычислительных алгоритмов. Рассмотрим конкретный пример: при запросе о реализации плоского элемента для задачи теории упругости методом конечных элементов с использованием линейных треугольных элементов DeepSeek способен сгенерировать код, который строит матрицы жёсткости, учитывает граничные условия и визуализирует поле перемещений. В другом примере модель может написать скрипт на Python, использующий библиотеку SciPy для решения системы дифференциальных уравнений, описывающих изгиб тонкой пластины при заданной нагрузке. Однако сгенерированный код требует последующей верификации в силу потенциальной возможности синтаксических или логических ошибок, что накладывает ограничение на его прямое использование в ответственных инженерных расчётах без дополнительной проверки. Например, при проверке кода для вычисления функции напряжений может обнаружиться, что модель неправильно задала граничные условия или использовала несовместимые размерности массивов, что потребует ручной коррекции.

При попытке прямого численного решения уникальных задач с индивидуальными геометрическими и физическими параметрами эффективность модели существенно снижается. DeepSeek не предназначен для замены специализированных расчётных комплексов, таких как ANSYS, FlexPDE, Abaqus, и не выполняет непосредственно конечно-элементный анализ. В данной области система ограничивается рекомендациями по выбору метода решения или структурированием исходных данных для последующего расчёта в стороннем программном обеспечении. Например, если пользователь описывает деталь сложной геометрии с комбинированными нагрузками и просит определить напряжённо-деформированное состояние, DeepSeek может предложить подход к разбиению области на подобласти, посоветовать тип конечных элементов, указать, какие параметры материала следует задать, но не способен провести сам расчёт и выдать численные значения напряжений. Это ограничение обусловлено принципиальным отличием языковых моделей от вычислительных пакетов: первые оперируют символами и текстом, вторые – числами и матрицами.

Критический анализ показывает, что решения и рекомендации, предлагаемые DeepSeek, требуют обязательной проверки со стороны специалиста. Модель не обладает интуитивным физическим пониманием и может генерировать правдоподобные, но ошибочные результаты при работе с нестандартными комбинациями граничных условий или учётом нелинейных эффектов. Например, при рассмотрении задачи о больших прогибах мембраны модель может предложить линейную постановку, не предупредив о необходимости учёта геометрической нелинейности, или при анализе устойчивости стержня может не учесть влияние начальных несовершенств. Ответственность за окончательную интерпретацию результатов и инженерную оценку сохраняется за пользователем. Это означает, что DeepSeek следует

рассматривать как инструмент поддержки принятия решений, а не как источник окончательных выводов.

Таким образом, DeepSeek представляет собой эффективный вспомогательный инструмент в задачах теории упругости. Наибольшая польза достигается при символьных преобразованиях, изучении теоретических основ, подготовке отчётной документации и первичной генерации кода. Например, при написании научной статьи или отчёта модель может помочь сформулировать введение, описать постановку задачи, представить литературный обзор и даже подготовить проект заключения, что существенно экономит время исследователя. В задачах финального численного расчёта и при принятии проектных решений модель выполняет исключительно консультативную функцию, не заменяющую профессиональную экспертизу. Исследователь и инженер, использующие DeepSeek, должны сохранять критическое мышление, проверять полученные результаты и принимать окончательные решения на основе собственного опыта и знаний. При соблюдении этого принципа модель становится ценным помощником, способным повысить эффективность работы и сократить время на рутинные операции, не подменяя при этом творческую составляющую инженерной и научной деятельности.

Литература

1. DEEPSEEK // [Электронный ресурс] URL: <https://chat.deepseek.com/> (дата обращения: 16.03.2026).
2. Лурье, А. И. Теория упругости / А. И. Лурье. – Москва : Наука, 1970. – 940 с.
3. Тимошенко, С. П. Теория упругости / С. П. Тимошенко, Дж. Гудьер ; пер. с англ. под ред. Г. С. Шапиро. – 2-е изд. – Москва : Наука, 1979. – 560 с.
4. Работнов, Ю. Н. Механика деформируемого твёрдого тела : учебное пособие / Ю. Н. Работнов. – 2-е изд., испр. – Москва : Наука, 1988. – 712 с.
5. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич ; пер. с англ. под ред. Б. Е. Победри. – Москва : Мир, 1975. – 541 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ ЦИФР НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИИ

Рубашевская А. А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: rubas@sfedu.ru

Распознавание жестов на основе электромиографии (ЭМГ) [1] – это способ получения информации о жестах человека, считывая электрические сигналы его мышц. Сигналы возникают в результате активации мышц, и может быть обнаружен с помощью электродов, расположенных на коже. Именно эти сигналы и называются электромиографическими. Эти сигналы являются входными данными для методов классификации. Регистрация ЭМГ-сигналов позволяет фиксировать сокращение мышц, и выявлять закономерности, связанные с конкретными движениями. Современные системы используют поверхностные электроды или эластичные манжеты. Сигнал с электродов усиливается, очищается от помех и оцифровывается, после чего попадает в алгоритм обработки. В медицине ЭМГ активно применяется в медицине [2], а именно в педиатрии, ортопедии, спортивной медицине, нейрохирургии и т. д. Но большие перспективы открываются в разработке человеко-машинных интерфейсов (Human-machine interface, HMI) [3]. В условиях развития технологий интеграции данных и приложений особую актуальность приобретают именно такие интеллектуальные методы анализа, которые обеспечивают высокую точность распознавания даже в неидеальных условиях. Это открывает перспективы для создания принципиально новых интерфейсов управления: бионические протезы, экзоскелеты, системы распознавания жестов и новые формы общения для людей с нарушениями речи и моторики.

Во многих работах используются классические алгоритмы, требующие ручного извлечения признаков – SVM, ANN, KNN и Random Forest. Также используются архитектуры, способные принимать сырые сигналы и получать признаки, например, CNN, рекуррентные сети, в частности LSTM или CNN + LSTM. Было собрано десятки исследований и выявлено несколько закономерностей. В лабораторных экспериментах точность для одного человека и с ограниченным набором жестов очень часто варьируется 90–95%, но при переходе к реальным сценариям точность может существенно снижаться. Особую важность имеет расположение электродов, а также предобработка сырых сигналов. Не существует «лучшего» набора признаков, он зависит от поставленной задачи. Более выдающиеся результаты демонстрируют методы глубокого обучения, но ожидают больших объемов данных. Для маленьких наборов классические методы могут оказаться эффективнее.

В существующих работах авторы делают вывод, что для обработки последовательностей наиболее хорошо подходит LSTM, способная захватывать временные зависимости в ЭМГ-сигналах. Модели тестировались на базах данных NinaPro [4] или собственных датасетах. Результат на собственном наборе данных, включает 65 различных жестов, 20 участников, и число использованных каналов 32, 64, 128, показал хорошие результаты – средняя точность модели составила 86,23. В основе этой модели [5] лежит архитектура Vision Transformer с механизмом attention, который позволяет модели фокусироваться на информативных участках сигнала. Основным блоком модели – это трансформер-энкодер с механизмом Multi-head Self-Attention.

Анализ исследований показывает, что реализация в основном происходит на профессиональном оборудовании: системы Delsys [6] с 10–12 каналами, высокоплотные сетки электродов (до 128 каналов в CapgMyo и CSL-HDEMG). Такое оборудование обеспечивает высокое качество сигнала и результатов, однако его стоимость, габариты и сложность настройки делают его малоприменимым для создания доступных носимых устройств.

На сегодняшний день область распознавания жестов достигла значительного прогресса, однако еще сопровождается рядом проблем. ЭМГ-сигнал – это сложный, зашумлённый, постоянно меняющийся поток данных, на который влияют усталость мышц, положение электродов, влажность кожи и даже эмоциональное состояние человека. Алгоритмы глубокого обучения способны автоматически находить скрытые закономерности в тысячах примеров сигналов. Особое внимание в современных работах уделяется балансу между сложностью модели и её производительностью. Использование трёхмерных свёрточных сетей и механизмов внимания позволяет учитывать пространственно-временную динамику жестов, но для внедрения в портативные устройства с ограниченным числом каналов наиболее перспективными выглядят гибридные архитектуры, которые сохраняют высокую точность даже на разреженных данных. Доминирующим трендом стало использование глубокого обучения, которое демонстрирует превосходство над классическими методами практически во всех сценариях.

В настоящей работе будут представлены результаты сбора данных с помощью микроконтроллера Arduino Uno Rev3 [7], что обусловлено её доступностью, развитой экосистемой и достаточными ресурсами для поставленной задачи. Среди ключевых преимуществ платформы можно выделить широкую поддержку сообщества, интуитивно понятную среду программирования с множеством библиотек, энергоэффективность, кроссплатформенность, простоту разработки, а также гибкость подключения [8].

На первом этапе фокус смещён с создания готового продукта на сбор качественного датасета, проверку базовых гипотез о различимости жестов и отработку пайплайна обработки сигнала – от регистрации до классификации. В рамках исследования электроды будут размещаться на мышцах-сгибателях и разгибателях пальцев предплечья доминирующей руки (Рисунок 1) [9].

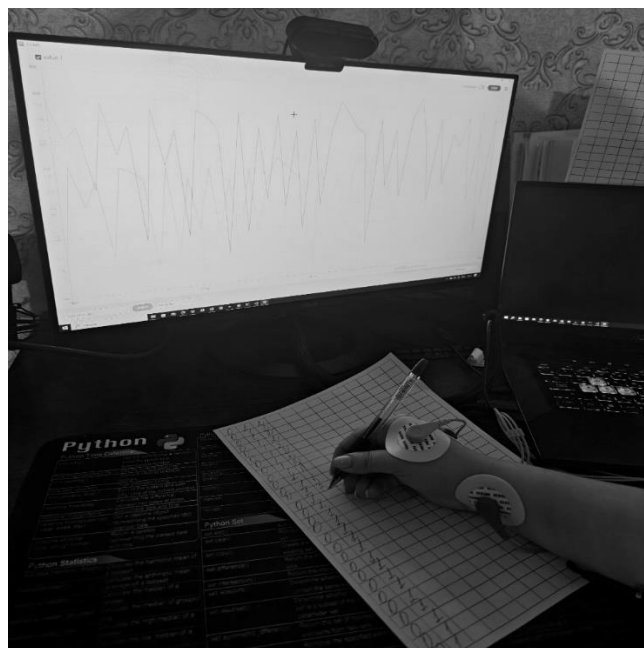


Рис. 1. Размещенные на доминирующей руке электроды

Будут записываться цифры от 0 до 9, примерно по 100–300 образцов на каждую цифру (суммарно около 1000–3000 примеров). Особое внимание будет уделено предобработке данных, разработке и адаптации моделей под задачу, а также анализу полученных результатов.

Литература

1. Rukina N. N., Kuznetsov A. N., Borzikov V. V., Komkova O. V., Belova A. N. Surface electromyography: its role and potential in the development of exoskeleton (review). *Sovremennye tehnologii v medicine* 2016; 8(2): 109–118, <http://dx.doi.org/10.17691/stm2016.8.2.15>.
2. Авакян Г. Н., Касаткина Л. Ф. Электромиография. Электронейромиография // *Неврология: национальное руководство: в 2 т. / под ред. Е. И. Гусева, А. Н. Коновалова, В. И. Скворцовой.* – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2022. – Т. 1.
3. Сверчков Д. С. Разработка человеко-машинного интерфейса и его применение в системах управления. 2018; специальный выпуск 1: 184–190.
4. NinaPro DB 8 [Электронный ресурс] // Kaggle – URL: <https://www.kaggle.com/datasets/zahraalipour/ninapro-db-8> (дата обращения: 20.02.2026).
5. Rahimian E., Rahimian S., Naderkhani F., Atashzar S.F., Yanushkevich S., Mohammadi A. Transformer-based hand gesture recognition from instantaneous to fused neural decomposition of high-density EMG signals // *Scientific Reports.* – 2023. – Vol. 13, Art. 11498. – DOI: 10.1038/s41598-023-38398-x. – PMID: 37419881.

6. Trigno Line of Products [Электронный ресурс] // Delsys: официальный сайт. – URL: <https://delsys.com/products/> (дата обращения: 10.03.2026).
7. Плата Arduino Uno [Электронный ресурс] // Всё для Ардуино: интернет-магазин. – URL: <https://all-arduino.ru/product/arduino-uno/> (дата обращения: 10.03.2026).
8. Arduino IDE [Электронный ресурс] // Ampermarket. – URL: https://ampermarket.kz/base/arduino_ide/ (дата обращения: 10.03.2026).
9. *Неттер Ф.* Атлас анатомии человека / Ф. Неттер; пер. с англ. – 7-е изд. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. – 672 с.

РАЗРАБОТКА ИИ-АГЕНТА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ГЕНЕРАЦИИ РЕЧИ

Сальников С. С., Ячmeneва Н. Н.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Институт математики, механики и компьютерных наук

им. И. И. Воровича,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: sesalnikov@sfedu.ru, nnyachmeneva@sfedu.ru

На сегодняшний день область разработки и использования моделей искусственного интеллекта в среде транскрибирования и генерации аудио является одной из передовых в сфере машинного обучения и искусственного интеллекта.

Некоторыми из приложений моделей из этой среды являются автоматическое транскрибирование и обобщение информации из аудио формата, использование ИИ ассистентов в бизнесах для обслуживания клиентов или, например, подбора персонала. Компании вроде Deepgram предлагают решения для транскрипции и перевода звонков, что позволяет предоставлять услуги клиентам без дополнительных переводчиков. Итальянская компания Cabolo предлагает коммерческую систему транскрипции совещаний с защитой от утечки данных, путем локальной развертки модели без отправки данных в сеть.

В области здравоохранения начинают применяться ИИ-агенты секретари, которые автоматически транскрибируют и обобщают разговор доктора с пациентом во время приема. Также технологии транскрибирования и синтеза речи могут широко применяться для улучшения технологий доступности для людей с ограниченными возможностями. Голландский стартап Whispr разработал технологию преобразования шепота или неразборчивой речи в полноценную для людей с нарушениями речи.

Основными тенденциями на рынке моделей искусственного интеллекта для транскрипции и синтеза речи являются:

1. Узкая специализация: проекты затачиваются под определенные задачи, вместо создания универсального продукта.
2. Работа в реальном времени: минимизация задержек между сообщениями во много раз улучшает пользовательский опыт.
3. Приоритет на приватности: пользователи отдают предпочтения решениям, работающим на устройстве или в изолированной среде компании.

Данная работа, создавалась в первую очередь как эксперимент в области повышения доступности и облегчения использования больших языковых моделей с потенциалом использования в качестве личного ассистента или чат-бота.

Главным испытанием в создании такой системы стал выбор модели для генерации аудио, так как изначально предполагалась возможность клонирования речевых паттернов и голоса по голосу пользователя, либо по предоставленной пользователем записи. Среди доступных библиотек и сервисов лидирующими в сфере синтеза речи с возможностью клонирования голоса являются Chatterbox TTS от Resemble AI и сервис озвучания от Eleven Labs. Оба сервиса имеют библиотеки для языка программирования Python, но сервис от Eleven Labs на данный момент времени не предоставляет услуги на территории Российской Федерации, а также не имеет инструментария для локального применения моделей. В свою очередь Chatterbox TTS предоставляет как коммерческие услуги по озвучиванию, так и имеют open source библиотеку на Python, позволяющую использовать модели локально.

Для реализации возможности голосового ввода была выбрана модель Whisper от OpenAI, как одна из самых проработанных моделей среди поддерживающих как английский, так и русский язык. Однако для ускорения действия приложения возможен переход на модели, оптимизированные для стриминга, например, Voxtral Transcribe 2 от Mistral.

Перед описанием рабочего цикла моделей, работающих с аудио, стоит ознакомиться с понятиями Mel- и Log-Mel спектрограмм. Эти понятия подразумевают под собой способы представления звука в задачах распознавания речи, которые отображают аудио так, чтобы он был похож на то, как его слышит человек, а не на физическое его представление.

Стандартная спектрограмма (рис. 1), где по оси X идет время, а по оси Y амплитуда частоты звука имеет один существенный недостаток – она отображает в том числе неразличимые человеческим ухом частоты, таким образом часть звука, не воспринимаемая человеком, занимает такое же количество места, что и различимая.

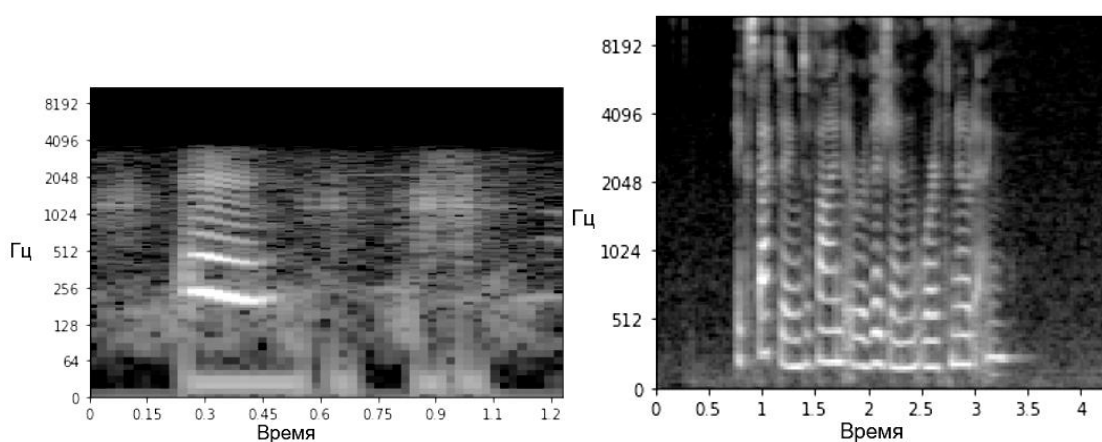


Рис. 1. Стандартная и логорифмическая mel-спектрограммы

Для решения проблемы с использованием высокими частотами большого количества места была создана mel-шкала (от англ. melody). Серией

треугольных фильтров величины частот переводятся из герц в мелы. Фильтры сужают диапазон высоких частот, сужая и саму спектрограмму. Таким образом на картинке больше места отдается под частоты, различимые ухом. Последним шагом к преобразованию физического представления звука к человеческому является логарифмизация частот. Так как ухо воспринимает звук нелинейно, то есть звук кажется в два раза громче при десятикратном увеличении частоты, необходимо взять логарифм от энергии звука, получая громкость. В итоге получаем Log-Mel спектрограмму. (рис. 1).

Модель Whisper имеет робастную архитектуру с кодировщиком и декодировщиком на основе трансформеров. Таким образом в рамках одной модели одновременно происходит транскрибирование, идентификация языка входа и перевод, что является одним из ее преимуществ. Процесс работы модели можно условно разделить на 3 стадии:

1. Предобработка аудио: аудио, сэмплированное в 16 кГц, разбивается на сегменты по 30 секунд, которые затем переводятся в Log-Mel спектрограммы, которые служат входом в кодировщик, как изображения.
2. Кодировка: кодировщик переводит двухмерную спектрограмму в последовательность скрытых векторов большой размерности, скрывающих в себе всю необходимую информацию об аудио, поданном на вход.
3. Декодировка: многозадачная генерация текста с токенами контекста. Декодер, получив на вход набор токены контекста: токен начала процесса, токен языка, токен задачи (перевод на английский или выдача текста на языке ввода) и токен временной метки, начинает авторегрессивную генерацию текста (по одному слову, учитывая уже сгенерированные слова), на основе указаний, заложенных в токенах.

Следующим звеном в работе программы является сам процесс обработки запросов пользователя. В данный момент запросы обрабатывает LLM модель, разворачиваемая в сервисе Ollama, обеспечивающий доступ к языковым моделям, по локальному адресу, развернутых как в облачном сервисе Ollama, так и загруженных на компьютер пользователя. В перспективе возможна интеграция системы аудио ввода и вывода в такие сервисы, как n8n позволяющих реализовать на основе больших языковых моделей программы, реализующие функционал личных ассистентов, способных при передаче доступа формировать личное расписание пользователя, следить за почтой и исполнять прочие задачи.

Далее текстовый ответ языковой модели передается в модель синтеза аудио Chatterbox, а именно мультязычный вариант системы, поддерживающий 23 языка, в том числе русский и английский языки.

Модель синтеза речи имеет следующие элементы:

- Ядро языковой модели: в основе мультязычной системы стоит модель с 500 миллионами параметров, основанная на архитектуре Llama. Эта модель необходима для генерации семантических токенов, отображающих

речь, так как позволяет анализировать лингвистические нюансы различных языков.

- Система двойной декодировки: двухэтапная система генерации высококачественного аудио:
 - Декодировщик синхронизации потоков: конвертирует семантические токены из языковой модели в Mel-спектрограмму. Техника синхронизации потоков (flow matching) является более выигрышной по сравнению с стабильной диффузией.
 - Голосовой кодировщик HIFTNet: нейросетевой кодировщик, преобразующий mel-спектрограммы в аудио.
- Параметры регулировки экспрессии: числовые значения гиперболизации для контроля эмоциональности речи, и CFG – параметр, контролирующий строгость следования сети указаниям запроса.

Разберем подробнее принцип синхронизации потоков (flow matching) для генерации медиа. В его основе лежат идеи двух других подходов: стабильной диффузии (рис. 2) и непрерывной нормализации потока. Вкратце метод синхронизации потоков заключается в том, чтобы для каждой точки шума (нормального распределения) подобрать векторное поле скоростей, которое плавно по прямой линии преобразует точки в части осмысленного медиа (звука, картинки).

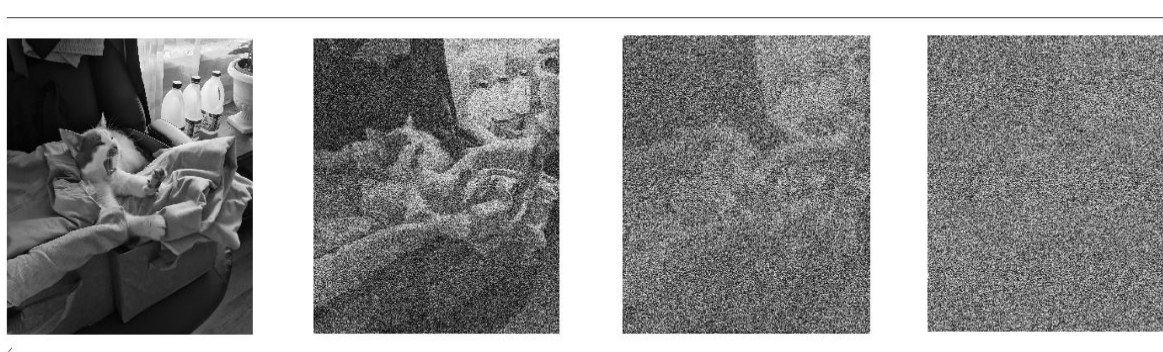


Рис. 2. Процесс генерации изображений из шума

В отличие от диффузионной модели, которая обучается из шума постепенно удаляя точки и за большое количество шагов приходя к искомому результату, модель синхронизации потоков учится предсказывать, в каком направлении и с какой скоростью перемещаются точки шума, чтобы в конце оказаться в положении, при котором получается нужный материал (картинка, звук). Также важно уточнить, что в математической основе метода стабильной диффузии лежит решение стохастических дифференциальных уравнений, когда как в основе синхронизации потоков лежат обыкновенные дифференциальные уравнения. В итоге путь модели от шума к искомому материалу получится быстрым и прямолинейным, когда как у диффузионных моделей он более извилистый и длинный. (рис. 3)

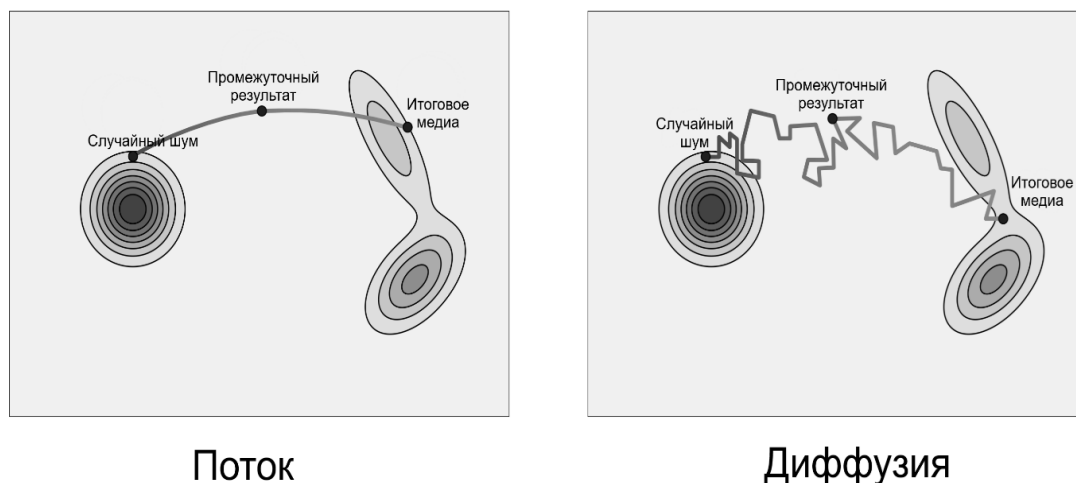


Рис. 3. Различие очистки шума в методах синхронизацией потоков и скрытой диффузией

После генерации mel-спектрограмм мы переводим их в аудио с помощью NIFTNet. Разберем, что делает эта модель. После получения спектрограммы начинает работу нейронная сеть, отвечающая за предсказание фундаментальной частоты (F_0), которая необходима для генерации гармонических колебаний голоса. Далее с найденным F_0 генерируется гармонический-и-шумовой источник (harmonic-plus-noise source). Для генерации голосовых частот используются колебания F_0 , а для неголосовые звуки основываются на Гауссовском шуме. Затем оригинальная mel-спектрограмма и сгенерированный источник обрабатываются вместе в частотно-временной области (представление сигналов в виде непрерывной последовательности частот во времени) нейронным фильтром источника (NSF) для улучшения качества полученного сигнала.

Финальным шагом генерации является Обратное кратковременное преобразование Фурье для восстановления звукового сигнала из частотной области. Данное преобразование является одним из главных шагов оптимизации в работе модели и напрямую заимствовано из модели ISTFTNet.

Дополнения в работе TTS модели:

1. На вход в обязательном порядке подаются текст и id языка, и опционально аудио референс для клонирования голоса.
2. Если предоставлен аудио референс, то речевой кодировщик извлекает из него смысловой вектор (эмбдинги) речи, говорящего. Оптимальными референсами для извлечения речевых и голосовых паттернов являются записи длиной 10–20 секунд с речью одного человека без длительных пауз.
3. Входной текст, id языка и смысловой вектор (эмбеддинги) речи обрабатываются языковой моделью, вырабатывая семантические токены для отображения речи.

4. Декодер синхронизации потока преобразует семантические токены в спектрограммы.
5. Аудио кодировщик HiFTNet синтезирует речь по mel-спектрограммам, а также в связи со стандартами ответственного ИИ в запись встраивается неразличимый водяной знак Perth, для хранения информации о способе генерации записи.
6. В результате получаем естественную речь на необходимом языке с голосом по умолчанию или клонированным с референса.

В заключении, стоит отметить, что приложения с возможностью нейросетевой транскрипции речи и последующим озвучиванием текста с помощью моделей машинного обучения позволяют добиться решения большого количества актуальных в современном мире задач. Однако для большинства задач, как указывалось раньше одним из ключевых факторов применимости приложения является быстродействие. Для оптимальности время ответа нейросети не должно превышать 3 секунд, а лучше, чтобы задержка выдачи запроса была меньше одной секунды в среднем, а в случае моделей для транскрипции аудио и генерации аудио работа происходила в реальном времени, то есть аудио в реальном времени делится на сегменты и преобразуется в текст и наоборот.

Для решения данных задач при разработке приложения можно применить следующие техники: использование моделей, оптимизированных для стриминга (работы в реальном времени) “из коробки”, например, замена модели Whisper на менее точные, но быстрые. В случае нашего приложения это допустимо, так как транскрипция аудио ввода интерпретируется большой языковой моделью, которые неприхотливы к пунктуации и правописанию запросов, пока их семантическое значение сохраняется. Другой подход – оптимизация моделей под потоковую работу вручную. Например, для модели Chatterbox уже существуют руководства и работы третьих сторон для оптимизации работы модели, а также сами Resemble AI предоставляют корпоративные решения для стриминга “под ключ”.

Литература

1. Yinghao Aaron Li, Cong Han, Xilin Jiang, Nima Mesgarani HiFTNet: A Fast High-Quality Neural Vocoder with Harmonic-plus-Noise Filter and Inverse Short Time Fourier Transform. Department of Electrical Engineering, Columbia University, USA, 2023, – URL: <https://ar5iv.labs.arxiv.org/html/2309.09493>

Сторчевой А. Ю.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: storchevoi@sfedu.ru

Основные определения и результаты

Множество $X = \mathbb{Z} + i\mathbb{Z}$ можно отождествить с множеством вершин весового неориентированного графа $G = \{X, U, f, \rho\}$ в котором: X – множество вершин графа, U – множество дуг графа, f – функция инцидентности, ρ – положительная весовая функция, определённая на множестве дуг этого графа. В частности, если $\rho_0 \equiv 1$, то $G_0 = \{X, U, f, \rho_0\}$.

Определение 1. Функцию $f: \mathbb{Z} \times i\mathbb{Z} \rightarrow \mathbb{R}$ называют дискретной G -гармонической функцией (сокращённо G -дгф), если равенство $\rho(z)f(z) = \rho(z, z-1)f(z-1) + \rho(z, z+1)f(z+1) + \rho(z, z+i)f(z+i) + \rho(z, z-i)f(z-i)$ $\rho(z) := \rho(z, z-1) + \rho(z, z+1) + \rho(z, z+i) + \rho(z, z-i)$

выполняется для произвольного $z \in \mathbb{Z} + i\mathbb{Z}$.

В журнал "Математическое просвещение" [2–3] опубликован цикл статей, посвящённых доказательству теоремы Лиувилля для G_0 -дгф [1]: если G_0 -дгф ограничена, то эта функция принимает одинаковое значение на всей дискретной плоскости.

Для дгф, определённых на множестве вершин графа G получено более слабые утверждения

Теорема 1. Пусть выполняются следующие условия:

1. Пространство дискретных G -дгф инвариантно относительно преобразований $z \rightarrow z \pm i$;

2. f - G -дгф ограничена на множестве вершин этого графа.

Тогда $f(z) \equiv f(z \pm i)$ для произвольного $z \in \mathbb{Z} + i\mathbb{Z}$.

Теорема 2. Пусть выполняются следующие условия:

1. Пространство дискретных G -дгф инвариантно относительно преобразований $z \rightarrow z \pm 1$;

2 $f - G$ -дгф ограничена на множестве вершин этого графа.

Тогда $f(z) \equiv f(z \pm 1)$ для произвольного $z \in Z + iZ$.

Представляет интерес следующий вопрос: можно ли ослабить условие 2 из теорем 1–2.

Пусть функция f определена на решетке $Z \times iZ$ и принимает комплексные значения.

Определение 2. Стандартным шаблоном назовем множество $v_0 = v_{0,0} = \{0, 1, 1 + i, i\}$. Сдвинутый шаблон обозначается как $v_0 + z$. Нестандартные шаблоны, используемые в работе, определяются следующим образом:

$$v_1 = \{z, z + 1, z + 2, z + 2 + i, z + 1 + i, z + i\}$$

$$v_2 = \{z, z + 1, z + 1 + i, z + 1 + 2i, z + 2i, z + i\}$$

$$v_3 = \{z, z + 1, z + 2, z + 2 + i, z + 2 + 2i, z + 1 + 2i, z + 2i, z + i\}.$$

Определение 3. Функция f называется дискретной аналитической функцией (ДАФ) второго рода в точке z , если для стандартного шаблона v_0 выполняется уравнение Даффина:

$$\bar{\partial}_0 f(z) = f(z) + if(z + 1) + i^2 f(z + 1 + i) + i^3 f(z + i) = 0$$

Множество таких функций обозначим D .

Можно показать, что D является векторным пространством над $\mathbb{R}$. Для шаблонов v_1, v_2 и v_3 возможно вывести формулу дискретной аналитичности второго рода, второго порядка.

$$\bar{\partial}_1 f = f(z) + f(z + 2) + if(z + 2 + i) + 2i^2 f(z + 1 + i) + i^3 f(z + i) = 0,$$

$$\bar{\partial}_2 f = f(z) + f(z + 2i) + if(z + 1) + 2i^2 f(z + 1 + i) + i^3 f(z + 1 + 2i) = 0,$$

$$\bar{\partial}_3 f = f(z) + f(z + 2) + f(z + 2i) + 4if(z + 2 + i) + 3i^2 f(z + 2 + 2i) + 4i^3 f(z + 1 + 2i) = 0.$$

Определение 4. Горизонтальный M_Γ и вертикальный M_B операторы сдвига определяются как

$$M_\Gamma f(z) = f(z + 1), \quad M_B f(z) = f(z + i).$$

Эти операторы коммутируют с $\bar{\partial}_0$, что позволяет выразить операторы дискретной аналитичности для нестандартных шаблонов через оператор на стандартном.

Лемма 1. Для любой функции f , определенной на решетке, справедливости представления:

$$\bar{\partial}_1 f = \bar{\partial}_0 f - iM_\Gamma \bar{\partial}_0 f,$$

$$\bar{\partial}_2 f = \bar{\partial}_0 f + iM_B \bar{\partial}_0 f,$$

$$\bar{\partial}_3 f = \bar{\partial}_0 f - iM_\Gamma \bar{\partial}_0 f + iM_B \bar{\partial}_0 f + 3M_\Gamma M_B \bar{\partial}_0 f$$

Эти соотношения проверяются прямой подстановкой определений операторов. Как следствие, любая функция, аналитическая на стандартном шаблоне (т.е. $\bar{\partial}_0 f = 0$), будет аналитической и на v_1, v_2, v_3 .

Примеры ДАФ на различных шаблонах и построение базисов решения

Все функции вида $f(z) = z^3 + (n+1)x + niy$ являются ДАФ для всех рассмотренных шаблонов. Аналогично, функция $f(z) = \bar{z} + (n-2)x + niy$ является ДАФ. Можно показать, что функция может быть аналитической на нестандартном шаблоне, но не быть таковой на стандартном и наоборот. Рассмотрим функцию

$$f(z) = 1, \operatorname{Re} z = \operatorname{Im} z; 0, \operatorname{Re} z \neq \operatorname{Im} z.$$

$$z = 0 \quad \bar{\partial}_0 f(0) = 1 + i \cdot 0 + i^2 \cdot 1 + i^3 \cdot 0 = 0$$

$$\bar{\partial}_3 f(0) = 1 + 0 + 0 + 4i \cdot 0 + 3i^2 \cdot 1 + 4i^3 \cdot 0 = -2 \neq 0$$

$$f(z) = \frac{1}{\operatorname{Re} z + 1}, \operatorname{Re} z = \operatorname{Im} z; 0, \operatorname{Re} z \neq \operatorname{Im} z,$$

Р. Даффин [2] предложил базис для дискретных аналитических полиномов, названный им псевдополиномами:

$$\rho_k(z) = \frac{d^k}{dt^k} \left(\left(\frac{2+t}{2-t} \right)^x \left(\frac{2+it}{2-it} \right)^y \right) \Big|_{t=0}, \quad z = x + iy.$$

Можно показать, что $\bar{\partial}_0 \rho_k(z) = 0$. Первые псевдополиномы имеют вид $\rho_0 = 1, \rho_1 = z, \rho_2 = z^2, \rho_3 = z^3 + z/2, \rho_4 = z^4 + 2|z|^2$. Обобщением является базис с параметром n :

$$\rho_k^*(z) = \frac{d^k}{dt^k} \left(\left(\frac{n+t}{n-t} \right)^x \left(\frac{n+it}{n-it} \right)^y \right) \Big|_{t=0} = \frac{2^k}{n^k} \rho_k(z).$$

Этот базис удовлетворяет свойствам системы псевдопотенциалов:
(A1) $\rho_k(0) = 0$ для $k > 0$; (A2) биномиальному тождеству;
(A3) $\rho_0 \equiv 1, n \geq 0, \rho_n(z) = z^n + p_{n-1}(x, y)$.

Используя фундаментальный факт из [1], что решение большинства разностных уравнений является линейной комбинацией экспонент $f(\zeta, z) = a(\zeta)^x b(\zeta)^y$ можно построить базисные функции для наших шаблонов.

$$f_1(\zeta, z) = e_1(\zeta, z) = a^x(\zeta) \cdot \left(\frac{1 + ia(\zeta)}{i + a(\zeta)} \right)^y$$

$$f_2(\zeta, z) = e_2(\zeta, z) = \left(\frac{i + b(\zeta)}{1 + ib(\zeta)} \right)^x b^y(\zeta)$$

$$f_3(\zeta, z) = e_3(\zeta, z) = a^x(\zeta) \left(\frac{i(a(\zeta) - i)^2}{(a(\zeta) + i)(3a(\zeta) + i)} \right)^y =$$

$$= a^x(\zeta) \left(\frac{1 + ia(\zeta)}{i + a(\zeta)} \right)^y \left(\frac{a(\zeta) - i}{3a(\zeta) + i} \right)^y = f_1(\zeta, z) \left(\frac{a(\zeta) - i}{3a(\zeta) + i} \right)^y$$

Литература

1. *Duffin R. J.* Discrete potential theory // Duke Math. J. 20(2): 233–251 (June 1953).
2. *Duffin R. J.* Basic properties of discrete analytic functions // Duke Mathematical Journal. – 1956. – Vol. 23, no. 2. – P. 335–363.
3. *Zeilberger D.* A new basis for discrete analytic polynomials // J. Austral. Math. Soc. 1977. V. 23 (Ser. A). P. 95–104.
4. *Lu X., Danilov O. A., Mednykh A. D.* Discrete Parabolic Functions and Taylor Series // Siberian Mathematical Journal. – 2025. – Vol. 66, no. 6. – P. 1409–1421.
5. *Годунов С. К., Рябенкий В. С.* Разностные схемы. М.: Наука, 1972.

РАЗВЕРТЫВАНИЕ МОДЕЛИ YOLO НА НЕЙРОСЕТЕВОМ ПРОЦЕССОРЕ ASCEND 310B: КОНВЕРТАЦИЯ, ОПТИМИЗАЦИЯ И ИНФЕРЕНС НА ПЕРИФЕРИЙНОМ УСТРОЙСТВЕ

Хачумов О. А.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону*

E-mail: olegkhachumov@gmail.com

Задача эффективного развертывания моделей глубокого обучения на периферийных вычислительных устройствах (edge-устройствах) приобретает всё большую актуальность в контексте построения автономных интеллектуальных систем. Требования к низкой латентности отклика, отсутствию постоянного сетевого подключения и защите персональных данных делают серверный инференс неприемлемым для целого класса прикладных задач: видеоаналитики на производстве, систем помощи водителю, мониторинга физической активности и др. [1].

Семейство детекторов YOLO (You Only Look Once) зарекомендовало себя как одно из наиболее практичных решений для задач обнаружения объектов и оценки позы человека в реальном времени благодаря выгодному компромиссу между точностью и вычислительной сложностью [2, 3]. Вместе с тем перенос подобных моделей с GPU-серверов на специализированные нейросетевые процессоры (NPU) сопряжён с рядом нетривиальных инженерных задач, обусловленных ограничениями целевой аппаратной платформы, спецификой поддерживаемых форматов моделей и необходимостью тонкой настройки предобработки входных данных.

Целью настоящей работы является систематическое описание практического опыта развертывания семейства моделей YOLO11 [3] на одноплатном компьютере Orange Pi AI Pro, оснащённом NPU Huawei Ascend 310B1 [4]. Рассматривается полный конвейер: от экспорта обученной модели в промежуточное представление ONNX до выполнения инференса в реальном времени с использованием программного стека CANN (Compute Architecture for Neural Networks) [5, 6] и вспомогательной библиотеки ACLLite [7].

В качестве целевого устройства использовался одноплатный компьютер Orange Pi AI Pro [4], архитектурно ориентированный на задачи инференса моделей машинного обучения на периферии. Центральным вычислительным элементом платформы является нейросетевой процессор Huawei Ascend 310B1, обеспечивающий пиковую производительность до 8 TOPS при целочисленных вычислениях (INT8). Программный стек CANN версии 8.x [5, 6]

представляет собой комплексную инструментальную среду для разработки приложений на базе NPU Ascend. В рамках данной работы задействованы три ключевых компонента: компилятор моделей ATC (Ascend Tensor Compiler), осуществляющий преобразование моделей из формата ONNX в проприетарный формат .om (Offline Model); библиотека AscendCL, предоставляющая программный интерфейс для управления устройством и выполнения инференса; а также модуль AIPP (AI Pre-Processing), позволяющий перенести типовые операции предобработки входных изображений непосредственно на аппаратный ускоритель.

Процесс переноса модели YOLO11s-pose на целевую платформу может быть декомпозирован на четыре последовательных этапа, каждый из которых сопряжён с определёнными ограничениями и требует внимательной настройки параметров.

Экспорт в формат ONNX. Исходная модель в формате PyTorch (.pt) экспортируется в промежуточное представление ONNX (Open Neural Network Exchange) с фиксированным размером входного тензора $1 \times 3 \times 640 \times 640$. Необходимым условием является указание версии набора операций (opset) не выше 11. С более свежим набором операций возникают трудности при конвертации в формат .om. Также необходимо обрезать граф модели, чтобы он не включал в себя NMS.

Конвертация посредством ATC. Полученный ONNX-граф преобразуется в формат .om с помощью утилиты atc [5]. Ключевые параметры конвертации включают указание целевой микроархитектуры (--soc_version Ascend310B1), формата входных данных (--input_format NCHW), режима точности вычислений, пути к конфигурационному файлу AIPP, а также выбора высокоточной реализации отдельных операторов (--op_select_implmode=high_precision для Sigmoid).

Конфигурация модуля AIPP. Модуль AIPP [6] обеспечивает выполнение операций предобработки (нормализация, преобразование цветового пространства, изменение порядка каналов) непосредственно на NPU, что позволяет существенно снизить нагрузку на центральный процессор. Конфигурационный файл задаёт формат входных данных (YUV420SP_U8 или RGB888_U8), параметры нормализации (mean, min, variance) и порядок каналов. Точное соответствие параметров AIPP параметрам предобработки, использовавшимся при обучении модели, является критическим условием сохранения точности инференса.

Инференс посредством AscendCL. Выполнение инференса на устройстве реализуется через библиотеку AscendCL (с использованием Python-обёртки ACLLite [7]). Типовой цикл обработки включает: инициализацию вычислительного контекста, загрузку скомпилированной модели .om, выделение буферов под входные и выходные тензоры, передачу данных между хостом и устройством, запуск модели и считывание результатов. Далее запускаем постпроцессинг на CPU, используя numpy-версию NMS.

В процессе развертывания был идентифицирован ряд характерных затруднений, представляющих практический интерес для исследователей, работающих с платформой Ascend.

Во-первых, компилятор АТС поддерживает не все операторы ONNX-спецификации. Для модели YOLO11 потребовалось предварительное упрощение вычислительного графа посредством утилиты `onnxsim`, а в отдельных случаях – ручная замена неподдерживаемых операторов эквивалентными конструкциями. Данное ограничение не является уникальным для Ascend и в той или иной форме характерно для большинства NPU-компиляторов, однако степень покрытия операторов и качество диагностических сообщений существенно различаются между платформами.

Во-вторых, несогласованность параметров модуля AIPP с параметрами предобработки, использовавшимися на этапе обучения, приводит к деградации точности модели, которая может оставаться незамеченной при поверхностном визуальном контроле результатов. Систематическая верификация численных выходов модели на эталонных изображениях является обязательным этапом отладки.

В-третьих, отладка ошибок инференса на NPU существенно затруднена по сравнению с GPU-фреймворками вследствие ограниченности диагностических сообщений стека CANN. Кроме того, при работе с камерой через интерфейс MIPI CSI библиотека ACLLite предоставляет кадры в формате YUV420SP (NV12), что требует корректной настройки цветовых преобразований – либо аппаратно через AIPP, либо программно на стороне CPU.

В результате проведённой работы модель YOLO11s была успешно развернута на платформе Orange Pi AI Pro с NPU Ascend 310B1. Средняя частота обработки кадров составила 67 FPS при выполнении предобработки картинок при помощи `dvpp` и AIPP, что соответствует требованиям обработки видеопотока в реальном времени. В случае с обработкой изображений на CPU при помощи библиотеки `opencv`, скорость запуска модели падает до 47 FPS.

Описанный подход носит общий характер и может быть перенесен на развертывание других архитектур семейства YOLO, а также иных моделей компьютерного зрения на платформах с NPU Ascend. Направления дальнейшей работы включают количественное исследование влияния различных стратегий квантизации (INT8, FP16) на точность и производительность модели при конвертации через АТС, а также изучение возможности параллельного запуска нескольких моделей на одном NPU для построения многостадийных конвейеров обработки.

Литература

1. Chen J., Ran X. Deep Learning With Edge Computing: A Review // *Proceedings of the IEEE*. 2019. Vol. 107, No. 8. P. 1655–1674.

2. Redmon J., Divvala S., Girshick R., Farhadi A. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2016. P. 779–788.
3. Jocher G. et al. Ultralytics YOLO11 Documentation. 2024. URL: <https://docs.ultralytics.com> (дата обращения: 15.03.2026).
4. Orange Pi. AI Pro (20T) – Technical Specifications and Documentation. 2024. URL: <http://www.orangepi.org> (дата обращения: 15.03.2026).
5. Huawei Technologies. CANN 8.0 ATC Tool User Guide. 2024. URL: https://www.hiascend.com/doc_center/ (дата обращения: 15.03.2026).
6. Huawei Technologies. CANN 8.0 Application Development API Reference (AscendCL). 2024. URL: https://www.hiascend.com/doc_center/ (дата обращения: 15.03.2026).
7. Huawei Ascend. ACLLite – Python Inference Library for Ascend NPU. 2024. URL: <https://gitee.com/ascend/ACLLite> (дата обращения: 15.03.2026).
8. Lin T.-Y., Maire M., Belongie S. et al. Microsoft COCO: Common Objects in Context // Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV). 2014. P. 740–755.
9. Ultralytics. Workouts Monitoring Using Ultralytics YOLO11. 2024. URL: <https://docs.ultralytics.com/ru/guides/workouts-monitoring/> (дата обращения: 15.03.2026).
10. ONNX Runtime. CANN Execution Provider. 2024. URL: <https://onnxruntime.ai/docs/execution-providers/community-maintained/CANN-ExecutionProvider.html> (дата обращения: 15.03.2026).

ОБУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИИ ОПЕРАТОРОВ В СЕТЯХ КОЛМОГороВА-АРНОЛЬДА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МУЛЬТИПЛИКАТИВНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ

Шепелев Д. И., Демяненко Я. М.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича

E-mail: dshepelev@sfedu.ru, demyana@sfedu.ru

Методы глубокого обучения, несмотря на высокую способность аппроксимировать сколь угодно точно любую зависимость, обладают низкой интерпретируемостью. Сети Колмогорова-Арнольда (KAN) предложены как альтернатива многослойным полносвязным сетям, заменяющая линейные веса на обучаемые одномерные функции, что повышает прозрачность модели за счет возможности визуализации этих функций [1]. Однако оригинальная архитектура KAN сохраняет аддитивную природу теоремы Колмогорова, ограничиваясь суммированием функций активации и моделируя мультипликативные взаимодействия между признаками только после явного задания присутствия перемножения двух операндов при инициализации модели [2]. В данной работе предлагается расширение KAN путем введения механизма разбиения операндов на группы произведения и сложения после сплайн-преобразования (Рис. 1), что позволяет сети не только адаптировать функции активации, но и синтезировать композиции операций сложения и умножения.

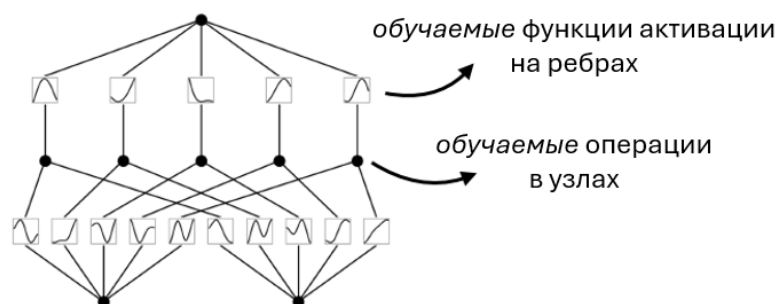


Рис. 1. Архитектура KAN с обучаемыми операциями

В рассматриваемой модификации слоя KAN суммирование по всем входам заменяется гибкой схемой: входные нейроны распределяются по G группам, где $G = \left\lfloor \frac{d_{in}}{2} \right\rfloor + 1$. $\left\lfloor \frac{d_{in}}{2} \right\rfloor$ групп предназначены для мультипликативной комбинации операндов, и дополнительная группа выделена под операнды сложения. Такое количество групп гарантирует, что в каждой мультипликативной группе потенциально может оказаться не менее двух операндов. Для каждого выходного нейрона o вводится тензор логитов $l_{i,o,g} \in \mathbb{R}$, где

$g = 1, \dots, G$. Логиты преобразуются в вероятность принадлежности i -го входа к группе g с помощью softmax с температурой τ :

$$p_{i,o,g} = \frac{\exp\left(\frac{l_{i,o,g}}{\tau}\right)}{\sum_{g=1}^G \exp\left(\frac{l_{i,o,g}}{\tau}\right)}.$$

При $\tau \rightarrow 0$ распределение по группам стремится к дискретному виду.

Обозначим $\widetilde{y}_{i,o}$ – вклад i -го входа в o -й выход после сплайн-преобразования и масштабирования. Для мультипликативных групп $g = 1, \dots, G - 1$ вклад группы формируется как «вероятность произведения» значений $\widetilde{y}_{i,o}$ тех входов, которые попали в данную группу. Для расчета градиентов в условиях произведения и сохранения знаков используется гладкая аппроксимация умножения:

$$\begin{aligned} term_{i,o,g} &= 1 - p_{i,o,g} + p_{i,o,g} \cdot \widetilde{y}_{i,o}, \\ prod_{o,g} &= \prod_{i=1}^{d_{in}} term_{i,o,g}. \end{aligned}$$

При условии, что все $p_{i,o,g}$ равны нулю (вход не принадлежит группе), $term_{i,o,g} = 1$ и не влияет на произведение. Если $p_{i,o,g} = 1$ (вход полностью отнесён к группе), то $term_{i,o,g} = \widetilde{y}_{i,o}$, и выражение становится произведением выбранных входов. Для аддитивной группы операндов, где $g = G$ вычисляется взвешенная сумма:

$$sum_o = \sum_{i=1}^{d_{in}} p_{i,o,G} \cdot \widetilde{y}_{i,o}.$$

Итоговый выход o -го нейрона является суммированием вкладов всех групп:

$$z_o = sum_o + \sum_{g=1}^{G-1} prod_{o,g}.$$

Архитектура была протестирована на задачах регрессии для формул:

$$\begin{aligned} y &= x_0 x_2 + x_4 \sin 2\pi x_3 + x_2, x \in [-1, 1], N_{samples} = 1000, \\ y &= \frac{x_0}{x_1}, y = \frac{x_0}{x_1} + \frac{x_2}{x_3}, y = x_0/x_1/x_2/x_3, x \in [0.1, 1], N_{samples} = 1000. \end{aligned}$$

Первый пример призван продемонстрировать способность модели распределять операнды по группам. Примеры с делением покажут возможность применения модели для нахождения обратных зависимостей между величинами, например, для задач, где требуется найти нормирующий признак.

Обучение модели осуществляется путем минимизации составной функции потерь, включающей ошибку регрессии и регуляризационные слагаемые, направленные на повышение интерпретируемости и разреженно-

сти. В качестве оптимизатора используется Adam с экспоненциальным затуханием скорости обучения. Все эксперименты проводятся с фиксированными параметрами: начальная скорость обучения 0.1, количество эпох 200, размер мини-батча 64. Для обеспечения плавного перехода от вероятностного распределения операций к почти дискретному, а также для стабилизации обучения, применяется экспоненциальное уменьшение параметров модели:

$$\tau(t) = \tau_{start} \left(\frac{\tau_{end}}{\tau_{start}} \right)^{\frac{t}{T}}, \tau_{start} = 2.0, \tau_{end} = 0.1$$

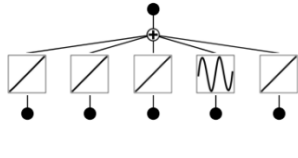
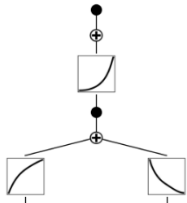
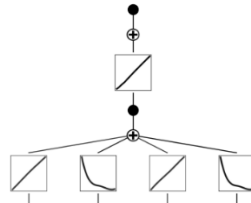
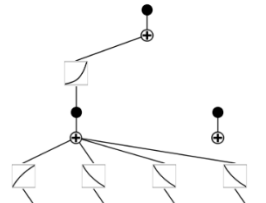
Для дополнительного контроля дискретности структуры группирования операндов введена регуляризация энтропия распределения операций по группам, усредненная по всем слоям:

$$H_{ops} = -\frac{1}{d_{in}d_{out}} \sum_{i=1}^{d_{in}} \sum_{o=1}^{d_{out}} \sum_{g=1}^G p_{i,o,g} \log(p_{i,o,g} + \varepsilon),$$

$$\lambda(t) = \lambda_{start} \left(\frac{\lambda_{end}}{\lambda_{start}} \right)^{\frac{t}{T}}, \lambda_{start} = 10^{-2}, \lambda_{end} = 1.0.$$

Для оценки результатов обучения была построена визуализация структуры моделей (Таблица 1).

Таблица 1. Результаты обучения KAN + обучаемые операции

$y = x_0x_2 + x_4\sin 2\pi x_3 + x_2$	$y = \frac{x_0}{x_1}$	$y = \frac{x_0}{x_1} + \frac{x_2}{x_3}$	$y = \frac{\frac{x_0}{x_1} \frac{x_2}{x_3}}{x_3}$
			

Предложенная модификация позволяет сети автоматически обнаруживать, какие комбинации входных признаков следует перемножать, а какие – складывать, что повышает интерпретируемость модели. Эксперименты показывают, что такой подход успешно выделяет мультипликативные структуры в задачах символьной регрессии и делает внутреннее представление модели более прозрачным для исследователя.

Литература

1. Liu Z. et al. Kan: Kolmogorov-arnold networks //arXiv preprint arXiv:2404.19756. – 2024.
2. Liu Z. et al. Kan 2.0: Kolmogorov-arnold networks meet science //arXiv preprint arXiv:2408.10205. – 2024.

РАНЖИРОВАНИЕ ДОКУМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ В МНОГОЭТАПНЫХ ПОИСКОВЫХ СИСТЕМАХ

Яценко А. А., Юрушкин М. В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: aryacenko@sfedu.ru

На сегодняшний день большинство поисковых систем (используемых, например, в маркетплейсах, онлайн-картах, системах интернет-рекрутмента) строится на многоэтапной архитектуре. В типичной многоэтапной архитектуре первый этап (*retrieval*) – векторный поиск или BM25 – обеспечивает высокую полноту выдачи за небольшое время, возвращая сотни или тысячи кандидатов, а второй этап (*re-ranker*) с помощью «сильной» модели выбирает из них наиболее релевантные для показа пользователю. Так как в последнее время большие языковые модели (LLM) всё активнее применяются для большого спектра задач, имеет смысл исследовать возможности использования LLM для задачи реранжирования. Данный доклад представляет обзор современных подходов к LLM-перанжированию и описывает экспериментальную работу по дообучению компактной LLM-модели под задачу реранжирования.

Существующие подходы к ранжированию принято разделять на три парадигмы в зависимости от того, сколько документов обрабатывается за один вызов модели:

- при *pointwise*-подходе оценивается каждая пара «запрос-документ» независимо, производится числовая оценка релевантности документа запросу;
- при *pairwise*-подходе документы сравниваются попарно, ранжировщик используется как компаратор внутри алгоритма сортировки;
- при *listwise*-подходе на вход модели подаются сразу несколько документов, а на выходе получается их упорядоченная перестановка.

Pointwise-методы требуют $O(n)$ вызовов модели и допускают параллельное выполнение. Однако ключевой проблемой является калибровка оценок: абсолютные оценки, выдаваемые LLM, нестабильны – они зависят от состава батча кандидатов и длины документов, из-за чего при ранжировании по *pointwise*-оценкам страдает качество. *Listwise*-методы обходят эту проблему, оперируя относительным порядком. Однако обработка большого количества кандидатов ведёт проблеме объединения локальных ранжирований, решение которой часто ведёт к увеличению задержки из-за использования скользящего

окна. Pairwise методы также страдают от большой задержки ввиду низкой возможности параллелизации.

В докладе представлен систематический обзор актуальных методов, включающих: FIRST [1], использующий логиты первого генерируемого токена для ранжирования без полной генерации; Self-Calibrated Listwise Reranking [2], имеющий внутреннюю pointwise-калибровку; ERank [3], использующий обучение с подкреплением (RL); jina-reranker-v3 [4], предлагающий архитектуру «last but not late interaction» с одновременной обработкой всех документов в одном контекстном окне; а также Qwen3-Reranker [5], использующий стандартную кросс-энкодерную (pointwise) архитектуру.

Также доклад описывает эксперимент по дообучению модели Qwen3-0.6B для получения listwise оценок. Компактный размер модели обеспечивает практическую применимость в системах с жёсткими требованиями по задержке и делает её сравнимой с энкодерными моделями на базе BERT.

Для оценки используется открытый бенчмарк BEIR [6], являющийся удобным фреймворком для оценки систем ранжирования. Данный бенчмарк содержит 17 различных датасетов, основная метрика – nDCG@10.

Таким образом, доклад представляет собой практико-ориентированный обзор быстро развивающейся области LLM-реранжирования. Помимо обзора, приводятся результаты воспроизведения ключевых экспериментов на общепринятом бенчмарке и обсуждаются открытые вопросы: калибровка оценок при параллельной обработке больших пулов кандидатов, чувствительность к формулировке промптов и перспективы обучения компактных моделей на задачу ранжирования.

Литература

1. Revanth Gangi Reddy and JaeHyeok Doo and Yifei Xu and Md Arafat Sultan and Deevya Swain and Avirup Sil and Heng Ji. FIRST: Faster Improved Listwise Reranking with Single Token Decoding. arXiv preprint arXiv:2406.15657.
2. Ruiyang Ren and Yuhao Wang and Kun Zhou and Wayne Xin Zhao and Wenjie Wang and Jing Liu and Ji-Rong Wen and Tat-Seng Chua. Self-Calibrated Listwise Reranking with Large Language Models. arXiv preprint arXiv:2411.04602.
3. Yuzheng Cai and Yanzhao Zhang and Dingkun Long and Mingxin Li and Pengjun Xie and Weiguo Zheng. ERank: Fusing Supervised Fine-Tuning and Reinforcement Learning for Effective and Efficient Text Reranking. arXiv preprint arXiv:2509.00520.
4. Feng Wang and Yuqing Li and Han Xiao. jina-reranker-v3: Last but Not Late Interaction for Listwise Document Reranking. arXiv preprint arXiv:2509.25085.

5. Zhang, Yanzhao and Li, Mingxin and Long, Dingkun and Zhang, Xin and Lin, Huan and Yang, Baosong and Xie, Pengjun and Yang, An and Liu, Dayiheng and Lin, Junyang and Huang, Fei and Zhou, Jingren. Qwen3 Embedding: Advancing Text Embedding and Reranking Through Foundation Models. arXiv preprint arXiv:2506.05176.
6. Nandan Thakur and Nils Reimers and Andreas Rücklé and Abhishek Srivastava and Iryna Gurevych. BEIR: A Heterogenous Benchmark for Zero-shot Evaluation of Information Retrieval Models. arXiv preprint arXiv:2104.08663.
7. SentenceTransformers Documentation: Semantic Search. URL: <https://sbert.net/> (дата обращения: 15.03.2026).

СЕКЦИЯ 6.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН В ВУЗЕ

ОБУЧЕНИЕ МАТЕМАТИКЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ В КОНТЕКСТЕ ШКОЛЬНОГО ОПЫТА ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ

Дурягина В. В., Гамolina И. Э.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт компьютерных технологий и информационной
безопасности,
г. Таганрог

E-mail: iegamolina@sfnedu.ru

Актуальность работы обусловлена необходимостью повышения качества обучения по математическим дисциплинам, являющихся фундаментальными дисциплинами в инженерных вузах.

В рамках своей профессиональной деятельности авторы столкнулись с проблемой освоения фундаментальных дисциплин, а именно математики для инженерных направлений. Большое количество факторов оказывает влияние на этот процесс [1], которые условно можно разделить на следующие группы: школьный уровень подготовки, когнитивные и психологические факторы, образовательная среда вуза, социальные и мотивационные факторы.

Рассмотрим влияние подготовки к профильному ЕГЭ на усвоение математики на младших курсах в техническом ВУЗе. Несмотря на большое количество плюсов единого государственного экзамена (унификация заданий для всей страны и для всех ВУЗов; нет выделения центральных регионов или крупных городов; легко найти материалы для подготовки к экзаменам; легко найти репетитора в силу унификации материала для вузов разной категории) существуют и отрицательные моменты: родительское и учительское «надо и должны»; обучение без интереса и удовольствия; формирование негативного опыта учебы; копирование примеров по шаблону.

Цель данной работы – исследование влияния опыта подготовки к ЕГЭ у школьников со средними баллами на освоение математики в техническом вузе. Для выполнения цели работы авторами был проведен анализ научных источников и опрос студентов технических специальностей ИКТИБ и ИРТСУ, в котором приняли участие 87 человек. Балл ЕГЭ по математике

варьировался в диапазоне от 46 до 79. Результаты опроса представлены на приведенных ниже рисунках.

Согласно исследованиям [2–5] школьники сталкиваются с систематическим психологическим воздействием педагогов и родителей. Школьные педагоги, будучи зависимыми от выполнения определенных показателей качества, и родители, связывающие результаты сдачи ЕГЭ с успешным и счастливым будущим своих детей, транслируют свою тревожность учащимся, что вызывает сильное внутреннее напряжение в процессе учебы (рис. 1, рис. 2).

Выстраивание многолетней «тревожной» стратегии взрослыми приводит к психологической установке «избегания неудач», которая усиливается при поступлении в ВУЗ, увеличивая период адаптации к новым условиям обучения

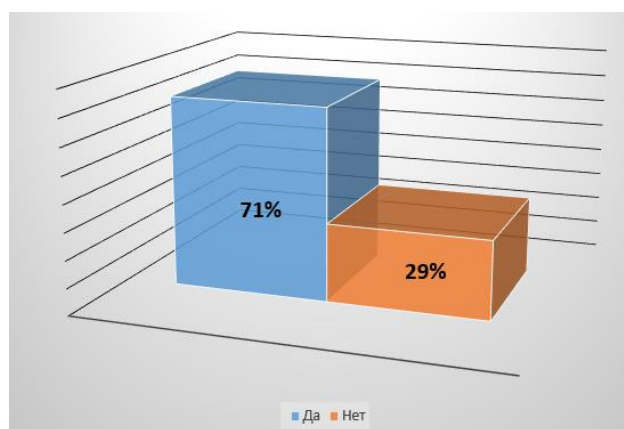


Рис. 1. Испытывали ли Вы психологическое воздействие со стороны учителей при подготовке к ЕГЭ по математике

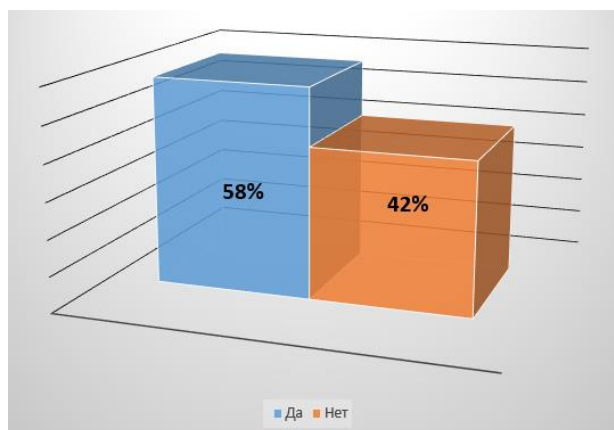


Рис. 2. Испытывали ли Вы психологическое воздействие со стороны родителей при подготовке к ЕГЭ по математике

Социум формирует у школьников своеобразную «планку» в виде ЕГЭ, которая является итоговой целью всего школьного обучения (рис. 3).

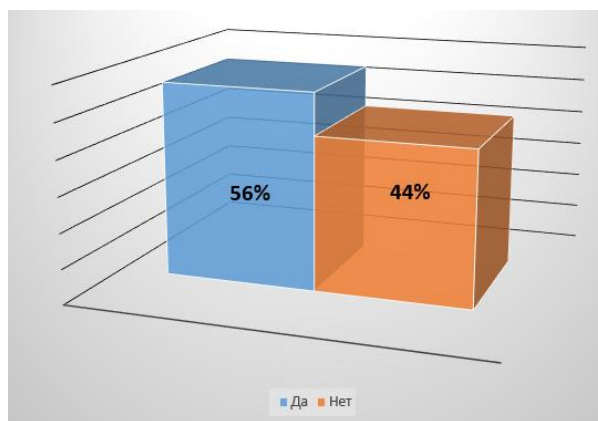


Рис. 3. Согласны ли Вы с тем, что ЕГЭ — главная цель обучения в школе

Зачастую, уделяется мало внимания дальнейшему планированию жизненных целей после окончания школы, подробным шагам, которые приводят к значимым результатам. Кроме того, выбор специальности и вуза базируется не на внутренних особенностях личности, а на стереотипах: популярная специальность в обществе, достойная зарплата, близость учебного заведения и т. п. [6].

В современных реалиях, во многих семьях родители пытаются стимулировать хорошие отметки через дорогостоящие подарки. Это является внешней мотивацией. Согласно [7] внешняя мотивация действует временно и убивает внутреннюю мотивацию, которая лежит в основе самостоятельного полноценного обучения.

Подготовка к ЕГЭ с помощью репетитора, многократного решения однотипных задач, без углубленного изучения теоретической части приводит к поверхностным знаниям, алгоритмизации действий (рис. 4–6). А в вузе они сталкиваются с большим объемом материала, который изучается в высоком темпе что приводит к эмоциональному барьеру, сопровождающимся нежеланием разбираться с материалом и работать в новом формате. В итоге студент не стремится понять, а стремится просто сдать.

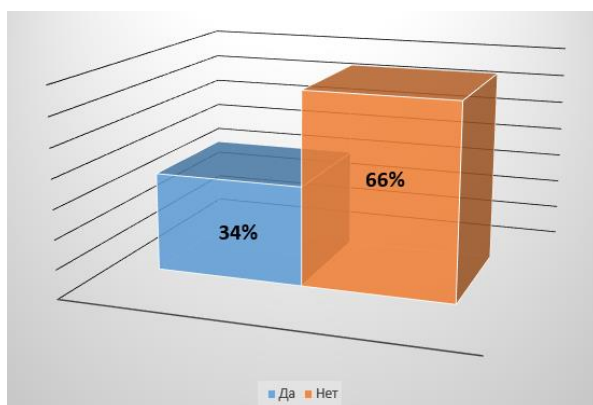


Рис. 4. Проявляли ли Вы инициативу при изучении материала для подготовки к тестированию

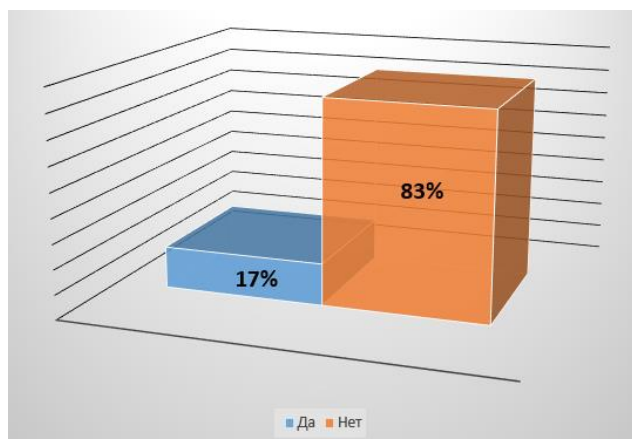


Рис. 5. Изучали ли Вы материал полностью самостоятельно при подготовке к ЕГЭ по математике

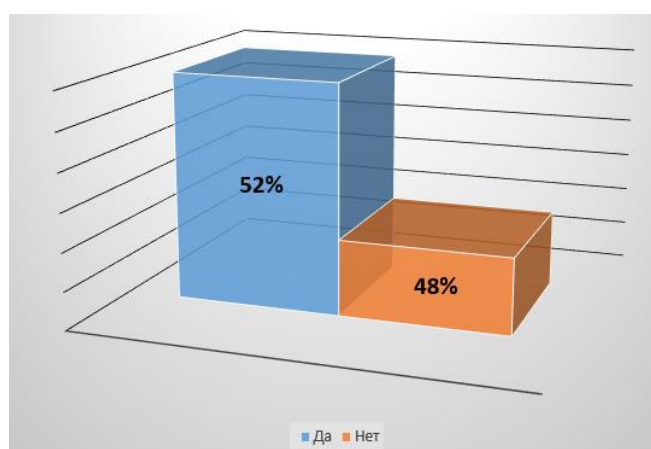


Рис. 6. Изучали ли Вы материал самостоятельно, но под контролем репетитора при подготовке к ЕГЭ по математике

Обучение математике в ВУЗе, как фундаментальной дисциплины, является достаточно сложным процессом, который совпадает не только с периодом адаптации, но и с формированием новых навыков. Понимание особенностей школьного опыта студентов младших курсов важно учитывать при организации занятий по математике для студентов технических специальностей.

Литература

1. Соловьёв А. Н. Анализ факторов, влияющих на математическую подготовку во втузе в современных условиях // *Агроинженерия*. 2009. № 5.
2. Пишняк А. И., Халина Н. В. Представления родителей московских школьников об успешной сдаче ГИА и ЕГЭ: возможности и барьеры // *Вопросы образования*. 2015. № 3.
3. Лобачева В. И. Психологические факторы, влияющие на подготовку школьников к единому государственному экзамену // *Kant*. 2017. № 4 (25).

4. *Криворучко Я. Е., Илюхина А. С.* Влияние учителей и родителей на морально-психологическое состояние старшеклассников при подготовке к ЕГЭ // *Образование и глобальные вызовы современности: научно-педагогический контекст.* Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2018. С. 106–109.
5. *Дементьева Л. А.* Школьная неуспешность: психолого-педагогические причины и пути преодоления: методические рекомендации для педагогов-психологов и учителей ОО/ авт.-сост. Л. А. Дементьева; ГАОУ ДПО ИРОСТ. – Курган, 2019. – 117 с.
6. *Шилова Н. П.* Представления юношей и девушек о будущем и результаты государственной итоговой аттестации Психолого-педагогические исследования. 2024. Том 16. № 4. С. 96–108.
7. *Гордеева Т. О., Сычёв О. А., Осин Е. Н.* Внутренняя и внешняя учебная мотивация студентов: ее источники и влияние на психологическое благополучие // *Вопросы психологии.* 2013. № 1. С. 35–45.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА ОБУЧЕНИЯ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ФИЗИКА» ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ УНИВЕРСИТЕТА

Колпачев А. Б., Колпачева О. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт компьютерных технологий и информационной
безопасности,
г. Таганрог*

E-mail: kolpachevak@sfedu.ru, kolpachevaov@sfedu.ru

В последнее время серьезное внимание уделяется модернизации учебных программ инженерного образования, и в немалой степени это касается учебных программ преподавания фундаментальных дисциплин и, в частности, физики. Преподавание физики с одной стороны признается важным этапом в формировании будущих специалистов, а с другой стороны, время, отводимое на изучение физики, как и других фундаментальных дисциплин, существенно сокращается. Физика – это наука, основанная на экспериментальных исследованиях, поэтому важной ее составляющей является понимание принципов экспериментального исследования и наличие элементарных навыков выполнения хотя бы простейших экспериментов. Это заставляет нас уделить значительное внимание такому разделу курса физики, как физический практикум, или другими словами, выполнение студентами лабораторных работ. Именно этот раздел курса важен для развития навыков последующей научно-исследовательской или опытно-конструкторской работы студента.

Для достижения положительных результатов в учебном процессе мы должны существенно интенсифицировать самостоятельную работу студентов в рамках физического практикума. Для этого мы предлагаем использовать систему менеджмента обучения (*Learning management system, LMS*) на платформе *Moodle*, с успехом применяемую уже во многих ВУЗах [1, 2]. В Южном федеральном университете подобные системы применяются в рамках концепции смешанного обучения [2]. В работах [3–5] рассмотрены особенности применения *LMS* на практических занятиях по физике, при проведении оперативного и текущего контроля знаний, а также опыт применения подобной системы на протяжении нескольких лет преподавания курса физики.

При выполнении лабораторных работ очень важно, чтобы студент был хорошо подготовлен к проведению текущей работы. Для этого он должен основательно проработать соответствующие разделы теоретического курса, изучить методику выполнения эксперимента, уметь проводить нужные измерения, уметь пользоваться измерительными приборами, иметь

навыки определения погрешностей измерений, правильно и наглядно представлять результаты своих исследований, делать обоснованные выводы. При этом существенную часть работы он должен выполнить самостоятельно еще на этапе подготовки к выполнению лабораторной работы. К сожалению, даже многие прилежные и дисциплинированные студенты с подготовительной частью работы справляются плохо. Мы предлагаем применить *LMS* для того, чтобы правильно организовать самостоятельную работу студентов, направить ее на изучение тех аспектов, без знания которых невозможно правильно выполнить задания лабораторной работы.

Разумеется, основной объем информации студенты должны почерпнуть из учебников, описаний лабораторных работ и другой учебной литературы, которая представлена, в том числе, и в соответствующем курсе в *LMS*, и имеется у них в прямом доступе. Это является необходимым условием для использования *LMS*.

Перед тем, как приступить к выполнению лабораторной работы, студент должен выполнить несколько заданий, в которых проверяется качество его подготовки. Первое из заданий связано с целью лабораторной работы и основной идеей эксперимента. Например, если в одной из работ изучается основной закон динамики вращательного движения твердых тел, то вопросы задания касаются формулировки этого закона, уяснению физического смысла величин, входящих в формулировку закона, простейших примеров применения этого закона. Можно также разобрать подробно, как можно экспериментально проверить этот закон, какие закономерности должны выполняться в зависимостях исследуемых величин (Угловое ускорение вращающегося тела должно быть прямо пропорционально моменту сил, приложенных к телу и обратно пропорционально моменту инерции тела).

Если студент успешно прошел этот этап, можно приступать к следующему, на котором рассматривается методика проведения эксперимента. В предложенном выше примере это могут быть вопросы о том, как конкретно с помощью имеющейся экспериментальной установки можно измерять угловое ускорение, какие прямые измерения нужно провести для этого. Возможны также вопросы, касающиеся проведения опытов, например, как можно изменять момент инерции вращающегося тела, оставляя при этом постоянным суммарный момент сил, действующий на тело. И наоборот, как зафиксировать момент инерции, а момент сил изменять. И как на основании этих измерений можно получить искомые зависимости углового ускорения от момента сил и от момента инерции.

Далее, студент должен ответить на вопросы, непосредственно касающиеся процессов измерений. Какие прямые измерения следует проводить, какие инструменты применяются для тех или иных измерений, каковы особенности работы этих инструментов в данной работе? Как по данным этих

прямых измерений можно получить результаты косвенных измерений иско-
мых величин? Также следует рассмотреть вопросы о точности прямых из-
мерений и методах определения погрешностей. Все эти вопросы должны
быть сформулированы применительно к конкретной экспериментальной
установке.

Последний блок вопросов должен быть связан со способами представ-
ления полученных данных в отчете о лабораторной работе. В каких едини-
цах целесообразно фиксировать данные, какие таблицы было бы рацио-
нально составить для массивов данных, целесообразно ли иллюстрировать
результаты графиками или другими рисунками, какие именно графики и ри-
сунки следует привести.

После получения разумных ответов на вопросы из этих четырех раз-
делов можно предположить, что студент понимает цели выполнения лабо-
раторной работы, уяснил методику эксперимента, будет проводить изме-
рения осознанно, и подготовился к фиксации и дальнейшей математиче-
ской обработке полученных результатов. Можно считать, что он получил
допуск к выполнению работы и может приступать к измерениям.

Ответы на все эти вопросы студент может дать как непосредственно в
лаборатории перед выполнением работы, так и заранее, в процессе подго-
товки. Система оценит качество его ответов, преподаватель может вклю-
чить эту оценку в итоговую оценку за лабораторную работу.

После проведения измерений студент должен выполнить математиче-
скую обработку результатов, получить результаты косвенных измерений,
рассчитать абсолютные и относительные погрешности измерений. Перед
выполнением этого этапа работы, ему также можно, используя *LMS*, задать
несколько вопросов, касающихся рабочих формул расчетов и их вывода, а
также формул для вычисления погрешностей и их выводов. Система снова
оценит знания и выставит оценку, которую преподаватель может учесть при
выставлении итоговой оценки.

Следующий этап выполнения лабораторной работы – «защита» студен-
том полученных результатов. Возможно, этот этап лучше всего проводить в
виде устного ответа, но можно применить и «смещанную» форму – студент
может ответить на несколько подготовленных «контрольных» вопросов че-
рез *LMS* и затем завершить процесс обсуждением выводов с преподавателем.

Что необходимо подготовить для реализации подобной методики?
Главное – это банк заданий (вопросов), включающий следующие категории
заданий (вопросов).

1. Вопросы об изучаемом физическом явлении, способах его описания,
об экспериментальных методах его наблюдения.
2. Основная идея эксперимента, методы его проведения.
3. Детали экспериментальной методики, реализованной в данной лабо-
раторной работе, особенности проведения измерений, применения измери-
тельных инструментов и т. д.

4. Способы фиксации получаемых экспериментальных данных.
 5. Вывод и использование рабочих формул, а также формул для расчета погрешностей в данной работе.
 6. Вопросы на понимание сути полученных результатов, применение изученных законов и закономерностей (для заключительного этапа).
- Предлагаемая методика позволяет преподавателю не заниматься рутинными «опросами» и «допусками к работе», а сосредоточить свое внимание на самом процессе выполнения работы студентами и оказывать им необходимую помощь и поддержку.

Литература

1. *Дорохина Е. С.* Реализация программы академической и социальной адаптации студентов 1 курса в техническом ВУЗе / Дорохина Е. С., Хорошко А. А. // Инженерный вестник Дона. – 2013. – № 1. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2013/1572.
2. *Бабарико, А. А.* Внеаудиторная работа обучающихся в электронной информационно-образовательной среде на примере изучения дисциплины «Физика»: монография / А. А. Бабарико, Э. В. Логунова. – Омск: Омский ГАУ, 2022. – 60 с. – ISBN 978-5-907507-17-3. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/240761> (дата обращения: 11.03.2026).
3. *Колпачев, А. Б.* Применение системы дистанционного обучения для организации самостоятельной работы студентов по физике / А. Б. Колпачев, О. В. Колпачева // Современные компьютерные технологии: сборник статей V научно-методической конференции НПР. – Таганрог, 2024. – С. 134–138.
4. *Колпачева О. В.* Роль системы дистанционного обучения в ходе самостоятельной работы студентов в рамках фундаментальной дисциплины «Физика» / Колпачева О. В., Колпачев А. Б., Тополов В. Ю. // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы XXXII научной конференции (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 17–19 апреля 2025 г.). – Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2025. – С. 218–221. – URL: <https://inftech.uginfo.sfedu.ru>.
5. *Тополов В. Ю.* О важной составляющей фундаментальной дисциплины «Физика» для инженерных направлений университета / Тополов В. Ю., Колпачев А. Б., Колпачева О. В. Научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2025, № 6, [Электронный ресурс], 8 стр. <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2025/10173>.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВНЕДРЕНИЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ФИЗИКЕ В ВУЗАХ

Коноваленко С. П., Раткина А. Ю.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт компьютерных технологий и информационной
безопасности,
г. Таганрог*

E-mail: skonovalenko@sfedu.ru, aratkina@sfedu.ru

В эпоху цифровизации высшее образование испытывает серьезные трудности с адаптацией к новым реалиям. Классические подходы к обучению физике нередко оказываются недостаточными для развития у студентов умений применять знания на практике. При ограниченных ресурсах аудиторного времени технологии искусственного интеллекта (ИИ) предлагают инновационные пути для индивидуализации учебного процесса и его оптимизации.

Инструменты ИИ – включая генеративные системы вроде GPT, алгоритмы компьютерного зрения и обучающиеся симуляторы – уже демонстрируют эффективность в педагогической практике. В области физики они обеспечивают моделирование запутанных явлений, создание персонализированных упражнений и оперативный разбор ошибок учащихся. По данным исследований подобная интеграция способствует росту мотивации и качества освоения материала на 20–30%. Тем не менее в российских университетах подобные методы внедряются пока sporadически.

ИИ превосходит традиционные методы преподавания физики за счет персонализации и интерактивности, но не заменяет их полностью, требуя синергетического подхода. Сравнение показывает преимущества ИИ в индивидуализации обучения и визуализации сложных концепций, хотя традиционные методы лучше развивают эмоциональный интеллект и групповое взаимодействие [1–2].

Преподавателям физики рекомендуется начинать внедрение ИИ с анализа текущих образовательных нужд и поэтапного тестирования доступных инструментов, чтобы повысить эффективность обучения студентов вузов. Это позволит персонализировать процесс, минимизировать рутинные задачи и усилить мотивацию учащихся.

Для начала необходимо пройти курсы по ИИ в образовании для понимания базовых принципов работы нейросетей и их применения в физике и оценить уровень цифровой грамотности студентов через опросы и определить ключевые проблемы, например, сложность визуализации абстрактных

понятий (квантовая механика, электродинамика). Составьте план интеграции ИИ, начиная с 1–2 инструментов на семестр, чтобы избежать перегрузки.

Можно использовать следующие инструменты:

- Чат-боты (ChatGPT или GigaChat) для генерации задач, объяснений и мгновенной обратной связи по решениям с последующей интеграцией их в Moodle.

- Виртуальные лаборатории (PhET Simulations, Algodoo) с ИИ-анализом экспериментов для симуляции недоступных опытов, таких как ядерные реакции.

- Адаптивные платформы (Duolingo for Science аналоги или Smart Tutor) для персонализированных траекторий обучения на основе данных об успеваемости.

Для успешного внедрения инструментов ИИ необходимо пройти следующие этапы:

1. Пилотный запуск: протестируйте ИИ на 1–2 темах (механика, термодинамика) с небольшой группой студентов, собирая отзывы еженедельно.
2. Интеграция в уроки: замените 20–30% традиционных лекций интерактивными сессиями с ИИ – геймифицированными квестами или симуляциями.
3. Отслеживание прогресса и адаптация: используйте встроенную в платформы аналитику для анализа успеваемости студентов и времени, затраченного на выполнение заданий. На основе полученных данных вносите коррективы в дальнейшую стратегию обучения.

Прежде всего, важно ознакомить студентов с особенностями работы в образовательной среде, где применяется ИИ. Проведите вводные занятия, посвященные этичному использованию искусственного интеллекта: научите студентов критически оценивать достоверность информации, полученной от ИИ, и предотвращать академическое мошенничество. Поощряйте развитие критического мышления, предлагая задания, требующие сравнения выводов, сгенерированных ИИ, с данными из традиционных учебных материалов. Поддерживайте самостоятельные эксперименты студентов с помощью ИИ, например, моделирование физических процессов в Python с использованием подсказок нейросети.

Несмотря на многочисленные преимущества интеграции ИИ в образование, существуют и потенциальные риски. Вот основные меры по их минимизации:

- Столкновение с неточностями ИИ: всегда проверяйте результаты, полученные от ИИ, путем сопоставления с данными из авторитетных источников.

- Риск формирования зависимости: ограничивайте использование ИИ примерно 40% учебных активностей, дополняя их дискуссиями в группе.

- Технические барьеры: обеспечьте равный доступ студентов к бесплатным образовательным платформам.

- Этические вопросы: установите четкие правила, включая обязательное указание источников, сгенерированных ИИ, и полный запрет на прямое копирование ответов.

Массовое внедрение ИИ в высшее образование несет в себе значительные вызовы, в частности, угрозу академической добросовестности и снижение аналитических способностей студентов. Использование ИИ облегчает работу над рефератами, выпускными квалификационными работами, что препятствует развитию самостоятельного анализа, критического мышления, анализа у студентов. Поэтому здесь появляется проблема, что временное улучшение успеваемости может обернуться в долгосрочной перспективе снижением умственных способностей.

Для педагога ИИ берет на себя такие функции как создания задач, упражнений и до анализа прогресса. Таким образом, у преподавателя появляется больше времени для фокуса на развитии логики и адаптации программ под разноуровневые группы. Научные данные свидетельствуют об улучшении освоения трудоемких разделов физики, включая законы Ньютона и термодинамику, благодаря динамичным интерактивным моделям.

ИИ может генерировать неточную информацию и снижать познавательную активность из-за отсутствия эмоционального контакта; традиционные методы лучше обеспечивают мотивацию через живое общение и групповую работу. Необходима комбинация: ИИ как ассистент, преподаватель как наставник.

Начинайте с гибридной модели – 30% ИИ для симуляций и проверки, 70% традиционных лекций с дискуссиями.

Литература

1. *Климашина, Н. Н.* Искусственный интеллект в образовании: возможности и перспективы // Новые технологии в учебном процессе и производстве: Материалы XXIII научно-технической конференции с международным участием, Рязань, 16–18 апреля 2025 года. – Рязань: Московский политехнический университет, 2025. – С. 334–337.
2. *Петренко К. П.* Искусственный интеллект как новый инструмент в арсенале учителя физики: возможности и ограничения // Мир педагогики и психологии: международный научно-практический журнал. 2025. № 12 (113). Режим доступа:
<https://scipress.ru/pedagogy/articles/iskusstvennyj-intellekt-kak-novyj-instrument-v-arsenale-uchitelya-fiziki-vozmozhnosti-i-ogranicheniya.html>
(Дата обращения: 22.02.2026).

КАРТИНА МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ В ПЕРЕХОДНОМ ПЕРИОДЕ

Кривша Н. С., Тетруашвили Е. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт компьютерных технологий и информационной
безопасности,*

г. Таганрог

E-mail: inskrivsha@sfedu.ru, evtetruashvili@sfedu.ru

Изменение общественного строя, а также его составляющих систем – экономической, социальной, духовно-культурной и политической, влияют на изменения в каждом человеке, его сознании, мышлении, уровне культуры, образовании, взаимоотношениях внутри семьи и общества. И, безусловно, все это особо влияет на становление молодого поколения. Быстрый переход к цифровым технологиям добавил новых задач, вызовов и проблем.

Главные проблемы сегодняшних первокурсников при изучении высшей математике: невнимательное прочтение математического материала, его понимание, незнание формул и определений из школьного курса, низкая математическая грамотность, плохое изложение хода решения задач и их объяснение. Но сами студенты (по результатам анкетирования) выделяют следующие свои проблемы и трудности обучения в институте:

- слабая школьная подготовка по математике, не все темы были изучены, некоторые просто пропущены, в 10–11 классах процесс обучения сводился только к подготовке к ЕГЭ;
- темп обучения в вузе стал значительно интенсивнее и динамичнее, с большим количеством материала в сравнении со школой. Трудно воспринимается лекционный курс даже с примерами и задачами, и только на практических занятиях происходит понимание материала, но не всегда. Для большего количества студентов важно еще дома повторно проработать весь аудиторный материал по конспектам лекций и практических занятий.
- сложно для понимания материала курса высшей математики держать в голове все ранее изученное.

Для выстраивания стратегии обучения в первом семестре по высшей математике на кафедре физико-математических основ инженерного образования Института компьютерных технологий и информационной безопасности традиционно проводится входной контроль (старт). Для его прохождения первокурсникам предлагаются задачи, подобные первой части ЕГЭ. Результаты входного контроля сравниваются с баллами ЕГЭ по математике, и затем, после первой сессии, с результатами первого семестра.

На примере 5 групп студентов 1 курса Института нанотехнологий, электроники и приборостроения был проведен статистический анализ трёх показателей учебных результатов: «Старт», «ЕГЭ» и «Итог 1 семестр».

В выборку вошли 94 студента. Использовалась описательная статистика (среднее, стандартное отклонение, медиана, 95%-й доверительный интервал), корреляционный анализ (коэффициенты Пирсона и Спирмена), а также парные сравнения для связанных наблюдений. Для оценки динамики обучения рассчитывалась средняя разница между показателями «после» и «до», доля студентов с положительным приростом и различия по учебным группам. Для парных сравнений использовался парный t-тест.

Средний результат по итогам первого семестра статистически значимо выше стартового уровня, но не отличается от ЕГЭ на уровне значимости 0,05. Динамика обучения носит преимущественно положительный характер, однако выражена неравномерно по группам и по исходному уровню подготовки.

Таблица 1. Описательная статистика

Показатель	Среднее $\pm$ станд.откл.	Медиана	Мин–Макс	95% ДИ среднего
Старт	50.72 $\pm$ 14.60	50	25–90	47.78...53.66
ЕГЭ	60.80 $\pm$ 12.89	64	40–82	58.21...63.40
Итог 1 семестр	63.48 $\pm$ 19.31	71	9–92	59.52...67.43

Распределение показателя «Итог 1 семестр» смещено в сторону высоких значений, но содержит отдельные низкие результаты. Это указывает на наличие основной массы студентов с удовлетворительными и высокими итогами при одновременном существовании небольшой группы академического риска.

Таблица 2. Корреляции между анализируемыми показателями

Показатель 1	Показатель 2	Коэффициент Пирсона	Значимость Пирсон	Коэффициент Спирмена	Значимость Спирмен
Старт	ЕГЭ	0.29	0.004	0.25	0.012
Старт	Итог 1 семестр	0.26	0.011	0.34	0.001
ЕГЭ	Итог 1 семестр	0.31	0.002	0.29	0.004

Корреляционный анализ выявил статистически значимые, но умеренные связи между показателями Старт, ЕГЭ и Итог 1 семестр ($r = 0.26–0.31$; $p < 0.01$). Это указывает на наличие зависимости между исходным уровнем

подготовки и результатами обучения, однако эта связь не является жёсткой и не предопределяет результат обучения полностью.

Таблица 3. Парные сравнения и оценка динамики

Сравнение	Средняя разница	95% ДИ	p	d_z	Улучшение, %
Итог 1 семестр – Старт	12.84	8.53...17.15	< 0.001	0.61	79.79
Итог 1 семестр – ЕГЭ	2.67	-1.36...6.70	0.191	0.14	57.45
ЕГЭ – Старт	10.08	6.77...13.40	< 0.001	0.61	73.20

Парное сравнение показывает, что «Итог 1 семестр» выше стартового результата в среднем на 12,84 балла ($p < 0,001$; $d_z = 0,61$), а улучшение относительно старта наблюдается у 79,8% студентов. Одновременно разница между «Итог 1 семестр» и ЕГЭ составляет лишь 2,67 балла и не достигает статистической значимости ($p = 0,191$). Следовательно, учебный процесс в большей степени обеспечивает выраженный рост по сравнению со стартовой диагностикой, чем универсальное превышение уровня ЕГЭ.

Положительная динамика относительно стартового уровня отмечается во всех учебных группах. Наиболее выраженный прирост обнаружен в группе ЭПсо 1-15, тогда как минимальный – в группе ЭПбо 1-55.

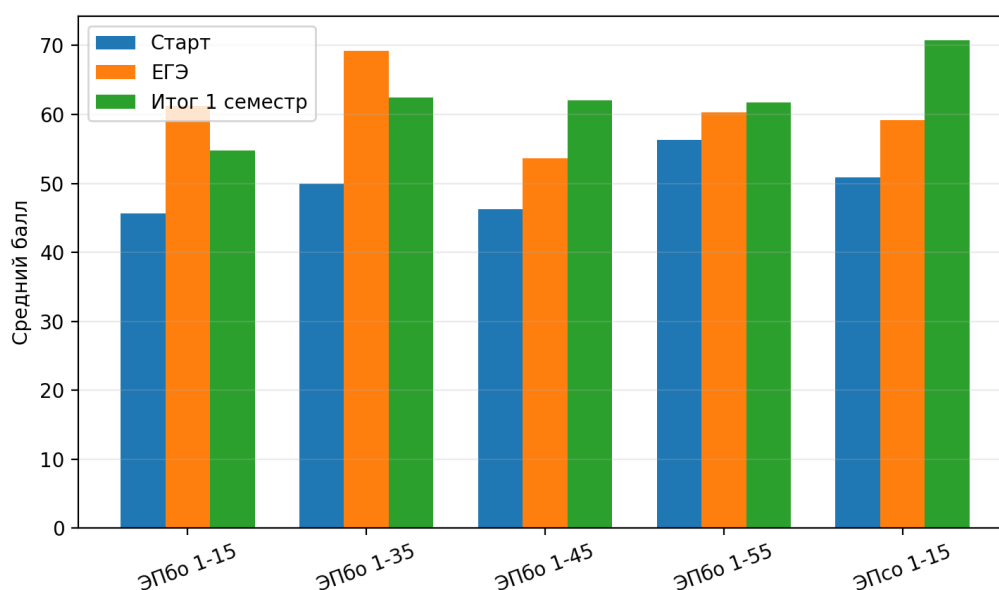


Рис. 1. Средние значения по учебным группам

Авторы полагают, что результат обучения оказался успешным благодаря игровым контрольным мероприятиям: решить полуструктурированные и перевернутые задачи; пройти математический квест по дифференцированию; записать клип по введению в математический анализ; участвовать в «стеношном бою» по проверке математических знаний; провести командное исследование функции. Опрос студентов показал, что командный подход работы увеличивает мотивацию и стремление к обучению. Так же они отметили, что игровой подход:

- сплотил и раскрыл членов команды в ходе выбора и принятия решения;
- показал другой взгляд на решение и выбор способа среди членов команды;
- ускорил поиск правильного пути решения;
- помог лучше усвоить материал за счет объяснения членами команды в процессе аргументации решения.

И самый важный вывод, который сделали студенты сами для себя – это желание аннулировать свои проблемы в знаниях, которые открылись в процессе командного решения задач.

Литература

1. *Кривша Н. С., Тетруашвили Е. В.* Математический клип против клипового мышления студентов в познании высшей математики // Модели и методы повышения эффективности инновационных исследований: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции (Самара, 9 сентября 2025 г.). Стерлитамак: АМИ. 2025. С. 11–15.
2. *Дурягина В. В., Гамolina И. Э., Кривша Н. С., Тетруашвили Е. В.* Развитие математического мышления студентов инженерных направлений решением нестандартных задач // Единство науки и образования как инструмент перехода к постиндустриальному обществу: сборник статей Международной научно–практической конференции (г. Волгоград, РФ, 2 августа 2025 г.). – Уфа: Omega science, 2025. – С. 5–9.
3. *Дурягина В. В., Гамolina И. Э., Кривша Н. С., Тетруашвили Е. В.* Раскрытие знаний по высшей математике студентами традиционными русскими играми и забавами // Символ науки: Международный научный журнал, номер: 10-2, 2025. С. 11–14.

АДАПТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ИСКУССТВЕННОМУ ИНТЕЛЛЕКТУ ДЛЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ БИОИНЖЕНЕРИЯ И БИОИНФОРМАТИКА

Кузнецова Е. М.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича*

E-mail: emkuznecova@sfnedu.ru

В условиях цифровой трансформации ключевым фактором профессиональной подготовки становится формирование компетенций в области искусственного интеллекта и машинного обучения. Для системы высшего образования это означает необходимость обновления содержания учебных дисциплин, направленных на развитие у студентов навыков анализа данных, построения прогностических моделей и использования современных инструментов анализа. Однако существующие подходы зачастую не учитывают междисциплинарный характер задач, а студенты испытывают трудности при переносе теоретических знаний в практическую плоскость, особенно при работе с реальными, «неидеальными» данными.

Подготовка специалистов в области биоинженерии и биоинформатики требует не только фундаментальных биологических знаний, но и уверенного владения методами работы с большими данными, а также современными инструментами машинного обучения (МО). Включение дисциплины «Искусственный интеллект» в вариативную часть образовательной программы ставит задачу разработки такого содержания курса, которое, с одной стороны, соответствует ФГОС ВО по данному направлению, а с другой – учитывает специфику будущей профессиональной деятельности выпускников.

В связи с тем, что обычно дисциплины по искусственному интеллекту и машинному обучению предназначены для изучения студентами математических и IT направлений, то требовалась переработка содержания материалов аналогичных дисциплин с учетом специфики данного направления. В рамках этой адаптации предложено следующее: обеспечение междисциплинарной связи между математическими методами и их естественнонаучной интерпретацией, а также формирование у студентов навыков системного анализа сложных природных систем с применением методов машинного обучения.

Разработанная программа объёмом 5 зачётных единиц (180 часов) включает 32 лекционных и 32 лабораторных занятия. Курс построен по модульному принципу и охватывает полный цикл решения задач машинного обучения – от первичной обработки данных до построения и интерпретации моделей.

Студенты данного направления к моменту изучения дисциплины уже знакомы с основами программирования на языке Python и имеют представление о биоинформатических задачах. Кроме этого, они обладают довольно сильной математической подготовкой, включающей дисциплины по математическому анализу, теории вероятностей и математической статистике, линейной алгебре и аналитической геометрии. Поэтому главная задача адаптации заключалась не в упрощении курса, а в создании прочных концептуальных мостов между абстрактными алгоритмами и конкретными биологическими задачами при сохранении математической строгости.

Структура дисциплины состоит из трех модулей. Первый модуль посвящён работе с данными: студенты осваивают методы восстановления пропущенных значений (включая использование корреляции), поиска выбросов как одномерными, так и многомерными подходами, а также знакомятся с основными понятиями математической статистики и представлением признаков объектов. Все практические задания выполняются в среде Google Colab с использованием библиотек Pandas, NumPy и Matplotlib. Использование облачной среды позволяет снять проблемы с установкой дополнительного программного обеспечения, обеспечить единообразное окружение с предустановленными библиотеками.

Во втором модуле упор делается на базовые алгоритмы машинного обучения. В качестве тем для изучения выбраны: кластеризация (k-means, графовые методы, FOREL), линейная и полиномиальная регрессия, классификация с помощью k-ближайших соседей, метода опорных векторов и байесовского классификатора. Кроме этого, освещены темы валидации, выбора оптимальных параметров и оценки качества моделей.

В заключительном модуле студенты знакомятся с продвинутыми методами работы с признаками и объектами, такими как отбор признаков (простые и итеративные методы), синтез новых признаков с помощью метода главных компонент (PCA) для снижения размерности данных, а также методы синтеза объектов (SMOTE) для борьбы с дисбалансом классов.

В качестве индивидуального задания студентам предлагается самостоятельно выбрать датасет (из открытых репозиторий) и провести разведочный анализ. Далее следует обработать пропуски и выбросы, решить задачу регрессии, классификации или кластеризации с применением изученных алгоритмов, выполнить кросс-валидацию и оценить качество и интерпретирует полученных результаты.

Предложенная адаптация дисциплины «Искусственный интеллект» на основе сочетания фундаментальной теоретической подготовки с решением практически значимых задач на реальных биологических данных может способствовать развитию навыков, необходимых для успешной научно-исследовательской и профессиональной деятельности в области биоинженерии.

Литература

1. Биоинформатика с Python: книга рецептов: Современные библиотеки и приложения Python для решения реальных задач вычислительной биологии / пер. с англ. И. Л. Люско. – М.: ДМК Пресс, 2023. – 344 с.: ил.
2. *Т. А. Кузовкова, М. М. Шаравова, Д. А. Катунин АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА* // Экономика и качество систем связи. 2024. № 1 (31). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-perspektiv-razvitiya-iskusstvennogo-intellekta> (дата обращения: 16.03.2026).
3. *Элбон Крис* Машинное обучение с использованием Python. Сборник рецептов: Пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2019. – 384 с.: ил.

ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС: АНАЛИЗ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ОПЫТА И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ

Махно А. С.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

физический факультет,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: asmakhno@sfedu.ru

Использование искусственного интеллекта в образовании ставит перед педагогами новые задачи и вызовы [1], а также вопросы интеграции современных технологий в свою практику [2]. Интеграция цифровых технологий в образование – процесс неизбежный. Перед каждым практикующим педагогом сегодня встает вопрос: как использовать инструменты искусственного интеллекта с максимальной пользой? Мой собственный путь к ИИ начался с желания оптимизировать рутинные задачи и найти новые способы подачи материала, способные увлечь современное поколение студентов. Ключевым этапом этого пути стало обучение на курсе повышения квалификации «Искусственный интеллект в образовании и науке» в ЮФУ (апрель-май 2025 г.), которое помогло систематизировать разрозненный опыт и взглянуть на проблему профессионально. Полученные знания позволили сформулировать основополагающий принцип моей текущей работы: эффективность педагога определяется не конкуренцией с ИИ, а умением использовать его как инструмент для решения профессиональных задач. Этому опыту и посвящена данная статья.

В последнее время в своей педагогической практике я активно экспериментирую с интеграцией генеративных нейросетей. В качестве основных инструментов используются как отечественные разработки (GigaChat, YandexGPT (Алиса)), так и зарубежные аналоги (Perplexity, GPT-4). Целью данного этапа работы стал поиск оптимальных способов применения ИИ для повышения качества занятий и оптимизации рутинных процессов.

Наиболее интересные результаты были достигнуты в области проектирования учебных занятий. Использование ИИ позволяет в сжатые сроки генерировать множество сценариев и нестандартных идей, которые служат основой для разработки новых, более увлекательных форматов работы. Важно отметить, что на данном этапе ИИ не столько экономит время преподавателя, сколько выступает в роли «генератора идей». Благодаря этому удастся сделать занятия более насыщенными и познавательными, что напрямую влияет на вовлеченность и продуктивность студентов.

Наиболее заметный эффект от использования искусственного интеллекта с точки зрения экономии времени достигается при подготовке контрольно-измерительных материалов. Если раньше составление нескольких

вариантов задач требовало значительных временных затрат, то сейчас эта задача сводится к формулированию точного промта (например: «напиши 6 вариантов подобных задач»). Нейросеть за считанные минуты генерирует необходимое количество заданий.

При этом ключевым условием остаётся последующая верификация: преподаватель должен проверить корректность сгенерированного контента. Несмотря на то, что черновая работа выполнена алгоритмом, итоговая педагогическая экспертиза остаётся обязательной. Проверка формулировок, математической корректности условий и методической состоятельности решений требует значительного времени, что в ряде случаев сводит на нет выигрыш, полученный на этапе генерации.

В ходе работы я также столкнулась с вызовом, характерным для современного образования: активным использованием ИИ студентами для выполнения домашних заданий. Это потребовало пересмотра методики подачи материалов. Экспериментально было установлено, что включение в условия задач графических элементов (рисунков, схем) создает барьер для большинства нейросетей, которые пока не способны корректно обрабатывать визуальную информацию (функция загрузки изображений работает некорректно или отсутствует). Данный подход показал интересный педагогический эффект. Столкнувшись с невозможностью «переложить» решение на ИИ (который в таких случаях начинает «галлюцинировать», то есть выдавать некорректные ответы), студенты вынуждены самостоятельно вникать в условие задачи и искать пути решения. Парадоксальным образом ограниченность современных ИИ-систем становится инструментом, мотивирующим учащихся к осмысленной работе, возвращая их к непосредственному решению задач.

В ходе педагогического эксперимента по внедрению инструментов искусственного интеллекта (GigaChat, YandexGPT, Perplexity, GPT-4) был выявлен ряд существенных преимуществ и недостатков, которые можно классифицировать следующим образом:

Плюсы (Преимущества)	Минусы (Недостатки / Ограничения)
1. Генерация педагогических идей: ИИ выступает в роли «мозгового штурма», предлагая нестандартные сценарии занятий, что повышает креативность преподавания.	1. Необходимость проверки (Верификация): ИИ требует постоянного контроля. Сгенерированные задачи и тексты могут содержать ошибки («галлюцинации»), что обязывает преподавателя перепроверять материалы.
2. Скорость подготовки материалов: Значительная экономия времени при составлении рутинных заданий (например, создание 6 вариантов задач	2. Риск потери самостоятельности студентов: Обучающиеся активно используют ИИ для решения домашних работ, что нивелирует обучающий

за несколько минут вместо нескольких часов).	эффект, если задания остаются текстовыми.
3. Персонализация и вариативность: Легкость создания множества вариантов контрольных работ и индивидуальных заданий для разных студентов.	3. Ограниченность мультимодальности: Современные модели (особенно бесплатные версии) плохо обрабатывают графическую информацию (рисунки, схемы), что требует адаптации методических материалов.
4. Повышение вовлеченности: Возможность быстро находить свежие примеры и делать занятия более динамичными и связанными с современными технологиями.	4. Отсутствие гарантии экономии времени: На начальном этапе (поиск идей, написание промтов) временные затраты могут оставаться высокими; экономия наступает лишь на этапе тиражирования материалов.
5. Стимулирование критического мышления (у преподавателя): Работа с ИИ вынуждает педагога более глубоко анализировать предмет, чтобы отсеивать неверные ответы нейросети.	5. Этические вопросы: Неясность в вопросах авторского права на сгенерированный контент и риск «цифровой лени» у студентов.

Таким образом искусственный интеллект не заменяет педагога, а меняет его функции. Преподаватель перестает быть просто источником знаний и становится организатором учебного процесса. Он использует ИИ для решения рутинных задач, а сам сосредотачивается на развитии мышления учеников в тех областях, где машина неэффективна. Стремительное развитие искусственного интеллекта обуславливает необходимость пересмотра подходов к подготовке и повышению квалификации педагогических кадров. Освоение преподавателями навыков работы с ИИ-инструментами становится не факультативной, а обязательной составляющей профессионального развития, обеспечивающей соответствие уровня педагогической компетентности современным технологическим реалиям.

Литература

1. Миркушина Л. Р. Искусственный интеллект и этические аспекты в современном образовании // Москва : МГПУ, 2023. Т. 1. С. 178–181.
2. Цифровая трансформация педагогического образования : монография / Л. С. Носова, Е. А. Леонова, Т. Н. Лебедева, О. Р. Шефер, А. А. Рузаков. Челябинск : Южно-Уральский научный центр РАО, 2021. 227 с.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ МАСТЕРСКИХ ПО КУРСУ «ИНФОРМАТИКА» ДЛЯ ИНЖЕНЕРНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ

Номерчук А. Я., Заргарян Е. В., Заргарян Ю. А.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Таганрог*

E-mail: aynomerchuk@sfedu.ru

В рамках реализации пилотного проекта по поддержке преподавателей фундаментальных дисциплин в ЮФУ в 2024 году было проведено комплексное исследование федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования, разработанных на их основе образовательных программ и рабочих программ дисциплины (РПД) «Информатика» по укрупнённым группам специальностей и направлений инженерной сферы (для УГСН с 11.00.00 по 28.00.00) [1]. На основании проведенных работ разработана и внедрена РПД по дисциплине «Информатика» для 17 направлений подготовки бакалавриата и специалитета инженерной направленности для реализации с 2025 года.

Базовой компетенцией разработанной дисциплины выступает ОПК-4: способен применять методы и средства информационных технологий для решения задач профессиональной деятельности с учетом требований информационной безопасности.

В рамках гибкости реализации дисциплины для различных направлений был реализован подход по использованию циклов занятий в рамках образовательных мастерских, учитывающих особенности каждого направления и профиля подготовки обучения. Здесь образовательная мастерская выступает как череда отдельных образовательных событий, в рамках каждого из занятий у обучающихся должен появиться некоторый конечный образовательный результат и приобретение определенных навыков.

Во втором семестре дисциплины для направлений 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» и 27.03.04 «Управление в технических системах» проводится мастерская «Проектирование и моделирование компьютерных сетей». Целью мастерской является формирование у студентов первого курса бакалавриата практических навыков диагностики, настройки и моделирования компьютерных сетей. В процессе занятий студенты изучают утилиты TCP/IP-стека Windows, работают с сетевыми топологиями в Cisco Packet Tracer, осваивают базовые средства маршрутизации и автоматической адресации. Завершающее занятие включает командный проект по проектированию и анализу сетевой инфраструктуры [2].

В рамках реализации занятий со студентами первого курса возникают проблемы на понимание материала и применению базовых принципов и навыков, получаемых во время занятий. Чаще всего студенты запоминают

порядок действий, не вкладывая смысловую нагрузку применения технологии. На это возможно играет сложность предмета и адаптация к обучению в университет, возможно стиль преподавания, отличающийся от школьного, что отмечается также мировой практикой и описано в работе [3]. Для студентов инженерных направлений непонимание базовых принципов, используемых в специализации, приводит к увеличению рассогласованности усвояемости учебного материала на последующих курсах, нарушает принцип целостности сквозного проектирования процесса обучения [4], и требует дополнительных затрат на повторное изучение недостающих знаний.

Успеваемость студентов важна на всех этапах обучения, поскольку для многих это последнее формальное образование перед выходом на рынок труда. Во время учебы в университете студенты развивают свои способности и получают знания, которые помогают им подготовиться к будущей профессии. Однако, как и на других этапах обучения, из-за недостатка мотивации студенты иногда не достигают желаемых результатов [3].

Одним из подходов к решению данной проблемы может быть внедрение подхода на основе проблемного обучения [4, 5], в частности для проведения мастерских по курсу «Информатика».

Метод проблемного обучения (PBL) представляет собой метод преподавания, использующийся для повышения эффективности активного обучения, в частности для разработки модулей, курсов, программ дисциплин. В рамках управляемой самостоятельной работы студентов при данном подходе определяется как «результат работы по пониманию или решению проблемы. Проблема ставится в начале процесса обучения».

Некоторые отличительные черты метода:

- центральное место курса или программы занимает сложная, плохо структурированная, оригинальная проблема;
- оригинальная задача привязана к реальному объекту (ситуации) и требует от студентов применения широкого спектра знаний и умений;
- процесс обучения ориентирован на студентов, и ожидается, что они возьмут на себя инициативу и ответственность за процесс познания;
- индивидуальный подход к учащимся в процессе решения проблемы;
- преподаватель является сопровождающим, а не источником знаний;
- в оценке результатов используется как инструмент рефлексии, так и анализа процесса обучения [4, 5].

Примером построения такой реализации для занятия «Диагностика IP-протокола» может быть такой сценарий.

Сценарий. Исследовать при помощи утилит *ping*, *tracert*, *ipconfig*, *tracert* следующие характеристики и ответить на следующие вопросы:

Ситуация 1. Провести диагностику своего сетевого подключения, сбросить настройки DNS и проверить, какой адрес будет у проводного/беспроводного соединения. Исследовать и изучить вопросы динамического и статического присвоения адреса. Ответить на вопрос зачем нужен физический

(MAC) адрес устройства, почему он выглядит так и зачем он нужен. Узнать если физический и IP-адрес у смартфона.

Ситуация 2. Проверить наличие в сети и скорости доступа к нескольким серверам: сайт университета (sfedu.ru), сайта института (rtf.sfedu.ru) два известных сервиса российского и зарубежного (например yandex.ru и google.com). Ответить на вопросы с чем связана скорость доступа, как оценивается скорость передачи в сети, как компьютеры связываются между собой.

Ситуация 3. На основе предыдущего пункта оценить путь движения сигнала в пункт назначения. По маршрутам следования выделить определенные закономерности. Посмотреть, как можно отследить местоположение сервера на примере разных зарубежных сайтов.

Ситуация 4. Задача повышенной сложности может быть связана с объяснением принципа формирования DDoS-атак, объяснения наличия средств защиты.

Ситуация 5. Исследовательской задачей может быть объяснение принципа подключения «вещей» (устройств) в концепции интернета вещей (IoT) на примере 3 и более устройств.

Проведение занятия по подобному сценарию позволит управлять интересом к пониманию изучаемого материала, а также мотивировать обучающихся к исследованиям в области сетей передачи данных.

Стоит учитывать, что в основе мотивации студентов к обучению лежат причинно-следственные связи, от которых зависит уровень вовлеченности в учебную деятельность. Одинаковый уровень мотивации студентов к учебе порой имеет разную природу своего возникновения, поэтому необходимо также исследовать факторы, которые влияют на мотивацию студентов к обучению [3].

Отмечено, что для увеличения мотивации к изучению фундаментальных дисциплин необходимо использовать последние примеры из передовых исследований и практики [3], периодически проводить мастер-классы со специалистами-практиками из вне [7].

Литература

1. Пучкова, Т. В. Информатика как фундаментальная дисциплина в системе высшего образования / Т. В. Пучкова // Проблемы автоматизации. Региональное управление. Связь и акустика : сборник трудов XIII Всероссийской научной конференции и молодежного научного форума, Геленджик, 13–15 ноября 2024 года. – Ростов-на-Дону - Таганрог: Южный федеральный университет, 2024. – С. 32–36.
2. Материалы образовательной программы 27.03.04 «Управление в технических системах» [Электронный ресурс]. – Южный федеральный университет. – Режим доступа:

- https://sfedu.ru/www/edu.show_docs_new?p_sel15_id=30297 (дата обращения: 13.03.2026).
3. *Malek, A., & Hernandez, R.* (2022, May), Factors Affecting Motivation and Concentration of Engineering Students in Classrooms Paper presented at 2022 ASEE Zone IV Conference, Vancouver. 10.18260/1-2-44735
 4. *Пьявченко, Т. А.* Цели и методология сквозного проектирования технических систем / Т. А. Пьявченко, Е. Ю. Косенко, А. Я. Номерчук // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2017. – № 129. – С. 185–198. – DOI 10.21515/1990-4665-129-015.
 5. Применение передовой методики обучения и преподавания в ЮФУ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sfedu.ru/docs/obrazov/kamenski.pdf> (дата обращения: 16.03.2026).
 6. *Номерчук, А. Я.* Применение метода проблемного обучения в рамках концепции управляемого самостоятельного обучения при подготовке студентов инженерных направлений / А. Я. Номерчук, В. И. Финаев, Е. Ю. Косенко // Инновационный потенциал субъектов образовательного пространства в условиях модернизации образования : Материалы IV международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 21–22 ноября 2014 года / Отв. ред. д-р психол. наук А. К. Белюсова. Том 1. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2013. – С. 107–109.
 7. *Заргарян, Е. В.* Основные методы обучения информатике в современном университете / Е. В. Заргарян, Ю. А. Заргарян, А. В. Ганчиевский // Инновационные направления развития в образовании, экономике, технике и технологиях : Материалы национальной с международным участием научно-практической конференции, приуроченной к 95-летию Донского государственного технического университета, Ставрополь, 03–04 июня 2025 года. – Ставрополь: ООО "Издательство Ставролит", 2025. – С. 430–432.

ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МАСТЕРСКИХ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Пичугина О. А., Костецкая Г. С.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: pichugina@sfedu.ru*

Высшая математика в системе подготовки естественно-научных специальностей занимает парадоксальное положение. С одной стороны, это фундамент, на котором строятся практически все профильные дисциплины – от химической кинетики до квантовой механики. С другой стороны, для студентов-естественников математика часто остается «служебной дисциплиной», воспринимаемой как абстрактный и избыточно строгий инструмент. Сухой язык теорем и доказательств вступает в конфликт с экспериментальным, образным мышлением будущих исследователей природы. Для преодоления этого разрыва можно и логично использовать инновационные педагогические технологии, в частности – методы деятельностного и проблемно-ориентированного обучения. Одной из форм в этом контексте является педагогическая мастерская.

Прежде чем погружаться в описание инновационного подхода, имеет смысл остановиться и трезво оценить, от чего мы предлагаем отталкиваться. Традиционная система обучения математике в вузе складывалась десятилетиями и имеет не только критикуемые черты, но и неоспоримые достоинства. Чтобы понять целесообразность внедрения мастерской, проведем сравнительный анализ.

Традиционное практическое занятие начинается с краткого напоминания теории или опроса, затем преподаватель у доски показывает образцы решения типовых задач, далее студенты получают список номеров из задачника и решают их у доски и индивидуально, периодически сверяясь с доской или обращаясь за помощью к преподавателю.

Это имеет определенные положительные аспекты: студент получает четкий алгоритм и формирует прочную базу вычислительных навыков; за одно занятие можно изучить несколько типов уравнений, обеспечивая необходимый для сдачи экзамена минимум; преподаватель четко видит объем работы каждого студента, легко ставить оценки за работу на занятии; метод прекрасно работает в группах с высокой наполняемостью.

Однако есть и другая сторона: часто решение примеров превращается в механическую манипуляцию символами, студент может правильно решать задачу, но он не понимает, где используется и что означает математическая формулировка задания в контексте будущей работы в лаборатории;

если студент не видит связи, работа быстро становится скучной и бессмысленной; наблюдение за действиями преподавателя у доски создает иллюзию понимания; студенту кажется, что всё легко, но при самостоятельном решении возникает ступор.

В отличие от классической лекции или практикума, мастерская ставит студента в позицию исследователя. Основные принципы мастерской – ценностно-смысловое равенство всех участников, отсутствие окончательной оценки, право на ошибку и, главное, личное «открытие» знания. Как подчеркивает Г. К. Селевко, педагогические технологии на основе активизации деятельности учащихся позволяют перейти от «педагогике требований» к «педагогике отношений» [5]. Для естественников, привыкших к лабораторной работе, где знание добывается опытным путем, такой подход психологически близок и понятен.

Рассмотрим реализацию этого подхода на примере студентов химического факультета, для них авторами была разработана мастерская по теме «Дифференциальные уравнения» [3].

Приведем основные этапы мастерской.

Индуктор. Студентам предлагается задача из области химической кинетики, например, такая: «Период полураспада некоторого радиоактивного изотопа составляет 10 секунд. Определите скорость распада и найдите закон изменения массы изотопа со временем, если начальная масса равна 100 г». Студенты понимают, что задача из области физической химии, но требует математического аппарата для формализации.

Самоконструкция, индивидуальный поиск. Каждый студент пытается самостоятельно записать дифференциальное уравнение, исходя из закона радиоактивного распада (скорость распада пропорциональна наличной массе). На этом этапе важна фиксация собственных затруднений.

Социоконструкция, коллективный поиск метода. Студенты объединяются в малые группы по 4–5 человек. Им выдаются не готовые алгоритмы, а набор «подсказок» – фрагменты исторических текстов, где описывается идея разделения переменных без готовых формул. Группы интерпретируют эти материалы и пытаются применить их к своей задаче. Преподаватель выступает в роли модератора, задавая наводящие вопросы, но не давая прямых ответов.

Социоконструкция, интерпретация и обобщение. Группы получают дополнительный материал – короткие исторические справки о том, как одно и то же дифференциальное уравнение использовалось для описания радиоактивного распада, охлаждения тел, роста популяций. Задача – сопоставить полученное решение с профессиональным контекстом: выразить скорость через период полураспада, интерпретировать полученную экспоненциальную зависимость.

Афиширование. Каждая группа представляет свое решение у доски. Результаты могут быть оформлены по-разному: аналитическая формула,

график, численный расчёт. На этапе «защиты» группы доказывают свою правоту, сравнивают результаты с исходными данными (период полураспада 10 секунд) и приходят к единому выводу: математическая модель кинетики реакции первого порядка – это экспоненциальный закон.

Рефлексия. Оценивание носит формирующий характер, обсуждаются вопросы: «Что было самым трудным?», «В какой момент вы поняли, что получили верный результат?», «Помогло ли вам знание химии или мешало?», «Как можно применить этот метод в других профессиональных задачах?».

Именно в ходе рефлексии происходит осознание того, что дифференциальное уравнение – это не просто задача из задачника, а универсальный язык для описания изменений, столь важных для химии.

Выделим преимущества мастерской, а также ее недостатки и ограничения. К положительным аспектам можно отнести следующее: задача взята из профессионального контекста, что делает математику значимой; студенты не заучивают метод, а как бы «переоткрывают» его, пропуская через личный опыт; командная работа, коммуникация, аргументация, рефлексия – навыки, критически важные для ученого. Однако имеются и недостатки: на одну мастерскую уходит столько же времени, сколько на 2–3 обычных занятия, изучить большое количество типов задач за один раз невозможно; не все учащиеся могут быть одинаково вовлечены в процесс, активные доминируют, застенчивые остаются в стороне; в группе из 25–30 человек уследить за работой всех микрогрупп и обеспечить качественную рефлексия крайне сложно; есть опасность, что студенты, увлеченные дискуссией, не освоят формальные методы решения других типов уравнений, которые необходимы по программе.

Одним из ключевых вопросов при внедрении мастерских является возможность замены ими традиционных практических занятий. Апробация разработанной мастерской на химическом факультете показала, что полная замена нецелесообразна. Сравнительный анализ показал, что мастерская выполняет функцию мотивационного и смыслового ядра. После неё студенты приходят к традиционным занятиям уже с пониманием, зачем нужен тот или иной метод, и с интересом осваивают формальные алгоритмы. Такой гибридный подход позволяет сохранить высокую вычислительную культуру, сформированную традиционной системой, и при этом преодолеть отчуждение студентов-естественников от математики.

Использование инновационных технологий, таких как мастерская – это не отрицание классики, а ее дополнение, позволяющее превратить высшую математику из фильтра на пути к диплому в подлинный фундамент естественнонаучного мышления. Наша задача – найти баланс, гармонично сочетая стройность алгоритмов с радостью самостоятельного открытия, адаптируя форму подачи под профессиональный профиль студентов. Как

верно замечает В. И. Загвязинский, любая педагогическая технология хороша ровно настолько, насколько она уместна в конкретных условиях [2].

Литература

1. *Вербицкий А. А.* Активное обучение в высшей школе: контекстный подход – М.: Высшая школа, 1991. – 207 с.
2. *Загвязинский В. И.* Теория обучения: современная интерпретация – М.: Академия, 2001. – 192 с.
3. *Пичугина О. А., Костецкая Г. С.* Изучение избранных разделов высшей математики в форме педагогической мастерской // Материалы XXXII научной конференции «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития» (17–19 апреля 2025 г.) – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Изд-во ЮФУ, 2025. С. 341–343.
4. *Пономарев К. К.* Составление дифференциальных уравнений – Минск: Вышэйшая школа, 1973. – 560 с.
5. *Селевко Г. К.* Современные образовательные технологии – М.: Народное образование, 1998. – 256 с.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАТИКИ В ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ: ДИХОТОМИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО И DATA-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДОВ

Пучкова Т. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Филиал в г. Геленджике*

E-mail: tpuchkova@sfedu.ru

Цифровая трансформация промышленности, стремительное распространение технологий промышленного интернета вещей (IIoT) и искусственного интеллекта (AI) [1] коренным образом меняют ландшафт инженерной деятельности. Для будущего инженера понимание принципов работы с данными, их верификации и анализа становится не менее важным, чем знание законов физики или свойств материалов. Данное обстоятельство требует переосмысления роли и содержания дисциплины «Информатика», где исторически сложившийся алгоритмический подход должен быть органично дополнен современными представлениями о методах работы с данными, чтобы сохранить её фундаментальную роль в подготовке инженера XXI века [2, 3].

С одной стороны, фундаментальный курс информатики [4] исторически сформировался как дисциплина, нацеленная на освоение алгоритмизации и основ программирования. Данное содержание составляет незыблемую базу, формирующую у студентов структурное, детерминированное мышление, необходимое для понимания работы любых вычислительных систем. Резкое изменение этой базы или отказ от неё представляется методологически опасным и неоправданным.

С другой стороны, реалии современного производства таковы, что инженер всё чаще сталкивается с необходимостью анализа больших массивов данных, генерируемых распределенными системами датчиков. В этих условиях классические алгоритмы, построенные на жестких причинно-следственных связях (по типу «если-то»), зачастую демонстрируют низкую эффективность. Они не способны выявлять скрытые закономерности, прогнозировать развитие ситуаций или адаптироваться к изменяющимся условиям без прямого перепрограммирования.

Таким образом, возникает объективное противоречие между необходимостью обновления содержания курса информатики в соответствии с вызовами цифровой экономики и отсутствием теоретически обоснованной дидактической модели, которая позволила бы органично соединить классический алгоритмический фундамент с современными data-ориентированными подходами, не разрушив при этом сложившуюся систему подготовки инженерного мышления.

Освоение алгоритмического подхода формирует у будущего инженера структурное, детерминистское мышление. Студент учится декомпозировать сложную задачу на элементарные операции, выстраивать причинно-следственные связи, добиваться точности и однозначности формулировок. Это та когнитивная база, без которой невозможно ни проектирование сложных систем, ни понимание работы вычислительной техники.

Однако алгоритмический подход обнаруживает свою ограниченность при столкновении со сложными, плохо формализуемыми системами. Если инженер не может заранее описать все возможные состояния объекта или если зависимости носят вероятностный, а не детерминированный характер, жёсткие алгоритмы становятся либо слишком громоздкими, либо неадекватными реальности.

Data-ориентированный подход перемещает фокус внимания инженера с конструирования правил на анализ данных. Он собирает исторические данные о работе системы и с помощью методов математической статистики и машинного обучения извлекает из этих данных закономерности.

Работа с данными требует от инженера иного типа мышления – вероятностного, контекстного, критического. Он должен уметь ставить вопросы к данным, оценивать качество и полноту данных, понимать границы статистических выводов, а также интерпретировать результаты работы «чёрных ящиков» (моделей машинного обучения) в терминах физики процесса.

Алгоритмический и data-ориентированный подходы не являются взаимозаменяемыми или конфликтующими. В реальной инженерной практике они сосуществуют, решая задачи разного типа. Более того, по мере усложнения технических систем наблюдается тенденция к их гибридизации: жёсткие алгоритмы реального времени отвечают за безопасность, а data-ориентированные надстройки – за оптимизацию и прогнозирование. Следовательно, современный инженер должен владеть обоими инструментами мышления и понимать границы их применимости. Это ставит перед курсом информатики задачу формирования такого «гибридного» мышления, что требует соответствующей дидактической модели.

Предлагаемая концептуальная модель базируется на идее дихотомии – сосуществования и взаимодополнения – двух парадигм мышления.

Data-ориентированные задачи и методы не замещают собой классическое алгоритмическое содержание, а вводятся параллельно или как надстройка над ним. Акцент делается на демонстрации того, как один и тот же феномен может быть рассмотрен и обработан двумя способами. Это исключает ложное противопоставление «старое-новое» и формирует у студента понимание их синергии.

Кроме того, все учебные задачи, вне зависимости от реализуемого подхода, должны быть укоренены в инженерном контексте. В качестве объектов изучения выступают не абстрактные числовые массивы, а данные, имитирующие или отражающие реальные технические процессы: показания

датчиков температуры, вибрации, давления, токов нагрузки, временные ряды параметров технологических установок. Это позволяет студенту уже на первом курсе видеть связь информатики с будущей профессией.

Ядром предлагаемой модели служит такая организация учебного процесса, при которой решается специфическая дидактическая задача по формированию «гибридного» инженерного мышления.

Во-первых, это формирование базовой культуры работы с данными с использованием как классических табличных редакторов, так и базовых возможностей языка Python (библиотеки `matplotlib`, `pandas` начального уровня). На данном этапе студенты осваивают технику «чтения» и первичной обработки данных. Темы здесь органично вплетаются в классические разделы информатики: типы данных (работа с числовыми массивами), файловый ввод-вывод (чтение лог-файлов) и визуализация (построение графиков).

Во-вторых, освоение дихотомии через сравнение подходов с целью формирования у студентов понимания принципиальной разницы между алгоритмическим и data-ориентированным способами решения одной и той же инженерной задачи с осознанием границ их применимости. Основной методический приём на этом уровне – «биматриксные» (двойные) задания. Студентам предлагается некоторая инженерная проблема, которую они решают дважды: сначала с помощью классического алгоритма, затем с применением простейших статистических или эвристических методов, основанных на данных. Инструментарий расширяется за счет библиотек `scipy`, `statsmodels` или `scikit-learn` на уровне вызова готовых функций.

В качестве примера такого задания можно предложить следующее. *«Имеется временной ряд показаний датчика вибрации насосного агрегата. Задание А (алгоритмический подход): 1) разработать программу, фиксирующую предаварийную ситуацию по факту превышения вибрацией жёстко заданного порогового значения (например, $\text{if vib} > 4.5 \text{ мм/с: alarm}$); 2) оценить ложные срабатывания и запаздывание реакции. Задание Б (data-ориентированный подход): 1) используя исторические данные (предоставляется файл с помеченными аварийными и штатными режимами), рассчитать скользящее среднее и доверительный интервал; 2) сформулировать правило обнаружения аномалии как выхода сигнала за пределы доверительного коридора, построенного на основе ретроспективы; 3) сравнить с алгоритмическим подходом: способен ли data-метод заметить «предвестники» аварии (изменение характера сигнала) раньше, чем сигнал достигнет критического порога?»* Здесь студент непосредственно сталкивается с дихотомией, наблюдая на практике, как один и тот же входной сигнал может быть обработан по-разному, и какие выводы можно извлечь в каждом случае.

Предлагаемая концептуальная модель позволяет органично интегрировать современные методы работы с данными в классический алгоритмический фундамент дисциплины без его разрушения. Она носит эволюционный

характер и создает основу для формирования у будущих инженеров «гибридного» мышления, востребованного в условиях цифровой трансформации промышленности. Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку детализированных учебно-методических материалов, реализующих предложенную модель, а также на экспериментальную проверку её эффективности в условиях реального образовательного процесса.

Литература

1. Указ Президента РФ от 10.10.2019 № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации»
2. *Сулова Н. Ю.* Возможности федерального проекта «Кадры для цифровой экономики» для подготовки квалифицированных кадров для социально-экономического, инновационного и научно-технологического развития регионов // Россия: тенденции и перспективы развития. 2022. № 17-2.
3. *Чучалин А. И.* Инженерное образование в эпоху индустриальной революции и цифровой экономики // Высшее образование в России. 2018. № 10.
4. *Пучкова Т. В.* Формирование инженерного мышления через фундаментальные дисциплины // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития [Электронный ресурс]: Материалы XXXII научной конференции (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 17–19 апреля 2025 г.) – Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2025.

ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ БОЛЬШОЙ ЯЗЫКОВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СТУДЕНЧЕСКИХ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ

Раевская С. И.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
физический факультет,
г. Ростов-на-Дону

E-mail: siraevskaia@sfedu.ru

В работе рассмотрен опыт применения мультимодальной большой языковой модели (LLM) для проверки рукописных контрольных работ по физике студентов 2 курса химического факультета ЮФУ. Дан обзор актуальных зарубежных исследований 2025–2026 годов, приведены результаты собственного эксперимента на 20 студенческих работах с использованием Claude Sonnet 4.6 Thinking. Обсуждены ключевые проблемы: распознавание рукописного текста (OCR), каскадное распространение ошибок распознавания в логику, а также неспособность LLM корректно интерпретировать графические схемы. Сделан вывод о текущей нецелесообразности автоматизации проверки, но обозначена перспективность данного направления.

Проверка контрольных и экзаменационных работ по физике остаётся одной из наиболее трудоёмких задач в преподавательской деятельности. Студенческие решения содержат рукописные формулы, графики, схемы электрических цепей и текстовые пояснения – всё это требует, помимо распознавания текста, понимания логики решения. Бурное развитие мультимодальных LLM в 2025–2026 годах заинтересовало нас, и было решено оценить применимость таких моделей для ассистирования при проверке работ.

Следует подчеркнуть, что в данной области все результаты устаревают чрезвычайно быстро: рассуждающие модели (reasoning models) демонстрируют значительный прогресс каждые несколько месяцев, особенно в решении математических и физических задач. Поэтому в настоящей статье мы ссылаемся на последние на текущий момент публикации 2025–2026 годов.

Наиболее последовательная серия исследований выполнена группой Г. Кортмайера в ETH Zurich. В работе [1] 2025 г, опубликованной в Physical Review Physics Education Research (Q1, IF=3.6), предложен подход к ИИ-проверке экзаменов по физике. Система на базе GPT-4o и GPT-4-Turbo оценивала рукописные экзаменационные решения 252 студентов по термодинамике. Студенту нужно было записать полный ход решения – формулы, вывод, промежуточные шаги, нарисовать диаграммы термодинамических циклов, получить числовой ответ с обоснованием. Преподаватели заранее составляли детальный список конкретных шагов решения, за каждый из которых давались баллы (в том числе 0.5 балла за частичный шаг), а ИИ проверял каждый шаг по этой схеме и начислял баллы за выполнение шага.

Ключевой результат: при автоматической проверке 50% работ (причем ИИ проверял «уверенные» случаи, а человек – сомнительные, это позволяет ИИ брать на себя рутину, оставляя человеку контроль над сложными и неоднозначными работами) достигается коэффициент детерминации $R^2 \approx 0,91$, то есть 91% оценок ИИ совпадает с оценками преподавателей. Авторы подчёркивают, что распознавание рукописных диаграмм (p–T, T–s) остаётся наименее надёжным этапом.

Самая свежая на текущий момент публикация [2] – работа Perš et al. из Люблянского университета (январь 2026), в которой описан полный конвейер проверки рукописных инженерных экзаменов с помощью мультимодальных LLM (GPT-5.2 и Gemini-3 Pro). Система включает: ансамбль из 3 независимых LLM-оценщиков, модель-«супервизора» для агрегации, проверку наличия ответа, жесткие шаблоны и постобработку. На зачётной работе по электронике (содержащей в том числе рисунки электрических схем) достигнута средняя абсолютная разность ~8 баллов (из 100) по сравнению с оценкой преподавателя. Доля работ, требующих ручной перепроверки, составила ~17%. Авторы отмечают, что такой уровень точности стал возможен только с появлением «рассуждающих» моделей конца 2025 года – более ранние модели (GPT-4o, Mistral 3) давали существенно худшие результаты, кроме этого если использовать упрощенные промпты или убрать опору на эталонное решение, предоставляемое преподавателем, качество работы всей системы сильно падает.

Крупнейшее по масштабу исследование [3] – работа из UC Irvine (2026), где система OCR с LLM (GPT-4.1-mini, o3-mini) проверила 3945 рукописных контрольных работ по математическому анализу (~800 студентов). Экспертная оценка (более 20 рецензентов) показала: ~80% результатов обработки решений ИИ полностью корректны, ещё ~10% приемлемы, и лишь ~11% некорректны. Более 90% оценок совпали с оценками ассистентов в пределах ± 1 балла. Точность OCR составила ~88% при том, что основные ошибки распознавания связаны с зачёркиваниями и сложными дробями.

В нашем случае экспериментальная группа составила 100 студентов 2 курса, выполнявших контрольную работу по общей физике, раздел «Электричество». Эксперимент по ассистированной LLM проверке проводился на выборке из 20 работ с адекватно читаемым почерком.

Для исключения поиска готовых ответов в интернете и переписывания решений у студентов других групп, сдавших контрольную работу ранее, все 4 варианта заданий контрольной работы в моей практике каждый раз включают небольшие изменения условий и, соответственно, решений и численных результатов. Поэтому для LLM при автоматической проверке была поставлена задача: самостоятельно решить каждое задание, затем сравнить своё решение со студенческим и указать на ошибки.

В качестве LLM использовалась мультимодальная рассуждающая модель Claude Sonnet 4.6 Thinking (Anthropic), доступная через агрегатор Perplexity по подписке для преподавателей ВУЗов.

Точность распознавания рукописного текста составила ~80%. С одной стороны это достаточно высокий показатель, с другой стороны – мы специально выбрали хорошо читаемые работы, так как хотели проверить у LLM не качество распознавания (OCR), а логику. Единичные проблемы с зачёркиваниями и неаккуратно написанными подстрочными/надстрочными индексами иногда приводили к неправильному чтению ответа моделью. Эта ошибка распознавания каскадно передавалась в модуль рассуждений, порождая неверные выводы об ошибках студента.

В таких случаях приходилось просить модель откорректировать ответ с прямым указанием на ошибку и приведением правильного фрагмента.

С задачами, содержащими графические схемы (электрические цепи, графики зависимостей, диаграммы), LLM справилась только в 11% случаев. В случае вычислительных задач на формулы LLM справилась с 68% заданий, верно определив студенческие ошибки.

Поскольку в физике задачи с графическим содержанием составляют подавляющую часть заданий, в настоящее время подобную автоматическую проверку работ, по нашему мнению, считать целесообразной не представляется возможным. Временные затраты на проведение данного эксперимента превысили время обычной ручной проверки таких работ приблизительно в 3 раза: подготовка фотографий рукописных работ, регулировка яркости и контрастности для улучшения распознавания, сканирование условий задач из билетов отдельным файлом, загрузка пар файлов «условие-решение» в систему LLM. В процессе работы LLM часто приходилось давать указания на ошибки распознавания, неверно понятый текст, после чего запускался повторный цикл решения и оценки. В случае с задачей с графическими схемами это превращалось в несколько (2-5) циклов вникания в решение LLM, нахождение ошибки, написания инструкции с указанием исправлений, и повторного запуска цепочки рассуждений, до тех пор, пока модель правильно понимала условие и находила решение. Явных галлюцинаций нами замечено не было. Кроме прочего, использование подобного решения требует а) оплаты доступа в систему (либо оплату токенов), которая при большом количестве проверяемых работ станет существенной б) соблюдения обезличенности передаваемых работ на предмет утечки персональных данных.

Закключение.

Текущий уровень развития передовых мультимодальных LLM позволяет использовать их как ассистентов при проверке контрольных работ по физике: они способны достаточно точно проверять вычислительные задачи, основанные на формулах. Однако для задач с графическим содержанием (схемы, диаграммы, графики), составляющих значительную долю заданий

по физике, точность распознавания и интерпретации остаётся недостаточной. Проблема OCR рукописного текста и каскадного распространения ошибок распознавания в анализ решения также является препятствием.

Вместе с тем прогресс в области рассуждающих LLM и OCR чрезвычайно стремителен: исследования 2026 года демонстрируют качественный скачок по сравнению уже с работами 2025 года. Мы полагаем, что автоматизация проверки контрольных работ по физике может стать практически осуществимой в ближайшие 5–10 лет.

Литература

1. Kortemeyer G., Nöhl J. Assessing confidence in AI-assisted grading of physics exams through psychometrics: An exploratory study // *Physical Review Physics Education Research*. – 2025. – Vol. 21. – 010136. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.21.010136.
2. Perš J., Muhovič J., Košir A., Murovec B. Grading Handwritten Engineering Exams with Multimodal Large Language Models // *arXiv:2601.00730*. – 2026.
3. Yu, Z., Liu, X., Mao, H., Liu, M., Chen, L., Xin, J., & Yu, Y. (2026). Evaluating AI grading on real-world handwritten college mathematics: A large-scale study toward a benchmark. *arXiv preprint* // *arXiv:2603.00895*. – 2026.

УЧЕТ ИЗМЕНЕНИЙ В МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЕ ЕДИНИЦ СИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ “ФИЗИКА” В ВУЗЕ

Тополов В. Ю.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
физический факультет*

E-mail: vutopolov@sfedu.ru

При изучении фундаментальной дисциплины “Физика” в вузе регулярно используются физические величины и формулы, связывающие эти величины и имеющие определенный смысл. Знание физических величин необходимо при решении задач и при выполнении лабораторных работ. Умение пользоваться физическими величинами является важным залогом успешного освоения лабораторного эксперимента – от прямых измерений до построения графиков и нахождения численных значений определенных параметров. Умение оперировать физическими величинами представляется полезным при анализе ответов задач [1, 2], где присутствуют громоздкие алгебраические выражения.

Важным связующим звеном между лекционным учебным материалом и вопросами, решаемыми на практических и лабораторных занятиях в рамках дисциплины “Физика”, выступает Международная система единиц СИ [3, 4]. Эта система является метрической и активно используемой в подавляющем большинстве стран мира в течение нескольких десятилетий. Международная система единиц СИ была принята на 11-й Генеральной конференции по мерам и весам в 1960 г. [3]. В настоящее время СИ включает в себя семь основных физических величин, две дополнительных [4] и несколько десятков производных величин. Все эти величины нашли широкое применение в физике, других естественных науках, а также в прикладных науках и технических приложениях.

Почти за семь десятилетий после принятия СИ произошли изменения, касающиеся эталонов основных величин и соответствующих стандартов [4, 5]. Однако до настоящего времени не все изменения описаны в учебниках или учебных пособиях, используемых при изучении дисциплины “Физика” в вузе. В сложившихся условиях требуется внимательное, осознанное изучение информационных ресурсов Интернета, которые целесообразно задействовать для освещения изменений в СИ и для лучшего понимания студентами сути этих изменений. Настоящее сообщение посвящено проблеме учета новых определений эталонов ряда основных величин в рамках фундаментальной дисциплины “Физика” для студентов вуза.

При обсуждении и введении новых эталонов основных величин СИ [4, 5] учтены следующие условия:

а) абсолютная неизменность эталона, т.е. связь с физическими константами, которые не претерпели бы изменений при различных физических воздействиях;

б) общедоступность в плане понимания физических явлений и связей между физическими величинами;

в) отсутствие необходимости хранить эталон в сейфе при определенных стабильных условиях (например, температура, влажность, давление воздуха, уровень шумов, напряженности электрических и магнитных полей, освещенность и т.п.).

На 26-й Генеральной конференции по мерам и весам в 2018 г. [4] был одобрен новый подход к формулировкам физических единиц, включая семь основных величин, а также соответствующие единицы измерения и физические константы. Эти физические константы используются вместо материальных эталонов [4]. Некоторые из материальных эталонов известны еще со времен школьного курса физики. Как отмечено в сообщении ТАСС [5], СИ “окончательно перестала опираться на материальные эталоны”. Сообщение [5] хорошо описывает суть произошедших изменений в СИ.

В таблице приведены основные величины СИ, определения которым были даны на 26-й Генеральной конференции по мерам и весам. В России изменения, принятые на этой конференции и отраженные в 9-м издании Брошюры SI [4], вступили в силу 20.05.2019 г., во Всемирный День метрологии. Изменения в СИ позволяют избежать проблем, связанных с воспроизводимостью и сохранением эталонов, с экспериментальным оборудованием, требующим периодической поверки, и т. д. Простейший пример – хорошо известный эталон массы, номинальная масса 1 кг которого изменилась [5] примерно на 50 мкг, что составляет $5 \cdot 10^{-8}$ кг. При этом в литературе подробно не рассматривались вопросы, связанные с состоянием поверхности эталона, с диффузией и возможными изменениями дефектной структуры, особенно если учесть присутствие сплава металлов в эталоне. Единица силы тока (или электрического тока по формулировке [4]) ранее определялся на основе закона Ампера [3], исходя из силы взаимодействия между двумя бесконечно длинными и достаточно тонкими параллельными проводниками, по каждому из которых течет постоянный ток. Эти проводники находились в вакууме, и тепловое действие тока не учитывалось. Сила взаимодействия рассчитывалась на единицу длины каждого из упомянутых выше проводников, расстояние между которыми 1 м (что также является основной единицей СИ).

При использовании таблицы основных величин СИ на аудиторных занятиях возникают проблемы методического характера. В самом первом модуле, посвященном физическим основам механики, следует упомянуть эталоны длины, массы и времени (см. таблицу), константы для описания которых вводятся в других модулях. Это относится, в частности, к новому

определению единицы массы 1 кг через постоянную Планка h , которая регулярно используется [6] при рассмотрении основ квантовой физики на заключительном этапе изучения дисциплины “Физика”. Остается надеяться, что при подготовке новых учебников и учебных пособий по физике для студентов вузов будет найдено гибкое и понятное решение проблемы основных единиц СИ, эталонов и физических констант из брошюры [4].

Таблица. Количественные определения основных единиц СИ
(действуют в России с 2019 г.) [4]

Физическая величина	Основная единица	Формула и пояснения
Время	Секунда, 1 с	$1 \text{ с} = 9192631770 / \Delta\nu_{\text{Cs}}$ (9192631770 периодов излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями невозмущенного основного состояния Cs-133)
Длина	Метр, 1 м	$1 \text{ м} = (c / 299792458) \text{ с}$ (длина пути, пройденного светом в вакууме за интервал времени, равный $1 / 299792458 \text{ с}$)
Масса	Килограмм, 1 кг	$1 \text{ кг} = h / (6,62607015 \cdot 10^{-34}) \text{ м}^2 \cdot \text{с}$, выражен через постоянную Планка h (в Дж·с)
Электрический ток	Ампер, 1 А	$1 \text{ А} = e / (1,602176634 \cdot 10^{-19}) \text{ с}^{-1}$, выражен через элементарный заряд e (в Кл)
Термодинамическая температура	Кельвин, 1 К	$1 \text{ К} = (1,380649 / k) \cdot 10^{-23} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2}$, выражен через постоянную Больцмана k (в Дж / К)
Количество вещества	Моль, 1 моль	$1 \text{ моль} = 6,02214076 \cdot 10^{23} / N_A$, выражен через число Авогадро N_A (в моль ⁻¹)
Сила света	Кандела, 1 кд	$1 \text{ кд} = [1 / (6,62607015 \cdot 10^{-34} \cdot 9192631770^2 \cdot 683)] \times (\Delta\nu_{\text{Cs}})^2 h K_{\text{кд}}$, выражена через а) частоту перехода $\Delta\nu_{\text{Cs}}$ (в Гц) в Cs-133, б) постоянную Планка h (в Дж·с), в) световую интенсивность $K_{\text{кд}}$ (в кд·ср·кг ⁻¹ ·м ⁻² ·с ³) монохроматического излучения частотой $540 \cdot 10^{12}$ Гц. Энергетическая сила света излучения в заданном направлении составляет 1/683 Вт/ср

Автор выражает благодарность д.ф.-м.н. Малышевскому В. С. и к.ф.-м.н. Скрыбину М. А. (Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону) за большой интерес к проблеме эталонов и основных единиц СИ.

Литература

1. *Тополов, В. Ю.* Анализ ответов при решении задач в курсе общей физики / В. Ю. Тополов, А. С. Богатин. – СПб. : Лань, 2011. – 80 с. – URL : <https://lanbook.com/catalog/fizika/analiz-otvetov-pri-reshenii-zadach-po-obshhej-fizike-56122306/> (дата обращения: 14.03.2026).
2. *Тополов, В. Ю.* О важной составляющей фундаментальной дисциплины “Физика” для инженерных направлений университета / В. Ю. Тополов, А. Б. Колпачев, О. В. Колпачева // Инженерный вестник Дона, – 2025. – № 6. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2025/10173 (дата обращения: 14.03.2026).
3. Физическая энциклопедия. В 5 т. / Гл. ред. А. М. Прохоров. – М. : Сов. энцикл., 1988. – URL : <http://es.niv.ru/doc/encyclopedia/physics/index.htm> (дата обращения: 14.03.2026).
4. Международная система единиц (SI). – 9-е изд. – М. : Росстандарт, 2019. – 96 с. – URL : <https://www.vniim.ru/files/SI-2019.pdf> (дата обращения: 14.03.2026).
5. Международная система единиц СИ окончательно перестала опираться на материальные эталоны. – URL : <https://tass.ru/nauka/6447724> (дата обращения: 14.03.2026).
6. *Савельев, И. В.* Курс общей физики. В 5 томах. Т. 5. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – СПб. : Лань, 2025. – 326 с. – URL : <https://lanbook.com/catalog/fizika/kurs-obshhej-fiziki-v-5-i-tt-tom-5-kvantovaya-optika-atomnaya-fizika-fizika-tverdogo-tela-fizika-atomnogo-yadra-i-elementarnyh-chastic-54199406/> (дата обращения: 14.03.2026).

СЕКЦИЯ 7.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРУКТУР УПРАВЛЕНИЯ УНИВЕРСИТЕТОМ

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УНИВЕРСИТЕТА НА ОСНОВЕ СОВРЕМЕННЫХ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ

Бережной М. А., Цихоня Н. А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Институт математики, механики и компьютерных наук

им. И. И. Воровича

г. Ростов-на-Дону

E-mail: mberezhnoi@sfedu.ru, sln@sfedu.ru

В условиях цифровой трансформации образования важную роль играет модернизация информационных систем университетов. Традиционные монолитные решения, основанные на устаревших технологиях и тесно связанных с конкретными СУБД, затрудняют развитие сервисов, их масштабирование и интеграцию с новыми платформами. В связи с этим актуальной задачей является переход к современным архитектурам веб-приложений, использующим открытые программные технологии и гибкие программные среды.

Одним из направлений модернизации информационных сервисов университета является перенос функциональности с устаревших решений, ориентированных на использование СУБД Oracle и процедурной логики PL/SQL, на современный стек веб-разработки.

Несмотря на широкое распространение в корпоративных системах прошлого, использование СУБД Oracle и процедурного языка PL/SQL в современных условиях постепенно теряет актуальность. Это связано с рядом технологических, экономических и организационных факторов. Высокая стоимость лицензирования и сопровождения коммерческих продуктов Oracle создаёт дополнительные финансовые ограничения для образовательных организаций и затрудняет масштабирование информационных систем.

Кроме того, использование PL/SQL приводит к сильной привязке бизнес-логики к конкретной СУБД. В традиционных системах значительная часть функциональности реализуется непосредственно на стороне базы данных в виде процедур, функций и пакетов. Такая архитектура усложняет перенос системы на другие платформы, затрудняет тестирование и делает развитие программного обеспечения менее гибким.

В качестве технологической платформы был выбран язык программирования PHP с фреймворком Symfony, обеспечивающий модульную архитектуру приложения, средства маршрутизации, работы с формами и механизмами безопасности. В качестве основной системы управления базами данных используется PostgreSQL, обладающая высокой производительностью, расширяемостью и поддержкой современных механизмов работы с данными.

В ходе разработки были решены задачи переноса и адаптации бизнес-логики из процедурной среды Oracle в серверные компоненты веб-приложения, проектирования структуры данных и организации взаимодействия с PostgreSQL, реализации интерфейсов личного кабинета студента и административных инструментов для сотрудников, а также обеспечения интеграции с существующими информационными системами университета.

В первую очередь модернизация затронула личный кабинет студента персонифицированный раздел портала образовательной организации, содержащий сведения об образовательной программе, учебном плане, дисциплинах и результатах обучения. Также реализованы функции загрузки фотографии для пропуска, подачи заявок на общежитие, участие в конкурсах повышенной государственной стипендии и обучение военной специальности.

Параллельно проводится модернизация административного портала сотрудников университета. В новой версии системы реализована страница редактирования личной информации сотрудника, устранены проблемы безопасности предыдущей версии, включая уязвимости типа Stored XSS.

Также обновлён ряд публичных страниц официального сайта университета, включая страницы сотрудников, систему поиска по сотрудникам и сервисы раздела «Поступление», такие как калькулятор ЕГЭ.

Калькулятор ЕГЭ – это сервис, предназначенный для предварительной оценки возможностей поступления абитуриента. Сервис реализует алгоритм сопоставления необходимых предметов ЕГЭ с требованиями образовательных программ университета. Пользователь выбирает из списка предметы, отмечая их галочками, после чего система автоматически определяет перечень направлений подготовки, удовлетворяющих требованиям по предметам и минимальным баллам. Интерфейс калькулятора представляет собой интерактивную веб-форму, обеспечивающую быструю и динамическую обработку пользовательских данных и отображение результатов в виде таблицы без перезагрузки страницы.

Переход на современную программную платформу позволяет повысить поддерживаемость программного кода, упростить развитие функциональности системы и обеспечить возможность дальнейшей интеграции с другими цифровыми сервисами университета. Использование современных веб-фреймворков и открытых СУБД является эффективным подходом к модернизации информационных систем образовательных организаций.

Результаты проведённой модернизации информационных сервисов университета демонстрируют эффективность перехода к современным веб-технологиям при развитии цифровой инфраструктуры образовательных организаций. Использование фреймворка Symfony и СУБД PostgreSQL позволило повысить гибкость архитектуры информационных систем, улучшить поддерживаемость программного кода и обеспечить возможность дальнейшего расширения функциональности сервисов. Реализация обновлённых версий личного кабинета студента, административного портала и сервисов официального сайта университета подтверждает перспективность применения открытых программных решений при модернизации университетских информационных систем.

СЕРВИС ЗАПИСИ И АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЁТА ПОСЕЩЕНИЙ СПОРТИВНЫХ СЕКЦИЙ (ЗАНЯТИЙ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ) ОБУЧАЮЩИМИСЯ ЮФУ

Галушко Е. В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Ростов-на-Дону

E-mail: egalushko@sfedu.ru

В соответствии с требованиями ФГОС ВО и Порядком реализации дисциплин по физической культуре и спорту в Южном федеральном университете, утверждённым Приказом № 2366 от 02.10.2023 г., два раза в год (в начале каждого семестра текущего учебного года) обучающиеся ЮФУ 1–3 курса очной формы обучения могут выбрать одну из спортивных секций путём записи в учебные группы с определённой направленностью через информационную систему Modeus. Информация о записи в определённую группу для занятий физической культурой и спортом (вид спортивной или физкультурно-оздоровительной специализации, преподаватель, расписание занятий) отражается в информационной системе Modeus и личном кабинете студента. Студент может выбрать удобный для себя режим и вид занятий.

Запись доступна студентам в информационной системе Modeus в определённый фиксированный период времени. В этот период студент может выбрать и записаться в интересующую его группу и при желании скорректировать свой выбор, изменив группу, если ранее выбранные занятия по какой-то причине ему не подошли.

The screenshot displays the Modeus system interface. On the left, a list of elective disciplines under 'Physical Culture and Sports' is shown. The selected option is 'Таганрог Спортзал № 1, Восточные единоборства осенний семестр'. On the right, a detailed view of this group is shown, including the course description, a search bar for the team, and a list of sessions. The first session, '02 Восточные единоборства Понедельник 15.50', is highlighted with a red box. The instructor for all sessions is 'Преподаватель: Дебердеев Мурат Петрович'.

Элективные дисциплины по физической культуре и спорту	0 (min 1)
РОСТОВ	
ТАГАНРОГ	
Таганрог Образовательное направление	
Таганрог Спортзал № 1, Восточные единоборства осенний семестр	0
Таганрог Спортзал № 2, Бадминтон осенний семестр	0
Таганрог Спортзал № 3, Баскетбол осенний семестр	0
Таганрог Спортзал № 3, Волейбол осенний семестр	0
Таганрог Спортзал № 3, Мини-футбол осенний семестр	0
Таганрог Тренажерный зал № 4, Атлетическая гимнастика осенний семестр	0
Таганрог Тренажерный зал № 5, Атлетическая гимнастика осенний	

Таганрог Спортзал № 1, Восточные единоборства осенний семестр

Описание курса Расписание модуля

Практическое занятие*

Выберите учебную команду

02 Восточные единоборства Понедельник 15.50
Преподаватель: Дебердеев Мурат Петрович

13 Восточные единоборства Четверг 15.50 - 17.20
Преподаватель: Дебердеев Мурат Петрович

14 Восточные единоборства Пятница 12.00 - 13.30
Преподаватель: Дебердеев Мурат Петрович

Для ликвидации академической задолженности студентам предоставляется возможность посещения спортивных объектов в течение сентября согласно расписанию, размещённому на информационных ресурсах Университета.

Факт присутствия студента на любых занятиях (по предварительной записи или без неё) фиксируется посредством считывания информации с

пропускной карты студента на специально установленных считывателях при входе на спортивный объект и при выходе из него. При этом продолжительность посещения спортивного объекта для учёта посещения и начисления впоследствии за него баллов должно составлять не менее 90 минут. В течение одного дня обучающийся может посетить не более одного занятия, и в случае наличия более одного зафиксированного посещения, баллы будут начислены только за одно из них.

Зачёт по элективным дисциплинам по физической культуре и спорту в соответствии с Порядком реализации дисциплин по физической культуре и спорту проводится во втором, четвертом и шестом семестрах.

Все соответствующие регламенту посещения 1 раз в сутки попадают в сервис балльно-рейтинговой системы оценивания учебных достижений (СБРС) и отображаются в журнале посещений учебной карты дисциплины (УКД), а в последующем пересчитываются в баллы.

В 2023/2024 учебном году УКД по элективным дисциплинам по физической культуре и спорту претерпела ряд изменений – контрольные мероприятия и рейтинговые баллы распределяются на 2 семестра в следующем соотношении:

Первый (осенний) семестр:

13 посещений учебных занятий (4 балла за каждое занятие);

Второй (весенний) семестр:

16 посещений учебных занятий (3 балла за каждое занятие).

Виды контрольных мероприятий	Текущий контроль	Рубежный контроль
Модуль 1	52	0
Посещение учебных занятий	52	0
Модуль 2	48	0
Посещение учебных занятий	48	0
Бонусные баллы	0	10

Для прохождения промежуточной аттестации по элективным дисциплинам обучающемуся необходимо посетить в течение учебного года столько занятий, чтобы в сумме по ним было набрано 60 баллов. Режим посещения студент регулирует самостоятельно, основываясь на расписании выбранных занятий.

Фиксация результатов промежуточной аттестации в балльно-рейтинговой системе осуществляется в последнюю неделю учебного года. До этого момента отображение и начисление баллов за посещения (так называемые

текущие промежуточные результаты) также доступны в СБРС для удобства контроля сведений студентами и преподавателями.

Основными особенностями организации ведения элективных дисциплин по физической культуре и спорту являются:

- автоматическая фиксация факта посещения спортивного объекта;
- автоматический перевод соответствующих регламенту посещений в баллы;
- аналитика и отчётность в реальном времени;
- автоматическая фиксация (подписание) ведомостей.

Основные проблемы:

- Недостаточная информированность (обучающиеся иногда недостаточно внимательно изучают Положение о реализации дисциплин по физической культуре и спорту, сообщения на информационных ресурсах Университета или официальные рассылки);

- Наличие задолженностей и сложность процедуры перерасчёта баллов и посещений с учётом задолженностей и/или ухода студента в академический отпуск при автоматизированном ведении учёта посещаемости;

- Разбор ситуаций по неучтённым посещениям;

- Появление дополнительного «ручного» учёта посещаемости (КМС и мастера спорта, а также другие категории студентов, имеющих спортивные достижения, или студенты, регулярно занимающиеся в специализированных фитнес-центрах, претендующие на 100 баллов без посещения занятий; несколько специализированных секций, проводимых в помещениях, не оборудованных считывателями);

- Нововведения по формату и структуре УКД;

- Работа с физической культурой как «годовой» дисциплиной.

Литература

1. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 N 273-ФЗ.
2. Локальные нормативные документы Университета об организации образовательной деятельности.

ИНТЕГРАЦИЯ MODEUS С 1С-УНИВЕРСИТЕТ: ФИКСАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Гнилицкий Д. К., Рудько Е. А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: dgnilitskiy@sfedu.ru, rea@sfedu.ru

Важнейшим этапом учебного процесса является фиксация результатов обучения. На данный момент основным сервисом автоматизированного учета, хранения и обработки информации о накоплении баллов обучающимися, результатах текущего контроля, промежуточной аттестации является разработка нашего университета – Сервис балльно-рейтинговой системы (СБРС). Выгрузка ведомостей из СБРС осуществляется напрямую в 1С-Университет.

Тем не менее, возникли предпосылки, требующие замены front-office на систему Modeus:

- Целевая модель, более соответствующая учебному процессу.
- Возможность создавать смешанные команды по иностранному языку, физкультуре, дисциплинам ядра, цифровым кафедрам.
- Необходимость, чтобы в рамках реальных рабочих групп преподавателей была одна ведомость, независимо от того, сколько в группе индивидуальных планов, с каких факультетов и курсов (по порядку) обучающиеся.

Другие предпосылки к замене front-office:

- широкое распространение индивидуальных учебных планов. В СБРС неизбежно порождает отдельные ведомости на каждый учебный план;
- ограниченный ресурс на поддержку и развитие системы;
- нет информации о сделанном выборе в элективных блоках, поэтому затруднён контроль полноты данных.

Основные стратегические положения, определяющие работу front-office системы:

- Простота и удобство для конечного пользователя
- Минимизация трудозатрат на сопровождение системы
- Должна быть решена проблема контроля полноты данных об успеваемости

Сейчас в эксперименте с Modeus участвуют подразделения ЮФУ «Инженерно-технологическая академия» и «факультет Журналистики и межкультурной коммуникации». Предполагается постепенный переход на данную платформу всех подразделений ЮФУ в течение ближайших лет.

Техническое решение

Предварительная подготовка до начала сессии состоит в формировании таблицы соответствий дисциплин Modeus дисциплинам 1С-Университет, а также таблицы соответствия текстовых названий оценок.

До начала сессии из Modeus передаётся полный список дисциплин, по которым согласно графика учебного процесса предполагается аттестация в текущем семестре. С помощью отдельной специализированной обработки на стороне 1С-Университет этот список обрабатывается и формируется таблица соответствий между дисциплинами Modeus (для которых создаётся одноименный справочник) и справочником дисциплин 1С, относящихся к разделу «Организация учебного процесса». Отношение при этом строится как «один ко многим»: одной дисциплине в 1С может соответствовать несколько вариантов её наименования (реализаций) в Modeus, что обусловлено потребностями составления расписания и различиями в формулировках. Например, конкретно для иностранного языка в рабочих планах 1С предусмотрено только одно название «иностранный язык», а в конкретной реализации это может быть английский разных ступеней, немецкий, испанский, французский или русский как иностранный, поэтому необходимо, чтобы в названии конкретной реализации фигурировало, например «Английский язык, уровень В1» и отображать это и для студентов для записи в группы, и для составителей расписания на платформе.

К началу сессии таким образом было сформировано 2212 соответствий. Еще порядка 120–130 соответствий было добавлено вручную в процессе загрузки ведомостей по результатам добавления реализаций дисциплин в Modeus.

Процесс загрузки ведомостей разделён на два этапа:

Загрузка данных as is и их интерпретация с точки зрения НСИ ЮФУ: дисциплины, периоды и формы контроля, студенты и их зачётные книги и т. п.

Формирование ведомости ЮФУ из загруженного «слепок» аттестационного мероприятия в Modeus.

Что решили таким подходом:

- распараллелили процесс разработки;
- получили возможность отдельно решать вопросы интерпретации данных в случае, когда сами исходные данные не меняются. Например, доработали механизм проставления отметок «продлённая сессия», и можем заново сформировать ведомости ЮФУ по уже загруженным слепок, не выгружая их заново из Modeus и не загружая в 1С.

Результаты в цифрах:

- передано между системами чуть менее 4000 ведомостей;
- количество раз, которые они передавались, значительно (в несколько раз) больше;
- обмен выполнялся силами двух человек с неполной загрузкой.

Что неудобно и собираемся переделать

Остается много ручной работы, даже если речь идёт о последовательных нажатиях кнопок «Загрузить» – «Анализ» – «Записать изменения» – «За-

пустить вторую обработку» – «Загрузить ведомости» – «Сформировать ведомости ЮФУ». К концу экзаменационной сессии уже примерно в 95% случаев проходило без ошибок, не было ни «неопознанных» дисциплин, ни ошибок типа «в учебном плане студента нет такой дисциплины» (кроме случаев переводов студентов в другие подразделения или их отчисления). Планируем перейти к работе в режиме «Управление проблемами», запустить эту часть процесса фоновым заданием, и разбирать только лишь ошибки, зафиксированные фоновыми заданиями.

Помимо этого, канал обмена Modeus с 1С реализован так, что при считывании данных обработкой ведомости автоматически удаляются из очереди обмена. После этого данные существуют только в оперативной памяти обработки до момента успешного создания прототипов. Это создаёт серьёзные риски: случайное повторное нажатие кнопки «считать новую партию», обрыв связи, отключение электроэнергии или любой другой сбой приводят к безвозвратной потере данных. Требуется пересмотр такой реализации обмена.

Методологические проблемы и их решения

Принципиальная проблема – у разработчиков нет «живой практики». Пользовательская документация работы с Modeus не опирается на бизнес-процессы, даёт лишь описание некоторых атомарных возможностей системы, которые пользователь в своей голове должен самостоятельно сложить в некоторую инженерную конструкцию.

Список выявленных проблем:

- Отчисления и уходы в академический отпуск.

Чем стало лучше: можно не удалять вручную студентов из ведомостей.

- Перезачёты.

Есть удобные и отлаженные решения в 1С, но их нет в Modeus.

Чем стало лучше – можно не удалять студентов с перезачётами из рабочих групп в Modeus, их отрицательные оценки будут просто игнорироваться.

Что пока не изменилось: дисциплины, оставленные «к освоению» при перезачётах, по-прежнему требуется вручную вносить в перезачётные ведомости 1С.

При получении перезачёта по-прежнему требуется во front-office системе удалять студентов из рабочих групп и ведомостей.

- Переводы между факультетами, смена направлений подготовки и т. д.

Порождают непреодолимые пока сложности в импорте ведомостей, сложно корректно отработать загрузку ведомости по человеку, которого в ней уже не должно быть, но на момент проведения аттестационного мероприятия он в ней находится должен.

Возможное решение – проверять соответствие рабочему плану на дату ведомости(а не на дату выгрузки), игнорировать при загрузке ведомости отчисленных/переведенных студентов.

- Продленная сессия.

Пока что добились того, что после выхода приказа все ведомости по студенту загружаются из Modeus в соответствии с положениями Университета. В перспективе – хотим, чтобы приказ о продлении также обрабатывал уже существующие ведомости.

В самом Modeus из-за очень нетривиального подхода к выгрузке ведомостей с результатами аттестации после продления пока хорошего решения для преподавателей не сделали.

Возможное решение – ввести в Modeus новый тип аттестационного мероприятия "продленная сессия".

Наличие такого типа аттестационного мероприятия дало бы удобное место для выставления оценки преподавателем и другой id ведомости – т. е. ведомости бы не затирали друг друга при выгрузке в 1С.

- Единство рабочих групп и ведомостей.

Пока что есть два больших блока проблем, вызывающих необходимость искусственно разделять рабочие группы и ведомости Modeus. Оба они заключаются в разнородности учебных планов по фактически одной и той же дисциплине. Это возникает в случаях, когда в смешанных командах у разных студентов с разных направлений подготовки учебные планы делались разными людьми в разное время, а также в случаях присоединения к командам восстановившихся студентов, которые настаивают на сохранении своего предыдущего учебного плана. Если в группе у всех «Защита ВКР», а у одного, восстановившегося, это «Подготовка к защите и защита ВКР», приходится и в Modeus, следом за 1С, искусственно разделять и группы, и дисциплины, чтобы иметь возможность загрузить их в 1С как разные сущности. Работа над унификацией дисциплин учебных планов и проработка возможности перевода восстановившихся на общие основания запущена и движется.

МИГРАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ДИСЦИПЛИНОЙ «ИНОСТРАННЫЙ ЯЗЫК» НА ПЛАТФОРМУ MODEUS В ЮЖНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Губская Н. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Ростов-на-Дону*

E-mail: ngubskaya@sfedu.ru

В рамках реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» перед Южным федеральным университетом поставлена задача полной миграции процессов управления образовательными траекториями на единую национальную платформу «Модеус» (Modeus) к 2028 году. Одним из наиболее сложных и массовых процессов является организация занятий по иностранному языку – межфакультетской дисциплине, охватывающей студентов всех направлений подготовки.

До недавнего времени в ЮФУ использовалась собственная разработка, интегрированная с системами 1С и базой данных PostgreSQL. Однако переход на новую платформу требует не просто смены программного обеспечения, а адаптации устоявшихся рабочих процессов, решения проблем интеграции и сопровождения пользователей в переходный период.

1. Архитектура унаследованной системы управления дисциплиной

На протяжении длительного времени в ЮФУ функционировала автоматизированная система собственной разработки на базе балльно-рейтинговой системы (БРС), которая обеспечивала полный цикл работы с успеваемостью по всем дисциплинам, включая иностранный язык.

Процесс первичного распределения студентов первого курса различных направлений обучения по группам обучения иностранному языку представлял собой сложный многоступенчатый механизм:

1. Тестирование и верификация. Первокурсники проходили дистанционное тестирование на платформе Moodle с последующим обязательным устным собеседованием с преподавателями кафедры иностранных языков. Это позволяло верифицировать результаты автоматической проверки и учесть личные особенности студентов для определения уровня (A1, A2, B1 и т. д.).

2. Формирование матрицы групп. На основе агрегированных данных в базе данных PostgreSQL формировались таблицы, определяющие необходимое количество групп, их уровневый состав и языковую направленность.

3. Реализация «персонализированной витрины». Ключевым звеном, связывавшим бэкенд с пользовательским интерфейсом, выступала система на базе фреймворка Laravel. При загрузке страницы выбора в Личном кабинете студента (ЛКС), Laravel выполнял запрос, который «склеивал» данные

из таблицы результатов тестирования и таблицы групп. Студент видел только те группы, которые строго соответствовали его подтвержденному уровню и языку. Группы заполнялись по принципу «живой очереди» с лимитом в 20 человек.

4. Интеграция и учет. Информация о выборе студента сохранялась в PostgreSQL. Далее данные передавались в БРС для формирования электронных ведомостей. В конце семестра итоговые оценки экспортировались обратно в систему 1С для формирования официальной отчетности, расчета стипендий и приказов.

Критически важным требованием к системе была актуальность данных. При любом изменении статуса студента (отчисление, перевод, переход в другую группу) служба технической поддержки осуществляла изменение данных о записи студента в таблицах PostgreSQL. После этого БРС проводила синхронизацию с базой данных раз в сутки либо в ручном режиме в случае необходимости.

2. Трансформация процесса при переходе на платформу Modeus

Сотрудничество ЮФУ с платформой Modeus началось в 2022 году. В 2025 году произошло десятикратное масштабирование: платформу начали использовать в постоянной деятельности пяти институтов, включая кафедру иностранного языка для выборных кампаний.

В новой архитектуре процесса произошли следующие изменения:

- **Сохранение преемственности.** Первичное тестирование в Moodle и устные собеседования полностью сохранены, так как они критически важны для качества обучения.

- **Изменение точки входа данных.** Результаты тестирования теперь выгружаются из Moodle и через разработанные интеграционные механизмы загружаются непосредственно в Modeus.

- **Автоматизация выбора.** В Modeus для студента автоматически формируется доступная «витрина» выбора по тому же принципу (уровень/язык). Сохранен принцип «живой очереди» и лимит наполняемости групп (20 чел.).

- **Новый функционал.** Ключевым усовершенствованием стал механизм автоматического распределения студентов, не совершивших выбор в срок. Алгоритм равномерно распределяет их на свободные места. По данным выборных кампаний, это позволило автоматически обрабатывать 6–16% студентов, существенно снизив нагрузку на учебный отдел.

- **Упрощение документооборота.** Электронные ведомости теперь генерируются автоматически внутри платформы Modeus сразу после формирования групп, что исключило промежуточный этап выгрузки данных из PostgreSQL и загрузки их в БРС.

Несмотря на очевидные преимущества, на данный момент использование Modeus носит характер пилотного проекта. Переход носит «лоскутный»

характер: часть институтов работает в новой системе, часть – в старой (БРС + PostgreSQL). Такая ситуация породила ряд проблем, решение которых и составило основную задачу для службы технической поддержки, сопровождающей процесс.

Необходимо было обеспечить бесшовное сосуществование двух систем в переходный период, чтобы данные по одной дисциплине не дублировались и не терялись. Для этого была осуществлена доработка механизмов интеграции: проведена точечная доработка скрипта, отвечающего за синхронизацию данных с унаследованной БРС. В скрипт было добавлено условие фильтрации: теперь в итоговую синхронизацию попадают только те группы, номера которых явно указаны в условии (т.е. те, что еще не перешли на Modeus). Это позволило:

- Для «перешедших» подразделений хранить и обрабатывать данные в Modeus.
- Для «неперешедших» продолжать работать в БРС в привычном режиме.
- Исключить дублирование и гарантировать, что в БРС попадают только актуальные ведомости.

Работа в Modeus на данном этапе требует большего количества ручного контроля со стороны сотрудников университета, чем отлаженная годами прежняя система. Поэтому нашей задачей также является мониторинг наличия ведомостей для всех студентов, для которых фиксируется успеваемость по иностранному языку в обеих системах.

Переход управления дисциплиной «Иностранный язык» на платформу Modeus является важным шагом в рамках программы «Приоритет 2030». Платформа предоставляет удобный инструмент для проведения массовых выборных кампаний, автоматизирует процесс распределения студентов и упрощает работу с ведомостями в части их создания.

Однако практика первого года активного использования показала, что полный отказ от унаследованных систем к 2028 году невозможен без тщательной проработки переходных состояний. Пилотный характер внедрения позволяет выявлять проблемные зоны без критического влияния на учебный процесс всего университета.

Проделанная работа по доработке скриптов выгрузки данных позволила решить проблему параллельного существования двух систем и обеспечить корректный перенос данных. В дальнейшем, по мере доработки функционала Modeus и отработки процессов интеграции, планируется поэтапное подключение всех подразделений ЮФУ. Университет получает не просто инструмент автоматизации, а основу для создания единой цифровой среды с возможностями персонализированного расписания и анализа образовательных запросов студентов.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ВЕДЕНИЯ ОПЕРАТИВНОГО УЧЕТА ПРОЖИВАЮЩИХ В ОБЩЕЖИТИЯХ УНИВЕРСИТЕТА КАК ФАКТОР ДОСТИЖЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ЦЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ

Косицына И. В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: ivp@sfedu.ru*

Современный университет представляет собой сложный социально-экономический организм, эффективность функционирования которого определяется не только качеством образовательных и исследовательских процессов, но и уровнем развития вспомогательных административно-хозяйственных систем. Одной из таких систем является управление студенческими общежитиями, включающее оперативный учет проживающих, финансовые расчеты, оформление документов и поддержку бытовых условий. В Южном федеральном университете (ЮФУ) данная сфера исторически характеризовалась разрозненностью информационных потоков между системами «1С Университет», «БИТ Общежитие» и «Личный кабинет студента» (ЛКС), что приводило к снижению оперативности, росту ошибок и неудовлетворенности потребителей услуг.

В то же время, согласно Программе развития ЮФУ на 2025–2036 гг., ВУЗ ставит амбициозные цели по достижению технологического лидерства в рамках трех стратегических технологических проектов (СТП), формированию единой цифровой экосистемы и повышению глобальной конкурентоспособности. В этом контексте трансформация таких, на первый взгляд, рутинных процессов, как учет проживающих, перестает быть исключительно технической задачей, становясь элементом системной цифровой трансформации и фактором достижения стратегических КРІ.

Как следует из внутреннего документа по трансформации учета, информационные процессы в связке «общежитие–вуз–студент» фрагментированы. Первичные данные о студенте заносятся в «1С Университет» при поступлении, затем частично передаются в «БИТ Общежитие» при заселении. Однако вся дальнейшая работа – заключение договоров, учет оплат, начислений, перерасчетов – ведется изолированно в «БИТ Общежитие». Студенты не имеют прямого доступа к системе, а информацию о состоянии лицевого счета могут получить только у заведующего общежитием, что создает значительные неудобства из-за несовпадения графиков.

Это порождает ряд проблем:

1. Низкая финансовая прозрачность: Студенты не информированы о долгах или переплатах, особенно при переводе, отчислении или смене договора, что ведет к накоплению безнадежной задолженности.

2. Операционные риски: Несвоевременное оповещение об отчислении студента приводит к продолжению начислений и формированию задолженности, списываемой лишь через три года, ухудшая финансовую отчетность вуза.

3. Неэффективность процессов: Ручной перенос данных, необходимость личных обращений, бумажный документооборот снижают производительность труда сотрудников и увеличивают вероятность ошибок.

С институциональной точки зрения [1] такая ситуация отражает отсутствие «адаптивных институциональных механизмов», способных гибко перестраивать правила и информационные потоки в ответ на новые требования. Существующие практики являются наследием устаревшей «ментальной модели», не соответствующей концепции «цифрового университета».

Программа развития ЮФУ делает акцент на «стратегическом технологическом лидерстве», достижении «технологической независимости» и построении «единой цифровой экосистемы вуза». Хотя основные ориентиры связаны с прорывными исследованиями в области материаловедения, микроэлектроники и биоинженерии, инфраструктурной основой для этих достижений является эффективное управление данными и процессами на всех уровнях.

Проект интеграции ЛКС–1С–БИТ Общежитие, описанный в рабочем документе, прямо соответствует данной логике. Его реализация позволит:

- Автоматизировать критически важные процессы: Автоматическое расторжение договора и остановка начислений при отчислении студента, онлайн-формирование квитанций с QR-кодом, отражение перерасчетов в ЛКС.

- Повысить финансовую дисциплину и прозрачность: Снижение объема безнадежной дебиторской задолженности положительно скажется на ключевых финансовых показателях вуза, что важно для его устойчивости и инвестиционной привлекательности.

- Улучшить качество сервиса для обучающихся: Предоставление студентам 24/7 доступа к актуальной информации о договоре, платежах и задолженности повышает удовлетворенность и лояльность, формируя современную цифровую среду, конкурентоспособную на глобальном рынке образования.

- Высвободить ресурсы для стратегических задач: Автоматизация рутинных операций учетных работников и заведующих общежитиями позволит перенаправить их потенциал на более сложные, нестандартные задачи, связанные с воспитательной работой и развитием студенческого кампуса.

Предлагаемая модель трансформации основана на принципе «нейронных связей» – создании двунаправленных интеграционных контуров между

системами, обеспечивающих обмен данными в режиме, близком к реальному времени.

1. Для студентов: ЛКС становится единым окном для всех взаимодействий с вузом, включая жизнь в общежитии. В нем отображаются действующий договор, график платежей, текущий баланс, история начислений и оплат, возможность формирования квитанции для оплаты, статус заявки на перерасчет.

2. Для администрации: Разрабатывается «рабочий стол» в системе «БИТ Общежитие», агрегирующий информацию и задачи в соответствии с ролью сотрудника (заведующий, паспортист, бухгалтер), что ускоряет принятие решений.

3. Для системы управления вузом: Обеспечивается сквозной процесс «Уведомление об отчислении», который автоматически инициирует в «БИТ Общежитие» каскад событий: расторжение договора, приостановка начислений, уведомление паспортистов и миграционной службы, финальный расчет со студентом.

Данный подход является практической реализацией «когнитивных институтов» [2], где цифровые правила и интерфейсы структурируют взаимодействие участников, предоставляя им новое знание (актуальные данные) и формируя новые поведенческие паттерны (самообслуживание, прозрачность).

Внедрение интеграционной модели «нейронных связей» между ИС Университет, БИТ Общежитие и Личным кабинетом студента решает острые операционные проблемы, снижая финансовые и репутационные риски. Одновременно оно вносит прямой вклад в достижение стратегических целей ЮФУ: формирование единой цифровой экосистемы, повышение эффективности управления ресурсами, создание современной и комфортной среды для обучающихся и сотрудников.

Этот пример иллюстрирует, как успешная реализация масштабной стратегии технологического лидерства зависит от способности университета к адаптивной институциональной перестройке на всех уровнях — от прорывных лабораторий до системы расчета за общежитие. Гибкие управленческие практики, основанные на данных и ориентированные на пользователя, становятся ключевым активом вуза в условиях быстро меняющейся среды, позволяя трансформировать низовые инициативы по оптимизации процессов в драйверы стратегического развития.

Литература

1. Вольчик В. В., Зотова Т. А. Развитие современного российского университета и адаптивные институциональные механизмы // Сборник трудов XXVI Всероссийского симпозиума. — С. 82–85.

2. *Petracca E, Gallagher S.* Economic cognitive institutions. *Journal of Institutional Economics.* 2020;16(6):747-765. doi:10.1017/S1744137420000144.
3. Программа развития федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет» на 2025–2036 гг.
4. *Нечаев В.* Оценка готовности управления университета к цифровой трансформации // XVI Всероссийская научно-методическая конференция «Актуальные проблемы совершенствования высшего образования». – 2024. – С. 431–433.
5. *Грузинова В. О.* Проблемы управления проектами стратегического развития образовательных организаций высшего образования на примере государственной программы «Приоритет-2030» // Прогрессивная экономика. – 2024. – № 6. – С. 127–145.

СЦЕНАРНЫЙ АНАЛИЗ РЕГЛАМЕНТОВ PERFORMANCE REVIEW В ТРЁХУРОВНЕВОЙ ИЕРАРХИИ УПРАВЛЕНИЯ: СТАЦИОНАРНАЯ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ И ЧИСЛЕННЫЙ АЛГОРИТМ

Кравцов М. С.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук

им. И. И. Воровича,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: kravcov@sfedu.ru

Доклад посвящен задаче цифровой поддержки настройки регламентов performance review в трёхуровневой иерархии управления «Принципал–Супервайзер–Агент». Цифровая трансформация структур управления в организациях, включая ИТ-подразделения университетов, предполагает формализацию процедур принятия решений и регламентов обмена информацией между уровнями управления; в контуре управления эффективностью персонала такими регламентами выступают правила performance review и KPI-ориентированного стимулирования [1–3]. Цель работы – дать стационарную вычислимую постановку и процедуру сценарного анализа параметров performance review в указанной иерархии.

Пусть управление реализуется в трёхуровневой иерархии: Принципал формирует правила и целевые ориентиры, Супервайзер осуществляет операционную настройку параметров оценки и стимулирования, Агент выбирает усилие в рамках заданного регламента. Процедурная структура взаимодействия задаётся регламентом в смысле Гермейера [4–6]. В регламенте Г1 решения формируются сверху вниз без учёта реакций нижестоящих уровней. В регламенте Г2 допускается обратная связь и согласование решений, что приводит к явным ограничениям индивидуальной рациональности (участия) на связках «Принципал–Супервайзер» и/или «Супервайзер–Агент». Комбинация регламентов на двух связках задаёт режимы Г1–Г1, Г1–Г2, Г2–Г1, Г2–Г2.

Рассматривается один отчётный период; все параметры регламента фиксируются до начала периода и не изменяются в его ходе (условие commitment). Агент выбирает усилие $e \in [0, e_{\max}]$. Нормированный показатель результативности (KPI-балл) задаётся зависимостью

$$r(e) = \left(\frac{e}{e_{\max}} \right)^{\nu}, \quad 0 < \nu < 1, \quad r \in [0, 1].$$

Шкала performance review задаётся порогами $0 < \rho_1 < \rho_2 < \rho_3 < \rho_4 < 1$, разбивающими диапазон r на пять уровней. Каждому интервалу сопоставлен коэффициент премирования m_i ; вознаграждение Агента представляется ступенчатой функцией от r .

Полезность Агента. В нормированных единицах

$$U_A(e) = \begin{cases} \bar{U}_A - L_A - 1/2 ke^2, & r(e) < \rho_1, \\ w_A(1 + m_i) - 1/2 ke^2, & r(e) \in [\rho_i, \rho_{i+1}), i = 1, \dots, 4, \end{cases}$$

где w_A – базовая выплата, $k > 0$ – параметр издержек усилия, $\bar{U}_A$ – внешняя опция (внеопцион), а $L_A \geq 0$ моделирует дополнительную потерю полезности при не-удовлетворительном результате review.

Ограничение участия Агента. Для режимов с обратной связью на связке «Супервайзер–Агент» требуется

$$U_A(e^*) \geq \bar{U}_A, \quad e^* \in \arg \max_{e \in [0, e_{\max}]} U_A(e).$$

Функции верхних уровней. Супервайзер ориентирован на достижение целевого уровня $\hat{r}$ и избегание провала ниже ρ_1 ; Принципал максимизирует разность между ценностью результата и совокупными затратами на стимулирование и инфраструктурные решения. Для сценарного анализа в стационарной постановке достаточно фиксировать, что критерии верхних уровней зависят от $r(e)$, параметров шкалы (ρ_i, m_i) и ограничений ресурсов.

В силу дискретной структуры выплат задача оптимизации Агента является кусочно-гладкой. Это позволяет заменить непрерывный поиск по e проверкой конечного набора кандидатных точек. Пусть

$$e_i = e_{\max} \rho_i^{1/\nu}, \quad i = 1, \dots, 4.$$

Тогда оптимальное усилие Агента в стационарной постановке выбирается из множества $\{0, e_1, e_2, e_3, e_4, e_{\max}\}$.

Иерархическая оптимизация в трёхуровневой модели выполняется методом обратного хода (равновесие Штакельберга): на нижнем уровне вычисляется лучшая реакция Агента при фиксированных параметрах регламента; на среднем и верхнем уровнях перебираются дискретные сетки параметров регламента и целеполагания с учётом ограничений бюджета и условий участия в режимах Г2. Такой алгоритм обеспечивает вычислимый сценарный анализ настроек КРІ-шкалы и позволяет сопоставлять четыре комбинации регламентов Г1/Г2.

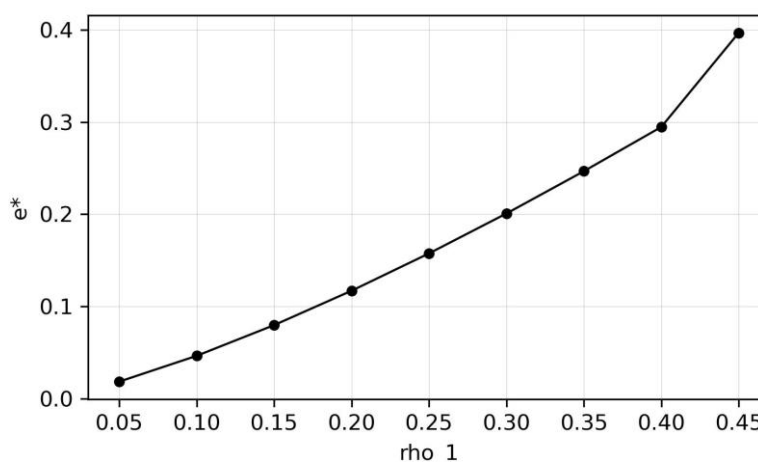
Для иллюстрации рассмотрим влияние минимального порога ρ_1 на оптимальную реакцию Агента при фиксированных (ρ_2, ρ_3, ρ_4) и коэффициентах премирования $(m_1, \dots, m_4)$. Параметры заданы в безразмерной нормировке:

$$e_{\max} = 1, \quad w_A = 1, \quad \bar{U}_A = 0, \quad \nu = 0.75, \quad k = 6, \quad L_A = 1, \\ (m_1, m_2, m_3, m_4) = (0.1, 0.3, 0.6, 1.0).$$

Пример сценарного анализа: влияние минимального порога ρ_1 на оптимальную реакцию Агента (нормированные параметры)

Сценарий	ρ_1	e^*	$r(e^*)$
S1	0.10	0.046	0.10
S2	0.20	0.117	0.20
S3	0.30	0.201	0.30
S4	0.40	0.295	0.40

Зависимость оптимального усилия e^* от минимального порога ρ_1 (нормированные параметры)



Пример показывает, что повышение ρ_1 увеличивает уровень усилия, необходимый для избегания неудовлетворительного результата review. В полном трёхуровневом контуре эффект взаимодействует с выбором цели $\hat{r}$ и параметров премирования m_i , что требует сценарного анализа с учётом ограничений ресурсов и условий участия в режимах Г2.

Таким образом, стационарная институциональная модель performance review с дискретной КРІ-шкалой позволяет формализовать регламенты оценки и стимулирования как вычислимый управленческий контур. Дискретность шкалы приводит к пороговым эффектам и чувствительности равновесных решений к параметрам регламента, что делает сценарный анализ обязательным элементом цифровой поддержки принятия решений. Применение регламентов с обратной связью (Г2) естественным образом приводит к включению ограничений участия субъектов и позволяет анализировать компромисс между жёсткостью требований и устойчивостью функционирования системы управления.

Литература

1. Kaplan R. S., Norton D. P. The Balanced Scorecard: Measures that Drive Performance. // Harvard Business Review Vol. 70 no. 1 1992. P. 71–79.

2. *Neely A., M. Gregory, K. Platts.* Performance Measurement System Design: A Literature Review and Research Agenda. // *International Journal of Operations & Production Management* Vol. 15 no. 4 1995. P. 80–116.
3. *Franco-Santos M., L. Lucianetti, M. Bourne.* Contemporary performance measurement systems: A review of their consequences and a framework for research. // *Management Accounting Research* Vol. 23 no. 2 2012. P. 79–119.
4. *Гермайер Ю. Б.* Игры с непротивоположными интересами. М.: Наука, 1971.
5. *Губко М. В., Новиков Д. А.* Теория игр в управлении организационными системами. М.: СИНТЕГ, 2002.
6. *Новиков Д. А.* Теория управления организационными системами. М.: МЦНМО, 2009.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ ИЗ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА)

Павлов Г. П.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И. И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: gpavlov@sfedu.ru*

В наши дни системы учета заявок (трекеры) стали неотъемлемой частью работы образовательных учреждений. Они обеспечивают эффективное взаимодействие с пользовательскими обращениями, позволяя в режиме реального времени распределять задачи между сотрудниками, структурировать запросы и формировать отчетность. В данной статье рассматривается портал технической поддержки Южного федерального университета [1], построенный на базе Request Tracker (RT). В ходе эксплуатации портала ежедневно поступают сотни обращений, и система хранит информацию по каждой заявке: переписку, время реакции, причину обращения и т. д. Эти данные имеют высокую значимость, так как дают обширный материал для анализа эффективности взаимодействия университета с пользователями. Однако в самом трекере отсутствует функция выгрузки переписки и метаданных по каждой заявке, а ручной сбор информации требует существенных временных затрат и сопряжён с рисками утери информации, особенно при работе с большими массивами.

В связи с этим *целью* данной работы является создание инструмента, автоматизирующего экспорт и систематизацию сведений из портала для последующего анализа.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*:

1. изучить структуру html-страниц Портала, определить возможные способы извлечения информации;
2. разработать модуль парсинга, извлекающий ключевые метаданные и полную переписку с пользователем, при этом фильтруя от технического мусора (служебных фраз, цитат и т. д.);
3. реализовать механизм массового обхода всех страниц поиска для автоматического сбора данных по найденным заявкам;
4. обеспечить локальное хранение собранных данных с возможностью их обновления (при повторном сборе);
5. разработать модуль экспорта, результатом работы которого будет csv-файл, содержащий общую информацию по всем тикетам и отдельные

txt-файлы, каждый из которых должен включать в себя историю переписки по каждой заявке;

6. протестировать созданный инструмент на реальных тикетах, убедиться в его работоспособности.

Архитектура и реализация инструмента. Для автоматизации сбора данных с портала рассматривались следующие пути: приложение/скрипт (внешний парсер) или браузерное расширение. Каждый из вариантов имеет свои достоинства и недостатки, однако при выборе ключевым критерием стала ориентация на конечного пользователя. Инструмент должен плавно интегрироваться в рабочий процесс и не требовать установки дополнительного программного обеспечения. Сотрудник, работающий с порталом, проводит всё время в браузере и поэтому любое внешнее средство (скрипт или приложение) усложняет этот процесс, вынуждая запускать сторонний софт. У расширения иной механизм: оно становится частью портала, лишь дополняя уже знакомый интерфейс новыми элементами. Кроме того, расширение легко устанавливается, не нарушает прежний рабочий процесс и, по сути, остаётся незаметным до момента, когда оно понадобится пользователю. Наряду с удобством для пользователя, весомым фактором в пользу расширения является техническая точка зрения. Процесс разработки расширения значительно проще создания отдельного приложения, поскольку расширение использует уже готовую среду браузера, которая решает за нас большинство проблем (обработку cookie-файлов, аутентификация, эмуляция браузера), в то время как приложение потребовало бы создание этих функций с нуля. Таким образом, выбор в пользу расширения обусловлен, с одной стороны, максимальным удобством для пользователя как в установке, так и в использовании, с другой стороны – простотой реализации. Определившись с типом инструмента, приступим к его практической реализации. Рассмотрим архитектуру получившегося расширения, механизм его работы и выясним, каким образом решаются вышепоставленные задачи.

В первую очередь, была реализована возможность экспорта информации со страницы тикета. Для этого на вкладку обращения была добавлена кнопка «Собрать данные», создаваемая контент-скриптом `ticketParser.js`. При нажатии на неё скрипт обходит DOM-структуру страницы и по заданным css-селекторам собирает нужные данные, такие как: номер заявки, тему, дату обращения, статус и т. д. Параллельно выгружается переписка с пользователем: все сообщения, для каждого из которых определяется автор и дата. При этом чат очищается от цитат, служебных фраз и технического оформления сайта. Собранные метаданные и переписка сохраняются в локальном хранилище расширения – `chrome.storage.local`. При повторном сборе одного и того же тикета данные перезаписываются, что исключает запись одной заявки под разными ключами. Однако поскольку при работе с большим количеством обращений ручной сбор по одному тикету неэффективен, актуальна задача реализации автоматизированного массового сбора.

Контент-скрипт `searchParser.js` добавляет на страницу результатов поиска тикетов панель управления с кнопками «Сканировать», «Старт», «Стоп», «Пауза», индикатор прогресса и счетчик отработанных тикетов. При нажатии на кнопку «Сканировать» скрипт ищет элементы пагинации и формирует полный список таких URL (включая диапазоны страниц), для каждого из которых, получает HTML. Из полученного HTML извлекаются ссылки на тикеты и подсчитывается их количество, что отображается в панели управления. Важно отметить, что сами страницы с тикетами при этом не открываются и процесс полностью незаметен для пользователя. После нажатия на кнопку «Старт» начинается последовательное сохранение: каждая заявка из списка поочередно открывается с помощью фоновой службы `background.js`, который в свою очередь инжектирует в нее уже описанный `ticketParser.js` и ожидает завершения работы. При этом вкладки открываются с параметром `active: false`, то есть открытие тикета не переключает пользователя на страницу заявки и процесс остаётся фоновым. После получения подтверждения о сохранении данных сервис закрывает вкладку. Между операциями выдерживается задержка в 2000 мс для снижения нагрузки на сервер. С помощью кнопок «Пауза» и «Стоп» пользователь в любой момент может остановить процесс. Как уже было упомянуто, парсер автоматически очищает переписку от технического мусора, так как зачастую сообщения перегружены лишним текстом, который не представляет никакой пользы для анализа. По завершении сбора информации возникает необходимость её экспорта. Встроенные средства хранения не позволяют пользователю самостоятельно извлечь данные. Поэтому был разработан отдельный модуль, формирующий ZIP-файл, с данными по каждой заявке. Выбор в пользу ZIP-формата обоснован следующими аспектами: возможность экспорта одного файла, содержащего множество папок и файлов, простота извлечения данных из архива, структурированное расположение данных в файле. Сам же модуль экспорта реализован на базе библиотеки `JSZip` [2], работающей непосредственно в браузере. После нажатия на кнопку «Экспорт в ZIP», которая находится в окне расширения (`popup`), составляется таблица `tickets.csv`, содержащая основные данные по каждой из собранных заявок. В неё вносятся тема заявки, стоимость, статус, почта автора, дата последнего изменения, дата закрытия, категория и т. д. Одновременно с таблицей формируется папка `chats`, которая включает в себя текстовые файлы (с расширением `txt`) с очищенными переписками и метаданными. Название файла соответствует номеру заявки, из которой была экспортирована переписка. В результате полученный архив передается браузеру для скачивания, и пользователь получает структурированный набор информации. Этот набор также прост в извлечении: таблицу можно открыть в Excel, а чаты - в любом текстовом редакторе.

После завершения реализации инструмента необходимо опробовать его на практике и оценить его скорость работы, выявить уязвимости и недочеты. В этих целях было проведено тестирование на реальных тикетах. Была выявлена единственная проблема: отображение кириллицы в CSV-файлах. Некоторые версии Excel неверно интерпретируют кодировку UTF-8. Однако этот вопрос был быстро решён добавлением BOM (byte order mark) в начало файла. После исправления ошибки других нареканий к функции экспорта информации с отдельной страницы не было выявлено: данные экспортировались корректно, вышеописанные процедуры выполнялись безошибочно. Режим одиночного сбора прошел проверку, но поскольку при работе с большими массивами он не актуален, перейдем к тестированию функции массового сбора.

Для оценки эффективности режима массового сбора был запущен сбор заявок, появившихся в портале в период с 27.03.2024 по 23.02.2026. Выборка составила 1272 заявки и 26 страниц. Средняя скорость работы парсера – 20 заявок в минуту. Полное время обработки заявок составило 61 минуту 28 секунд, из которых 1 минута 46 секунд ушло на сканирование страниц. В ходе тестирования 7 вкладок (0.55%) не закрылись автоматически. Это может быть связано с сетевыми таймаутами или ошибкой в обработчике закрытия. Однако, данные по этим 7-ми запросам были сохранены, что говорит о том, что недочёт незначительный. Также из 1272 запросов было собрано лишь 1267, то есть 5 тикетов (0.39%) не попали в выборку. Учитывая масштаб сбора такое упущение также кажется незначительным и может быть объяснено особенностями структуры самих заявок или сбоями при записи в хранилище.

По итогам тестирования можно сделать вывод, что парсер готов к использованию и успешно справляется с массовым сбором данных, однако выявленные несоответствия указывают на необходимость доработки расширения.

Литература

1. Портал технической поддержки Южного федерального университета [Электронный ресурс] – URL: <https://support.sfedu.ru/> (дата обращения 01.03.2026).
2. Репозиторий JSZip. Version 3.10.1 [Электронный ресурс] // GitHub. – URL: <https://github.com/Stuk/jszip> (дата обращения: 01.03.2026).

КОНЦЕПЦИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЛАТФОРМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В РАМКАХ ИНФРАСТРУКТУРЫ УЧРЕЖДЕНИЙ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Проскуряков А. А.¹, Зрятчиков А. А.²

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

¹ Институт компьютерных технологий и информационной безопасности,

г. Таганрог

² Факультет управления,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: proskuriakov@sfedu.ru, zriatchikov@sfedu.ru

Предлагаемая платформа представляет собой интегрированную цифровую систему управления проектной деятельностью университета, предназначенную для поддержки полного жизненного цикла проектов – от формирования инициатив до анализа результатов.

Основной особенностью платформы является интеграция механизмов поддержки принятия управленческих решений, основанных на методах теории принятия решений (ТПР). В отличие от традиционных систем управления проектами, которые в основном выполняют функции мониторинга задач и ресурсов, предлагаемая платформа ориентирована на формализацию управленческого выбора и снижение неопределённости при принятии решений [1, 2].

Платформа формирует единую информационную среду для:

- регистрации проектных инициатив;
- анализа альтернатив развития проектов;
- управления рисками;
- прогнозирования результатов;
- мониторинга показателей эффективности.

Система может использоваться для управления следующими типами университетских проектов:

- проекты цифровизации образовательного процесса;
- научно-исследовательские проекты;
- инфраструктурные проекты университета;
- проекты внедрения информационных систем;
- образовательные инновационные инициативы.

Таким образом, платформа выполняет роль интеллектуальной системы поддержки управления проектным портфелем университета [2, 3].

Архитектура платформы

Концептуальная архитектура платформы включает несколько взаимосвязанных функциональных уровней.

Уровень управления портфелем проектов

На данном уровне осуществляется формирование и управление портфелем проектов университета. Платформа обеспечивает регистрацию проектных инициатив, их классификацию по типам, стратегическим направлениям и источникам финансирования.

Основные функции уровня:

- формирование базы проектов;
- анализ соответствия проектов стратегическим целям университета;
- управление приоритетами проектов;
- распределение ресурсов.

На этом уровне принимаются стратегические решения о запуске новых инициатив и распределении инвестиций.

Уровень поддержки принятия решений

Центральным элементом платформы является модуль поддержки принятия решений, который реализует методы теории принятия решений для анализа управленческих альтернатив.

Модуль обеспечивает:

- формирование набора альтернативных решений;
- определение критериев оценки;
- ранжирование альтернатив;
- анализ рисков;
- выбор оптимальной стратегии реализации проекта.

При принятии решений используются методы многокритериального анализа, анализа ожидаемой ценности и вероятностного моделирования.

Например, при выборе архитектуры образовательной платформы система может учитывать такие критерии, как:

- стоимость внедрения;
- сроки реализации;
- масштабируемость системы;
- влияние на образовательный процесс;
- интеграция с существующими системами университета.

Использование формализованных методов позволяет снизить влияние субъективных факторов и повысить обоснованность решений.

Аналитический уровень

Аналитический уровень платформы предназначен для обработки данных проектной деятельности и прогнозирования результатов проектов.

К основным функциям относятся:

- анализ динамики реализации проектов;
- прогнозирование сроков завершения проектов;
- моделирование сценариев развития;
- оценка вероятности достижения ключевых показателей.

Для решения этих задач могут применяться методы вероятностного моделирования и статистического анализа.

Применение методов ТПР в платформе

Особенностью предлагаемой платформы является интеграция различных методов теории принятия решений в процесс управления проектами.

Многокритериальный анализ решений

Многокритериальные методы используются при выборе стратегических альтернатив, например [4, 5]:

- выбор технологической платформы;
- определение подрядчика;
- выбор направления развития образовательной инфраструктуры.

Платформа позволяет формировать иерархию критериев, определять их веса и рассчитывать интегральную оценку альтернатив. Результатом является ранжированный список решений с указанием их предпочтительности.

Анализ ожидаемой ценности решений

При управлении рисками используется анализ ожидаемой денежной ценности (Expected Monetary Value).

Для каждого риска определяется вероятность возникновения и величина возможных потерь. Платформа автоматически рассчитывает ожидаемое значение риска и предлагает оптимальные стратегии реагирования [6].

Данный механизм позволяет:

- сравнивать альтернативные стратегии управления рисками;
- оценивать эффективность мероприятий по снижению рисков;
- формировать обоснованные решения при ограниченных ресурсах.

Байесовское обновление прогнозов

В условиях динамически изменяющейся информации платформа может использовать байесовские методы обновления вероятностей.

По мере поступления новых данных система корректирует оценки вероятности рисков и прогнозы сроков реализации проектов.

Это особенно важно для проектов цифровой трансформации, где параметры проекта могут существенно изменяться в процессе реализации.

Вероятностное моделирование проектов

Для оценки неопределённости сроков и стоимости проектов платформа может использовать моделирование Монте-Карло.

На основе распределений входных параметров система генерирует множество сценариев реализации проекта и формирует вероятностное распределение результатов.

Это позволяет:

- оценить вероятность завершения проекта в заданные сроки;
- определить диапазон возможных затрат;
- выявить наиболее критические факторы риска.

Процесс принятия решений в платформе

Процесс принятия управленческих решений в системе включает несколько последовательных этапов.

1. Формирование инициативы проекта

(Руководители подразделений или исследовательские группы формируют проектную инициативу и регистрируют её в системе.)

2. Анализ альтернатив

(Платформа формирует набор возможных альтернатив реализации проекта.)

3. Определение критериев оценки

(Для оценки альтернатив используются критерии эффективности проекта, включая стоимость, сроки реализации, стратегическую значимость и риски.)

4. Расчёт показателей решений

(Система автоматически рассчитывает показатели эффективности альтернатив с использованием методов многокритериального анализа и вероятностного моделирования.)

5. Выбор управленческого решения

(Руководящие органы университета принимают решение на основе результатов анализа, представленных платформой.)

6. Мониторинг реализации проекта

(После принятия решения платформа осуществляет мониторинг реализации проекта и обновляет прогнозы по мере поступления новых данных.)

Литература

1. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide). 6th ed. Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2017.
2. Managing Successful Projects with PRINCE2. 6th ed. Axelos, 2017.
3. Highsmith J. Agile Project Management: Creating Innovative Products. 2nd ed. Boston: Addison-Wesley, 2010.
4. Keeney R., Raiffa H. Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
5. Clemen R., Reilly T. Making Hard Decisions with DecisionTools. 3rd ed. Belmont, CA: Cengage Learning, 2013.
6. Hallowell C. R., Gambatese J. A. Qualitative research: Application of the Delphi method to CEM research. Journal of Construction Engineering and Management, 2010, vol. 136, no. 1, pp. 99–107.

Научное издание

**XXXIII научная конференция
«Современные информационные технологии:
тенденции и перспективы развития»**

Компьютерная верстка: Багдасарян А. Л.

Электронное издание

Подписано к использованию **.**.**** г. Заказ № ****. Тираж 10 экз.

Издательство Южного федерального университета.

Отдел полиграфической, корпоративной и сувенирной продукции

Издательско-полиграфического комплекса ЮФУ.

344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1, тел (863) 243-41-66.