



ИНСТИТУТ
МАТЕМАТИКИ
МЕХАНИКИ
КОМПЬЮТЕРНЫХ
НАУК

имени И.И. Воровича

XXVII НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**СОВРЕМЕННЫЕ
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ:
ТЕНДЕНЦИИ И
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

Материалы XXVII конференции

24–26 сентября 2020

**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
XXVII научной конференции
(Южный федеральный университет,
Ростов-на-Дону, 24 – 26 сентября 2020 г.)**

**Ростов-на-Дону – Таганрог
Издательство Южного федерального университета
2020**

УДК 004(063)
ББК 32.97я43
С568

Редакционная коллегия:

Г.В. Муратова, С.С. Михалкович, В.С. Пилиди,
А.Н. Соловьев, В.Ю. Тополов

С568 **Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития** [Электронный ресурс] : материалы XXVII научной конференции (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 24 – 26 сентября 2020 г.). – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2020. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 6,92 Мб). – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Системные требования: процессор с тактовой частотой 1,5 ГГц и выше, 1 Гб оперативной памяти, Windows 7 SP1, Windows 8, 8.1, Windows 10 (32- и 64-разрядные версии), Acrobat Reader DC, привод DVD-ROM. – Загл. с экрана.

ISBN 978-5-9275-3566-8

В сборнике представлены доклады участников научной конференции «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития» (Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, 24 – 26 сентября 2020 г.).

Материалы публикуются в авторской редакции.

**Сборник издан при поддержке
гранта Правительства РФ № 075-15-2019-1928**

ISBN 978-5-9275-3566-8

УДК 004(063)
ББК 32.97я43

© Южный федеральный университет, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: МИРОВЫЕ ТРЕНДЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ Муратова Г.В.	10
СЕМЕСТРОВЫЕ КУРСЫ ВИДЕОЛЕКЦИЙ: ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ Абрамян М.Э.	16
ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К РЕАЛИЗАЦИИ КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ЗАДАЧНИКА ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ Абрамян М.Э., Лебедев Е.С.	19
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТОВ В СИСТЕМЕ UNITY Абрамян М.Э., Мялкина В.О.	21
ГЕЙМИФИКАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА. ПРИЛОЖЕНИЕ AUGMENTED GEOMETRY Акопджанова Н.В., Демяненко Я.М.	23
ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ УПРОЩЕНИЯ КОНТУРА КОСТИ КОНЕЧНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОМ МЕДИЦИНСКОМ ИЗОБРАЖЕНИИ Аль Темими А.М.С., Пилиди В.С.	24
RECENT ADVANCES ON THE RANDOMIZED KACZMARZ METHOD Bai Z.-Z., Wu W.-T.	27
ON CONVERGENCE RATE OF THE RANDOMIZED KACZMARZ METHOD Wu W.-T., Bai Z.-Z.	31
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО РАДИОТЕХНИКЕ Бабичев Р.К.	34
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО РАДИОТЕХНИЧЕСКИМ ЦЕПЯМ И СИГНАЛАМ Бабичев Р.К.	37
ПРОВЕДЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ С ПОМОЩЬЮ ВЕБ-СЕРВИСОВ НЕПРЕРЫВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ Баглий А.П.	40
ПРИМЕНЕНИЕ JUPYTERLAB И SLING ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТЕТРАДЕЙ В ОПТИМИЗИРУЮЩЕЙ РАСПАРАЛЛЕЛИВАЮЩЕЙ СИСТЕМЕ Баглий А.П.	44
ОЦЕНКА СУЩЕСТВУЮЩИХ АЛГОРИТМОВ СЕГМЕНТАЦИИ РУКИ Бакуменко О.В., Лошкарев И.В., Бойко В.В.	47
ОТ БОЛЬШИХ ДАННЫХ К УМНЫМ ДАННЫМ Балякин А.А., Нурбина М.В., Тараненко С.Б.	48
ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОДДЕРЖКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ Балякин А.А., Нурахов Н.Н., Нурбина М.В.	53

UX ДИЗАЙН В СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ Бетеев К.Ю., Муратова Г.В.	57
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРАФОВЫХ МОДЕЛЕЙ И ИСПОЛНИТЕЛЕЙ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ УЧАЩИХСЯ Блинова Е.Е., Угненко А.А.	61
РАСЧЕТ ЧАСТОТНОГО ПОВЕДЕНИЯ ИМПЕДАНСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕХАНИЗМАХ ЭЛЕКТРОПЕРЕНОСА В ВЕЩЕСТВЕ Богатин А.С., Буланова А.Л., Ковригина С.А., Андреев Е.В., Носачев И.О.	65
КОМПЬЮТЕРНЫЙ РАСЧЕТ ИМПЕДАНСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЭЛЕКТРИКОВ ПРИ ЛОГНОРМАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ РЕЛАКСАТОРОВ Богатин А.С., Буланова А.Л., Ковригина С.А., Андреев Е.В., Носачев И.О.	68
ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ТРАНСПОРТА ЧАСТИЦ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМАХ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ КОНВЕКЦИИ Бротский Я.И., Говорухин В.Н.	70
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГИС-ИНДУСТРИИ Бутхузи Е.В., Гордиенко Л.В.	74
АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОИСК И ВЫНОС ИНВАРИАНТНЫХ ОТНОСИТЕЛЬНО ЦИКЛОВ ВЫРАЖЕНИЙ Василенко А.А.	77
НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ И ОСОБЕННОСТИ ЧИСЛЕННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТНЫХ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ Ватульян А.О., Недин Р.Д., Карякин М.И., Юров В.О., Углич П.С.	81
ИНВАРИАНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ И ПИТАЮЩИХ ПРОВОДНИКОВ В ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ СВЧ Волощенко П.Ю. Волощенко Ю.П.	84
РАЗРАБОТКА ИГРЫ ЖАНРА «СИМУЛЯТОР ВЫЖИВАНИЯ» ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ ANDROID Галайчук В.В., Завгороднев Е.А., Рязанова А.В.	87
УЧЕБНЫЙ САЙТ «КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ» Гармашов С.И.	90
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОМИГРАЦИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ С 4-МЯ СИНГУЛЯРНЫМИ ГРАНЯМИ В СТАЦИОНАРНЫХ ТЕПЛОВЫХ УСЛОВИЯХ Гармашов С.И., Карпенко А.С.	94
ОЖИДАЕМОЕ УСКОРЕНИЕ ОТ МЕТОДА РАЗМЕЩЕНИЯ ДАННЫХ С КРАТНЫМИ ПЕРЕКРЫТИЯМИ Гервич Л.Р.	99
ОБ ОПЫТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ AUTOCAD ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ПЛАНИРОВКЕ ТЕРРИТОРИИ Гинис Л.А., Уварова А.А.	103
ВЫЧИСЛЕНИЕ МУЛЬТИСТАБИЛЬНОСТИ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С КОСИММЕТРИЧНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ Говорухин В.Н., Цибулин В.Г., Тяглов М.Ю.	106

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ШКОЛЫ В УСЛОВИЯХ ИНКЛЮЗИВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ Голосная Л.В.	110
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА Грошевихин И.В.	114
О НОВОЙ МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЕ «РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР», РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО ПРОЕКТА MAGNUS Демяненко Я.М., Карякин М.И.	118
РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ФРЕДГОЛЬМА ПЕРВОГО РОДА И ИХ ЧИСЛЕННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ Дударев В.В., Мнухин Р.М., Юров В.О., Углич П.С., Плотников Д.К.	119
ПОВЫШЕНИЕ АДАПТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ «ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ» (ПРОФИЛЬ «ИНФОРМАТИКА») Евланова А.Г.	121
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ Егоров Н.Я., Егоров И.Н., Егорова С.И.	124
ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ КОРПОРАЦИЯМИ В УСЛОВИЯХ НОВОЙ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ Ершова А.В., Никитаева А.Ю.	127
СИСТЕМА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ КОЖИ ЛИЦА НА ОСНОВЕ AI-ТЕХНОЛОГИЙ Жмайлова Н.Б., Панич А.А.	130
МЕДИЦИНСКИЙ ОПРОСНИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ВЫРАЖЕННОСТИ СИМПТОМОВ БОЛЕЗНИ У ПАЦИЕНТОВ Задверняк Я.А., Марков И.П.	132
ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ Закариялов Ш.А., Нестеренко В.А.	134
РАЗРАБОТКА НОВЫХ МУЛЬТИЗАДАЧНЫХ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ПАКЕТА ACELAN-COMPOS Зезекало В.А., Младинский Д.Р., Москаленко Д.О.	138
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИОННОГО ЛАЗЕРА С РПК НА ТРОЙНОЙ СМЕСИ ПАРОВ МЕДИ С ГЕЛИЕМ И НЕОНОМ Иванов И.Г.	140
О ВЫЯВЛЕНИИ АНОМАЛЬНОГО ИСПОЛНЕНИЯ КОДА НА ОСНОВЕ УЧЕТА РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ВЫЗОВАМИ ФУНКЦИЙ Иванов В.Ш., Косолапов Ю.В.	142

РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА ПРОГРАММ CALSMAN В ЧЕРНОМОРСКОМ ЦЕНТРЕ МОРСКИХ ПРОГНОЗОВ	145
Иванчик А.М., Иванчик М.В.	
СОВРЕМЕННЫЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЯ: ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	149
Исаева А.Н., Тополов В.Ю.	
МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СОТРУДНИКАМИ КОМПАНИИ	152
Керимов И.С-М., Майер С.Ф.	
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ КРИСТАЛЛОВ	155
Клунникова Ю.В., Анисеев М.В.	
ОБУЧЕНИЕ ШУМОПОДАВЛЯЮЩЕЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА БЕЗ ЧИСТЫХ ДАННЫХ	157
Коваленко А.С.	
СПЕЦИФИКА РАЗВИТИЯ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОКОЛЕНИЯ Z В ЦИФРОВУЮ ЭПОХУ	159
Ковалева А.П., Цахилова К.О.	
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЬЕЗОАКТИВНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С РАЗЛИЧНЫМИ СВЯЗНОСТЯМИ	163
Криворучко А.В., Тополов В.Ю.	
ИНФОРМАЦИОННЫЙ СЕРВИС ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ВЕБ-КВЕСТА	165
Кувшинова Е.Н., Тихонова Н.А.	
ЦИФРОВАЯ ДЕТЕРМИНАЦИЯ И ЕЕ ЭФФЕКТЫ	168
Лешкевич Т.Г.	
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ БАЗИС РАЗРАБОТКИ СЦЕНАРИЕВ ПОВЕДЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ИНТЕРНЕТ-ПРОСТРАНСТВЕ	172
Лызь Н.А., Григорьев А.О.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНОК ОКСИДА ЦИРКОНИЯ И КОБАЛЬТА ДЛЯ МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУР, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ	175
Малюков С.П., Саенко А.В., Клунникова Ю.В., Тимощенко Д.В.	
ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ЗАПИСИ ИНФОРМАЦИИ ЖЕСТКИХ МАГНИТНЫХ ДИСКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ	178
Малюков С.П., Зиновьев С.С., Саенко А.В., Тимощенко Д.В.	
АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДАМИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ	181
Манна А.С., Демяненко Я.М.	
ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМ РЕКОМЕНДАЦИИ ТОВАРОВ В E-COMMERCE С ПЛАТФОРМОЙ ПОЛНОТЕКСТОВОГО ПОИСКА SOLR	182
Маньч И.Ю., Пирская Л.В.	

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТАЙЛИНГА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ИТЕРАЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ Метелица Е.А.	185
АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЛОКАЛИЗАЦИЯ КОЛЕННОГО СУСТАВА НА РЕНТГЕНОГРАММЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ ОСТЕОАРТРИТА Михайличенко А.А.	189
АЛГЕБРАИЧЕСКИЙ МНОГОСЕТОЧНЫЙ МЕТОД С HSS-СГЛАЖИВАТЕЛЕМ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ–СТОКСА Муратова Г.В., Мартынова Т.С., Шабас И.Н., Бавин В.В., Ванг Ц.Ц.	192
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РОСТА НЕЙРОННОЙ ПОПУЛЯЦИИ Муратова Г.В., Хаишбашев Г.А.	201
О МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЕ МЕХМАТА ЮФУ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ» Надолин К.А., Карякин М.И., Наседкин А.В.	204
О РАЗВИТИИ ПРОГРАММНОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ ГОМОГЕНИЗАЦИИ АКТИВНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА РАЗЛИЧНЫХ МАСШТАБНЫХ УРОВНЯХ Наседкин А.В.	208
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРИСТЫХ ПЬЕЗОКОМПОЗИТОВ В УСТРОЙСТВАХ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ Наседкин А.В., Оганесян П.А., Соловьев А.Н.	212
ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ДИСКРЕТНЫХ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРИЗНАКОВОГО ПРОСТРАНСТВА АУДИОФАЙЛОВ ФОРМАТА WAVE ДЛЯ ЗАДАЧИ БИНАРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ Олейников Б.В., Стрельников А.В.	214
РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ТРАФИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PERFORMANCE API Перелехов И.В., Пирская Л.В.	217
ПОЛУОСТРОВ МЕГАНОМ. ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА Петкова Н.В., Ершова В.В.	220
МЕТОДЫ ГИС В АНАЛИЗЕ ТЕРРИТОРИИ ПРОВИНЦИИ КАНДАГАР Петкова Н.В., Мохаммад Реза Мошреф	223
ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕШЕНИЯ СЛАУ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ И НАВИГАЦИИ Пирская Л.В.	226
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕРЕВЬЕВ ПОВЕДЕНИЯ С ПОДСКАЗКАМИ ПРИ СОЗДАНИИ ИГР НА UNITY Рыженков С.И.	229
ФОРМИРОВАНИЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ ITO/TIO ₂ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ Саенко А.В., Малюков С.П., Гончаров Е.В., Подгайний Н.В., Купченко Г.В.	231

ФОРМИРОВАНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК TiO ₂ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУРАХ Саенко А.В., Малюков С.П., Гончаров Е.В., Подгайний Н.В.	234
ПРОГРАММНЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ОТКРЫТОГО МИРА В ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ Садовский В.С.	237
ПОЗИТИВНЫЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ Серебряная Д.С.	239
МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА ГАУССОВА ИСКЛЮЧЕНИЯ ДЛЯ РАЗРЕЖЕННЫХ СИСТЕМ: МОДЕЛИ УПРУГИХ СРЕД Смагличенко Т.А., Смагличенко А.В.	244
АВТОМАТИЗАЦИЯ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ХОПФИЛДА Соколов М.И., Чердынцева М.И.	249
ПРИМЕНЕНИЕ САД/САЕ СИСТЕМ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ Соловьев А.Н., Вислоусова И.Н., Котов В.В., Лесняк О.Н., Матросов А.А., Нижник Д.А.	252
РАЗРАБОТКА WEB-ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ СЮЖЕТНЫХ ИГР И ОБУЧАЮЩИХ ПРИЛОЖЕНИЙ Ступак А.С, Фёдорова И.А., Хацко Е.Г.	257
МАТРИЧНО-ВЕКТОРНЫЙ АНАЛИЗ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ И МЕТОД ГРАНИЧНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ДИФРАКЦИИ ЗВУКА НА ПОВЕРХНОСТИ ОСТРОГО УГЛА Сумбатян М.А., Мусатова Н.К.	259
МЕТОД ДИСКРЕТНЫХ ВИХРЕЙ ДЛЯ ПОТОКА ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В КАНАЛЕ Сумбатян М.А., Пискунов А.С.	263
ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ИНТЕРНЕТА ПО СОВРЕМЕННЫМ БЕССВИНЦОВЫМ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛАМ И ПРИМЕНЕНИЯМ Тополов В.Ю.	268
ПОСТРОЕНИЕ ПРОТОКОЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ СЕМАНТИЧЕСКИ СТОЙКОЙ МОДИФИКАЦИИ КРИПТОСИСТЕМЫ ТИПА МАК-ЭЛИСА Турченко О.Ю.	270
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УСТАНОВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАЗМЫ В ЛАЗЕРАХ НА ПАРАХ МЕТАЛЛОВ Чеботарев Г.Д.	273
ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ЛАЗЕРЫ НА КВАНТОВОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУРАХ» Чеботарев Г.Д., Латуш Е.Л., Мазурицкий М.И.	275
МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЙ В РУКАВАХ ДЕЛЬТЫ ДОНА Чикин А.Л., Клещенков А.В., Чикина Л.Г.	276

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОСТУПЛЕНИЯ СОЛЕННОЙ ВОДЫ ИЗ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА В ДЕЛЬТУ ДОНА Чикина Л.Г., Чикин А.Л.	278
ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ КАК СРЕДСТВО ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ Шляхова Е.А., Серебряная И.А., Серебряная Д.С.	280
СОЗДАНИЕ РЕШАТЕЛЕЙ ДЛЯ СЛАУ С СЕДЛОВОЙ ОСОБЕННОСТЬЮ Штейнберг Б.Я.	285
ОПЫТ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ В ОФФЛАЙН ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИИ Щербина Д.Н.	289
ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕКУЩЕГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ С ВЫСОКОТОЧНОЙ РЕГИСТРАЦИЕЙ БЫСТРЫХ НАЖАТИЙ НА КЛАВИАТУРЕ Щербина Д.Н.	291
СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ Эль-Эйссави Б.Х.М., Нестеренко В.А.	293

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: МИРОВЫЕ ТРЕНДЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Муратова Г.В.

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

E-mail: muratova@sfedu.ru

Традиционная ежегодная научная конференция «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития 2020» в 27-й раз собирает ИТ-специалистов, ученых, экспертов, молодых исследователей для обсуждения наиболее актуальных проблем и достижений в области информационно-коммуникационных технологий. В связи с эпидемиологической ситуацией время проведения конференции перенесено с апреля на осенние месяцы. Впервые СИТО будет проводиться в режиме онлайн.

События 2020 года, связанные с пандемией, внесли огромные изменения во все сферы жизни. В настоящее время, как отмечают эксперты, наблюдается мировой экономический кризис. При этом подчеркивается, что кризис структурен, что он связан с технологическими революциями, которые происходят примерно один раз в 50 лет [1]. Сложившаяся в связи с пандемией ситуация, усугубив кризисное положение мировой экономики, резко повысила спрос на технологии, которые и до этого момента в последние годы развивались экспоненциально. Можно наблюдать, как стремительно происходит реальная цифровизация — все, что можно перевести в цифру и сделать удаленно, уже переводится и будет завершено в ближайшее время.

Проанализируем, как оценивают эксперты ситуацию с ИТ-сферой в нынешних условиях.

На конференции Better World Summit 2020, организованной Huawei в июле 2020 года, были озвучены мировые тенденции цифровизации. Среди трендов названы гиперавтоматизация, а также новые неожиданные партнерства. Эксперты обсудили, как регулирование отрасли может способствовать развитию цифровой экономики, выходу из кризиса и совместному построению будущего. Вице-президент и председатель совета директоров компании Huawei Кэтрин Чэнь во время выступления на саммите отметила, что, на ее взгляд, для восстановления экономики жизненно необходимо использовать подход цифровизации "сверху вниз" и при этом направлять творческую энергию и жизненные силы "снизу вверх" [2].

Директор управления продаж продуктов и сервисов Softline Александр Рожков подчеркнул, что Россия пристально присматривается к пере-

довому мировому опыту в сфере цифровизации, старается перенимать и адаптировать лучшие методики и практики, сохраняя при этом технологический суверенитет. Александр Рожков отмечает, что в рамках национальных проектов в настоящее время реализуются мероприятия по цифровизации целых сегментов и отраслей экономики: образование, здравоохранение, дороги и транспорт, умный город, промышленность и сельское хозяйство. "Благодаря запуску федерального проекта "Цифровые технологии" программы "Цифровая экономика Российской Федерации", утверждению Национальной стратегии развития искусственного интеллекта до 2030 г., серьезный импульс для развития в стране получили так называемые сквозные цифровые технологии (СЦТ) – большие данные, нейротехнологии и искусственный интеллект, системы распределенного реестра, квантовые технологии, новые производственные технологии, промышленный интернет, робототехника и сенсорика, технологии беспроводной связи, технологии виртуальной и дополненной реальностей" [2].

Директор по инновациям ИТ-компании "Крок" Алексей Смирнов полагает, что уровень развития информационных технологий в России находится на достаточно высоком уровне. Однако, по его мнению, степень цифровизации очень сильно отличается от отрасли к отрасли. "Меньше всего охвачены цифровизацией сельское хозяйство, строительство и сфера услуг. А вот российские банки и телеком-компании более развиты в плане ИТ, чем западные. При этом сфера услуг в США и странах Европы опережает нашу по уровню цифровизации. Можно сделать вывод, что такое неоднородное распространение цифровизации по отраслям характерно не только для России", – считает Алексей Смирнов. Будет продолжаться заданный пандемией тренд на работу вне офиса. Как следствие, это приведет к расширению применения технологий для удаленной работы. В том числе этот тренд даст развитие мобильным приложениям и мессенджерам, решениям для видео- и телеконференцсвязи, а также информационной безопасности [2].

Исполнительный директор центра стратегического развития и цифровой трансформации компании "Ланит-Интеграция" Павел Сварник отмечает, что главная особенность отечественной цифровизации заключается в том, что ее публичным драйвером является государство (органы государственной власти, госкорпорации и государственные институты развития). "Подобная диспозиция обуславливает и сформировавшиеся тренды – ориентацию на использование сквозных цифровых технологий, цифровизацию на базе импортонезависимых (отечественных) решений, реализацию принципов платформенной экономики [2].

Как отмечает Максим Гарусев, директор по стратегии и инновациям компании "Техносерв", влияние коронавируса на цифровизацию России было весьма заметным – все на личном опыте увидели возможности ИТ и

телекома в условиях эпидемии. "Самыми явными трендами стали переход в облака многих заказчиков, виртуализация внутренних ИТ-систем для облегчения удаленного доступа к ним, виртуализация рабочих мест. Предполагаем, что перечисленные направления получат свое развитие и после пандемии, так как эти технологии обладают большим потенциалом повышения эффективности бизнеса заказчиков" [2].

Алексей Филимонов, исполнительный директор DataArt, отмечает, что в экономике уже есть тенденция ускорения перетока бизнеса в интернет/онлайн. Это создает для ИТ-сферы чуть лучшие условия, чем для экономики в целом. При этом пандемия негативно влияет на ряд секторов экономики, причем, судя по всему, негативное влияние рецессии пока перевешивает первый позитивный для ИТ тренд [3].

В конце каждого года появляется большое количество прогнозов аналитических компаний относительно того, какие технологии будут востребованы в следующем году. Агентство CNews Analytics в конце 2019 года провело исследование, целью которого было определить, какие технологии будут наиболее востребованы отечественными заказчиками в 2020 году. Согласно его результатам, наибольшие надежды в 2020 году возлагались на аналитику больших данных, искусственный интеллект и облачные решения. Также в первую тройку по востребованности в различных отраслях вошли интернет вещей, сети пятого поколения, автономные системы и решения в области виртуальной и дополненной реальности [4].

Произошедшие в начале 2020 года события внесли коррективы в эти оценки. Сегодня эксперты подчеркивают, что на первое место вышли облачные технологии.

Дмитрий Комиссаров, основатель компании-разработчика российского ПО «МойОфис», отмечает, что в их компании в связи с пандемией возрос спрос на облачный офис – появилось порядка десятка запросов от крупных компаний и государственных органов на установку программных продуктов, что обеспечит тысячи новых рабочих мест в облаке [3].

Если говорить в целом – сейчас выигрывают компании, ориентированные на частных лиц. В режиме карантина люди больше потребляют интернет-услуги и услуги провайдеров, растет спрос на ПО для персональной безопасности, т.е. файерволы, total security, антивирусы и т.д. Также востребованы в нынешних условиях разработчики средств удаленного доступа (remote desktop, VDI).

В то же время затормозились те направления работы, где нужен физический доступ к рабочим местам (например, к АСУ ТП). Если оборудованию необходима настройка, а ее по каким-то причинам невозможно осуществить удаленно, то, скорее всего, проект будет приостановлен или отложен. Это и различные SAP- и ERP-системы, а также те, где так или иначе

требуется доступ на рабочие места и в которых наладить удаленную работу не представляется возможным.

В настоящее время прогнозируется всплеск технологий виртуальной реальности (VR), потому что благодаря им появляется возможность дать доступ к дистанционному оборудованию. Например, эта технология позволяет наладчику работать удаленным манипулятором, не находясь физически на объекте. До текущего времени к технологии относились больше как к игрушке, и практика применения была не очень широкой, а сейчас возникает реальная бизнес-потребность.

Эксперты отмечают, что основной проблемой текущего кризиса является неопределённость его длительности и сроков восстановления рынка. Наблюдается экономический спад во всех областях, а ИТ – это ведь обслуживающий сектор реальной экономики. Кроме того, сейчас сильно затормозилась работа производителей «железа» – фабрики не работают, процессоры не выпускаются. Поэтому цифровизация – это, с одной стороны, выход, с другой – автоматизация труда и падение доходов мелких и средних предприятий. Индустрия выиграет везде, где можно обеспечить удаленное присутствие. Еще большее развитие получают технологии, которые позволят человеку получать удаленно необходимый контент [5].

Особое внимание в современных условиях следует уделить онлайн-образованию. Все образовательные учреждения были вынуждены перейти на полный онлайн обучающий процесс. Это было реализовано в экстремальных условиях. Дистанционное обучение, введенное в России из-за пандемии коронавируса, выявило многочисленные проблемы образования в стране. Преподаватели вузов, учителя, родители и учащиеся в один голос заявляют о том, что школы и вузы не готовы к такому виду обучения – не хватает техники, плохой интернет и множество других проблем. Понятно, что в системе образования необходимы значительные изменения.

Существуют навыки, которые «в компьютере» не разовьешь. Решение таких проблем могут обеспечить современные технологии. К примеру, технология виртуальной реальности (VR) позволит развивать моторику, отрабатывать некоторые операции. Сейчас отмечается повышенный спрос на облачный офис, почту и продукты, которые дают компаниям возможность поставить у себя внутри дата-центра сервера и обеспечить доступ всем сотрудникам. Текущая ситуация простимулирует цифровизацию образования в целом, и важные перемены начнутся, скорее всего, уже со следующего учебного года.

Следует заметить, что в первые месяцы пандемии и режима самоизоляции на фоне общего падения экономики многие ИТ-компании значительно увеличили капитализацию.

За апрель – май 2020 года состояние 25 главных миллиардеров мира увеличилось в общей сложности на \$255 млрд. Самый значительный рост

показала компания Facebook, акции которой выросли на 60%. А самым богатым человеком мира признан Джефф Безос, владелец компании Amazon, крупнейшей в мире на рынках платформ электронной коммерции и публично-облачных вычислений. В тройке самых успешно развивающихся в этом году компаний также компания Microsoft.

Эксперты прогнозируют достаточно сильное потрясение в аутсорсинге. В недалеком будущем ожидается тотальная востребованность удаленной работы, и у программистов должна появиться возможность 100% перехода на такой вид работ.

Как было отмечено выше, недавние события 2020 года ускорили многие процессы, уже происходившие в течение ряда лет в разных отраслях, в том числе и в информационных технологиях. Наблюдается стремительное развитие ИТ-сферы, которая по-прежнему остается отраслью с наибольшей скоростью развития. В нынешних условиях цифровизация становится всеобъемлющей. В таких условиях научное исследование в области ИТ и дальнейшее внедрение полученных результатов – самых современных ИТ-разработок имеет особое значение для развития многих сфер экономики и общества в целом. Роль университетов на всех этапах развития информационных компьютерных технологий трудно переоценить. Значение университетских ИТ-проектов и исследований можно проанализировать на основе материалов ежегодных конференций "Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития", проводимых в нашем университете, начиная с 1994 года. Пленарные и секционные заседания, Круглые столы СИТО всегда являлись площадкой для дискуссий и активных обсуждений многих актуальных задач.

Несмотря на онлайн-формат проведения, конференция СИТО 2020 собрала многих экспертов из разных научных центров и университетов, представивших к обсуждению актуальные вопросы развития ИТ-сферы.

В сборник материалов конференции вошли доклады участников, посвященные новым научным достижениям в области информационных технологий и вычислительных систем, включающим средства создания систем компьютерной поддержки научных исследований, исследования архитектуры и топологии вычислительных и инфокоммуникационных систем и сетей, создание электронных образовательных ресурсов и электронных библиотек, мультимедийных информационных и высокопроизводительных компьютерных систем. В этом году отдельной темой обсуждения станут перспективы и проблемы онлайн-обучения в свете цифровизации образования. В рамках конференции пройдет заседание секции «Вычислительная механика и ее приложения», в которой примут участие исполнители мегагранта Правительства РФ «Модели, алгоритмы и программные средства для многомасштабного анализа новых материалов и физически активных сред», реализуемого на базе ИММиКН им. И.И. Во-

ровича под руководством профессора Института вычислительной математики Академии математики и системных наук Китайской академии наук Чжун-Чжи Бая, одного из ведущих мировых ученых в области вычислительной алгебры.

Литература

1. Глазьев С.Ю. России нужно делать ставку на нефтехимию. <https://realnoevremya.ru/articles/172908-sergey-glazev-o-mirovom-ekonomicheskom-krizise>.
2. Сапрыкина А. Цифровизация сверху вниз. <https://www.comnews.ru/content/208353/2020-07-30/2020-w31/cifrovizaciya-sverkhu-vniz>.
3. Прияцелюк Н. Как изменится IT-отрасль вследствие пандемии – рассуждают эксперты <https://tproger.ru/experts/it-after-covid/>.
4. CNews: IT-тренды 2020. <https://www.cnews.ru/reviews/ittrendy2020>.
5. <https://www.crn.ru/news/detail.php?ID=140675>.

СЕМЕСТРОВЫЕ КУРСЫ ВИДЕОЛЕКЦИЙ: ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Абрамян М.Э.

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

В течение последних лет преподавателями мехмата ЮФУ были разработаны видеолекции, связанные как с отдельными темами лекционных курсов [1], так и с курсами в полном объеме [2]. В частности, автор настоящего доклада записал в 2015–2016 и 2018–2019 учебных годах серию из 82 полуторачасовых лекций, которая охватывает дисциплины «Математический анализ» (1–2 семестры), «Математический анализ 3» (3 семестр), «Комплексный анализ» (4 семестр); направление подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика. Запись лекций проводилась непосредственно во время занятий, что позволило включить в них диалог с аудиторией и тем самым обеспечило для зрителя «эффект присутствия».

Лекции выложены на сайте [youtube.com](http://edu.mmcs.sfedu.ru/), а также доступны с сайта мехмата (<http://edu.mmcs.sfedu.ru/>, раздел «Видеолекции»). Согласно статистике, приведенной на сайте youtube.com, количество просмотров лекций из этой серии к марту 2020 года составило 99,8 тысяч часов, а суммарное время просмотра – 9,3 тысяч часов.

В докладе обсуждаются способы, позволяющие повысить эффективность видеолекций и увеличить их аудиторию.

Одним из таких способов является подготовка субтитров как на русском, так и на английском языке, что, в частности, позволяет применять имеющиеся видеолекции в англоязычных учебных программах. Последняя возможность является особенно актуальной в связи с активно проводимой в настоящее время политикой привлечения в российские вузы иностранных студентов. В частности, в Институте математики, механики и компьютерных наук с 2019–2020 учебного года реализуется англоязычная программа бакалавриата «Theoretical Computer Science and Information Technologies».

Следует отметить, что в видеолекциях роль субтитров не должна сводиться к обеспечению возможности просмотра для тех студентов, которые имеют ограничения по слуховому восприятию или не владеют в достаточной степени русским языком. Подготавливая субтитры, автор корректировал в них некоторые фразы, дополняя их поясняющими словами или исправляя оговорки, а также воспроизводил в субтитрах записываемые на

доске формулы. В тех редких случаях, когда в ходе лекции автор допускал какую-либо оплошность, в субтитры добавлялся корректирующий текст.

Русские субтитры создавались с помощью свободно распространяемой программы Subtitle Edit 3.5 (<https://www.nikse.dk/>). Для подготовки английских субтитров применялись программные средства, разработанные автором. На первом этапе все русские тексты обрабатывались системой Google Translate, после чего генерировался комбинированный документ, содержащий как русские, так и английские тексты. На заключительном этапе проводилась окончательная корректировка данного документа, после чего на его основе генерировались файлы русских и английских субтитров в формате srt. Набор субтитров был подготовлен для первых 22 видеолекций, связанных с материалом первого семестра. В общей сложности было создано около 12 тысяч субтитров, охватывающих 30 часов лекционного времени.

Одновременно с созданием субтитров был разработан учебник «Лекции по дифференциальному исчислению функций одной переменной» на русском и английском языках [3, 4], содержимое которого фактически представляет собой расширенный конспект видеолекций. По мнению автора, именно «параллельное» изучение учебника и просмотр видеолекций может принести студенту максимальную пользу. Особенно это касается студентов-младшекурсников, которые, как правило, слабо подготовлены к восприятию формальных математических текстов и поэтому испытывают большие трудности при изучении «обычных» вузовских учебников по математике. Отмеченную проблему частично снимает возможность просмотра видеолекций, в которых, наряду со строгими определениями и доказательствами, дается неформальное описание вводимых понятий и идей, лежащих в основе доказательств, активно применяются рисунки и схемы, ведется диалог со студенческой аудиторией, т. е. применяются те приемы, которые было бы затруднительно представить в виде обычного математического текста.

Чтобы максимально облегчить согласование материала, содержащегося в учебнике, с соответствующим фрагментом нужной видеолекции, разделы и подразделы учебника снабжены ссылками, включающими номер лекции, время начала фрагмента и его длительность. Особенно удобным является применение подобных ссылок в электронном варианте учебника, поскольку в этом случае для немедленной загрузки и воспроизведения требуемого фрагмента лекции читателю достаточно выполнить щелчок на указанной гиперссылке. Однако и при использовании бумажного варианта сохраняется возможность быстрого выбора нужного фрагмента, так как в учебнике указан адрес веб-страницы сайта мехмата ЮФУ (<http://edu.mmcs.sfedu.ru/course/view.php?id=254>), в начале которой содержится список всех глав, разделов и подразделов книги, снабженный соот-

ветствующими гиперссылками на фрагменты видеолекций (рис. 1). Список приводится как на русском, так и на английском языке.

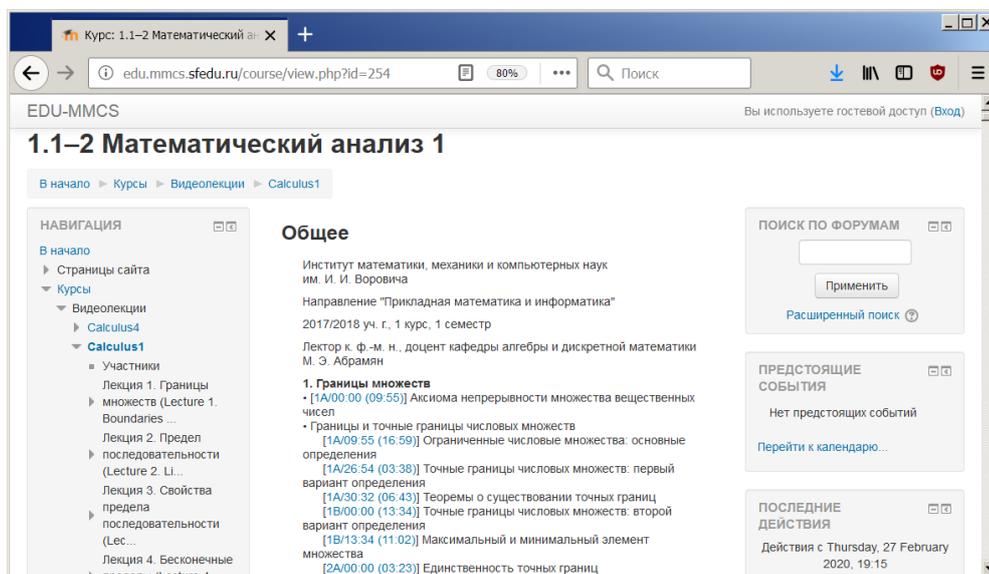


Рис. 1. Гиперссылки к видеолекциям на странице сайта edu.mmcs.sfedu.ru (русский вариант)

Рассмотренные в докладе дополнения к видеолекциям должны обеспечить их более эффективное применение в учебном процессе. Кроме того, может оказаться полезным описанный подход к разработке учебников и учебных пособий, содержащих ссылки на соответствующий материал видеолекций.

Литература

1. Ерусалимский Я.М. Видеолекции — разработка и использование // Научно-методическая конференция «Современные информационные технологии в образовании: Южный федеральный округ». Материалы конференции. Ростов-на-Дону, 2010. С. 148–149.
2. Абрамян А.В., Абрамян М.Э., Пилиди В.С., Ячменева Н.Н. Об опыте подготовки семестровых курсов видеолекций на мехмате ЮФУ // «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития». Материалы XIII научной конференции. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2016. С. 14–17.
3. Абрамян М.Э. Лекции по дифференциальному исчислению функций одной переменной. Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2020 (в печати).
4. Abramyan M.E. Lectures on the differential calculus of functions of one variable. Rostov-on-Don; Taganrog: SFedU Press, 2020 (в печати).

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К РЕАЛИЗАЦИИ КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ЗАДАЧНИКА ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ

Абрамян М.Э., Лебедев Е.С.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

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

E-mail: mabr@sfedu.ru, levgeny369@gmail.com

В докладе описывается один из подходов к реализации кроссплатформенного варианта электронного задачника по программированию Programming Taskbook [1]. Ядро задачника представляет собой динамическую библиотеку, которая может подключаться к программам на различных языках. Такая архитектура дает возможность выполнять задания, входящие в задачник, в разных программных средах. В текущей версии 4.19 задачника поддерживаются языки Pascal, Visual Basic, C++, C#, VB.NET, F#, Python, Java, Ruby и большое число сред разработки. Ядро задачника реализовано в среде Turbo Delphi 2006, позволяющей генерировать 32-разрядные приложения Windows. Однако к настоящему времени начинают проявляться ограничения, связанные с 32-разрядностью ядра. В частности, задачник может использоваться лишь с 32-разрядными вариантами интерпретатора Python и системы JRE для языка Java. Поэтому становится актуальной реализация 64-разрядного варианта задачника. Кроме того, возникает задача адаптации задачника к другим операционным системам.

Для решения указанных задач есть несколько путей. Самым естественным, казалось бы, является использование современных версий среды Delphi, разрабатываемых компанией Embarcadero (www.embarcadero.com), в состав которых входят как 64-разрядные компиляторы для Windows, так и компиляторы для Linux и Mac OS. Однако версии языка Delphi Pascal, вышедшие после 2008 года, не имеют обратной совместимости с предыдущими версиями. В результате адаптация ядра задачника для новой версии Delphi потребовала бы изменений исходного кода, сравнимых по объему с его переводом на какой-либо другой язык программирования.

Более простым способом решения поставленных задач представлялось использование другой среды разработки для языка Pascal — Free Pascal Lazarus (www.lazarus-ide.org), современные версии которой не столь радикально отошли от традиционного варианта Delphi Pascal и при этом поддерживают реализацию приложений Win64, а также приложений Linux и Mac OS. Кроме того, ожидалось, что адаптация графического интерфейса задачника, входящая в его ядро, не потребует существенных модификаций

кода, поскольку библиотека графических компонентов системы Lazarus очень похожа на библиотеку Delphi VCL.

В ходе адаптации ядра задачника для среды Lazarus были откорректированы незначительные расхождения в системе классов стандартной библиотеки, а некоторые внешние модули, отсутствующие в Lazarus, были заменены на аналогичные или временно отключены. В результате удалось провести успешную компиляцию ядра в среде Lazarus. Однако при этом обнаружилась серьезная проблема, связанная с тем, что окна с графическим интерфейсом, созданные в динамической библиотеке (т. е. в ядре задачника), не отображаются на экране. Данная проблема, очевидно, связана с недоработками в библиотеке визуальных компонентов системы Lazarus.

Для решения указанной проблемы был использован режим работы ядра задачника, ранее реализованный для веб-среды PascalABC.NET WDE [2]. Данная веб-среда разрабатывалась в 2010-х годах (в настоящее время не поддерживается). В этом режиме информация о результатах выполнения учебной программы сохраняется в виде html-файла, для отображения которого можно использовать любое приложение, позволяющее отображать текст в формате html. Вариант соответствующей визуализирующей программы был вначале реализован в среде Lazarus с применением стандартного компонента TPrHtmlPanel. Однако данный компонент не оказался достаточно универсальным, чтобы обеспечить качественную визуализацию html-текста, создаваемого ядром задачника. Поэтому была разработана программа-визуализатор на языке C#, использующая компонент Web-Browser библиотеки .NET.

Полученный вариант электронного задачника, как и исходный вариант, может использоваться при выполнении учебных заданий на различных языках программирования, хотя в настоящее время он еще не реализует всех возможностей исходного варианта.

Литература

1. Абрамян М.Э. Инструменты и методы разработки электронных образовательных ресурсов по компьютерным наукам: Монография. Ростов н/Д, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2018. 260 с.
2. Абрамян М.Э., Михалкович С.С., Белякова Ю.В. Интеграция электронного задачника Programming Taskbook в Web-среду программирования PascalABC.NET WDE // Современные информационные технологии и ИТ-образование. Сборник научных трудов VI Международной научно-практической конференции. Т. 1. М.: Изд-во МГУ, 2011. С. 349–354.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОЕКТОВ В СИСТЕМЕ UNITY

Абрамян М.Э., Мялкина В.О.

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

E-mail: mabr@sfnedu.ru, vika98z@mail.ru

Широкое распространение компьютерных игр делает актуальным развитие искусственного интеллекта в этой области. Трудно представить компьютерную игру, в которой игроку не противопоставлен некий враг, умеющий осмысленно отвечать на его действия и реагирующий на изменение игровых условий.

В настоящее время одним из самых популярных игровых движков является Unity [1]. Это связано с простотой использования, ежегодными улучшениями и постоянно растущим сообществом разработчиков по всему миру. Поскольку среда Unity сама заботится о различных сложных процессах (физические процессы, отображение, кроссплатформенность и т. п.), разработчики могут сосредоточить свое внимание на реализации систем искусственного интеллекта, обеспечивающих интерактивное взаимодействие в реальном времени.

На данный момент имеется большое количество книг и обучающих материалов по искусственному интеллекту. В том числе есть и материалы, направленные на обучение в определенных средах разработки, таких как Unity (см., например, [2, 3]). В представленном докладе описаны аналогичные проекты, которые также демонстрируют реализацию алгоритмов искусственного интеллекта в системе Unity, однако при этом содержат более детальную и обширную информацию. Разработанные учебные проекты не только показывают особенности и возможности различных алгоритмов искусственного интеллекта и способы их внедрения в игру, но и выделяют важные свойства системы Unity, являясь также примерами применения возможностей ее среды разработки. Из описанных возможностей Unity можно выделить, в числе наиболее важных и широко используемых, встроенный генератор навигационных мешей NavMesh и средства анимации.

Каждый проект является прототипом игры, в которой применяются алгоритмы искусственного интеллекта из следующих категорий.

- 1) *Перемещение в пространстве*. Проект с реализацией алгоритмов из данной категории показывает модели поведения искусственного интеллекта при простейшем взаимодействии с игроком – преследовании и уклонении (рис. 1).

- 2) *Маршрутизация.* В прототипе из данной категории реализовано одно из самых необходимых умений агента – умение находить оптимальный путь.
- 3) *Принятие решений.* В проекте этой категории реализована возможность агента изменять ход игры на основании анализа ее состояний.
- 4) *Координирование и тактика.* Проект с реализацией алгоритмов на координирование и тактику демонстрирует варианты превращения множества агентов в единый организм и методы принятия тактических решений.



Рис. 1. Скриншот проекта, реализующего алгоритмы преследования и уклонения

Для каждого проекта описаны этапы его разработки и используемые при этом возможности среды Unity, позволяющие упростить действия по созданию компьютерной игры. Отдельное внимание также уделялось особенностям языка C#, в частности, принципам объектно-ориентированного программирования.

Представленные учебные проекты дают возможность освоить нетривиальные приемы разработки игровых программ в среде Unity, а их подробное описание позволяет легко адаптировать эти приемы к их включению в реальные проекты, связанные с разработкой игр.

Литература

1. Торн А. Искусство создания сценариев в Unity. М.: ДМК Пресс, 2016. 360 с.
2. Паласиос Х. Unity 5.x. Программирование искусственного интеллекта в играх. М.: ДМК Пресс, 2017. 272 с.
3. Простой искусственный интеллект [Электронный ресурс]. URL: <http://blogs.unity3d.ru/2010/09/simple-ai/> (дата обращения: 01.03.2020).

ГЕЙМИФИКАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА. ПРИЛОЖЕНИЕ AUGMENTED GEOMETRY

Акопджанова Н.В., Демяненко Я.М.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: nic.a@mail.ru, demyana@sfedu.ru

Геймификация – процесс использования игровых элементов в ситуациях и приложениях, не являющихся играми. Например, использование таких игровых элементов, как квесты, игровые сюжеты с достижением определенных целей и награды, мотивирующие пользователей на взаимодействие с продуктом, системой или сервисом.

Приложение является игровой платформой, которая помогает развивать пространственное мышление у детей дошкольного возраста. В процессе игры пользователям необходимо последовательно проходить уровни, задача в которых – создать требуемые геометрические фигуры: от отрезка нужной длины до сложных объемных объектов.

Приложение Augmented Geometry – мобильное приложение, созданное с помощью платформы Vuforia и среды разработки Unity. Vuforia предоставляет возможность распознавания различных маркеров в реальности и генерации связанных с ними объектов в дополненной реальности. Маркерами в представленном приложении служат карточки с QR-кодами и номерами уровней, а связанные с ними объекты – сферы, иллюстрирующие точки в пространстве и отрезками между ними. В момент, когда игрок построил нужную фигуру предполагаемого объема, происходит переход на следующий, более сложный уровень.

Литература

1. Институт Ватерлоо, статья от 26 сентября 2018 г. Researchers help to bridge the gap between psychology and gamification.
2. Официальный сайт платформы Vuforia [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://library.vuforia.com>.

ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ УПРОЩЕНИЯ КОНТУРА КОСТИ КОНЕЧНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА РЕНТГЕНОГРАФИЧЕСКОМ МЕДИЦИНСКОМ ИЗОБРАЖЕНИИ

Аль Темими А.М.С.¹, Пилиди В.С.²

¹ *Технологический университет, Багдад, Ирак*

² *ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону*

E-mail: ammar.m.altemimi@gmail.com, pilidi@sfnedu.ru

Для выявления деформаций конечностей человека путем анализа рентгенографических изображений предложена схема построения геометрических характеристик, так называемых референтных характеристик — анатомических и механических осей и углов, которые позволяют специалисту сделать вывод об отсутствии или наличии отклонений и в последнем случае решать вопрос о методах лечения [1–4].

В работах [5–7] представлена схема анализа, использованная для создания приложения, дающего возможность в автоматическом режиме получать указанные выше характеристики. Важным этапом обработки является выделение контуров костей, подлежащих анализу. Здесь результатом работы является матрица, состоящая из координат точек контура исследуемой кости.

Проведенные эксперименты показали, что в очень небольшом количестве случаев получить референтные характеристики в автоматическом режиме не удастся. Во всех этих случаях причиной были низкое качество исходных изображений или существенные отклонения в анализируемых областях.

Для обработки изображений в таких случаях в программный продукт была добавлена возможность ручной корректировки контура. На экран выводится изображение вместе с полученными в автоматическом режиме границами исследуемых областей в виде кусочно-линейного контура, и пользователь имеет возможность переместить некоторые из граничных точек отрезков, составляющих контур, положение которых оказалось неверным. Оказалось, что при большом количестве точек, представляющих контур, его корректировка весьма затруднена или вообще не представляется возможной.

В связи с указанной проблемой был разработан метод сокращения количества точек, представляющих контур кости. На получаемом контуре кости последовательно выделяются прямолинейные участки и отбрасываются все точки каждого из таких участков, кроме крайних. При этом возникает естественное ограничение: упрощение не должно влиять на качество определения референтных характеристик. Для решения вопроса о

возможности замены изображения участка кости используется числовая характеристика – максимальное отклонение фрагмента контура от прямой, при котором этот фрагмент можно заменить отрезком. Такие характеристики, варьирующиеся для разных участков и разных анализируемых костей, были найдены в результате экспериментов. В критически важных участках проводится дополнительный анализ, не позволяющий потерять существенные данные. В программном продукте эти вычисления проводятся в любом случае, позволяя сократить время последующей обработки и время корректировки в случае возникновения такой необходимости.

На рис.1, а представлен результат обнаружения границы кости без использования предложенного алгоритма, граница представлена большим количеством точек, на рис.1, б представлен результат сокращения количества точек после работы предложенного алгоритма.

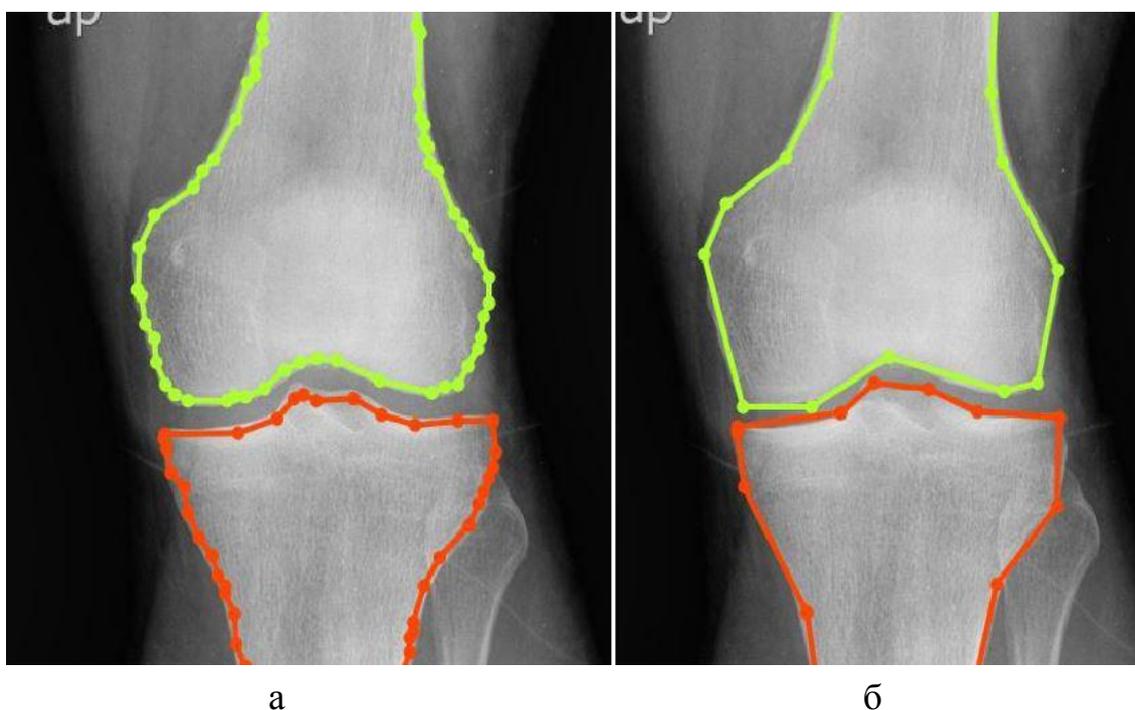


Рис. 1

Апробация в медицинских учреждениях показала эффективность разработанного программного продукта в отношении достоверности получаемых результатов, в скорости обработки (менее 0.5 с для снимка стандартного размера в случаях, когда дополнительная корректировка не используется) и в простоте корректировки в случае возникновения такой необходимости.

Упрощение контура предложенным алгоритмом сокращает время обработки за счёт снижения общего объёма вычислений, позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на анализ рентгеновского изобра-

жения при использовании дополнительной визуальной корректировки, исключает необходимость проведения повторного обследования.

Литература

1. Paley D. Principles of deformity correction. New York: Springer-Verlag, 2005. 806 p.
2. Соломин Л.Н., Щепкина Е.А. Определение референтных линий и углов длинных трубчатых костей: пособие для врачей. 2010. СПб.: РНИИТО им. Р.Р. Вредена. 2010. 21 с.
3. Соломин Л.Н., Кулеш П.Н. Анализ показателей референтных линий и углов при изменении формы ног с использованием чрескостного остеосинтеза // Травматология и ортопедия России 2011. №2 (60) С. 62–69.
4. Morrey B. The elbow and its disorders / B. Morrey. Philadelphia, 2000. 880 p.
5. Аль Темими А.М.С., Пилиди В.С. Автоматизация процесса определения референтных линий на рентгенографических медицинских изображениях // Инженерный вестник Дона/ 2017 №1. ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4007.
6. Аль Темими А.М.С., Пилиди В.С. Об одном алгоритме анализа структуры рентгенографических медицинских изображений // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: технические науки. 2018. № 1 (197). С. 23–28.
7. Al-Temimi A.M.S., Pilidi V.S. Improvements of programing methods for finding reference lines on X-Ray images. // Computer Optics. 2019, Vol. 43, Iss. 3. P. 397–401.

RECENT ADVANCES ON THE RANDOMIZED KACZMARZ METHOD*

Bai Z.-Z.¹, Wu W.-T.²

¹ State Key Laboratory of Scientific/Engineering Computing Institute of Computational Mathematics and Scientific/Engineering Computing Academy of Mathematics and Systems Science Chinese Academy of Sciences, P.O. Box 2719, Beijing 100190, Computational Mechanics Laboratory at the Vorovich Institute of Mathematics, Mechanics and Computer Science, Southern Federal University

² School of Mathematics and Statistics, Beijing Institute of Technology Beijing 100081, P.R. China

Consider iterative solution of large scale systems of linear equations of the form

$$Ax = b, \quad \text{with } A \in \mathbb{C}^{m \times n} \quad \text{and} \quad b \in \mathbb{C}^m, \quad (1)$$

that is, A is a complex m -by- n matrix, b is an m -dimensional complex vector, and x is the n -dimensional unknown vector. Whenever the linear system (1) is consistent or inconsistent, and the coefficient matrix $A \in \mathbb{C}^{m \times n}$ is fat/flat (i.e., $m < n$) or thin/tall (i.e., $m > n$), we are often interested in its least-squares least-norm solution.

There have been many researches on solving linear systems through iterative methods [2, 5, 14], among them the Kaczmarz method [18] is a typical representative for the so-called row-action methods [1, 5, 8, 9]. In the Kaczmarz method, one cycles through the rows of the linear system, and if we use $A^{(i)}$ to represent the i -th row of the matrix A , and $b^{(i)}$ the i -th entry of the vector b , the current iterate x_k is orthogonally projected onto the hyperplane defined by $A^{(i_k)}x = b^{(i_k)}$. All m equations in the linear system (1) are swept through after m iterations of the Kaczmarz method.

Since it was proposed in 1930s, the Kaczmarz method has gained great theoretical development and plentiful practical applications. In [18] Kaczmarz proved the convergence when the coefficient matrix $A \in \mathbb{C}^{m \times n}$ of the linear system (1) is square (i.e., $m = n$) and nonsingular, in [13] Galántai derived bounds on the convergence rate, and in [20] Knight conducted error analysis in the finite precision arithmetics; see also [1, 3, 4] and the references therein. Due to its simplicity, the Kaczmarz method has been a popular and preferable

* Supported by The National Natural Science Foundation (No. 11671393), P.R. China and by the Grant from the Government of the Russian Federation No. 075-15-2019-1928.

solution tool in many fields such as computerized tomography [15, 19, 24], image reconstruction [10, 16, 17, 26], distributed computing [11, 25], and signal processing [7, 21]; see also [6, 9, 12] and the references therein. In addition, based on the Kaczmarz method, a series of row-action methods for solving systems of linear and nonlinear equations were studied in the second half of the 20th century; see, e.g., [5, 8, 9, 23, 28].

Research on the Kaczmarz method was reignited in 2009 when Strohmer and Vershynin [27] proposed the randomized Kaczmarz method with expected exponential rate of convergence, which is also known as “linear convergence”. Since using the rows of the coefficient matrix A in random order, rather than in their given order, can greatly improve the convergence rate of the Kaczmarz method, the randomized Kaczmarz method is quite appealing for applications; see, e.g., [12, 17, 22, 24].

An obvious weakness of the randomized Kaczmarz method is due to its probability criterion for selecting the active or working rows in the coefficient matrix $A \in \mathbb{C}^{m \times n}$. This criterion is equivalent to a uniform sampling if the matrix A is proactively scaled with a diagonal matrix that normalizes the Euclidean norms of all of its rows to be a same constant.

In this talk, for solving large scale system of linear equations by iteration methods, we introduce an effective probability criterion for selecting the working rows from the coefficient matrix, which is aimed at grasping larger entries of the residual vector at each iteration, and construct a greedy randomized Kaczmarz method. It is proved that this method converges to the unique least-norm solution of the linear system when it is consistent. Theoretical analysis demonstrates that the convergence rate of the greedy randomized Kaczmarz method is much faster than the randomized Kaczmarz method, and numerical results show that the greedy randomized Kaczmarz method is more efficient than the randomized Kaczmarz method, too. In addition, by introducing a relaxation parameter in the involved probability criterion, we further generalize the greedy randomized Kaczmarz method, obtaining a class of relaxed greedy randomized Kaczmarz methods. Both theoretical validation and numerical verification show that these methods can be more efficient than the greedy randomized Kaczmarz method if the relaxation parameter is chosen appropriately.

References

1. Ansorge R., Connections between the Cimmino-method and the Kaczmarz-method for the solution of singular and regular systems of equations, *Computing*, 33(1984), 367–375.

2. Bai Z.-Z., Jin C.-H., Column-decomposed relaxation methods for the overdetermined systems of linear equations, *Intern. J. Appl. Math.*, 13(2003), 71–82.
3. Bai Z.-Z., Liu X.-G., On the Meany inequality with applications to convergence analysis of several row-action iteration methods, *Numer. Math.*, 124(2013), 215–236.
4. Bai Z.-Z., Rozložník M., On the numerical behavior of matrix splitting iteration methods for solving linear systems, *SIAM J. Numer. Anal.*, 53(2015), 1716–1737.
5. Brezinski C., Projection Methods for Systems of Equations, *Elsevier Science B.V.*, Amsterdam, 1997.
6. Brooks M.A., A Survey of Algebraic Algorithms in Computerized Tomography, MSc Thesis, *University of Ontario Institute of Technology*, Ontario, 2010.
7. Byrne C., A unified treatment of some iterative algorithms in signal processing and image reconstruction, *Inverse Problems*, 20(2004), 103–120.
8. Byrne C.L., Applied Iterative Methods, *A K Peters Ltd.*, Wellesley, MA, 2008.
9. Censor Y., Row-action methods for huge and sparse systems and their applications, *SIAM Rev.*, 23(1981), 444–466.
10. Eggermont P.P.B., Herman G.T., Lent A., Iterative algorithms for large partitioned linear systems, with applications to image reconstruction, *Linear Algebra Appl.*, 40(1981), 37–67.
11. Elble J.M., Sahinidis N.V., Vouzis P., GPU computing with Kaczmarz’s and other iterative algorithms for linear systems, *Parallel Comput.*, 36(2010), 215–231.
12. Feichtinger H.G., Cenkler C., Mayer M., Steier H., Strohmer T., New variants of the POCS method using affine subspaces of finite codimension, with applications to irregular sampling, *Proc. SPIE: Visual Communications and Image Processing*, 1818(1992), 299–310.
13. Galántai A., Projectors and Projection Methods, Adv. Math. 6, *Kluwer Academic Publishers*, Boston, MA, 2004.
14. Golub G.H., Van Loan C.F., Matrix Computations, Third Edition, *Johns Hopkins University Press*, Baltimore and London, 1996.
15. Herman G.T., Fundamentals of Computerized Tomography: Image Reconstruction from Projections, Second Edition, *Springer*, Dordrecht, 2009.
16. Herman G.T., Davidi R., Image reconstruction from a small number of projections, *Inverse Problems*, 24(2008), 045011, 17 pages.
17. Herman G.T., Meyer L.B., Algebraic reconstruction techniques can be made computationally efficient, *IEEE Trans. Medical Imaging*, 12(1993), 600–609.
18. Kaczmarz S., Angenäherte Auflösung von Systemen Linearer Gleichungen, *Bull. Int. Acad. Polon. Sci. Lett. A*, 35(1937), 355–357.

- 19.Kak A.C., Slaney M., Principles of Computerized Tomographic Imaging, *SIAM*, Philadelphia, PA, 2001.
- 20.Knight P.A., Error Analysis of Stationary Iteration and Associated Problems, Ph.D. Thesis, *Manchester University*, Manchester, 1993.
- 21.Lorenz D.A., Wenger S., Schöpfer F., Magnor M., A sparse Kaczmarz solver and a linearized Bregman method for online compressed sensing, *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, Paris, France, 2014.
- 22.Ma A., Needell D., Ramdas A., Convergence properties of the randomized extended Gauss-Seidel and Kaczmarz methods, *SIAM J. Matrix Anal. Appl.*, 36(2015), 1590–1604.
- 23.McCormick S.F., An iterative procedure for the solution of constrained nonlinear equations with application to optimization problems, *Numer. Math.*, 23(1975), 371–385.
- 24.Natterer F., The Mathematics of Computerized Tomography, *SIAM*, Philadelphia, PA, 2001.
- 25.Pasqualetti F., Carli R., Bullo F., Distributed estimation via iterative projections with application to power network monitoring, *Automatica J. IFAC*, 48(2012), 747–758.
- 26.Popa C., Zdunek R., Kaczmarz extended algorithm for tomographic image reconstruction from limited data, *Math. Comput. Simulation*, 65(2004), 579–598.
- 27.Strohmer T., Vershynin R., A randomized Kaczmarz algorithm with exponential convergence, *J. Fourier Anal. Appl.*, 15(2009), 262–278.
- 28.Tompkins C., Projection methods in calculation, in Proceedings of the Second Symposium in Linear Programming, *National Bureau of Standards*, Washington, DC, 1955.

ON CONVERGENCE RATE OF THE RANDOMIZED KACZMARZ METHOD*

Wu W.-T.¹, Bai Z.-Z.²

¹ School of Mathematics and Statistics
Beijing Institute of Technology
Beijing 100081, P.R. China

² State Key Laboratory of Scientific/Engineering Computing Institute of Computational Mathematics and Scientific/Engineering Computing Academy of Mathematics and Systems Science Chinese Academy of Sciences, P.O. Box 2719, Beijing 100190, Computational Mechanics Laboratory at the Vorovich Institute of Mathematics, Mechanics and Computer Science, Southern Federal University

Let A be a complex m -by- n matrix and b be a complex m -dimensional vector. We consider the iterative solution for the consistent system of linear equations

$$Ax = b, \quad \text{with } A \in \mathbb{C}^{m \times n} \quad \text{and} \quad b \in \mathbb{C}^m, \quad (1)$$

where x is the n -dimensional unknown vector.

The Kaczmarz method [13] is a classic but popular linear iteration solver for computing an approximate solution for the large sparse system of linear equations (1). This method, also known as the *algebraic reconstruction technique* (ART), has been applied to many fields such as computerized tomography [10, 14, 17], image reconstruction [7, 11, 12, 19], distributed computing [8, 18], and signal processing [5, 15]; see also [2, 3, 4, 6, 9] and the references therein.

As the convergence rate of the Kaczmarz method depends heavily on the exact ordering of the rows of the coefficient matrix A , and it can be improved drastically by sweeping through the rows in a random manner, Strohmer and Vershynin [20] proposed the randomized Kaczmarz method. The convergence of the randomized Kaczmarz method was proved in [20] for $m \geq n$ and, correspondingly, an upper bound on the *mean squared error* (MSE) after N iterations ($N \geq 1$) was given as follows:

$$E \|x_N - x_\star\|_2^2 \leq \left(1 - \frac{\lambda_{\min}(A^*A)}{\text{tr}(A^*A)}\right)^N \|x_0 - x_\star\|_2^2.$$

Here

$$MSE := E \|x_N - x_\star\|_2^2,$$

* Supported by The National Natural Science Foundation (No. 11671393), P.R. China and by the Grant from the Government of the Russian Federation No. 075-15-2019-1928.

with x_N being the N -th iterate generated by the randomized Kaczmarz method, $x_* = A^\dagger b$ being an exact solution of the linear system (1), and $(\cdot)^\dagger$ indicating the Moore-Penrose pseudoinverse of the corresponding matrix, and $\lambda_{\min}(A^*A)$ and $\text{tr}(A^*A)$ represent the smallest nonzero eigenvalue and the trace of the matrix A^*A , respectively. Later in [16], Ma, Needell and Ramdas gave the same upper bound for the convergence rate of the randomized Kaczmarz method, but for the case that $m < n$. However, the bound derived in [20] on the MSE is only a worst-case estimate, though it could be optimal for some special cases under certain conditions.

In fact, from numerical experiments we have found that the actual convergence rate is much faster than the estimated one given in [20]; see [1]. Hence, we could expect a more precise convergence rate for the randomized Kaczmarz method. Recently, when $m \geq n$, i.e., for the tall coefficient matrix A , Agaskar, Wang and Lu [1] presented an exact closed-form formula for the MSE of the randomized Kaczmarz method after N iterations. However, when $m < n$, i.e., for the flat coefficient matrix A , yet there does not exist such a closed-form formula. Also, no precise estimate about the decay rate of the expected solution error was derived in [1] for the randomized Kaczmarz method, though the closed-form formula for the MSE makes this possible.

In this talk, for consistent system of linear equations with the coefficient matrix being flat, we conduct an exact closed-form formula for the mean squared error of the iterate generated by the randomized Kaczmarz method, which completes the existing closed-form formula derived only for the tall coefficient matrix. Based upon these formulas, we further estimate an upper bound for the convergence rate of the randomized Kaczmarz method. Both theoretical analysis and numerical experiments demonstrate that this bound can significantly improve the existing ones.

References

1. Agaskar A., Wang C., Lu Y.-M., Randomized Kaczmarz algorithms: Exact MSE analysis and optimal sampling probabilities, *IEEE Global Conference on Signal and Information Processing (GlobalSIP)*, Atlanta, GA, 2014, pp. 389–393.
2. Bai Z.-Z., Liu X.-G., On the Meany inequality with applications to convergence analysis of several row-action iteration methods, *Numer. Math.*, 124(2013), 215–236.
3. Brezinski C., Projection Methods for Systems of Equations, *Elsevier Science B.V.*, Amsterdam, 1997.
4. Brooks M.A., A Survey of Algebraic Algorithms in Computerized Tomography, MSc Thesis, *University of Ontario Institute of Technology*, Ontario, 2010.

5. Byrne C., A unified treatment of some iterative algorithms in signal processing and image reconstruction, *Inverse Problems*, 20(2004), 103-120.
6. Censor Y., Row-action methods for huge and sparse systems and their applications, *SIAM Rev.*, 23(1981), 444–466.
7. Eggermont P.P.B., Herman G.T., Lent A., Iterative algorithms for large partitioned linear systems, with applications to image reconstruction, *Linear Algebra Appl.*, 40(1981), 37–67.
8. Elble J.M., Sahinidis N.V., Vouzis P., GPU computing with Kaczmarz’s and other iterative algorithms for linear systems, *Parallel Comput.*, 36(2010), 215–231.
9. Feichtinger H.G., Cenkler C., Mayer M., Steier H., Strohmer T., New variants of the POCS method using affine subspaces of finite codimension, with applications to irregular sampling, *Proc. SPIE: Visual Communications and Image Processing*, 1818(1992), 299–310.
10. Herman G.T., Fundamentals of Computerized Tomography: Image Reconstruction from Projections, Second Edition, *Springer*, Dordrecht, 2009.
11. Herman G.T., Davidi R., Image reconstruction from a small number of projections, *Inverse Problems*, 24(2008), 045011, 17 pages.
12. Herman G.T., Meyer L.B., Algebraic reconstruction techniques can be made computationally efficient, *IEEE Trans. Medical Imaging*, 12(1993), 600-609.
13. Kaczmarz S., Angenäherte Auflösung von Systemen linearer Gleichungen, *Bull. Int. Acad. Polon. Sci. Lett. A*, 35(1937), 355–357.
14. Kak A.C., Slaney M., Principles of Computerized Tomographic Imaging, *SIAM*, Philadelphia, PA, 2001.
15. Lorenz D.A., Wenger S., Schöpfer F., Magnor M., A sparse Kaczmarz solver and a linearized Bregman method for online compressed sensing, *IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, Paris, France, 2014.
16. Ma A., Needell D., Ramdas A., Convergence properties of the randomized extended Gauss-Seidel and Kaczmarz methods, *SIAM J. Matrix Anal. Appl.*, 36(2015), 1590-1604.
17. Natterer F., The Mathematics of Computerized Tomography, *SIAM*, Philadelphia, PA, 2001.
18. Pasqualetti F., Carli R., Bullo F., Distributed estimation via iterative projections with application to power network monitoring, *Automatica J. IFAC*, 48(2012), 747–758.
19. Popa C., Zdunek R., Kaczmarz extended algorithm for tomographic image reconstruction from limited data, *Math. Comput. Simulation*, 65(2004), 579–598.
20. Strohmer T., Vershynin R., A randomized Kaczmarz algorithm with exponential convergence, *J. Fourier Anal. Appl.*, 15(2009), 262–278.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО РАДИОТЕХНИКЕ

Бабичев Р.К.

ФГАОУ ВО "Южный федеральный университет",

г. Ростов-на-Дону

E-mail: 405092@mail.ru

В настоящее время при изучении радиотехники широкое применение находят системы компьютерного моделирования и анализа радиотехнических и электронных схем [1–3]. Они позволяют из набора элементов схем, обладающих основными свойствами реальных элементов – источников ЭДС и токов, активных сопротивлений, индуктивностей, емкостей и т.д. – моделировать реальные радиотехнические и электронные схемы и анализировать их характеристики, то есть, по существу, являются виртуальными лабораториями.

Смоделировав на экране монитора из электронных компонентов зарубежных и отечественных производителей требуемую радиотехническую схему можно провести ее анализ, детально изучить необходимые характеристики в установившемся или переходном режиме работы.

Как и реальные лабораторные работы, выполняемые студентами в процессе изучения схемотехники, компьютерные технологии и виртуальные компьютерные работы углубляют знания о современных электронных и радиотехнических схемах.

В настоящем докладе приводятся результаты разработки на кафедре радиофизики физического факультета ЮФУ компьютерного лабораторного практикума по курсам "Радиоэлектронные системы", "Полупроводниковая электроника", "Аналоговая схемотехника", "Цифровая схемотехника" по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика.

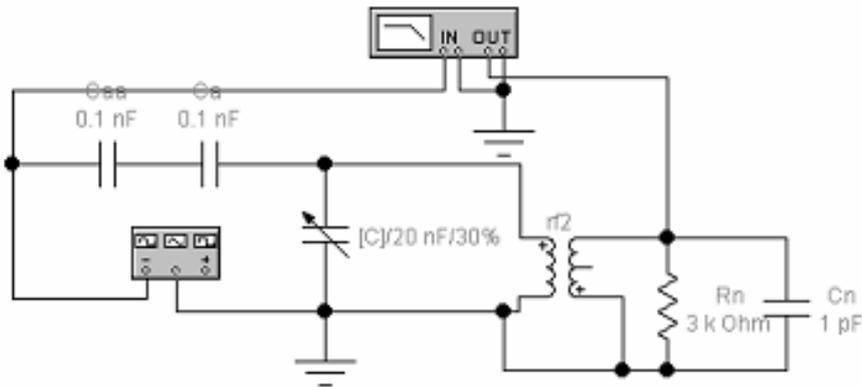
В лабораторной работе №1 "Принципы построения приемно-передающих устройств" проводятся

- исследование модели приемо-передающей системы, в которой использованы следующие подсхемы (субблоки): генератор несущей частоты, амплитудный модулятор, вход антенны и аттенюатор, имитирующий потери в антенне и входном устройстве приемника, приемник;
- исследование схемы генератора несущей;
- исследование схемы модулятора, на выходе которого получаем амплитудно-модулированное колебание;
- исследование схемы приемника, содержащего усилитель амплитудно-модулированных колебаний (усилитель радиочастоты или высокой частоты), детектор и фильтр.

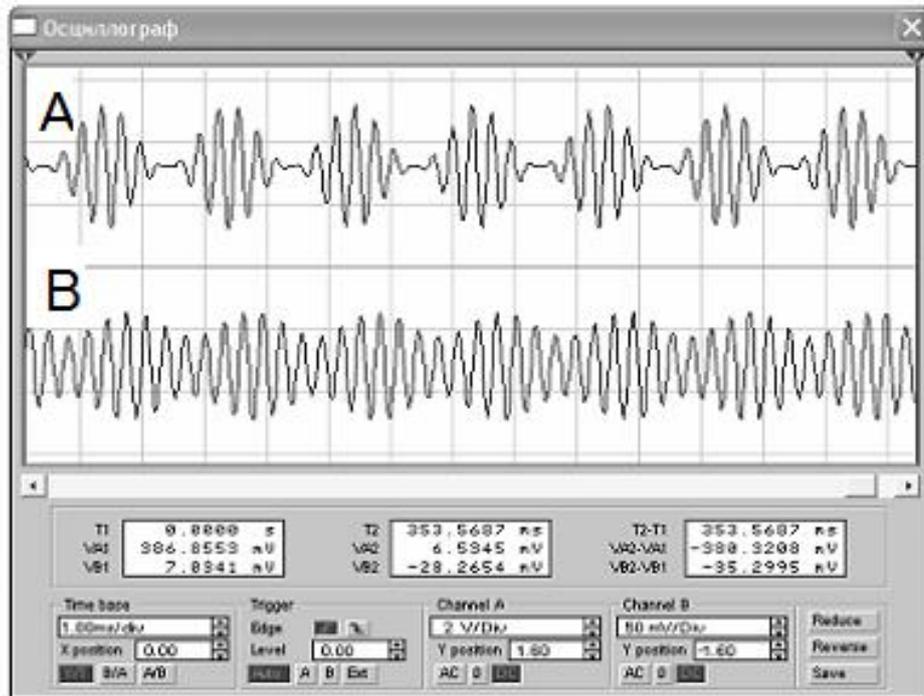
В лабораторной работе №2 "Входные устройства радиоприемника" проводятся

- исследование входного устройства, рассчитанного на применение в первом каскаде приемника резонансного усилителя с достаточно высоким входным сопротивлением;
- исследование входного устройства для приемника с магнитной антенной и возможностью подключения дополнительно внешней антенны;
- исследование наиболее простого и используемого практически на всех диапазонах входного устройства.

На рис. 1 представлены скриншоты одной из схем входного устройства (а) и осциллограммы входного и выходного сигналов (б) этой схемы.



а)



б)

Рис. 1. Схема для моделирования прохождения АМ-сигналов через входное устройство с трансформаторно-емкостной связью (а) и осциллограммы ее входного (А) и выходного (В) сигналов (б).

В лабораторной работе №3 "Связанные контуры" проводятся

- исследование связанных контуров с трансформаторной связью;
- исследование связанных контуров с внутренней и внешней емкостными связями;
- изучение связанных контуров с трансформаторно-емкостной, резистивной и автотрансформаторной связью;
- изучение связанных контуров с внешней емкостной связью.

В лабораторной работе №4 "Преобразователи частоты" проводятся

- изучение процессов в преобразователях частоты, используемых в радиоприемных устройствах для преобразования поступающего из антенны радиочастотного сигнала в сигнал промежуточной частоты;
- исследование схемы преобразователя частоты на перемножителе.

В лабораторной работе №5 "Модуляторы" проводятся

- изучение процессов в схеме формирователя амплитудно-модулированного сигнала;
- исследование схемы фазового модулятора.

В лабораторной работе №6 "Детектор частотно-модулированных сигналов" проводятся

- исследование физических процессов в схеме частотного детектора с одиночным контуром;
- исследование балансного детектора с двумя взаимно расстроенными контурами, детектора со связанными контурами и дробного детектора.

В лабораторной работе №7 "Проводные линии связи" проводятся:

- изучение процессов в фидерных устройствах,
- исследование модели линии связи в виде идеальной двухпроводной линии без потерь,
- исследование модели линии связи в виде двухпроводной линии с потерями.

Выполнение данных компьютерных лабораторных работ способствует изучению студентами основных свойств схем радиопередающих и радиоприемных устройств и их характеристик.

Литература

1. Карлащук В.И.. Электронная лаборатория на IBM PC. М., Изд-во "СОЛОН-Р", 2009. 727 с.
2. Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н, Обухов С.Г., Миронов В.Н., Шитов В.А. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Лаборатория на компьютере. 2-е изд. М.: МЭИ, 2004. ISBN: 5-7046-0983-Х.
3. САПР NI Multisim Circuit Design Suite 13.0.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО РАДИОТЕХНИЧЕСКИМ ЦЕПЯМ И СИГНАЛАМ

Бабичев Р.К.

ФГАОУ ВО "Южный федеральный университет",

г. Ростов-на-Дону

E-mail: 405092@mail.ru

В настоящее время при изучении радиотехники широкое применение находят системы компьютерного моделирования и анализа радиотехнических и электронных схем [1–3]. Они позволяют из набора элементов схем, моделировать реальные радиотехнические и электронные схемы и анализировать их характеристики.

В настоящем докладе приводятся результаты разработки на кафедре радиофизики физического факультета ЮФУ компьютерного лабораторного практикума по курсам "Радиоэлектронные системы", "Полупроводниковая электроника", "Аналоговая схемотехника", "Цифровая схемотехника" по направлению подготовки 03.03.03 Радиофизика.

Лабораторный практикум по радиотехническим цепям и сигналам состоит из трех лабораторных работ. В первой лабораторной работе "Исследование спектров периодических сигналов" исследуются линейчатые спектры следующих периодических сигналов:

- гармонического сигнала;
- гармонического сигнала с постоянным смещением;
- симметричных импульсов прямоугольной формы;
- симметричных прямоугольных импульсов с постоянным смещением;
- несимметричных прямоугольных импульсов;
- симметричных треугольных импульсов;
- симметричных треугольных импульсов с постоянным смещением;
- несимметричных пилообразных импульсов;
- последовательное и параллельное соединение резисторов.

На рис. 1 представлен скриншот первой лабораторной работы.

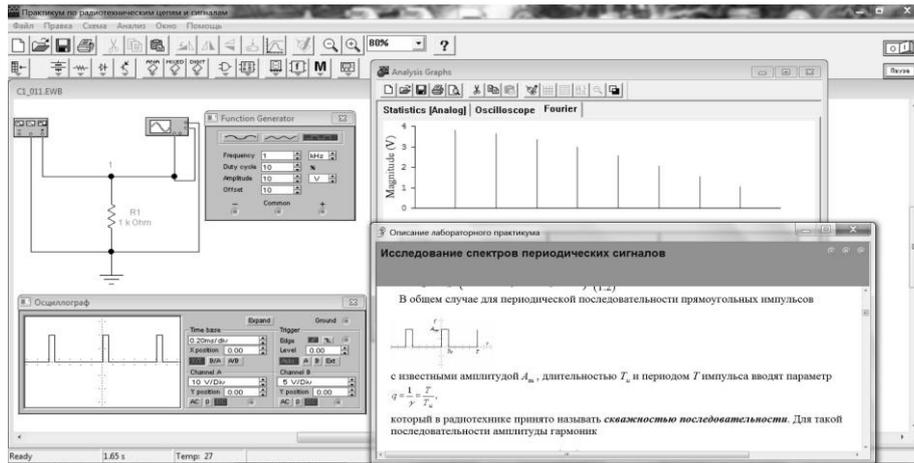


Рис. 1

Во второй лабораторной работе "Исследование преобразования сигналов симметричной прямоугольной и треугольной формы при прохождении через RC-фильтр нижних частот":

- проводится анализ преобразования сигналов симметричной прямоугольной и треугольной формы при прохождении RC-фильтра нижних частот;
- исследуются спектр выходного сигнала, амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики фильтра.

На рис. 2 представлен скриншот второй лабораторной работы.

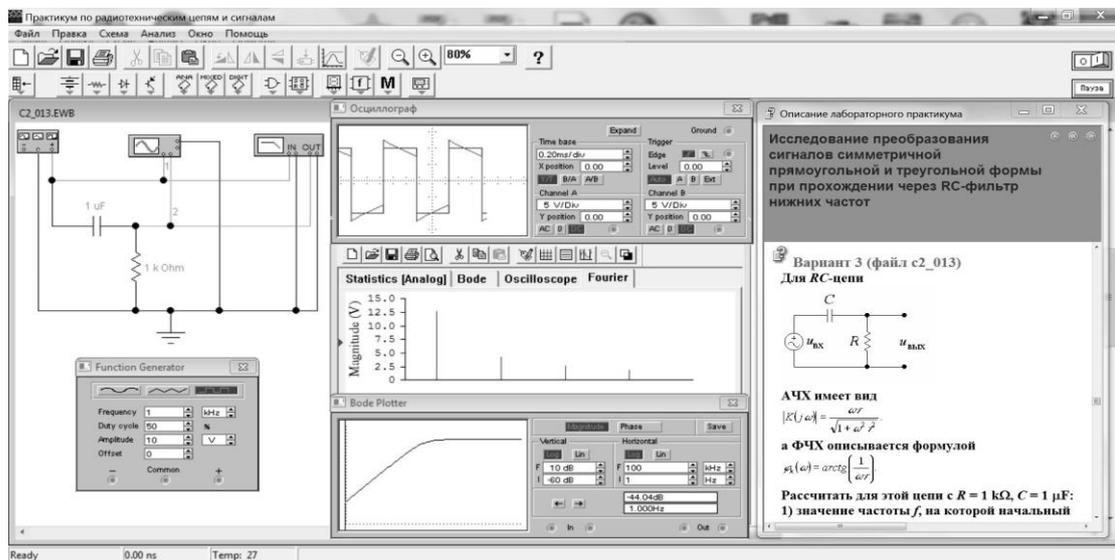


Рис. 2

В третьей лабораторной работе "Исследование амплитудно- и фазочастотных характеристик полосового фильтра, содержащего последовательный или параллельный резонансный контур":

- исследуется спектральный состав сигнала на выходе полосового фильтра, выполненного по схеме последовательного или параллельного резонансного контура;
- проводится анализ амплитудно- и фазочастотных характеристик фильтра при входном воздействии в виде симметричных прямоугольных или треугольных импульсов.

На рис. 3 представлен скриншот третьей лабораторной работы.

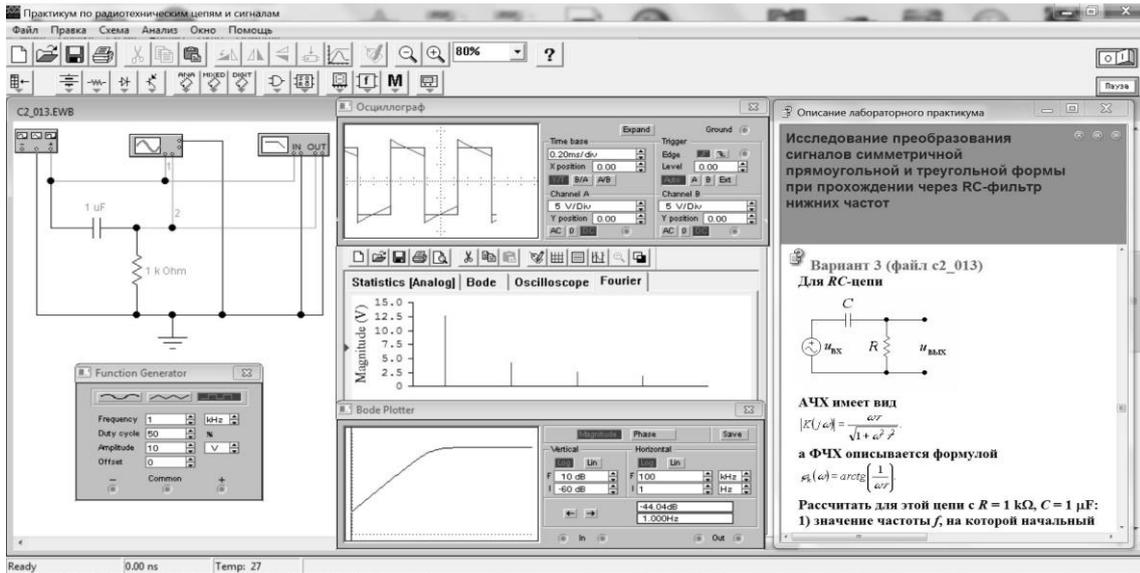


Рис. 3

Выполнение данных компьютерных лабораторных работ способствует изучению студентами основных характеристик радиотехнических цепей и сигналов.

Литература

1. Карлащук В.И.. Электронная лаборатория на IBM PC. М.: Изд-во "СОЛОН-Р", М. 2009. 727 с.
2. Панфилов Д.И., Иванов В.С., Чепурин И.Н., Обухов С.Г., Миронов В.Н., Шитов В.А. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Лаборатория на компьютере: 2-е изд. М., МЭИ. 2004. ISBN: 5-7046-0983-X.
3. САПР NI Multisim Circuit Design Suite 13.0.

ПРОВЕДЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ С ПОМОЩЬЮ ВЕБ-СЕРВИСОВ НЕПРЕРЫВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ

Баглий А.П.

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

E-mail: abagly@sfedu.ru

В настоящем докладе описывается опыт организации лабораторных занятий для учебного курса по программированию с использованием стандартных средств контроля версий, тестирования и непрерывной интеграции с целью автоматизации рутинных процессов и упрощения контроля за работой студентов, проверки заданий и выставления оценок.

При работе с относительно большим количеством записанных на курс студентов возникает ряд рутинных задач.

1. Предоставление заданий студентам, включая заготовки программ, примеры и рекомендации по выполнению заданий.
2. Сбор программ, написанных студентами.
3. Организация стандартного окружения разработки, в котором можно скомпилировать и запустить любые решения студентов.
4. Автоматическая проверка решений и выставление оценок
5. Просмотр предыдущих версий программ, присланных студентами.
6. Поиск случаев заимствования между программами разных студентов.

Для решения всех или части этих задач существуют различные инструменты и веб-сервисы, например, moodle, Programming Taskbook [1], Ejudge и др. Однако, каждый из них обладает как достоинствами, так и недостатками, которые часто затрудняют работу с большим количеством присланных решений, не все имеющиеся инструменты позволяют решить все поставленные задачи.

В современной разработке ПО популярны средства непрерывной интеграции и развертывания, связанные с системами контроля версий. Они позволяют организовать гибкий процесс обработки исходного кода программ для получения различных артефактов. На основе этих сервисов и инструментов возможно организовать централизованное хранение и анализ большого набора программ студентов и предоставить им доступ как к системе контроля версий, так и к результатам проверки заданий, выставленным баллам и т.п.

Этот подход был применен к лабораторным занятиям курса “Разработка компиляторов” студентов отделения ФИиИТ Института математики,

механики и компьютерных наук ЮФУ. Были использованы следующие веб-сервисы:

- github.com для централизованного хранения репозитория с исходным кодом программ студентов;
- classroom.github.com для централизованного автоматического создания репозитория с кодом для каждого студента;
- веб-сервис непрерывной интеграции travis-ci.com для запуска проверки присланных решений и других автоматических действий;
- веб-сервис для поиска заимствований moss.stanford.edu;
- веб-сервис балльно-рейтинговой системы ЮФУ grade.sfedu.ru для автоматического выставления баллов студентам за присланные решения;
- веб-IDE codenvy.com для доступа к среде разработки из браузера.

Работа в построенной из этих составляющих системе максимально проста для студента. Общий алгоритм записи на курс и выполнения заданий выглядит следующим образом:

1. Студент проходит по ссылке-приглашению [github classroom](https://github.com/classroom), где после авторизации или регистрации для него создается личный репозиторий с исходным кодом, содержащий заготовки задания;
2. Студент создает локальную рабочую копию личного репозитория;
3. Студент выполняет задание (частично или полностью), добавляя необходимый исходный код в заготовку задания;
4. Студент отправляет решение на проверку путем команды `git push`;
5. Отправленное решение проверяется с помощью запуска доступных студенту модульных тестов и/или дополнительных тестов, скрытых от него;
6. По результатам тестов студенту выставляется оценка, которую он может увидеть на своей личной странице Сервиса балльно-рейтинговой системы grade.sfedu.ru;
7. Преподаватель проверяет исходный код присланного решения самостоятельно, редактирует выставленную оценку и добавляет любые замечания в комментариях к коммиту репозитория студента.

Для преподавателя использование такой системы значительно упрощает управление большим числом репозитория, контроль работы студентов, ревизию их программ и контроль заимствований.

Для формирования такой системы потребовалось разработать несколько дополнений к имеющимся сервисам и программам:

- набор модульных тестов для заданий, включенный в заготовку;
- набор тестов для заданий, не включенный в заготовку;
- программа для чтения результатов тестов и подсчета полученных баллов;

- метод API Сервиса БРС для выставления автоматического выставления баллов по результатам тестов;
- программа автоматической отправки всех новых решений в сервис MOSS для поиска заимствований;
- скрипты сборки окружения разработки для сборки и запуска программ из студенческих репозиториях, которое может использоваться преподавателем и студентами в системе codenvy.

Использование системы MOSS для поиска заимствований позволяет обработать большое число программ и получить отчет в формате html в виде, показанном на рис. 1.

/cs311/submissions/mmcs-cs311-assignments-dzaruk23/Module1/Lexer.cs (80%)		/cs311/submissions/mmcs-cs311-assignments-SokolovMichail/Module1/Lexer.cs (81%)	
129-437		126-438	
451-689		446-682	
71-121		71-118	


```

this.position += 1;
}
public virtual bool Parse()
{
    return true;
}
}
public class IntLexer : Lexer
{
    protected System.Text.StringBuilder intString;
    public int parseResult = 0;
    public IntLexer(string input)
    : base(input)
    {
        intString = new System.Text.StringBuilder();
    }
    public override bool Parse()
    {
        NextCh();
        if (currentCh == '+' || currentCh == '-')
        {
            intString.Append(currentCh);
            NextCh();
        }
    }
}

```

```

return true;
}
}
public class IntLexer : Lexer
{
    protected System.Text.StringBuilder intString;
    public int parseResult = 0;
    public IntLexer(string input)
    : base(input)
    {
        intString = new System.Text.StringBuilder();
    }
    public override bool Parse()
    {
        NextCh();
        if (currentCh == '+' || currentCh == '-')
        {
            intString.Append(currentCh);
            NextCh();
        }
        if (char.IsDigit(currentCh))
        {
            intString.Append(currentCh);
            NextCh();
        }
    }
}

```

Рис. 1. Пример отчета сервера MOSS при поиске заимствований в программах курса

В рамках нашего подхода на проверку через MOSS отправляются все задания группы студентов после каждого нового решения или через какой-то период времени, а полученные отчеты сохраняются в легкодоступном для преподавателя виде.

Целью внедрения описанной системы было:

- ознакомление студентов с современными средствами разработки и непрерывной интеграции;
- предоставление студентам ясных требований к их решениям за счет модульных тестов к каждому заданию;
- предоставление стандартного окружения разработки “под ключ” для решения заданий;

- упрощение и ускорения выставления баллов по присланным решениям.

В целом удалось решить ряд задач. Описанный подход может быть особенно ценным для удаленных курсов по программированию с большим числом участников. Преподавателю при этом предоставляются удобные инструменты проверки работ, включая ревизии исходного кода, проверку на заимствования. Двухуровневая проверка заданий с помощью тестов позволяет отсеять большую часть типичных ошибок, и преподаватель получает возможность эффективнее проводить оценку работ.

Литература

1. Электронный задачник “Programming Taskbook” <http://ptaskbook.com> (дата доступа 1 марта 2020 г.).
2. Домашняя страница github, <http://github.com> (дата доступа 1 марта 2020 г.).
3. Домашняя страница github classroom, <http://classroom.github.com> (дата доступа 1 марта 2020 г.).
4. Домашняя страница travis-ci, <http://travis-ci.com> (дата доступа 1 марта 2020 г.).
5. Домашняя страница travis-ci.org, <http://travis-ci.org> (дата доступа 1 марта 2020 г.).
6. Домашняя страница Stanford Measure of Software Similarity (MOSS), <http://theory.stanford.edu/aiken/moss/> (дата доступа 1 марта 2020 г.).
7. Домашняя страница Сервиса БРС ЮФУ, <http://grade.sfedu.ru> (дата доступа 1 марта 2020 г.).

ПРИМЕНЕНИЕ JUPYTERLAB И CLING ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТЕТРАДЕЙ В ОПТИМИЗИРУЮЩЕЙ РАСПАРАЛЛЕЛИВАЮЩЕЙ СИСТЕМЕ

Баглий А.П.

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

Набор компонент для разработки оптимизирующего компилятора, который представляет собой Оптимизирующая распараллеливающая система [1], позволяет выполнять преобразования программ, строить различные графовые представления зависимостей и операторов программы, транслировать последовательные программы с языков С и Фортран в параллельные. Однако использование компонент системы напрямую затруднено, а создание удобного графического или командного интерфейса для их вызова, настройки и применения - это трудоемкая и сложная задача.

Для того, чтобы любой не знакомый с ОРС программист мог быстро получить доступ к примерам использования ее компонент, разработана комбинация средств написания и запуска программ на С++ в виде интерактивных тетрадей на основе популярного веб-сервиса JupyterLab [2], системы Cling [3] и набора дополнительных модулей ОРС для обработки и представления данных. На данный момент тестовая версия разрабатываемой системы доступна по веб-адресу opsgroup.ru [4].

Целью работы было предоставить программисту набор примеров использования компонент ОРС в виде тетрадей jupyter notebook, которые он смог бы запускать из веб-браузера. Поскольку для разработки ОРС применяется исключительно язык С++, для выполнения ячеек тетрадей используется ядро Cling, позволяющее выполнять операторы программы на С++ в режиме интерпретации. На рис. 1 показан пример такой тетради при выполнении преобразования программы.

Для предоставления коллективного доступа к этой версии JupyterLab используется многопользовательский сервер JupyterHub, который создает для каждого пользователя виртуальное рабочее окружение в контейнере. Пользователь получает возможность работать над копиями готовых примеров тетрадей или создавать свои программы в личной папке. Дополнительно возможно использование расширений JupyterLab для работы с репозиториями git при предоставлении доступа к репозиторию ОРС. Поскольку виртуальное рабочее окружение, создаваемое для каждого пользователя, включает все необходимые инструменты разработчика, оно может использоваться для разработки и самой ОРС.

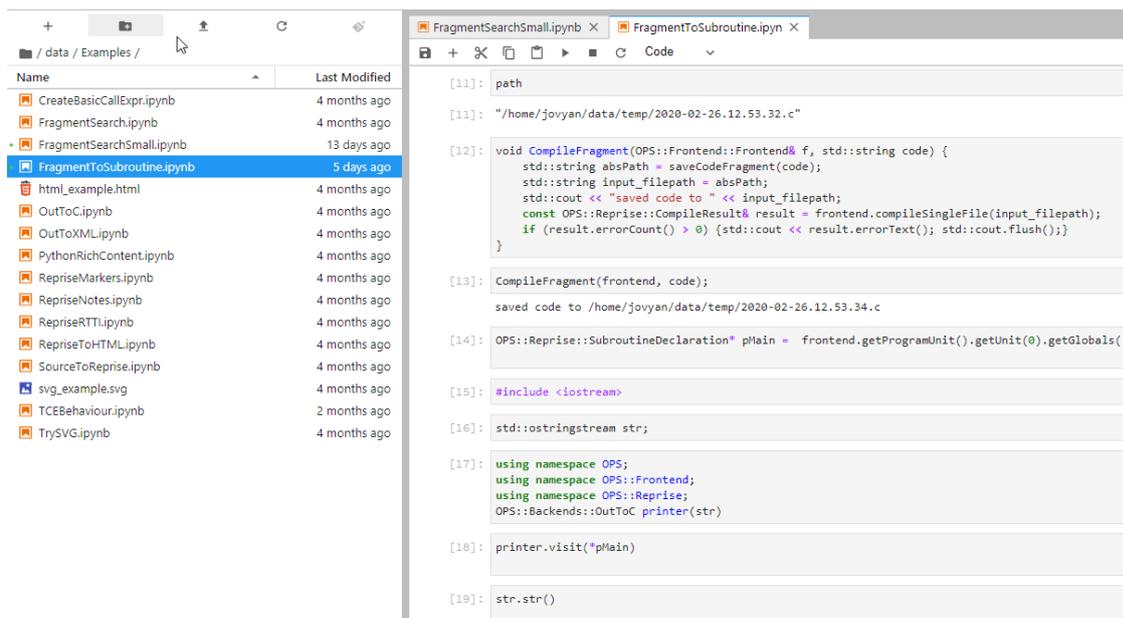


Рис. 1. Пример интерактивной тетради с использованием модулей OPC

Поскольку предназначение описываемой системы – это замена ранних версий веб-интерфейсов OPC и ее демоверсии с графическим интерфейсом пользователя, то от нее требуется наличие:

- средств визуализации графовых представлений программ, которые умеет строить OPC;
- удобного интерфейса запуска всех доступных преобразований программ;
- возможности запуска других разработанных на основе OPC инструментов, например, компилятора для ПЛИС или распараллеливателя для CUDA.

Для добавления этих возможностей предлагается использовать следующие опции JupyterLab:

- визуализацию графов и фрагментов программ в виде html, svg и других медиа форматов, которые можно встраивать непосредственно в ячейки тетрадей;
- для отдельных инструментов OPC предполагается создание плагинов JupyterLab, которые позволяли бы дополнить выполнение ячеек тетрадей.

На текущий момент для визуализации фрагментов исходных и результирующих программ используется их вывод в html с возможностью синтаксической разметки и пометок операторов программы через внутреннее представление. OPC уже включает набор функций визуализации графов и программ, а простота использования форматов html и svg позволяют быстро перенести или переиспользовать эти функции в новой среде.

Примененный подход демонстрирует возможность использования языка C++ в том же интерактивном формате, в котором принято применять языки Python, Julia, R и т.п. в областях научных исследований, не связанных непосредственно с компьютерными науками. При этом конечному пользователю становится проще ознакомиться с возможностями системы за счет подготовленных примеров, пошагового выполнения и немедленной визуализации результатов. Такой подход возможно применить в других сложных системах, использующих компилируемые языки, для упрощения их применения в работе и обучении.

Литература

1. Оптимизирующая распараллеливающая система ops.rsu.ru (дата доступа 2 марта 2020 г.).
2. Система JupyterLab jupyter.org (дата доступа 2 марта 2020 г.).
3. github.com/root-project/cling (дата доступа 2 марта 2020 г.).
4. Сервис jupyterhub OPS opsgroup.ru (дата доступа 2 марта 2020 г.).

ОЦЕНКА СУЩЕСТВУЩИХ АЛГОРИТМОВ СЕГМЕНТАЦИИ РУКИ

Бакуменко О.В., Лошкарев И.В., Бойко В.В.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И.И. Воровича
E-mail: bakumenkoleg@gmail.com

Операционная система Android занимает лидирующие позиции среди мобильных операционных систем. Ее основным преимуществом перед другими является открытый исходный код платформы. Благодаря открытости платформы, большинство производителей используют ее на своих устройствах. Платформа позволяет использовать модели машинного обучения для разрабатываемых приложений.

Тема научной работы – “Система отслеживания рук и распознавания жестов на мобильном устройстве”. Для ее реализации мобильное устройство должно уметь, в первую очередь, хорошо находить руки.

Нахождение руки довольно известная задача, которая решается с помощью машинного обучения. Задача имеет как множество баз данных для машинного обучения, так и множество уже обученных моделей. Были рассмотрены несколько из них.

Компания Google разработала собственный фреймворк с открытым исходным кодом, который называется MediaPipe. Он помогает разработчикам создавать мультимодальные конвейеры машинного обучения, не углубляясь в написание их алгоритмов и моделей. Этот фреймворк имеет уже хорошую обученную модель, которая находит руки на изображении.

Также была найдена статья, о SSD-модели нахождения руки. Модель была обучена на наборе данных EgoHands, особенностью которого является большое количество изображений. Автор также рассказал, как запускать его модель.

Было произведено сравнение этих двух моделей. Для этого были построены mAP метрики для каждой модели, которые показывают точность нахождения рук. На основании этих метрик была выбрана наиболее точная модель для дальнейшей работы.

Результаты будут полезны всем, у кого нахождение рук лежит в основе задач, они позволяют сократить время поисков хорошей готовой модели.

Литература

1. Victor, Dibia - Real-time Hand Tracking Using SSD on Tensorflow. GitHub, 2017.
2. MediaPipe. URL: <https://mediapipe.readthedocs.io/en/latest/>.
3. EgoHands dataset. URL: <http://vision.soic.indiana.edu/projects/egohands/>.

ОТ БОЛЬШИХ ДАННЫХ К УМНЫМ ДАННЫМ

Балякин А.А., Нурбина М.В., Тараненко С.Б.

НИЦ «Курчатовский институт», МГЮА,

г. Москва

E-mail: Balyakin_AA@nrcki.ru

Цифровизация общества рассматривается как один из инструментов экономического развития Российской Федерации, и технологии больших данных обозначены в числе «прорывных для мировой индустрии, в которых в перспективе 10–15 лет с высокой вероятностью может быть обеспечена глобальная технологическая конкурентоспособность России» [1]. Внедрение цифровых технологий – непереносимое условие коммерческого успеха: так, пятерка крупнейших по капитализации компаний в 2019 году (Microsoft, Amazon, Apple, Alphabet и Facebook) – исключительно цифровая. Они могут позволить себе концентрировать доступ к информации о разнородных группах пользователей и, в итоге, становятся новыми монополистами по регулированию доступа к информации, что приводит к искажению функционирования рынка.

В целом прогресс в сфере цифровых технологий крайне неоднородно проявляет себя в повседневной жизни, а динамика распространения информационных компьютерных технологий по регионам мира не соответствует оптимистичным ожиданиям [2], что в итоге приводит к возникновению новых социально-экономических и политических вызовов, включая возникновение информационного (цифрового) пространственного неравенства, которое в ближайшей перспективе неустранимо [3].

Несмотря на то, что сейчас термин «большие данные» чаще связывают с социальными сетями, финансовой индустрией и ритейлом, изначально большие данные генерировались в рамках широкомасштабных научных проектов (физика высоких энергий – Большой адронный коллайдер, астрофизика), и именно там формировались правила обращения с большими данными. Этот процесс до сих пор не завершен и в настоящее время, например, в Европейском Союзе внедряется принцип FAIR, призванный создать услугу управления большими данными за счет появления множества совместимых сервисов по поиску, хранению и обработке данных различных тематических областей в рамках единой экосистемы научных данных [4, 5]. В России аналогичные разработки отсутствуют, и в настоящее время речь идет лишь об адаптации зарубежного (в первую очередь – европейского) опыта в российские реалии (например, в проект CREMLIN+, научную сеть Союзного Государства или научную грид-систему стран БРИКС).

Технологии больших данных к настоящему времени уже прошли путь от инструмента решения узкого круга прикладных задач к практически самостоятельному направлению, которое для большинства людей жестко ассоциируется с искусственным интеллектом и системами принятия решений. Такой подход представляется чрезмерным: скорее, под технологией больших данных следует понимать некий процесс, включающий в себя большое количество технологий, не обладающих признаками инновационности сами по себе [6].

В процессе внедрения цифровых технологий возникает целый ряд проблем, которые требуют осторожной оценки и адекватного решения. Помимо чисто технических сложностей (создание дата-центров, алгоритмов и методов работы с данными, организация хранения и передачи информации) возникает ряд сопутствующих сложностей, лежащих в иных плоскостях. В частности, встает вопрос регулирования оборота больших данных. При этом, на сегодня во всех странах преобладает реактивный подход, ориентированный на решение сиюминутных задач: создаются ограничения и запреты, которые по факту очень легко обойти – речь идет не о лакунах, а о прорехах. Как правило, такие действия оправдываются интересами защиты персональных данных (например, Европейский GDPR [7]) или строятся в логике защиты интересов национальной безопасности [8]. Отметим, что такой подход (в виде существующих или планируемых законодательных ограничений) вступает в противоречие с существующей технологией (нацеленной на полномасштабное использование всей доступной информации) и бизнес-практиками, поскольку оно нивелирует те преимущества, которые предоставляют технологии «Больших данных» [9]. Скорее всего, в ближайшем времени мы будем наблюдать либо процесс перетекания больших данных и метаданных в места с максимально дружественными протоколами управления, либо лавинообразный рост возможностей алгоритмов обратного действия (например, деанонимизации).

Одновременно, рост вычислительных мощностей, прогресс в аналитических средствах приводит к исчезновению смысла в таком понятии, как «защита данных». Выходом из создавшегося положения видится, с одной стороны, отнесение «данных» вообще к числу «естественных» (природные данные, никому не принадлежащие), как это предложено в отчете McKinsey [10]. С другой стороны, функции управления, особенно со стороны государств, переносятся на физические сущности: ввиду невозможности контролировать алгоритмы и/или полученные результаты, власти всех стран пытаются взять под контроль дата-центры, разместив их на своей территории [8]. В противовес этим ограничениям происходит формирование наднациональной среды обращения технологий больших данных, одним из примеров чего может служить AIPO (OECD AI Policy Observatory) – комплексная аналитическая платформа по обзору политиче-

ских мер и различных национальных инициатив в области искусственного интеллекта.

Следующим шагом в процессе развития технологии больших данных стало возникновение феномена умных данных (smart content). Этот подход впервые был сформулирован в бизнес-среде во многом как ответ на научные большие данные, которым присуще свойство «полезности»: формирование научных данных происходит по заданным алгоритмам, подкрепленным моделями, тогда как большие данные «вообще» не структурированы и крайне разнородны. Подход по развитию умных данных часто сравнивают с работой умной сети (smart grid), когда за счет объединения разнородных данных осуществляется качественный переход от «данных» к «знанию».

На настоящий момент не сформированы четкие правила перехода от больших данных к умным, и этот процесс сильно разнится в зависимости от заинтересованных акторов. Можно, тем не менее, выделить ряд характерных особенностей данного явления и обозначить существующие тренды в отношении обработки больших разнородных объемов информации.

Во-первых, ставится задача уйти от простого поиска корреляций, что свойственно большинству методов работы с большими данными. Полученные результаты должны относиться к категории «знание» (как результат интерпретации данных), а не к категории «новые данные».

Во-вторых, данные мыслятся как «активный участник» процесса обработки и принятия решений. Высказана идея объединить «данные» и «код». В частности, в соответствии с принципом FAIR [3], алгоритмы включены в «круг» заинтересованных сторон и участвуют в принятии решений (как самостоятельный объект, чей «голос» - полученное решение – засчитывается с некоторым весовым коэффициентом).

В-третьих, учитывается социальная составляющая технологий больших данных: решения, основанные на цифровых технологиях – социально не нейтральны, и должны быть заранее «откорректированы» в нужную для общества сторону. Соответственно, снимается противоречие личные данные – открытые данные.

Отметим, что в Российской Федерации проблема заключается в том, что в целях «эффективности» и «конкурентоспособности» российской экономики вопросы цифровизации были переданы интересантам соответствующих процессов [11]. В противоречие с этим подходом вступают интересы государства и общества и какому направлению будет отдано предпочтение: консюмеризму, антропоцентризму или этатизму – до сих пор не ясно.

В-четвертых, с «технической» стороны умные данные будут характеризоваться меньшим, чем в настоящее время, количеством переменных наряду с возможностью свертки и восстановления данных: произойдет уменьшение количества данных без потери качества.

На наш взгляд, умные данные – это данные предметной области, основанные на больших данных, на которых, несмотря на их необозримость, построена за счет имманентных интеллектуальных процедур адекватная интерпретация.

С точки зрения пользователя, умные данные – это в некотором роде посредник между цифровыми технологиями и гражданским обществом. Задача текущего момента, стоящая перед экспертным сообществом, - сделать этого посредника доброжелательным к социуму.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-29-16130.

Литература

1. Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы».
2. Insight Report. The Global Information. Technology Report 2016. Innovating in the Digital Economy. http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/WEF_GITR_Full_Report.pdf.
3. Зобова Л.Л., Щербакова Л.Н., Евдокимова Е.К. Цифровая пространственная конкуренция в глобальном информационном пространстве // *Фундаментальные исследования*. 2018. № 5. С. 64–68.
4. The FAIR data principles [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.force11.org/group/fairgroup/fairprinciples>, свободный, дата обращения 29.07.2020.
5. FAIR Principles [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.go-fair.org/fair-principles/>, свободный, дата обращения 29.07.2020.
6. Hype Cycle for Emerging Technologies, 2015. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gartner.com/doc/3100227/hype-cycle-emerging-technologies-> свободный, дата обращения 29.07.2020.
7. The EU General Data Protection Regulation (GDPR), [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gdpr-info.eu>, свободный, дата обращения 29.07.2020.
8. Иванов К.В., Балякин А.А., Малышев А.С. Технологии больших данных как инструмент обеспечения национальной безопасности // *Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки*. 2020. Т. 13, № 1. С. 7–19. DOI: 10.18721/JE.13101.
9. Савельев А.И. Проблемы применения законодательства о персональных данных в эпоху "больших данных" (big data). *Право. Журнал Высшей школы экономики*. 2015. № 1. С. 43-66.
10. Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity / McKinsey Global Institute. 2011, май. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our->

insights/big-data-the-next-frontier-for-innovation свободный, дата обращения 29.07.2020.

11. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf> свободный, дата обращения 29.07.2020.

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОДДЕРЖКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Балякин А.А., Нурахов Н.Н., Нурбина М.В.

НИЦ «Курчатовский институт», МГЮА,

г. Москва

E-mail: Balyakin_AA@nrcki.ru

Уникальные научные установки (установки класса мегасайенс) являются единственно возможным современным инструментом научных исследований, способным решать актуальные задачи и отвечать на глобальные вызовы современности, обеспечивая возможность проведения междисциплинарных исследований и проектов в различных отраслях знаний [1, 2]. Проекты такого типа определяют как «наднациональную» организацию с «независимыми представительствами» [3] или как организационно-управленческую инновацию [4], финансирование создания и эксплуатации которой выходит за рамки возможностей отдельных государств [5].

Проведение работ на таких установках имеет целый ряд особенностей как технического, так и организационного плана. Одним из вопросов, получивших дополнительную актуальность в 2020 году ввиду пандемии коронавируса, стала организация работ на установках класса мегасайенс в режиме удаленного доступа и разработка соответствующих изменений в существующие бизнес-процессы. Возможность удаленной научной работы на установках такого класса существует с момента появления технической возможности реализации такого доступа, и представляла до недавнего времени специфический узкоспециальный продукт. В 2020 году к вопросам эффективности деятельности (снижение издержек и расширение доступа к оборудованию) добавился еще и социальный аспект – как один из путей обеспечения безопасности здоровья населения всего земного шара.

Весь жизненный цикл установок мегасайенс можно разделить на две сопутствующие задачи. Первое, «инженерная» задача – это решение инженерных (прикладных) проблем, возникающих при создании, функционировании и модернизации установки (собственно комплекс научного оборудования). Вторая, «научная» задача – это решение научно-практических вызовов, постановка эксперимента и анализ полученных данных. В рамках работ по первому направлению происходит физическое осуществление эксперимента и его сопровождение (монтаж, настройка, ремонт и ввод оборудования в эксплуатацию, поддержание деятельности). Деятельность по второму направлению – сбор и обработка полученных результатов.

Не затрагивая «техническую» сторону организации работ на установках класса мегасайенс, увеличение роли удаленной работы требует внесе-

ния ряда изменений в некоторые бизнес-процессы с целью учета специфики удаленного доступа в правоустанавливающих документах.

Во-первых, необходимо снизить к минимуму необходимость физического присутствия заказчика на объекте, где размещается уникальная научная установка.

Во-вторых, необходимо развивать соответствующую цифровую инфраструктуру: требуется как создание новых элементов цифровой инфраструктуры (дата центров, алгоритмов обработки, и пр.), так и интеграцию установок мегасайенс в существующие объекты e-Infrastructure.

В-третьих, необходимо правовое и методологическое обеспечение работы мегаустановок в удаленном доступе.

В-четвертых, необходимо обеспечение инженерными кадрами для решения сопутствующих задач поддержания и обеспечения режима удаленного доступа.

Одним из вариантов решения этой проблемы выступает использование цифровых двойников уже существующих проектов. В настоящее время данные, полученные путем компьютерной генерации событий, используются совместно с физическими установками на ряде установок класса мегасайенс. На них решаются локальные задачи конкретных экспериментов. Например, ATLAS (CERN) использует данные, полученные путём компьютерной генерации событий (Monte-Carlo [6]).

Очевидно, что создание полного цифрового двойника какого-либо проекта класса мегасайенс само по себе будет являться проектом класса мегасайенс и потребует вливания сравнимых объемов средств и результатов интеллектуальной деятельности (с целью подчеркнуть связь с проектами класса мегасайенс предлагается термин MegaTwins). Допускается, что для создания и поддержки работы цифровых двойников возможно привлечение бизнеса (что позволит также снизить сопутствующие издержки). Создание цифрового двойника также позволит решить задачу обеспечения удаленного формата работы для большого числа специалистов научной и образовательной сферы. Такая демократизация технологии обеспечит легкий доступ (в том числе и неспециалистов) к знаниям в области техники и бизнеса без продолжительного или дорогостоящего обучения. Эта политика, получившая название «доступ для рядовых граждан» (citizen access) находит свое применение в разработке приложений, в системах данных и аналитики, при решении задач проектирования и знания [7].

Для обеспечения непрерывности образовательной траектории для учащихся средних и высших заведений предлагается использовать уже существующие игровые оболочки с созданием к ним дополнений с возможностью моделирования изучаемых процессов. Для формирования

представления о мире «мегасайенс» возможно, по мнению экспертов, использовать, например, игровую оболочку Minecraft.

Описываемые тенденции укладываются в общий тренд развития систем научного поиска, и пандемия коронавируса выступила лишь катализатором уже имевшихся трендов. Так, с 2010-ых годов идет формирование системы eScience и реализуется новый способ организации современных научных исследований – e-Infrastructure [8]. При этом цифровая инфраструктура, являющаяся составной частью e-Infrastructure, не дублирует и не подменяет «физическую». Описываемая в настоящей работе идея «цифровых двойников» также не предполагает полную замену «настоящих» установок, а выступает как инструмент поддержки научных исследований.

В Российской Федерации уже ведутся работы по интеграции уникальных научных установок в цифровое будущее. В настоящее время обсуждается перспектива создания единой научно-исследовательской инфраструктуры Союзного государства, в первую очередь, класса «мегасайенс» (на базе МЦНИ ПИК) с целью консолидации ресурсов и расширения возможностей для проведения научных исследований.

Таким образом, проведенный нами анализ показывает, что обязательным элементом любой мегаустановки станет ее включенность в цифровую инфраструктуру (если ранее как дополнение к реальной, то теперь – как ее неотъемлемая часть). Предпочтение удаленного формата взаимодействия и одновременно требование бесперебойной работы установок приведет к стандартизации деятельности цифровой геосферы и, как следствие, производимых ею продуктов. С точки зрения научного поиска, установки мегасайенс, переводимые в формат удаленного доступа, потеряют свою уникальность, и станут «общим местом». В то же время высокая степень взаимосвязанности и включенности приведет к формированию новой надинфраструктуры. Формат и принципы деятельности новой научной цифровой инфраструктуры пока не ясны, но существует консенсус, что научно-технический прогресс невозможен без учета взаимодействия человека, общества, науки и технологий. Как один из вариантов может рассматриваться подход в духе конвергентных технологий (НБИКС технологий).

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-29-15015.

Литература

1. Nurakhov N. The Basic Processes of Creating a “Megascience” Project, International Conference on Integrated Science, ICIS 2019: Integrated Science in Digital Age, P. 329–339.

2. Hallonsten O. History and Politics. In: Big Science Transformed. Palgrave Macmillan, Cham, 16 October 2016, p. 43–98, Online ISBN 978-3-319-32738-9.
3. Crease Robert P., Martin Joseph D., Pesic Peter. Megascience // Physics in Perspective. 2016. Vol. 18. P.355–356.
4. Карлик А.Е., Платонов В.В. Концептуальные основы исследования меганауки как организационно-управленческой инновации // Инновации. 2017. № 10 (228). С. 11–16.
5. Fotakis C. FP7 Interim Evaluation: Analyses of FP7 supported Research Infrastructures initiatives in the context of the European Research Area, 2010.
6. C Ay et al. Monte Carlo generators in ATLAS software, Journal of Physics: Conference Series, Vol. 219. 2010. CHEP09, Prague, Czech Republic. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/219/3/032001>.
7. Gartner: 10 стратегических тенденций развития технологий в 2020. <https://www.itweek.ru/digitalization/article/detail.php?ID=210983>.
8. Жулего В.Г., Балякин А.А., Нурбина М.В., Тараненко С.Б. Цифровизация общества: новые вызовы в социальной сфере // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 9–2. С. 36–43; URL: <https://vaael.ru/ru/article/view?id=718> (дата обращения: 07.10.2019).

UX ДИЗАЙН В СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Бетеев К.Ю., Муратова Г.В.

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

E-mail: kazbekbet@gmail.com, muratova@sfedu.ru

В последние годы наблюдается значительное увеличение количества сервисов и продуктов, представленных в сети Интернет. Во многих сервисах для улучшения показателей коммерческой эффективности используется различное программное обеспечение. Основным показателем, определяющим успех сервиса или продукта, является коэффициент конверсии. Коэффициент конверсии рассчитывается как соотношение количества результатов с положительным значением (например, успешная продажа товара) относительно всех результатов за рассматриваемый период. Одним из инструментов, положительно влияющих на коэффициент конверсии, является ориентированный на опыт пользователя дизайн информационных систем (UX дизайн).

UX дизайн как подход к проектированию

Аббревиатура «UX» расшифровывается как «user experience» (пользовательский опыт), то есть UX дизайн представляет собой подход, в котором весь процесс проектирования интерфейсов информационных систем построен на изучении опыта взаимодействия пользователя с программным обеспечением.

Термин “пользовательский опыт” был введен в 1995 году профессором информатики Северо-Западного университета Чикаго Дональдом Норманом, американским ученым в области когнитивистики, дизайна и пользовательской инженерии. Данный подход для проектирования информационных систем был подробно представлен Дональдом Норманом в работах *The Design of Everyday Things* («Дизайн привычных вещей») [1], *Emotional Design* («Эмоциональный дизайн») [2] и *Living with Complexity* («Жизнь в сложном мире») [3]. Одной из первых коммерческих организаций, активно применяющей UX дизайн, стала компания Apple. Дональд Норман начал работать в Apple в 1993 году на должности архитектора информационных систем, где позднее был повышен до должности вице-президента.

Разработка интерфейсов информационных систем с помощью применения UX дизайна включает в себя несколько этапов.

1. Сбор предварительных данных.
 - a. Определение целевой аудитории проекта.
 - b. Выделение ценностей проекта.
 - c. Определение показателей, по которым можно будет сделать вывод об успехе выбранной модели.
2. Изучение целевой аудитории и ее потребностей.
 - a. Проведение опросов целевой аудитории.
 - b. Составление портрета пользователя.
 - c. Проведение “проблемного интервью”, в ходе которого исследуются основные проблемы и потребности среднестатистического пользователя.

Составление основных гипотез, на основе которых можно решить проблемы пользователей. На данном этапе используется множество методов коллективной работы специалистов: от CJM (Customer Journey Map - “карта путешествия клиента”) до мозгового штурма.

Разработка первых шаблонов прототипов по исследованным ранее гипотезам. На данном этапе в работу полностью вовлекаются проектировщики пользовательского интерфейса. Среди основных инструментов активно используются графические редакторы с возможностью построения активных прототипов. Например, Adobe XD, Figma, Sketch, Invision и другие.

Тестирование разработанных прототипов с помощью следующих инструментов:

- a. Eye-tracking (отслеживание глаз пользователя с помощью специального оборудования);
- b. Usability testing (постановка задачи пользователям и отслеживание эффективности программного обеспечения для ее решения);
- c. Исследование записей использования прототипов.

Построение статистических моделей для определения выводов об успешности разработанных прототипов.

Окончательная разработка интерфейса программного обеспечения и его повторное тестирование.

Подведение итогов проделанной работы и составление вывода об успешности разработанного интерфейса на основе ключевых показателей.

Следует отметить, что приведенные выше этапы создания эффективного пользовательского интерфейса не являются исчерпывающими и постоянно модернизируются исследовательскими группами и коммерческими компаниями.

Текущий статус

На данный момент наблюдается увеличение интереса в изучении и применении принципов эффективного UX дизайна в коммерческих компа-

ниях. Например, в данной сфере имеется уже достаточно большое количество исследований в компаниях Google и Apple.

Впервые Google представили свою новую разработку в области пользовательского интерфейса Google Material Design на конференции Google I/O 25 июня 2014 года [4]. Концепция Material Design полностью переосмысливала используемые на тот момент правила оформления интерфейсов для операционных систем Android и веб-приложений. Можно сказать, что Google удалось разработать действительно действенную и пошаговую дизайн-систему, позволяющую дизайнерам быстро и эффективно разработать интерфейс приложения. Для оценки масштабов использования концепции Material Design проведено исследование 2019 года, результаты которого показали, что 27,59% опрошенных дизайнеров интерфейсов придерживаются правил концепции Material Design [5]. Однако исследование также показало и другую интересную закономерность: чем больше компания, в которой работают респонденты, тем больше доля использования собственных уникальных дизайн-систем.

Исследователи UX дизайна компании Google регулярно публикуют свои работы, где подробно обосновывается применение того или иного подхода при разработке интерфейсов приложений. Так, например, в статье “The Evolution of Material Design’s Text Fields” описывается проведенное исследование нового дизайна текстовых форм в 2017 году [6]. Задачей группы исследователей было разработать новые текстовые формы ввода, которые бы согласовывались с имеющимися требованиями по эргономике и специальной доступности (для людей с ограниченными возможностями). В ходе проведения исследования было опрошено более 600 участников, которые выполняли заранее составленный кейс тестирования интерфейса текстовых форм ввода. Опрос был разделен на 2 логических модуля, содержащих специальные задания для участников. В конечном результате был выявлен наиболее эффективный интерфейс текстовой формы ввода, который и был позднее успешно использован в продуктах компании Google. На текущий момент, данный компонент свободно распространяется и рекомендован для сторонних дизайнеров.

Исследователи компании Apple также заинтересованы в развитии собственной дизайн системы как для операционных систем семейства Apple OS, так и для собственных веб-приложений. С момента перехода на плоский дизайн (ранее Apple использовали принципы скевоморфизма для собственных продуктов) опубликованы обновленные правила для построения интерфейсов приложений – Apple Human Interface Guidelines [7]. На данный момент правила доступны для следующих платформ: персональные компьютеры под управлением macOS, мобильные платформы iOS, умные часы watchOS, ТВ-платформы tvOS. Дизайн всех приложений компании Apple разработан в соответствии с Apple Human Interface Guidelines. Более

того, модераторский состав магазина приложений Apple App Store настоятельно рекомендует использовать вышеупомянутые правила.

Перспективные направления

Повсеместное использование мобильных устройств заложило определенный тренд на развитие технологий мобильных платформ и дизайна интерфейсов, в частности. До появления смартфонов важность UX дизайна была недостаточно оценена. Данный факт можно объяснить низкими на тот момент аппаратными возможностями устройств, а также гораздо меньшим спросом на популярное и общедоступное программное обеспечение.

Развитие мобильных платформ стремительно развивается. Появляется все больше сервисов и продуктов, представленных в виде мобильных приложений, а текущие аппаратные характеристики смартфонов имеют достаточный запас возможностей для работы большинства общедоступного программного обеспечения.

В то же время, на рынке информационных технологий появляются продукты с возможностями VR (virtual reality - виртуальная реальность) и AR (augmented reality - дополненная реальность), которые в значительной мере изменяют представление среднестатистического пользователя об информационных сервисах. Следует отметить, что развитие UX дизайна данных продуктов неотъемлемо связано с общей эффективностью платформы, так как постепенно начинает размываться грань между обычной жизнью пользователя и с использованием дополнительных гаджетов. Следовательно, вектор развития технологий дизайна интерфейсов приводит к постепенному наращиванию новых платформ и среды использования, а значит и сфера исследований в области UX также в перспективе будет набирать свои обороты.

Литература

1. Norman D. The Design of Everyday Things – New York. Basic Books, 1988, 255 p.
2. Norman D. Emotional Design. New York: Basic Books, 2003, 324 p.
3. Norman D. Emotional Design. Cambridge: MIT Press, 2010, 289 p.
4. <https://material.io/>.
5. <https://medium.com/google-design/state-of-design-systems-2019-ff5f26ada71>.
6. <https://medium.com/google-design/the-evolution-of-material-designs-text-fields-603688b3fe03>.
7. <https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/>.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГРАФОВЫХ МОДЕЛЕЙ И ИСПОЛНИТЕЛЕЙ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ УЧАЩИХСЯ

Блинова Е.Е., Угненко А.А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: eesivokon@sfedu.ru

В современном информационном обществе крайне важен и актуален вопрос формирования информационной культуры школьников. Развитие алгоритмической культуры детей, являющейся частью информационной культуры, возложено на школьный курс информатики. Одна из ключевых задач алгоритмической культуры заключается в развитии у детей алгоритмического мышления, так как данный тип мышления является одним из показателей в определении человеческого интеллектуального уровня и его творческого потенциала: умение строить планы и полностью описывать свои действия развивает мыслительные навыки, которые оказываются полезными в самых разных научных сферах [1]. Реализация данной задачи возможна при изучении раздела алгоритмизации в рамках базового школьного курса информатики.

При освоении темы «Алгоритмы и исполнители» возникают следующие проблемы: есть большая база учебного материала, но при этом мало систематизированного; школьникам тяжело усваивать и строить алгоритмы для достижения поставленной цели при работе в разнообразных средах разных исполнителей с разными системами команд. По этим причинам появляется большинство вопросов, напрямую затрагивающих преподавание рассматриваемого раздела: далеко не каждый понимает, в чем заключается его содержание, какие методы и средства применяются.

Изучение алгоритмической линии школьного курса информатики имеет два целевых аспекта: развивающий (закрывающийся в развитии алгоритмического мышления школьников) и программистский (закрывающийся в обучении составлению учебных программ). Программистский аспект важен не меньше, чем развивающий, так как именно в рамках раздела алгоритмизации осуществляется пропедевтический этап раздела «Программирование».

Изучение алгоритмической линии можно начинать с понятия алгоритма, исполнителя алгоритма и элементов теории графов. Изучение элементов теории графов в рамках курса информатики основной школы дает ученикам представление о способах решения разнообразных задач с применением графовых моделей, знакомит их с базовыми понятиями теории и алгоритмами построения графовых моделей. Но при реализации этих алго-

ритмов потребуются определенные знания в области алгоритмизации и программировании.

Составление программ является весьма затруднительным процессом. Оно включает в себя большое число качественно различающихся этапов. Но с помощью теории графов возможно сделать проще наиболее сложные из них, например, постановку задачи и ее алгоритмизацию. Поэтому теорию графов можно считать базой при формировании и дальнейшем развитии алгоритмического мышления [2].

Поскольку элементы теории графов не входят в обязательный компонент образовательного стандарта, эту тему можно изучить дополнительно или во время уроков информатики в 7–8х классах перед изучением алгоритмизации, или во время внеурочной деятельности. Более глубоко рассмотреть теории графов можно в старших классах при работе с одаренными учащимися.

Теория графов помогает сформировать знания, умения и навыки, необходимые при освоении методов современных информационных технологий в решении различного рода задач, связанных с поиском, обработкой и структурированием информации.

Теоретический подход в развитии алгоритмического мышления малоэффективен. Поэтому появляется потребность в представлении выполнения шагов алгоритмов при достижении заданного результата с помощью компьютерных средств и исполнителей, действующих в некоторой заданной обстановке. При раннем изучении алгоритмизации для усвоения теоретических сведений наиболее полезным является использование специально разработанных программных средств визуализации алгоритмов.

В ходе анализа и систематизации различного рода заданий для поэтапного формирования и развития алгоритмического мышления школьников [3]. Была подготовлена разноуровневая система задач, которая может использоваться в качестве основы для практических занятий раздела «Алгоритмы и исполнители» на уроках информатики и во внеурочной деятельности. Данная система задач составлена с учетом методических требований к системе учебных задач, представленных на рисунке 1.

Представленные задачи предназначены как для работы в программной среде и могут применяться для практических занятий, так и для теоретического освоения и контроля усвоения основных алгоритмических конструкций на итоговом уроке по теме. Также предлагается несколько интересных сюжетных задач, которые должны быть включены в проведение уроков. К ним у школьников любых возрастов проявляется живой интерес, и именно при их решении у них есть возможность развития творческого и нестандартного мышления.

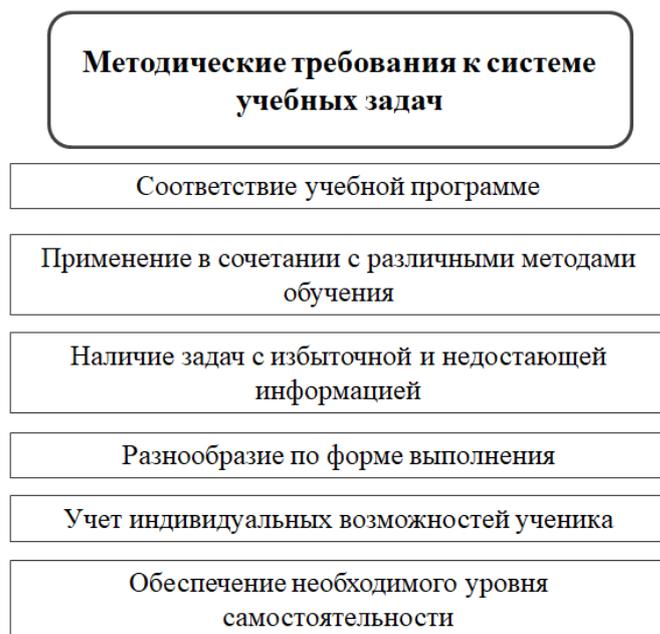


Рис. 1. Методические требования к системе учебных задач

Указанная система задач имеет следующую разноуровневую структуру.

Уровень 0. Разработка приближенного алгоритма. Задания данного уровня являются пропедевтическими, ориентированы на определение цели создания алгоритма, составление примерного плана действий для достижения цели.

Уровень 1. Исполнитель, система команд исполнителя (СКИ). Задания данного уровня формируют понятия об Исполнителе и системе команд, понятной Исполнителю. Важно разъяснить отличие «среды и объектов» на пропедевтическом уровне от «Исполнителя» на первом уровне и обратить внимание на то, что если исполнителем является компьютер, то алгоритм переходит в программу.

Уровень 2. Выполнение системы команд. Линейная алгоритмическая конструкция. Графовая модель. Задания уровня 2 формируют понятие об Исполнителе, «умеющем» выполнять различные системы команд. При выполнении заданий 3 – 5 для наглядности и нахождения оптимального алгоритма следует применять графовые модели. Отрабатывается навык анализа алгоритма, его оптимизации, изменения в зависимости от требований, самостоятельного создания.

Уровень 3. Применение алгоритмических конструкций. Построение алгоритмов на алгоритмическом языке. Выполнение алгоритмов в системе КуМир. Решение большинства заданий данного уровня осуществляется в системе КуМир как наиболее удобной и наглядной для обучения алгоритмизации учеников. Среди исполнителей алгоритмов предпочтение отдано исполнителю Робот, так как время на изучение алгоритмизации крайне ограничено, а его система команд и функциональные возможности обеспе-

чивают рассмотрение всех алгоритмических конструкций и позволяют реализовать решение разнообразных задач.

Уровень 4. Алгоритмы работы с величинами. Построение блок-схем. При выполнении заданий данного уровня обучаемые осваивают самостоятельное построение блок-схем алгоритмов разных видов с переменными величинами. Задания подобраны таким образом, чтобы на их основе в будущем реализовать выполнение алгоритмов на новом исполнителе – компьютере. То есть проводится пропедевтика к линии программирования.

Приведенная система задач обеспечивает

- усвоение понятий «исполнитель», «алгоритм», «система команд исполнителя», «повторение», «величина»;
- возможность введения графовых моделей для анализа и поиска решения заданий;
- умение составлять алгоритмы на школьном алгоритмическом языке и в виде блок-схем;
- навык реализации алгоритмов с помощью разных исполнителей;
- умение анализировать алгоритм, дополнять и оптимизировать его, искать ошибки и исправлять их;
- применение алгоритмических конструкций в сюжетных задачах и нестандартных ситуациях;
- использование данных задач для домашних, самостоятельных работ и внеурочных занятий;
- продолжение формирования систем заданий дополнительными задачами;
- включение школьников в процесс конструирования новых задач;
- индивидуальный подход к ученикам разной степени подготовленности;
- формирование алгоритмического типа мышления на операционном, системном и методологическом уровнях.

Литература

1. Еремеева Н.Н. Формирование алгоритмического мышления у школьников в ходе групповой работы. // Пермский педагогический журнал. 2013. №4. С. 25–29.
2. Первин Ю.А. Алгоритмические этюды, тетрадь № 2. М.: АО КУДИЦ, 1993.
3. Прокушева В.С. Развитие алгоритмического мышления учащихся 9-х классов на уроках информатики // Материалы V Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». 2013. [Электронный ресурс], – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2013/article/2013005294> (Дата обращения 10.03.2020 г.).

РАСЧЕТ ЧАСТОТНОГО ПОВЕДЕНИЯ ИМПЕДАНСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ РАЗЛИЧНЫХ МЕХАНИЗМАХ ЭЛЕКТРОПЕРЕНОСА В ВЕЩЕСТВЕ

Богатин А.С., Буланова А.Л., Ковригина С.А., Андреев Е.В.,
Носачев И.О.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: asbbogatin@sfedu.ru

При наложении электрического поля на образец вещества в веществе начинается перенос зарядов. В первом приближении процессы переноса заряда можно разделить на сквозную электропроводность, быстрые поляризационные процессы и процессы релаксационной поляризации. Процессы электропереноса можно описать с помощью так называемой импедансной спектроскопии [1]. Для описания каждого из процессов электропереноса ему в соответствие подбирается эквивалентная электрическая схема, частотная зависимость электрических импедансных характеристик которой близка к частотному отклику образца вещества, в котором развивается описываемый вид электропереноса. Если напряжённость электрического поля E меняется по гармоническому закону $E = E_0 e^{i\omega t}$ (ω – частота изменения поля, E_0 – его амплитуда), то под действием этого поля индукция в веществе D и его поляризованность P тоже будут изменяться по гармоническому закону с той же частотой. Однако между D и E появляется разность фаз δ . Это вызвано отставанием поляризованности D от напряжённости поля E .

$$D = D_0 e^{-i\delta} e^{i\omega t} = \varepsilon^* \varepsilon_0 E_0 e^{i\omega t} = \varepsilon_0 (\varepsilon' - i\varepsilon'') E_0 e^{i\omega t}$$

δ получил название угол диэлектрических потерь, ε^* – комплексная диэлектрическая проницаемость, ε' и ε'' – соответственно её действительная и мнимая части ε_0 – электрическая постоянная.

С другой стороны, можно посмотреть на ситуацию, развивающуюся в веществе при наложении переменного электрического поля с позиции протекания тока через вещество. Заряд на обкладках конденсатора, заполненного диэлектриком, достигает максимума к тому моменту времени, когда ток меняет направление протекания, т.е. несколько позже. Заряд, разность потенциалов и напряжённость поля изменяются синфазно, поэтому ток опережает напряжённость поля, вызвавшего его протекание на некоторую часть периода. Обозначим соответствующий угол фазового сдвига как φ .

Надо сказать, что сумма углов φ и δ равна $\pi/2$. Тогда для плотности тока можно записать

$$\mathbf{j} = \mathbf{j}_0 e^{i\varphi} e^{i\omega t} = \sigma^* \mathbf{E}_0 e^{i\omega t} = (\sigma' + i\sigma'') \mathbf{E}_0 e^{i\omega t}$$

где \mathbf{j}_0 – амплитуда плотности тока, σ^* – комплексная удельная электропроводность, σ' и σ'' соответственно её действительная и мнимая части. Между действительной и мнимой частями комплексной удельной электропроводности и диэлектрической проницаемости легко установить взаимосвязь, т.к.

$$\sigma^* = i\omega \varepsilon_0 \varepsilon^*$$

Отсюда

$$\sigma' = \omega \varepsilon_0 \varepsilon'; \quad \sigma'' = \omega \varepsilon_0 \varepsilon''$$

По определению, удельный импеданс – это величина, обратная удельной комплексной электропроводности:

$$\rho^* = \rho' - i\rho'' = \frac{1}{\sigma^*}$$

Поэтому

$$\rho' = \frac{\sigma'}{\sigma'^2 + \sigma''^2}; \quad \rho'' = \frac{\sigma''}{\sigma'^2 + \sigma''^2}$$

Электрический модуль M^* , по определению, это величина, обратная комплексной диэлектрической проницаемости

$$M^* = \frac{1}{\varepsilon^*} = \frac{1}{\varepsilon' - i\varepsilon''} = M' + iM''$$

Это позволяет записать

$$M' = \frac{\sigma'' \omega \varepsilon_0}{\sigma'^2 + \sigma''^2}; \quad M'' = \frac{\sigma' \omega \varepsilon_0}{\sigma'^2 + \sigma''^2}$$

Тангенс угла диэлектрических потерь находится как

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'} = \frac{\sigma'}{\sigma''} = \frac{\rho'}{\rho''}$$

Комплексные диэлектрическая проницаемость, удельные электропроводность, импеданс, электрический модуль, тангенс угла диэлектрических потерь используются в методе импедансной спектроскопии как величины, позволяющие находить соответствие между электрическим откликом вещества и поставленной ему в соответствие эквивалентной электрической схемой.

Для каждой из подобранных эквивалентных схем просчитано частотное поведение импедансных характеристик. Анализ результатов расчета позволяет по частотным зависимостям импедансных характеристик определять развивающиеся в веществе виды электропереноса. Так при наличии сквозной электропроводности при стремлении частоты к нулю $tg\delta$ стремится к бесконечности, а при ее отсутствии к нулю. При развитии быстрых поляризационных поляризаций при стремлении частоты к бесконечности $tg\delta$ стремится к бесконечности, а если в веществе быстрые поляризации отсутствуют, то $tg\delta$ стремится к нулю. Это приводит к различному виду частотных зависимостей $tg\delta$. При отсутствии в веществе релаксационной поляризации $tg\delta(\omega)$ – гладкая убывающая с увеличением частоты функция. Если в веществе развивается только релаксационная поляризация, она гладкая, но возрастающая. Если кроме релаксационной поляризации имеется сквозная электропроводность, в функции имеется минимум, а если релаксационная поляризация сочетается с быстрыми поляризационными процессами – максимум. Наличие всех видов электропереноса описывается функцией с двумя экстремумами – минимумом и максимумом. Развитие релаксационных поляризаций всегда приводит к уменьшению ϵ' , происходящему с увеличением частоты, но при одновременном развитии быстрых поляризационных процессов это уменьшение небезгранично. ϵ'' при отсутствии сквозной проводимости при уменьшении частоты уменьшается, при развитии сквозной электропроводности увеличивается. А при стремлении частоты к бесконечности во всех случаях ϵ'' стремится к нулю. Мнимая часть электрического модуля одинаково реагирует на релаксационную поляризацию в сочетании со сквозной электропроводностью и на сочетание сквозной электропроводности с быстрыми поляризационными процессами появлением максимума в частотной зависимости. При развитии всех трех видов электропереноса этих максимумов уже два. Мнимая часть комплексной электропроводности имеет максимумы в частотной зависимости только в случае сильной релаксационной поляризации [2, 3], мнимая часть удельного импеданса при любой релаксационной поляризации. Анализ различий частотного поведения импедансных характеристик в зависимости от развития явлений электропереноса в веществе и их сочетаний можно продолжить.

Литература

1. Impedance spectroscopy (emphasis solid materials and systems), Ed. J. Ross Macdonald N.Y., Wiley (1988).
2. Богатин А.С., Андреев Е.В., Ковригина С.А., Богатина В.Н. // Известия РАН. Сер. физ. 2014. Т. 78, №4. С. 483.
3. Богатин А.С., Турик А.В., Ковригина С.А., Богатина В.Н., Андреев Е.В., Известия РАН. Сер. физ. 2010. Т. 74, № 8. С. 1115.

КОМПЬЮТЕРНЫЙ РАСЧЕТ ИМПЕДАНСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИЭЛЕКТРИКОВ ПРИ ЛОГНОРМАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ РЕЛАКСАТОРОВ

Богатин А.С., Буланова А.Л., Ковригина С.А., Андреев Е.В.,
Носачев И.О.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: asbbogatin@sfnedu.ru

Решая обратную задачу диэлектрической спектроскопии, экспериментаторы для теоретического описания симметричных спектров чаще всего используют распределение Коула–Коула. Оно было получено авторами эмпирическим подбором формул для частотных зависимостей диэлектрической проницаемости ε' .

$$\varepsilon' = \varepsilon_{\infty} + \frac{\Delta \varepsilon}{1 + (i\omega\tau)^{1-\alpha}}$$

Здесь i – мнимая единица, $\Delta\varepsilon = \varepsilon_{st} - \varepsilon_{\infty}$ – вклад релаксационного процесса в диэлектрическую проницаемость вещества, ε_{st} – статическая диэлектрическая проницаемость, ε_{∞} – высокочастотная диэлектрическая проницаемость, ω – круговая частота электрического поля, α – параметр распределения, τ – время релаксации процесса. Подбирая $\Delta\varepsilon$, τ , α , можно для широкого круга экспериментально наблюдаемых спектров получить хорошее соответствие между экспериментом и теоретическим описанием для частотной зависимости действительной части диэлектрической проницаемости ε' . Как правило, для частотной зависимости мнимой части диэлектрической проницаемости такое соответствие наблюдается только в центральной частотной части спектра. В высокочастотной части частотной зависимости действительной части комплексной электропроводности σ' при использовании распределения Коула–Коула наблюдается увеличение σ' при увеличении частоты ω . В экспериментальных спектрах такое увеличение не наблюдается. Да и с физической точки зрения такое увеличение σ' не должно иметь место. Трудно ожидать, чтобы за пределами частотной области релаксационного процесса удельная электропроводность диэлектрических потерь зависела бы от частоты.

Выражению для плотности вероятности времен релаксации при распределении Коула–Коула не удалось приписать никакого физического смысла. В то же время можно предположить, что более общим по отношению к распределению Дебая должно быть так называемое логнормаль-

ное распределение релаксаторов. Вероятность распределения времен релаксации в этом случае следует записать в виде

$$G(\tau) = \frac{b}{\tau \cdot \sqrt{\pi}} \exp\left(-\left(b \cdot \ln\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)\right)^2\right),$$

где b – ширина распределения.

Использование записанного выражения, позволяет из выражения найти частотную зависимость ε^* . После этого разделить комплексную диэлектрическую проницаемость на действительную ε' и мнимую ε'' части

$$\frac{\varepsilon^* - \varepsilon_\infty}{\varepsilon_{st} - \varepsilon_\infty} = \int_0^\infty \frac{G(\tau) d\tau}{1 + i\omega\tau},$$

$$\varepsilon'(\omega) = \varepsilon_\infty + (\varepsilon_{st} - \varepsilon_\infty) \int_0^\infty \frac{G(\tau) d\tau}{1 + (\omega\tau)^2} = \int_0^\infty \frac{b \exp\left(-\left(b \cdot \ln\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)\right)^2\right) d\tau}{\tau \cdot \sqrt{\pi} (1 + (\omega\tau)^2)},$$

$$\varepsilon''(\omega) = (\varepsilon_{st} - \varepsilon_\infty) \int_0^\infty \frac{G(\tau) \omega\tau d\tau}{1 + (\omega\tau)^2} = \int_0^\infty \frac{b \exp\left(-\left(b \cdot \ln\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right)\right)^2\right) \omega\tau d\tau}{\tau \cdot \sqrt{\pi} (1 + (\omega\tau)^2)},$$

Интегралы, стоящие в правых частях этих уравнений не берутся в элементарных функциях, поэтому приходится прибегать к численному интегрированию. Аппроксимация подынтегральных выражений проводилась путем разложения их в ряды Тейлора.

Проведенные расчеты позволили сравнить частотные зависимости ε' и ε'' , рассчитанные для логнормального распределения релаксаторов и распределения Коула–Коула. В центральных частях спектров частотные зависимости ε' и ε'' совпадают. Для ε' наблюдаются небольшие расхождения в высокочастотной, а для ε'' в высокочастотной и низкочастотной частях спектра. Результаты расчетов σ' для логнормального распределения показывают постоянство σ' в ее частотных зависимостях за пределами частотных областей релаксационных процессов. Все экспериментальные спектры, хорошо описываемые с помощью распределения Коула–Коула, не менее хорошо описываются и логнормальным распределением. Однако использование логнормального распределения позволяет уточнить физику релаксационного процесса, сопоставив ширину распределения с моделью развития релаксационной поляризации. Удалось рассчитать взаимосвязь параметра распределения Коула–Коула α с шириной логнормального распределения b , что позволяет без длительных расчетов определять ширины логнормального распределения по ранее установленным аппроксимациям экспериментальных спектров с помощью распределения Коула–Коула.

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ТРАНСПОРТА ЧАСТИЦ В НЕСТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМАХ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ КОНВЕКЦИИ

Бротский Я.И., Говорухин В.Н.

ФГАОУ ВО Южный федеральный университет,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: brotskiy@sfnedu.ru, vngovoruhin@sfnedu.ru

Исследуется конвекция жидкости в контейнере, заполненном пористой средой и насыщенном несжимаемой жидкостью. Ширина контейнера равна a , а высота – b . Граница контейнера предполагается непроницаемой, причем основание нагрето до некоторой температуры $T = T_0 + A$, где T_0 и A – температура окружающей среды и величина нагрева соответственно, а на боковых стенках поддерживается заданный вертикальный градиент температуры $T = T_0 + A(b - y)/b$, где $y \in [0, b]$ – текущая высота точки. Такие условия способствуют возникновению явления естественной конвекции, описываемого уравнениями Дарси–Буссинеска [1] в терминах функции тока $\psi(x, y, t)$ и отклонения температуры $\theta(x, y, t)$ от равновесного по вертикали профиля:

$$\begin{cases} \Delta\psi = \frac{\partial\theta}{\partial x} \\ \frac{\partial\theta}{\partial t} + \frac{\partial\psi}{\partial y} \frac{\partial\theta}{\partial x} - \frac{\partial\psi}{\partial x} \frac{\partial\theta}{\partial y} = \Delta\theta + \lambda \frac{\partial\psi}{\partial x} \\ \theta|_{\partial D} = \psi|_{\partial D} = 0 \\ \theta(x, y, 0) = \theta_0(x, y) \end{cases} \quad (1)$$

где функция тока задана соотношением $v_x = -\frac{\partial\psi}{\partial y}$, $v_y = \frac{\partial\psi}{\partial x}$, а отклонение температуры: $\theta(x, y, t) = T - (T_0 + A(b - y)/b)$.

В [1] показано, что данная система уравнений обладает косимметрией. Это означает, что выполняется равенство

$$\int_D (\Delta\theta - \psi_y \theta_x + \psi_x \theta_y + \lambda \psi_x) \psi \, dx dy = 0$$

Следствием косимметрии является существование однопараметрических семейств стационарных режимов, сложность и разнообразие бифуркационных сценариев при изменении параметров задачи (размеров области и фильтрационного числа Рэлея) [2, 3]. В работах [3, 4] показано, что в задаче возможно несколько качественно различных сценариев возникновения нестационарных режимов: рождение устойчивого и неустойчивого периодических режимов в результате односторонней бифуркации, ответвле-

ние устойчивого периодического и квазипериодического режимов от стационарного режима, принадлежащего однопараметрическому семейству, возникновение нестационарных режимов в результате нелокальных бифуркаций.

Вопрос о динамике жидкой частицы в перечисленных нестационарных режимах фильтрационной конвекции практически не рассматривался и является целью представленного здесь исследования. Внимание к этой проблеме обусловлено необходимостью исследования процессов тепло- и массопереноса в почвах, толще Земли, других инженерных и научных проблемах.

Основным инструментом исследования является численный анализ, что потребовало разработки и реализации численных методов и алгоритмов, создания комплекса программ. Это включает следующие этапы: дискретизацию исходной системы дифференциальных уравнений в частных производных; реализацию алгоритма решения задачи Коши для полученной в результате дискретизации системы обыкновенных дифференциальных уравнений большого порядка; расчет траекторий пассивных частиц жидкости в нестационарных потоках; алгоритмы качественного анализа (расчет отображения Пуанкаре и построение поля локальных показателей Ляпунова).

Для дискретизации исходных уравнений в частных производных (1) использовался проекционный глобальный метод Бубнова–Галёркина. Разложение искомым функций имеет вид:

$$\theta(x, y, t) = \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} \theta_{ij}(t) \cdot \phi_{ij}(x, y)$$

$$\psi(x, y, t) = \sum_{i=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} \psi_{ij}(t) \cdot \phi_{ij}(x, y)$$

где базисные функции выбирались следующими:

$$\phi_{ij}(x, y) = \frac{2}{\sqrt{ab}} \sin\left(i \frac{\pi x}{a}\right) \sin\left(j \frac{\pi y}{b}\right)$$

Коэффициенты $\psi_{ij}(t)$ в каждый момент времени однозначно выражаются из аппроксимации второго уравнения системы (1) через $\theta_{ij}(t)$. В результате задача (1) сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений относительно коэффициентов $\theta_{ij}(t)$.

Для анализа пассивного транспорта частиц одновременно с уравнениями относительно $\theta_{ij}(t)$ необходимо решать уравнения динамики частиц жидкости, которые имеют вид: $\dot{x}_k = -\frac{\partial \psi}{\partial y}$, $\dot{y}_k = \frac{\partial \psi}{\partial x}$, где (x_k, y_k) – координаты частицы с номером k . Для численного решения возникающих задач Коши

для системы обыкновенных дифференциальных уравнений большой размерности использовался метод Рунге–Кутты четвертого порядка точности с постоянным шагом. Метод Рунге–Кутты является основой для расчета отображения Пуанкаре, когда на каждом шаге метода проверяется условие пересечения с секущей гиперплоскостью. Построение поля локальных показателей Ляпунова также проводится с помощью решения задач Коши для множества пассивных частиц расположенных в узлах равномерной прямоугольной сетки в области течения.

Перечисленные методы были реализованы в виде программного комплекса на языке C++ с использованием возможностей фреймворка Qt. Сокращение временных затрат производилась с помощью распараллеливания наиболее вычислительно сложных этапов алгоритма средствами технологии OpenMP.

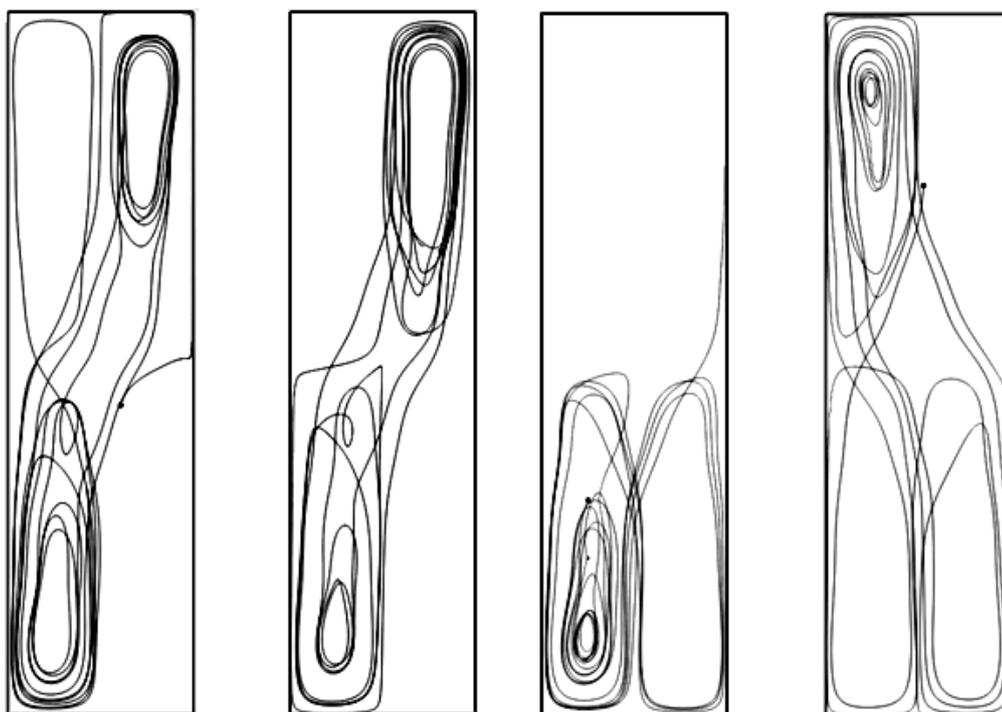


Рис. 1. Траектории четырех пассивных частиц в периодическом конвективном режиме при $a = 20, b = 75$

Программный комплекс включает в себя:

1. Компилятор правых частей уравнений, автоматически создающий представление рассматриваемой системы уравнений для сколь угодно большого количества базисных функций в методе Галёркина.
2. Модуль вычисления правой части галеркинской системы обыкновенных дифференциальных уравнений по построенному представлению с распараллеливанием средствами технологии OpenMP.

3. Решатель полученного представления системы уравнений параллельным вариантом метода Рунге – Кутты. Построение отображения Пуанкаре определенного секущей гиперплоскостью для коэффициентов $\theta_{ij}(t)$.
4. Расчет поля локальных показателей Ляпунова для некоторых моментов времени t .

Разработанная среда вычислительного эксперимента была верифицирована на расчетах известных режимов, описанных в [3, 4], которые были воспроизведены. Начат численный анализ транспорта пассивных частиц жидкости, получены первые результаты. На рис. 1 изображены траектории четырех пассивных частиц в периодическом автоколебательном режиме с различными начальными положениями. Видно, что их поведение может быть принципиально различным: на конечных временах частицы могут находиться в различных подобластях течения, что определяется их начальным положением.

Работа поддержана грантом Правительства РФ № 075-15-2019-1928.

Литература

1. Юдович В.И. Косимметрия, вырождение решений операторных уравнений, возникновение фильтрационной конвекции // Мат. заметки. 1991. Т. 49, № 5. С. 142–148.
2. Говорухин В.Н., Шевченко И.В. Численное исследование второго перехода в задаче плоской фильтрационной конвекции // Известия РАН, Механика жидкости и газа. 2003. № 5. С. 115–128.
3. Говорухин В.Н., Шевченко И.В. Сценарии возникновения нестационарных режимов в задаче плоской фильтрационной конвекции // Известия РАН. Механика жидкости и газа. 2006. № 6. С. 125–134.
4. Govorukhin V.N., Shevchenko I.V. Multiple equilibria, bifurcations and selection scenarios in cosymmetric problem of thermal convection in porous medium // Physica D. 2017. Vol. 361. P. 42–58.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ГИС-ИНДУСТРИИ

Бутхузи Е.В., Гордиенко Л.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Таганрог

E-mail: lgordienko@sfedu.ru

Становление и развитие облачных технологий имеет очень долгую историю. Теория облачных вычислений зародилась в 1960 году, когда Д. Маккарти огласил предположение, что когда-нибудь компьютерные вычисления будут осуществляться с помощью общенародных утилит. На этом развитие облачных технологий было приостановлено до 1990-х годов. В то время одним из наиболее значимых событий в данной области было появление Salesforce.com в 1999 году. Данная компания стала первой, которая предоставила доступ к своему приложению через интернет-сайт.

Существует несколько важных этапов в развитии облачных технологий:

1. Разработка облачного веб-сервиса компанией Amazon в 2002 году. Данный сервис позволял хранить, информацию и производить сложные вычисления. В 2006 году Amazon запустила сервис под названием Elastic Compute Cloud (EC2) как веб-сервис, позволяющий пользователям запускать свои собственные приложения. Сервисы Amazon EC2 и Amazon S3 стали первыми доступными сервисами облачных вычислений.

2. Создание компанией Google платформы Google Apps для веб-приложений в бизнес-секторе. Значительную роль в развитии облачных технологий сыграли технологии виртуализации.

3. Создание многоядерных процессоров и увеличение емкости накопителей информации.

«Облачные технологии» как термин утвердился только в 2007 году. Под облачными технологиями понимают предоставление пользователю компьютерных ресурсов и мощностей в виде интернет-сервисов. Предоставление пользователю услуг как интернет-сервиса является ключевым, но под интернет-сервисом не нужно понимать, что доступ к сервису будет осуществлен только через Интернет. Он может осуществляться также и через обычную локальную сеть с использованием веб-технологий.

С развитием рынка интернет-сервисов, развиваются и «облачные технологии», появляется большое количество инструментов, которые можно применять для реализации различных задач во всех сферах деятельности, в том числе и при работе с геоинформационными технологиями. Облачные вычисления – это модель предоставления удобного сетевого доступа в режиме «по требованию» к коллективно используемому набору настраиваемых вычислительных ресурсов (например, сетей, серверов, хранилищ дан-

ных, приложений и/или сервисов), которые пользователь может оперативно задействовать под свои задачи и высвободить при сведении к минимуму числа взаимодействий с поставщиком услуги или собственных управленческих усилий. Данная модель удобна при работе с картографическими снимками, которые требуют для хранения и обработки большого объема вычислительных ресурсов.

«Облачные технологии» в ГИС-индустрии обеспечивают:

- 1) хранение данных не на компьютере;
- 2) обработку данных с использованием приложений, установленных не на компьютере;
- 3) предоставление услуг «облачных технологий» по запросу пользователя.

Облачные системы имеют целый ряд недостатков и недоработок, но, несмотря на это можно говорить о том, что сама концепция облачных вычислений уже завоевала популярность. С каждым годом облачные решения, постоянно совершенствуются. Облачными инфраструктурами заинтересовался не только бизнес, но и государственные службы. Одной из основных особенностей облачных систем заключается в том, что появилась возможность осуществлять удалённый доступ к предоставляемым сервисам.

Таким образом, проанализировав этапы развития, возможности облачных технологий, можно выделить их достоинства и недостатки.

Достоинства применения облачных технологий в ГИС-индустрии состоят в следующем:

- 1) снижаются начальные затраты на покупку компьютерного оборудования, т.к. нет необходимости покупать сервера, системы хранения данных, оборудование для серверных комнат;
- 2) упрощается и уменьшается стоимость обслуживания инфраструктуры за счет того, что отказываются от распределенной системы серверов, консолидации серверных мощностей в едином «центре», отпадает необходимость обучения и содержания грамотных системных администраторов для обслуживания компонентов инфраструктуры;
- 3) повышается экономическая эффективность инвестиций в серверное оборудование;
- 4) улучшается экологичность ИТ-проектов. Применение облачных вычислений уменьшает экологическую нагрузку;
- 5) улучшается защита и безопасность «виртуальных» серверов;
- 6) улучшаются возможности резервного копирования и восстановления картографических материалов;
- 7) упрощается тестирование и разработка программного обеспечения геоинформационных систем;
- 8) упрощается выделение персонала поддержки и его работа по развертыванию и управлению системами;

9) снижается степень дублирования опытных кадров;
10) используются стандартные конфигурации и процессы управления за счет централизации.

Недостатки облачных технологий состоят в следующем:

- 1) нужно постоянное подключение к сети;
- 2) функциональность облачных приложений. Не все программы или их свойства доступны удаленно;
- 3) безопасность данных зависит от поставщика облачных услуг;
- 4) зависимость от облачного провайдера. Всегда остаётся риск, что провайдер онлайн-сервисов однажды не сделает резервную копию данных – как раз перед крахом сервера;
- 5) государство, на территории которого размещен датацентр, может получить доступ к любой информации, которая в нем хранится.

Проанализировав всю собранную информацию, можно смело сказать, что, несмотря на некоторые недостатки, рынок облачных технологий уверенно растет и ежедневно обретает новых пользователей. Ведущие бизнес-структуры, государственные службы все чаще приходят к пониманию удобства использования облачных вычислений. Передовые информационные технологии сегодня играют часто основную роль в успехе предприятия – скорость, с которой реагирует бизнес на изменения на рынке, должна быть наивысшей и превосходить конкурентов. Облачные технологии значительно расширяют возможности работы с большими объемами пространственных данных. Поддержка сервисов, основанных на облачных вычислениях, является важным направлением ведущих компаний, работающих в геоинформационной сфере. Облачные технологии в значительной мере упрощают работу, тем самым позволяя повышать производительность.

Литература

1. Кузнецов А.Ф., Шабанов А.А. Преимущества и недостатки использования облачных технологий // Огарев-online. 2015. № 15. [Электронный ресурс] URL:<http://journal.mrsu.ru/arts/preimushhestva-i-nedostatki-ispolzovaniyaoblachnyh-technologij> (дата обращения 09.03.2020).
2. Пьянзина Т.А. Облачные технологии: становление и развитие // Огарев-online. 2017. № 14. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/oblachnye-tehnologii-stanovlenie-i-razvitie/viewer> (дата обращения 09.03.2020).

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ПОИСК И ВЫНОС ИНВАРИАНТНЫХ ОТНОСИТЕЛЬНО ЦИКЛОВ ВЫРАЖЕНИЙ

Василенко А.А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: avas@sfedu.ru

Вынос из тела цикла выражений, значение которых остается неизменным на протяжении выполнения этого цикла (такие выражения называют инвариантными относительно цикла), относится к одним из самых интуитивно понятных оптимизационных преобразований. Тем не менее, данное преобразование если и применяется в современных компиляторах [1, 2], то не использует все потенциальные возможности данной оптимизации.

Предлагаемый алгоритм состоит из трех этапов. Сначала выполняется поиск кандидатов на оптимизацию. На первом этапе тело цикла рассматривается в виде дерева выражений. Производится спуск по дереву от его корня до листьев (переменных и констант), осуществляется проверка узлов дерева на инвариантность (например, константы инвариантны относительно любого цикла, а переменная счетчика цикла не инвариантна). Инвариантность предка определяется поведением потомков: если хотя бы один из них не инвариантен, то не инвариантен и сам предок. На втором этапе выполняется анализ информационных зависимостей [3]: вхождения одной и той же переменной в теле цикла на первом этапе могли получить разные оценки инвариантности (однако, если хотя бы одно вхождение не инвариантно, то не инвариантны и остальные вхождения). На заключительном этапе алгоритма на основе анализа, сделанного ранее, выполняется вынос инвариантных выражений (если возможен вынос целого оператора) или замена таких выражений на переменные.

Пример 1. Данная программа содержит инвариантное выражение (в исходном коде выделено подчеркиванием).

```
y = 0;
for (i = 1; i < n; i = i + 1)
    for (j = 0; j < n; j = j + 1)
        for (k = 1; k < n; k = k + 1)
            y += (a[i] * b[j]) + a[k] + b[k];
```

На рис. 1 представлен фрагмент дерева выражений для тела данного цикла. Неинвариантные выражения отображены в дереве выражений как зачеркнутые узлы. Выносу (в данном случае, замене на переменную) подвергается максимально возможное выражение (выражение, чей непосред-

ственный предок либо не существует, либо не инвариантен, но все потомки которого инвариантны).

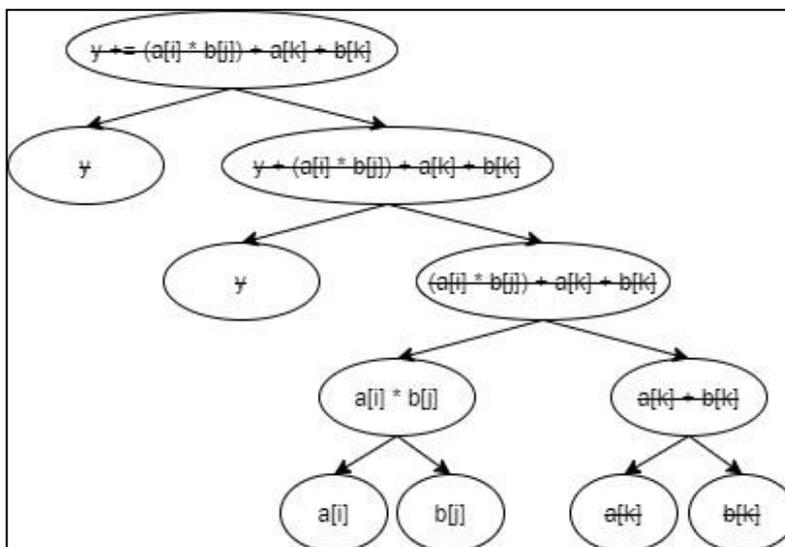


Рис. 1. Фрагмент дерева выражений

После выноса инвариантного выражения фрагмент будет выглядеть следующим образом (изменения выделены полужирным шрифтом):

```

y = 0;
int __uni1, __uni2;
for (i = 1; i < n; i = i + 1) {
    __uni1 = a[i];
    for (j = 0; j < n; j = j + 1) {
        __uni2 = __uni1 * b[j];
        for (k = 1; k < n; k = k + 1)
            y += __uni2 + a[k] + b[k];
    }
}

```

Результаты численных экспериментов для этого примера представлены в таблице 1 (использовался компилятор GCC версии 6.3, тестирование производилось на компьютере: процессор AMD A10-5750M, кэш первого уровня 16 КБ, кэш L2 2048 КБ, оперативная память: тип DDR3, объем 8 ГБ, частота памяти 800 МГц).

Оптимизация	До выноса, мкс	После выноса, мкс	Выигрыш, %
O2	0,1511	0,1184	21,64
O3	0,1392	0,1322	5,03

Таблица 1. Результаты экспериментов для примера 1

Пример 2. Некоторые преобразования (например, тайлинг) могут порождать новые циклы. Эти циклы часто содержат либо инвариантные выражения, либо выражения, формально являющиеся неинвариантными, но замена на переменную которых может привести к повышению быстродей-

ствия программы [4]. Выражения, которые будут заменены на переменную, отмечены в исходном коде подчеркиванием.

```
for (a = 0; a < n / 2; a = a + 1)
  for (b = 0; b < n / 2; b = b + 1)
    for (j = a * 2; j < (a + 1) * 2; j = j + 1)
      for (k = b * 2; k < (b + 1) * 2; k = k + 1)
        c[i][j] = c[i][j] + a[i][k] * b[k][j];
```

После замены выражения код программы будет трансформирован следующим образом (изменения выделены полужирным шрифтом):

```
for (a = 0; a < n / 2; a = a + 1)
  for (b = 0; b < n / 2; b = b + 1)
    for (j = a * 2; j < (a + 1) * 2; j = j + 1) {
      __uni1 = c[i][j];
      for (k = b * 2; k < (b + 1) * 2; k = k + 1)
        __uni1 = __uni1 + a[i][k] * b[k][j];
      c[i][j] = __uni1;
    }
```

Результаты численных экспериментов для этого примера представлены в таблице 2.

Оптимизация	До замены, с	После замены, мс	Выигрыш, %
O2	10,24	9,75	4,8
O3	9,44	8,81	6,7

Таблица 2. Результаты экспериментов для примера 2

Пример 3. В некоторых случаях выполнение данного преобразования может помочь избавиться от лишнего цикла (если все его операторы инвариантны).

```
int a[10], b[10], i;
for (i = 0; i < 8; i++)
  a[9] = b[9];
```

После выноса инвариантных выражений программа будет преобразована к следующему виду (цикл будет заменен на его тело, состоящее из единственного оператора присваивания):

```
int a[10], b[10];
a[9] = b[9];
```

Заключение

Данный алгоритм реализован в виде преобразования *Loop Invariant Code Motion* в Оптимизирующей распараллеливающей системе [5].

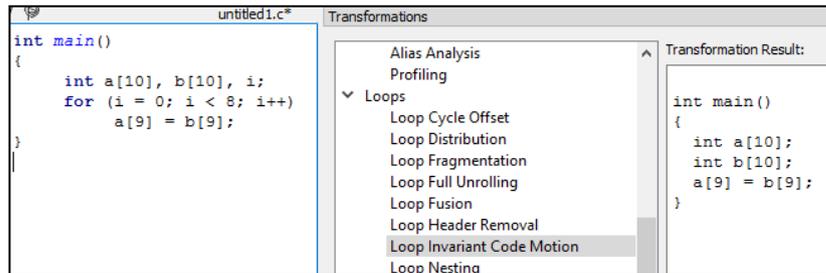


Рис. 2. Интерфейс преобразования в ОРС

Представленная реализация выноса инвариантных относительно циклов выражений (с возможностью выполнения преобразования «register promotion» [4]) дает в среднем ускорение в 6 % для программ, к которым до этого была применена оптимизация «тайлинг» (вследствие чего возникли либо инвариантные выражения, либо выражения, для которых предусмотрена оптимизация «register promotion»).

Из результатов численных экспериментов видно, что компиляторы при высокой степени оптимизации не выполняют (по крайней мере, в приводимых в статье примерах) вынос инвариантных выражений из тела цикла и оптимизацию «register promotion».

В дальнейшем планируется добавить поддержку операторов, уточнить возможность преобразования в случае, если возникают антивисимости (сейчас такая возможность запрещена для переменных).

Работа поддержана грантом Правительства РФ № 075-15-2019-1928.

Литература:

1. Kruse M., Finkel H. Loop Optimization Framework. <https://arxiv.org/pdf/1811.00632.pdf> (дата обращения 10.03.2020).
2. Rahul K., Razvan L. Intel Optimizations in the Android* Marshmallow Compiler. <https://software.intel.com/en-us/android/articles/intel-optimizations-in-the-android-marshmallow-compiler> (дата обращения 10.03.2020).
3. Штейнберг Б.Я. Математические методы распараллеливания рекуррентных программных циклов на суперкомпьютеры с параллельной памятью // Ростов-на-Дону, Изд-во Ростов. ун-та. 2004. 192 с.
4. Cooper K., Lu J. Register Promotion in C Programs. ACM SIGPLAN Notices. 1999. №4.
5. Сайт Оптимизирующей распараллеливающей системы. <http://ops.rsu.ru/en/about.shtml> (дата обращения 10.03.2020).

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДЫ И ОСОБЕННОСТИ ЧИСЛЕННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ КОЭФФИЦИЕНТНЫХ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ

Ватульян А.О., Недин Р.Д., Карякин М.И., Юров В.О., Углич П.С.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И.И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: vatumyan@math.rsu.ru, rdn90@bk.ru, karyakin@math.sfedu.ru,
vyurov@sfedu.ru, puglich@inbox.ru

Представлены различные подходы к решению обратных коэффициентных задач как в конечномерном случае, когда необходимо определить несколько коэффициентов модели, так и для неоднородных структур, для которых необходимо определить одну или несколько функций по некоторой дополнительной информации [1]. Разработаны методы, основанные как на стандартных и модифицированных процедурах минимизации функционала невязки, так и подходы, основанные на процедуре типа Ньютона для операторных уравнений и регуляризованной итерационной процедуре. На основе таких подходов исследован ряд задач.

Исследована обратная задача о восстановлении трех функций, описывающих изменение параметров Ламе и плотности в упругом неоднородном вдоль радиальной координаты цилиндрическом волноводе. В качестве входной информации при решении обратной задачи использована информация о полях продольных и радиальных перемещений в дискретном наборе частот. Реализован итерационный процесс восстановления, где на каждом шаге решалась прямая задача и система интегральных уравнений Фредгольма 1-го рода с непрерывными ядрами [2].

Изучены возможности восстановления компонент поля предварительных напряжений в плоской области по некоторой дополнительной информации. При этом наиболее адекватной процессу реконструкции поля предварительных напряжений с помощью акустического зондирования является постановка, в которой заданы компоненты смещений на поверхности тела в некотором частотном диапазоне, возникающего от действия заданной нагрузки. Эта постановка приводит к нелинейной коэффициентной обратной задаче для системы трех функций; в случае простых конфигураций тела (таких как стержень, прямоугольник и др.), и в случае однокомпонентного поля предварительных напряжений подобные задачи изучены ранее. Иная постановка (промежуточная в смысле исследования возникающих операторных уравнений) состоит в задании компонент смещений внутри исследуемой области. Предложены и обсуждены методики и алго-

ритмы решения ряда обратных задач обоих типов о реконструкции полей предварительных напряжений в областях канонической формы. Представлены следующие методики исследования поставленных обратных задач: сведение задачи к решению двух задач Коши по определению компонент предварительных напряжений; проекционный метод; итерационно-регуляризаторный подход, основанный на многократном решении системы интегральных уравнений Фредгольма 1-го рода относительно поправок к компонентам предварительных напряжений; сведение к системе дифференциальных уравнений в частных производных для одной или двух функций напряжений. В ряде случаев проведены вычислительные эксперименты по реконструкции компонент предварительных напряжений.

Изучена обратная задача об определении функций изменения параметров Ламе неоднородной упругой трубы по данным о поле перемещения, измеренном в конечном наборе точек при фиксированной частоте. Колебания трубы вызываются касательной нагрузкой, приложенной к внешней боковой поверхности. Решение соответствующей прямой задачи сведено к численному решению набора канонических систем дифференциальных уравнений 1-го порядка с переменными коэффициентами. Проведен анализ влияния переменных параметров Ламе на функции смещения и амплитудно-частотные характеристики. Решение обратной задачи получено численно путем обращения дифференциальных операторов; проведена серия вычислительных экспериментов.

Исследована обратная коэффициентная задача теплопроводности для неоднородных слоистых структур – двухсоставного слоя и двухслойной трубы. Прямая задача теплопроводности решается на основе совместного применения проекционного метода Галеркина и теории вычетов. Для решения обратной задачи предложены два подхода – метод алгебраизации и итерационный подход, на каждом шаге которого решается интегральное уравнение Фредгольма 1-го рода. Выяснено, что в случае монотонных функций метод алгебраизации позволяет производить идентификацию теплофизических характеристик во много раз меньшими затратами машинного времени по сравнению с итерационным подходом. Для немонотонных функций полученное методом алгебраизации решение может служить начальным приближением в итерационном процессе. Изучено влияние толщины функционально-градиентной части слоя и зашумления входной информации на результаты идентификации.

Исследован ряд задач об определении материальных характеристик нелинейно-упругого цилиндра на основании классических экспериментов по одноосному растяжению и кручению. Рассмотрен ряд модельных обратных задач. Первый набор задач связан с определением упругого потенциала, наиболее адекватно описывающего диаграммы нагружения, полученные на основании двух экспериментов. В качестве семейств потенциа-

лов были рассмотрены несжимаемые материалы Муни-Ривлина, Гента, Фына, а также их аналоги, учитывающие слабую сжимаемость среды. Второй набор задач связан с определением упругих модулей составного цилиндра по известной информации о двух его диаграммах нагружения в области больших и сверхбольших деформаций. В обоих случаях решение осуществлялось на основе минимизации функционала невязки; поиск его минимума осуществлялся как классическими градиентными методами, так и с использованием модификаций генетических алгоритмов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Правительства Российской Федерации (соглашение № 075-15-2019-1928).

Литература

1. Ватульян А.О. Коэффициентные обратные задачи механики. М.: Физматлит, 2019. 272 с.
2. Тихонов А.Н., Гончарский А.В., Степанов В.В., Ягола А.Г. Численные методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1990. 229 с.

ИНВАРИАНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ И ПИТАЮЩИХ ПРОВОДНИКОВ В ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ СВЧ

Волощенко П.Ю. Волощенко Ю.П.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Таганрог

E-mail: voloschenkoyup@sfnu.ru

Для исследования электромагнитных (ЭМ) явлений в интегральных схемах (ИС) микроволнового диапазона обычно применяют методы теории электрических цепей [1–3]. Расчет пространственно-временных связей в системах электронных приборов (ЭП) требует синтеза операторов, дополняющих и следующих друг из друга, путем выделения когерентных зависимых первичного и вторичного источника (ПИ и ВИ) сигналов. В этом случае инерционные воздействия ЭДС суммируются на основе законов Кирхгофа, позволяющих сохранять информацию о коллективном поведении ЭП и питающих проводников, интегрированных в общее ЭМ поле. Модификация подобных схем любой топологии осуществляется методом неавтономных блоков, учитывающим устранение или появление новых волноведущих каналов, соединяющих ЭП в единое целое на каждом этапе её изучения. Он базируется на рекуррентном уточнении и преобразовании вида нелинейных элементов (НЭ) без конкретизации их вольтамперных характеристик (ВАХ) с помощью теории электронной волновой цепи (ЭВЦ).

На первом этапе теоретического исследования установим в общем виде значения входных и выходных $\dot{U}_1(U_1, I_1), \dot{U}_2(U_2, I_2), \dot{I}_1(U_1, I_1), \dot{I}_2(U_2, I_2)$ комплексных напряжений и токов ЭВЦ, где обозначения U_1, I_1 и U_2, I_2 идентифицируют «рабочие» точки на ВАХ одно- и двухпортовой эквивалентных схем элементарного и составного НЭ (рис. 1, 2).

С целью формализации амплитудной и частотной зависимости между когерентными изменениями напряжений и токов неавтономного проходного четырехполюсника при возбуждении слева ПИ и справа ВИ, представим его основные уравнения в символьной А- форме:

$$U_1(U_1, I_1) = A_{11}(U_1, I_1)U_2(U_1, I_1) + A_{12}(U_1, I_1)I_2(U_1, I_1), \quad (1)$$

$$I_1(U_1, I_1) = A_{21}(U_1, I_1)U_2(U_1, I_1) + A_{22}(U_1, I_1)I_2(U_1, I_1). \quad (2)$$

Формулы (1), (2) корректно описывают колебательный режим неавтономного блока при одновременном действии сигналов в случае амплитудно-зависимой нагрузки. Вместе с тем использовать обобщенные равенства (1) и (2) для инженерного расчета энергетического состояния ЭП и металлических проводов в микроволновых ИС невозможно [1–3].

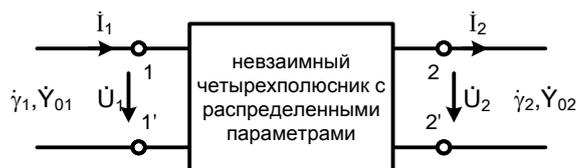


Рис. 1. Идеализированная схема невозвратного проходного четырехполюсника

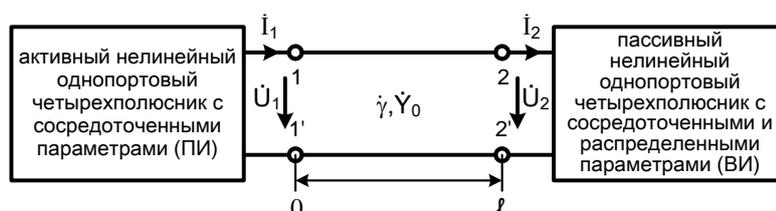


Рис. 2. Графическое изображение «длинного» соединения однопортовых четырехполюсников

Поэтому для оптимизации электрического строения ИС СВЧ предлагается дополнительно выразить уравнения (1), (2) через характеристическое сопротивление \dot{Z}_0 и постоянную передачи $\dot{\gamma}l$ несимметричного четырехполюсника. После чего совместить точку наблюдения с зажимами 2-2', 1-1' схем (рис.1, 2) и провести обращенный символьный анализ условий сосуществования бегущих и стоячих ЭМ волн в соединениях неавтономного блока

$$\dot{U}_1(U_2, I_2) = [\dot{U}_2(U_2, I_2)ch\dot{\gamma}l + I_2(U_2, I_2)Z_0sh\dot{\gamma}l], \quad (3)$$

$$\dot{I}_1(U_2, I_2) = [\dot{U}_2(U_2, I_2)Y_0sh\dot{\gamma}l + I_2(U_2, I_2)ch\dot{\gamma}l], \quad (4)$$

Коэффициенты уравнений (3) – (4) корректно в общем виде характеризуют композицию монохроматических ЭДС и граничные условия ЭВЦ, т.к. на этой стадии символьного анализа вид ВАХ НЭ, колебательная функция ЭП и конструкция питающих проводников не конкретизированы.

Затем воспользуемся тригонометрическими решениями уравнений Гельмгольца при воздействии зависимого ВИ волн напряжения U_2 или тока I_2 , распространяющихся от сечения 2-2' вдоль идеализированной линии без потерь

$$\dot{U}_1(U_2, I_2) = \dot{U}_2(U_2, I_2)\cos\theta + j\dot{I}_2(U_2, I_2)Z_0\sin\theta, \quad (5)$$

$$\dot{I}_1(U_2, I_2) = \dot{I}_2(U_2, I_2)\cos\theta + j\dot{U}_2(U_2, I_2)Y_0\sin\theta. \quad (6)$$

Здесь обозначение θ отвечает электрической длине составного НЭ, соответствующего в теории ЭВЦ несимметричному четырехполюснику с распределенными параметрами и «длинному» соединению, шунтированному электронной неоднородностью. Для минимизации количества переменных математической модели неавтономного блока ЭВЦ, рассмотрим НЭ как

параллельное соединение резистивно-негатронного и энергоёмкого двух-полюсников

$$\dot{Y}_2(U_2) = \dot{I}_2(U_2) / \dot{U}_2(U_2) = G_2(U_2) + jB_2. \quad (7)$$

Они совместно определяют импедансное краевое условие в многомодовой ЭВЦ при воздействии управляемых ПИ и ВИ волн напряжения. Считаем, что ВАХ подобного НЭ описывается формулой $I_2(U_2) = U_2[G_{H2} - G_{20}(1 - \nu U_2^2)]$, соответствующей методу гармонической линеаризации. При этом обозначения ν и G_{20} характеризуют коэффициент нелинейности и малосигнальную негатронную проводимость элементарного НЭ. В то же время резистивная и реактивная компоненты G_{H2} , B_2 его комплексной проводимости не зависят от интенсивности ЭДС.

Тогда из соотношений (5), (6), (7) получаем

$$\begin{aligned} \dot{U}_1(U_2) &= \dot{U}_2(U_2)[\cos\theta + j\dot{Y}_2(U_2)Z_0 \sin\theta] = \\ &= \dot{U}_2(U_2)[(\cos\theta - B_2) \sin\theta + jG_2(U_2)Z_0 \sin\theta], \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_1(U_2) &= \dot{U}_2(U_2)[\dot{Y}_2(U_2)\cos\theta + jY_0 \sin\theta] = \\ &= \dot{U}_2(U_2)[G_2(U_2)\cos\theta + j(B_2 \cos\theta + Y_0 \sin\theta)]. \end{aligned} \quad (9)$$

Равенства (8), (9) связывают между собой в явном виде инварианты элементарного и составного НЭ, характеризующих неавтономные блоки в системе питающих проводников и ЭП. Отметим, что соотношения (1) – (9) наглядно иллюстрируют алгоритм формирования топологических и компонентных уравнений рекуррентных моделей ИС СВЧ, учитывающих управляемость ЭДС, инерционность и когерентность процессов в них. В этом случае графические (рис.1, 2) и аналитические операторы (1) – (9) теории ЭВЦ позволяют не только корректно изображать, но и достоверно рассчитывать КПД преобразования мощности интеграцией металлических соединений и ЭП в стационарном вынужденном колебательном режиме.

Литература

1. Волощенко Ю.П. Теоретическое исследование свойств невзаимного четырехполюсника // Инженерный вестник Дона. 2018. №1 (48). С. 31.
2. Волощенко Ю.П., Волощенко П.Ю. Основы системного моделирования электрической структуры интеграции сверхбыстродействующих электронных приборов. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2014. 94 с.
3. Волощенко П.Ю. Анализ трансформации амплитуды волн нелинейным элементом, размещенным в длинной линии // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2010. №4. С. 3–5.

РАЗРАБОТКА ИГРЫ ЖАНРА «СИМУЛЯТОР ВЫЖИВАНИЯ» ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ ANDROID

Галайчук В.В., Завгороднев Е.А., Рязанова А.В.

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

E-mail: swissarmytowel@gmail.com, zavgorodnev1996@gmail.com, rya-
zanoanya@yandex.ru

Распространенность и возрастающая вычислительная мощность мобильных устройств возвели рынок мобильных игр в статус одного из наиболее динамично развивающихся в сфере развлечений. Так, по данным аналитического агентства Newzoo, в 2019 году рыночная стоимость индустрии мобильных видеоигр составила 68 миллиардов долларов США [1]. Одним из популярных жанров игр, представленных в магазинах приложений, является симулятор выживания. Особенность данного типа игр заключается в наличии у персонажа базовых потребностей, к примеру:

- 1) голод;
- 2) энергия;
- 3) сохранение тепла.

и необходимости в их удовлетворении. Основная цель игр данного жанра заключается в попытке выжить как можно больше игровых суток, либо достичь определенного количества суток для победы. В докладе описывается разработка 3D симулятора выживания от третьего лица для платформы Android [2].

Общий игровой цикл представлен на рис. 1.

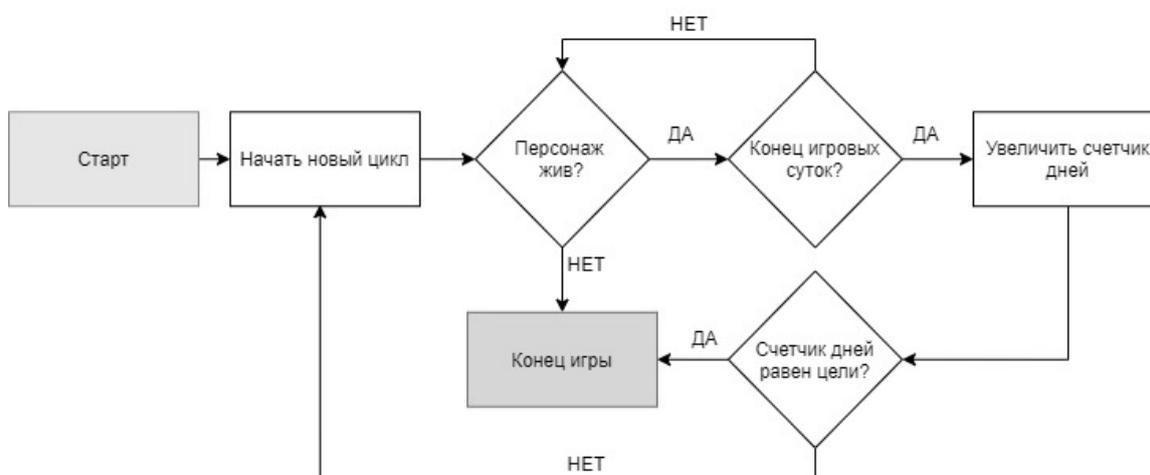


Рис. 1

При реализации данного прототипа был использован движок Unity версии 2018.4.13f1 [3, 4] с использованием бесплатной лицензии и язык программирования C#. Данный выбор обусловлен предоставлением широких возможностей для разработки игр под мобильные платформы, отсутствием необходимости в большой команде и наличием обширного магазина с бесплатными по лицензии Creative Commons ассетами, включая модели персонажей и окружающего мира.

Система передвижения персонажей была реализована с помощью компонента CharacterController. Были реализованы соответствующие классы для мануального управления с помощью бесплатного ассета JoystickPack и перемещения автономных агентов с использованием стиринговых поведений.

Нами была реализована инвентарная система с использованием модели представления предметов в зависимости от их типа: пища, оружие, материал. Визуальное представление инвентаря было разработано в виде раскрывающегося по клику иконки рюкзака с девятью слотами для ограничения количества переносимых предметов. Предметы типа «пища» имеют шкалу свежести, по истечении которой пища наносит урон здоровью игрового персонажа при употреблении.

На этапе построения дизайн-документа нами был написан концепт игры и были установлены базовые механики для дальнейшей реализации на стадии разработки.

Нами были реализованы основные механики для данного жанра: система базовых потребностей персонажа. В качестве базовых потребностей были выбраны сытость, энергия и тепло. Системы сытости и тепла были реализованы с помощью привязки шкалы к игровому таймеру. Падение показателей потребностей происходит равномерно, в случае тепла происходит ускорение снижения в темное время суток. При критическом снижении показателей происходит визуальное оповещение игрока. Восстановление показателя сытости происходит на фиксированное значение в зависимости от типа потребляемого продукта. Восстановление тепла происходит при нахождении в зоне действия источников тепла. Показатель энергии, в свою очередь, расходуется при добыче ресурсов. При низком уровне энергии игровой персонаж не может передвигаться бегом, как это происходит обычно, только шагом. Восстановление показателя энергии происходит на фиксированное значение через фиксированное количество времени. Также присутствует возможность увеличить показатель энергии при употреблении определенных видов продуктов.

Нами была введена поддержка реиграбельности в виде частичного изменения цветовой палитры персонажа, управляемого игроком, и его брони при каждом новом прохождении. Кроме того, реализована система автоматического выбора имени игрового персонажа из имеющейся базы с

возможностью пользовательского переименования. Так нами была достигнута бесшовная склейка логики различных прохождений.

На данный момент нами ведется продолжение разработки. Проводится исследование и введение новых механик, таких как: реализация процедурной генерации островов для повышения реиграбельности, создание искусственного интеллекта для автономных агентов на основе полезности и системы их передвижения по навигационной сетке, а также создание пакета шейдеров для освещения и визуальных эффектов.

Литература

1. Newzoo global games market report 2019. URL: <https://newzoo.com/insights/articles/the-global-games-market-will-generate-152-1-billion-in-2019-as-the-u-s-overtakes-china-as-the-biggest-market/> (дата обращения: 05.03.2020).
2. Manning J., Buttfield-Addison P. Mobile Game Development with Unity: Build Once, Deploy Anywhere. М.: O'Reilly Media, 2017, 463 p.
3. Unity official web page. URL: <https://unity.com/> (дата обращения: 16.01.2020).
4. Unity User Manual (2018.4), URL: <https://docs.unity3d.com/2018.4/Documentation/Manual/index.html>, (дата обращения: 18.01.2020).

Гармашов С.И.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

физический факультет,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: garmashov@sfedu.ru

В докладе представлен сайт, на котором собран учебный материал по дисциплинам, преподаваемым автором. Особенность этого учебного материала состоит в наличии не только обычных статических, но и интерактивных рисунков-графиков, а также компьютерных моделей. С помощью элементов управления, расположенных рядом с рисунком-моделью, обучающийся может варьировать наиболее важные исходные параметры изучаемой задачи и непосредственно наблюдать изменение вида отображаемых функциональных зависимостей или моделируемый процесс, объект, явление. Другими словами, обучающийся может не только прочитать текст по интересующему разделу, но и провести небольшой математический эксперимент.

Следует отметить, что некоторые из моделей, приведенных на сайте, имеют также аналоги в виде приложений, предназначенных для автономного использования на персональных компьютерах и обладающих расширенной функциональностью. Однако достоинство представления пусть даже упрощенных моделей через сеть Интернет заключается в том, что обучающийся имеет возможность постоянного доступа к этим моделям, в том числе и через мобильные устройства.

На сайте представлены материалы по таким дисциплинам, как «Физика полупроводников», «Твердотельная электроника» (направление подготовки «Техническая физика»), «Теория колебаний» (направление подготовки «Радиофизика»), «Математическое моделирование физических и экологических систем» (направление подготовки «Ядерная физика и технологии»), а также модели, связанные с научно-исследовательской работой автора.

Работа по созданию моделирующих программ как средства совершенствования процесса обучения студентов была инициирована доцентом кафедры физики полупроводников физического факультета РГУ Гершановым Владимиром Юрьевичем еще на заре появления персональных компьютеров в нашем университете [1–3]. С тех пор было разработано немало компьютерных приложений, которые впоследствии представлялись на различных конференциях, в том числе конференциях «Современные информационные технологии в образовании», выставках разного уровня [3–5] и

продолжают использоваться в учебном процессе в модернизированном виде. Сайт «Компьютерное моделирование систем» представляет собой одну из форм такой модернизации, проведенной автором. Важно отметить, что к разработке моделирующих программ привлекаются также и сами студенты: некоторые из моделей, реализованные на сайте «Компьютерное моделирование систем», были разработаны с участием студентов.

В качестве иллюстрации на рис. 1–3 приведены скриншоты интернет-страничек сайта, содержащих некоторые из моделей, а именно – модель полевого транзистора с управляющим р-п-переходом, демонстрирующую принцип работы и выходную вольтамперную характеристику этого транзистора (рис. 1); модель миграции адсорбированных атомов на поверхности кристалла и их объединения в кластеры (рис. 2); модель конкурентных отношений двух популяций за один общий пищевой ресурс (рис. 3).

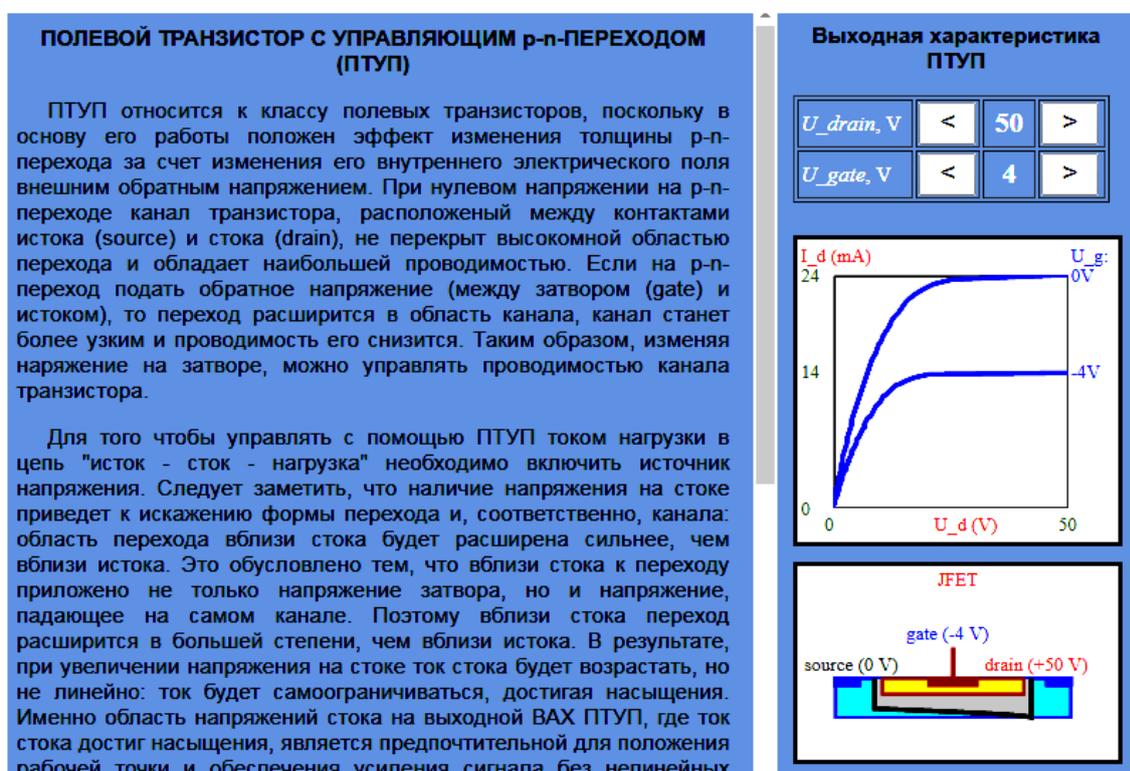


Рис. 1. Учебный материал по теме «Полевой транзистор с управляющим р-п-переходом»

Модель "Рост кристалла"

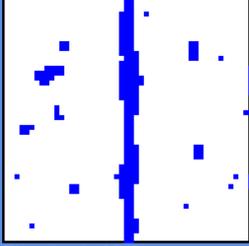
При изучении кинетики роста кристаллов важное значение имеет атомное строение поверхности кристалла. Ее состояние определяется разными конфигурационными положениями адсорбированных атомов на поверхности кристалла. Среди этих положений различают положение "на поверхности", когда атом образовал только одну связь с нижележащим атомом; положение "на ступени", когда атом образовал связь как с нижележащим атомом, так и атомом в ступени; положение "в изломе", когда атом встроился в трехгранный угол, образованный атомами "на ступени", "в ступени" (т.е. внутри ступени) и атомами "в поверхностном слое". Важно отметить, что при встраивании атома в излом, излом не исчезает, а воспроизводится.

Изломы играют большую роль в росте кристалла, поскольку именно в них происходит присоединение к кристаллу новых атомов, т.е. рост кристалла.

Справа представлена модель присоединения атомов к кристаллу на его поверхности при наличии ступени. Модель позволяет варьировать скорость адсорбции, десорбции и миграции атомов по поверхности.

Модель "Рост кристалла"

Размер области (20..100)	50
Вероятность адсорбции (0..1)	0.05
Вероятность десорбции одиночного атома (0..1)	1.00
Вероятность десорбции атома с двумя связями (0..1)	0.05
Вероятность смещения одиночного атома (0..1)	1.00
<input type="button" value="Go!"/>	



Time (a.u.): 9768
Adsorbed atoms: 214

Рис. 2. Учебный материал по теме «Рост кристалла»

Модель "Эволюция популяций"

Как известно, для описания систем, в том числе экологических, применяют как детерминистские, так и стохастические модели. В моделях первого типа состояния системы описывается как решение некоторого дифференциального уравнения или системы таких уравнений. В этом случае предыдущее состояние системы однозначно определяет последующие её состояния согласно найденному решению упомянутых уравнений. В моделях стохастического типа можно лишь говорить о вероятности перехода системы в то или иное состояние.

Справа представлена несложная стохастическая модель, с помощью которой можно наблюдать за эволюцией одной или двух популяций, конкурирующих за один пищевой ресурс.

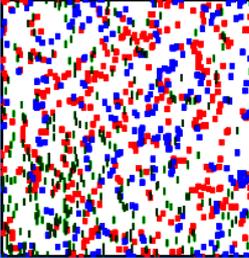
Как известно, при неограниченном пищевом ресурсе численность популяции растет экспоненциально в соответствии с законом Мальтуса. Такую ситуацию можно смоделировать, задав в параметрах справа достаточно большой объем пищевого ресурса и малый период его возрождения.

Однако в реальной ситуации с ростом численности популяции усиливаются ограничивающие факторы, например, начинает сказываться конечность объема пищевого ресурса. В этом случае кривая роста численности популяции, как правило, представляет собой так называемую логистическую кривую. Логистическая кривая на начальном участке действительно схожа с экспонентой, но со временем выходит на насыщение - постоянное значение. В этом можно убедиться, уменьшив объем пищевого ресурса и повысив период его возрождения.

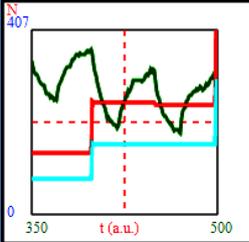
Одна из интересных задач в изучении эволюции популяций связана с их конкуренцией за один общий пищевой ресурс. Согласно принципу конкурентного исключения Вольтерра-Гаузе, несколько конкурирующих видов не могут сосуществовать и один из видов вытесняет остальные. Этим видом оказывается тот вид, который может сосуществовать при наименьшем количестве пищевого ресурса. С помощью модели, представленной справа, можно проверить этот вывод, задав разные параметры для двух видов.

Назад к другим моделям

Начальное кол-во особей	20	10
Время жизни здоровой особи	500	500
Мин. расстояние до пищи для ее съедания	2	3
Макс. кол-во пищи и период ее возрождения	400	20
<input type="button" value="Go!"/>		



time: 500 food: 296
k1: live: 407 ill: 0 death: 0
k2: live: 299 ill: 0 death: 0



N
0 350 t (a.u.) 500

Рис. 3. Учебный материал по теме «Эволюция популяций»

Алгоритмы моделирования для сайта написаны на языке программирования JavaScript и языке разметки масштабируемой векторной графики SVG (Scalable Vector Graphics).

Содержание учебного сайта «Компьютерное моделирование систем» регулярно обновляется, дополняется текстовой информацией и новыми моделями. Ссылка на него размещена на личной странице автора на сайте Южного федерального университета.

Литература

1. Гершанов В.Ю. Моделирование на ЭВМ фотопроводимости в полупроводниках / В.Ю. Гершанов, С.И. Гармашов // Методические указания к практикуму по физике полупроводников. Ростов-на-Дону: УПЛ РГУ, 1995. 14 с.
2. Гершанов В.Ю. Моделирование на ЭВМ поведения уровня Ферми в полупроводниках / В.Ю. Гершанов, С.И. Гармашов // Методические указания к практикуму по физике полупроводников. Ростов-на-Дону: УПЛ РГУ, 1995. 18 с.
3. Гершанов В.Ю. Комплекс моделирующих программ для лекционных и лабораторных занятий по физике полупроводников и полупроводниковых приборов / В.Ю. Гершанов, С.И. Гармашов // Тезисы докладов научно-методической конференции «Современные информационные технологии в образовании: Южный Федеральный округ», 15–17 мая 2003 г. Ростов-на-Дону, 2003. С.67.
4. Гармашов С.И. Проект «Моделирующие компьютерные программы для науки и образования» / С.И. Гармашов, В.Ю. Гершанов, А.В. Турик // XVI Донской образовательный выставочный фестиваль «Образование. Карьера. Бизнес» (Ростов-на-Дону, ВЦ «ВертолЭкспо», 4–5 апреля 2013 г.).
5. Гармашов С.И. Проект «Моделирующие компьютерные программы для образования и науки» / С.И. Гармашов, В.Ю. Гершанов, А.В. Турик // 16-й Всероссийский форум «Образовательная среда-2014» (Москва, ВДНХ, 21–24 октября 2014 г.).

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОМИГРАЦИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ С 4-МЯ СИНГУЛЯРНЫМИ ГРАНЯМИ В СТАЦИОНАРНЫХ ТЕПЛОВЫХ УСЛОВИЯХ

Гармашов С.И., Карпенко А.С.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
физический факультет,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: garmashov@sfnedu.ru

Компьютерное моделирование процесса термомиграции (миграции жидких включений в неоднородно нагретом кристалле) [1–12] представляет интерес как инструмент для построения методик исследования анизотропии межфазной энергии (АМЭ) и параметров межфазной кинетики на основе полученных экспериментальных данных.

Проблема заключается в том, что форму включения в кристалле аналитически можно описать только в условиях термодинамического равновесия (т.е. когда кристалл нагрет однородно), исходя из уравнения Гиббса–Томсона и правила Кюри–Вульфа [13] в соответствии с заданной АМЭ. В случае же миграции включения в кристалле обусловленной нарушением равновесия, например, из-за наличия градиента температуры, задача о форме и скорости включения требует учета особенностей нелинейной (в общем случае) межфазной кинетики и применения численных методов. Ещё больше усложняется эта задача при учете возможной нестационарности теплового режима термомиграции [5]. Однако в настоящем докладе мы ограничиваемся рассмотрением случая строго стационарных тепловых условий.

АМЭ и связанные с ней капиллярные эффекты стремятся придать включению равновесную симметричную форму, а затрудненность межфазных процессов, наоборот, является причиной отклонения формы мигрирующего включения от равновесной. Анализируя закономерности изменения формы включения от его объема, АМЭ, степени затрудненности межфазных процессов можно попытаться построить методику определения АМЭ и параметров межфазной кинетики и протестировать ее путем компьютерного моделирования. Для случая цилиндрических включений, форма поперечных сечений которых содержит две сингулярные грани, в работах [6,7] были предложены методики определения степени АМЭ, соотношения степени затрудненности процессов растворения и кристаллизации.

В настоящем докладе представлены результаты компьютерного моделирования формы сечений цилиндрических включений, содержащих 4 сингулярные грани, что характерно для включений водных растворов в

кристаллах типа KCl, NaCl, KBr. В этом случае АМЭ может быть аппроксимирована функцией вида [3]:

$$\gamma(\varphi) = \gamma_{\min} \left[1 + (\eta - 1) \left| \sin \left(\frac{M}{2} \varphi \right) \right| \right] \quad (1)$$

где $\gamma(\varphi)$ – удельная межфазная энергия грани с ориентацией, определяемой углом φ , γ_{\min} – удельная межфазная энергия сингулярных граней, M – количество сингулярных граней на форме сечения включения (в настоящей работе рассматриваются случаи $M = 2$ и 4), $\eta = \gamma_{\max}/\gamma_{\min} > 1$ – степень анизотропии межфазной энергии.

Впервые достаточно полная модель термомиграции была предложена в работе [2]. В ней учитывались диффузионный массоперенос и ограничения процессов кристаллизации и растворения на межфазных границах, но не учитывались капиллярные эффекты, роль которых существенна в случае цилиндрических и точечных включений. Учёт капиллярных эффектов был осуществлен в работе [3], но не были учтены в модели конкретные механизмы межфазных процессов и не был проведен детальный анализ полученных результатов расчетов. В этой же работе для расчета формы сечения цилиндрического включения был предложен метод граней, суть которого состоит в аппроксимации криволинейных участков межфазной границы плоскими участками конечной ширины с небольшими углами между ними. Метод граней удобен тем, что он достаточно прост в реализации и не налагает ограничений на вид анизотропии межфазной кинетики и межфазной энергии, хотя, как было показано в [8, 9], обладает медленной сходимостью (погрешность расчетов убывает как N^{-1} , N – количество аппроксимирующих граней).

Модель, учитывающая механизмы межфазных процессов и капиллярные эффекты, но для частного случая формы сечения включения с 2 сингулярными гранями была предложена в работах [10–12], а результаты расчетов по этой модели в работах [6, 7, 12]. Расчет форм сечений в этих работах осуществлялся путем численного интегрирования несобственного интеграла, что быстрее по сравнению с методом граней. Применение же численного интегрирования для расчета форм с 4-мя сингулярными гранями, рассматриваемых в настоящей работе, становится затруднительным и поэтому имело смысл использовать метод граней.

Для построения формы сечения мигрирующего цилиндрического включения в среде MS Visual Studio на языке C# была разработана компьютерная программа. Первая версия программы, ориентированная на нахождение формы и площади сечения включения по его скорости, была представлена в работах [8, 9]. Но для сравнения результатов моделирования для случаев форм с 2-мя и 4-мя сингулярными гранями удобнее рас-

считать включения с одинаковой площадью. Поэтому ранее разработанная программа была модернизирована: в ней была добавлена возможность поиска искомой скорости и формы цилиндрического включения по заданной площади его сечения. Сложность заключалась в том, что зависимость скорости включения от площади его сечения немонотонная и одному значению скорости включения может соответствовать 2 или 3 формы его сечения и, соответственно, площади. По этой причине возникала необходимость в составлении специального алгоритма, который позволил находить скорость миграции включения, соответствующую заданной площади, исходя из количества возможных решений на интервале площадей. Интерфейс разработанной программы представлен на рис. 1.

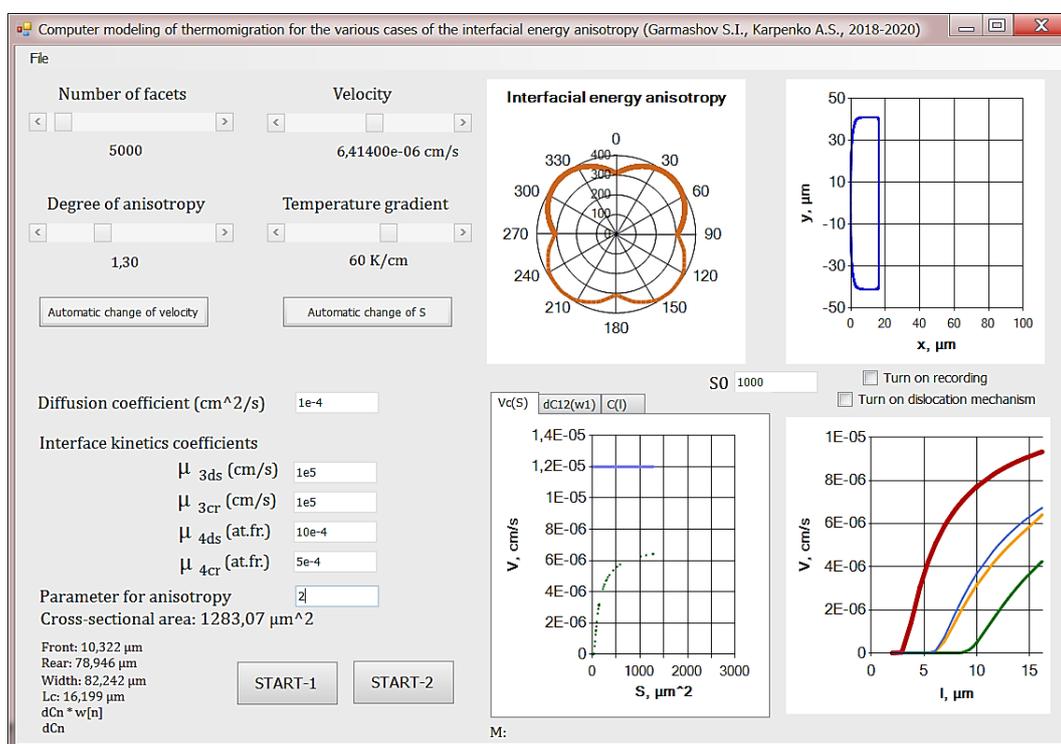


Рис. 1. Интерфейс программы

С помощью усовершенствованной программы были рассчитаны зависимости скорости включения от площади его сечения при различной степени АМЭ η для случая 4-х сингулярных граней и сопоставлены с аналогичными зависимостями в случае 2-х сингулярных граней. Выяснено, что скорость миграции цилиндрических включений с 4-мя сингулярными гранями меньше скорости миграции включений с 2-мя сингулярными гранями (при прочих равных условиях) из-за различия в виде функции (1) и соответствующего различия в граничных условиях.

Анализ рассчитанных форм сечений включений с 4-мя сингулярными гранями, представленных на рис. 2 а, показал потенциальную возможность

определения степени АМЭ по методике, подобной описанной в [6,7], а именно путем экстраполяции зависимости отношения размеров сечения включения d/l и d/w (или их полусуммы) (рис. 2) от площади сечения S к $S = 0$. Как видно из рис. 2,б, с уменьшением S отношения d/l , d/w и их полусумма $d(l^{-1}+w^{-1})/2$ стремятся к искомому значению степени АМЭ, заложенному в модели ($\eta = 1.2$). Более подробные результаты проведенного моделирования и выводы по ним приводятся в докладе.

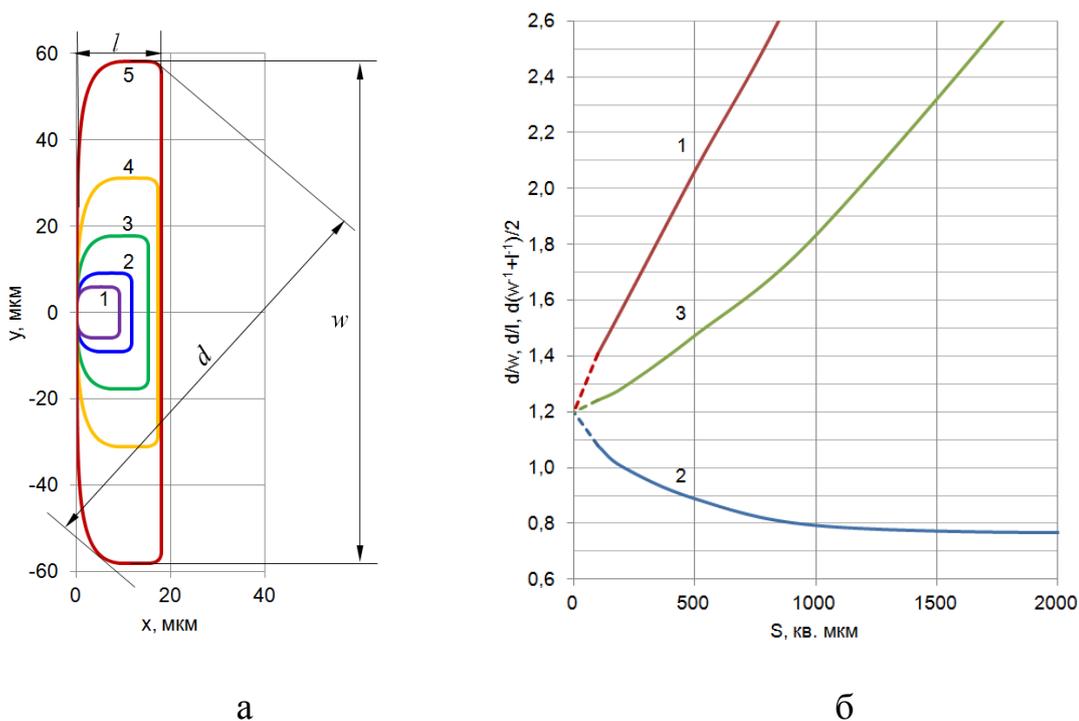


Рис. 2. Рассчитанные формы включений с 4-мя сингулярными гранями и разной площадью сечения S ($S = 100$ (1), 200 (2), 500 (3), 1000 (4), 2000 (5) кв. мкм) (а) и характер изменения отношений d/l (кривая 1), d/w (кривая 2) и их полусуммы (кривая 3) при изменении площади S (б) ($\eta = 1.2$)

Литература

1. Pfann W.G. Temperature gradient zone melting [Text] / W.G. Pfann // Journal of Metals. 1955. V. 7, N. 9. P. 961–964.
2. Tiller W.A. Migration of a liquid zone through a solid: Part I, II [Text] / W.A.Tiller // J. Appl. Phys. 1963. V. 34, N. 9. P. 2757–2767.
3. Cline H.E. Nonequilibrium morphology of liquid inclusions migrating in solids [Text] / H.E. Cline, T.R. Anthony // J. Appl. Phys. 1977. V. 48, N. 12. P. 5096–5104.
4. Лозовский В.Н. Зонная перекристаллизация градиентом температуры полупроводниковых материалов [Текст] / В.Н. Лозовский, Л.С. Лунин, В.П. Попов. М.: Металлургия, 1987. 232 с.

5. Гершанов В.Ю. Нелинейные нестационарные эффекты в процессах массопереноса [Текст] / В.Ю. Гершанов, С.И. Гармашов. Ростов н/Д: Изд-во Южного федерального университета. 2014. 114 с.
6. Гармашов С.И. Применение компьютерного моделирования при исследовании анизотропии межфазной энергии методом термомиграции жидких включений в кристалле [Текст] / С.И. Гармашов, В.В. Проценко // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития: Материалы XXV научной конференции, 17 – 18 мая 2018 г., г. Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону; Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2018. С. 49–52. (ISBN 978-5-9275-2798-4).
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 [Текст] / С.И. Гармашов // Кристаллография. 2018. Т. 63, №5 С.827– 831.
8. Гармашов С.И. Применение модели граней для анализа форм сечений жидких цилиндрических включений, мигрирующих в кристалле / С.И. Гармашов А.С. Карпенко [Текст] // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития: Материалы XXVI научной конференции, 18– 19 апреля 2019 г., г. Ростов-на-Дону, Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ. 2019. С. 74– 77. (ISBN 978-5-9275-3139-4).
9. Garmashov S.I. Computer simulation of migration of liquid cylindrical inclusions in a crystal in some cases of interfacial energy anisotropy [Text] / S.I. Garmashov A.S. Karpenko // Proceedings of Eighth China-Russia Conference on Numerical Algebra with Applications (CRC-NAA'19), June 24-27, 2019, Rostov-on-Don, Russia. Rostov-on-Don; Taganrog: Southern Federal University Publishing, 2019. P. 25–29. ISBN 978-5-9275-3155-4.
10. 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 [Text] / S.I. Garmashov, V.Yu. Gershanov // J. Cryst. Growth. 2009. V.311, N.2. P.413–419.
11. Гершанов В.Ю. Обратный эффект Гиббса-Томсона [Текст] / В.Ю. Гершанов, С.И. Гармашов // Журнал технической физики. 2015. Т.85, вып.1. С. 61–65.
12. Гармашов С.И. О скорости термомиграции жидких цилиндрических включений в кристалле в стационарных тепловых условиях [Текст] / С.И. Гармашов // Физика твердого тела. 2019. Т. 61, № 12. С. 2303–2306.
13. Чернов А.А. Процессы кристаллизации [Текст] // Современная кристаллография. Т. 3. Образование кристаллов. М.: Наука, 1980. Гл. 1. С. 7–232.

ОЖИДАЕМОЕ УСКОРЕНИЕ ОТ МЕТОДА РАЗМЕЩЕНИЯ ДАННЫХ С КРАТНЫМИ ПЕРЕКРЫТИЯМИ

Гервич Л.Р.

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

E-mail: lgervith@gmail.com

Метод размещения данных с кратными перекрытиями является одним из способов ускорения параллельных программ [1, 2]. Данный метод хорошо зарекомендовал себя при ускорении многомерных итерационных задач.

Проиллюстрируем метод на примере метода Якоби для двумерной задачи Дирихле для уравнения Лапласа [4].

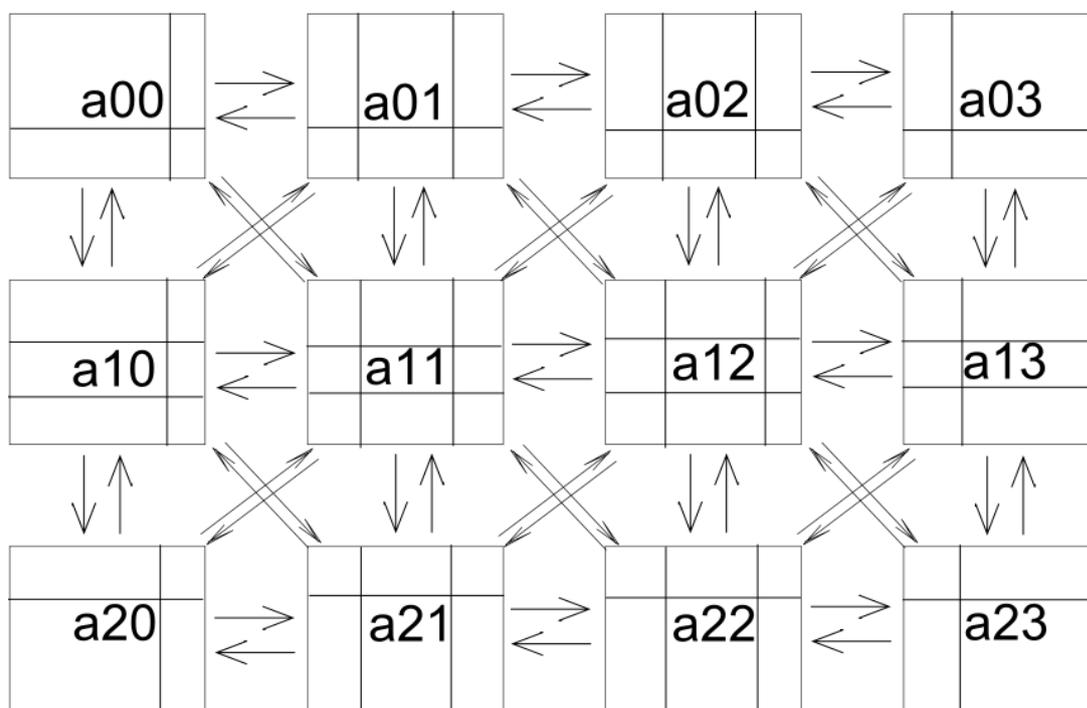


Рис. 1. Схема межпроцессорных обменов данными для параллельного алгоритма решения двумерной задачи Дирихле с перекрытиями.

Процессорные элементы A_{ij} расположены на двумерной решетке, узлы которой занумерованы соответствующими двумя индексами.

Стрелкой, ведущей из одного процессора в другой, обозначена пересылка данных между этими процессорами.

Размер перекрытия – количество строк (столбцов), размещенных в текущем процессоре, но принадлежащих также блоку соседнего процессора (рис. 1).

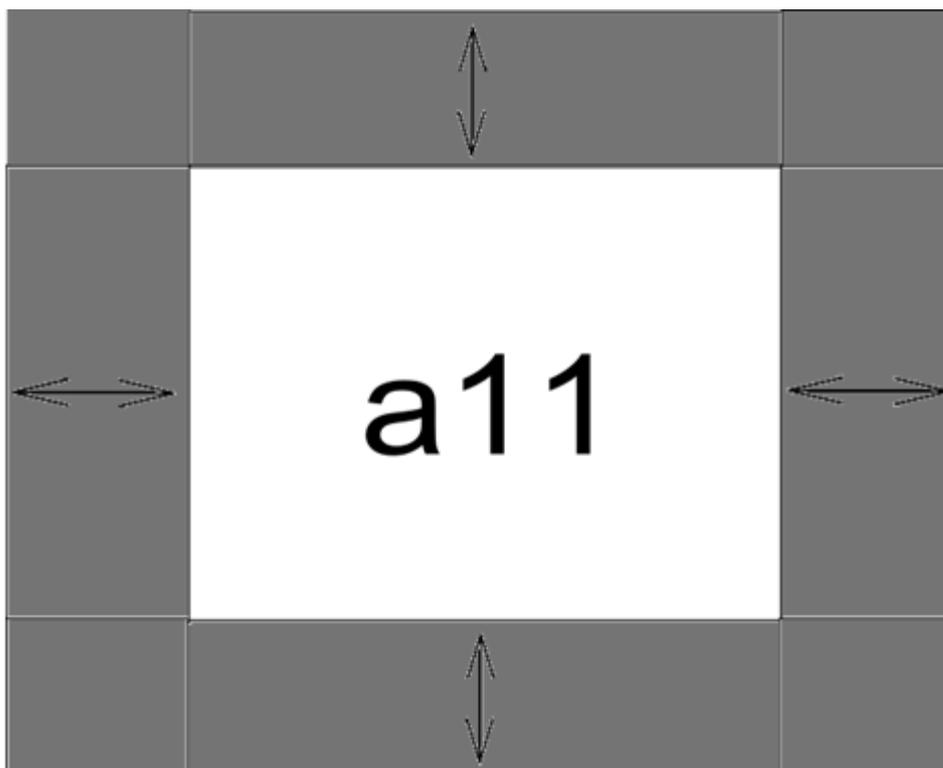


Рис. 2. Данные одного блока (в центре) и пересылаемые к нему данные из других блоков (на рисунке выделены).

Пересылаемые данные были размещены в соседних по каждому измерению процессорных элементах, а также в элементах, соседних по главной и побочной диагоналям решетки

Выберем для метода Якоби размер перекрытия, равный m . На первой итерации каждый процессор отправляет m верхних граничных строк левому соседу по i -му измерению, а m нижних – правому (рис. 1). Затем процессор отправляет m правых граничных столбцов правому соседу по j -му измерению, а m левых – левому (рис. 1). Однако такой пересылки недостаточно для выполнения итерации метода Якоби (рис. 1). Необходимо произвести также обмен граничных блоков размера $(m) \times (m)$ по всем диагоналям решетки так, как это показано на рис. 1. Теперь для внутренних элементов нового блока можно выполнить итерацию метода Якоби (рис. 2).

На следующей итерации граничные элементы каждого блока можно отбросить (рис. 2). Тогда для новых внутренних элементов блока можно снова выполнить итерацию метода Якоби. И так далее до m -й итерации, на которой необходимо снова выполнить описанную пересылку. Таким образом, пересылка выполняется через каждые $m-1$ итераций. Данный метод можно обобщить для n -мерной задачи Дирихле. Например, для трехмерной

задачи аналогичные пересылки будут производиться в соответствии с топологией «трехмерный куб» [3].

Сравнивая данный алгоритм с классическим [4], получаем следующее:

- 1) Количество алгебраических операций у алгоритма, использующего перекрытия, больше, чем у классического алгоритма.
- 2) Объем пересылаемых данных у обоих алгоритмов одинаков.
- 3) Каждая пересылка алгоритма, использующего перекрытия, требует больше времени, чем пересылка классического алгоритма.
- 4) Количество пересылок алгоритма, использующего перекрытия, меньше количества пересылок классического алгоритма.

Надо отметить, что в случае, когда сетка содержит малое количество элементов, т.е. количество алгебраических операций невелико, распараллеливание не даст выигрыша в производительности.

Численные эксперименты (таблица 1) проводились на кластере INFINI ЮГИНФО [5].

INFINI – Linux-кластер, состоящий из 20 вычислительных узлов, соединенных служебной сетью Gigabit Ethernet и скоростной коммуникационной сетью SDR Infiniband (скорость передачи 700 Мб/сек, латентность 5 мксек) [6]. Каждый вычислительный узел представляет собой компьютер с процессором Intel Pentium 4 3.4 ГГц и оперативной памятью DDR2 2Гб. Производительность каждого вычислительного узла на тесте Linpack составляет 5.8 Gflops, а всего кластера в целом 115 Gflops. При разработке использовались среда параллельного программирования MPI (MVAPICH-1.1.0) и компилятор GCC 4.3.2.

Таблица 1. Результаты численных экспериментов для метода Якоби решения задачи Дирихле для трехмерного уравнения Лапласа

Кластер INFINI ЮГИН- ФО	Размерность сетки	Количе- ство ите- раций	Количе- ство процес- соров	Время простого алгорит- ма	Время ал- горитма с перекры- тиями
	500*500*500	2000	8	26m 27s	13m 38s

Таким образом, можно ожидать ускорение и на других итерационных многомерных задачах.

Литература

1. Гервич Л.Р., Кравченко Е.Н., Штейнберг Б.Я., Юрушкин М.В. Автоматизация распараллеливания программ с блочным размещением данных // Сибирский журнал вычислительной математики 2015. Т. 18, №1. С. 41–53. DOI: 10.1134/S1995423915010012.
2. Ammaev S.G., Gervich L.R., Steinberg B.Y. Combining Parallelization with Overlaps and Optimization of Cache Memory Usage // International

- Conference on Parallel Computing Technologies. Cham: Springer, 2017. P. 257–264.
3. Гергель В.П. Высокопроизводительные вычисления для многопроцессорных многоядерных систем. Учебник. М.: Изд-во Московского ун-та, 2010, 544 с.
 4. Букатов А.А., Дацюк В.Н., Жегуло А.И. Программирование многопроцессорных вычислительных систем. Ростов-на-Дону: Изд-во ООО "ЦВВР", 2003. 208 с.
 5. ЦКП Высокопроизводительные вычисления. URL: <http://uginfo.sfedu.ru/skrww>.
 6. Дайерлинг К. InfiniBand: архитектура коммутации для серверов, запоминающих устройств и коммуникационных систем // Мир компьютерной автоматизации: научный журнал. <http://www.mka.ru/?p=44434>.

ОБ ОПЫТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ AUTOCAD ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ДОКУМЕНТАЦИИ ПО ПЛАНИРОВКЕ ТЕРРИТОРИИ

Гинис Л.А., Уварова А.А.

*ФГАОУ ВО Южный федеральный университет,
Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения,
г. Таганрог*

E-mail: gla@sfedu.ru

Современное планирование и управление развитием городского пространства во многом зависит от новых подходов в области информационных и геоинформационных технологий, выступающих в роли инструментария для решения научных и практических задач в сфере территориального планирования.

Сегодня территориальное планирование является важным комплексом мероприятий, играющим особо важную роль в градостроительстве и развитии территорий субъектов Российской Федерации. В ФЗ-190 отмечается, что территориальное планирование – это планирование развития земель, в частности, для установления функциональных зон, зон с особыми условиями использования земли, определения планируемого размещения объектов федерального значения, объектов регионального значения, объектов местного значения [1].

Решения по развитию инфраструктуры, созданию новых социальных объектов, реализации инвестиционных проектов принимаются на основании специализированного пакета документов территориального планирования. Важно отметить, что проектная документация включает как текстовую, так и графическую часть. Возникает вопрос о выборе программной среды, с помощью которой, можно быстро и качественно создать планы и чертежи территории с учетом существующих требований, современных строительных норм и правил, и на основе рационального проектирования.

Сегодня для решения этой проблемы на отечественном рынке предлагается большое количество программных продуктов: ГИС «Панорама», программные продукты нового поколения ArcGIS 9 (компания ESRI), Программный комплекс АРГО и ряд других. В результате проведенного анализа с учетом стоимости, поддержки файлов в разных форматах и наличия встроенного языка программирования была выбрана программная среда AutoCAD (разработчик компания Autodesk). Начиная с первой версии, выпущенной в 1982 году, на протяжении вот уже почти 40 лет AutoCAD совершенствуется по мере развития цифровых технологий. Это надежный помощник для нескольких поколений инженеров, архитекторов, дизайнеров, проектировщиков [2, 3].

Опишем имеющуюся задачу. Необходимо разработать пакет документации для проведения работ по планировке территории с целью размещения элементов реконструируемого тоннеля Северо-Кавказской железной дороги в границах г. Сочи. Документация по планировке территории (ДПТ) данного объекта состоит из шести основных разделов: раздел 1. Проект планировки территории. Графическая часть; раздел 2. Проект планировки территории. Положение о размещении объекта; раздел 3. Проект планировки территории. Обоснование. Графическая часть; раздел 4. Проект планировки территории. Пояснительная записка; раздел 5. Проект межевания территории. Основная часть; раздел 6. Проект межевания территории. Материалы по обоснованию.

Проект планировки территории включает в себя разработку межевого плана территории (ПМТ). При реализации чертежа ПМТ проектировщик использует более двух десятков объектов, в AutoCAD имеется возможность работы со слоями, что и позволяет одновременно наносить на чертеж такие объекты как: границы территории, в отношении которой осуществляется подготовка проекта межевания, красные линии, границы кадастровых кварталов, земельные участки, объекты капитального строительства и ряд других объектов. На рис. 1 представлен чертеж проекта межевания территории в программной среде AutoCAD с полным объемом разбитых по слоям объектов.

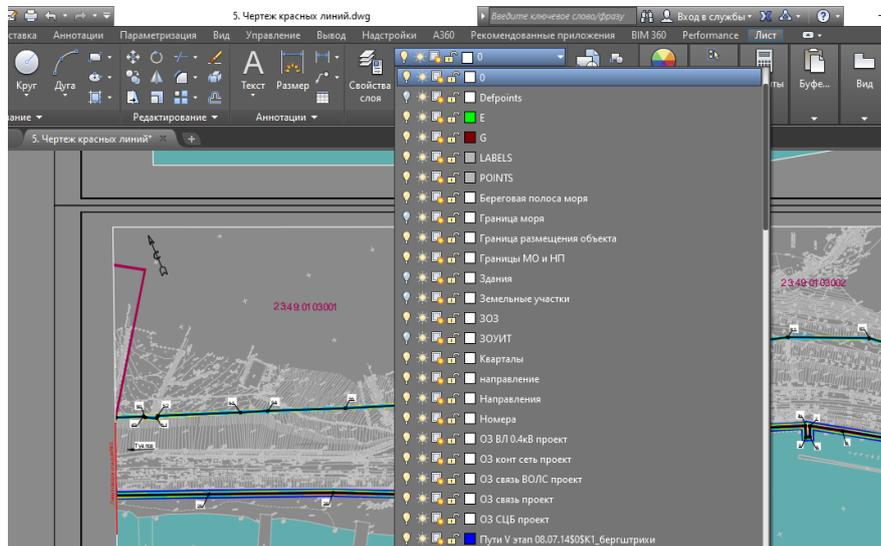


Рис. 1. Список слоев чертежа проекта межевания территории

Созданный в программной среде AutoCAD чертеж чаще всего имеет расширение *.DWG, который без особых усилий можно конвертировать в формат .PDF. Файл .DWG представляет собой двоичный файл, содержащий данные векторного изображения и метаданные, но при формировании графического материала в пакет ДПТ удобно использовать именно расширение *.PDF. Каждый PDF файл инкапсулирует полное описание докумен-

та, что включает в себя текст, шрифты, изображения и векторную графику, которые составляют документ. На рис.2 представлен один из листов чертежа проекта межевания территории в формате PDF, который является итогом этапа разработки ПМТ.

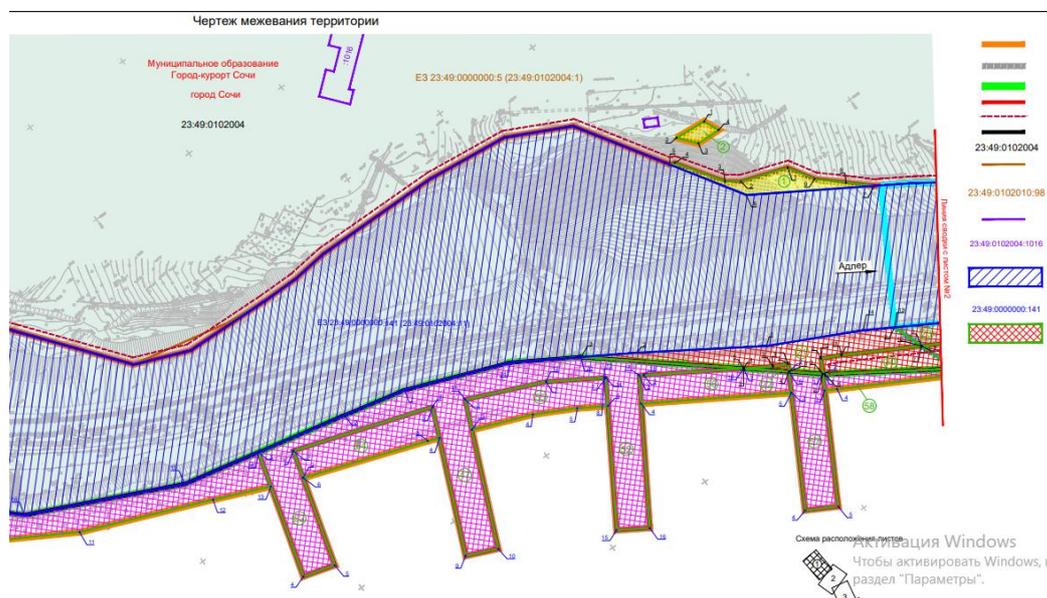


Рис.2. Лист чертежа проекта межевания территории в формате PDF

Особенностью AutoCAD является возможность моделирования территории со всеми объектами путем динамического обновления чертежей при внесении изменений в результаты изысканий или проектные решения до выпуска проектной документации.

Достоинством программной среды AutoCAD является наличие встроенного языка программирования AutoLISP, позволяющего разрабатывать программы и функции на мощном языке высокого уровня, который хорошо сочетается с прикладной графикой. Создание своих программ позволяет разрабатывать не просто чертежи и документы, а встраивать их в информационную систему, а при наложении на актуальные карты и добавлении пространственных данных, разрабатывать геоинформационную систему.

Литература

1. ФЗ-190 от 29.12.2004 «Градостроительный кодекс Российской Федерации» (ред. от 27.12.2019) [Электронный ресурс] // URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 25.02.2020).
2. Официальный сайт AUTODESK [Электронный ресурс] // URL: <https://www.autodesk.ru/> (дата обращения: 25.02.2020).
3. De Groff D., Madasamy A. P. E. Solving graphicstatics problems using AutoCad // Computers in Education Journal. 2013. Vol. 23(2). Pages 74–81.

ВЫЧИСЛЕНИЕ МУЛЬТИСТАБИЛЬНОСТИ ДЛЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С КОСИММЕТРИЧНЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ

Говорухин В.Н.¹, Цибулин В.Г.¹, Тяглов М.Ю.²

¹ ФГАОУ ВО Южный федеральный университет,

г. Ростов-на-Дону

² Шанхайский университет транспорта,

г. Шанхай, КНР

E-mail: vngovoruhin@sfnedu.ru, vgcibulin@sfnedu.ru, tyaglov@sjtu.edu.cn

Исследуются динамика и реализация стационарных состояний для механической системы со связью, которая задается поверхностью в трехмерном пространстве, имеющей основанием желоб с дном в виде эллипса. Минимум потенциальной энергии системы достигается в точках эллипса, что порождает континуум равновесий – сильную мультистабильность. Показано, что соответствующая математическая модель формулируется в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений с косимметрией [1, 2]. Проведен анализ движений при различных значениях начальной потенциальной энергии, полуосях эллипса и коэффициента трения. Изучены механизмы реализации равновесий семейства (эллипса) при действии трения. Показана сложная зависимость от начальных состояний, что связано с эффектом памяти о консервативном хаосе. При помощи теории косимметрии дан анализ влияния возмущений поверхности, приводящих к разрушению семейства равновесий и нетривиальным динамическим эффектам.

Рассматривается динамическая система с тремя степенями свободы, определяемая следующими выражениями для кинетической T и потенциальной энергий V :

$$T = m \frac{u^2 + v^2 + w^2}{2}, \quad u = \dot{x}, \quad v = \dot{y}, \quad w = \dot{z}, \quad V = mgz,$$

Здесь m – масса шарика, g – гравитационная константа. Шарик движется по поверхности, определяемой уравнением связи

$$z - F(x, y) = 0, \quad F(x, y) = \frac{1}{4}(1 - P)^2 + \varepsilon f(x, y), \quad P = \frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2}$$

Потенциальную энергию при $\varepsilon = 0$ будем называть косимметричным потенциалом, поскольку соответствующая ему система обладает косимметрией. Слагаемое с ε позволяет описать возмущение косимметричного потенциала. После исключения связи система обыкновенных дифференциальных уравнений в случае линейного трения с коэффициентом μ имеет вид

$$\dot{x} = u, \quad \dot{u} = -\frac{\mu u}{m} + F_x G, \quad \dot{y} = v, \quad \dot{v} = -\frac{\mu v}{m} + F_y G, \quad G = \frac{g + F_{xx}u^2 + 2F_{xy}uv + F_{yy}v^2}{1 + F_x^2 + F_y^2}$$

Нижним индексом обозначено дифференцирование по координатам x и y . Рассматривается задача Коши, начальные условия ставятся для положений x , y и скоростей u , v .

При $\varepsilon = 0$ система обладает линейной нетривиальной косимметрией $L = (\mu a^2 y, -\mu b^2 x, a^2 y, -b^2 x)^T$ и имеет семейство равновесий $\Omega = \{x = a \cos \theta, y = b \sin \theta, u = v = 0\}$, $\theta \in [-\pi, \pi]$. Система имеет интеграл энергии при $\mu = 0$. В случае $\mu > 0$ из всех ненулевых начальных данных траектории стремятся к устойчивым равновесиям, составляющим эллипс.

Для исследования сильной мультистабильности проводился численный эксперимент, состоящий в многократном решении задачи Коши. Начальные положения точки выбирались на стенке желоба при одинаковых значениях потенциальной энергии, кинетическая энергия была равна нулю, т.е. положение характеризовалось углом $\theta_0 = \tan^{-1} y/x$ и радиусом

$$\rho = \sqrt{\left(\frac{x}{a}\right)^2 + \left(\frac{y}{b}\right)^2}.$$

При нулевой потенциальной энергии эти начальные данные соответствуют семейству равновесий. Увеличение энергии позволяет проанализировать возможные сценарии реализации равновесий при изменении коэффициента трения и эксцентриситета. Для решения задачи Коши применялся метод Рунге–Кутты с автоматическим выбором шага и порядком точности 7/8. Основные расчеты велись с точностью 10^{-12} , проверка результатов проводилась при 10^{-14} . Использование интегратора высокого порядка обеспечило сохранение качественных характеристик динамики системы (интегралов и симметрий) на больших временах с точностью 10^{-7} .

При $\mu = 0$ даже малое отклонение b от a порождает нестационарную динамику. В результате вычислений обнаружены области хаотической динамики, которые реализуются уже при умеренных значениях V . При росте V размеры хаотических зон увеличиваются.

При $\mu > 0$ были проведены эксперименты по реализации равновесий из различных положений, характеризуемых начальным углом θ_0 и значением потенциальной энергии V_0 . Положение конечной точки на семействе дается углом θ_n , что позволяет численно определить функцию $M: \theta_0 \rightarrow \theta_n$. В случае симметрии функция $M(\theta)$ является линейной при малых V и становится кусочно-линейной при достаточно больших V . В косимметричном случае ($a \neq b$) при малых значениях потенциальной энергии получается практически линейная функция. С увеличением V происходит деформация прямой и формируются «полочки», отвечающие равновесиям $x = 0$, $y = \pm \pi/2$. Это означает, что из большинства начальных данных реализуются окрестности этих двух равновесий. Дальнейший рост V приводит к

усложнению процесса установления и к возникновению чувствительности к начальным данным при $V > 2.5$, см. рис. 1.

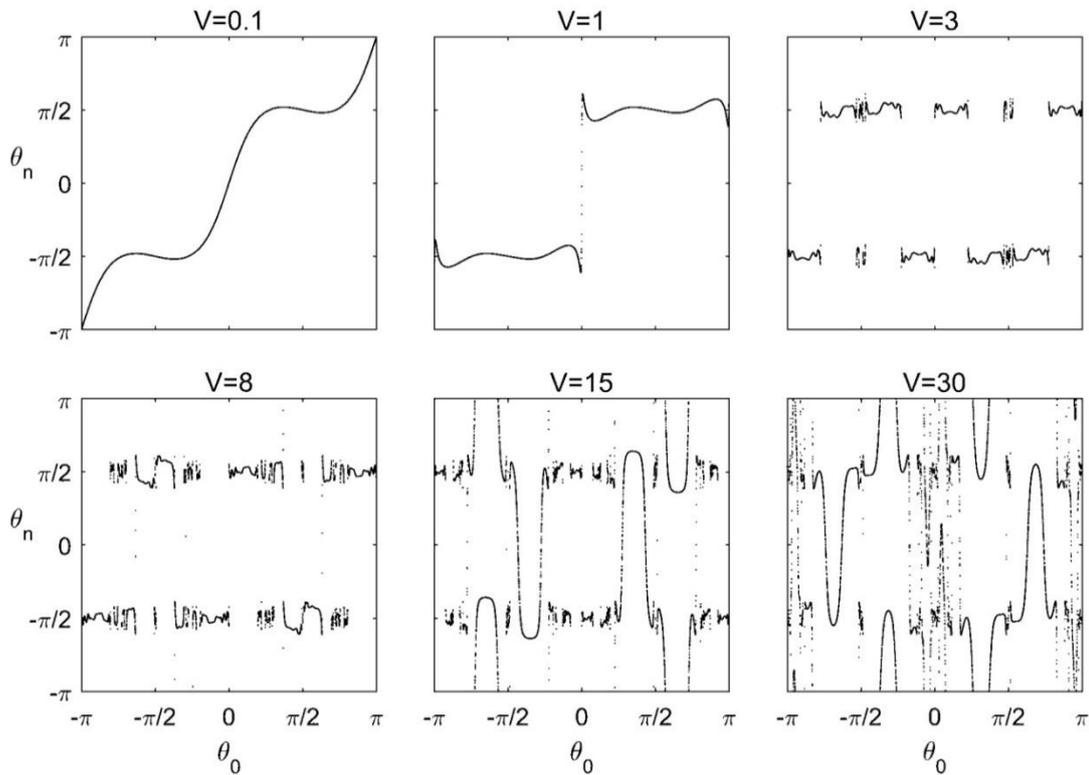


Рис. 2. График функции $M(\theta_0)$ для различных начальных значений потенциальной энергии V ; $a = 1, b = 1.1, \mu = 0.1$.

Для исследования мультистабильности при нарушении косимметрии ($\varepsilon \neq 0$) используется аппарат селективной функции, развитый в [3]. В качестве примера возмущения потенциальной энергии взята функция $f(x, y) = 1 - \beta y^2$.

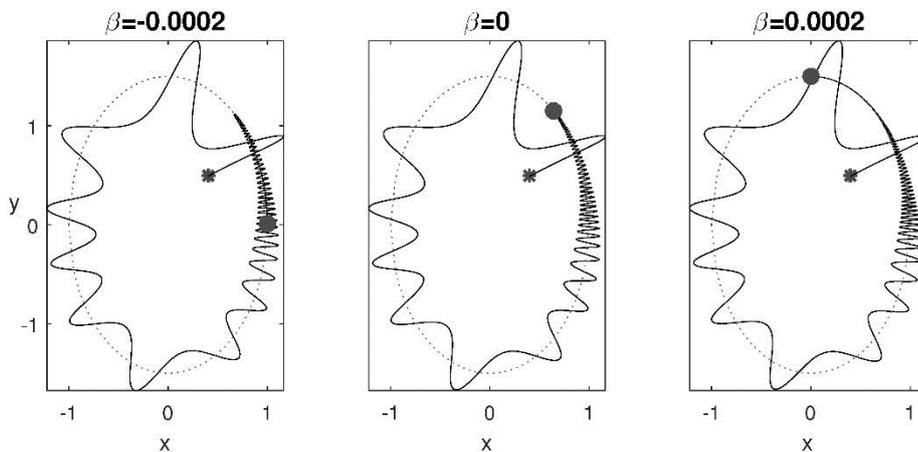


Рис. 3. Установление к равновесиям при нарушении косимметрии

На рис. 2 представлены результаты расчета динамики для возмущения системы при разных β из начальной точки $x = 0.4$, $y = 0.49$, $u = v = 0$, $a = 1$, $b = 1.5$, $\mu = 0.1$, $\varepsilon = 0.1$. Даны проекции траекторий на плоскость x, y , пунктиром обозначен эллипс из равновесий ($\varepsilon = 0$), положение начальной точки отмечено звездочкой, а конечной кружком. Средний рисунок отвечает существованию семейства равновесий ($\varepsilon = 0$), рисунки слева и справа соответствуют значениям β разных знаков. Расчеты демонстрируют два этапа установления к равновесиям при малом нарушении косимметрии. На начальном этапе динамика во всех трех случаях близка, и траектории попадают в окрестность семейства равновесий. При $\beta = 0$ реализуется равновесие с $x \neq 0$ $y \neq 0$, при нарушении косимметрии ($\beta \neq 0$) траектории также стремятся в окрестность этой точки, которая уже не является равновесием. Затем наблюдается медленный этап стремления к асимптотически устойчивым равновесиям вдоль орбиты исчезнувшего семейства.

Работа поддержана грантом Правительства РФ № 075-15-2019-1928.

Литература

1. Юдович В.И. Косимметрия, вырождение решений операторных уравнений, возникновение фильтрационной конвекции // Мат. заметки. 1991. Т. 49, № 5. С. 142–148.
2. Govorukhin V.N., Yudovich V.I. Bifurcations and selection of equilibria in a simple cosymmetric model of filtrational convection // Chaos, 1999. Vol. 9. P. 403–412.
3. Юдович В.И. О бифуркациях при возмущениях, нарушающих косимметрию // Докл. РАН. 2004. Т. 398, № 1. С. 57–61.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ШКОЛЫ В УСЛОВИЯХ ИНКЛЮЗИВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Голосная Л.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: lubow.golosnaja@mail.ru

Современное оснащение образовательного процесса (условия обучения) в школе позволяет использовать информационно-образовательные ресурсы, что стало неотъемлемой частью реализации федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС), государственной программы РФ «Доступная среда». В связи с внедрением инклюзивного образования педагогу необходимо внести изменения в учебную деятельность. Применение информационных ресурсов позволяет расширить формы и методы обучения, дает возможность приобретения и закрепления профессиональных компетенций педагога, помогает решить ряд образовательных задач: мотивационных, корректирующих, информационных, контролирующих.

Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 18 октября 2013 г. N 544н был утвержден профессиональный стандарт «Педагог», в котором одной из характеристик обобщенных трудовых функций педагога указано формирование навыков, связанных с информационно коммуникационными технологиями (далее – ИКТ). В приказе в перечне необходимых умений прописано – владеть ИКТ-компетентностями: общепользовательской, общепедагогической; предметно-педагогической (отражающей профессиональную ИКТ-компетентность соответствующей области человеческой деятельности) [1]. Многим педагогам необходима дополнительная подготовка для овладения ИКТ-компетентностями. В настоящее время все больше учителей предпочитают дистанционные курсы повышения квалификации, которые позволяют обучаться без отрыва от основного места работы, не прерывая стаж. Для получения хорошей курсовой подготовки необходимо ответственно отнестись к выбору образовательного учреждения, изучая отзывы предыдущих обучаемых, т.к. дистанционное обучение требует финансовых затрат. Качество и эффективность данной формы образования напрямую зависит от преподавателей, ведущих занятия через интерактивную сеть. Это должны быть педагоги-универсалы, которые владеют новейшими педагогическими приемами, владеют инновациями в области информационных технологий, подготовлены для работы в уникальной информационной среде [2].

Федеральная Программа «Доступная среда» подразумевает увеличение доли общеобразовательных организаций, в которых создана универ-

сальная безбарьерная среда для инклюзивного образования детей-инвалидов [3]. В школах наряду с детьми, обучающимися по общеобразовательной программе, обучаются дети с ОВЗ (ограниченными возможностями здоровья). Проблема возникает у педагога при работе с детьми с ЗПР (задержкой психического развития) и детьми с умственной отсталостью. Задержка психического развития (ЗПР) представляет собой обратимые нарушения интеллектуальной и эмоционально-волевой сферы, сопровождающиеся специфическими трудностями в обучении [4]. Умственная отсталость (УО) – нарушение психики, интеллектуальной и поведенческой сферы органической природы [5]. Проведенный опрос с помощью Google среди учителей математики Аксайского района показал, что 91% опрошенных работают с детьми с ОВЗ. При этом 29% преподавателей не имеют специальной подготовки для работы с данной категорией обучающихся, 31% учителей отмечают, что возникают трудности в организации образовательного процесса при инклюзивном обучении при подготовке к урокам, при создании работы для проверки полученных знаний. Учителю приходится самостоятельно изучать информационно-образовательные ресурсы, где узкие специалисты (логопеды, дефектологи, педагоги коррекционного образования) дают методические рекомендации, которые могут использоваться как своеобразный «методический конструктор», позволяющий определять для каждого выявленного ребенка с ОВЗ такой набор специальных образовательных условий, который отвечал бы требованиям адресности, адекватности, вариативности, полноты и динамичности [6].

В настоящее время школы оснащены необходимым оборудованием для организации обучения в соответствии с требованиями ФГОС: интерактивными досками, мобильными классами, мультимедийными установками. Создание электронных образовательных ресурсов (ЭОР) для использования на уроках математики требует от учителя математики больших временных затрат. Но результат того стоит. Используя возможности компьютерного класса, педагог может интерактивно подавать материал, задания, в которых учитываются индивидуальные особенности каждого ученика. Каждый педагог знает, что в случае нескольких неудач ученик теряет интерес к уроку и всему предмету в целом. Если ребенку удастся добиться успеха в школе, у него есть все шансы на успех в жизни. Необходимо создавать ситуации успеха, подбирая вопросы, задания заведомо зная, что ученик справится. В рамках преподавательской деятельности возникает необходимость создания тестов для компьютерного класса в программе MyTest, что позволяет оперативно и объективно оценить знания обучающихся, определить пробелы. Например, создавая тест по теме «Сложение и вычитание смешанных чисел», для детей высоко мотивированных подбираю задания вида: $6\frac{2}{15} - 2\frac{3}{4}$, для детей с ЗПР: $5\frac{2}{5} - 2\frac{1}{4}$.

В первом примере, как мы видим, при приведении дробной части к общему знаменателю числитель уменьшаемого меньше числителя вычитаемого, а во втором примере – наоборот, что намного проще для вычисления. Для детей с ЗПР в тест включаются большей частью вопросы с выбором одного верного ответа из нескольких (множественный выбор), для остальных – вписать правильный ответ, что намного сложнее для учеников. Учитель с помощью своего ноутбука имеет возможность наблюдать за работой учеников, в случае необходимости – корректировать их работу. Как показывает практика, ученики с удовольствием выполняют такие задания, проявляют большой интерес, стараясь получить хороший результат по итогу работы в виде удовлетворительной отметки.

Сейчас часто урок учителя сопровождается презентацией, созданной в программе PowerPoint. Текстовые задачи всегда вызывают трудности у обучающихся в понимании условия, в оформлении краткой записи, выбора способа решения. Причины возникновения проблемы при решении текстовой задачи могут быть разные: педагогические (слабая ориентировка в решении задачи, неумение выделять главный вопрос задачи, затруднения в выявлении величин и их значений, в нахождении неизвестного компонента и т.д.) и психологические (низкий уровень развития образного и логического мышления, низкий уровень развития интеллекта и др.). Особенно проблемными в 5 – 6-х классах являются задачи на движение: встречное движение, движение в противоположных направлениях, движение вдогонку, движение с отставанием. Имея возможность, учитель вставляет в презентацию различные объекты: графики, рисунки, таблицы, схемы, диаграммы, анимации и др.; с помощью мультимедийной установки или интерактивной доски выводится на экране, что дает возможность детям понять условие задачи, выбрать путь для решения. Нагляднее, конечно, рассмотреть задачу на интерактивной доске, где у обучающихся есть возможность «подвигать» рисунки, что-то нарисовать с помощью настраиваемых инструментов. В своей работе применяю интерактивную доску SMART Board. Программный пакет SMART Notebook 11 дает возможность включить обучающихся в урок, удерживая их внимание длительное время, создать увлекательный урок, создавая интерактивные занятия. Дети с ЗПР активно включаются в данный вид работы [7].

Таким образом, информационно-образовательные ресурсы важны при организации образовательного процесса не только для повышения квалификации или профессиональной переподготовки педагога, но и для совершенствования учебной деятельности при инклюзивном обучении детей с ОВЗ в общеобразовательной школе. Инклюзивное обучение диктует потребность в знании и использовании педагогами специальных подходов, приемов обучения детей с ОВЗ, необходимость дидактического материала

для данной категории обучающихся. Современные ИТ-ресурсы позволяют решать актуальные проблемы педагогов в данной сфере деятельности.

Литература

1. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 18 октября 2013 № 544н «Об утверждении профессионального стандарта "Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)»» <https://base.garant.ru/70535556/>.
2. Голованова Ю.В. Проблемы и пути решения дистанционной формы обучения [Текст] // Актуальные задачи педагогики: материалы VI Международ. науч. конф. (г. Чита, январь 2015 г.). Чита: Изд-во Молодой ученый, 2015. С. 163–167. URL <https://moluch.ru/conf/ped/archive/146/7048/>.
3. Паспорт государственной программы Российской Федерации "Доступная среда" на 2011 – 2020 годы.
4. <https://www.krasotaimedicina.ru/diseases/children/mental-retardation>
5. <https://neurofob.com/mental-behavioural/development/umstvennaya-otstalost.html>.
6. Методические рекомендации по созданию специальных образовательных условий для лиц с ОВЗ Министерства образования, науки и инновационной политики Новосибирской области (<https://perspektiva2016.edusite.ru/DswMedia/metodicheskierekomendaciihast-1dlyapmpk.pdf>).
7. Голосная Л.В. Применение ЭОР на уроках математики в условиях инклюзивного обучения детей с ОВЗ (ЗПР) в сельской школе // Электронные ресурсы в непрерывном образовании: Труды VII Международ. научно-методич. симпозиума «ЭРНО-2018» (г. Геленджик, сентябрь 2018).

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И СПОРТА

Грошевихин И.В.

ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: groshevihin.igor@yandex.ru

В современном мире актуальность цифровизации спорта не вызывает сомнений. На прошедшей впервые в России 18 и 19 февраля 2020 года в Агентстве стратегических инициатив стратегической сессии с названием «Стратегия развития спорта 2030» была подчеркнута особая важность цифровизации спортивной отрасли [1]. На сессии активно обсуждались основные проблемы и перспективы федерального проекта «Спорт - норма жизни», который является частью более масштабного проекта «Демография». Счастливые и здоровые люди – основа процветания любой страны, поэтому одна из государственных задач состоит в том, чтобы помочь гражданам реализовать свои желания и устремления, найти тот вид физической активности, который подходит именно им [2].

В связи с этим особое значение приобретает использование инновационных подходов, в первую очередь связанных с цифровизацией, в образовательном процессе. В традиционных дисциплинах естественно-научного, гуманитарного и экономического направлений создано много программных продуктов, методик, алгоритмов с использованием ИТ, позволяющих повышать эффективность образовательного процесса.

В области физической культуры и спорта также накоплен большой опыт использования информационных технологий. Следует отметить целый ряд видов деятельности в этой сфере, где активно используются информационные технологии:

- учебный процесс в вузах физической культуры;
- делопроизводство педагога, тренера, исследователя;
- обслуживание спортивных соревнований;
- научно-методическое обеспечение подготовки спортивной тренировки;
- научно-методическое обеспечение физического воспитания детей, подростков, учащейся молодежи: методы оценки физического состояния человека, реализация дифференцированного подхода на основе использования информационных технологий;

- научно-исследовательская, организационная и управленческая деятельность [3].

Например, в учебно-тренировочном процессе в вузах применяются следующие ИТ-ресурсы: компьютерные обучающие программы; базы знаний и базы данных; дистанционное обучение; экспертные системы с элементами искусственного интеллекта; имитационное моделирование явлений и процессов (разработка моделей изменения физической, технической подготовленности, состояния здоровья учащихся и студентов в зависимости от их двигательных нагрузок, на основе которых создаются модельные базы данных); компьютеризированный контроль знаний, физических состояний; диагностические комплексы оценки и мониторинга состояния спортсменов. Использование информационных технологий в образовании, с точки зрения ряда авторов, помогает решить следующие дидактические задачи: повышение индивидуализации обучения, совершенствование организации преподавания [3].

Кроме подготовки профессиональных спортсменов, тренеров, необходимо отметить актуальность разработки новых технологий оздоровления граждан всех профессий и возрастов. Для этого предлагаются различные направления и подходы. Например, изучение современных философско-мировоззренческих основ здоровья человека, разработка концептуальных подходов для создания современной системы оздоровления, разработка методологии формирования здорового образа жизни, разработка технологии построения здорового образа жизни.

На современном этапе все больше внимания уделяется проблеме сохранения и укрепления здоровья, причем основной акцент делается на изменение образа жизни. Сегодня все более возрастающее значение приобретает массовая физическая культура. Более того, имеются все основания полагать, что социально обусловленная необходимость целенаправленного совершенствования здоровья человека должна трансформироваться в культурную потребность, в стремление к физическому совершенствованию. [4]

Проблема здорового образа жизни рассматривается как проблема общегосударственная, требующая разработки «здоровье сберегающих» технологий, позволяющих влиять на привычки, стереотипы поведения, жизненные ценности людей, приводящие к осознанию необходимости заботиться о своем здоровье.

Понятие «здоровый образ жизни» включает ряд компонентов, ведущим среди которых является двигательная активность.

Если у человека не сформирована потребность в повышении уровня двигательной активности, занятиями физическими упражнениями, то все усилия государства, направленные на развитие массовой физической культуры, будут оставаться тщетными.

В данной ситуации на первый план выходит работа с общественным мнением, т.к. именно оно является определяющим в формировании взглядов, привычек, ценностных установок отдельно взятого индивида.

Использование современных информационных технологий в сфере оздоровительной физической культуры может существенно повлиять на формирование у населения потребности в укреплении своего здоровья, повышение уровня их двигательной активности как ведущего компонента здорового образа жизни.

Наиболее эффективно реализовывать вышеназванные цели в рамках занятий физической культурой и спортом в образовательных учреждениях, особенно в вузах. Здесь информационные технологии становятся незаменимым помощником преподавателя. В качестве примера можно привести опыт ученых В.С. Пономарева и А.В. Соловьева из Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева. Они использовали возможности ИТ, создав концептуальную модель обучения для самостоятельного освоения студентами теоретического и методического разделов авторской программы. Типовой комплекс, реализующий данную модель, включает электронные учебные пособия, набор электронных учебников с тестами, видео- и аудиофрагментами.

В ряде вузов используются технологии создания интеллектуальных тьюторов, позволяющих повысить эффективность усвоения материала в диалоге с компьютерной программой [5].

Кроме того, для точного определения уровня профессионально-прикладной физической готовности используются автоматизированные программно-аппаратные комплексы, позволяющие объективно оценить функциональное состояние организма, имеющийся уровень развития психофизических качеств, важных для овладения профессиональным мастерством. Полученные результаты исследования могут быть использованы специалистами физической культуры для целенаправленного подбора физических упражнений в целях развития и корректировки профессионально-значимых качеств.

Немаловажной задачей использования современных информационных технологий в системе повышения квалификации и непрерывного физкультурного образования является программно-методическое обеспечение. Необходимо уделить внимание работе по созданию и внедрению в учеб-

ный процесс дидактических материалов, подготовленных на основе современных информационных технологий.

Таким образом, обобщая вышеизложенное, следует отметить наиболее важные и актуальные аспекты использования информационных технологий в области преподавания физической культуры и спорта, формирования здорового образа жизни. Это – повышение продуктивности самоподготовки учащихся и студентов; переход от иллюстративно-объяснительного обучения к проблемному, творческому; индивидуализация работы самого преподавателя; разнообразие видов учебной деятельности при условии реализации современных технологий обучения (информационные справочные и экспертные системы, электронные учебники, автоматизированные обучающие системы и др.); повышение мотивации к обучению; активизация процесса обучения, возможность привлечения учащихся и студентов к исследовательской деятельности; обеспечение гибкости процесса обучения.

Профессиональное использование ИТ в области физической культуры и спорта позволит повысить интерес, мотивацию и эффективность обучения в данной области, что, в свою очередь, обеспечит выполнение задач, поставленных в федеральном проекте «Спорт – норма жизни».

Литература

1. Рындин И. Стратегия цифровизации спорта 2030. <https://medium.com/digital-sports/стратегия-цифровизации-спорта-2030-fce10ef8d1c8>.
2. <https://norma.sport/> Спорт– норма жизни.
3. Воронов И.А. Информационные технологии в физической культуре и спорте: Электронный учебник / И.А. Воронов; СПб ГУФК им. П.Ф. Лесгафта. СПб.: изд-во СПб ГУФК им. П.Ф. Лесгафта, 2005. 80 с.
4. Жуков Р.С. Новые информационные технологии в научно-методической деятельности специалистов физической культуры и спорта: состояние и перспективы / Р.С. Жуков // Вестник Кемеровского государственного университета. 2009. № 4. С. 76–80.
5. Белоусова Д.А. Информационные технологии в системе «физическая культура и спорт» <https://scienceforum.ru/2015/article/2015014928>.

О НОВОЙ МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЕ «РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР», РАЗРАБАТЫВАЕМОЙ В РАМКАХ МЕЖДУНАРОДНОГО ПРОЕКТА MAGNUS

Демяненко Я.М., Карякин М.И.

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

E-mail: demyanam@gmail.com, karyakin@sfedu.ru

В Институте математики, механики и компьютерных наук открывается новая магистерская программа «Разработка мобильных приложений и компьютерных игр», разрабатываемая в рамках проекта «Developing Master Programs in Mobile Application and Game Design at Partner Universities» (MAGnUS), финансируемого Европейской комиссией (Грант № 2018-3222/001-001 на 2019–2022). Реализация проекта началась в январе 2019 года и завершится в конце 2021 года.

Партнерами ЮФУ по разработке являются университет Линчепинга (Швеция), Политехнический университет Томар (Португалия), Университет Дерби (Великобритания), Таллиннский университет (Эстония), а также Воронежский государственный университет, Астраханский государственный университет, Бакинский государственный университет (Азербайджан), Бакинский инженерный университет (Азербайджан) и Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности.

Программа предполагает два трека обучения: один – это разработка мобильных приложений, второй – разработка компьютерных игр. Первый два семестра содержат в основном курсы общих модулей. В начале второго семестра студенты могут определиться с выбором трека, поскольку во втором семестре начинаются курсы по трекам. Третий семестр практически полностью посвящен курсам по выбранным трекам.

Отличительной характеристикой программы является наличие междисциплинарных курсов, таких как предпринимательство, психология, командное взаимодействие. Кроме того, предусмотрены проектная деятельность и научно-исследовательские семинары. Во время проектной деятельности студенты будут разбиты на группы, у каждой из которых предполагается куратор из какой-либо фирмы, занимающейся разработкой в сфере ИТ. Многие дисциплины разрабатываются с учетом тренингов для преподавателей, проведенных европейскими партнерами.

Для студентов предусмотрено участие в летних школах, где преподавание будет вестись как европейскими, так и российскими специалистами.

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ФРЕДГОЛЬМА ПЕРВОГО РОДА И ИХ ЧИСЛЕННОЙ РЕАЛИЗАЦИИ

**Дударев В.В., Мнухин Р.М., Юров В.О., Углич П.С.,
Плотников Д.К.**
*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И.И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: dudarev_vv@mail.ru*

В настоящее время показано, что решения различных обратных коэффициентных задач механики деформируемого твердого тела с помощью метода линеаризации могут быть сведены к исследованию интегральных уравнений Фредгольма первого рода относительно вектора поправок к восстанавливаемым характеристикам [1–3]. При этом следует отметить, что отличительной особенностью большинства этих уравнений является неотрицательность их ядер, которые в общем случае неоднородности задаются только численно на основе решения соответствующих прямых задач. Как известно, задача решения интегрального уравнения Фредгольма первого рода является некорректной. Для построения ее численного решения следует использовать специальные методы, среди которых можно отметить метод регуляризации Тихонова [4].

Для выявления особенностей реализации этого метода для решения актуальных обратных коэффициентных задач, в рамках которых необходимо восстановить несколько неизвестных функций, рассмотрены две модельные задачи об установившихся продольных и изгибных колебаниях неоднородного стержня. Свойства стержня характеризуются переменным модулем Юнга и плотностью, задаваемых функциональными зависимостями только по продольной координате. На основе метода линеаризации решения обратных задач об идентификации этих характеристик сведены к исследованию системы двух интегральных уравнений Фредгольма первого рода относительно двух неизвестных функций поправок.

При построении численной реализации решений этих уравнений с помощью метода Тихонова проведен подробный анализ аспектов, влияющих на точность реконструкции. Параметр регуляризации выбирался автоматически [4]. Выявлено влияние способа дискретизации интегрального оператора на сингулярные числа аппроксимирующего оператора. Сделана оценка влияния вычислительной точности на значения сингулярных чисел. Обсуждена возможность нахождения двух функций только из одного уравнения. Выполнено сравнение результатов восстановления для квадра-

турных формул различного порядка точности. Проведен анализ значений ядер интегральных операторов для различных частотных диапазонов. Дана оценка влияния уровня погрешности правых частей уравнений на точность восстановления. Показано влияние выбора частотного диапазона на точность реконструкции. Проведена серия вычислительных экспериментов для восстанавливаемых функций из различных классов (монотонно возрастающие, убывающие и немонотонные). На основе полученных результатов сформулированы рекомендации для реализации наиболее точной процедуры реконструкции двух функций – построение решения на основе системы для двух уравнений Фредгольма первого рода совместно или только из одного уравнения.

Также, при разработке численных методов решения интегрального уравнения Фредгольма первого рода показано, что метод Воеводина может быть успешно использован в случае комплексного ядра и комплексной правой части уравнения. Показано, что стандартный алгоритм метода Воеводина после некоторых модификаций работает как для вещественных, так и для комплексных уравнений. Метод апробирован на ряде задач об идентификации свойств слоистых волноводных структур.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Правительства Российской Федерации (соглашение № 075-15-2019-1928).

Литература:

1. Ватульян А.О. К теории обратных коэффициентных задач в линейной механике деформируемого тела // Прикладная математика и механика. 2010, № 6. С. 911–918.
2. Ватульян А.О. Коэффициентные обратные задачи механики. М.: Физматлит. 2019. 272 с.
3. Манжиров А.В., Полянин А.Д. Справочник по интегральным уравнениям: Методы решения. М.: Изд-во Факториал Пресс, 2000. 384 с.
4. Тихонов А.Н., Гончарский А.В., Степанов В.В., Ягола А.Г. Численные методы решения некорректных задач. М.: Наука. 1990. 229 с.

ПОВЫШЕНИЕ АДАПТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ «ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ» (ПРОФИЛЬ «ИНФОРМАТИКА»)

Евланова А.Г.

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

E-mail: agpeksheva@sfedu.ru

В июне 2020 года Президент РФ В.В. Путин подписал указ, позволяющий студентам старших курсов педагогических направлений подготовки осуществлять педагогическую деятельность до получения диплома, при этом детальный регламент допуска студентов будет разрабатываться министерством просвещения, министерством науки и высшего образования, министерством труда и социальной защиты [2]. Это актуализирует вопрос о создании условий для формирования мотивационной готовности студента к педагогической деятельности, а также готовности на уровне предметной компетентности и на уровне общепрофессиональных компетенций. Поэтому информационно-образовательная среда (ИОС) как совокупность условий для обучения и развития профессионально важных свойств и качеств личности будущего учителя информатики должна перестраиваться и адаптироваться таким образом, чтобы создавать ситуации апробации приобретаемых в процессе обучения компетенций.

Адаптированная ИОС организационно включает в себя:

1) Образовательное пространство, где проходит освоение необходимого минимума теоретических знаний («порция» учебного материала в рамках решаемой профессиональной задачи).

2) Тренинговое пространство, где реализуются активные формы обучения (тренинги, ролевые и деловые игры);

3) «Пространство» для индивидуального обучения;

4) Инструментарий для планирования образовательных маршрутов и фиксации их прохождения. Этот компонент ИОС может быть реализован в виртуальном пространстве с привлечением инструментов, используемых в современных подходах к разработке программного обеспечения, например, таких, как доска канбан (рис. 1), на которой можно отмечать совокупность учебных, тренинговых заданий и степень их реализации. Канбан-доска [1] как инструмент обучения интересна тем, что дает возможность наглядно увидеть продвижение группы по учебным задачам и отработать взаимодействие студентов в коллективе (команде). Суть методики исполь-

зования доски канбан заключается в том, что некоторое количество карточек с учебными заданиями (канбан-жетонов), равное емкости изучаемого на данный момент модуля, запускается в обращение. Одна карточка соответствует одному типу задания по теме и выступает как сигнальный механизм. Каждый из студентов, входящих в группу, может взять задание в обработку (начать его выполнять), при этом остальные видят, как он продвигается, могут помочь ему или сами попросить помощи. Новый элемент работы (карточка с новым заданием) стартует, только если для него доступна карточка, которая постепенно двигаясь по доске от состояния «учу» до «положения «готов»». Любое новое задание должно оставаться в очереди, пока карточка не освободится, после чего она снова запускается в обращение.



Рис. 1. Доска канбан для планирования работы

- 5) Пространство для проведения коуч-сессий и бустерских сессий.
- 6) Пространство, где студент может апробировать полученные умения и навыки.
- 7) Дополнительный виртуальный компонент ИОС – образовательные ресурсы, которые можно использовать для самообучения, планирования образовательных маршрутов, диагностики и оценивания.

Таким образом, если построить ИОС, которая включает все вышеперечисленные компоненты, то рамках каждого модуля учебной дисциплины студент, при формировании соответствующего компонента профессиональной компетенции, будет проходить следующую цепочку форм работы: «учебная» деятельность (освоение знаний, умений, навыков), развивающая деятельность (развитие мотивации и необходимых свойств и качеств личности), тренинговая деятельность («перевод» знаний в умения) и адаптивная деятельность (реализация в рамках профессиональной или «псевдо-профессиональной» деятельности).

Для создания условий для адаптивной деятельности студентов необходимо последовательно внедрять модели интеграции полученных знаний и умений:

1. Эпизодическая интеграция компетенций ориентирована на применение знаний время от времени и только в рамках последующего обучения – апробация элементов педагогической деятельности в рамках практических занятий по блоку методических дисциплин («псевдопрофессиональная» деятельность).

2. Дозированная интеграция, ориентированная на различную степень «включенности» элементов освоенного материала в работу:

2.1. Временная и частичная интеграция – студент использует полученные знания не во всех аспектах педагогической деятельности и только под контролем наставника (в рамках педагогической практики).

2.2. Постоянная частичная интеграция, когда студент практикует освоенное содержание обучения только при выполнении определенных функциональных обязанностей (например, ведет кружковую работу по информатике).

2.3. Постоянная неполная интеграция, когда студент практикует освоенное содержание обучения только определенное время, но внедряя во все функциональные обязанности.

3. Постоянная полная интеграция, которая предполагает применение полученных знаний, умений и навыков студентом при выполнении всех функциональных обязанностей педагога. Данная модель предполагает раннюю профессиональную адаптацию и проведение части практических занятий по методическим дисциплинам на базе школ. Она может быть реализована в том случае, если студент обладает высоким уровнем развития регулятивных и когнитивных ресурсов личности, и определенным опытом (например, он последовательно прошел все стадии интеграции знаний в рамках педагогических практик и реализации проектов в школе, или он окончил педагогический колледж (бакалавриат)).

Таким образом, существует несколько путей повышения адаптивности информационно-образовательной среды, начиная от модернизации ее компонентов со стороны вуза, включая в обучение студентов методики организации деятельности, характерные для современных подходов к программированию (для синтеза предметной и методической компетенций), заканчивая созданием условий для незамедлительной практической реализации полученных знаний в педагогической деятельности.

Литература

1. Канбан-доска [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Канбан-доска>
2. Федеральный закон от 08.06.2020 № 165-ФЗ «О внесении изменений в статьи 46 и 108 ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/File/GetFile/0001202006080006?type=pdf> (Дата обращения 26.08.2020)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ОСОБЕННОСТЕЙ СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Егоров Н.Я.¹, Егоров И.Н.¹, Егорова С.И.²

¹ ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

² ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет»

E-mail: nyegorov@sfnedu.ru; siyegorova@gmail.com

Механическое измельчение дисперсных сред широко распространено в технике. При измельчении происходит не только изменение дисперсного состава порошков, но и структурное состояние дисперсной системы. Исследование закономерностей изменения структурных характеристик при измельчении играет важную роль при определении оптимальных условий обработки дисперсного материала.

Одним из наиболее распространенных методов анализа микроструктуры твердых тел является рентгеновская дифрактометрия. Рентгеновские дифракционные спектры способны предоставить информацию о фазах вещества, размерах кристаллитов, дефектах и искажениях кристаллической решетки.

Среди множества программ для анализа дифракционных пиков с целью определения размеров областей когерентного рассеяния (ОКР) и микронапряжений стоит выделить PowderCell [1]. Программа разработана немецким Федеральным институтом исследования и тестирования материалов и находится в открытом доступе. Разработка завершилась в 2000 году, но простой в освоении интерфейс позволяет проводить анализ рентгенограмм по методу Ритвельда [2].

Как и в других аналогичных программах для обработки экспериментальных рентгеновских спектров, процесс начинается с задания пространственной группы и положений атомов в кристаллической решетке исследуемого материала. Данная информация содержится в кристаллографических базах данных, например, ICSD [3]. Следующий шаг – загрузка данных дифрактограммы в формате x_y (зависимость интенсивности от угла рассеяния) является стандартном для большинства дифрактометров. Далее необходимо выбрать аппроксимационную функцию из представленных. Присутствуют наиболее часто используемые в рентгенографии функции Гаусса, Лоренца (Коши) и Псевдо-Фойта. Возможна аппроксимация как всей загруженной области, так и отдельной ее части. Результаты аппроксимации отображаются графически – наложение теоретической рентгенограммы от идеального кристалла и подгоночной кривой по экспериментальным данным. Дополнительно есть возможность отображения фона и

уровня разницы между теоретическими точками и подгоночной кривой. Параллельно на экран выводятся значения R-факторов в процентах для численной оценки качества аппроксимации.

В качестве иллюстрации на рис. 1 представлен фрагмент рентгенограммы экспериментального и теоретического в приближении аппроксимации дифракционных профилей SrFe₁₂O₁₉ по Гауссу и их разностная кривая.

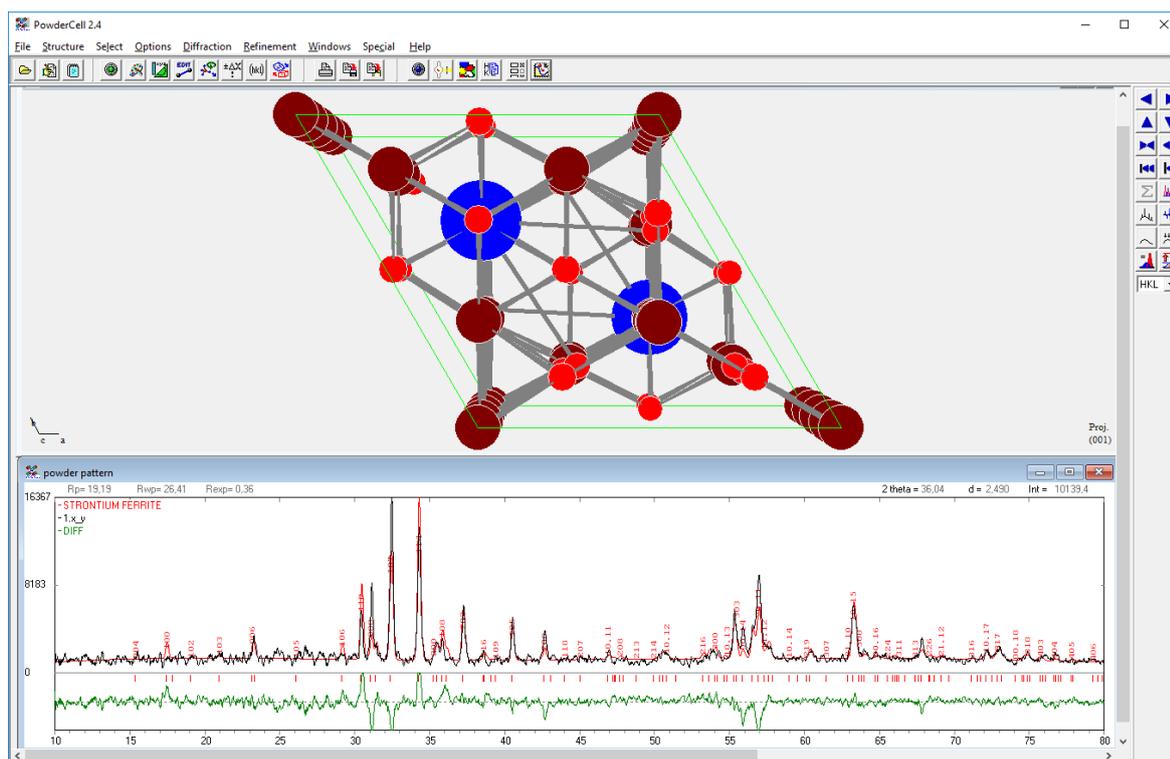


Рис. 1. Интерфейс программы PowderCell с иллюстрацией структуры элементарной ячейки SrFe₁₂O₁₉, фрагмент рентгенограммы экспериментального и теоретического дифракционных профилей и их разностная кривая

Результаты обработки содержат рассчитанные параметры решетки, объем элементарной ячейки и данные по каждому дифракционному пику. Такие характеристики как угол 2θ и ширина на половине высоты максимума пика в дальнейшем используются для анализа уширения пиков по методу Селякова–Шеррера [4] или Вильямсона–Холла [5] для определения размеров ОКР и микронапряжений.

Несомненно, PowderCell не покрывает всех возможностей своих более продвинутых аналогов, но позволяет достаточно просто и быстро проводить экспресс анализ рентгенограмм, не прибегая к сложным трудоемким программам и методам.

Лумепамыпа

1. http://www.ccp14.ac.uk/ccp/web-mirrors/powdcell/a_v/v_1/powder/e_cell.html.
2. Rietveld H.M.. A profile refinement method for nuclear and magnetic structures // Journal of Applied Crystallography 1969. Vol. 2. P. 65–71. DOI:10.1107/S0021889869006558.
3. <https://icsd.products.fiz-karlsruhe.de/>.
4. Scherrer P. // Göttinger Nachrichten Gesell. 1918. Vol. 2. P. 98.
5. Williamson G.K., Hall W.H. // Acta Metall. 1953. Vol. 1. P. 22.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ КОРПОРАЦИЯМИ В УСЛОВИЯХ НОВОЙ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИИ

Ершова А.В., Никитаева А.Ю.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: arancio@inbox.ru

В настоящее время в промышленной сфере активно набирает силу тренд на формирование «умного» производства, базирующегося на сквозной цифровизации основных и вспомогательных процессов промышленных хозяйствующих субъектов. Интеллектуализация систем управления становится одним из ключевых факторов конкурентоспособности крупных промышленных предприятий, позволяя оперативно и качественно обрабатывать большие данные для принятия обоснованных управленческих решений [1]. При этом в большинстве случаев внедрение новых технологических решений не сопровождается заметной модернизацией всего механизма управления, существенно ограничивая эффекты применения новых информационных технологий [2]. Это определяет актуальность исследования, направленного на формирование концептуальной платформы, разработку инструментария оценки и определение ключевых компонентов интеллектуального механизма управления промышленных корпораций.

Для обеспечения конкурентоспособности отечественных производственных систем в условиях Четвертой промышленной революции требуется не только выбор адекватных стратегических приоритетов развития в новых промышленных сегментах и новых отраслях, перевод в электронный формат традиционных процессов управления и автоматизация производственных процессов, но и комплексная цифровая модернизация всего механизма управления крупных промышленных структур в части перераспределения функций управления, создания новых моделей деятельности и актуализация процессов принятия управленческих решений за счет совершенствования их информационно-технологической поддержки и внедрения интеллектуальных систем. Необходимо построение концептуальной модели «умного» механизма управления промышленным предприятием, определение индикаторов «умного» предприятия, разработка и апробирование инструментария оценки уровня интеллектуализации механизма управления промышленной корпорации. Такая концептуальная модель интеллектуального механизма управления и методика оценки уровня цифровизации промышленного предприятия в силу своей универсальности может стать научной основой цифровой модернизации промышленных предприятий.

При создании «умных» предприятий речь идет не просто о переводе в электронный формат традиционных процессов управления и коммуникационных схем и автоматизации производственных процессов, а о проведении реинжиниринга бизнес-процессов и модернизации всего механизма управления крупных промышленных структур в части перераспределения функций управления, создания новых моделей деятельности и актуализации процессов принятия решений за счет совершенствования их информационно-технологической поддержки. Умное производство предполагает максимально интенсивное использование сетевых информационных технологий и киберфизических систем на всех этапах производства продукции и её поставки [3].

Умное производство предполагает использование следующих технологических решений:

- Умные машины, способные обмениваться информацией с другими производственными системами и работать с высокой степенью автономности, и продвинутые роботы.
- Индустриальный интернет вещей.
- Облачные сервисы, предоставляющие удобный и непрерывный сетевой доступ к общему пулу настраиваемых вычислительных ресурсов.
- Интеграционные платформы предприятия, задача которых - принимать данные от оборудования, анализировать и агрегировать их.
- Технологии Больших данных.

Понятие «умное производство» (англ. Smart Manufacturing) чрезвычайно широко, оно включает в себя сразу несколько больших направлений деятельности, которые перечислены ниже.

- Создание цифровых двойников предприятия, с помощью которых люди получают возможность планировать, проектировать и моделировать процессы и продукты, а также контролировать всю производственную цепочку на всех этапах превращения исходного сырья в готовую продукцию.
- Работа с Big Data, или сбор и анализ огромных массивов данных, что позволяет планировать деятельность компании в будущем и корректировать эти планы по мере необходимости.
- Использование виртуальной (VR), дополненной (AR) или расширенной реальности (XR).

Эксперты инженерно-консалтинговой фирмы (ИКФ) Солвер [3] на основе проведенных исследований сделали следующие выводы.

1. Всеобщая цифровизация должна быть продуманной. При развитии умного производства эффективным подходом является предложенная ИКФ Солвер система «Три проекта».

2. При развитии Умного производства особое внимание следует уделить *первому этапу системы «Три проекта»* – стадии экспериментальных проектов. На этом этапе необходимо использовать методологию ма-

тематического моделирования. На основе созданных виртуальных технологических моделей исследуемого производственного процесса (математических или имитационных моделей) проводятся серии вычислительных экспериментов, позволяющие прогнозировать последствия предлагаемых нововведений, просчитываются риски [4].

Второй и третий этапы системы «Три проекта» – этап проекта внедрения и индустриальных проектов – направлены на реализацию намеченных на первом этапе планов и поддержке серийного выпуска продукции на основе того, что было сделано на предыдущих этапах.

Эксперты Солвера ввели в оборот новый термин. По их мнению, наиболее точная и удобная формула для очень емкого понятия умного производства в эпоху цифровизации – это Цифровое Зеркало. Цифровой мир существует как зеркало реального мира. Это обеспечивается мощными вычислительными ресурсами, сетевыми технологиями, возможностями работать с большими данными на больших скоростях, доступными гаджетами, поддерживающими работу с «цифрой» в реальном времени

3. Сегодня у нас – экономика знаний. И чтобы эти знания влияли на экономику, не нужны большие вложения в землю, в другие материальные ресурсы. Необходимы вложения в развитие знаний.

Таким образом, сегодня знания влияют на экономику существенно сильнее, чем производственные площади, уровень технической оснащенности производства, численность персонала и т.д. Наиболее яркий подтверждающий пример – это ИТ-технологии, которые максимально влияют на экономику и на социум.

Литература

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221756/2369d7266adb33244e178738f67f181600cac9f2/.
2. Ершова А.В. Роль интеллектуальных решений в совершенствовании механизма управления промышленными корпорациями в условиях новой индустриализации // Управление экономическими системами. Электронный научный журнал. 2019. № 6. <http://uecs.ru/uecs-06-62019/item/5579-2019-06-29-10-31-46>.
3. Никитаева А.Ю., Подгайнов Д.В. Роль цифровых технологий в неоиндустриализации промышленности // Цифровая экономика: новая реальность. Сборник статей по итогам международной научно-практической видеоконференции, посвященной 25-летию вуза. 2018. С. 184–187.
4. Тонишев Д., Бакарджиева С., Бирбраер Р. Что отразит цифровое зеркало?. https://umnpro.com/cifrovoe_zerkalo/chto-otrazit-cifrovoe-zerkalo/.

СИСТЕМА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ КОЖИ ЛИЦА НА ОСНОВЕ AI-ТЕХНОЛОГИЙ

Жмайлова Н.Б., Панич А.А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Институт высоких технологий и пьезотехники

E-mail: natasha97jmailova@gmail.com

Косметологическая индустрия предлагает большой набор средств для ухода за кожей лица. Однако, не всегда удается подобрать нужное средство самостоятельно исходя из особенностей: шелушение, высыпания, акне и т.д., что в некоторых случаях может приводить к нежелательным последствиям, например, ко всевозможным аллергическим реакциям, а, в худших случаях, к обращению к профильным специалистам, вплоть до хирургического вмешательства. Наличие технических возможностей современных смартфонов позволяет свести к минимуму риск выбора неподходящего косметического средства по уходу за кожей лица.

В настоящее время существует ряд программных продуктов, решающих подобные задачи, например: Artistry Virtual Beauty, TroveSkin, Effaclar Spotscan. Каждое из приложений предлагает следующие функциональные возможности: диагностика типа кожи лица и выявление проблемных зон, подбор уходовых средств на основании диагностики, а также отслеживание состояния кожи лица в течении определенного периода времени. В результате данного обзора было выявлено, что большинство из них не позволяет в полной мере проанализировать состояние кожи. Это проявляется в том, что программы пропускают некоторые пораженные участки, принимая их за здоровые, а также имеют достаточно сложный интерфейс, который интуитивно непонятен.

На основании выполненного обзора установлено, что задача разработки программного продукта на базе технологий искусственного интеллекта и Python для определения типа кожи лица является актуальной.

На первом этапе, на основании системного анализа, были установлены системные цели и функции разрабатываемого программного продукта, определены форматы входных данных и их структура. Это позволило перейти к проектированию бизнес-логики и интерфейса пользователя с помощью методов ООАП (объектно-ориентированный анализ и проектирование).

Основные функции бизнес-логики базируются на программном интерфейсе (API), реализующего взаимодействие с нейросетью, на вход которой подается фотография человека в хорошем освещении и, самое главное, без косметики, для того чтобы были учтены все факторы, влияющие на состояние кожи. Далее, нейронная сеть обрабатывает входное изобра-

жение и на выходе выдает заключение о типе кожи, а также рекомендации по уходу, которые будут выводиться на экран смартфона.

Данная сеть будет состоять из нескольких архитектур. В начале изображение будет обрабатываться сетью с архитектурой многослойной свертки с макспулингом для того, чтобы создать более детальную карту признаков каждого из типов кожи (рис. 1).

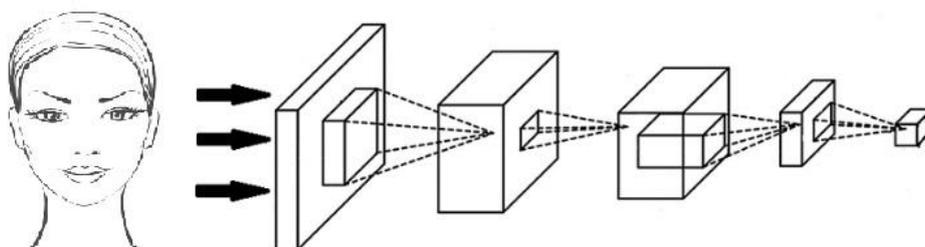


Рис. 1. Архитектура первого этапа

После первого этапа полученные карты признаков передаются на полносвязную сеть (рис. 2) с выбранными параметрами, которая будет делать вывод о том, какой из типов кожи соответствует данному изображению.

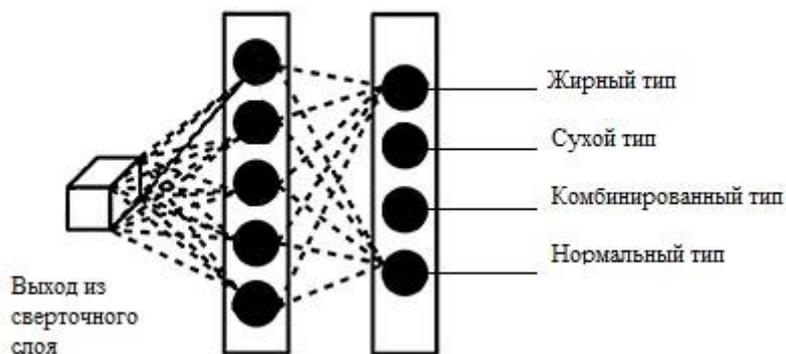


Рис. 2. Архитектура второго этапа

Далее предполагается внедрение данной сети в приложение под Android OS, для того чтобы обеспечить возможность использования в режиме реального времени.

Литература

1. Марголина А., Эрнандес Е., Новая косметология. Т. 1. М.: ООО "Фирма Клавель". 2005. 424 с.
2. Картамышев И., Арнольд А., Косметический уход за кожей. Киев. 1956. 157 с.
3. Anthony William, Convolutional Neural Networks in Python // Createspace Independent Publishing Platform. 2017. 194 с.

МЕДИЦИНСКИЙ ОПРОСНИК ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ВЫРАЖЕННОСТИ СИМПТОМОВ БОЛЕЗНИ У ПАЦИЕНТОВ

Задверняк Я.А., Марков И.П.

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

E-mail: jana.zadvernyak@gmail.com

Компьютерные технологии улучшили разные сферы жизни, в том числе медицину. Сейчас развитие медицины входит в список приоритетов Национальной Технологической Инициативы, поэтому уровень компьютеризации в этой сфере будет только расти [1]. Технологии увеличивают уровень медицины многими способами: уменьшают время, затрачиваемое на обработку личных данных пациента, позволяют консультировать людей дистанционно или ускоряют постановку диагноза. Одним из главных условий успешного лечения является своевременное обращение в медицинское учреждение при появлении симптомов, которые могут быть скрытыми и неочевидными. Анализ симптомов, беспокоящих пациента, также может ускорить и облегчить работу врачей, избавив от необходимости тратить время на вопросы о самых распространенных симптомах, связанных с потенциальной болезнью. В данном докладе рассказывается об онлайн-опроснике, позволяющем быстро определять степень выраженности симптомов, соответствующих той или иной болезни.

Одной из важных черт такого опросника является его доступность для большинства людей, поэтому оптимальный его вид – веб-сайт. Почти любой человек, имеющий телефон и доступ к интернету, сможет им воспользоваться. Так как предполагается, что пациенты будут проходить опрос в стенах медицинского учреждения, веб-сайт ориентируется на отображение на мобильных устройствах разного разрешения.

Также учитывается возможность использования опросника слабовидящими людьми. На сайте можно переключиться на версию для слабовидящих, выполненную в контрастных черно-белых цветах и отличающуюся увеличенными шрифтами и уменьшением количества элементов интерфейса.

Принцип работы опросника следующий: от своего лечащего врача пациент получает ссылку на определенный тест, содержащий вопросы по симптоматике какой-либо болезни или состояния. Ссылка также содержит уникальный идентификатор GUID, который является единственной информацией, представляющей личность человека, проходящего тестирование. Таким образом, связать результаты тестирования с определенной личностью может только предоставивший ссылку с определенным GUID врач,

поэтому сервис не сохраняет никаких чувствительных данных и является полностью защищенным от утечек.

Прогресс прохождения сохраняется на сервере. При необходимости, пациент может продолжить прохождение прерванного теста, используя свой GUID.

Само тестирование состоит из двух типов вопросов – выбор варианта ответа и текстовый ответ. Каждый вариант ответа имеет свой «вес». Пациент после тестирования может ознакомиться с обобщенными результатами. В зависимости от количества набранных «очков» определяется степень выраженности симптомов, что и отображается на сайте. Текстовый ответ на отображаемый пациенту результат не влияет, но может использоваться врачом для более глубокого анализа состояния пациента. Также врач имеет доступ к подробным результатам прохождения опроса, то есть к тому, какие именно варианты пользователь выбирал в каждом вопросе.

Литература

1. <https://nti2035.ru/markets/healthnet>.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ

Закариялов Ш.А., Нестеренко В.А.

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

E-mail: mymindcomputer@mail.ru , neva09@mail.ru

Введение. Система обнаружения вторжений – программное или аппаратное средство, предназначенное для выявления фактов, попыток или подготовки неавторизованного доступа в компьютерную систему или сеть.

При построении любой системы обнаружения вторжений отправным пунктом является модель. Понятие модели было предложено Дороти Деннинг в 1987 г. в работе «An intrusion detection model» [1]. Модель описывает структуру экспертной системы обнаружения вторжения общего назначения. В основе модели лежит гипотеза: *«Использование уязвимостей системы проявляется в аномальном (нетипичном) поведении системы»*. Например, отказу в обслуживании (DoS) характерно поведение, проявляющееся в монополизации ресурса (например, сети), попытка взлома системы может сопровождаться большим числом отказов в принятии пароля, а появление вируса привести к увеличению частоты перезаписи исполнимых файлов.

Компоненты модели. В своей статье Дороти Деннинг выделила следующие компоненты модели:

- Субъекты – источники активности в системе: процессы, сама система, пользователи или процессы, инициализированные пользователями.
- Объекты – точка приложения активности субъектов: программы, файлы, устройства, отчёты и т.д.
- Записи аудита системы (логи) – записи генерируемые системой при воздействии субъекта на объект: вход в систему, доступ к файлу, выполнение команды и т.д.
- Профиль активности описывает поведение данного субъекта по отношению к объекту.
- Записи об аномалиях – создаются при обнаружении аномального поведения системы.
- Правила активности – реакция системы обнаружения нарушений.

Компоненты реализованные, в рамках курса защита информации в сети, в нашей программе можно выделить в две группы:

- Построение профиля системы

•Обнаружение вторжений (нарушений)

Системы обнаружения вторжений можно поделить на две группы: с учителем и без учителя. *Модель с учителем* (supervised) предполагает, что мы знаем о том, как проходят атаки, и мы обучаем систему распознавать вторжения по их проявлениям. А в случае с *моделью без учителя* (unsupervised) мы стараемся определить нормальное состояние системы и научиться выявлять данные, которые не входят в это нормальное состояние.

В нашей работе мы используем второй подход. Все рассуждения будут строиться на том допущении, что на достаточно большом трафике система находится в нормальном состоянии гораздо дольше, чем в аномальном.

Модель активности системы. Определим параметры состояния системы. Введём скользящее временное окно размером ~25 сек. и в пределах окна зададим следующие параметры:

1. Общее число пакетов.
2. Число пакетов отправленных с самого активного узла
3. Средний размер пакетов
4. Разница между числом SYN и SYN-ACK пакетов
5. Число недопустимых комбинаций флагов
6. Разница между числом FIN и SYN пакетов
7. Среднее время между пакетами, отправленными с самого активного узла

Эти параметры описывают состояние системы в пределах окна. Переменная окно по потоку пакетов, мы получаем множество состояний в разные моменты времени. Введём пространство характеристик размерности равной числу параметров состояния системы (в нашем случае 7). Множеству состояний системы будет соответствовать множество точек в пространстве характеристик. Полученное множество точек в пространстве состояний системы мы используем в качестве модели активности системы.

Для выявления аномальных состояний системы мы зададим метрику в пространстве характеристик (используем евклидову метрику) и разобьём множество точек состояния на кластеры. Из предположения о том, что в общем потоке пакетов доля аномальных состояний невелика следует, что наибольший кластер и будет соответствовать нормальному состоянию.

Результаты применения программы. В качестве примера использования модели приведём результаты анализа дампа сетевого трафика одного из классов факультета. Дамп трафика собирался в течение 24 часов и содержит ~600000 пакетов.

На рис.1 и рис.2 приведено распределение точек в пространстве состояний. Для редукции размерности 7-мерного пространства состояний на 2-мерную плоскость графика мы применяем метод главных компонент [4].

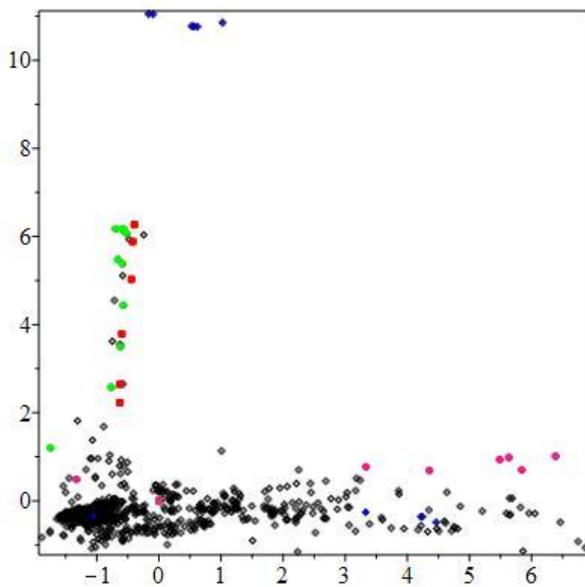


Рис.1

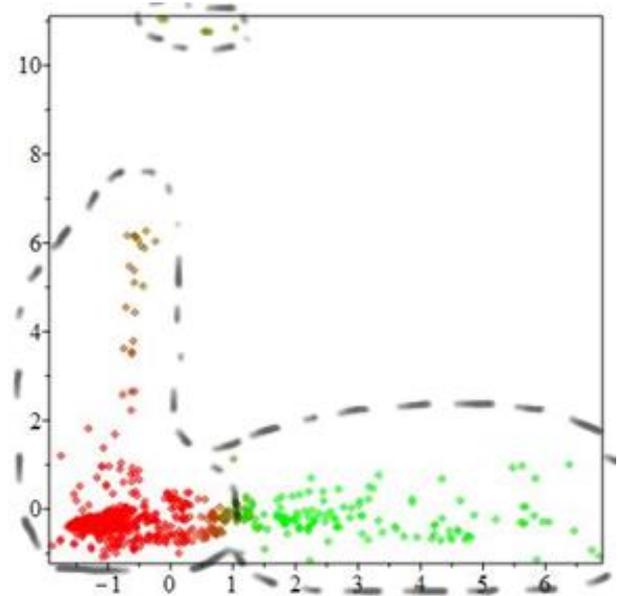


Рис.2

На рис.1 чёрные точки, которых большинство, соответствуют нормальному состоянию системы. Цветными точками обозначены известные аномалии в состоянии системы. Точки синего цвета соответствуют syn сканированию, фиолетовые точки – flood атака с FIN флагом, красные и зелёные точки – проблемы с сетью (потеря соединения, «упал» сервер, ...). Рис.1 приведён здесь как пример возможности использования пространства характеристик в качестве профиля системы.

На рис.2 приведён результат кластеризации множества состояний системы в пространстве характеристик. Мы использовали метод нечёткой кластеризации FCM [5]. Красным цветом обозначены точки кластера нормального состояния системы, точки жёлтого кластер – состояния с большой разницей между SYN и SYN-ACK пакетами (syn сканирование, например), точки зелёного кластер – состояние высокой активности сети (flood атаки, например).

Полученные результаты кластеризации можно использовать для анализа состояния сети. Для нового состояния сети мы определяем положение соответствующей точки в пространстве характеристик. Если точка попадает в область «красного» кластера, то это нормальное состояние системы в рамках используемых характеристик. Если точка попадает в «жёлтый» или «зелёный» кластер, то это сканирование или flood атака – нарушения известного типа. Другое положение точки соответствует аномальному состоянию системы и для выявления возможного нарушения требуется дополнительный анализ.

Заключение Реализация подобной модели рассматривается в курсе «Защита информации в сети», читаемых для студентов 4 курса направления «Прикладная математика и информатика» Института математики, механики и компьютерных наук. Рассмотрение данной темы позволяет более

подробно изучить структуру сетевых пакетов и архитектуры системы обнаружения вторжений, а также дает возможность развить навыки практического программирования.

Литература

1. Denning D.E. An intrusion detection model. IEEE Transactions on Software Engineering, SE-13, 1987, 222–232.
2. Стивенсон У. Ричард «Протоколы TCP/IP. Практическое руководство», Санкт-Петербург, «Невский Диалект», 2003.
3. Корт С.С. «Теоретические основы защиты информации», Москва, «Гелиос АРВ», 2004
4. Pearson K. On lines and planes of closest fit to systems of points in space, Philosophical Magazine, (1901) 2, 559—572.
5. Bezdek James C., Ehrlich Robert, Full William, FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm. Computers & Geosciences, Vol.10, N.2–3, P.191–203, 1983.

РАЗРАБОТКА НОВЫХ МУЛЬТИЗАДАЧНЫХ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ПАКЕТА ACELAN-COMPOS

Зезекало В.А., Младинский Д.Р., Москаленко Д.О.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И.И. Воровича
E-mail: dmoskalenko@sfedu.ru

В комплексах ACELAN и ACELAN-COMPOS реализация метода конечных элементов (МКЭ) построена на основе мультизадачных элементов. В отличие от подхода, при котором пользователю необходимо настраивать свойства конечного элемента вручную, с использованием скриптового языка, или при помощи API пакета, выбранное архитектурное решение позволяет сформировать универсальный программный интерфейс конечного-элемента, который скрывает реализацию и передает во внешнюю программу готовую локальную матрицу жесткости с учетом согласованной нумерации глобальной и локальных степеней свободы. Математические модели упругих, электростатических и электроупругих сред, реализованные в комплексах ACELAN [1] и ACELAN-COMPOS [2], поддерживают как задачи с постоянным числом степеней свободы в узлах конечно-элементной сетки, так и задачи с различными средами, которые могут содержать разное число степеней свободы и обладать разными моделями физических свойств, в том числе неоднородных [3].

В рамках данной работы библиотека конечных элементов комплекса ACELAN-COMPOS была расширена новыми плоскими элементами (треугольный плоский симплекс-элемент, четырехугольный плоский элемент) и новой реализацией трехмерного элемента в форме тетраэдра. Рассматривается квазистатическая постановка задач, что позволяет ограничиться рассмотрением только матриц жесткости, без учета матриц масс элементов.

Экземпляр класса отдельного конечного элемента содержит информацию о следующих объектах:

- материальных свойствах данного элемента, которые считаются либо постоянными в пределах элемента, либо постоянными в узлах численного интегрирования;
- координатах узлов, входящих в данный элемент, и глобальных номерах этих узлов;
- выбранной схеме интегрирования, которая будет применяться при расчете локальной матрицы жесткости;
- списке необходимых степеней свободы для данного элемента, который может быть получен как в явном виде от пользователя API, так и быть автоматически определен на основе общей информации о задаче.

С учетом полученных данных, сбор локальной матрицы разбивается на отдельные алгоритмы формирования квадратных матриц, отвечающих упругой и электростатической задаче, и, при необходимости, прямоугольных матриц, отвечающих за связность полей. Полученные матрицы собираются в общую локальную с учетом возможной перенумерации узлов. Локальная матрица передается в модуль ансамблирования, который, в зависимости от структуры сетки, либо вычисляет заново локальные матрицы для каждого элемента, либо кэширует их в случае, когда сетка или часть сетки является регулярной. Это позволяет существенно сократить время расчетов.

Полученная библиотека конечных элементов может быть расширена новыми реализациями как отдельных частей (материальные свойства, схемы интегрирования), так и элементов в целом, не нарушая при этом общность разработанного процесса ансамблирования. На основе разработанных конечных элементов были проведены численные эксперименты в пакете ACELAN-COMPOS.

Работа выполнена при поддержке гранта Правительства РФ № 075-15-2019-1928.

Литература

1. Nasedkin A.V. Some Finite Element Methods and Algorithms for Solving Acousto-Piezoelectric Problems // *Piezoceramic Materials and Devices* / Ed. I.A. Parinov New York. Nova Science Publishers. 2010.P. 177–218.
2. Gerasimenko T.E., Kurbatova N.V., Nadolin D.K., Nasedkin A.V., Nasedkina .A.A., Oganesyanyan P.A., Skaliukh. A.S., Soloviev A.N. Homogenization of Piezoelectric Composites with Internal Structure and Inhomogeneous Polarization in ACELAN-COMPOS Finite Element Package // *Wave Dynamics, Mechanics and Physics of Microstructured Metamaterials* / Ed. M.A. Sumbatyan Berlin, Springer, 2019, P. 113–131.
3. Oganesyanyan P.A, Soloviev A.N., Skaliukh A.S. Modelling of Piezoelectric Elements with Inhomogeneous Polarization by using ACELAN // *Advanced Materials – Studies and Applications* / Eds I.A. Parinov, S.-H. Chang, S. Theerakulpisut. New York. Nova Science Publishers, 2015. P. 169–192.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИОННОГО ЛАЗЕРА С РПК НА ТРОЙНОЙ СМЕСИ ПАРОВ МЕДИ С ГЕЛИЕМ И НЕОНОМ

Иванов И.Г.

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

E-mail: igivanov@sfedu.ru

Как установлено ранее в ряде работ, столкновения второго рода атомов металла с ионами буферного инертного газа (так называемая “перезарядка”) являются эффективным механизмом накачки в активной среде лазеров на ионных квантовых переходах многих металлов, и этот механизм обеспечивает наибольшую скорость накачки в газоразрядной плазме разряда с полым катодом (РПК). Традиционный способ увеличения набора длин волн излучения таких лазеров для использования в измерительной технике заключается в применении нескольких рабочих веществ, например, паров двух металлов, – с одним буферным газом, обеспечивающим одновременную перезарядку для обоих металлов, что, однако, вызывает существенное усложнение как конструкции лазера, так и управления им [1].

В [2] нами было предложено использовать для паров одного рабочего металла (таллия) смесь двух буферных газов (гелия и неона), каждый из которых накачивал перезарядкой различные квантовые переходы иона таллия, в результате лазер генерировал излучение одновременно на двух группах квантовых переходов: в сине-зеленой и красной областях спектра. Оптимизация режима накачки этого лазера в [2] осуществлялась методами компьютерного моделирования.

Другой эффективной и важной для практики лазерной активной средой может явиться смесь с гелием и неоном паров меди, с одновременной накачкой в РПК ионного лазерного перехода меди с $\lambda=780,0\text{нм}$ в ИК части спектра (перезарядкой He^+-Cu), и переходов с $\lambda 248,6$, $\lambda 259,9\text{нм}$ и $\lambda 260\text{нм}$ в УФ части спектра (перезарядкой Ne^+-Cu).

Цель данной работы состоит в поиске методами компьютерного моделирования оптимальных условий работы лазера. Это позволит так же, как и в [2], определить оптимальные параметры разряда (парциальные давления гелия, неона, паров меди и ток разряда), выяснить взаимовлияние обоих газов, а также сделать прогнозные оценки выходных энергетических характеристик лазера на ионных квантовых переходах Cu^+ .

Для ионного спектра меди при накачке в трёхкомпонентной смеси составлялись кинетические балансные уравнения: для 12-ти квантовых лазерных уровней Cu^+ и связанных с ними радиационными и столкновитель-

ными переходами других уровней Cu^+ : $6s^3D_{2,3}$, $5p^3P_1$, $5p^3F_4$, $5s^3D_{1,2,3}$, $4p^1F_3$, $5s^1D_2$, $4p^3P_2$, $4p^3F_2$, $4s^1S_0$. Компьютерные расчеты соответствующих систем алгебраических неоднородных уравнений выполнялись с использованием программного пакета компьютерной алгебры *Maple*, приложения *MSEExcel* и пакета программ *Origin*. В расчетах использовались описанные в [1,2] методики расчетов; парциальные эффективные сечения перезарядки с He^+ и Ne^+ на указанные выше ионные уровни меди находились по теории Ландау-Зинера; рассчитывались входящие в балансные уравнения константы возбуждающих и девозбуждающих столкновений ионов Cu^+ с "тепловыми" электронами плазмы РПК.

Анализ результатов позволяет сделать следующие выводы. Так как энергия иона He^+ на ~ 3 эВ превышает энергию Ne^+ , то перезарядка Ne^+ -Cu практически не оказывает влияния на заселение вышерасположенных уровней и лазерного перехода, накачиваемых перезарядкой He^+ -Cu (с $\lambda=780,0\text{нм}$). В то же время перезарядка He^+ -Cu влияет на величину инверсии на переходах $5s^1D_{1,2}-4p^3P_2$, $5s^1D_{1,2}-4p^1F_3$ Cu^+ , заселяемых в столкновениях Ne^+ -Cu. Так, добавление в смесь Ne^+ -Cu второго буферного газа гелия приводит к дополнительному, по сравнению с "чистым" неоном, заселению $5s^1D_{1,2,3}$ уровней Cu^+ "через" уровни $5p^3P_1$ и $5p^1F_{3,4}$ каскадными радиационными переходами с $\lambda 783\text{нм}$, $\lambda 790\text{нм}$ и $\lambda 794\text{нм}$, и, далее – вызывает рост скорости накачки УФ лазерных переходов $5s^3D_{1,2}-4p^3F_2$ и $5s^1D_2-4p^1F_3$ Cu^+ с $\lambda 248,6\text{нм}$, $\lambda 259,9\text{нм}$ и $\lambda 260\text{нм}$.

Найдено, что изменять соотношение скоростей накачки лазерных переходов в ИК и УФ частях спектра можно путем вариации соотношения давлений буферных газов.

Изучение описанной модели входит в спецкурсы, а выполнение компьютерных расчетов предлагается в качестве проектов магистрантам-радиофизикам на Физическом факультете ЮФУ.

Литература

1. Иванов И.Г. Многоволновый режим генерации ионного катафорезного лазера непрерывного действия на смеси паров селена и теллура // Лазерно-информационные технологии в медицине, биологии, геоэкологии и на транспорте-2018 // Труды XXVI Международной конференции, Новороссийск: РИО ГМУ. 2018. С. 66–67.
2. Иванов И.Г., Мадан Д.В. Компьютерное моделирование параметров ионного лазера на смеси паров металла с гелием и неоном // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития (СИТО 2019) Материалы XXVI научной конференции. Ростов-на-Дону; Таганрог: Издательство ЮФУ. 2019. С.134–135.

О ВЫЯВЛЕНИИ АНОМАЛЬНОГО ИСПОЛНЕНИЯ КОДА НА ОСНОВЕ УЧЕТА РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ВЫЗОВАМИ ФУНКЦИЙ

Иванов В.Ш., Косолапов Ю.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: vivanov1996@gmail.com, itaim@mail.ru

Обнаружение возможных уязвимостей программного обеспечения (ПО) является одним из инструментов, которым разработчики пользуются для защиты ПО от постороннего вмешательства и связанных с ним вредоносных последствий. Задача защиты ПО от эксплуатации уязвимостей может решаться как путем поиска и последующего устранения уязвимостей, так и путем использования систем обнаружения и/или предотвращения вторжений. Выявление вредоносного ПО (ВПО) на основе аномального выполнения обладает очевидным преимуществом перед выявлением ВПО на основе его сигнатуры: первые позволяют обнаружить новые, еще не изученные образцы ВПО. В системах на основе выявления аномального поведения строятся признаки, которые отличают поведение легитимной программы от поведения ВПО. Подбор признаков, а также формирование набора признаков, которые позволяли бы отличить аномальное поведение программы от нормального, является актуальной задачей. Признаки в таких наборах часто строятся на основе последовательности API-вызовов (API – Application Program Interface), используемых в ПО [1]. Выявление аномального поведения может использоваться не только для обнаружения ВПО, запущенного в системе в виде отдельного исполнимого файла, но и для обнаружения эксплоитов, нарушающих работу легитимного ПО. Выявление исполнения кода, эксплуатирующего уязвимость, намного сложнее, чем выявление вредоносного кода, на который обычно передается управление эксплоитом [2]. Для выявления эксплоитов также необходимо иметь совокупность признаков, и «нормальные» значения этих признаков, которые бы характеризовали выполнение ПО в соответствии с заложенными в него алгоритмами. Признаком аномального выполнения легитимного кода может являться нетипичная последовательность системных и/или библиотечных функций, так как выполнение эксплоита часто приводит к нарушению обычного порядка вызова таких функций [1]. Однако этот способ обнаружения может нивелироваться мимикрирующими атаками [3].

Отметим, что при внедрении вредоносного кода (в том числе с помощью техники повторного использования исполнимого кода, обзор которых можно найти, например, в [4]) появляется точка вызова функции (системной или библиотечной), расстояние от которой (или до которой) может

быть *нетипичным*. (Под расстоянием здесь и далее понимается модуль разности адресов соседних вызовов системных и/или библиотечных функций.) Выявление нетипичного расстояния может служить признаком заражения. В настоящей работе, с целью противодействия атакам маскировки под легальные цепочки вызовов ставится задача оценки возможности применения расстояния между API-вызовами в качестве признака для обнаружения факта запуска эксплоита в легитимной программе.

Для решения поставленной задачи разработан алгоритм *CheckTrace*, который выявляет нетипичное выполнение программы на основе профиля расстояний и профиля цепочек. Алгоритм *CheckTrace* основан на проверке, с одной стороны, является ли текущая цепочка вызовов типичной (как предлагается в [1]), а с другой стороны, на проверке, является ли типичным расстояние между текущим и предыдущим вызовом. Типичность цепочки вызовов проверяется по профилю цепочек, а типичность расстояния – по профилю расстояний. Оба профиля строятся на этапе обучения, путем использования набора незараженных (легитимных) входных данных для защищаемой программы. Отметим, что для каждой программы строится своя пара профилей, при этом наборы отслеживаемых функций, на основе которых строят оба профиля, также могут отличаться для разных программ.

С целью исследования возможности применения разработанного алгоритма в качестве защищаемой программы выбран браузер FireFox. Для этого браузера в силу его популярности в открытом доступе имеются концептуальные эксплоиты (см., например, [5]), которые в настоящей работе используются исключительно в исследовательских целях. Эксплоит, разработанный в [5], используя технику JIT-Spray, размещает исполнимый код (шеллкод) в памяти браузера FireFox версии 44.0.2 и передает на него управление при успешной эксплуатации уязвимости. В исполнимом коде вызывается функция WinExec (из библиотеки kernel32.dll) для запуска калькулятора (приложение calc.exe). Отметим, что в приложении FireFox не предусмотрен вызов API-функции WinExec, поэтому он не будет содержаться в профилях цепочек и расстояний, построенных на этапе обучения. Следовательно, такой вызов будет расценен как аномалия в алгоритме *CheckTrace*. Отметим, что из шеллкода любой API-функции, не содержащейся в профилях, будет расценен как аномалия. Поэтому интерес для исследования способности алгоритма *CheckTrace* обнаруживать нетипичное выполнение представляют шеллкоды, в которых вызываются API-функции, являющиеся типичными для трассы вызовов при легитимном выполнении защищаемой программы. С этой целью в настоящей работе создано 15 модификаций шеллкода из [5], в каждой из которых вызывается API-функция, с одной стороны, часто используемая в ВПО, а с другой сто-

роны, используемая в FireFox. Набор из 15-ти функций, используемых в ВПО, взят из [6].

Результаты экспериментов показали, что с ростом обучающей выборки снижается вероятность ложного обнаружения: с единицы (при 10-30 легитимных сайтах) до 0,21 (при 150 сайтах). Также было обнаружено, что запуск всех построенных в работе 15-ти шеллкодов обнаруживается алгоритмом *CheckTrace* при всех рассмотренных объемах обучающей выборки: при запуске эксплоита фиксируется нетипичное расстояние. Отметим некоторые особенности разработанного алгоритма. Во-первых, алгоритм не обнаруживает запуск вредоносного кода, если эксплуатация уязвимости не предполагает внедрение/запись исполнимого кода в память уязвимой программы, или если внедряемый исполнимый код не использует функции из набора отслеживаемых функций. Во-вторых, для каждой защищаемой программы требуется строить свои пары профилей. В-третьих, при обновлении защищаемой программы требуется переобучение системы защиты, то есть требуется построение новой пары профилей, что требует определенного времени. В-четвертых, высокая вероятность ложного обнаружения затрудняет применение разработанного алгоритма в качестве самостоятельного способа защиты от эксплоитов. Несмотря на это, представляется, что разработанный способ может использоваться как вспомогательное средство анализа входных данных на содержание вредоносного кода.

Литература

1. Forrest S., Hofmeyr S., Somayaji A. The Evolution of System-Call Monitoring // Proceedings of 2008 Annual Computer Security Applications Conference (ACSAC), 2008, P. 418–30.
2. Creech G. Developing a high-accuracy cross platform Host-Based Intrusion Detection System capable of reliably detecting zero-day attacks. University of New South Wales, Canberra, Australia, 2014.
3. Wagner D., Soto P. Mimicry attacks on host-based intrusion detection systems. // CCS'02 Proceedings of the 9th ACM conference on Computer and communications security. 2002. P. 255–264.
4. Косолапов Ю.В. Об обнаружении атак типа повторного использования исполнимого кода. // Модел. и анализ информ. систем, 2019. Т. 26, №2. С. 213–228.
5. Offensive Security [Электронный ресурс]: Exploitdb – Режим доступа: [https://github.com/o_ensivesecurity/exploitdb/blob/master/exploits/windows/r
emote/42484.html](https://github.com/o_ensivesecurity/exploitdb/blob/master/exploits/windows/remote/42484.html). – Загл. с экрана. – (дата обращения 29.12.19).
6. Gupta S., Sharma H., Kaur S. Malware Characterization Using Windows API Call Sequences. // Journal of Cyber Security and Mobility. 2018. Vol. 7, N 4. P. 363–378.

РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА ПРОГРАММ CALSMAN В ЧЕРНОМОРСКОМ ЦЕНТРЕ МОРСКИХ ПРОГНОЗОВ

Иванчик А.М., Иванчик М.В.

ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН»,

г. Севастополь

E-mail: antonishka@gmail.com, mvivanchik@mail.ru

В Морском гидрофизическом институте РАН (МГИ) функционирует оперативная система Черноморского центра морских прогнозов (ЧЦМП), которая связана с созданием комплексных систем морских прогнозов, основанных на одновременной совместной работе различных прогностических моделей. Расчет прогнозов моделями проводится ежедневно в автоматическом режиме.

В ЧЦМП функционируют подсистемы управления расчетами прогнозов:

- гидрологический прогноз состояния бассейна Черного моря моделью МНІС [1] на срок 5 суток с горизонтальным пространственным разрешением ~5 км;

- прогноз ветрового волнения бассейна Черного моря моделью SWAN [2] на срок 5 суток с пространственным разрешением ~5 км;

- экологический прогноз бассейна Черного моря моделью МНІВ на срок 5 суток с горизонтальным пространственным разрешением ~5 км;

- гидрологический прогноз Севастопольского региона Черного моря моделью РОМ [3] на срок 3-х суток с горизонтальным пространственным разрешением ~1 км;

- подсистема подготовки данных для пользователей в России, Грузии, Болгарии, Румынии.

Работа каждой модели управляется автоматической подсистемой, обобщенная схема которой представлена на рисунке 1. На схеме показана подсистема выполнения прогноза ЧЦМП, которая проводит запуск прогностических моделей, и для некоторых моделей может использовать выходные данные других моделей, функционирующих в системе ЧЦМП.

В процессе функционирования подсистема расчета моделью выполняет следующую последовательность действий.

- 1) Планирование выполнения прогнозов. Создается файл конфигурации, содержащий сведения, управляющие режимами работы подсистемы и ее компонентов, сведения о временном интервале для текущего цикла прогноза, времени старта расчетов и другие данные, специфические для каждой подсистемы прогноза.

- 2) Ожидание времени запуска очередного цикла прогноза.

3) Подготовка исходной информации, необходимой для выполнения очередного цикла прогноза. В зависимости от модели набор входных данных меняется. Для модели МНІС (бассейновый гидрологический прогноз) используются данные, собранный через сеть интернет – данные прогноза атмосферного форсинга, данные анализа температуры поверхности моря, спутниковые альтиметрические данные, данные анализа поглощения света в море на основе модели МНІА. Для модели РОМ (гидрологический прогноз Севастопольского региона Черного моря) в качестве входных данных для получения начальных и граничных условий для модели и атмосферного форсинга используются выходные данные модели МНІС.

4) Если в архиве для расчета недостаточно информации проводится расчет нового времени старта расчета подсистемой, переход к пункту 2.

5) Расчет прогноза моделью.

6) Формальная проверка выходных данных модели – количество и размер выходных файлов и, в отдельных моделях, проверка содержания некоторых файлов.

7) Архивирование входных и вспомогательных данных, использованных и созданных при выполнении очередного цикла прогноза, в локальном файловом архиве, размещенном на файл-сервере ЧЦМП.

8) Подготовка выходных NetCDF-файлов данных прогноза, архивирование результатов в локальном файловом архиве, размещенном на файл-сервере ЧЦМП.

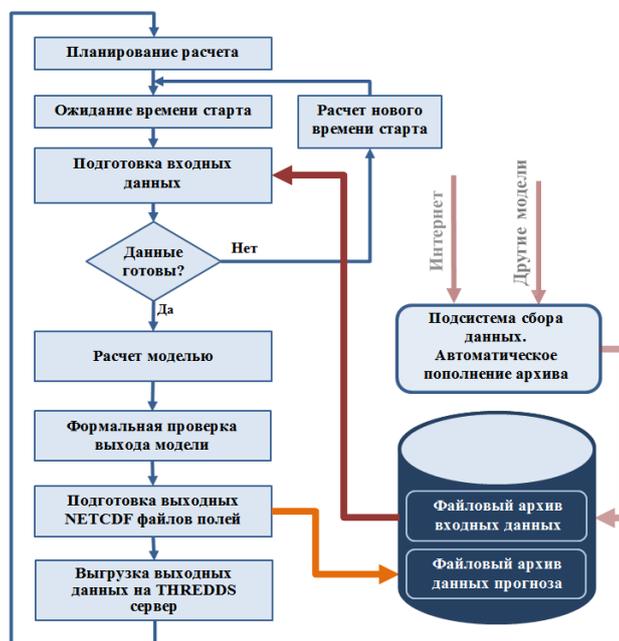


Рис. 1. Автоматическая система прогноза. Обобщенная схема

9) Выгрузка результатов прогноза на THREDDS-сервер для обеспечения пользователям доступа к данным.

10) Завершение цикла работы, переход к планированию следующего цикла вычислений.

Доступ к данным, хранящимся на THREDDS сервере <http://mis.bsmfc.net:8080/thredds/catalog.html>, реализован через продуктовые линейки, отдельно для каждой модели, что представлено на рисунке 2.

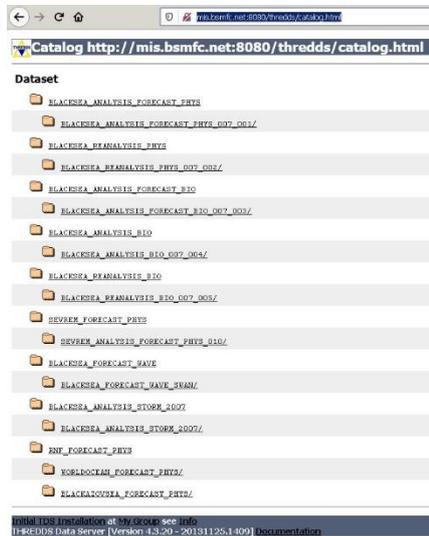


Рис. 2. Отображение продуктовой линейки на TREDDS сервере

При работе системы автоматически создаются журналы [4] работы для каждого цикла расчета отдельно, в них фиксируются результаты каждого шага работы и проблемы, возникающие в ходе выполнения прогноза. Журналы работы доступны через Интернет.

Управляющие работой системы задания написаны на языке CaslManPack собственной разработки в пакете программ CalcMan [5]. Вид работающих систем морского прогноза на рисунке 3.

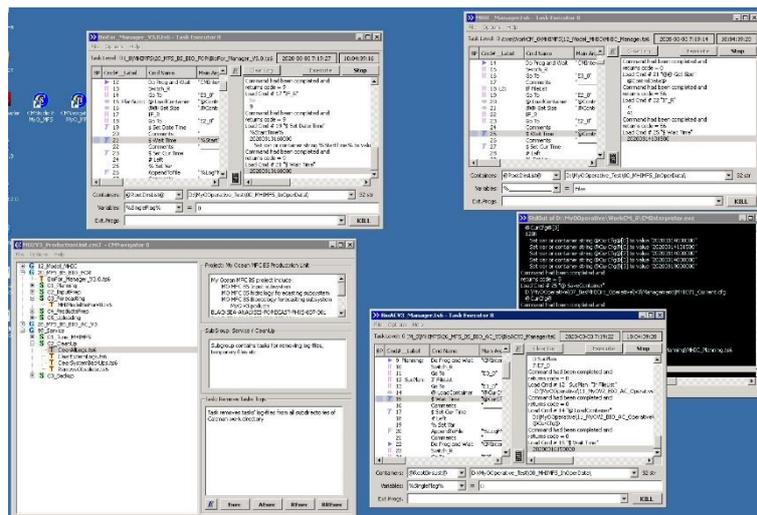


Рис. 3. Вид работающих систем морского прогноза

Системы прогнозов работают в автоматическом оперативном режиме надежно. Для поддержания функционирования системы требуется только

ежедневный контроль результатов ее работы и устранение проблем, изредка возникающих из-за отсутствия необходимых входных данных, электропитания и нарушений в работе внутренних и внешней сетей передачи данных.

Работы выполняются в рамках темы государственного задания ФГБУН МГИ №0827-2019-0002 «Оперативная океанология».

Литература

1. Коротаев Г.К., Ратнер Ю.Б., Иванчик М.В., Холод А.Л., Иванчик А.М. Оперативная система диагноза и прогноза гидрофизических характеристик Черного моря. Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. 2016. Т. 52. № 5. С. 609–617.
2. Ратнер Ю.Б., Фомин В.В., Иванчик А.М., Иванчик М. В. Система оперативного прогноза ветрового волнения Черноморского центра морских прогнозов. Морской гидрофизический журнал, Севастополь, №5, 2017, С.56–66.
3. Холод А.Л., Ратнер Ю.Б., Мамчур Н.Л., Иванчик М.В., Иванчик А.М. Автоматическая система мониторинга морской среды в акватории Севастопольского региона Черного моря. Морской гидрофизический журнал, №4, 2015, С.75–87.
4. Иванчик А.М., Иванчик М.В. Процедуры контроля работы автоматизированных систем морского прогноза. Интеграция науки и практики как механизм эффективного развития современного общества: Материалы XVI международной научно-практической конференции, г. Москва, 30 июня 2015 г. М.: Изд-во “Институт стратегических исследований”, 2015 г. С. 52–55.
5. Иванчик А.М., Иванчик М.В. Управление процессами в системах морского прогноза с помощью пакета программ CALCMAN. Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы XXIV конференции. Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 25–26 мая 2017 г. Ростов-на-Дону – Таганрог. Издательство Южного федерального университета. 2017.

СОВРЕМЕННЫЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЯ: ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Исаева А.Н., Тополов В.Ю.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

E-mail: aisaeva@sfnedu.ru; vutopolov@sfnedu.ru

Исследование структуры, физических свойств и других характеристик пьезоэлектрических материалов представляет интерес как с академической точки зрения, так и с точки зрения практических применений этих материалов. На многих предприятиях, в учреждениях и фирмах, где разрабатывают, производят и внедряют пьезоэлектрические материалы, проводится поиск новых пьезоэлектриков с улучшенными свойствами и параметрами. К числу параметров, представляющих большой практический интерес, относятся пьезомодули d_{ij} , пьезокоэффициенты g_{ij} , квадрат параметра приема $d_{33}g_{33}$, коэффициенты электромеханической связи k_{ij} , аналогичные гидростатические параметры $d_h, g_h, d_h g_h, k_h$ [1–3] и др. В настоящем сообщении рассматриваются примеры Интернет-ресурсов российских и зарубежных компаний, которые связаны с производством и применениями пьезоэлектрических материалов. Эти ресурсы могут использоваться при изучении студентами пьезоэффекта и различных пьезоэлектрических материалов. Данные вопросы рассматриваются при изучении в Южном федеральном университете ряда дисциплин, например, «Элементная база пьезоэлектрического приборостроения» (1 г. о. магистратуры Института высоких технологий и пьезотехники), «Физическое материаловедение. Физика конденсированного состояния» (3 к. бакалавриата Физического факультета) и «Твердотельная электроника. Гетерогенные активные материалы» (4 к. бакалавриата Физического факультета).

Для расширения знаний студентов, а также для понимания основных направлений исследований пьезоэлектрических материалов и путей их применений целесообразно ознакомиться со следующими Интернет-ресурсами.

1. На веб-странице <http://piezopribor.com/materials> (НКТБ «Пьезоприбор» ЮФУ, г. Ростов-на-Дону) представлена обширная подборка научных публикаций по спеканию, синтезу и улучшению свойств сегнетопьезокерамик, а также по способам измерения их параметров. Здесь же представлены ссылки на видеозаписи пленарных докладов различных научных конференциях по пьезоэлектрической тематике.

2. Научно-исследовательский институт «Элпа» (Зеленоград, г. Москва) занимается исследованием пьезоэлектрических материалов и изготовлением различных устройств на их основе. На веб-странице

<https://www.elpapiezo.ru/materials.html> (раздел «Продукция») представлена справочная информация не только о получаемых и исследуемых материалах, но и о конкретных пьезоэлектрических устройствах, которые изготавливаются с учетом тех или иных параметров материалов.

3. При изучении современных пьезоэлектрических материалов полезно иметь представления о численных значениях пьезомодулей, коэффициентов электромеханической связи и других параметрах этих материалов. Соответствующие таблицы, содержащие константы материалов, можно рассмотреть на сайте российской компании «Аврора-Элма» (г. Волгоград), см. <http://avrora-elma.ru/>, раздел «Каталоги и таблицы».

4. Подробная информация об устройстве различных пьезоэлектрических приборов доступна на сайте научно-производственного предприятия «ПьезоэлектриК» (Россия), см. <https://www.piezoelectric.ru/TechDocumentation.php>, раздел «Техническая документация». В инструкциях по эксплуатации приборов приведены схемы устройства приборов, описание их характеристик и назначения.

5. На сайте компании «PIEZO.COM» (США) есть собственный образовательный портал, см. <https://piezo.com/pages/piezo-education>. На данном портале представлено несколько разделов со статьями по тематике, связанной с пьезоэлектрическим эффектом и его применениями. При этом можно бесплатно скачать руководство «Introduction to Piezoelectric Transducers» (что представляет интерес при изучении пьезоэлектрических преобразователей и их применений). Компания уделяет внимание контактам с посетителями сайта, и здесь ведется блог о применении пьезоэлектриков в области высоких технологий.

6. Компания «APC International» (США) представляет пользователям Интернета базу знаний по теории пьезоэффекта, см. <https://www.americanpiezo.com/knowledge-center.html>. Здесь можно найти множество статей с общим описанием пьезоэффекта и с хорошим иллюстративным материалом, здесь также представлена информация по применениям пьезоэлектрического эффекта в конкретных устройствах. В эту базу знаний отдельным разделом встроен калькулятор для расчета различных диэлектрических параметров в зависимости от формы образца.

7. Большой объем справочной информации по современным пьезоэлектрическим материалам и применениям размещен на сайте компании «PI Ceramic» (ФРГ), см. веб-страницы <https://www.piceramic.com/en/piezotechnology/> (раздел «Technology») и <https://www.piceramic.com/en/applications/> (раздел «Applications»).

8. Информация о применении пьезоэлектрических материалов для энергосбережения, а также о преимуществах и потенциале этих материалов представлена на веб-странице <http://www.engineerlive.com/content/power-and-potential-piezoelectric-energy-harvesting> (США). В последнее де-

сятилетие потенциал пьезоэлектрических технологий, применяемых для энергосбережения, является достаточно высоким, что тесно связано с определенными свойствами используемых пьезоэлектрических материалов.

Приведенные выше информационные ресурсы Интернета позволяют представить масштабы проводимых разработок и разнообразные применения современных пьезоэлектрических материалов с учетом их конкретных физических свойств и родственных параметров.

Литература

1. Гориш А.В. Пьезоэлектрическое приборостроение [Текст] / А.В. Гориш, В.П. Дудкевич, М.Ф. Куприянов и др. Т.1. Физика сегнетоэлектрической керамики. М.: Издат. предпр. ред. жур. «Радиотехника», 1999. 368 с.: ил.
2. Topolov V.Yu. Electromechanical properties in composites based on ferroelectrics [Text] / V.Yu. Topolov, C.R. Bowen. London: Springer, 2009. 202 p.: il.
3. Topolov V.Yu. Piezo-active composites. Microgeometry – sensitivity relations [Text] / V.Yu. Topolov, C.R. Bowen, P. Bisegna. Cham: Springer International Publ., 2018. 179 p.: il.

МОБИЛЬНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СОТРУДНИКАМИ КОМПАНИИ

Керимов И.С.-М., Майер С.Ф.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: mrankerimov0@gmail.com

Многие международные компании сегодня используют новые HR-продукты и решения, фокусируются на мобильных приложениях и содержат в штате собственных цифровых дизайнеров и других специалистов в области управления персоналом. Например, международная компания Wade and Wendy использует мобильные приложения и чат-ботов в стратегическом планировании рекрутинга.

Этот инструмент позволяет сотрудникам планировать карьеру и профессиональный рост. Чат Mua может решить 75% вопросов, которые возникают у людей в процессе набора персонала. До сих пор существуют программные ресурсы, такие как Glassdoor, Payscale, которые могут собирать информацию о зарплатах в соответствии с принципами краудсорсинга и позволять любому ознакомиться с этими данными [3, с. 35].

Сотрудники другой международной компании – SAP, которая находится в центре новой технологической революции высокооплачиваемых приложений и программных сервисов, сегодня в режиме реального времени отслеживают уровень вовлеченности, текучести кадров и другие количественные показатели движения персонала для принятия оперативных управленческих решений. Крупная организация IBM начала активно использовать возможности мобильных приложений, чтобы показывать командам результаты своей работы.

IBM представила Checkpoint – самую современную обратную связь, которая может повысить согласованность и заинтересованность. И чтобы спровоцировать обучение на протяжении всей жизни, компания закрыла традиционную систему управления обучением и развернула современную образовательную цифровую платформу в виде мобильного приложения, где сотрудники могут публиковать любой полезный контент, рекомендовать различные учебные курсы и сохранять интересные «фишки» из Интернета на платформе.

Если говорить о российских компаниях, то сфера управления персоналом долгое время не поддавалась современной автоматизации. Хорошо продуманные корпоративные порталы отсутствовали, однако социальные сети активно использовались, и были случайные попытки геймификации. Сегодня, по словам Никиты Черкасенко, директора проектного офиса автоматизации управления персоналом в Ростелекоме, «мы, похоже, ввязы-

ваемся в отрасль» [5, с. 5–9]. После конференции HRTech World Amsterdam 2019 Н. Черкасенко сделал два вывода:

1) российских участников в 2019 году было больше (более 90 человек), чем в 2017 году (менее 10 участников);

2) компаний-финалистов конкурса Hrttech Startup в 2017 году вообще не было, в 2019 году две из пяти компаний вышли в финал. [3, с. 6–8].

Но не только то приятно, что Россия принимает участие в таких конференциях, но и то, что наши отечественные компании успешно используют HR-digital в управлении на местах.

Так, например, Сбербанк России реализует мобильные приложения в области обучения персонала по принципу: «обучение в любом месте, в любое время, с любого устройства». Новые решения в виртуальной школе и Корпоративном университете увеличили электронное обучение до 90% и помогли новичкам обеспечить доступ к необходимой производительности труда всего за 5 дней. [1, с. 3–4].

СТС Media - российский медиахолдинг, активно внедряющий цифровые и трансмедийные проекты, постоянно представляет современные цифровые продукты, мобильные приложения. Цифровизация – использование платформы DaOffice20 позволило СТС накапливать лучшие проекты и опыт своих сотрудников, управлять кадровыми процессами, развивать бренд HR, системы вознаграждений, системы мотивации и управления талантами.

В 2017 году российская компания Stafory создала на базе мобильного приложения сервис Robot Vera, который отбирает кандидатов на работу в автономном режиме. Робот Вера распознает человеческую речь, говорит сама и понимает кандидатов. С 2017 года Фонд развития интернет-инициатив (IIDF) инвестировал в Vera около 70 миллионов рублей. Сегодня Вера уже обработала более миллиона анкет, сделала более 440 тысяч звонков, провела 2300 видеointервью с различными кандидатами и готова к масштабному выходу на международный рынок. [2, 4].

Итак, резюмируя, можно сформулировать несколько причин, по которым сегодня необходимо использовать Digital-инструменты в управлении персоналом, в частности, мобильные приложения.

1. Автоматизируя основные задачи, компания получает больше преимуществ от сотрудников, перенаправляя зарезервированные таланты специалистов по персоналу на более сложные и интеллектуальные задания.

2. Временные затраты сократились, а это значит, что деньги не теряются. Чтобы совершить звонки сотне кандидатов и пригласить их на собеседование человеку требуется как минимум один рабочий день. Робот делает это за час. Экономия очевидна.

3. Снижение текучести кадров. Известно, что рутинные дела приводят к эмоциональному выгоранию сотрудников, что приводит к нездоровой

атмосфере, увольнениям и, как следствие, финансовым потерям. Радостные и довольные своей работой, HR-специалисты составляют сильную и устойчивую команду.

4. Улучшение связи между отделами и филиалами компании.

5. Акцент не на процессе, а на результате. Автоматизация хороша тем, что нет необходимости думать о том, как настроить процесс, остается только анализировать результаты и принимать правильные управленческие решения.

Однако не следует забывать, уже сегодня HR-специалисты нуждаются в переподготовке в качестве HR-digital специалистов. И если говорить об общих тенденциях в области мобильных приложений – это способность прогнозировать и выдвигать гипотезы. Вот почему современный специалист по персоналу должен уметь тестировать новые информационные платформы, работать с большими статистическими базами данных и делать аналитические выводы.

Сегодня основная задача HR-специалистов заключается в построении тесных взаимосвязей всех процессов системы управления персоналом. Для этого каждому специалисту по персоналу необходимо определить и формализовать личные ожидания, необходимые профессиональные компетенции, а также возможные пути карьерного роста.

Литература

1. Илюхина Л.А. Корпоративная система обучения персонала: элементы, формирование, развитие и современные тенденции / Проблемы развития предприятий: теория и практика. Материалы 16-й Междун. научн.-практич. конф. 16–17 октября 2017 г. в 3 ч. 4-1 Самара: Изд-во Самар, гос. экон. ун-та. С. 112–116.
3. Катькало В.С. «Корпоративный университет как инструмент реализации стратегии Сбербанка». Доклад на Первой Международной конференции «Больше чем обучение: готовим лидеров цифрового мира». Сбербанк. 28.10.2016. Режим доступа: <http://conference.sberbank-university.ru/>.
4. Шумкова Н. «Корпоративные университеты - новые драйверы инноваций в подготовке лидеров для цифрового мира». Доклад на Первой Международной конференции «Больше чем обучение: готовим лидеров цифрового мира». Сбербанк. 28.10.2016. Режим доступа: <http://conference.sberbank-university.ru/>.
5. Обзор рынка мобильных приложений [электронный ресурс] // ведущий российский портал бизнес-планов, руководств и франшиз // аналитическая статья, 14.03.2017, режим доступа-<https://w\\,3v.opexibusiness.ra/biz/business/obzor-rvntka-mobiliiivkli-prilozheniv/> (дата обращения 22.11.2017)
6. Резникова О.С. Применение «облачных» технологий в управлении персоналом организации // Символ науки. 2015. № 8. С. 123.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ КРИСТАЛЛОВ

Клунникова Ю.В., Аникеев М.В.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Таганрог
E-mail: yvklunnikova@sfnu.ru

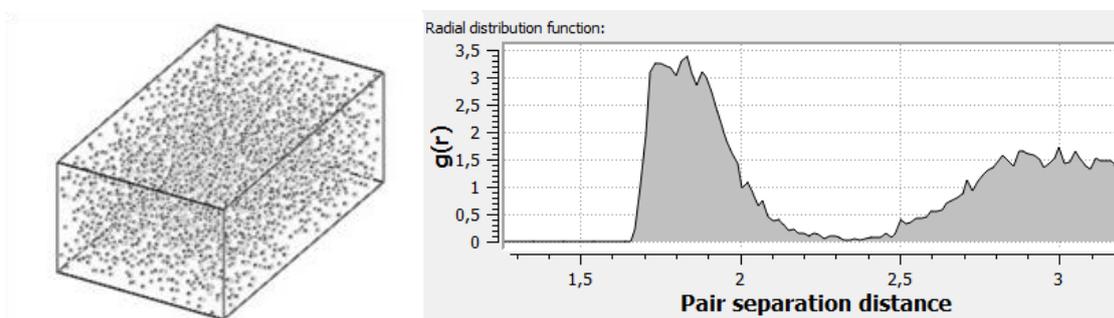
В настоящее время развитие компьютерной индустрии позволило значительно увеличить эффективность обработки больших объемов данных, что в свою очередь послужило предпосылкой для решения систем уравнений движения для нескольких сотен тысяч частиц за приемлемое время. Молекулярная динамика (МД) дает возможность изучить различные свойства веществ, обусловленных коллективным поведением молекул, для исследования которых экспериментальным путем потребовалось бы множество специализированных установок [1].

К наиболее популярным пакетам программного обеспечения для моделирования динамики молекул относят: AMBER, CHARMM, GROMACS, GROMOS, LAMMPS, HOOMD-blue, NAMD и другие. LAMMPS (Large-scale Atomic/Molecular Massively Parallel Simulator) [2] представляет собой свободный пакет для классической МД для крупных расчетов (порядка десятка миллионов атомов) для самых разнообразных моделей. Для работы с LAMMPS можно скомпилировать как параллельную версию (используется MPI), так и версию для запуска в однопроцессорном режиме. В LAMMPS осуществлена поддержка большинства двухчастичных и многочастичных короткодействующих потенциалов (потенциалы Леннарда-Джонса, Морзе, Юкавы, EAM, AI-REBO). Данный пакет работает только с классическими уравнениями движения Ньютона, которые численно интегрированы для дискретного числа атомов, взаимодействия которых регулируются меж-атомными потенциалами.

Ввод исходных параметров модели выполнялся через текстовый конфигурационный файл, включающий последовательный набор команд и параметров. Результат выводится также в текстовый файл в виде порядковых номеров, координат и других данных об атомах и молекулах. Для обработки выходных данных использовались средства визуализации и анализа проведенных исследований методом МД и Монте-Карло (OVITO, VMD и другие). Ovito может обрабатывать файлы данных с несколькими временными шагами, что позволяет визуализировать эволюцию системы со временем [3].

Компьютерное моделирование методом МД проводилось с учетом потенциалов межатомного взаимодействия для $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ [4], который находит широкое применение для изготовления приборов лазерной техники, микроэлектроники, в частности для подложек интегральных схем.

Сапфир получали из расплава путем нагрева до 3000 К, затем данный расплав охлаждали до комнатной температуры за 40000 временных шагов ($\Delta t = 2$ фс). Основная цель проведенного моделирования заключается в описании структурных свойств и динамического поведения сапфира в процессе его кристаллизации. Результаты моделирования МД распределения частиц сапфира представлены на рисунке 1, а. На рисунке 1, б представлена радиальная функция распределения частиц сапфира на 60000-м шаге.



а)

б)

Рис. 1. а) Результаты моделирования МД сапфира в процессе его получения; б) радиальная функция распределения частиц на 60000-м шаге

Проведено моделирование МД сапфира в процессе его получения. Мощные инструменты LAMMPS и OVITO представляют интерес, как для научных исследований, так и в качестве интерактивной презентации при преподавании дисциплины «Физика роста кристаллов». Данные результаты могут быть использованы для усовершенствования роста кристаллов и при чтении лекций по структуре кристаллов, а также для выполнения лабораторных работ.

Литература

1. Программный пакет LAMMPS. URL: <http://lammps.sandia.gov>
2. Lesar R. Introduction to Computational Materials Science: Fundamentals to Applications. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 427 p.
3. Stukowski A. Visualization and analysis of atomistic simulation data with OVITO – the Open Visualization Tool // Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering, 2010. V. 18, N 1. P. 015012.
4. Malyukov S.P., Klunnikova Yu.V., Cherednichenko D.I. Sapphire: Structure, Technology and Applications (chapter: Heat-Physical Processes at the Sapphire Crystals Growth by Horizontal Directed Crystallization). New York: Nova Science Publishers, 2013. P. 101–118.

ОБУЧЕНИЕ ШУМОПОДАВЛЯЮЩЕЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА БЕЗ ЧИСТЫХ ДАННЫХ

Коваленко А.С.

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

Шумоподавление является часто встречаемой задачей в области компьютерного зрения. Обычно шум на изображении подавляется простыми алгоритмами, к примеру, применением медианного фильтра или с помощью гауссова сглаживания. Также существуют подходы, основанные на использовании нейронных сетей. Но главная проблема их применения заключается в отсутствии данных для обучения. При обучении шумоподавляющей нейросети в качестве входных данных передаётся зашумлённое изображение, а в качестве ожидаемого ответа необходимо передавать «чистое» входное изображение без шума. В реальных задачах, как правило, нет таких пар изображений. В данной работе рассматривается задача шумоподавления цифрового шума.

Авторы работы Noise2Noise: Learning Image Restoration without Clean Data [1] рассматривают подход обучения специальных архитектур нейронных сетей – автоэнкодеров для задачи шумоподавления на парах зашумлённых изображений, то есть без наличия чистых данных. Главная проблема предлагаемого авторами подхода в том, что для процесса обучения на изображения накладывается псевдослучайный шум и обученная сеть на таком распределении плохо справляется с цифровым шумом и аналогичными.

В данной работе рассматривается подход получения данных для обучения шумоподавляющей нейронной сети из серии фотографий с зафиксированной на штативе камерой, но в разный момент времени. Таким образом получается серия зашумлённых изображений, усреднение которых при стремлении количества изображений к бесконечно большому, стремится к чистому изображению.

В результате данной работы была построена и обучена семислойная полносвёрточная нейронная сеть, экспортируемая на фреймворки CoreML и Tensorflow Lite для запуска на мобильных устройствах.

Для сравнения подходов была выбрана метрика PSNR (Peak signal-to-noise ratio), показывающая эффективность восстановления изображения. В качестве чистого изображения, не содержащего шум, бралось усреднение по всей серии из 10 изображений. В таком случае значение PSNR между

средним изображением и содержащим шум составляло 31 дБ. После обработки изображения с шумом, значение PSNR со усредненным изображением составляет 39 дБ. Для сравнения были использованы популярные методы для подавления шума на изображениях, обработка медианным фильтром и подавления шума с помощью нелокального усреднения [4]. При использовании медианного фильтра значение PSNR составляет 35, а при использовании алгоритма нелокального усреднения 38.

Из данного сравнения можно сделать вывод, что полученная нейронная сеть более эффективно восстанавливает оригинальное изображение по метрике PSNR, при сравнении с другими, рассматриваемыми подходами.

Ссылка на репозиторий с реализацией подхода: https://github.com/AlexeySrus/image_denoising

Литература

1. Noise2Noise: Learning Image Restoration without Clean Data, Jaakko Lehtinen, Jacob Munkberg, Jon Hasselgren, Samuli Laine, Tero Karras, Miika Aittala, Timo Aila, <https://arxiv.org/abs/1803.04189>.
2. Recent Advances in Autoencoder-Based Representation Learning, Michael Tschannen, Olivier Bachem, Mario Lucic, <https://arxiv.org/abs/1812.05069>.
3. Hybrid Noise Removal in Hyperspectral Imagery With a Spatial-Spectral Gradient Network, Qiang Zhang, Qiangqiang Yuan, Jie Li, Xinxin Liu, Huanfeng Shen, Liangpei Zhang, <https://arxiv.org/abs/1810.00495>.
4. Non-local Means Denoising, Antoni Buades, Bartomeu Coll, Jean-Michel Morel, https://www.ipol.im/pub/art/2011/bcm_nlm/article.pdf

СПЕЦИФИКА РАЗВИТИЯ КОГНИТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОКОЛЕНИЯ Z В ЦИФРОВУЮ ЭПОХУ

Ковалева А.П., Цахилова К.О.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Академия психологии и педагогики,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: cahilova@sfnedu.ru; kovaleva@sfnedu.ru

В современной реальности, которая сочетает в себе естественную среду человека и искусственную, цифровую среду, человек становится активным пользователем последней. Вместе с тем, фактом остается то, что постоянное пребывание в цифровом пространстве и частое использование цифровых технологий оказывает существенное влияние на развитие когнитивных процессов. Особенно такому влиянию подвергаются представители поколения Z. В силу всего вышесказанного, изучение того, как трансформируются когнитивные процессы и в связи с чем происходят данные преобразования у поколения Z, является актуальным.

Целью данной статьи является анализ результатов исследований, посвященных специфике развития и трансформации когнитивных процессов поколения Z. Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи. Во-первых, определить термин «поколение Z». Во-вторых, осуществить анализ теоретических положений и эмпирических исследований особенностей когнитивных процессов поколения Z.

В своей книге У. Штраус и Н. Хоув, авторы «теории поколений», определяют «поколение» как «когортную группу, продолжительность которой приближается к продолжительности фазы жизни, границы которой фиксированы личностью сверстников» [9]. Люди одного поколения связаны не только общим периодом рождения, но и убеждениями, поведением и ощущением принадлежности к одной социальной общности. Согласно одной из концепций, поколение, родившееся в начале 2000-х годов, получило название «поколения Z». Они не просто пользуются ИКТ, а фактически живут в новой реальности, их развитие и социализация проходит в эпоху развитой высокотехнологической культуры [1–3], что вводит в исследовательский лексикон термины «сетевое поколение», «iGeneration» [2], поколение Google. Это поколение имеет ряд отличительных признаков: избыточные цифровые связи, высокий уровень зависимости от цифровых технологий, быстрая обработка и обновление информации, большой опыт в работе с сетью Интернет. Проникновение Интернета в жизнь подростков (16–19 лет) почти достигло 100% в 2019 году, в категории 20–39 лет этот показатель варьирует от 94% до 97%, в категории 40–49 лет – 89%, люди в возрасте 50–64 лет – 66%, а категория старше 65 лет – до 36% [10].

Принцип организации мышления «цифрового поколения», отличается от принципа мышления представителей доцифровой эпохи тем, что графически его можно представить в форме сети, тогда как мышление людей доцифровой эпохи «основано на использовании общепринятой иерархии антропоцентрически организованных родовых и видовых характеристик понятий и терминов». Вследствие этого мышление поколения Z, рассматриваемое в качестве психического инструмента человека как открытой системы и придающее значимость поступающей из окружающей среды информации, имеет такие характеристики, как гибкость, объемность, многозначность [3].

Следует обратить внимание на такую особенность мышления сетевого поколения, как «клиповость», мозаичность. Клиповое мышление, как отмечает О.А. Старицина, используется как защитная реакция организма на информационную перегрузку. Однако, у клипового мышления есть ряд недостатков. Так, объем его ограничивается только фантазией «клипмейкера», время фрагментарно и не отражает преемственность событий [7]; формируется особый тип рациональности, в котором «предпочтение отдается не смысловому погружению в содержание, а визуальным образам и поверхностно «сканированной» информации» [6]. Все эти черты клипового мышления приводят к тому, что его обладатель оказывается не способным даже к проведению самого простого анализа, путем выстраивания логической цепочки от общего к частному [4].

Н.В. Богачева и Е.В. Сивак рассматривают феномен цифрового мультитаскинга - одновременное осуществление нескольких технологий – также наблюдается у поколения Z: при выполнении простых задач в условиях отвлечения они справляются лучше. Однако последствий влияния цифрового мультитаскинга на когнитивную продуктивность подростков не выявлено. В процессах внимания поколения Z по сравнению с предыдущим поколением отмечается снижение концентрации и уменьшение устойчивости внимания [1]. Данную тенденцию подтверждают результаты исследования Т.Ю. Захаровой, согласно которому «с увеличением степени кибераддикции понижаются скорость и точность обработки информации, устойчивость и скорость внимания» [5].

Доктором медицинских наук и профессором Г. Смоллом, был проведен эксперимент, заключающийся в сравнении процессов кибер-чтения двух групп людей с разной степенью вовлеченности и заинтересованности ресурсом Интернет [6]. Результаты исследования показали, что при осуществлении процессов мышления и чтения поколением Z затрагивается больше участков мозга, чем при осуществлении тех же процессов предыдущим поколением, по минимуму контактирующим со всемирной сетью. На этом основании был сделан вывод: в процессе работы с сетью Интернет, которая является совершенно новой практикой для ЦНС человека,

происходит изменение привычных процессов мозга и мыслительной деятельности [6]. Г. Смолл отмечает возросшую значимость феномена селективно-визуального внимания (Visual Selective Attention) [8], предполагающего распределение зрительного фокуса в воспринимаемом пространстве одновременно между несколькими раздражителями без снижения объема воспринимаемой информации.

Общеизвестен факт, что поколение Z склонно запоминать место в киберпространстве, где информацию можно посмотреть, проанализировать и извлечь, а не саму информацию. Благодаря данному феномену поколение Z воспринимает «умные» устройства как интеллектуальных партнёров, в том числе с функцией трансактивной памяти [2]. Трансактивная память - явление, при котором люди полагаются на воспоминания своих близких и таким способом хранят информацию на «внешнем носителе», следовательно, более развита кратковременная, а не долговременная память. Обращаясь к исследованиям А.Ф. Уорда, А.В. Голубинская констатирует, что у людей возникает иллюзия эквивалентности ответов из глобальной сети собственным умственным способностям [6]. Но, как отмечает Т.Г. Лешкевич, «простой переход инет-содержания в когнитивно-персональное содержание личности невозможен <...> поскольку закодированный и обнаруженный в Сети content не становится автоматически личностным достоянием человека» [7]. Вместо того, чтобы читать и вникать в прочитанное, цифровое поколение «сёрфит» по поверхности, бегло просматривает информацию, что приводит к неспособности самостоятельно искать необходимое [11].

Цифровое поколение вовлечено в процесс «длительного и непрерывного восприятия, требующего концентрации внимания, принятия решений и некоторых рефлексивных процессов» [2]. В связи с постоянным нахождением в цифровой среде у пользователей рождается необходимость вобретении навыка симультанного (нелинейного) восприятия – короткого мгновенного акта восприятия всего образа целиком, а не длительного, последовательного анализа деталей.

Таким образом, за счет глобального распространения цифровых технологий и развития в этой среде произошли преобразования процессов мышления, памяти, внимания и воображения поколения Z на уровне нейронных процессов и на поведенческом уровне. В науке появились новые понятия, отражающие изменения, происходящие в когнитивной сфере и позволяющие эффективно функционировать в цифровую эпоху. Это, например, клиповое мышление, трансактивная память, селективно-визуальное внимание, симультанное восприятие, мультитаскинг. Однако, появление таких специфичных когнитивных механизмов, влечет за собой разрушение предшествующих психических и физиологических достижений. Так, внимание неустойчиво, неразвита долговременная память, а си-

стемную интеллектуальную работу, без которой невозможно обучение и развитие личности заменяет «интеллектуальный серфинг» и поверхностность и фрагментарность восприятия информации.

Литература

1. Богачева Н.В., Сивак Е.В. Современная аналитика образования (Вып. 22 №1. Мифы о «поколении Z»). М.: Издательский дом НИУ ВШЭ, 2019. 64 с.
2. Голубинская А.В. Нейрокогнитивный подход к исследованию поколения z // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2016. №1. С. 161–167.
3. Грекова А.А. Особенности мышления представителей «цифрового поколения» // Вестник ЮУрГУ. Серия: Психология. 2019. Т. 12. № 1. С. 28–38. DOI: 10.14529/psy190103.
5. Гринева М.И. Психолого-педагогический анализ проблемы культуры чтения подростков // Современные исследования социальных проблем (электронный научный журнал). Modern Research of Social Problems. 2013. №9(29). С. 1–16. DOI: 10.12731/2218-7405-2013-9-1.
6. Захарова Т.Ю., Синогина Е.С., Смирнова А.А. Влияние кибераддикции на характеристики внимания подростков // Научно-педагогическое обозрение. Pedagogical Review. 2018. 2 (20). С. 106–111. DOI 10.23951/2307-6127-2018-2-106-112.
7. Лешкевич Т.Г. Цифровые трансформации эпохи в проекции их воздействия на современного человека / Вестник Томского государственного университета. 2019. № 439. С. 103–109. DOI: 10.17223/15617793/439/12.
8. Старицина О.А. Клиповое мышление VS Образование. Кто виноват и что делать?// Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2018. Т. 7. № 2 (23). С. 270–274.
9. Small G.W., Moody T.D., Siddarth P., Bookheimer S.Y. Your brain on Google: Patterns of cerebral activation during Internet searching // American Journal of Geriatric Psychology. 2009. Vol. 17 No. 2. P. 116–126.
10. Strauss W., Howe N. Generations: the history of America`s future, 1584 to 2069. New York: William Morrow and Company Inc., 1991. P. 429.
11. https://www.rbc.ru/technology_and_media/13/01/2020/5e1876549a7947210b5ef636.
12. Шпитцер М. Антимозг: цифровые технологии и мозг. М.: АСТ, 2013. 288 с.

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЬЕЗОАКТИВНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С РАЗЛИЧНЫМИ СВЯЗНОСТЯМИ

Криворучко А.В.¹, Тополов В.Ю.²

¹ *ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет»*

² *ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», физический факультет*

E-mail: vutopolov@sfnedu.ru; kolandr@yandex.ru

Композитные материалы обладают важными физическими свойствами, которые могут изменяться в зависимости от внешних воздействий, при изменении микрогеометрии, состава и объёмных концентраций компонентов и других факторов. Композитные материалы находят применения во многих областях человеческой деятельности – от электроники до строительства и транспорта. Важной группой современных функциональных композитных материалов являются пьезоактивные композиты, т.е. материалы, в состав которых входит хотя бы один пьезоэлектрический компонент. Несмотря на большой объём исследований пьезоактивных композитных материалов (см., например, монографии [1–3]), в настоящее время отсутствует систематизированная база данных, которая содержит достаточно полную информацию о различных композитных материалах и позволяет определять (прогнозировать) эффективные физические свойства этих материалов, содержащих один или несколько пьезоэлектрических компонентов. В свободном доступе отсутствуют программные средства и программные комплексы, которые позволили бы решить задачу расчёта эффективных свойств композитных материалов с определёнными микрогеометрическими характеристиками.

В связи с этим с этим проведена разработка программного средства для прогнозирования полного набора эффективных упругих, пьезо- и диэлектрических свойств многокомпонентных композитов с различными связностями. При написании программного комплекса учтены формулы и методы, представленные в Интернет-источниках и научной литературе (см., например, монографии [1, 2]). Полученные результаты могут быть использованы при создании приборов и устройств пьезотехники, энерго-сберегающих и других систем.

Программный комплекс для расчётов эффективных физических свойств пьезоактивных композитов разработан на базе прикладного программного пакета Wolfram Mathematica 8.0. Этот комплекс переложён на язык программирования C#, то же сделано для пакета Maple. На сегодняш-

ний день программное средство включает программы и подпрограммы для расчётов и построения графиков и 3D-поверхностей эффективных свойств и параметров двух- и трёхкомпонентных композитов с такими элементами связности, как 1–3, 0–3, 3–0, 2–2, 1–1 и др. Различия между расчётными данными предложенного программного комплекса и данными моделирования по методу конечных элементов [3, 4] составляют менее 5%. Добавим, что упомянутые выше связности являются наиболее распространёнными среди пьезоактивных композитов [2–4], представляющих интерес для различных применений.

Программное средство на языке C# представлено в виде исполняемого файла EXE, для пакетов Wolfram Mathematica 8.0 и Maple доступно в открытых исходных кодах (open source code). При этом для запуска программного средства не требуется дорогостоящих пакетов программ – достаточно запустить исполняемый файл EXE или задействовать Wolfram CDF Player, распространяемый бесплатно.

Текущая версия программного комплекса для расчётов эффективных физических свойств пьезоактивных композитов является десятой по счёту. Эта версия используется в учебном процессе и при выполнении НИРС в Донском государственном техническом университете и Южном федеральном университете. Не вызывает сомнений необходимость дальнейшего развития и наращивания функционала предложенного программного средства.

Литература

1. Хорошун Л.П., Маслов Б.П., Лещенко П.В. Прогнозирование эффективных свойств пьезоактивных композитных материалов. Киев: Наук. думка, 1989.
2. Topolov V.Yu., Bowen C.R. Electromechanical properties in composites based on ferroelectrics. London: Springer, 2009.
3. Topolov V.Yu., Bisegna P., Bowen C.R. Piezo-active composites. Orientation effects and anisotropy factors. Berlin, Heidelberg: Springer, 2014.
4. Topolov V.Yu., Bowen C.R., Bisegna P. Piezo-active composites. Microgeometry – sensitivity relations. Cham: Springer International Publ., 2018.

ИНФОРМАЦИОННЫЙ СЕРВИС ДЛЯ КОНСТРУИРОВАНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ВЕБ-КВЕСТА

Кувшинова Е.Н., Тихонова Н.А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

E-mail: enkuvshinova@sfnedu.ru, ntihonova@sfnedu.ru

Одной из основных задач современной системы образования является воспитание личности, способной и готовой к самостоятельному поиску решения проблемы и приобретению знаний. При этом необходимо учитывать интересы и образовательные потребности обучающихся.

Одним из средств обучения, используемым для организации самостоятельной учебной деятельности обучающегося, может быть образовательный веб-квест, представляющий собой проблемное учебное задание с элементами ролевой игры, для выполнения которого используются различные информационные ресурсы сети Интернет (видео, аудио, текст, графика и т.д.).

Анализ современных информационных сервисов сети Интернет показал, что, как правило, для создания образовательных веб-квестов педагоги используют ресурсы, позволяющие конструировать сайты без знания основ веб-дизайна и веб-программирования. К числу таких сервисов можно отнести wix; Nethouse; uKit; Fo.ru и другие.

Однако вышеуказанные конструкторы сайтов не в полной мере обеспечивают реализацию таких особенностей образовательных веб-квестов как выбор роли, прохождение тестирования, ввод открытого ответа и т.д.

Для решения этих задач на основе технологии SaaS (software as a service), позволяющей пользователям подключаться к облачным приложениям и использовать их через Интернет, был разработан информационный сервис для конструирования образовательного веб-квеста, который предоставляет пользователям возможность полностью управлять содержанием создаваемой веб-страницы.

При разработке данного приложения были поставлены следующие задачи:

1. Регистрация пользователей (разработчиков веб-квестов).
2. Выбор стиля оформления веб-квеста.
3. Выбор структуры веб-квеста.
4. Задание учебных ролей.
5. Поэтапное создание заданий для каждой роли.
6. Контрольная проверка результатов обучения.
7. Подбор рекомендаций по дальнейшему обучению.

Данное приложение было реализовано на основе модели SaaS с использованием языка JavaScript. Разработанный учебный проект не только

показывает особенности и возможности модели SaaS и способы её широкого внедрения в веб-разработку, но и выделяет важные свойства языка JavaScript. В частности, при разработке наиболее важными и используемыми среди библиотек языка являлись следующие:

1. jQuery – библиотека JavaScript, содержащая в себе готовые функции языка JavaScript, все операции jQuery выполняются из кода JavaScript. Библиотека jQuery производит манипуляции с html-элементами, управляя их поведением и используя DOM для изменения структуры веб-страницы. При этом исходные файлы HTML и CSS не меняются, изменения вносятся лишь в отображение страницы для пользователя.
2. jQuery UI – библиотека JavaScript с открытым исходным кодом для создания насыщенного пользовательского интерфейса в веб-приложениях, часть проекта jQuery. Построена поверх главной библиотеки jQuery и предоставляет разработчику упрощенный доступ к её функциям взаимодействия, анимации и эффектов, а также набор виджетов.

Одним из важных элементов при реализации данного проекта стало предоставление пользователю полного контроля в управлении над элементами создаваемой страницы: стиль и размер шрифтов, положение элемента на странице, его размер и т.д. Пользователь, разрабатывающий веб-квест, имеет доступ к созданию следующих элементов: картинка, видео, аудио, вопрос с открытым ответом, вопрос с закрытым ответом, текстовый ярлык, кнопка перехода на следующую страницу и новая страница. Описываемое основное рабочее пространство пользователя представлено на рис. 1.

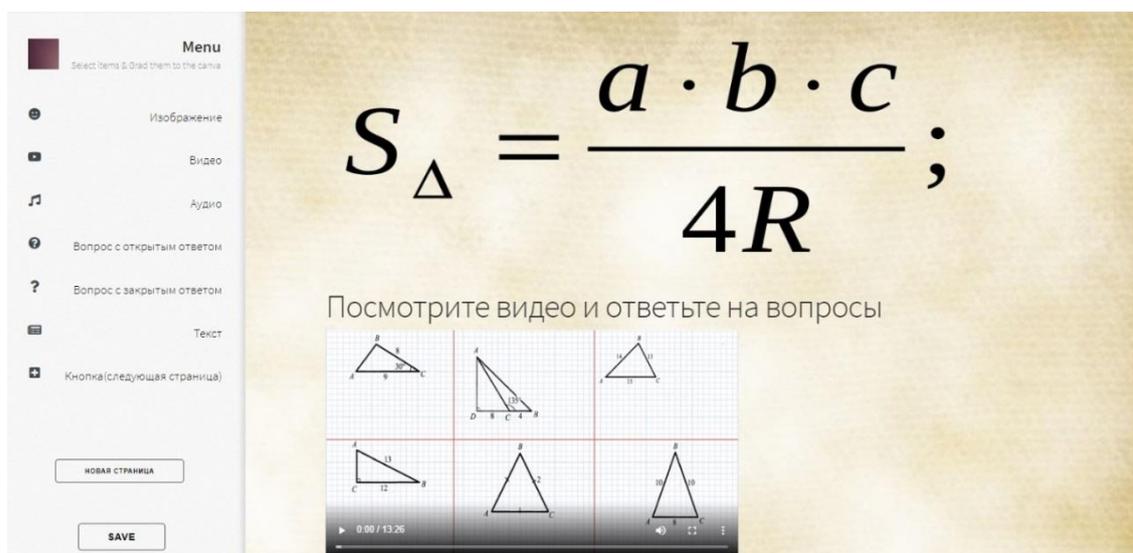


Рис 1. Основное рабочее пространство пользователя

При разработке отдельное внимание также уделялось особенностям языков HTML и CSS, в частности, принципам построения веб-страниц и стилям объектов страницы.

Представленный учебный проект позволяет освоить нетривиальные приемы разработки обучающих веб-приложений, написанных на языке JavaScript, и легко адаптировать эти приемы к включению в реальные проекты, связанные с разработкой веб-приложений, основанных на модели SaaS.

Литература

1. Современный учебник JavaScripthttps [Электронный ресурс] URL: <http://learn.javascript.ru> (дата обращения: 06.03.2020).
2. JQUERY page2page [Электронный ресурс] URL: <https://jquery.page2page.ru> (дата обращения: 06.03.2020).

ЦИФРОВАЯ ДЕТЕРМИНАЦИЯ И ЕЕ ЭФФЕКТЫ*

Лешкевич Т.Г.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Академия психологии и педагогики

E-mail: Leshkevicht@mail.ru

В статье делается попытка определить понятие цифровой детерминации, выявить ее основание и специфику. Основная цель статьи проанализировать последствия цифровой детерминации, раскрывая ряд обусловленных ею парадоксов. Автор опирается на корпус отечественных и англоязычных источников. Актуальность статьи связана с рассмотрением ряда новых, порожденных цифровой детерминацией эффектов.

Цифровая или дигитальная детерминация, ощутимая сегодня повсеместно, представляет новую ступень технологического развития. Сам термин «детерминация» – от лат. *determinatio* – определяю, обуславливаю указывает на процессы, факторы или механизмы, которые задают и генерируют последующие состояния. Существует понятие «жесткой детерминации», восходящее к Пьеру Лапласу и постулирующее однозначную причинно-следственную зависимость, т.е. одна причина может породить такое и только такое следствие. Эта позиция является идеализацией, которая строится в рамках механистических воззрений, полностью исключая случайность и многофакторные взаимодействия. В современной научной картине мира признана вероятностная детерминация, опирающаяся на статистическую закономерность, предполагающая веер возможностей и вероятностный исход процессов. Весьма распространено понятие «технологическая детерминация», связанная с прогрессом техники и ограничивающая круг возможностей заданным алгоритмом. Здесь детерминирующее воздействия связано с тем, что именно технологические системы оказываются базисными основаниями всех сдвигов в обществе, вокруг них вращаются изменения в экономических, социальных и организационных практиках. Однако, технологическое развитие не стоит на месте, и сегодня современный мир сделал ставку на информационные технологии, затребовав совершенствования цифровых компетенций. «Друг наш цифра», – так оценивают сложившуюся ситуацию исследователи [Ершова, с. 1]. И хотя их энтузиазм не разделяют цифровые скептики и пессимисты, вряд ли можно отрицать, что Интернет, противопоставляя аналоговую реальность физическому плану взаимодействий, выступает как «уникальная по своей функциональной универсальности культурная институция, которая одновременно банк и магазин, биржа и аукционный дом, почта и собес, библиотека

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-011-00298

и архив, консалтинговая служба и кинотеатр, музей и концертный зал, научная организация и дискуссионная площадка, игротека и всезнающее справочное бюро, служба знакомств и разведслужба, образовательная организация и работающий на гигантскую аудиторию массовик-затейник» [Закс, 2016]. Особая роль в «диджитализации» социальной жизни возложена на онлайн-банкинг, ведущий жизнь людей к качественно иному типу взаимоотношений [Иоселиани, 2020].

Важно подчеркнуть, что цифровая детерминация, обуславливающая изменения всей человеческой жизни, осуществима посредством и на основе информационных технологий и интеллектуальных систем, которые вне цифровых навыков субъектов делают понятие интеллектуального капитала несостоятельным. Однако, как нами было показано ранее [Leshkevich, Motozhanets], процессы расширения интеллектуального капитала в условиях цифровой детерминации сталкиваются с рядом парадоксов. Первый парадокс связан с тем, что закономерная тенденция техноэволюции, ведущая к интенсивному использованию интеллектуальных систем и, соответственно, расширению интеллектуального капитала, оборачивается «опустошением» рынка труда и исчезновением не востребовавшихся профессий. Причем масштабы производимых трансформаций, обуславливающих сокращение количества рабочих мест, не имеют аналогов.

Второй парадокс, указывающий на актуальный запрос цифровых компетенций, сталкивается с тем, что специалисты, обладающие глубокими профессиональными знаниями, в настоящий период не могут продемонстрировать столь же высокий уровень онлайн компетенций, им не всегда хватает цифровой сноровки. В то время как молодая генерация, владея цифровыми навыками в полной мере, следует по пути «аренды знания», сканирования и компиляции информации, мало погружаясь в содержательную суть процессов, освобождая себя от «тяжелой работы думания». Третий парадокс связан с несостыковкой глобальных коммуникативных возможностей, которые предоставляет Всемирная паутина, и усиливающейся тенденцией «цифрового одиночества». Избыточность цифровых связей и навыков быстрой обработки информации ведет к так называемому цифровому кочевничеству [Кужелева-Саган, Спичева, с. 72]. Этот цифровой «детокс» отчуждает от человека семью, друзей, потребность непосредственного общения «глаза в глаза», заменяя ее позицией «глаза в устройстве».

К последствиям цифровой детерминации относится и такой относительно новый феномен как многозадачность, указывающий, во-первых, на ментальную перегруженность под воздействием установки на получение немедленной реакции на возникший запрос, и, во-вторых, на психологическую готовность накладывать один тип занятости на другой, например, совмещать трудовую деятельность, «потребление» развлекательного кон-

тента и осведомленность в геополитических реалиях. И если пассивные участники инет-коммуникации лишь потребляют цифровой контент, то активные акторы сетевых взаимодействий, возлагающие на себя роль просьюмера – т.е. создателя собственного пользовательского контента вынуждены принять норму «двойного обновления». Эта добровольно принимаемая норма может быть оценена как эффект цифровой детерминации, который обусловлен усилиями по созданию собственного контента в режиме постоянного «отслеживания» и анализа обновлений, сделанных другими (Miller, pp. 387–400). Вместе с тем, обсуждая масштабы цифровой детерминации, невозможно обойти вниманием ситуацию, указывающую на доминирующую роль Big Data-технологий. Причем присвоение Большими данными права быть критерием в процессе принятия решений по организации жизнедеятельности проходит на фоне укоренившейся в массовом сознании глубинной убежденности, что «данные решают все!».

В завершении целесообразно обратить внимание на такой новый эффект цифровой детерминации, который нашел отражение в так называемой прокси-культуре. Этимологически термин «прокси» (проху) восходит к англоязычному понятию – «действовать по доверенности» и представляет собой сокращение от этого термина. «Прокси» означает «законные действия, предпринятые от имени кого-то», по доверенности. Предлагаемые онлайн системы, веб-сайты или платформы могут быть названы прокси-серверами, так как осуществляют свою работу, имея возможность действовать от имени объекта, вместо него, представляя искомый объект.

Таким образом, цифровая детерминация породила множество эффектов, которых отсутствовали в доцифровые времена. Во-первых, это аналоговая реальность, замещающая реальный физический мир. Во-вторых, это трансформация когнитивной системы, настроенная на быстрое и фрагментарное сканирование информации с потерей причинно-следственных связей и целостного представления о процессе. В-третьих, это деформированные когнитивные практики, пришедшие на смену понятийному, смыслопорождающему строю мышления и получившие название «аренда знаний». И наконец, это мощные интеллектуальные системы, ориентированные на Big Data-технологии и генерирующие прокси-культуру. Все это свидетельствует о серьезном цифровом сдвиге, хотя современный этап развития и именуют как гибридную реальность, объединяющую достижения цифровизации и реальные материально-физические взаимодействия. Стоит прислушаться к мнению ученых, считающих, что постоянные трансформации становятся нормой жизни. Выживают только лидеры перемен – те, кто чутко улавливают тенденции изменений и мгновенно приспособляются к ним, используя себе во благо открывающиеся возможности [Друкер].

Литература

1. Ершова Т.В. Друг наш цифра // Информационное общество 2019. № 6. С. 1.
2. Leshkevich T. Motozhanets A. EXPANDING SOCIAL CAPITAL IN THE DIGITAL AGE: PARADOXES// Culture and Education: Social Transformations and Multicultural Communication PROCEEDINGS of the Middle-Term Conference RC04 Sociology of Education ISA. Moscow, Institute of Foreign Languages RUDN University, July 24-26th, 2019. P. 220–227.
3. Закс Л. А. К исследованию аксиологии Интернета // Известия Уральского федерального университета. Сер. 3: Общественные науки. 2016. Т. 11, № 3 (155). С. 11–24.
4. Иоселиани А. Д. Особенности повседневной жизни человека в цифровом мире//Манускрипт. Тамбов: Грамота, 2020. Т. 13. Вып. 4. С. 115–119.
5. Кужелева-Саган И.П., Спичева Д.И. Феномен цифрового кочевничества в современном междисциплинарном дискурсе //Вестн. Том. гос. ун-та. 2020. № 454. С. 72–87.
6. Miller, 2008 – Miller V. New Media, Networking and Phatic Culture. Convergence // The International Journal of Research into New Media Technologies. 2008 Vol. 14. No. 4. P. 387–400.
7. Floridi L. A Proxy Culture //Philosophy and Technology. Springer Science+Business Media Dordrecht, 2015. Vol. 28(4) P. 487–490.
8. Друкер П. Задачи менеджмента в XXI веке. М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. 272 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ БАЗИС РАЗРАБОТКИ СЦЕНАРИЕВ ПОВЕДЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ В ИНТЕРНЕТ-ПРОСТРАНСТВЕ

Лызь Н.А., Григорьев А.О.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Институт компьютерных технологий и информационной безопасности,

г. Таганрог

E-mail: nlyz@sfedu.ru, angrigo1@yandex.ru

Распространение разнообразных видов образовательной деятельности в сети Интернет и расширение спектра рисков актуализирует задачу моделирования и сопровождения информационно-образовательной деятельности обучающихся в интернет-пространстве [1]. Для моделирования такой деятельности целесообразно использовать сценарный подход. Он рассматривается как самостоятельное направление исследований, которое имеет собственную проблематику, методологию и инструментарий [2]. Под сценарием поведения объекта понимается «последовательность состояний и предполагаемых условий функционирования системы моделей, описывающих процесс изменения его параметров» [2, с. 144]. Онтология поведения, включающая в себя элементы поведения, переменные состояния, параметры и ограничения, расширяется с помощью онтологии сценария, включающей действия, временные ограничения и временные точки [3].

В когнитивистике сценарий рассматривается в качестве исследовательского конструкта, с помощью которого можно осуществить моделирование ментальных репрезентаций и состояний субъекта [4]. Сценарии представляют в прототипическом и отклоняющихся вариантах, а также в форме иерархической структуры, в которой компоненты верхнего уровня отражают устойчивые признаки, обязательные с точки зрения содержания сценария, а субординантные элементы наполняются в зависимости от конкретной ситуации [4].

Методика сценариев широко применяется в разработке программного обеспечения и системном проектировании для выявления пользовательских и функциональных требований к поведению системы. Так, согласно классической модели элементов пользовательского опыта, разработанной Дж. Гарреттом, в основе успешного проектирования опыта взаимодействия лежит четко сформулированная стратегия [5]. Под стратегией понимается не только получение теоретического представления о разрабатываемом программном продукте, но и его цели с учетом потребностей пользователей. Для определения этих потребностей, мотивации, целей и контекста при взаимодействии с ПО составляются так называемые пользовательские сценарии, с помощью которых описываются пользовательские истории и

взаимодействие между ними. В контексте UX/UI разработки сценарием называют наглядное схематическое представление путей решения поставленной перед пользователем задачи, с учетом факторов, которые ему помогают или мешают в достижении целей при взаимодействии с продуктом (сайтом) [6].

По степени детализации и технической проработки выделяют четыре типа пользовательских сценариев [6, 7]: пользовательские истории, концептуальные сценарии, конкретные сценарии, сценарии использования. Пользовательские истории являются более абстрактным понятием по сравнению со сценариями, но именно они лежат в основе проектирования пользовательского опыта. По сути, это сбор «сырых» данных о различных пользователях, каждый из которых может иметь свою историю и свой специфический опыт. Систематизация пользовательских историй позволяет разработать User Scenarios – подробное описание того, что пользователи делают с продуктом и, что еще более важно, почему они это делают. В основном, пользовательские истории и концептуальные сценарии необходимы для представления основных мотивов пользователей. Конкретные сценарии, а также сценарии использования необходимы при проектировании информационной архитектуры и пользовательских интерфейсов, кроме того, они могут использоваться с целью анализа юзабилити. При этом исследование сценариев могут дать более точные результаты, если учитывать информацию о личных характеристиках участников [8].

В целом, в основе проектирования сценариев лежит анализ поведения пользователей [9]: на каких страницах они задерживаются чаще всего, какой маршрут используют для движения по страницам сайта, почему не доходят до целевых страниц, какие элементы привлекают больше внимания, что затрудняет поиск информации. Для получения такой информации могут быть использованы счетчики посещаемости (например, Яндекс.Метрика), журналы веб-сервера, различные инструменты анализа поисковых запросов и другие программные средства.

В когнитивной лингвистике, в психологии, в разработке программного обеспечения, как правило, используются неформализованные (описательные) методы построения сценариев, предполагающие приоритетное использование мнений экспертов.

Проведенный анализ позволяет определить сценарий поведения обучающихся в информационно-образовательном Интернет-пространстве как описательную модель информационно-образовательной деятельности, представляющую дискретно фиксируемую последовательность действий обучающегося и ключевых состояний системы «обучающийся – условия и ресурсы Интернет-пространства». Разработка таких сценариев позволит 1) опираясь на структуру информационно-образовательной деятельности учесть ключевые моменты развития исследуемой системы;

2) проанализировать альтернативные варианты развития ситуации при заданных целевых установках в условиях неопределенности в зависимости от индивидуальных особенностей обучающихся; 3) определить возможные последствия, угрозы и риски реализации различных вариантов; 4) расширить исходные синергические сценарии, моделирующие естественную динамику исследуемой системы, и создать аттрактивные, характеризующие желаемую динамику системы в условиях управляющих воздействий (для разработки интеллектуальных систем-ассистентов).

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-22019.

Литература

1. Лызь Н.А., Истратова О.Н. Информационно-образовательная деятельность в интернет-пространстве: виды, факторы, риски // Педагогика. 2019. № 4. С. 16–26.
2. Кульба В.В., Кононов Д.А., Малинецкий Г.Г. Сценарии поведения сложных систем в чрезвычайных ситуациях // В сборнике: Управление рисками чрезвычайных ситуаций доклады и выступления. 2001. С. 143–152.
3. Kaderka J.D., Rozek M.L, Arballo J.K., Wagner D.A., Ingham M.D. The behavior, constraint, and scenario (BeCoS) tool: A web-based software application for modeling behaviors and scenarios // AIAA Aerospace Sciences Meeting. 2018. Issue 210059. DOI: 10.2514/6.2018-1216.
4. Кузнецова Ю.М. Сценарный подход к анализу текстов // Труды Института системного анализа Российской академии наук. 2018. Т. 68. № 1. С. 31-41.
5. Garrett J.J. The Elements of User Experience: User-Centered Design for the Web and Beyond, Second Edition. Berkeley, CA. 2011. 172 p.
6. Пользовательские сценарии: что это такое, как и для чего их нужно строить [Электронный ресурс] URL: <https://netology.ru/blog/users-scenarios>.
7. User Stories and Scenarios in UX Design [Электронный ресурс] URL: <https://designmodo.com/user-stories-ux/>.
8. Hlavac P. Impact of characteristics of individuals on evaluating the quantitative studies // CEUR Workshop Proceedings. 2016. Vol. 1618, Код 123010.
9. Анализ поведения пользователей [Электронный ресурс] URL: <https://yandex.ru/support/webmaster/recommendations/user-behavior-analysis.html>.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНОК ОКСИДА ЦИРКОНИЯ И КОБАЛЬТА ДЛЯ МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУР, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Малюков С.П., Саенко А.В., Клуникова Ю.В., Тимощенко Д.В.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Таганрог
E-mail: spmalyukov@sfedu.ru

В последнее время перспективным направлением для разработки высокоинтегрированной памяти считается резистивное переключение в тонких пленках окислов металлов Cu_2O , TiO_2 , NiO , ZrO_2 и т.д. Явление резистивного переключения послужило базисом возникновения совершенно нового класса устройств с функциональными свойствами, недоступными в традиционной электронике [1]. Для применения мемристоров в электронных устройствах используют структуру, состоящую из проводников, между которыми находится прослойка из материала, обладающего мемристивными свойствами. Под действием приложенного напряжения прослойка может изменять свою проводимость [2,3]. На рисунке 1 представлена структура мемристора кобальт (Co)/цирконий (ZrO_x) на стеклянной подложке с размерами 17×25 мм, которая взята за основу для отработки технологических процессов изготовления элементов мемристоров нового поколения.



Рис. 1. Структура мемристора Co/ZrO_x

В настоящее время используются различные технологии нанесения тонких пленок для электронных устройств: метод химического осаждения из паровой фазы, осаждение термическим испарением, вакуумно-дуговое испарение, метод ионной имплантации, магнетронное распыление. Метод магнетронного распыления, который позволяет получать покрытия с высокими функциональными характеристиками при высоких скоростях осаждения (1-3 нм/с), занимает лидирующие позиции в области нанотехнологии. Практика использования различных мишеней в магнетронно-распылительных системах показала, что применение таких материалов, как

кобальт и цирконий хорошо коррелируется в области исследований резистивного переключения в мемристорных структурах [4-7].

При разработке мемристорных структур нового поколения были проведены исследования пленок Co, ZrO_x. Для первого слоя в качестве нижнего электрода выбрана мишень трехдюймового Co 99,95% чистоты с толщиной (d) 4 мм, которая наносилась на подложку из стекла при следующем режиме работы магнетрона: P = 340 Вт, I = 0,42А, U= 400 В, давление в камере (p) составило 5*10⁻³ мБар, рабочий газ – аргон (Ar). Продолжительность осаждения пленки кобальта на подложку из стекла составила 5 мин. Далее распылялась мишень двухдюймового ZrO₂ 99,99% чистоты с толщиной (d) 6 мм на тонкую пленку кобальта при P = 130 Вт в течение 3 мин.

В процессе исследования эффекта резистивного переключения в пленках ZrO_x необходимо ограничивать протекающий ток с целью предотвращения теплового пробоя. Исследование эффекта резистивного переключения проводилось на системе измерения параметров полупроводников Keithley 4200-SCS (Keithley Instruments, USA) [8], которая позволяет исследовать электрические характеристики образцов в широком диапазоне значений параметров. В работе использовались вольфрамовые зонды, один из которых устанавливался на нижний контакт (Co), а второй – на пленку ZrO_x. Полученная вольтамперная характеристика экспериментального образца мемристора на основе структуры Co/ZrO₂/W приобретает типичный гистерезисный вид (рисунок 2).



Рис. 2. Вольтамперная характеристика мемристорной структуры Co/ZrO_x/W

Определены основные режимы магнетронного распыления оксида циркония и кобальта для мемристорных устройств: значение тока I = 0,3-0,45А, напряжения U= 350-450 В, давление аргона (Ar) в камере (p) 4*10⁻³-6*10⁻³ мБар. Показана возможность реализации структуры мемри-

стором на основе Co/ZrO₂/W с применением технологии магнетронного распыления, позволяющая реализовать идеи создания устройств памяти нового поколения.

Исследование проводится при поддержке Фонда содействия инновациям по договору №142ГУЦЭС8-D3/56395 от 24.12.2019 г.

Литература

1. Mohammed A. Zidan, John Paul Strachan and Wei D. Lu The future of electronics based on memristive systems // Nature Electronics. 2018. Vol. 1. P. 22–29.
2. Елисеев Н. Мемристоры и кроссбары: нанотехнологии для процессоров // Электроника: Наука, Технология, Бизнес, 2010, №8, С.84–89.
3. Joshua Y.J., Byung J.Ch., Min-Xian Z., Torrezan Antonio C., Strachan J.P., Williams St.R. Memristive Devices for Computing: Mechanisms // Applications and Challenges. HP Laboratories, HPL-2013-48.
4. Dewei Chu, Adnan Younis, Sean Li. Enhancement of Resistance Switching in Electrodeposited Co-ZnO Films // International Scholarly Research Network – ISRN Nanotechnology, V. 2012.
5. Джумалиев А. С., Никулин Ю. В. Влияние давления аргона на текстуру и микроструктуру пленок кобальта, осаждаемых магнетронным распылением // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Физика. 2017. Т. 17, вып. 4. С. 254–262.
6. Уткин К. Э., Торгашин С. И., Хошев А. В. Управляемый синтез тонких пленок, полученных методом магнетронного распыления // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2018. № 2 (24). С. 41–46.
7. Клунникова Ю.В., Малюков С.П., Тимощенко Д.В. Использование оксида циркония (ZrO₂) в мемристорных структурах // Сборник докладов: Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития: Материалы XXVI научной конференции Южного федерального университета, 2019. Ростов-на-Дону, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2019. С. 182–184.
8. Смирнов В.А., Томинов Р.В., Авилов В.И., Алябьева Н.И., Вакулов З.Е., Замбург Е.Г, Хахулин Д.А., Агеев О.А Исследование мемристорного эффекта в нанокристаллических пленках ZnO // Физика и техника полупроводников. 2019. №1. С. 77–83.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ПЛОТНОСТИ ЗАПИСИ ИНФОРМАЦИИ ЖЕСТКИХ МАГНИТНЫХ ДИСКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Малюков С.П., Зиновьев С.С., Саенко А.В., Тимощенко Д.В.
*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Таганрог*
E-mail: spmalyukov@sfnedu.ru

Развитие вычислительной техники привело к широкому распространению сложных вычислительных систем, что делает актуальной проблему разработки запоминающих устройств (ЗУ) с высокой плотностью записи информации. Ведущее место в ряду внешних запоминающих устройств ЭВМ занимают накопители на жестких магнитных дисках (ЖМД), т. к. объем хранения информации в них непрерывно растет. Известно, что ЖМД представляет собой многослойную конструкцию, состоящую из последовательно нанесенных тонких пленок, а носителем информации является магнитная пленка [1].

В работе исследовали возможность повышения плотности записи информации жестких магнитных дисков с использованием технологии магнетронного распыления. При разработке ЖМД с повышенной плотностью записи информации большое внимание уделяется покрытиям на основе чистых металлов, в частности кобальта, и более сложных систем (Co-Cr, Co-Ni, Co-Ni-P и др.) [2]. Выбор носителя информации так же обусловлен тем, что в пленках сплавов Co-Cr могут быть достигнуты величины коэрцитивной силы (H_c) до 900 Э, пленки имеют высокое значение индукций насыщения, что позволяет сохранить приемлемую величину сигнала при уменьшении толщины покрытия до 0,05–0,1 мкм [3,4].

Для реализации ЖМД был выбран метод магнетронного распыления, так как он позволяет получать тонкие (от единиц нанометров до десяти микрон) пленки высокого качества с рекордными физическими характеристиками (толщина, пористость, адгезия и пр.), а также позволяет проводить послойный синтез новых структур, создавая пленку буквально на уровне атомных плоскостей [5, 6]. Для нанесения тонких пленок использовалась установка магнетронного напыления VSE-PVD-DESK-PRO, позволяющая наносить покрытия от десятков нанометров до нескольких микрон со скоростью нанесения до 7,5 Å/с. Режимы нанесения пленок магнетронной установки:

- рабочая мощность – 100–400 Вт;
- рабочий газ – аргон;

- давление в камере – $1-3 \cdot 10^{-3}$ мбар;
- время распыления – 5-10 мин;
- полученные толщины пленок – 100–400 нм.

Получены зависимости влияния температуры подложки на магнитные свойства пленок Co-Cr. Увеличение температуры подложки свыше 125°C приводит к заметному уменьшению коэрцитивной силы. Напыление проводилось без дополнительного разогрева подложек. Так же приведена зависимость коэрцитивной силы от скорости напыления. При малых скоростях напыления H_c выше, что объясняется формированием мелкодисперсной структуры с преобладанием гексоначально плотноупакованной решетки Co-Cr. Так при скорости напыления $25 \text{ \AA}/\text{мин}$ коэрцитивная сила составила 220 Э, тогда как при скорости напыления $266 \text{ \AA}/\text{мин}$ коэрцитивная сила составила 150 Э. В полученных образцах:

- толщина подслоя Cr составила 500 нм;
- толщина магнитного слоя Co-Cr 15 - 40 нм;
- толщина защитного слоя нитрида титана 100 нм;
- коэрцитивная сила H_c от 200 до 450 Эрстед;
- намагниченность насыщения – I_s от 500 до 1700 Гс.

С увеличением H_c коэффициент прямоугольности пленок уменьшался.

Были изготовлены экспериментальные образцы ЖМД с повышенной плотностью записи информации многослойной тонкопленочной конструкции методом магнетронного распыления (рис. 1).

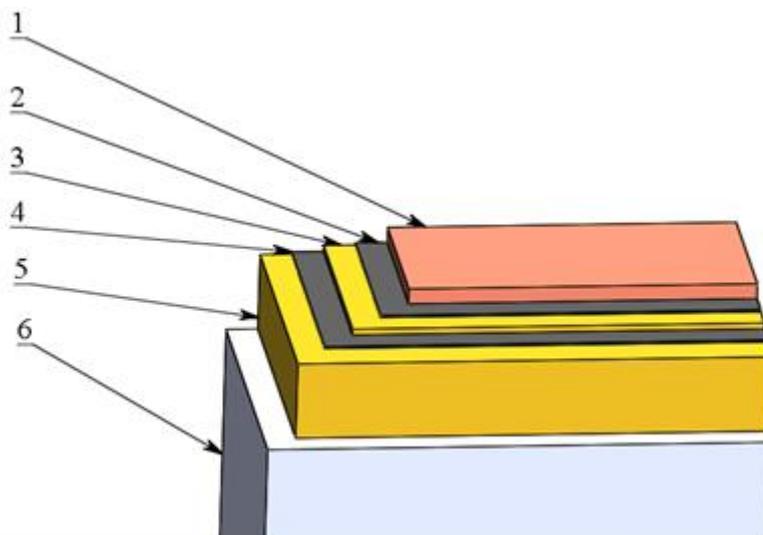


Рис. 1. Структура экспериментального жесткого магнитного диска:
 1 – защитный слой TiN; 2 – слой магнитного материала Co77–Cr23;
 3 – слой слабомагнитного материала Cr; 4 – слой магнитного материала Co77–Cr23; 5 – подслой Cr; 6 – подложка Al-Mg1541

В качестве носителя информации применялся сплав Co₇₇–Cr₂₃ и Co₈₀–Cr₂₀. Использовалась многослойная тонкопленочная конструкция диска (подложка Al–Mg₁₅₄₁ – подслои Cr толщиной 500 нм – слой магнитного материала Co–Cr толщиной 15 - 40 нм – слабомагнитный слой Cr толщиной 40 нм – слой магнитного материала Co–Cr толщиной 15 - 40 нм – защитный слой TiN толщиной 100 нм), так как известно, что взаимодействие магнитных слоев, разделенных слабомагнитным слоем, позволяет добиться более плотной записи информации по сравнению с однослойной конструкцией [7].

Показано, что образцы ЖМД на основе тонких магнитных пленок Co–Cr отвечают современным требованиям, в части повышения плотности записи информации жестких магнитных дисков, так как в них могут быть достигнуты большие величины коэрцитивной силы и значения относительной остаточной намагниченности. Ёмкость опытного образца достигает до 12 Тбайт в 2,5 дюймовых накопителях информации.

Литература

1. Observation of Magnetic Radial Vortex Nucleation in a Multilayer Stack with Tunable Anisotropy // Scientific Reports. 2018. Vol. 8, Article number: 7180,
2. Стародубцев Ю.Н. Магнитомягкие материалы. 2011. 659 с.
3. Малюков С.П. Силенок А.Б. Физико-технологические аспекты повышения надежности изготовления магнитных пленок. // Труды международного симпозиума Надежность и качество. 2013. Т. 2. С. 191–193.
4. Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Получение тонких пленок реактивным магнетронным распылением, Москва, Издание Техносфера, 2014. 256 с.
5. Шейн Е.П. Вакуумные технологии, Москва, Издание Интеллект, 2009. 504 с.
6. Панфилов Ю.В. Нанесение тонких пленок в вакууме. 2007. 72 с.
7. Hayashi N., Goto E., Nishimoto K., // Jap J. Appl. Phys, 1968. Vol. 7. P. 555.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТОДАМИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ

Маннаа А.С, Демяненко Я.М.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: Ali88manna@gmail.com

Автоматическое управление манипулятором для таких приложений, как сортировка объектов с использованием датчиков компьютерного зрения, требует сложные алгоритмы обработки изображений для поиска и классификации объектов. Данная работа посвящена разработке и реализации алгоритма анализа изображений резисторов и является базовой для построения робота-манипулятора, занимающегося автоматической сортировкой электронных компонентов. Решение задачи происходит в два этапа. Сначала на изображениях обнаруживаются резисторы - это делается с помощью нейронной сети YOLO v3 [1]. Затем, с помощью другой нейронной сети [2], происходит классификация изображений обнаруженных резисторов. Для обучения нейронных сетей были построены две базы данных изображений резисторов. Каждая из них содержит наборы фотографий резисторов с различных ракурсов и имеющих различное омическое сопротивление. В первой базе данных целевым показателем является месторасположение резистора на фото и его размеры. Во второй – сопротивление. После обучения нейронные сети были протестированы на другом наборе изображений. Точность классификации оказалась равной 95%.

Литература

1. <https://pjreddie.com/darknet/yolo/> - YOLO Documentation.
2. Chouhan P., Tiwari M. // Image Retrieval Using Data Mining Image and Processing Techniques // Image (IN). 2015. Vol. 3, N. 12.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕГРАЦИИ СИСТЕМ РЕКОМЕНДАЦИИ ТОВАРОВ В E-COMMERCE С ПЛАТФОРМОЙ ПОЛНОТЕКСТОВОГО ПОИСКА SOLR

Маныч И.Ю., Пирская Л.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Таганрог

E-mail: manych07@gmail.com

Системы электронной коммерции (E-Commerce) занимают значительную часть современного рынка, предлагая покупателям десятки миллионов товаров, и выбор, среди такого огромного разнообразия, становится серьезным испытанием. Рекомендательные системы были созданы как ответ на данную проблему. Они помогают покупателям сузить круг поиска, значительно ускоряя выбор нужных товаров.

Существует три основных концепции для рекомендательных систем:

- рекомендации, подбираемые вручную;
- контентные рекомендационные системы;
- коллаборативная (совместная) фильтрация товаров.

Коллаборативная (совместная) фильтрация товаров является самой эффективной из концепций, а также единственной, где действительно используются алгоритмы. Однако, эти же алгоритмы являются и наиболее узким местом системы, так как объем данных, которые требуется обработать, очень большой (и при этом постоянно увеличивается). Именно поэтому масштабируемость является одной из основных проблем рекомендательных систем с коллаборативной фильтрацией.

Из этого также следует факт, что большая часть алгоритмов, используемых в подобных системах, направлена на уменьшение объема данных, с которыми предстоит работать, в то время, как алгоритмов, занимающихся непосредственно составлением рекомендаций, довольно мало. Это, в первую очередь, обусловлено тем, что для рекомендательных систем (особенно в сфере e-commerce) в большинстве случаев скорость выдачи рекомендаций имеет больший приоритет, чем их качество.

Однако увеличение скорости работы рекомендательных систем нужно делать не только за счет уменьшения объема данных, но и путем оптимизации способов обращения к этим данным.

Одним из таких способов является использование различных поисковых платформ или систем. Основная идея состоит в том, чтобы передать нагрузку по поиску нужных для выдачи рекомендаций данных на специализированные системы.

Одним из основных вопросов, которые возникают при реализации такой интеграции, это выбор поисковой платформы / системы. На сегодняшний день наиболее популярными являются платформа полнотекстового поиска Solr [1] и поисковая система Elasticsearch [2].

В чем же различия между данными системами и с какой из них лучше работать? Однозначного ответа на этот вопрос нет, и все зависит от конкретной ситуации. Основное различие между данными системами заключается в том, что Solr является более узконаправленным и создавался непосредственно для полнотекстового поиска, в то время, как Elasticsearch имеет более широкий спектр возможностей, таких как анализ логов и визуализация данных. Соответственно, Solr при правильном использовании будет иметь большую производительность, чем Elasticsearch, поэтому в рамках данной работы будет рассматриваться интеграция с Solr-ом, однако общие принципы могут быть использованы с любой другой платформой или системой поиска.

Для интеграции рекомендационной системы с платформой поиска нам потребуется

- произвести предварительную обработку данных (сжатие, группировка, предпросчеты и прочее);
- загрузить эти данные в индекс поисковой платформы;
- реализовать возможность частичного обновления данных;
- реализовать в алгоритме формирования рекомендаций получение данных из поисковой платформы
- реализовать возможность альтернативного способа получения данных из локальной БД.

Solr позволяет совмещать полнотекстовый и фасетный поиск [3] с использованием весовых коэффициентов, что является большим плюсом для систем рекомендации. Использование таких технологий позволит ускорить работу системы не только за счет поиска, но и путем частичного перекладывания вычислений в алгоритме на сторону поисковой платформы. Например, при правильном построении индексов в Solr-е подбор сегмента покупателей, к которому относится пользователь, можно производить через использование весовых коэффициентов.

В результате мы можем не просто ускорить работу по получению выборки данных для алгоритма, но и заменить часть вычислений в алгоритме на выполнение поисковых запросов, что на больших объемах данных может иметь заметную разницу. Единственный недостаток такого подхода состоит в том, что нужно будет производить больший объем предварительных вычислений, и при этом как можно больше сократить отклонение выходных данных от результатов расчета с использованием алгоритмов.

Однако стоит отметить еще один важный момент. Интеграция рекомендательной системы с поисковой платформой не отменяет необходимости в полноценной реализации системы без использования этой платформы. Другими словами, система должна уметь работать автономно, чтобы повысить показатель стабильности. В таком случае, при недостатке данных в индексе поисковой платформы или же ее полном отказе, рекомендательная система должно производить поиск данных в локальном хранилище данных. Это, естественно, негативно скажется на скорости выдачи рекомендации, но в противном случае рекомендация не будет выдана вовсе.

Таким образом, интеграция рекомендательной системы с поисковой платформой позволит ускорить время выдачи рекомендаций, однако качество рекомендаций в таком случае будет хуже, чем при полноценном использовании алгоритмов, поэтому выбор степени вовлеченности поисковой платформы в процесс формирования рекомендаций будет зависеть от конкретной ситуации.

Литература

1. Apache Solr // The Apache Software Foundation! URL: <http://lucene.apache.org/solr> (дата обращения: 11.03.2020).
2. Elasticsearch // Elastic URL: <https://www.elastic.co> (дата обращения: 11.03.2020).
3. Faceted search // Wikipedia, the free encyclopedia URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Faceted_search (дата обращения: 11.03.2020).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТАЙЛИНГА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ИТЕРАЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ

Метелица Е.А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: metelica@sfedu.ru

Производительность вычислительных систем повышается с каждым годом, однако узким местом остаётся скорость получения данных. Повысить производительность можно с помощью оптимального размещения данных в кэш-памяти и повышения параллелизма, за счёт увеличения числа потоков. Для данных целей используются блочные алгоритмы.

Тайлинг (Loop Tiling, Loop Blocking) [1–4] – оптимизирующее преобразование программ, которое разбивает пространство итераций исходного гнезда циклов на блоки меньшего размера, за счет повторного использования данных, попавших к кэш-память увеличивается производительность циклов с множественным вложением, которые обычно являются наиболее трудоемкой частью вычислительно насыщенных программ. Размер и форма блоков, а также подход к размещению блоков являются основными факторами, влияющими на производительность, получаемую при использовании тайлинга.

Основными целями использования тайлинга являются повышения локальности данных [4, 5], подготовка программы для дальнейшего параллельного исполнения полученных блоков [6, 7].

Многие задачи, такие как задачи мат. физики, обработки изображений и др., решаются с помощью итерационных алгоритмов. Данный вид алгоритмов подразумевает вычисления на основе результатов, полученных на предшествующих итерациях.

Рассмотрим двумерную задачу Дирихле уравнения Пуассона. Основное гнездо циклов:

```
for (int it = 0; it < 1000; it++){
    for (int i = 1; i < sizeX - 1; i++){
        for (int j = 1; j < sizeY - 1; j++){
            u[i][j] = (u[i - 1][j] + u[i][j - 1] + u[i + 1][j] + u[i][j + 1]) / 4;
        }
    }
}
```

В этом алгоритме данные, подгруженные в кэш-память на n -й итерации внешнего цикла, будут использоваться на $n+1$ -й. Но из-за большой

размерности задачи, эти данные будут вытеснены из кэш-памяти другими, и их придётся снова подгружать из оперативной памяти. Поэтому, для оптимизации следует использовать тайлинг.

В оптимизирующей распараллеливающей системе (ОРС) [8] реализовано автоматическое преобразование тайлинг (LoopFragmentation) с прямоугольными блоками. Применим его, для этой задачи.

Фрагмент программы, полученный с помощью применения тайлинга в ОРС с размерами блоков 10x10.

```
int it, i, j, uni_j, uni_i, uni_it;
for (uni_it = 0; uni_it < 1000/10; uni_it = uni_it + 1){
for (uni_i = 0; uni_i < ((sizeX-1)-1)/10; uni_i = uni_i + 1){
for (uni_j = 0; uni_j < ((sizeY-1)-1)/10; uni_j = uni_j + 1){
    for (it = uni_it*10; it < (uni_it + 1)*10; it = it + 1){
        for (i = uni_i*10; i < (uni_i + 1)*10; i = i + 1){
            for (j = uni_j*10; j < (uni_j + 1)*10; j = j + 1){
                u[(1 + i)][(1 + j)] = ((u[((1 + i) - 1)][(1 + j)] +
u[(1 + i)][((1 + j) - 1)]) + u[((1 + i) + 1)][(1 + j)]) +
u[(1 + i)][((1 + j) + 1)]) / 4;
            }
        }
    }
}
}
}
```

Три внешних цикла отвечают за проход по блокам, а три внутренних, за вычисление итераций внутри блоков. Следует отметить, что увеличился объём кода и усложнились индексные выражения.

Применение тайлинга требует от разработчика определённых знаний. Перед выполнением преобразования следует определить применимо ли оно к выбранному гнезду циклов, а также подобрать вид разбиения и размер блоков. Всё это требует тщательного анализа информационных зависимостей в гнезде циклов. Чем сложнее разбиение, тем сильнее будет изменяться программная реализация (увеличение объёма кода и его усложнение). Поэтому важным является автоматизация данного процесса.

В работах [9–13] рассматривается непрямой тайлинг, который в сочетании с распараллеливанием, даёт ускорения в несколько раз для точных методов решения различных классических уравнений математической физики.

В статье [9] показано ускорение (в 2.9 раза) модифицированного алгоритма Гаусса–Зейделя (двумерная задача Дирихле), после разбиения пространства итераций (тройное гнездо циклов, метод гиперплоскостей + одномерный тайлинг), ускорение (в 2.4 раза) алгоритма Гаусса–Зейделя (трёхмерная задача Дирихле), после разбиения пространства итераций (4-х

мерное гнездо циклов, метод гиперплоскостей + двумерный прямоугольный тайлинг) в трехмерной задаче. (Численные эксперименты проводились на компьютере с процессором Intel Core i7 4700HQ с тактовой частотой 2400 МГц, объемом кэш-памяти L3 – 6 Мб, L2 – 4 x 256 Кб, L1 – 4 x 32 Кб и с оперативной памятью с пропускной способностью - 25.6 Гб/с. Использовался компилятор GNU GCC версии 4.8 с ключом оптимизации -O2.).

В статье [10] рассматривается ускорение (в 5 раз превосходит результаты оптимизированного алгоритма с пошаговой синхронизацией) решения волнового уравнения с помощью алгоритма разбиения DiamondTorge, который разработан с учётом особенностей иерархии памяти и параллельности графических процессоров общего назначения (GPGPU (GTX 750Ti, GTX 970, TitanZ)) (иерархический тайлинг).

В статье [14] рассматривается ускорение (в 3 раза) задачи моделирования акустической волны (4-хмерное гнездо циклов) с помощью Time-tiling (выравнивание информационных зависимостей с помощью преобразования Loop Skewing и тайлинга по внешнему циклу, отвечающему за время).

В статье [15] рассматривается ускорение трёхмерных задач, таких как 3-хмерная задача Якоби (3-е гнездо цикла, двумерный тайлинг, ускорение 13%), Red-black SOR (3-е гнездо цикла, трёхмерный тайлинг, ускорение 89%), Multigrid (RESID) (3-е гнездо цикла, двумерный тайлинг, ускорение 16%) с помощью прямоугольного тайлинга.

Таким образом, существует множество подходов к реализации блочных алгоритмов, как ориентированных на архитектуру ЭВМ, так и на специфику задачи. Исследования в области блочных вычислений являются перспективными.

На данный момент, в рамках ОРС разрабатываются автоматические преобразования: фигурный тайлинг, описанный в статье [9], тайлинг с блоками-параллелограммами, а также вспомогательное преобразование «метод гиперплоскостей».

Работа поддержана грантом Правительства РФ № 075-15-2019-1928.

Литература

1. Irigoin F., Triolet R. Supernode Partitioning. // POPL'88, p. 319-329, 1988
2. Lam M. S., Rothberg E. E., Wolf M. E. The cache performance and optimizations of blocked algorithms.// In Proceedings of the 4th International Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems, pages 63–74, April 1991.
3. Lim A.W., Lam M.S. Cache Optimizing with Affine Partitioning.// Proceedings of the Tenth SIAM Conference on Parallel Processing for Scientific Computing, Portsmouth, Virginia, March, 2001. 14 p.

4. Wolfe M.E., Lam M. A Data Locality Optimizing Algorithm. // PLDI'91, p. 30–44, 1991.
5. Wolfe M. Iteration space tiling for memory hierarchies // Proceedings of the Third SIAM Conference on Parallel Processing for Scientific Computing Pages 357–361. 1987.
6. Wolf M.E., Lam M.S. A Loop Transformation Theory and an Algorithm to Maximize Parallelism. // IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 1991. T. Vol.me 2 Issue 4, Pages 452–471.
7. Wolfe M. More Iteration Space Tiling. // Supercomputing'89, P. 655–664. 1989.
8. Оптимизирующая распараллеливающая система [Электронный ресурс]: URL: <http://www.ops.rsu.ru/> (дата обращения 10.03.2020).
9. Ammaev S.G., Gervich L.R., Steinberg B.Y. (2017) Combining Parallelization with Overlaps and Optimization of Cache Memory Usage. In: Malyshkin V. (eds) Parallel Computing Technologies. PaCT 2017. Lecture Notes in Computer Science, Vol 10421. Springer, Cham.
10. Perepelkina A.Y., Levchenko V.D. DiamondTorre algorithm for high-performance wave modeling. // Keldysh Institute preprints, 2015, 018.
11. Zakirov A.V., Levchenko V.D., Perepelkina A.Yu., Zempo Yasunari. High performance FDTD code implementation for GPGPU supercomputers // Keldysh Institute Preprints. 2016. N. 44. 22.
12. Корнеев Б.А., Левченко В.Д., Эффективное решение трехмерных задач газовой динамики Рунге-Кутты разрывным методом Галеркина. // Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 2016, том 56, номер 3, с. 465–475.
13. Perepelkina A.Y., Levchenko V.D. TheDiamondCandy Algorithm for Maximum Performance Vectorized Cross-Stencil Computation // Keldysh Institute Preprints. 2018. N. 225. 23 p.
14. McCormick, Dylan. Applying the Polyhedral Model to Tile Time Loops in Devito. // ArXiv abs/1707.02347 (2017): n. pag.
15. Gabriel Rivera and Chau-Wen Tseng. Tiling optimizations for 3D scientific computations. // In Proceedings of the 2000 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC '00). IEEE Computer Society, USA, 32–es.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЛОКАЛИЗАЦИЯ КОЛЕННОГО СУСТАВА НА РЕНТГЕНОГРАММЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАЗВИТИЯ ОСТЕОАРТРИТА

Михайличенко А.А.

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

E-mail: alexey.a.mikh@gmail.com

По официальным данным, остеоартрит (ОА) занимает одно из ведущих мест среди заболеваний опорно-двигательного аппарата. Так как в настоящий момент не существует способов эффективного лечения остеоартрита, кроме замены всего сустава на искусственный, важным является своевременная диагностика заболевания на ранних стадиях, когда еще можно замедлить процесс разрушения суставов.

Самым распространенным на сегодняшний день способом диагностики ОА является использование рентгеновского излучения. Несмотря на существование различных систем оценок ОА, диагноз сильно зависит от субъективности и опыта эксперта. Разработка автоматических методов диагностики призвана устранить фактор субъективности.

Решение задачи определения степени ОА по рентгенограмме можно разделить на два этапа. Первый этап – определение области интереса (ROI) на снимке для сужения области анализа (в случае коленного сустава такой областью является область стыка бедренной и большеберцовой костей), второй – непосредственно определение степени развития ОА.

Решение задачи локализации было предложено во многих работах. В [1–2] для поиска ROI предлагается использовать метод опорных векторов (SVM), в [3] оптимизируется некоторая функция, которая позволяет определить ключевую точку области интереса, в [4] анализируется простейшая гистограмма, полученная суммированием пикселей каждой строки изображения. В работе [5] для решения задачи поиска области интереса авторы используют натренированную с нуля т.н. полностью сверточную сеть (Fully Convolutional Network, FCN).

В исследовании предлагается решать задачу при помощи сверточной нейронной сети с архитектурой SSD (Single Shot Detection, [6]). Подобные сети состоят из двух частей – извлечение признаков из входного изображения и поиск ограничивающих прямоугольников объектов на результирующей двухмерной карте. Для извлечения признаков обычно используют какую-либо обученную сеть известной архитектуры – VGG-16, Resnet-101, Inception и другие [7]. В работе для этой части модели была использована предобученная сеть с архитектурой MobileNet [8] – данная архитектура

позволяет достигать точности, сравнимой с VGG-16, и имеет при этом меньшее количество весов и более высокую скорость работы.

В качестве данных для дообучения модели использовался датасет ОАИ (The Osteoarthritis Initiative) – один из основных наборов данных для исследований в области анализа ОА, состоящий из рентгеновских снимков 4796 пациентов в возрасте от 45 до 79 лет. Примеры работы обученного детектора представлены на рис. 1.



Рис. 1. Пример работы детектора: красная разметка – ручное выделение, зеленая – результат автоматической локализации

В таблице 1 приведено сравнение точности работы предложенного метода и методов из ранее опубликованных работ. В качестве метрики качества локализации используется *пересечение над объединением* (intersection over the union, IoU), которое еще называют коэффициентом Жаккарда, между найденным на изображении регионом и соответствующей ему вручную размеченной областью:

$$IoU(A, B) = \frac{A \cap B}{A \cup B}$$

где в качестве A выступает вручную аннотированный прямоугольник области интереса, в качестве B – результирующая прямоугольная область.

Числа в таблице обозначают процент корректно локализованных коленных суставов, больших чем соответствующий коэффициент Жаккарда, а также среднее значение этого коэффициента. Прочерк означает, что соответствующие данные отсутствуют.

Таблица 1. Сравнение методов автоматического детектирования коленного сустава на основе коэффициента Жаккарда (J)

Данные	$J \geq 0.25$	$J \geq 0.5$	$J \geq 0.75$	Mean IoU
Region Proposal [2]	–	–	–	0.8399
Linear SVM [1]	81.8%	38.6%	–	0.36
FCN [5]	100%	99.9%	89.2%	0.83
Наш метод	100%	100%	94.03%	0.844

Сравнение результатов показывает, что методы, основанные на использовании сверточных нейронных сетей, показывают более высокую точность детектирования, нежели другие подходы. При этом в плане быстрой работы, в современных реалиях, более простые (но менее точные) методы не имеют никаких преимуществ перед нейронными сетями. Кроме того, эксперименты показали, что использование для вычисления признаков предтренированной сети в задаче локализации позволяет достичь большей точности по сравнению с сетью, обученной с нуля.

Литература

1. Antony J., McGuinness K., O'Connor N. Quantifying radiographic knee osteoarthritis severity using deep convolutional neural networks // arXiv:1609.02469 [cs.CV], 8 Sep 2016.
2. Tiulpin A., Thevenot J., Saarakkala S. A Novel Method for Automatic Localization of Joint Area on Knee Plain Radiographs // Image Analysis / Eds P. Sharma, F. Bianchi. SCIA 2017. Lecture Notes in Computer Science, Vol 10270. Springer, Cham. 2017.
3. Mengko T.L., Wachjudi R.G., Suksmono A.B. Automated Detection of Unimpaired Joint Space for Knee Osteoarthritis Assessment // Proceedings of 7th International Workshop on Enterprise networking and Computing in Healthcare Industry, 2005.
4. Anifah L., Purnama K.E., Hariadi M. Automatic Segmentation of Impaired Joint Space Area for Osteoarthritis Knee on X-ray Image using Gabor Filter Based Morphology Process // IPTEK, The Journal for Technology and Science. 2011. Vol. 22. N 3.
5. Antony J., McGuinness K., O'Connor N. Automatic Detection of Knee Joints and Quantification of Knee Osteoarthritis Severity using Convolutional Neural Networks // arXiv:1703.09856 [cs.CV], 2017.
6. Liu W. et al. SSD: Single Shot MultiBox Detector // Leibe B., Matas J., Sebe N., Welling M. (eds) Computer Vision – ECCV 2016. Lecture Notes in Computer Science, vol. 9905. Springer, Cham, 2016.
7. Huang J., Rathod V., et al. Speed/accuracy trade-offs for modern convolutional object detectors // 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2017. arXiv:1611.10012v3.
8. Howard A.G. et al. MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications // arXiv:1704.04861, Computer Vision and Pattern Recognition, 2017.

АЛГЕБРАИЧЕСКИЙ МНОГОСЕТОЧНЫЙ МЕТОД С HSS-СГЛАЖИВАТЕЛЕМ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ–СТОКСА

Муратова Г.В.¹, Мартынова Т.С.¹, Шабас И.Н.¹, Бавин В.В.¹,
Ванг Ц.Ц.²

¹ ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И.И. Воровича ,

² Jiao Tong University, Шанхай, КНР

E-mail: muratova@sfedu.ru, martynova@sfedu.ru, shabas@sfedu.ru,
tefp9999@mail.ru, wangzengqi@sjtu.edu.cn

Современный уровень развития информационных технологий и высокопроизводительных вычислительных систем позволяет исследователям находить решения самых сложных актуальных проблем. Вместе с тем потребность в эффективных вычислительных методах по-прежнему остается в числе приоритетных задач. Одним из современных широко применяемых методов является многосеточный метод.

В данной работе рассмотрен алгебраический многосеточный метод со специальными сглаживателями, примененный к решению уравнения Навье–Стокса, которое является основой при моделировании многих гидродинамических процессов. Данное исследование проводится при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Государственного фонда естественных наук Китая, грант N19-51-53013 ГФЕН, а также при поддержке Правительства РФ, мегагрант N 075-15-2019-1928.

1 Постановка задачи

В качестве модельной рассматривалась задача о внутреннем однофазном химически однородном течении вязкой несжимаемой жидкости, которая описывается системой нестационарных уравнений Навье–Стокса в области $\Omega = (0, 1) \times (0, 1)$ с границей Γ :

$$\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + (\mathbf{V} \cdot \nabla) \mathbf{V} = -\nabla P + \nu \Delta \mathbf{V}; \quad (1)$$

$$\operatorname{div} \mathbf{V} = 0; \quad (2)$$

$$\mathbf{V}|_{\Gamma} = 0; \quad \mathbf{V}|_{t=0} = 0; \quad (3)$$

$$P|_{t=0} = \vartheta x - \frac{1}{2} \vartheta; \quad \vartheta = \text{const};$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости, $\mathbf{V} = (u(x, y, t), v(x, y, t))$ – вектор скорости, P – статическое давление; на границе области ставятся условия прилипания, массовые силы в постановке отсутствуют, движение определяется краевыми и начальными данными, а также начальным распределением поля давления. Предполагается, что движение жидкости про-

исходит во временном интервале $[0, T]$, поэтому уравнение рассматривается в области $\Omega \times (0, T)$ с границей $\Gamma \times [0, T]$. Поскольку давление из (1)-(3) определяется с точностью до константы, то используем нормировку $\int_{\Omega} P(x, y, t) dx dy = 0, \forall t$.

Наиболее общий подход к решению уравнений Навье–Стокса в естественных переменных существенно использует замену разностного уравнения неразрывности на разностное уравнение Пуассона для давления. Следуя этому подходу, сначала строятся разностные уравнения сохранения массы и импульса, причем используется полностью неявное уравнение сохранения массы. Затем путем алгебраических преобразований выводится уравнение Пуассона для давления, которое и используется вместо уравнения неразрывности. Методы такого типа, например, SIMPLE и его модификации, обычно называют методами коррекции давления или предиктор-корректор [1].

Сначала уравнения движения и неразрывности (1)-(2) перепишем в схематическом виде [2]:

$$\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + \nabla P = \mathbf{R},$$

где \mathbf{R} содержит все конвективные и диффузионные члены,

$$\mathbf{R} = -(\mathbf{V} \cdot \nabla) \mathbf{V} + \nu \Delta \mathbf{V},$$

$$\operatorname{div} \mathbf{V} = 0.$$

2 Дискретизация по времени, пространству и линеаризация уравнений Навье–Стокса

Зафиксируем шаг по времени δt и введем дискретную временную сетку $t^n = n \delta t$, $n \geq 0$, тогда полностью неявная схема будет иметь вид:

$$\frac{1}{\delta t} (\mathbf{V}^{(n+1)} - \mathbf{V}^{(n)}) + \nabla P^{(n+1)} = \mathbf{R}^{(n+1)} \quad (4)$$

$$\mathbf{R}^{(n+1)} = -(\mathbf{V}^{(n+1)} \cdot \nabla) \mathbf{V}^{(n+1)} + \nu \Delta \mathbf{V}^{(n+1)}, \quad (5)$$

$$\operatorname{div} \mathbf{V}^{(n+1)} = 0, \quad (6)$$

$$\mathbf{V}^{(n+1)}|_{\Gamma} = 0.$$

Уравнение Пуассона для давления получается взятием оператора дивергенции от обеих частей уравнения (4) с учетом уравнения неразрывности (6):

$$\nabla P^{(n+1)} - \operatorname{div} \mathbf{R}^{(n+1)} = \operatorname{div} \frac{\mathbf{V}^{(n)}}{\delta t}.$$

Следуя [2], в этот момент не надо переходить к уравнению Пуассона, а нужно произвести пространственную дискретизацию. Для аппроксимации задачи по пространству используем конечно-разностный метод. Запишем уравнения в дискретной форме:

$$\begin{aligned} D_h \mathbf{V}_h^{(n+1)} &= 0, \\ \frac{1}{\delta t} (\mathbf{V}_h^{(n+1)} - \mathbf{V}_h^{(n)}) + G_h P_h^{(n+1)} &= \mathbf{R}_h^{(n+1)}, \\ \mathbf{V}_h^{(n+1)}|_{\Gamma} &= 0, \end{aligned}$$

где D_h и G_h – дискретные операторы дивергенции и градиента, соответственно. Тогда \mathbf{V}_h , P_h и \mathbf{R}_h – дискретные сеточные функции, соответствующие \mathbf{V} , P , \mathbf{R} . После дискретизации (6) число неизвестных компонент вектора скорости равно числу дискретных уравнений импульса. Число неизвестных давления равно числу дискретных уравнений неразрывности, поскольку оба равны числу ячеек разностной сетки. Наш подход к решению задачи (1) – (3) использует идею [2], но отличается реализацией и используемыми численными методами.

Введем равномерную сетку в области Ω с шагами h_1, h_2 ; $h_1 = 1/N_1, h_2 = 1/N_2$, где N_1, N_2 – число узлов в направлении Ox и Oy , соответственно. Ячейки разностной сетки позиционируются таким образом, чтобы грани ячеек совпали с границей Γ области Ω . Дискретизация по пространству уравнений Навье–Стокса производится на смещенных (staggered) сетках MAC-типа [3], когда давление P и скорости в двумерной задаче определяются на трех различных сетках, смещенных друг относительно друга. Так, давление P определяется в центре ячеек, x -компонента скорости u в средней точке вертикальной грани ячейки, а y -компонента скорости v – в средней точке горизонтальной грани.

Введем сеточные множества, а затем соответствующие векторные пространства:

$$\begin{aligned} D_1 &= \{x_{ij} = ((i + 1/2)h_1, jh_2): i = 0, \dots, N_1 - 1, j = 0, \dots, N_2\}, \\ D_2 &= \{x_{ij} = (ih_1, (j + 1/2)h_2): i = 0, \dots, N_1, j = 0, \dots, N_2 - 1\}, \\ D_3 &= \{x_{ij} = (ih_1, jh_2): i = 1, \dots, N_1 - 1, j = 1, \dots, N_2 - 1\}. \end{aligned}$$

Пусть $U_h = V_{1,h} \times V_{2,h}$ – линейное пространство вектор-функций, определенных на $D_1 \times D_2$ и обращающихся в нуль на соответствующих сеточных границах, а P_h – пространство функций, определенных на D_3 и ортогональных единице:

$$V_{1,h} = \{u(x_{ij}): x_{ij} \in D_1, u_{0,j} = u_{N_1-1,j} = u_{i,0} = u_{i,N_2} = 0\},$$

$$V_{2,h} = \{v(x_{ij}): x_{ij} \in D_2, v_{0,j} = v_{N_1,j} = v_{i,0} = v_{i,N_2-1} = 0\},$$

$$P_h = \left\{ P(x_{ij}): x_{ij} \in D_3, \sum_{ij} h_1 h_2 P_{ij} = 0 \right\}.$$

Заметим, что переменные обозначаются с использованием одного множества индексов, тогда как различные переменные вычисляются в разных точках сетки, т.е. одинаковые индексы i, j относятся к множеству из трех несовпадающих точек.

Выражение $\mathbf{R}^{(n+1)}$ в (5) содержит нелинейные члены. Используем линеаризацию Ньютона вокруг старого временного уровня, для обработки этой нелинейности. Например, мы хотим линеаризовать член $u^{(n+1)}\varphi_x^{(n+1)}$, тогда

$$u^{(n+1)}\varphi_x^{(n+1)} = u^{(n)}\varphi_x^{(n+1)} + u^{(n+1)}\varphi_x^{(n)} - u^{(n)}\varphi_x^{(n)} + O(\delta t^2). \quad (7)$$

Выражение в правой части (7) является линейным относительно нового временного уровня и порождает ошибку дискретизации $O(\delta t^2)$.

Таким образом, после дискретизации и линеаризации задачи (1)–(3) на каждом шаге по времени необходимо решать систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) с сильно несимметричной матрицей. Заметим, что этап решения такой СЛАУ является наиболее трудоемким в вычислительном процессе при решении исходной задачи. Для эффективного решения СЛАУ предлагается использовать алгебраический многосеточный метод (AMG) [4, 5] со сглаживателем специального вида, а именно, использовать итерационный метод HSS (Hermitian / Skew-Hermitian Splitting methods) в качестве сглаживающей процедуры.

3. Многосеточный метод (MGM) со сглаживателем специального вида.

Рассмотрим итерационное решение большой разреженной СЛАУ, полученной в результате дискретизации и линеаризации задачи (1)–(3)

$$A\mathbf{w} = \mathbf{b}, \quad \mathbf{w}, \mathbf{b} \in \mathbb{C}^n, \quad (8)$$

где $A \in \mathbb{C}^{n \times n}$ – неэрмитова положительно определенная матрица.

Естественным образом матрица A может быть представлена в виде

$$A = A_0 + A_1, \quad (9)$$

где

$$A_0 = \frac{1}{2}(A + A^*), \quad A_1 = \frac{1}{2}(A - A^*), \quad (10)$$

и A^* обозначает комплексно-сопряженную матрицу. Пусть в некоторой матричной норме $\|\cdot\|$, $\|A_0\| \ll \|A_1\|$, тогда матрица A называется сильно неэрмитовой.

Эрмитовы/косо-Эрмитовы (HSS) итерационные методы, основанные на расщеплении (9)–(10) для решения сильно неэрмитовых СЛАУ впервые представлены в [6, 7].

HSS (Hermitian/Skew-Hermitian Splitting methods): Пусть задано начальное приближение $w^{(0)}$, для $k = 0, 1, 2, \dots$ до сходимости последовательности итерационных приближений $\{w^{(k)}\}$, вычислять

$$\begin{cases} (\alpha I + A_0)w^{(k+1/2)} = (\alpha I - A_1)w^{(k)} + b, \\ (\alpha I + A_1)w^{(k+1)} = (\alpha I - A_0)w^{(k+1/2)} + b, \end{cases}$$

где α – итерационный параметр, I – единичная матрица.

Особой проблемой при использовании MGM является выбор сглаживателя. Существует ряд итерационных методов, которые можно использовать как сглаживающие, но не все они эффективны для решения СЛАУ (8). Поведение итерационного метода HSS аналогично поведению метода Гаусса–Зейделя, который быстро гасит высокочастотные гармоники ошибки, замедляясь в дальнейшем.

Существует два подхода в MGM: геометрический и алгебраический многосеточные методы. Геометрический MGM был наиболее актуален на раннем этапе развития метода. Существует ряд проблем, когда геометрический подход труден для использования или не может быть вовсе применен (например, задачи в нерегулярных областях, использование неструктурированных сеток и др.). В этом случае проблемы могут быть решены с помощью AMG, который не требует знания геометрии области, а оперирует только матрицей исходной СЛАУ.

Существует два подхода в AMG: RS (Ruge-Stuben) и PMIS (parallel changes independent set) алгоритмы. Нами выбран второй вариант, как наиболее перспективный для распараллеливания и решения трехмерных задач.

4. Численные эксперименты

Для MAC-метода процесс продвижения во времени осуществлялся путем решения уравнения импульса с наилучшей текущей оценкой распределения давления. Такое решение изначально не удовлетворяет уравнению неразрывности, если не использовано правильное распределение давления.

В таблицах ниже дано число итераций и время CPU (в скобках, в секундах) решения СЛАУ (8) итерационным методом AMG+HSS на различных сетках (α – параметр HSS метода). Для сравнения приводятся результаты сходимости AMG, когда в качестве сглаживающей процедуры использовался метод Гаусса–Зейделя. В качестве начального приближения во всех вычислениях брался нулевой вектор, и итерации заканчивались, когда

$$\frac{\|r^{(p)}\|_2}{\|r^{(0)}\|_2} \leq 10^{-6},$$

где $r^{(p)} = b - Aw^{(p)}$ – вектор невязки СЛАУ (4.15) на текущей итерации $w^{(p)}$, $r^{(0)}$ – вектор начальной невязки. Аббревиатура «п.с» в Таблице 2 обозначает «no convergence» (нет сходимости). Все численные эксперименты выполнены в MATLAB (версия R2018b) с машинной точностью 10^{-16} .

Из Таблицы 1 и Таблицы 2 следует, что метод AMG+HSS имеет хорошую скорость сходимости для всех протестированных значений коэффициента вязкости ν на всех используемых сетках, в то время как AMG со сглаживанием Гаусса–Зейделя (GS) не сходится при $\nu = 10^{-4}, 10^{-5}$ на всех рассмотренных сетках, и не сходится на сетке 260×260 и 520×520 узлов для всех значений коэффициента вязкости. Во всех тестах метод AMG+HSS дает более быструю сходимость, чем метод AMG+GS как по количеству итераций, так и по времени CPU. Заметим, что количество итераций и время CPU увеличиваются с увеличением размера сетки для обоих методов.

Таблица 1. Количество итераций (время CPU) метода AMG+HSS при различных ν .

Сетка	$\nu=10^{-1}$	$\nu=10^{-2}$	$\nu=10^{-3}$	$\nu=10^{-4}$	$\nu=10^{-5}$
60×60	25(21.20)	26(21.59)	29(26.20)	30(26.54)	21(14.15)
120×120	40(64.50)	45(67.70)	54(94.60)	40(59.20)	37(51.50)
180×180	54(152.61)	50(151.52)	64(161.82)	49(126.85)	35(97.51)
260×260	85(192.70)	93(197.20)	82(191.52)	83(197.26)	58(126.7)
520×520	90(282.51)	97(290.58)	90(286.26)	92(286.85)	85(252.21)

Таблица 2. Количество итераций (время CPU) метода AMG+GS при различных ν .

Сетка	$\nu=10^{-1}$	$\nu=10^{-2}$	$\nu=10^{-3}$	$\nu=10^{-4}$	$\nu=10^{-5}$
60×60	26(32.57)	46(42.51)	54(114.85)	п.с.	п.с.

120×120	57(83.82)	64(122.61)	83(160.50)	n.c.	n.c.
180×180	59(162.36)	82(185.38)	85(192.20)	n.c.	n.c.
260×260	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
520×520	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.

Из данных, представленных в Таблице 1, следует увеличение числа итераций с увеличением размера сетки. Однако это относится к некоторым особенностям алгебраического подхода в MGM (точнее, к алгоритму PMIS в AMG). Традиционный (масштабируемый) подход в AMG (алгоритм RS) хорошо работает для задач, возникающих при дискретизации PDE в двух пространственных измерениях. Для многих двумерных задач может быть получен метод с количеством итераций, не зависящим от размера задачи n , а также от времени решения на итерацию, линейно пропорционального n . Для алгоритма RS коэффициент сходимости отделен от единицы и не зависит от размера задачи n . Но при использовании обычной интерполяции AMG в сочетании с PMIS конвергенция AMG ухудшается пропорционально размеру задачи. Это приводит к потере масштабируемости [8]. Однако, когда традиционные алгоритмы AMG применяются к трехмерным (3D) задачам, численные тесты показывают [8], что во многих случаях масштабируемость теряется, при этом число итераций может оставаться постоянным. Кроме того, алгоритм PMIS допускает естественное распараллеливание, в отличие от алгоритма RS. Эти свойства алгоритма PMIS кажутся нам многообещающими для дальнейшего изучения трехмерных уравнений Навье–Стокса с использованием параллельных вычислений.

Таблица 3. Кол-во итераций (время CPU) метода AMG+HSS при различных α , $\nu=10^{-5}$.

Сетка	$\alpha = 0.2$	$\alpha = 0.3$	$\alpha = 0.4$	$\alpha = 0.6$	$\alpha = 0.8$	$\alpha = 0.9$	$\alpha = 1.0$
60×60	29(26.84)	24(21.51)	21(14.15)	42(40.61)	54(58.86)	56(68.22)	65(84.20)
120×120	40(61.50)	39(64.67)	37(51.50)	45(67.52)	56(94.60)	57(94.20)	82(162.85)
180×180	52(114.2)	35(97.51)	42(129.20)	67(14.82)	84(165.84)	86(175.2)	91(196.21)
260×260	58(126.7)	65(171.6)	65(187.21)	82(192.6)	84(194.54)	91(194.6)	95(197.22)
520×520	82(251.3)	84(251.8)	85(252.21)	92(260.5)	93(262.42)	94(282.5)	97(290.21)

В Таблице 3 дано количество итераций и время CPU для метода AMG+HSS в зависимости от значения α при $\nu=10^{-5}$. Для метода AMG+HSS оптимальное (экспериментальное) значение параметра, которое уменьшает количество итераций, зависит от размера сетки. При увеличе-

нии размера сетки, значение α , обеспечивающее наилучшую сходимость, уменьшается. Численные эксперименты показали, что для значений параметра $\alpha < 0.2$ метод AMG+HSS расходится.

Таким образом, численные эксперименты показали высокую эффективность HSS метода в качестве сглаживающей процедуры для алгебраического многосеточного метода при численном решении нестационарной задачи Навье–Стокса.

5. Заключение

Численно решена двумерная нестационарная модельная задача Навье–Стокса, записанная в естественных переменных «скорость-давление». Для дискретизации задачи по времени использовалась чисто неявная схема, для дискретизации по пространственным переменным использованы смещенные сетки MAC-типа. При решении задачи использовалась замена разностного уравнения неразрывности на разностное уравнение Пуассона для давления. На каждом шаге по времени решалась сильно несимметричная СЛАУ алгебраическим многосеточным методом (AMG) с использованием параллельного PMIS-алгоритма. В качестве сглаживающей процедуры для AMG использован HSS-сглаживатель, показавший свою высокую эффективность по сравнению с методом Гаусса–Зейделя. Численные эксперименты показали, что HSS-сглаживатель может эффективно использоваться для AMG метода, в котором этап грубо-сеточной коррекции может рассматриваться как своего рода ускоряющая процедура методов HSS.

Литература

1. Вабищевич П.Н., Павлов А.Н., Чурбанов А.Г. Численные методы решения нестационарных уравнений Навье–Стокса в естественных переменных на частично разнесенных сетках // *Мат. Моделирование*. 1997. Т. 9, № 4, С. 85–114.
2. Veldman A.E.P. "Missing" boundary conditions? Discretize first, substitute next, and combine later // *SIAM J. Sci. Stat. Comput.*, 1990, Vol. 11, N 1. P. 82–91.
3. McKee S., Tome M.F., Ferreira V.G., Cuminato J.A., Castelo A., Sousa F.S., Mangiavacchi N. The MAC method // *Computers & Fluids*, 2008, Vol. 37. P. 907–930.
4. Briggs W., Henson V., McCormick S. Algebraic Multigrid (AMG). In “A Multigrid Tutorial”, 2nd Ed.; SIAM publications: Philadelphia, USA, 2000.
5. Falgout R. An introduction to algebraic multigrid // *Computing in Science and Engineering*, 2006, Vol. 8, N 6. P. 24–33.
6. Bai Z.-Z., Golub G.H., Ng M.K. Hermitian and skew-Hermitian splitting methods for non-Hermitian positive definite linear systems // *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications*, 2003. Vol. 24. P. 603–626.

7. Bai Z.-Z. Splitting iteration methods for non-Hermitian positive definite systems of linear equations // Hokkaido Mathematical Journal, 2007. Vol. 36, P. 801–814.
8. Sterck H., Yang U.M., Heys J. Reducing Complexity in Parallel Algebraic Multigrid Preconditioners // SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications, 2006. Vol. 27, N 4. P. 1019–1039.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РОСТА НЕЙРОННОЙ ПОПУЛЯЦИИ

Муратова Г.В., Хаишбашев Г.А.

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

E-mail: muratova@sfedu.ru

Современный уровень развития методологии математического моделирования, вычислительных методов, вычислительных систем, достижения в экспериментальных исследованиях электрофизиологических характеристик позволили разработать множество моделей, описывающих биологические системы. В последнее десятилетие получили широкое распространение исследования биологических систем с использованием численных методов. Одним из актуальных направлений исследований в настоящее время является исследование деятельности мозга. [1, 2]

Нервная ткань представляет результат процесса организации связей нейронов, в котором локальные взаимодействия между нейронами приводят к организации нейронной сети как биологической системы. Математическое моделирование нейронной сети позволяет численно оценивать параметры развития сети, что дает возможность исследований нейронной сети как развивающейся системы.

Биологическая нейронная сеть, которая выполняет физиологические функции, представляет собой совокупность нейронов, связанных между собой нейронными отростками. Геометрическая и химическая структура такой сети имеет важное значение при моделировании электрической активности нейронных сетей, так как функционирование сети зависит от способа образования связей между нейронами. Отростки нейронов в зависимости от различных условий роста, могут связывать различные нейроны, иметь различную емкость и сопротивление, что влияет на процесс распространения электрических импульсов в сети [3].

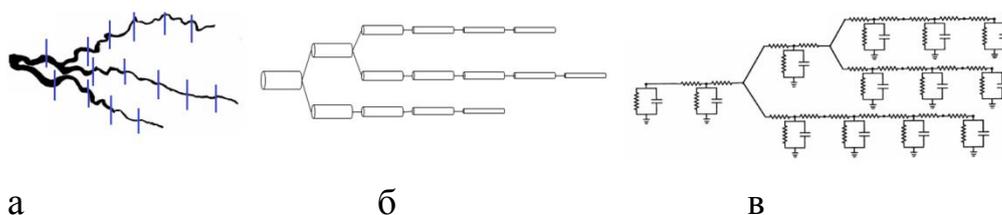


Рис. 1. Представление отростка, мультисегментная модель.
а – нейрон; б – эквивалентные цилиндры;
в – эквивалентные электрические схемы

Биологического соответствия пространственной структуры нейронной сети возможно добиться путем моделирования процесса нейрогенеза, включающего этапы миграции клеток нейронов и роста нейритов.

Модель процесса роста аксонов, отростков, передающих электрический импульс от тела нейрона, основана на предположении о том, что ключевую роль в росте аксона играет процесс полимеризации белка Актина, а направление роста вдоль градиента концентрации субстрата, сигнальных молекул, испускаемых клетками мишенями.

Для описания динамики распространения сигнального вещества во внеклеточном пространстве использовано уравнение 3-х мерной диффузии:

$$\frac{dC(x,y,z,t)}{dt} = \frac{d^2C(x,y,z,t)}{dx^2} + \frac{d^2C(x,y,z,t)}{dy^2} + \frac{d^2C(x,y,z,t)}{dz^2} + \sum F_i(x, y, z, t), \quad (1)$$

где C – концентрация нетринов, F_i – источники сигнального вещества.

Распространение строительных веществ, филаментов, вдоль нейритов, описано с помощью уравнения диффузии:

$$\frac{dC(x,t)}{dt} = k \frac{d^2C(x,t)}{dx^2} + F(x, t), \quad (2)$$

где C – концентрация филамента, F – источник строительного вещества, k - коэффициент проницаемости, пропорционален диаметру сегмента, и температуре.

По мере прибытия строительного вещества в сегмент нейрита, оно расходуется на увеличение массы в радиальном направлении, в случае если сегмент находится в конусе роста на рост в направлении наибольшей концентрации сигнальных молекул.

Каждому нейрону задано время появления, по достижению которого он испытывает сначала фазу роста аксонов, затем фазу роста дендритов.

Для расчета концентрации субстрата и мономера необходимо численное решение дифференциальных уравнений, удовлетворяющее заданным граничным и начальным условиям. При дискретизации дифференциальных уравнений применена явная схема дискретизации.

Начальные условия концентрации мономера и субстрата $C(x, 0) = 0$, $C(x, y, z, 0) = 0$. Граничные условия уравнения распространения мономера $\frac{dC(x,t)}{dx} = 0$ для окончания отростка, $C(x, t) = F(x, t)$ для источника мономера.

Для уравнения распространения субстрата граничные условия $C(x, y, z, t) = F(x, y, z, t)$ для источника субстрата.

В результате проведенных численных экспериментов оценены такие характеристики нейронной сети как количество нейронов, осцилляторных и резонаторных связей, слоев субдискретизации, активационных слоев (табл. 1).

Нейронов	Связей	Осцилляторных связей	Резонаторных связей	Слоев субдискретизации	Активационных слоев
50	297	49	55	5	4
100	451	161	185	6	9
200	937	454	242	9	5

Таблица 1. Результаты моделирования нейронной сети

Литература

1. Petrov I.V. Mathematical modeling in medicine and biology based on continuum mechanics models. МПТ. N. 1. 1, 2009. P. 5–16.
2. Научная сессия НИЯУ МИФИ 2010. 12 всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2010»: Лекции по Нейроинформатике. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. 328 с.
3. Соловьёв А.М., Кабулова Е.Г., Семёнов М.Е. Модель динамики биологической нейронной сети с гистерезисными связями. // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2018. № 1. <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/analiz/2018/01/2018-01-18.pdf>
4. Sara J.A., Seibt J. Neuron 61, 454–466. February 12. 2009. Elsevier Inc.
5. Чернышев С.Л., Чернышев А.С. Моделирование нейронной сети с учетом биологических свойств нейрона. Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014. № 11. С. 510–520. <https://elibrary.ru/item.asp?id=22749662>
6. Smith L.S. Implementing Neural Models in Silicon. Section 5.4: Implementing spiking neurons // Handbook of Nature-Inspired and Innovative Computing: Integrating Classical Models with Emerging Technologies / Ed. A.Y. Zomaya. Springer US. 2006. P. 459.
7. Verstraeten, D. An experimental unification of reservoir computing methods [Text] / D. Verstraeten, B. Schrauwen, M. Haene // Neural Networks. 2007. Vol. 20. P. 391–403.
8. Maass W. Real-time computing without stable states: a new framework for neural computation based on perturbations [Text] / W. Maass, T. Natschlaeger // Neural Computations. 2002. Vol. 14(11). P. 2531–2560.
9. Бендерская Е.Н., Никитин К.В.. Моделирование нейронной активности мозга и биоинспирированные вычисления. Научно-технические ведомости СПбГПУ 6–2. 2011. Информатика. Телекоммуникации. Управление. <https://elibrary.ru/item.asp?id=17776838>
10. Денисов А., Булай П., Питлик Т., Черенкевич С. Когнитивные процессы и биологические нейронные сети. Наука и инновации. №12 (154). Декабрь 2015. <https://cyberleninka.ru/article/n/kognitivnye-protsessy-i-biologicheskie-neyronnye-seti>

О МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЕ МЕХМАТА ЮФУ «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ»

Надолин К.А., Карякин М.И., Наседкин А.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

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

E-mail: kanadolin@sfnedu.ru, karyakin@sfnedu.ru, avnasedkin@sfnedu.ru

Аннотация. В работе представлена магистерская программа «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», ориентированная на научно-исследовательскую профессиональную деятельность выпускников, а также их дальнейшее обучение в аспирантуре. Магистерская программа разрабатывается в Институте математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Южного федерального университета. Старт программы запланирован на сентябрь 2020 года, когда должны быть набраны первые 20 студентов. Разработка магистерской программы была поддержана Благотворительным фондом Владимира Потанина в рамках грантового конкурса 2018/2019 года стипендиальной программы Фонда для преподавателей магистратуры в номинации «Создание новой магистерской программы».

Ключевые слова – магистерская программа; математическое моделирование; Южный федеральный университет.

Введение. Математическое моделирование, как современный способ проведения научных исследований и важнейший этап проектирования современных технических устройств, требует подготовки специалистов с компетенциями как в предметной области, так и в вычислительной математике и современных информационных технологиях, поскольку основной инструмент для проведения вычислительных экспериментов - это высокопроизводительный компьютер, оснащенный сложным высокотехнологичным программным обеспечением.

Одна из проблем подготовки специалистов в области математического моделирования состоит в том, что до недавнего времени молодые люди, поступающие в университеты, не видели перспектив карьерного роста в области научных исследований, наукоемкого проектирования и высокотехнологичного производства. Поэтому популярность математического и технического образования среди студентов в последние годы значительно снизилась.

Сейчас ситуация в России изменилась, отчасти из-за оживления предприятий ВПК. Спрос растет не только на специалистов в области информационных и коммуникационных технологий, но и в области прикладной

математики и математического моделирования. Потребность рынка труда в высококвалифицированных кадрах, владеющих методами математического моделирования, не только была декларирована руководством страны, но уже проявляется на практике. В Ростове-на-Дону мы столкнулись с этим в сотрудничестве с ПАО «Роствертол», ФГУ НИИ «Спецвузавтоматика», ОАО «Горизонт», Южным научным центром Российской академии наук и другими организациями.

Все это позволяет надеяться, что научная карьера станет более привлекательной для выпускников вузов, а магистерская программа, сочетающая прикладную математику с современными информационными технологиями, заинтересует выпускников бакалавриата и привлечет дополнительных абитуриентов в магистратуру Южного федерального университета.

1. Концепция магистерской программы. В настоящее время в России проводится реформа высшего образования, в том числе, преобразование аспирантуры в третью ступень высшего образования при увеличении срока обучения до четырех лет.

В общей сложности подготовка высококвалифицированных специалистов в настоящее время длится десять лет (четыре года в бакалавриате, два года в магистратуре и четыре года в аспирантуре). Вместе с тем, в контексте образовательного процесса магистерская программа рассматривается как заключительный этап подготовки студента-бакалавра к профессиональной деятельности, а предметы, изучаемые в рамках учебной программы магистратуры, должны обеспечивать узкую специализацию в выбранной профессиональной области с учетом потребностей рынка труда.

Эту ситуацию можно рассмотреть с другой точки зрения, когда магистратура является подготовительным этапом для дальнейшего обучения в аспирантуре. В этом случае необходимо укрепить дисциплины фундаментальной подготовки, а аспирантов следует привлекать к организации проектной деятельности магистрантов, усиливая исследовательскую составляющую проектов.

Сочетание углубленной теоретической подготовки с использованием наукоемкого программного обеспечения в проектной деятельности исследовательского характера является сутью концепции модульного построения магистерской образовательной программы «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Разработка образовательной программы основана на накопленном опыте, кадровых ресурсах и существующего в Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича ЮФУ учебно-методического и материально-технического обеспечения. Магистерская программа ориентирована на студентов со склонностью к научным исследованиям, планирующих поступить в аспирантуру и защищать диссертацию, а в дальнейшем сделать

научно-педагогическую карьеру в университетах, исследовательских организациях и высокотехнологичных отраслях промышленности.

2. Учебно-методическое, кадровое и материально-техническое обеспечение. Подготовка магистров по прикладной математике и математическому моделированию в Институте математики, механики и компьютерных наук Южного федерального университета (до 2006 года, Ростовского государственного университета) проводится с 1995 года. В 2010 и в 2016 годах магистерские образовательные программы мехмата ЮФУ прошли международную аккредитацию в Институте аккредитации, сертификации и обеспечения качества ACQUIN (Германия). Эта аккредитация будет действовать до 30 сентября 2022 года.

Магистерская программа «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» учитывает накопленный на мехмате ЮФУ педагогический и методический опыт и основана на исследовательских традициях научных школ [1].

Научные школы ЮФУ – это фундамент, на котором создана магистерская программа. Она сфокусирована на широком спектре проблем прикладной математики и информатики в таких областях, как механика деформируемого твердого тела, механика жидкостей, газа и плазмы, тепло и массоперенос, биомеханика, финансовая математика и другие актуальные направления, связанные прежде всего с математическим моделированием и вычислительным экспериментом.

При создании магистерской образовательной программы «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», с одной стороны, была сохранена преемственность предыдущих образовательных программ, а с другой стороны, были внесены значительные изменения, связанные, прежде всего, с переходом на новые образовательные стандарты, более четкое определение целевой аудитории студентов, расширение использования образовательных информационных технологий.

Институт математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича ЮФУ имеет необходимые кадры, технологии и материально-технические ресурсы для реализации образовательной программы. На факультете Института работают более ста человек, из которых около пятидесяти – доктора наук, профессора и более пятидесяти – кандидаты наук, доценты. Институт имеет и использует в учебном процессе современное компьютерное оборудование и программное обеспечение.

3. Дисциплины специализации. Специфика магистерской образовательной программы «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» обусловлена ориентацией на аспирантские образовательные программы по направлениям подготовки 01.06.01 – Математика и механика и 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника. При структурировании учебных дисциплин используется модульный проектно-

ориентированный подход. Выбранная структура магистерской программы, а также широкий спектр предлагаемых дисциплин специализации с единой трудоемкостью 5 ECTS позволят гибко строить индивидуальные траектории обучения студентов и формировать компетенции, связанные с выбранными областями дальнейшего обучения в аспирантуре.

Заключение. Согласование компетенций второго (магистерского) и третьего (аспирантского) уровней высшего образования, а также применение проектно-модульного подхода при формировании магистерской программы, позволит оптимизировать процесс подготовки профессиональных исследователей и преподавателей.

Связь магистерской программы «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» и образовательных программ аспирантуры по направлениям подготовки 01.06.01 – Математика и механика и 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника может быть реализована через организацию смешанных проектных команд аспирантов и магистрантов, участвующих в совместных исследованиях в рамках научно-образовательных проектов.

Представленная магистерская программа позволит реализовать формирование исследовательских и педагогических компетенций в рамках единой образовательной траектории, направленной в будущем на подготовку и защиту кандидатской диссертации, что соответствует приоритетам Программа развития Южного федерального университета.

Работа выполнена при поддержке гранта Благотворительного фонда Владимира Потанина (проект GK-190000844).

Литература

1. Надолин К.А., Карякин М.И., Наседкин А.В. Мехмат ЮФУ: путь в европейское образовательное пространство // Русский язык в парадигме современного образования: Россия и Иbero-Американский мир: материалы Международного форума (10–11 мая 2018 г., г. Кадис (Испания) / Ростов-на-Дону, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2018. С. 186–188. ISBN 978-5-9275-2822-6.

О РАЗВИТИИ ПРОГРАММНОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ ДЛЯ ГОМОГЕНИЗАЦИИ АКТИВНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА РАЗЛИЧНЫХ МАСШТАБНЫХ УРОВНЯХ

Наседкин А.В.

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

E-mail: nasedkin@math.sfedu.ru

В настоящей работе в продолжении исследований [1–3] обсуждаются проблемы компьютерного дизайна активных композиционных материалов. Основные особенности моделирования продемонстрируем на примере пьезокомпозита со связанностью механических и электрических полей. Пусть Ω – представительный объем композита, состоящий из двух множеств $\Omega = \Omega^{(1)} \cup \Omega^{(2)}$, причем объем $\Omega^{(1)}$ заполнен основным пьезоэлектрическим материалом, а объем $\Omega^{(2)}$ является совокупностью включений или пор и заполнен другим материалом.

Для моделирования наноразмерных эффектов в рамках теории Гуртина – Мурдоха и ее обобщений задаются поверхностные поля на интерфейсных границах раздела двух фаз $\Gamma^s = \partial\Omega^{(1)} \cap \partial\Omega^{(2)}$. Внешняя граница представительного объема $\Gamma = \partial\Omega$ будет использоваться для задания краевых условий в задачах гомогенизации.

В соответствие с методом эффективных модулей рассмотрим в объеме Ω краевую задачу статической теории электроупругости относительно функций перемещений $\mathbf{u}(\mathbf{x})$ и электрического потенциала $\varphi(\mathbf{x})$

$$\mathbf{L}^T(\nabla) \cdot \mathbf{T} = 0, \quad \nabla \cdot \mathbf{D} = 0, \quad \mathbf{x} \in \Omega, \quad (1)$$

$$\mathbf{T} = \mathbf{c} \cdot \mathbf{S} - \mathbf{e}^T \cdot \mathbf{E}, \quad \mathbf{D} = \mathbf{e} \cdot \mathbf{S} + \mathbf{k} \cdot \mathbf{E}, \quad \mathbf{S} = \mathbf{L}(\nabla) \cdot \mathbf{u}, \quad \mathbf{E} = -\nabla \varphi, \quad (2)$$

$$\mathbf{L}^T(\nabla) = \begin{bmatrix} \partial_1 & 0 & 0 & 0 & \partial_3 & \partial_2 \\ 0 & \partial_2 & 0 & \partial_3 & 0 & \partial_1 \\ 0 & 0 & \partial_3 & \partial_2 & \partial_1 & 0 \end{bmatrix}, \quad \nabla = \begin{Bmatrix} \partial_1 \\ \partial_2 \\ \partial_3 \end{Bmatrix}, \quad (3)$$

$$\mathbf{L}^T(\mathbf{n}) \cdot [\mathbf{T}] = \mathbf{L}^T(\nabla^s) \cdot \mathbf{T}^s, \quad \mathbf{n} \cdot [\mathbf{D}] = \nabla^s \cdot \mathbf{D}^s, \quad \mathbf{x} \in \Gamma^s, \quad (4)$$

$$\mathbf{T}^s = \mathbf{c}^s \cdot \mathbf{S} - \mathbf{e}^{sT} \cdot \mathbf{E}^s, \quad \mathbf{D}^s = \mathbf{e}^s \cdot \mathbf{S} + \mathbf{k}^s \cdot \mathbf{E}^s, \quad (5)$$

$$\mathbf{S}^s = \mathbf{L}(\nabla^s) \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{n} \otimes \mathbf{n}) \cdot \mathbf{u}, \quad \mathbf{E}^s = -\nabla^s \varphi, \quad \nabla^s = \nabla - \mathbf{n}(\partial / \partial n), \quad (6)$$

$$\mathbf{u} = \mathbf{L}^T(\mathbf{x}) \cdot \mathbf{S}_0, \quad \varphi = -\mathbf{x} \cdot \mathbf{E}_0, \quad \mathbf{x} \in \Gamma. \quad (7)$$

Здесь $\mathbf{T} = \{\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{33}, \sigma_{23}, \sigma_{13}, \sigma_{12}\}$, $\mathbf{S} = \{\varepsilon_{11}, \varepsilon_{22}, \varepsilon_{33}, 2\varepsilon_{23}, 2\varepsilon_{13}, 2\varepsilon_{12}\}$ – массивы компонент напряжений σ_{ij} и деформаций ε_{ij} , \mathbf{D} и \mathbf{E} – векторы электрической индукции и напряженности электрического поля; соответственно; $\mathbf{c} = \mathbf{c}^E$ – матрица модулей жесткости размера 6×6 ; \mathbf{e} – матрица пьезомодулей размера 3×6 ; $\mathbf{\kappa} = \mathbf{\kappa}^S = \mathbf{\varepsilon}^S$ – матрица диэлектрических проницаемостей размера 3×3 ; \mathbf{S}_0 , \mathbf{E}_0 – постоянные шестимерный массив и вектор, соответственно; верхние индексы у модулей указывают, при каких постоянных полях они были вычислены; $(\dots)^T$ – операция транспонирования.

Интерфейсные соотношения (4)–(6) на межфазной границе Γ^s используются только для моделирования композитов на наноуровне. В (4)–(6) поверхностные поля и модули отмечены верхним индексом s ; $[(\dots)] = (\dots)^{(1)} - (\dots)^{(2)}$ – скачок соответствующей величины через межфазную границу; \mathbf{n} – вектор единичной нормали к Γ^s , внешней по отношению к области $\Omega^{(1)}$.

Если интерфейсные граничные условия (4)–(6) отсутствуют, то задача (1)–(3), (7) является задачей гомогенизации для пьезоэлектрического композита с обычными размерами фаз (включений или пор).

В случае композита произвольного класса анизотропии для определения его эффективных модулей $c_{\beta\zeta}^{\text{eff}}$, $e_{i\zeta}^{\text{eff}}$, κ_{ij}^{eff} требуется решить девять задач (1)–(7), отличающихся краевыми условиями (7), в которых лишь одну из компонент $S_{0\gamma}$, E_{0k} , ($\gamma = 1, 2, \dots, 6$; $k = 1, 2, 3$) следует положить отличной от нуля:

– задачи I – VI ($\zeta = 1, 2, \dots, 6$)

$$S_{0\gamma} = S_0 \delta_{s\gamma}, \quad \mathbf{E}_0 = 0 \quad \Rightarrow \quad c_{\beta\zeta}^{\text{eff}} = \langle T_\beta \rangle / S_0, \quad e_{i\zeta}^{\text{eff}} = \langle D_i \rangle / S_0, \quad (8)$$

– задачи VII – IX ($j = 1, 2, 3$)

$$\mathbf{S}_0 = 0, \quad E_{0j} = E_0 \delta_{jk} \quad \Rightarrow \quad e_{j\beta}^{\text{eff}} = -\langle T_\beta \rangle / E_0, \quad \kappa_{ij}^{\text{eff}} = \langle D_i \rangle / E_0, \quad (9)$$

где δ_{ij} – символ Кронекера; $\beta = 1, 2, \dots, 6$; $i = 1, 2, 3$;

$$\langle (\bullet) \rangle = \frac{1}{|\Omega|} \left(\int_{\Omega} (\bullet) d\Omega + \int_{\Gamma^s} (\bullet)^s d\Gamma \right). \quad (10)$$

Как видно из (1)–(10), учет интерфейсных условий приводит к необходимости рассчитывать осредненные характеристики полей как по объему Ω , так и по интерфейсной границе Γ^s . Поскольку интерфейсные границы существенно усложняют математическую постановку задач гомогенизации и внутреннюю структуру представительного объема, то решать краевые задачи (1)–(10) можно только численно.

Конечно-элементный пакет ACELAN-COMPOS [3] разрабатывается в ЮФУ специально для решения задач (1)–(10), их более частных случаев для упругих и диэлектрических композитов, а также для более общих магнитоэлектрических композитов со связанностью механических, электрических и магнитных полей. В настоящее время в ACELAN-COMPOS реализована следующая стратегия. Представительный объем формируется в виде регулярной конечно-элементной сетки, состоящей из кубических элементов. С использованием специальных алгоритмов, учитывающих внутреннюю структуру двухфазного композита, отдельные конечные элементы наделяются материальными свойствами первой или второй фазы. Далее для набора задач гомогенизации формируются и решаются конечно-элементные системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). На заключительном этапе постпроцессорной обработки вычисляются по (1)–(10) средние значения градиентов полей и в итоге находятся эффективные модули композита [4].

Пакет ACELAN-COMPOS предоставляет возможности создания представительных объемов со случайным расположением фаз, со связанностью двух фаз (3-3 связности), со связанностью одной фазы (3-0 связности) и со стержневыми элементами в матрице (1-3 связности). Базовым конечным элементом пакета является восьмиузловой гексаэдр с возможностью мультифизического анализа активных материалов. Формируемые в ACELAN-COMPOS СЛАУ для пьезоэлектрических и магнитоэлектрических материалов содержат квазиопределенные матрицы, характерные для задач с седловой точкой. Для решения таких СЛАУ в ACELAN-COMPOS можно использовать итерационный LSQR алгоритм и прямой внешний решатель из библиотеки CSPARSE, реализующий LU разложение. Как при вычислении элементных матриц, так и при постпроцессорных вычислениях эффективных модулей по (8)–(10) в ACELAN-COMPOS используются стандартные кубатурные формулы численного интегрирования по кубическим элементам с 8 и 14 узлами.

Дальнейшее развитие конечно-элементного пакета ACELAN-COMPOS предполагает комплекс этапов: расширение специализированной библиотеки конечных элементов, усовершенствование и создание новых алгоритмов формирования представительных объемов композитов, модернизация языка команд и управляющих оболочек, реализация возможности запуска программ в пакетном режиме из других приложений, разработка модулей моделирования многокомпонентных композитов, функционально неоднородных структур и нанообъектов, разработка новых решателей, в том числе с возможностями проведения параллельных вычислений на различных параллельных вычислительных архитектурах (многоядерные процессоры, графические ускорители, высокопроизводительные кластеры и гибридные системы), развитие средств пре- и постпроцессорной обработки, экспорта и импорта твердотельных и конечно-элементных моделей.

Для анализа композитов на наноуровне в рамках теории Гуртина – Мурдоха и ее обобщений предполагается создание пластинчатых (оболочечных) элементов, имитирующих наличие поверхностных эффектов (4)–(6) для наноразмерных включений или пор и совместимых с объемными элементами. Необходима также разработка алгоритмов автоматизированного поиска на Γ^s интерфейсных граней объемных конечных элементов и размещения на них пластинчатых элементов. Отдельное исследование предполагает определение материальных свойств пластинчатых элементов, наследующих структуру анизотропии соседних объемных элементов. Данная задача была решена для трансверсально изотропных материалов и поверхностных элементов, параллельных координатным осям, но для более общих случаев вопрос о структуре поверхностных свойств анизотропных мультифизических оболочечных элементов остается открытым.

Наконец, представляется важной реализация в ACELAN-COMPOS процедур многомасштабного метода конечных элементов для прецизионного моделирования включений и пор сложной геометрии.

Работа выполнена при поддержке гранта Правительства РФ № 075-15-2019-1928.

Литература

1. Наседкин А.В. Компьютерный дизайн активных материалов в конечно-элементных пакетах ACELAN-COMPOS и ANSYS // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития: материалы XXVI научн. конф. (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 17–19 апреля 2019) / Ростов-на-Дону, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2019. С. 202–205.
2. Наседкин А.В. Анализ влияния поверхностных напряжений на эффективные свойства нанопористых пьезокомпозитов // Проблемы прочности и пластичности. 2019. Т. 81, № 1. С. 5–18.
3. 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 / Analysis and Modelling of Advanced Structures and Smart Systems. Advanced Structured Materials. Vol. 81 / Eds H. Altenbach, E. Carrera, G. Kulikov. Singapore: Springer, 2018. P. 69–88.
4. Наседкин А.В., Наседкина А.А. О постпроцессорных вычислениях градиентов конечно-элементных полей и их интегральных характеристик для компьютерных программ гомогенизации композитных сред // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития: материалы XXVI научн. конф. Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 18 – 19 апреля 2019. Ростов-на-Дону, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2019. С. 206–209.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРИСТЫХ ПЬЕЗОКОМПОЗИТОВ В УСТРОЙСТВАХ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Наседкин А.В.¹, Оганесян П.А.¹, Соловьев А.Н.^{1,2}

¹ ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И.И. Воровича,

² ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический
университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: nasedkin@math.sfedu.ru, wolwerine@yandex.ru,

solovievarc@gmail.com

Современные композитные материалы на основе пьезокерамики могут обладать сложной структурой и перспективными свойствами, позволяющими проектировать более эффективные устройства, в том числе используемые для накопления экологически чистой энергии. При разработке подобных устройств решается несколько задач: определение эффективных свойств композитного материала на основе информации об исходных материалах и структуре композита, построение модели устройства и анализ его эксплуатационных характеристик. Для определения материальных свойств композита могут применяться различные методы, в том числе реализованный в пакете ACELAN–COMPOS метод эффективных модулей [1].

В качестве тестового устройства был рассмотрен составной неоднородно поляризованный пьезопреобразователь пластинчатого типа (рис 1), изготовленный из пористого пьезокомполита. В качестве основного материала использовалась пористая пьезокерамика PZT-4, эффективные свойства которой вычислялись в ACELAN–COMPOS на предварительном этапе.



Рис. 1. Схема пьезопреобразователя, состоящего из двух частей – с продольной и разнонаправленной поперечной поляризацией

Для оценки эксплуатационных свойств пластинчатого пьезопреобразователя использовалась прикладная теория, описанная в [2]. На основе квазистатической задачи теории электроупругости, вариационного принципа и гипотез о характере распределения механических и электрических полей была получена упрощенная система дифференциальных уравнений. Разработанная прикладная теория была реализована в виде вычислительного алгоритма в пакете Maple. Было получено общее решение системы

дифференциальных уравнений относительно функций распределения перемещений и электрического потенциала.

Были проведены вычислительные эксперименты по решению задачи как по прикладной теории, так и по методу конечных элементов в пакете ACELAN. Результаты сравнения показали, что расхождение между максимальными значениями неизвестных находилось в пределах 3 – 5%. Было обнаружено, что зависимость величины выходного напряжения от пористости имеет нелинейный характер. Значительное влияние на выходные характеристики так же оказал выбор граничных условий на концах электроупругой пластины. Выбор наиболее эффективной комбинации процента пористости, граничных условий и распределения частей с неоднородной поляризацией позволяет многократно увеличить значение выходного напряжения при колебаниях на заданной частоте и значительно увеличить коэффициент электромеханической связи (КЭМС) по сравнению с однородным преобразователем. В рассматриваемом численном эксперименте наибольшую эффективность показало устройство с 40 % пористости при условии шарнирного опирания левого конца преобразователя и жесткого закрепления правого конца.

Разработанный инструментарий, состоящий из модулей решения задач гомогенизации пьезоэлектрических композитов в пакете ACELAN–COMPOS, расчетных модулей пакета ACELAN для двумерных задач и прикладной теории, позволяет получать зависимости максимальных перемещений, электрического потенциала, КЭМС для пьезопреобразователей в форме электроупругих пластин с кусочно-неоднородной поляризацией, в том числе выполненных из композитных материалов.

Работа выполнена при поддержке гранта Правительства РФ № 075-15-2019-1928.

Литература

1. Gerasimenko T.E., Kurbatova N.V., Nadolin D.K., Nasedkin A.V., Nasedkina A.A., Oganessian P.A., Skaliukh A.S., Soloviev A.N. Homogenization of piezoelectric composites with internal structure and inhomogeneous polarization in ACELAN-COMPOS finite element package / Wave Dynamics, Mechanics and Physics of Microstructured Metamaterials. Advanced Structured Materials. Vol. 109 / Ed. M.A. Sumbatyan. Singapore: Springer, 2019. P. 113–131.
2. Soloviev A.N., Chebanenko V.A., Parinov I.A., Oganessian P.A. Applied theory of bending vibrations of a piezoelectric bimorph with a quadratic electric potential distribution // Mater. Phys. Mech. 2019. V. 42. P. 65–73.

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ДИСКРЕТНЫХ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРИЗНАКОВОГО ПРОСТРАНСТВА АУДИОФАЙЛОВ ФОРМАТА WAVE ДЛЯ ЗАДАЧИ БИНАРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ

Олейников Б.В., Стрельников А.В.

*ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
Институт математики и фундаментальной информатики,
г. Красноярск*

E-mail: oleynik48@mail.ru, avstrelnikov95@gmail.com

Актуальность задачи бинарной классификации аудиофайлов в настоящее время не подлежит сомнению. С развитием современной вычислительной техники, а также методов обработки и модификации аудиофайлов все чаще находятся задачи, с которыми человечество прежде не встречалось, либо встает острая необходимость в разработке новых методов их решения [1]. Такими задачами являются, к примеру, задача обнаружения стеганографических вложений в аудиофайлы, идентификация «фейковых» разговоров людей, диагностика психических заболеваний по аудиозаписям разговоров пациентов и многие другие. Дискретные вейвлет-преобразования используются в ряде работ [2, 3] для различных приложений задачи классификации аудио (как бинарной, так и мультиклассовой), поэтому разработка подхода к порождению признакового пространства, основанного на ДВП, более чем оправдана.

В настоящей работе предлагается подход для определения признаков аудиофайлов формата WAVE, основанный на статистических характеристиках дискретных вейвлет-преобразований. Ожидается, что признаковое пространство, порождаемое при помощи данного подхода, окажется более эффективным для различных приложений задачи бинарной классификации аудиофайлов, чем уже используемые. Отличием предлагаемого подхода от уже существующих является использование глубины ДВП от 1 до 8. Абсолютное большинство исследователей в своих работах предпочитает ограничиваться глубиной от 1 до 3. Авторы настоящей работы высказывают предположение, что с увеличением глубины ДВП можно получить дополнительные признаки, с которыми можно добиться большей точности в задаче классификации аудиофайлов. Данное предположение было экспериментально проверено на конкретной задаче.

Предлагаемый подход состоит в следующем.

Пусть $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ – последовательность данных аудиофайла формата WAVE с PCM-кодированием. Тогда коэффициенты аппроксима-

ции cA и коэффициенты детализации cD [4] ДВП любого семейства глубины 1 рассчитываются по формуле (1):

$$cA = (X * g) \downarrow 2, cD = (X * h) \downarrow 2 \#(1)$$

где $*$ – оператор свертки, g – последовательность коэффициентов низкочастотного вейвлет-фильтра, h – последовательность коэффициентов высокочастотного вейвлет-фильтра (к примеру, для ДВП Хаара $g = [0.707, 0.707]$, $h = [-0.707, 0.707]$), $\downarrow 2$ – оператор прореживания (из полученной последовательности элементов свертки отбирается каждый второй элемент для обеспечения отсутствия избыточности).

Порядок формирования признакового пространства.

1. Рассчитывается ДВП последовательности данных аудиофайла X . От полученных коэффициентов аппроксимации cA_1 рассчитывается ДВП, получаем коэффициенты ДВП глубины 2 (cA_2, cD_2). К полученным коэффициентам аппроксимации cA_2 снова применяем ДВП. Повторяем этот процесс до получения коэффициентов детализации и аппроксимации глубины 8. Таким образом, получаем по восемь последовательностей коэффициентов аппроксимации и детализации (для глубин от 1 до 8).

2. Для каждой из полученных последовательностей рассчитываются следующие статистические характеристики: среднее, дисперсия, коэффициенты асимметрии и эксцесса.

Результирующее признаковое пространство составляет 64 признака (16 последовательностей коэффициентов ДВП (8 аппроксимирующих и 8 детализирующих) глубины от 1 до 8, по 4 статистических характеристики для каждой последовательности).

Для экспериментальной проверки предложенного подхода была использована задача классификации аудиозаписей кошек и собак с сайта [kaggle.com](https://www.kaggle.com) [5]. Обучающая выборка содержит 85 «собак» и 125 «кошек». Тестовая выборка содержит 39 «кошек» и 28 «собак». Предложенный подход был протестирован с дискретным вейвлет преобразованием Добеши db4 [4]. От файлов из тестовой и тренировочной выборки были рассчитаны признаковые пространства — было получено по восемь таблиц для тренировочной и тестовой выборок, в которых содержались признаки определенной глубины с накопительным эффектом (в первой таблице все признаки глубины 1, во второй все признаки глубины 1 и 2 и так далее). Затем на полученных таблицах были обучены следующие методы машинного обучения: логистическая регрессия (Logistic), градиентный бустинг деревьев решений (Gradient), многослойный перцептрон (MLP), дерево решений (Decision), случайный лес (RandomForest), наивный Байесовский классификатор (Gaussian). На рис. 1 показана зависимость меры F_1 (ось ординат) на тестовой и тренировочной выборке от глубины ДВП (ось абсцисс).

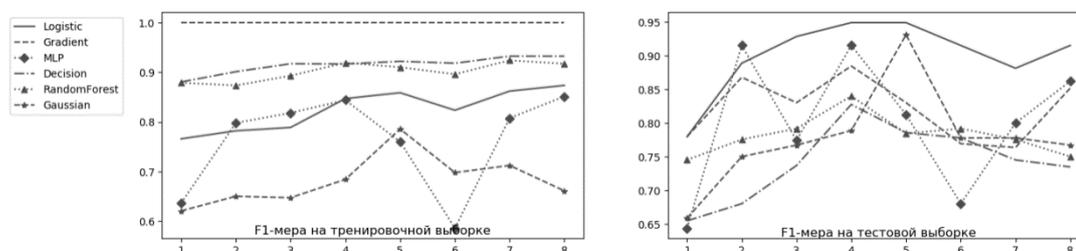


Рис. 1. F₁-мера на тренировочной и тестовой выборках

Полученные результаты говорят о том, что расширение признакового пространства аудиофайлов за счет добавления характеристик, основанных на ДВП глубин от 2 до 8 в некоторых случаях действительно улучшает точность классификации для некоторых моделей машинного обучения. Однако заметим, что для некоторых моделей чрезмерное расширение оказывает негативное воздействие (вносит определенные шумы) на качество обучения. В связи с этим отметим, что для эффективного использования предложенного подхода для конкретной задачи необходимо проводить отбор характеристик. Для этого предлагается воспользоваться подходом, основанным на MIC [6].

В качестве дальнейшей работы на основе предложенного подхода авторы планируют развитие методики порождения эффективных признаков для решения задач классификации.

Литература

1. Esmailpour M., Cardinal P., Koerich A. L. A robust approach for securing audio classification against adversarial attacks // IEEE Transactions on Information Forensics and Security. – 2019.
2. Germain F. The wavelet transform Applications in Music Information Retrieval, McGill University, Canada. 2009.
3. Стрельников А. В. Разработка модели машинного обучения для обнаружения стеганографических вложений в аудиофайлы формата WAVE с использованием набора характеристик // Информационные технологии. 2019. С. 39.
4. Stark H.G. Wavelets and signal processing: an application-based introduction. // Springer Science & Business Media, 2005.
5. Audio Cats and Dogs. Classify raw sound events [Электронный ресурс] : Набор данных для классификации аудио. США, 2017. Режим доступа: <https://www.kaggle.com/mmoreaux/audio-cats-and-dogs> (дата обращения: 17.02.2020).
6. Chen Z. et al. Combining MIC feature selection and feature-based MSPCA for network traffic anomaly detection // 2016 Third International Conference on Digital Information Processing, Data Mining, and Wireless Communications (DIPDMWC). IEEE, 2016. P. 176–181.

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ТРАФИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PERFORMANCE API

Перелехов И.В., Пирская Л.В.

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

E-mail: lyubov.pirskaya@gmail.com

В процессе разработки web-приложения часто можно встретить использование инструментов разработчика встроенных в браузер. Данный набор инструментов позволяет найти узкие или неоптимизированные участки в приложении и на основе найденных проблем, провести реорганизацию и оптимизацию кода, что улучшит разрабатываемое приложение.

К сожалению, использование только инструментов разработчика в браузере не способно отразить то, как разработанное web-приложение будет работать на устройствах конечных пользователей.

Дело не в том, что синтетическое тестирование является плохим или не эффективным, а в том, что это лишь малая часть гораздо большей картины производительности web-приложения. Независимо от того, сколько синтетических инструментов тестирования было использовано, они будут предоставлять данные только с одной точки зрения, с какого бы устройства и сетевого подключения ни проводился тест. Несомненно, улучшения, которые будут проделаны на основе рекомендаций по синтетическому тестированию, помогут всем пользователям, но невозможно полноценно оценить изменения производительности, если синтетическое тестирование остается единственной стратегией измерения производительности.

Мониторинг реальных пользователей

Мониторинг реальных пользователей (Real User Monitoring, RUM) использует JavaScript API в браузере для сбора статистики о том, как сайты работают для реальных пользователей. Два API-интерфейса измеряют, насколько быстро документы и ресурсы загружаются у пользователей, собирая данные с высокой степенью точности, данные содержат в себе измерения различных этапов загрузки ресурсов.

Навигация и синхронизация ресурсов существенно перекрывают друг друга, но каждый из них собирает метрики для разных вещей:

- **Navigation Timing** собирает данные о производительности HTML документа.
- **Resource Timing** собирает данные производительности зависимостей страницы, таких как стили, скрипты, картинки и т.д.

Navigation Timing

Navigation Timing предоставляет данные, которые могут быть использованы для измерения производительности веб-сайта. В отличие от других механизмов на основе JavaScript, которые были использованы с той же целью, этот API может предоставить полную и точную информацию о задержке в получении данных. Кроме того, данное API может быть использован для сбора данных о производительности на стороне клиента при отправке асинхронных запросов на сервер, а также для получения данных, которые нельзя получить с помощью других средств, таких как время загрузки предыдущей страницы, время DNS запроса, время полной загрузки страницы [1].

Resource Timing

Resource Timing предоставляет способ получения и анализа подробных данных синхронизации сети, касающихся загрузки ресурсов приложения. Приложение может использовать метрики синхронизации, чтобы определить, например, время, необходимое для извлечения конкретного ресурса, такого как стили, время на обработку XHR запроса и т.д. [2].

Использование Performance API для сбора RUM метрик

Поскольку синтетическое тестирование не позволяет нам однозначно сказать, как наше приложение будет работать у конечного пользователя, необходимо использовать набор RUM метрик. RUM метрики позволяют не только собирать данные о производительности приложения, но и способны выявить проблемы, которые возникают у пользователей приложения, например, с помощью RUM метрик можно выявить частичную блокировку ресурсов у пользователя или обнаружить множественные ошибки, которые приходят с сервера приложения. Как правило, такие ошибки невозможно обнаружить с помощью синтетических тестов.

Использование Performance API для сбора данных, никак не сказывается на производительности веб приложения для пользователя и позволяет собрать наиболее точные данные, поскольку интерфейсы API интегрированы в браузер и для их работы не требуются никакие сторонние библиотеки.

Стоит отметить, что все же для корректной реализации метрики с использованием Performance API необходимо выполнить отправку данных на сервер, который занимается сбором данных RUM, поэтому стоит внимательно подходить к тому, какие, а главное – сколько данных отправлять.

Алгоритм использования RUM метрики в реальном приложении

Поскольку Performance API предоставляет очень большое количество данных, использование всех из них может быть избыточно, особенно на

высоконагруженных системах. Следует проанализировать наиболее уязвимые места, в которые могут возникнуть потенциальные проблемы (например, блокировка CDN-ресурса, который используется для более быстрой доставки статических ресурсов конечному пользователю) и выделить основные метрики, которые будут отражать работу приложения в реальном времени и мгновенно сигнализировать о возникающих проблемах. Примером такой метрики может служить количество запросов от пользователей, которые завершаются с кодом 4XX или 5XX. Такая метрика вовремя позволит отреагировать на проблемы у пользователей, до их обращения в техническую поддержку, что позволит наиболее быстро выявить и исправить возникшую проблему.

Литература

1. Navigation Timing // World Wide Web Consortium (W3C) URL: <https://www.w3.org/TR/navigation-timing-2/> / (дата обращения: 15.01.2020).
2. Resource Timing // World Wide Web Consortium (W3C) URL: <https://www.w3.org/TR/resource-timing-2/> / (дата обращения: 15.01.2020).

ПОЛУОСТРОВ МЕГАНОМ. ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО АНАЛИЗА

Петкова Н.В., Ершова В.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

E-mail: petkova@sfedu.ru, vikaershova-97@yandex.ru

Геоинформационные технологии – это технологии, которые позволяют интегрировать пространственную информацию на единой географической основе. При разработке геоинформационных систем (ГИС) используются сведения, получаемые из различных источников, в том числе и данные космического мониторинга. Это дает возможность использовать ГИС в самых различных областях научной и хозяйственной деятельности, в том числе в комплексном исследовании территорий, землеустройстве, территориальном планировании и управлении.

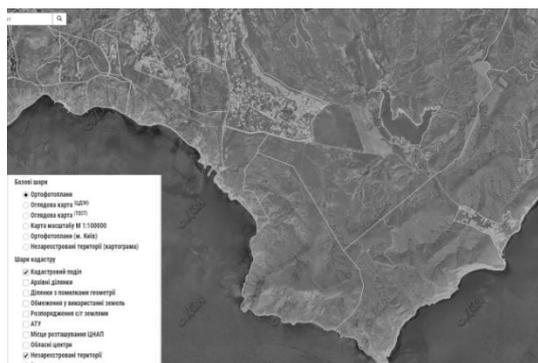
В современных социально-экономических условиях проблема освоения новых территорий Юго-Восточного Крыма становится все более актуальной. Возрастание темпов хозяйственной деятельности, инвестиционная привлекательность проектов развития рекреационной отрасли в условиях сохранения уникальных ландшафтов определяют ряд требований, которые необходимо учитывать, анализируя стратегии устойчивого развития региона.

В числе 50 территорий Крыма полуостров Меганом отмечен как приоритетная территория 1-ой категории по сохранению биоразнообразия и включен в перспективную сеть природоохранных объектов Крыма. Однако пустующие в настоящее время земли в окрестностях охранной зоны природного заповедника вызывают интерес с точки зрения их использования для хозяйственной деятельности, что неизбежно влечет за собой возрастание антропогенного воздействия на уникальный ландшафт. Уже сегодня рассматривается вопрос об изменении границ охранной зоны для выделения земельных участков под капитальное строительство, размещение объектов инфраструктуры (рис. 1).

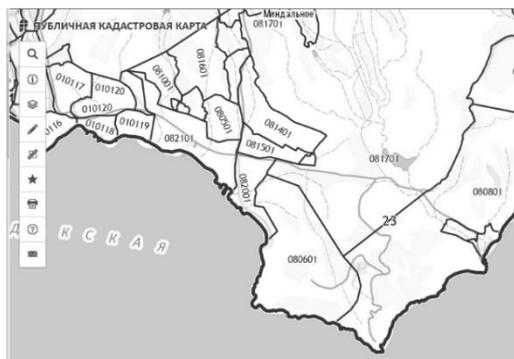


Рис.1. Нарушение границ охранной зоны полуострова Меганом

В этой связи актуальным является разработка геоинформационного ресурса, содержащего все имеющиеся сведения, необходимые для всестороннего анализа перспектив развития территории и поддержки принятия сбалансированных управленческих решений. Сопоставление сведений об объектах землеустройства из кадастровых систем Украины и России позволяет методами ГИС выявить различные изменения в характере землепользования, определить условия, обеспечивающие планомерное освоение прилегающих к заповеднику территорий, на которых планируется интенсивное развитие транспортной, инженерной и социальной инфраструктуры (рис. 2).



Кадастровая карта Украины. 2014 г.



Публичная кадастровая карта Росреестра. 2020 г.

Рис. 2. Кадастровое деление территории полуострова Меганом

Наложение различных тематических слоев в ГИС — наиболее эффективный метод получения новой пространственной информации. С помощью данного вида анализа на основе спутниковых данных, предоставляемых открытыми картографическими on-line сервисами, можно оценивать фактическое состояние территории, определять степень ее освоенности, выполнять пространственно-временной анализ изменений, рассчитывать рекреационную нагрузку во время сезонов (рис. 3).



Рис. 3. Охранная зона. Спутниковые изображения

Переход к использованию ГИС-технологий позволит совместно анализировать геологические, топографические, ландшафтные, экологические, туристические и другие карты в рамках одного проекта, что является необходимым условием для всестороннего изучения вариантов развития уникальных по своим характеристикам территорий.

Литература

1. Миронова Л.П. Социально-экономические проблемы природных зон Юго-Восточного Крыма. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialno-ekologicheskie-problemy-prirodnih-zon-yugo-vostochnogo-kryma/viewer>.
2. Факторы геоэкономического развития Юго-Восточного Крыма. URL: <https://infourok.ru/faktori-geoekonomicheskogo-razvitiya-yugovostochnogo-krima-v-rossiyskoj-federacii-2485307.html>.
3. ГИС для ООПТ в России: состояние и перспективы. URL: https://www.sites.google.com/site/moiknigiilekcii/lekcii/GIS_technologii/-1/oblprim/upravl/gisdlaooptvrossiisostovanieiperspektivu.

МЕТОДЫ ГИС В АНАЛИЗЕ ТЕРРИТОРИИ ПРОВИНЦИИ КАНДАГАР

Петкова Н.В., Мохаммад Реза Мошреф

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: petkova@sfnedu.ru, mohammadreza.moshref@gmail.com

В настоящий момент получение необходимых сведений для выработки эффективных подходов к организации территориальных систем в Афганистане связано с объективными трудностями – необходимостью преобразования нормативно-правовой основы землеустройства, недостатком научно-практических исследований в данной области, отсутствием финансирования изыскательских работ и другими причинами.

Тем не менее, сегодня существуют подходы и способы информационного обеспечения территориальных исследований за счет использования геоинформационных технологий в анализе пространственных данных из открытых источников.

В настоящий момент в территориальных исследованиях широко используются данные космического мониторинга, что позволяет получать однородную и сравнимую по качеству объективную информацию одновременно для обширных территорий. В связи с тем, что на территории Афганистана в настоящее время практически не ведутся наземные обследования, спутниковые снимки являются практически единственным источником данных для пространственного геоинформационного анализа.

Кандагар — крупный город в южном Афганистане. Он является центром одноименной провинции. Большую часть провинции занимает Баквийская пустыня. Вокруг города Кандагар расположен оазис, где развито сельскохозяйственное производство.

Контроль над большей частью территорий, занятых сельскохозяйственными угодьями, практически не ведется. Именно поэтому в работе рассмотрен подход к изучению закономерностей и тенденций развития сельскохозяйственных площадей в провинции Кандагар с использованием данных, предоставляемых открытыми картографическими WEB-сервисами. На основе архивных и актуальных спутниковых снимков Landsat (Earth Explorer, USGS) в среде ArcGIS 10.7 построены карты вегетационных индексов, уточненные с помощью спутниковых изображений высокого разрешения (Google Earth, Google. Рис. 1–2).

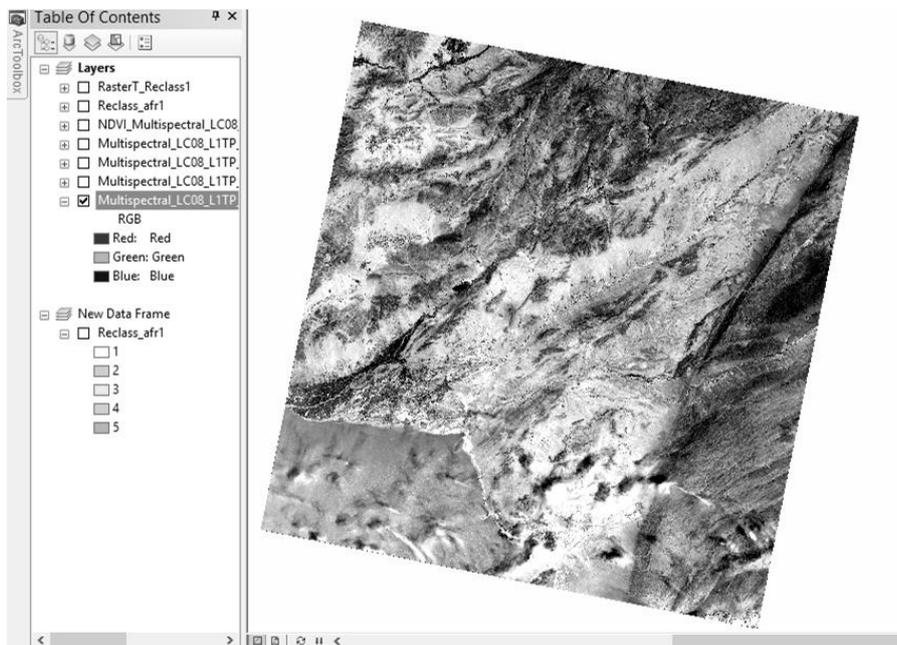


Рис. 1. Снимок Landsat-8. Сезон – весна 2018 г.

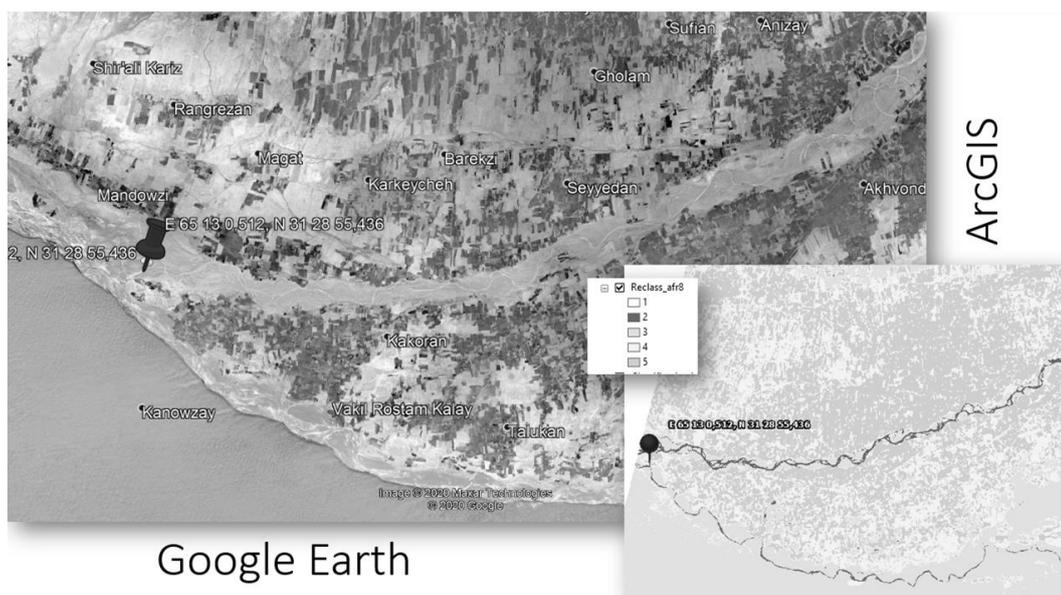


Рис. 2. Сравнение NDVI-карт со спутниковыми изображениями Google Earth

Для векторизации площадей, занимаемых растительностью, использованы инструменты ArcGIS. В результате геообработки карт вегетационных индексов выполнено сравнение площадей территорий, занимаемых сельскохозяйственными угодьями, в разные годы исследуемого периода (рис. 3).

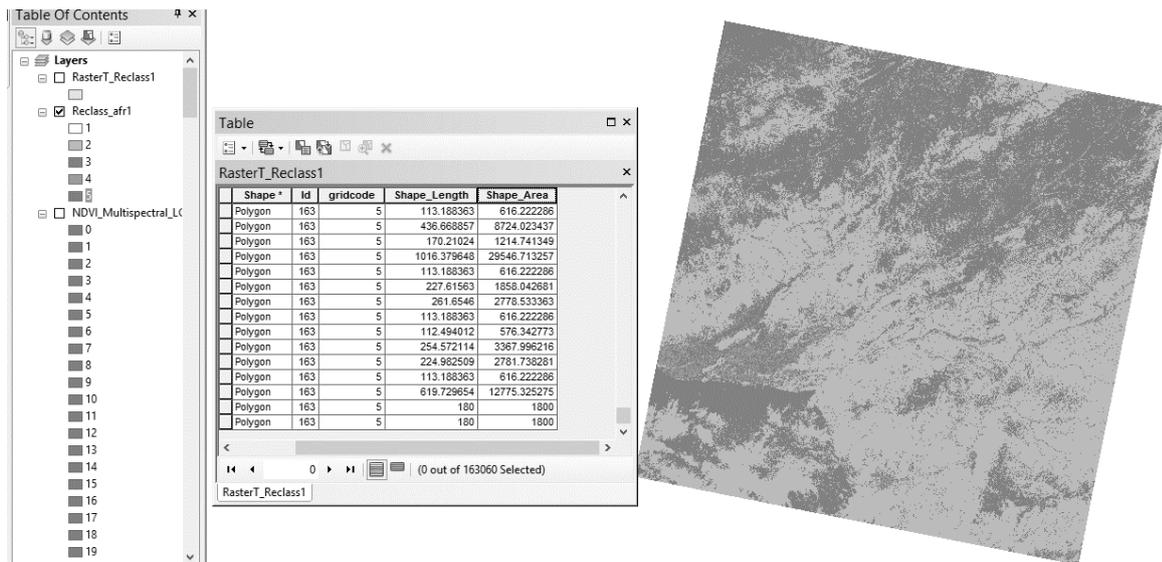


Рис. 3. Векторизация сельскохозяйственных площадей

В целях изучения изменений границ Баквийской пустыни и водных объектов на территории провинции использованы алгоритмы распознавания спутниковых снимков, а также технология сопоставления результатов классификации со спутниковыми изображениями высокого разрешения.

Карты вегетационных индексов позволяют выделить водные объекты и проследить за сезонными изменениями наполняемости водохранилищ по серии космических снимков (рис. 4).

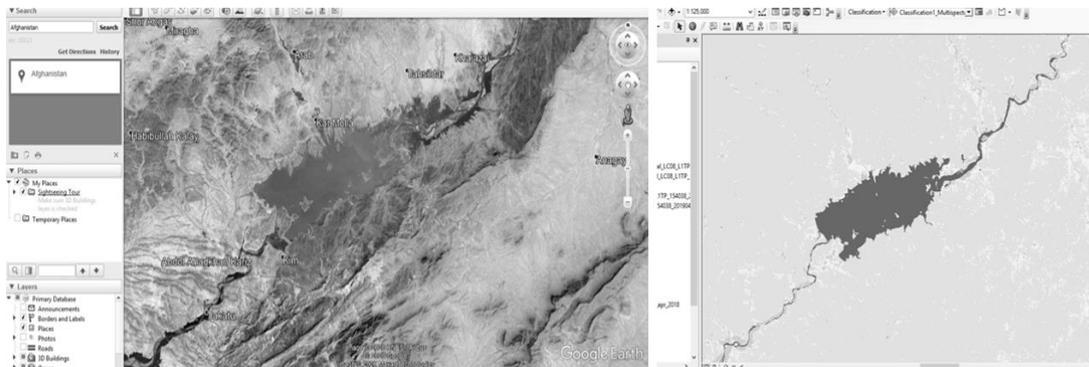


Рис. 4. Водохранилище Аргандаб в провинции Кандагар (слева – аэрофотоснимок, справа – результат распознавания спутникового снимка)

Разработанная геоинформационная система содержит тематические слои, охватывающие всю территорию страны, что позволяет на основе данного подхода использовать ГИС для проведения пространственного анализа территорий большинства провинций Афганистана.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕШЕНИЯ СЛАУ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ И НАВИГАЦИИ

Пирская Л.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Институт компьютерных технологий и информационной безопасности

г. Таганрог

E-mail: lyubov.pirskaya@gmail.com

В современном мире особое внимание уделяется созданию вычислительных устройств специального назначения, которые обладают эффективными характеристиками по быстродействию и аппаратным затратам. Одной из областей их применения рассматривают область навигации и управления летательным аппаратом, в частности, задачу определения местоположения летательного аппарата. Так как данная задача решается в режиме реального времени, то необходимо обеспечить получение и минимальную задержку решения в пределах временного шага при минимальных временных и аппаратных затратах.

Задача определения местоположения летательного аппарата заключается в установке на местности нескольких радиомаяков. Имея данные координаты маяков в декартовой системе координат и получая специализированным устройством во время полета дальностей от летательного аппарата до каждого маяка, составляется на основе этих данных система уравнений. Определение координат летательного аппарата осуществляется одновременным решением специализированным вычислительным устройством СЛАУ с переменными свободными членами (к которой представлены в данной работе способами сводится система из четырех алгебраических уравнений) [1].

Функционирование и реализация специализированных вычислительных устройств на базе известных итерационных методов решения СЛАУ отличаются большими аппаратными затратами за счет потребности в реализации устройств умножения многоразрядных кодов переменных и коэффициентов, пересылками многоразрядных кодов между уравнениями системы при параллельной реализации.

Технология функционирования специализированного вычислительного устройства, базирующегося на известных методах решения СЛАУ на основе дельта-преобразованиях первого порядка и второго порядка с переменным квантом, позволяют организовывать вычислительный процесс с исключением операций многоразрядного умножения. В основу технологии функционирования специализированного вычислительного устройства для

итерационного решения СЛАУ положены разработанные алгоритмы с использованием дельта-преобразований первого [2–3] и второго порядков [4–5] и переменного кванта (использование переменного кванта позволяет сократить количество итераций), которые обеспечивают возможность построения высокопроизводительных экономичных по аппаратным ресурсам специализированных вычислительных устройств для одновременного решения значительного количества СЛАУ в режиме реального времени за одну итерацию установившегося процесса.

В работе проведено исследование принципов функционирования высокопроизводительного экономичного по аппаратным ресурсам специализированного вычислительного устройства [6–7] для определения местоположения летательного аппарата в режиме реального времени на основе одновременного решения огромного количества СЛАУ с использованием дельта-преобразований и переменного кванта в задаче локальной навигации.

Особенность полученных результатов заключается в том, что в рамках использованного в данной работе временного шага обеспечивается возможность снизить частоту формирования свободных членов СЛАУ из получаемых дальностей от летательного аппарата до маяков, при этом сохраняется точность результата за одну итерацию. Такие условия также являются эффективными при одновременном решении большого количества СЛАУ, сформированных для разных комбинаций маяков.

Результаты, полученные в ходе выполнения работы, будут использованы в бортовых системах радионавигации и управлении современными и перспективными ЛА: коррекция координат ЛА в режиме реального времени, обеспечение доставки ЛА в заданную точку пространства с высокой точностью.

Литература

1. Кравченко П.П., Пирская Л.В. Исследование возможности использования дельта-преобразований для определения координат летательного аппарата в задаче локальной навигации // Известия ЮФУ. Технические науки. 2016. № 7 (180). С. 137–148.
2. Кравченко П.П., Пирская Л.В. Итерационный метод решения систем линейных алгебраических уравнений, исключая операцию многозначного умножения // Известия ЮФУ. Технические науки. 2014. № 7 (156). С. 214–224.
3. Kravchenko P.P., Pirskaia L.V. The method of organizing the iterative process of the system of the linear algebraic equations solution excluding the multidigit multiplication operation // Biosciences Biotechnology Research Asia December. 2014. Vol. 11(3). P.1831–1839.
4. Кравченко П.П., Пирская Л.В. Метод организации итерационного решения систем линейных алгебраических уравнений с использованием

- дельта-преобразований второго порядка // Известия ЮФУ. Технические науки. 2015. № 6 (167). С. 57–71.
5. Kravchenko P.P., Pirsкая L.V., Khusainov N. Sh. Algorithm of iterative solution of linear algebraic equations systems based on the second order delta-transformation for specialized computers of real-time systems // Biosciences Biotechnology Research Asia December. 2015. Vol. 11(Spl. Edn. 2). P. 279–289.
 6. Pirsкая L.V., Khusainov N.SH. About the functioning of the special-purpose calculating unit based on the linear system solution using the first order delta-transformations // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2018. Vol. 96. P. 7187–7197.
 7. Pirsкая L.V. Features of Method of Special-Purpose Calculating Unit Functioning for Linear System Solution based on the Second Order Delta-Transformation // Proceedings Fifth International Conference on Engineering and Telecommunication EnT-MIPT 2018. IEEE, 2018. P. 158–162.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕРЕВЬЕВ ПОВЕДЕНИЯ С ПОДСКАЗКАМИ ПРИ СОЗДАНИИ ИГР НА UNITY

Рыженков С.И.

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

E-mail: ryzhenkov@sfedu.ru

Деревья поведения (Behavioral Trees, BT [1]) являются широко распространенным способом описания различных поведенческих моделей в видеоиграх. BT в определенной степени вытеснили аналогичные реализации поведения на основе конечных автоматов, поскольку лучше масштабируются и позволяют более тонко управлять настройками поведения агентов. К преимуществам BT также относится развитая теория, определяющая различные операции над BT, позволяющие строить композиции деревьев поведения для формирования более сложных агентов. В контексте видеоигр на первый план выходят вопросы производительности вычислений всех подсистем игры и скорость итераций при разработке. Оказывается, что реализация и редактирование структур и алгоритмов, связанных с BT, относится исключительно к техническим задачам и для внесения изменений в дерево поведений гейм-дизайнеру необходимо задействовать разработчиков. Это негативно отражается на времени разработки. Существуют различные программы и плагины, реализующие базовый функционал BT и визуализирующие деревья в виде графов для упрощения использования, например, [2].

Целью данной работы является создание плагина для Unity, реализующего API и графический интерфейс в среде Unity на основе компонентов, который позволил бы прямо из редактора настраивать BT и более сложные структуры деревьев поведения с подсказками (Hinted-Execution Behavior Trees, HeBT), позволяющими расширить применение классических BT на более сложные случаи: групповое поведение, агентов с иерархией управления, вложенные шаблоны поведения. Оригинальная идея HeBT была изложена в [3] авторами игры Driver San Francisco, в которой HeBT использовались гейм-дизайнерами для построения эффективных агентов, действующих в реальном времени.

Основная идея HeBT заключается в возможности явного упорядочивания выполнения веток и поддеревьев, связанных с заданным узлом. Это позволяет редактировать шаблоны поведения с минимальными затратами, включая и выключая отдельные части поведения путем задания весовых коэффициентов. В качестве источника данных о весовых коэффи-

циентах может выступать как гейм-дизайнер, редактирующий HeBT, так и как другое дерево поведения, что позволяет строить сложные композиции с простым внешним управлением.

В рамках данной работы был создан прототип системы управления персонажами в двумерном пространстве на основе HeBT в виде компонента для Unity.

Литература

1. Lim, C.U., Baumgarten, R., Colton, S. Evolving behaviour trees for the commercial game DEFCON // Applications of Evolutionary Computation Springer Berlin Heidelberg, 2010. P. 100–110.
2. Плагин Behavior Designer для Unity 3D <https://assetstore.unity.com/packages/tools/visual-scripting/behavior-designer-behavior-trees-for-everyone-15277>.
3. Ocio Barriales S. Adapting AI Behaviors To Players in Driver San Francisco: Hinted-Execution Behavior Trees // Conference: Eighth Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment Conference (AIIDE 2012). 10.13140/2.1.3755.3608.

ФОРМИРОВАНИЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ ITO/TiO₂ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

**Саенко А.В., Малюков С.П., Гончаров Е.В., Подгайний Н.В.,
Купченко Г.В.**
*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Таганрог*
E-mail: avsaenko@sfnedu.ru

В настоящее время наиболее широко исследуемыми являются солнечные элементы на основе перовскитов, поскольку они обладают высокими фотоэлектрическими параметрами, в частности эффективность достигает 22,1 %, а их технология изготовления не требует энергоемких и сложных технологических процессов. Несмотря на впечатляющий прогресс данных солнечных элементов, их коммерциализация по-прежнему требует решения нескольких проблем, включая стабильность при воздействии света, влажности и высокой температуры, а также усовершенствование процессов производства и оптимизации конструкции [1].

Важную роль в конструкции солнечного элемента играют зарядо-транспортные слои, повышающие эффективный сбор электронов и дырок на соответствующих электродах [2, 3]. Наиболее распространенной для сбора электронов в перовскитном солнечном элементе является гетероструктура ITO/TiO₂ на стеклянной подложке, формирование которой с низким содержанием дефектов является довольно непростой задачей. Одной из главных причин снижения эффективности солнечных элементов являются потери фототока в объеме TiO₂ и на гетерогранице вследствие высокой концентрации центров рекомбинации. Кроме того, для удешевления производства солнечных элементов одним из основных факторов является снижение температуры технологического процесса. Таким образом, наиболее перспективным является метод магнетронного распыления выгодно отличающийся тем, что с его помощью удается быстро формировать однородные кристаллические пленки хорошего качества. Кроме того, метод магнетронного распыления не требует использования высоких температур для формирования наноразмерных пленок и позволяет использовать в качестве подложек различные материалы, в том числе гибкие подложки. В процессе магнетронного распыления возможно точное управление параметрами растущей пленки путем изменения мощности магнетрона и состава газовой смеси в камере [4].

В данной работе определены и исследованы режимы формирования гетероструктуры ITO/TiO₂ на стеклянных подложках методом магнетронного напыления для применения в перовскитных солнечных элементах.

Тонкие пленки ITO были получены на стеклянных подложках толщиной 1,5 мм при помощи DC магнетронного напыления на установке VSE-PVD-DESK-PRO из мишени ITO чистотой 99,99 % в атмосфере аргона. Расстояние между мишенью и подложками составляло около 10 см, камера до начала процесса осаждения откачивалась до давления $1 \cdot 10^{-5}$ мбар, во время плазменного разряда давление составляло $2 \cdot 10^{-3}$ мбар. Все образцы осаждались при мощности плазменного разряда 300 Вт без подогрева подложек в течение 5 мин.

Тонкие пленки TiO₂ были получены на ITO-стеклянных подложках при помощи RF магнетронного напыления на установке VSE-PVD-DESK-PRO из мишени TiO₂ чистотой 99,99 % в атмосфере аргона. Расстояние между мишенью и подложками составляло около 10 см, камера до начала процесса осаждения откачивалась до давления $1 \cdot 10^{-5}$ мбар, во время плазменного разряда давление составляло $6 \cdot 10^{-3}$ мбар. Все образцы осаждались при мощности плазменного разряда 150 Вт без подогрева подложек в течение 1 мин.

Исследование толщины пленок ITO и TiO₂ осуществлялось методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на микроскопе Nova Nano-lab 600.

На рис. 1 представлены РЭМ-изображения толщины пленок ITO и TiO₂, которая составила примерно 500 нм и 100 нм соответственно.

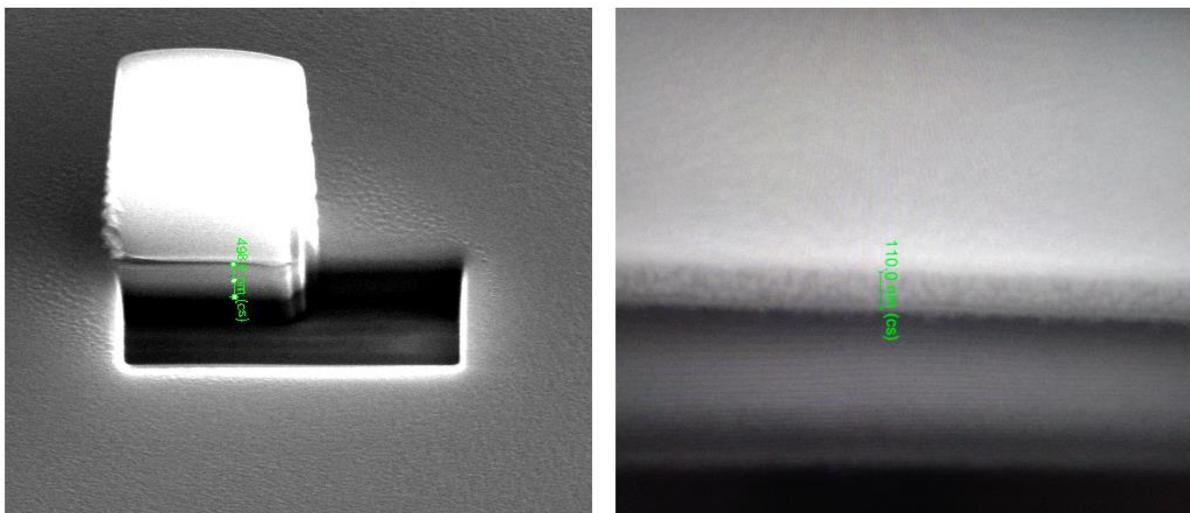


Рис. 1. РЭМ-изображения толщины пленки ITO и TiO₂

Сформированы гетероструктуры ITO/TiO₂ на стеклянных подложках методом DC и RF магнетронного напыления. Получено, что пленка ITO при мощности плазменного разряда 300 Вт, давлении в камере $2 \cdot 10^{-3}$ мбар и времени напыления 5 мин формируется толщиной порядка 500 нм, а пленка TiO₂ при мощности плазменного разряда 150 Вт, давлении в камере $6 \cdot 10^{-3}$ мбар и времени напыления 1 мин формируется толщиной порядка

100 нм, что необходимо для создания перовскитных солнечных элементов с эффективностью 20–25 %.

Литература

1. Jung H.S., Park N.G. Perovskite solar cells: from materials to devices // *Small*. 2015. Vol. 11, P. 10–25.
2. Kim H., Lim K.-G., Lee T.-W. Planar heterojunction organometal halide perovskite solar cells: roles of interfacial layers // *Energy Environ. Sci.* 2016. Vol. 9. P. 12–30.
3. Агликов А.С., Кудряшов Д.А., Можаров А.М., Макаров С.В., Большаков А.Д., Мухин И.С.. Особенности магнетронного напыления тонких пленок оксида никеля для применения в составе перовскитных солнечных элементов. *Журнал технической физики*, 2019. Т. 89, вып. 3, С. 460–464.
4. Якобсон О.Д., Грибкова О.Л., Тамеев А.Р., Тербуков Е.И. Перовскитный солнечный элемент с дырочным транспортным слоем на основе комплекса полианилина. // *Письма в ЖТФ*. 2019. Т. 45, вып. 16. С. 3–5.

ФОРМИРОВАНИЕ ТОНКИХ ПЛЕНОК TiO_2 МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В МЕМРИСТОРНЫХ СТРУКТУРАХ

Саенко А.В., Малюков С.П., Гончаров Е.В., Подгайний Н.В.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Таганрог
E-mail: avsaenko@sfnu.ru

В последнее время спрос на более быстрые, недорогие и эффективные устройства обработки информации продолжает расти с высокой скоростью. Большинство усилий в данной области направлено на использование мемристорных структур для реализации высокоскоростных процессоров с низким энергопотреблением и разработку энергонезависимой памяти и твердотельных накопителей, поскольку мемристоры могут сохранять данные в режиме отключения питания [1].

Диоксид титана (TiO_2) является одним из наиболее подходящих материалов, используемых при разработке мемристоров для различных областей применения, включая фотокатализ, память, вычислительная техника и биосенсоры. TiO_2 привлекает внимание исследователей благодаря своей высокой диэлектрической проницаемости ($\sim 86 - 170$), широкой запрещенной зоне ($\sim 3,2$ эВ) и быстрому резистивному переключению [1, 2].

Пленки TiO_2 наносятся с использованием золь-гель метода, химического осаждения из паровой фазы и распыления. Наиболее совершенные оксидные пленки до сих пор получают с помощью дорогостоящего оборудования – на установках газофазной эпитаксии из металлоорганических соединений. Однако появляется все больше публикаций [3, 4], где исследуются процессы формирования оксидных материалов более доступными способами, в частности магнетронным распылением. Высокочастотное (ВЧ) магнетронное распыление является наиболее привлекательным в силу таких его особенностей, как использование в качестве мишени оксида металла, высокой скорости осаждения и контролируемости состава пленок путем изменения мощности магнетрона и состава газовой смеси в камере.

В данной работе проведено исследование толщины пленок TiO_2 на стеклянных подложках от времени ВЧ магнетронного напыления для применения в мемристорных структурах.

Тонкие пленки TiO_2 были получены на стеклянных подложках толщиной 1,5 мм при помощи ВЧ магнетронного напыления на установке VSE-PVD-DESK-PRO из мишени TiO_2 чистотой 99,99 % в атмосфере аргона. Расстояние между мишенью и подложками составляло около 100 мм, камера до начала процесса осаждения откачивалась до давления $1 \cdot 10^{-5}$ мбар, во время плазменного разряда давление составляло $6 \cdot 10^{-3}$ мбар. Все

образцы осаждались при мощности плазменного разряда 150 Вт без подогрева подложек в течение 1 мин, 2 мин и 3 мин. Исследование толщины пленок TiO_2 осуществлялось методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) на микроскопе Nova Nanolab 600.

На рис. 1 представлены РЭМ-изображения толщины пленки TiO_2 при напылении в течение 2 мин и 3 мин.

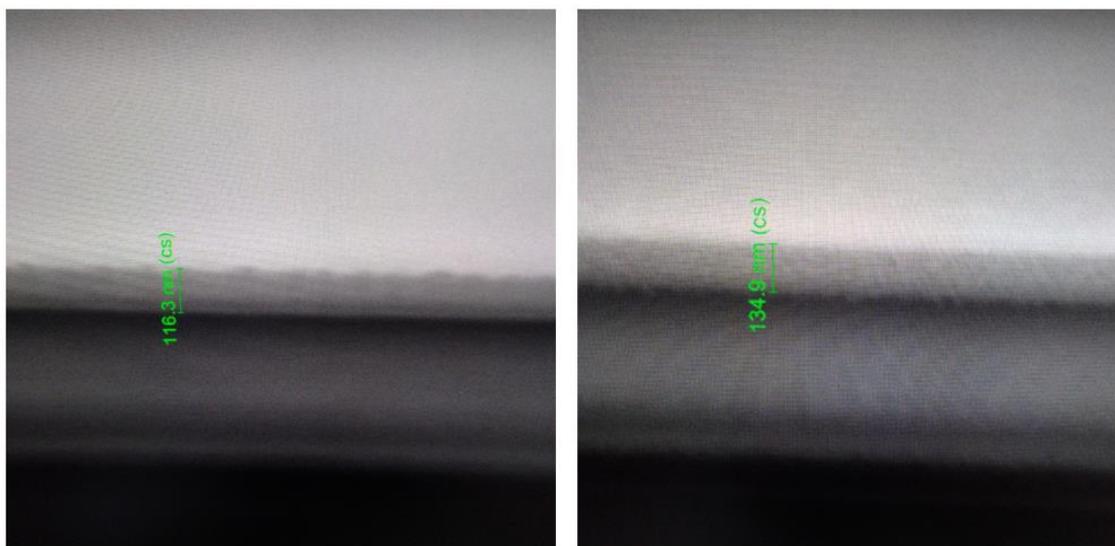


Рис.1. РЭМ-изображения толщины пленки TiO_2 при напылении в течение 2 мин и 3 мин

На основе полученных экспериментальных данных была построена зависимость толщины плёнки TiO_2 от времени ВЧ магнетронного напыления (рис. 2).

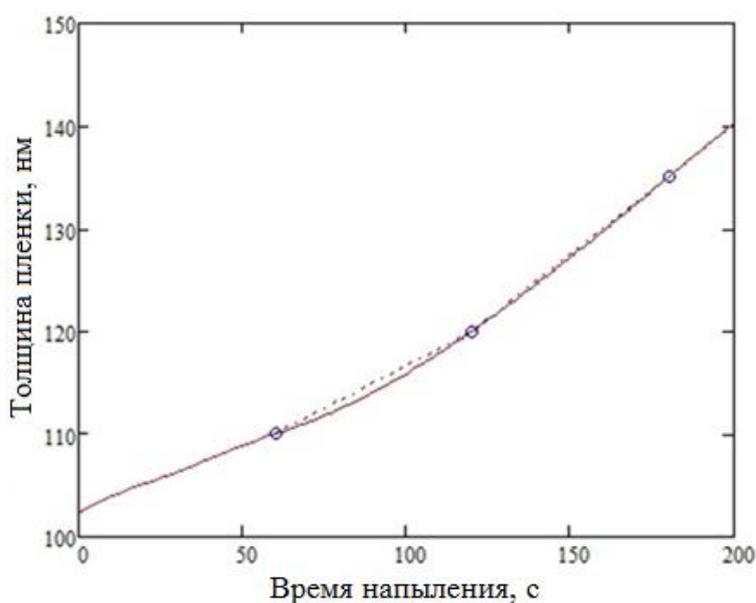


Рис. 2. Зависимость толщины плёнки TiO_2 от времени напыления

Получены пленки TiO_2 на стеклянной подложке методом ВЧ магнетронного напыления. Установлено, что при мощности плазменного разряда 150 Вт, давлении в камере $6 \cdot 10^{-3}$ мбар и времени напыления 1 – 3 мин формируется пленка TiO_2 толщиной 110 – 135 нм, которая необходима для создания мемристорных структур на основе TiO_2 .

Литература

1. Tripathi S.K., Ramneek Kaur, Harpreet Kaur, Mamta Rani, Jagdish Kaur, and Harmandeep Kaur. Fabrication and electrical characterization of memristor with TiO_2 as an active layer. Proceedings of the International Conference on Condensed Matter Physics 2014 (ICCMP 2014). AIP Conf. Proc. Vol. 1661, 110027-1.
2. Nor Shahanim Mohamad Hadis, Asrulnizam Abd Manaf, Sukreen Hana Herman. Comparison on TiO_2 thin film deposition method for fluidic based glucose memristor sensor. // 2015 IEEE International Circuits and Systems Symposium (ICSSyS). P. 36–39.
3. Золотухин Д.Б., Бурдовицин В.А., Тюньков А.В., Юшков Ю.Г., Окс Е.М., Голосов Д.А., Завадский С.М. Реактивные методы осаждения пленок оксидов титана (обзор). // Успехи прикладной физики. 2017. Т. 5, № 5. С. 442–452.
4. Калыгина В.М., Новиков В.А., Петрова Ю.С., Толбанов О.П., Черников Е.В., Цупий С.Ю., Яскевич Т.М. Свойства пленок TiO_2 на кремниевых подложках. // Физика и техника полупроводников. 2014. Т. 48, вып. 6. С. 759–762.

ПРОГРАММНЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ОТКРЫТОГО МИРА В ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Садовский В.С.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: sadovsky@sfedu.ru

В работе рассматриваются современные системы взаимодействия с виртуальной реальностью и то, как они отвечают ее требованиям.

В частности, подробно изучена проблема построения открытого мира, потенциально не ограниченного техническими средствами и свободным пространством. Для этого введем в рассмотрение неевклидовую геометрию как основу для системы перемещения пользователя в виртуальном пространстве. Подобные системы уже используются в индустрии видеоигр, но пока серьезно не используются в приложениях для виртуальной реальности.

На основе изученной информации были разработаны два подхода к построению приложений на основе неевклидовой геометрии для систем виртуальной реальности, которые используют технологию отслеживания положения человека в пространстве и которые не имеют такой технологии соответственно.

В первом случае возможно создать бесконечный мир, по которому пользователь в худшем случае будет ходить кругами, но за счет дезориентации не должен это заметить, а в другом случае неевклидова геометрия позволяет расширить виртуальное пространство минимум в два раза.

Было создано приложение на Gear VR с помощью Unreal Engine на основе второй концепции. При разработке был использован смешанный стиль программирования, который позволяет использовать движок. Быстрая логика была написана на Blueprint (системе визуального программирования), а низкоуровневая на C++ (борьба с обрезанием кадра).

Портальная система изначально была разделена на два архетипа: два и четыре связанных портала соответственно. В первом случае порталы представляют собой некий туннель, где оба портала работают на вход и выход. В четверках же порталов они четко делятся на два типа: порталы входа и выхода. Это происходит из-за того, что четверки порталов используются для иллюзии сжимания и разжимания пространства и есть необходимость менять их свойства для корректного отображения портала, на который мы смотрим через портал входа (фиксируем камеру на начале этой иллюзии). В приложении на Gear VR от этого пришлось отказаться, потому что поддержка одного видимого портала забирает 15–20 кадров в секунду при стандартных для этой системы 60 кадров. Для VR это неприемлемо.

Сам же портал представляет собой плоскость, на которую проецируется некоторая плоскость отсечения, проще говоря, картинка со сторонней камеры. Но это происходит каждый кадр, что критично для мобильного VR, а так же происходит отрисовка всех видимых с его помощью объектов, что не позволяет движку их оптимизировать и следовательно негативно сказывается на частоте кадров.

Дальше пришлось сильно оптимизировать проект, потому что специфика мобильного VR сильно ограничивает спектр возможностей для разработки. В частности, была проблема с материалами, потому что большинство телефонов поддерживают стандарт SM2 (двуслойные материалы), но на телефонах совместимых с Gear VR есть поддержка SM3.1, тем не менее это сильно повлияло на выбор материалов для проекта, и на материал для порталной системы (он был разбит на два, чтобы сэкономить один уровень). Со светом тоже была беда, нормально работает только направленный свет, от объёмного света возникали артефакты на тенях, а динамический свет очень сильно бьет по производительности. Пришлось расставлять свет вручную и запекать тени. А также изначально была идея собирать шейдеры на устройстве, а не в облаке, но это оказалось не целесообразно (через android debug bridge было видно, что они каждый раз собираются заново).

В итоге после огромного числа оптимизаций, все же удалось собрать небольшое приложение, которое демонстрирует механику взаимодействия сразу с двумя пространствами посредством порталной системы.

Благодаря построению приложения, основанного на второй концепции с использованием Unreal Engine, были получены результаты, на основании которых можно говорить о возможности применения рассмотренных в данной работе стратегий построения открытого мира в виртуальной реальности с использованием неевклидовой геометрии.

Литература

1. Макеффри М. Unreal Engine VR для разработчиков, “БОМБОРА”, 2019.
2. Куксон А., Даулингсока Р., Крамплер К. Разработка игр на Unreal Engine 4 за 24 часа, “БОМБОРА”, 2019.
3. Ko S.-H., Lin Y.-C., Lai H.-S., Lee W.-C., Yang D.-N. On VR Spatial Query for Dual Entangled Worlds. CIKM, 2019.

ПОЗИТИВНЫЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Серебряная Д.С.

*Южно-Российский Институт Управления – филиал Российской Академии Народного Хозяйства и Государственной службы при Президенте Российской Федерации,
г. Ростов-на-Дону*

E-mail: darya.serebryanaya@mail.ru

Развитие цифровых технологий, возрастание тенденции к автоматизации и роботизации производства, формирование экономики знаний дает толчок в развитии цифровой экономики. Вместе с этим происходит формирование современной, новой модели понимания каждого человека как индивидуума, обладающего собственными талантами и вместе с этим восприятие всех трудовых ресурсов как человеческого капитала. Так, можно судить о том, что дальнейшие масштабные перемены в экономике напрямую зависят от прогресса в сфере развития цифровых технологий.

Выступая в качестве самого чувствительного сегмента рынка в нынешней обстановке, рынок труда создает себе замену в виде роботов и автоматизации многих процессов с помощью компьютерного обеспечения, тем самым «убивая» привычные профессии. По словам Престона Макафи, являющегося вице-президентом Microsoft, «Человеческий капитал составляет 50% ценности в корпорациях. Мы думаем, что революция касается вещей, но на самом деле, она касается людей» [1].

В соответствии с определением Г. Беккера, человеческий капитал является совокупностью врожденных способностей и приобретенных знаний, навыков и мотиваций, эффективное использование которых способствует увеличению дохода и иных благ [2]. С другой стороны, человеческий капитал – это накопленные в стране затраты на воспроизводство рабочей силы независимо от источника их покрытия. Эти затраты являются инвестициями в способности людей к труду, поддержание жизни, здоровья и т.д. [3, 4].

В настоящей работе рассмотрены основные плюсы автоматизации труда по мнению простых граждан («обывателей»), экспертов Европейского банка реконструкции и развития (ЕБРР, занимается инвестированием проектов, способствующих переходу к открытой рыночной экономике и развитию частной предпринимательской деятельности), Глобального института McKinsey (MGI, помогает руководителям бизнеса и государства разобраться в проблемах и механизмах функционирования мировой экономики, предоставляет фактические данные, способствующие принятию важнейших решений в области управления и государственной политики) и

PricewaterhouseCoopers (PwC, международная сеть компаний, предлагающих услуги в области консалтинга и аудита) (табл. 1).

Таблица 1 – Позитивный взгляд на автоматизацию труда

Вопрос	Мнение экспертов			
	Обыватели	ЕБРР	MGI	PwC
Первое впечатление	Мы будем отдыхать, а «машины» на нас работать	Производство станет максимально эффективным, повысится производительность и качество продукции, снизятся затраты		
Новые рабочие профессии	Огромная масса высвобождаемых специалистов сможет найти себя в творческих профессиях, получить новые знания	В ближайшие 30 лет будут развиваться уже существующие технологии: роботы, беспилотные летательные аппараты, виртуальная реальность и т. п.	Рост доходов и потребления создаст к 2030 г. 300–365 млн. новых рабочих мест в сфере развлечений и досуга, финансов и телекоммуникаций, здравоохранения, образования; еще 80–130 млн. новых мест появится для обслуживания растущего числа пенсионеров. В 2014 г. вышел Атлас новых профессий (их 186). Разработчики считают, что в новой редакции будет уже 400 профессий (биоэтик, сити-фермер, эко-проповедник,	Из-за роста спроса на энергию и воду будут созданы новые рабочие места в производстве альтернативной энергии, переработке мусора и использовании вторичных ресурсов

			технолог по рециклингу летательных аппаратов, менеджер космотуризма, проектировщик нейроинтерфейсов для управления роботами, разработчик образовательных траекторий и проч.). Останутся нетронутыми управленцы, эксперты-аналитики, социальные сотрудники, люди, ухаживающие за детьми и престарелыми	
Условия труда	Сейчас миллионы людей идут на работу, получают зарплату, премии, фиксированный отпуск. Уравниловки не будет - будет гибкая занятость. Полную занятость заменят частичной (студенты, молодые мамы, и проч.). Работники смогут	Работодатели сэкономят на фрилансерах до 60% фонда оплаты труда. Уже через 15–20 лет в отраслях с проектным принципом 70% работы будут выполнять фрилансеры, а постоянный персонал составит	В течение 5–7 лет будут отлажены технологии виртуальной реальности для бизнеса. В настоящее время 30–80% времени топ-менеджеров уходит на организационные вопросы и закупки, в дальнейшем они будут тратить время на про-	Основная доля бизнес-функций, будет выведена на аутсорсинг: бухгалтерия, IT, юристы, закупки, анализ данных и проч.

	ездить по всему миру	10–15% от нынешнего.	даже, разработку стратегии продвижения новых продуктов. Технологии перестанут работать с физическими объектами – они будут взаимодействовать с цифровыми двойниками	
Подборка кадров и образование	Подбор кадров станет гибким. Расцвет экспертных онлайн-платформ с десятками тысяч экспертов, среди которых можно будет найти любого специалиста	С помощью искусственного интеллекта компании будут активно использовать различные модели оценки кандидатов, а мониторинг эмоционального состояния сотрудника с помощью искусственного интеллекта станет обычным делом	Изменится система обучения. Человек будет отвечать за стратегию, дизайн обучения, а само обучение будет проводить машина в режиме онлайн	Резко вырастет спрос на онлайн-образование. Образование будет непрерывным. А деньги будут иметь меньшее значение, чем в настоящее время. Большую роль будут играть услуги и качественные продукты питания

Анализ мнений экспертов и обывателей по вопросу автоматизации труда и «цифровизация» многих трудовых функций показал следующее: к положительным последствиям можно отнести рост предпринимательской деятельности, новые формы обучения и занятости, повышение трудовой

мобильности, усиление общей социальной активности населения трудоспособных возрастов. Это положительно отразится на развитии большинства отраслей народного хозяйства, благосостоянии граждан, ощущении социального благополучия.

Новые профессии, безоговорочно, будут связаны с робототехникой и управлением ею. Но какой бы умной ни была машина, она требует контроля и обслуживания. Человек по своей природе все равно останется главным звеном в цифровой экономике, поскольку только он способен поддерживать и развивать цифровые процессы.

Литература

1. Роль человеческого капитала в формировании цифровой экономики // ТАСС. 03.06.2017. URL: <http://tass.ru/pmef-2017/articles/4309767>.
2. Schultz T. Investment in Human Capital. New York, 1971.
3. Becker G.S. Human Capital. New York: Columbia University Press, 1964.
4. Петрова Ю. Рынок труда – 2039 // 26.02.2020. Режим доступа: [<https://www.vedomosti.ru/career/articles/2020/02/26/823875-rinok-truda-2039>].
5. Серебряная Д.С. Особенности применения информационных технологий при обучении бакалавров направления 38.03.04 // Инновационные технологии в науке и образовании «ИТНО-2019»: Сборник трудов VII Междунар. науч.-практич. конф., Дивноморское, 4–14 сентября 2019 г. Ростов-на-Дону. ДГТУ-Принт, 2019. С. 127–129.

МОДИФИКАЦИЯ МЕТОДА ГАУССОВА ИСКЛЮЧЕНИЯ ДЛЯ РАЗРЕЖЕННЫХ СИСТЕМ: МОДЕЛИ УПРУГИХ СРЕД

Смагличенко Т.А.¹, Смагличенко А.В.²

¹ ИПНГ РАН «Институт проблем нефти и газа»,
г. Москва

² ИПУ РАН «Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова»,
г. Москва

E-mail: tasmaglichr@gmail.com, losaeylin@gmail.com

В классической теории изучение свойств, поведения активных материалов, идентификации их в сплошной среде требуют формализации, связанной с определёнными функциями и уравнениями различного рода. Существующие пути решения предполагают начальные шаги, которые разделяются на типы параметризации. Это может быть параметризация функций путём приближения её производных на сетке различного размера, это также может быть и параметризация среды путём разбиения её на блоки, ячейки с последующим нахождением значений искомой функции в узлах или внутри сетки как решение систем алгебраических уравнений.

Не всегда сложный процесс удаётся описать уравнениями. В некоторых случаях моделирование проводится с помощью клеточного автомата, работающего на регулярной решётке ячеек [1]. В бесконечных абстрактных автоматах переход текущей структуры в последующую может быть описан с помощью локальной функции, которая допускает приближение полиномами. И тогда, так же как и в классической теории, не избежать решения систем алгебраических уравнений [2].

Так или иначе, исследователь находится в рамках ограничений как натурального, так и вычислительного эксперимента. Если мы рассматриваем дефектоскопию упругих сред в металлургии, трудно найти компромисс между задаваемой сеткой среды и характеристиками акустической аппаратуры, чтобы получить хорошую заполненность матрицы ненулевыми элементами и выявить особенности возможной трещины. В задачах электрического зондирования проблемы сильной разреженности матриц могут быть связаны с неравномерным распределением электропроводности, которую не всегда отражает размер сетки. Модификация метода Гауссова исключения была разработана Смагличенко Т.А. [3] при решении разреженной системы, которая появилась при работе с экспериментальными данными сейсмических событий малых магнитуд, часто кластерно (то есть «гроздьями») распределяемых природой в упругом подземном пространстве. Это означает, что приёмник сейсмической информации, расположенный на поверхности, может зарегистрировать сигнал, идущий с од-

ного определённого направления. Другое направление даёт следующий кластер, а незаполненная сейсмическими лучами среда между кластерами создаёт блоки нулевых значений матрицы системы, что способствует её разреженности.

Актуальность решения разреженных систем бесспорна, Достаточно вспомнить широкий класс сеточных уравнений, являющихся результатом аппроксимаций интегральных и дифференциальных уравнений, приводящих к работе с трёхдиагональными матрицами простого и сложного вида. Иногда подобные ленточные матрицы могут появиться не только как следствие параметризации функций, что является её идеализацией, но и при проведении вычислительного эксперимента с реальной средой. Примером может быть численное моделирование нефтяных резервуаров, когда под воздействием давления, поданного в точках вдоль линии, меняются характеристики насыщения клеток среды жидкостью [4]. Синтетические модели позволяют потом перейти к реальным процессам нефтегазодобычи. Другой вид моделирования резервуаров может быть при использовании «мирных» данных, когда в качестве наблюдений используются вступления от локальных сейсмических событий, имевших место в течение нескольких лет в районах, включающих площадки добычи. Рис. 1 иллюстрирует такую матрицу для синтетической модели газового резервуара, состоящего из каналов газа и воды, а также материалов, соответствующих вмещающим породам [5].

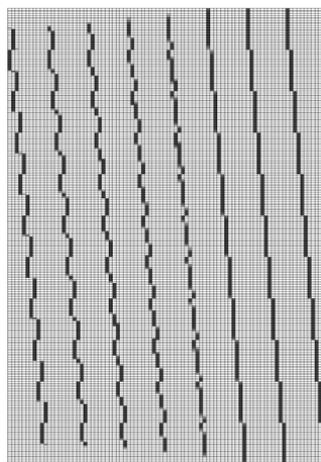


Рис. 1. Матрица системы линейных уравнений для синтетической модели газового резервуара [5]

Разреженность матрицы, малые значения её диагональных элементов могут способствовать её сингулярности, то есть вырожденности. Системы с такими матрицами часто несовместны и плохо обусловлены. Чтобы смягчить или даже полностью преодолеть эти проблемы, модификация

метода исключения Гаусса работает, выбирая максимально заполненные подсистемы, настраиваясь на обработку ненулевых элементов матриц меньшего размера.

Идея обработки только ненулевых элементов разреженных систем применялась математиками в начале 80-х годов, когда с помощью перестановки строк матрицы достигалась форма её блоков, которые можно было решать обычной процедурой Гауссова исключения [6]. Однако предложенный подход кардинально отличается от любого известного в математике способа решения путём деления матрицы на блоки. Согласно новому подходу решения подсистем, составляющих основную систему, сравниваются между собой, выстраиваясь в некоторую числовую последовательность. После сопоставления полученных значений для одной и той же компоненты неизвестного вектора принимается решение о последующем исключении этой неизвестной из исходной системы.

В настоящем докладе мы анализируем результаты двух методов: 1) модификации Гауссова исключения [7] и 2) метода двойных разностей [8], в основу которого положена инверсия данных, путём применения традиционного алгоритма LSQR [9], разработанного математиками Пейджем (университет Макгилла, Канада) и Саундерсом (Стэнфордский университет, США), применяемого во многих прикладных областях для решения больших и разреженных систем. Оба метода были задействованы для обработки одного и того же набора данных, локальных сейсмических событий, зарегистрированных в зоне разлома Нагано, Япония, за несколько лет до того, как произошло известное трагическое цунами 2011 г. Исследование было поддержано в 2006 г. Национальным институтом для предотвращения катастроф, Япония.

Новый метод определил явное занижение прохождения скорости сейсмической волны через плоскость разлома, геометрическое положение которой было получено по независимым геологическим данным других исследований. Это означало, что разлом предположительно заполнен флюидом и является подвижным. Рис. 2 (справа) показывает низкоскоростную аномалию (белый цвет) вдоль проекции разлома (сплошная линия).

Рис. 2 (слева) соответствует результату LSQR технологии, иллюстрируемого в одной и той же YOZ –секции изученного объёма упругой среды, и как было сказано выше, полученного при равных условиях проведённого эксперимента для справедливого сравнения двух различных методов. Можно видеть, что общепринятый метод проявил высокоскоростную аномалию вдоль той же проекции линии разлома, что позволяет сделать предположение о том, что разлом заполнен плотным материалом и, таким образом, «залечен».

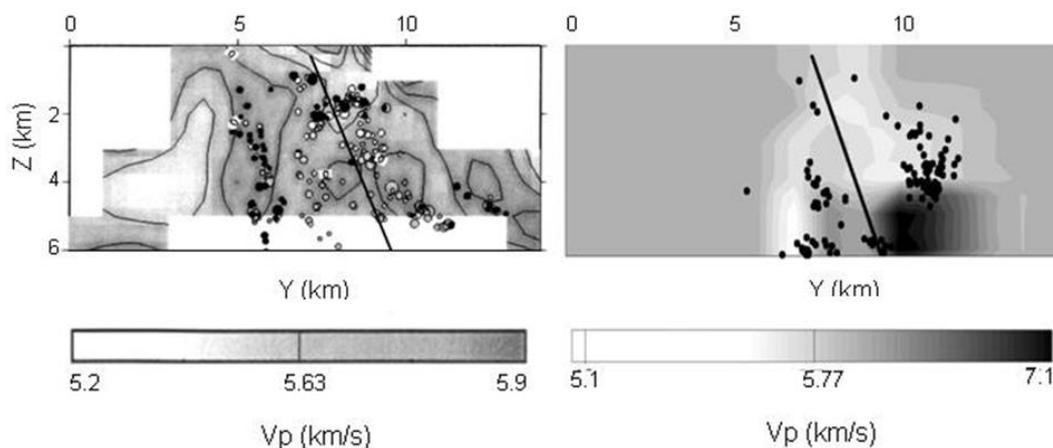


Рис. 2. Состояние разлома: «залечен» (результат LSQR слева), активен (результат разработанной модификации метода Гауссова исключения справа) [7]

Известно, что после цунами 11 марта 2011 г., вызванного Тихоокеанским землетрясением ($M = 9.0 - 9.1$) в тот же день произошло два землетрясения ($M = 6.2$; $M = 5.5$), которые связывают с активностью разлома Нагано.

Работа выполнена в рамках тем НИР № АААА-А19-119013190038-2, № 10.331-17.

Литература

1. Wolfram S. Statistical Mechanics of Cellular Automata // Reviews of Modern Physics. 1983. Vol. 55, N 3. P. 601–644.
2. Аладьев В.З. Классические однородные структуры. Клеточные автоматы. Изд. Fultus Books, 2009. 535 с.
3. Smaglichenko, T.A. Modification of Gaussian elimination for the Complex System of Seismic Observations // Complex systems journal founded by Stephen Wolfram, Complex systems Publications, Inc.USA. 2012. Vol. 20, Is. 3. P. 229–241.
4. Thurnau D.H. Algorithm 195~Bandsolve // Communications of the ACM. 1963. Vol. 6, N 8. P. 441.
5. Смагличенко А.В., Саянкина М.К. Структурный алгоритм для многоленточных матриц, возникающих в задаче сейсморазведки. Сеточные методы для краевых задач и приложения. // Материалы Десятой Международной конференции. Казань: Казанский университет, 2014. С. 536–541.
6. Price H.S., Coats K.H. Direct Methods in Reservoir Simulation. // 34d SPE Symposium on Numerical of Reservoir Performance, Houston, Texas. 1973. P. 4278.

7. Smaglichenko T.A., Horiuchi S., Takai K.A differentiated approach to the seismic tomography problem: Method, testing and application to the Western Nagano fault area (Japan) // International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation, Elsevier Publisher. 2012. Vol. 16. P. 27–41.
8. Zhang, H., Thurber, C.H. Double-difference tomography: the method and its application to the Hayward Fault. California // Bull. Seism. Soc. Am. 2003. Vol. 93, N 5. P. 1875–1889.
9. Paige, C.C., Saunders, M.A. LSQR: an algorithm for sparse linear equations and sparse least squares // ACM Trans. Math. Soft. 1982. Vol. 8. P. 43–71, 195–209.

АВТОМАТИЗАЦИЯ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ХОПФИЛДА

Соколов М.И., Чердынцева М.И.

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

E-mail: mihsokolov@sfedu.ru

Проект "Расписание мехмата ЮФУ" был создан в 2017 году с целью упрощения пользования расписанием студентов и преподавателей мехмата ЮФУ, в том числе с использованием удаленного доступа в сети Интернет. Однако, в процессе анализа существующих характеристик проекта были выявлены некоторые недостатки и возможности для совершенствования данного программного продукта. В частности, отсутствует возможность автоматического построения расписания [1].

Данную проблему пытались решить с помощью "жадного алгоритма", исходя из расчетов сетки напряженности по пожеланиям преподавателей. К сожалению, данный подход хотя и генерировал расписание, но не обеспечивал достаточную степень удовлетворенности преподавателей, и удобство пользования. Пока лучший результат дали генетические алгоритмы и их вариации (эмуляция отжига и т.д.) [2].

Поэтому мы решили изучить возможность применения для решения этой задачи нейронной сети Хопфилда. Как показал обзор специальных литературных источников, прецеденты решения данной задачи этими средствами имелись [2, 3]. По сравнению с обычными нейросетями, данный тип нейронных сетей быстро обучается, а основные ограничения расписания могут быть выражены математически, что является привлекательным вследствие недоступности датасетов для тренировки классических нейронных сетей.

Нейронная сеть Хопфилда – полносвязная нейронная сеть, причем каждый ее нейрон является одновременно входным и выходным. В процессе работы она сходится к одному из положений равновесия, которые задаются в процессе обучения. Типичными применениями такой сети являются фильтрация и восстановление запомненных образов.

Нейронная сеть Хопфилда является однослойной сетью, а также биполярной, так как каждый из нейронов на выходе способен принимать только значения вида 0 и 1 [2].

Из преимуществ нейронной сети хотелось бы отметить легкость создания и отслеживания работы, а также скорость обучения, так как оно происходит за одну эпоху. Из недостатков же можно отметить требование к большому количеству нейронов, что влечет за собой большую вычислительную стоимость и высокие требования к памяти.

В рамках данного доклада мы будем рассматривать только 2 основополагающих ограничения: 1) В единый момент времени группа может присутствовать не более чем в одной аудитории, равно как и учитель. 2) В единый момент в аудитории может находиться не более чем 1 группа и 1 преподаватель [3].

На вход подаются четыре множества – G(группы), C(classrooms), L(lecturer) и T(timetable) и матрица R, где $R[i,j,k]$ - количество раз, когда преподаватель k проводит занятие в аудитории j у группы i.

Запишем эти условия в виде математических выражений:

$$\begin{aligned} \text{а) } \sum_{t=1}^T Result_{ijk} &= R_{ijk} \\ \text{б) } \sum_{j=1}^C \sum_{k=1}^L Result_{ijkt} &\leq 1 \\ \text{в) } \sum_{i=1}^G \sum_{k=1}^L Result_{ijkt} &\leq 1 \\ \text{г) } \sum_{j=1}^C \sum_{i=1}^G Result_{ijkt} &\leq 1 \end{aligned}$$

Исходя из выражений а, б, в и г, мы можем сформулировать функцию энергии сети [2, 4].

$$\begin{aligned} E = & \frac{\alpha}{2} \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^v \left(\sum_{l=1}^p x_{ijkl} - R_{ijk} \right)^2 + \frac{\beta}{2} \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^v \sum_{l=1}^p \sum_{\substack{j'=1 \\ j' \neq j}}^t \sum_{\substack{k'=1 \\ k' \neq k}}^v x_{ijkl} x_{ij'k'l} \\ & + \frac{\chi}{2} \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^v \sum_{l=1}^p \sum_{\substack{i'=1 \\ i' \neq i}}^c \sum_{\substack{k'=1 \\ k' \neq k}}^v x_{ijkl} x_{i'jk'l} + \frac{\gamma}{2} \sum_{i=1}^c \sum_{j=1}^t \sum_{k=1}^v \sum_{l=1}^p \sum_{\substack{i'=1 \\ i' \neq i}}^c \sum_{\substack{j'=1 \\ j' \neq j}}^t x_{ijkl} x_{i'j'kl} \end{aligned}$$

Соответственно из данной функции можно сформировать матрицу весов, что позволит нам пропустить процесс обучения сети. Параметры $\alpha, \beta, \gamma, \chi$ – дополнительные множители для баланса функции.

В результате нами была создана программа для построения необходимой сети Хопфилда для генерации заданного расписания. Создание происходило на ЯП Python с использованием библиотеки numpy. На вход подаются четыре множества – G(группы), C(classrooms), L(lecturer) и T(timetable) и матрица R, где $R[i,j,k]$ – количество раз, когда преподаватель k проводит занятие в аудитории j у группы i. Соответственно допущение о том, что любая аудитория может принять любую группу можно не принимать. Система создает $G \times C \times L \times T$ нейронов и инициализирует матрицу весов следующим образом: На выходе соответственно получается таблица $G \times C \times L \times T$ заполненная 0 и 1, где 1 означает, что преподаватель занимается в аудитории j с группой i.

Продукт апробирован на расписании математической школы мехмата ЮФУ и затем на большей размерности – составлении расписания групп ФИИТ. Основная проблема при применении – генерация занимает достаточно большое количество времени (для 1 курса 3 групп ФИИТ – порядка 10 минут), потребляет около 1 Гб оперативной памяти.

1-й набор тестовых данных – создание модельного расписания компьютерной школы ФИИТ (3 группы, 4 аудитории, 4 преподавателя, 2 дня по 3 пары в каждом дне, размерность 3x4x4x6).

2-й набор тестовых данных – создание модельного расписания для данных с сайта OR-Library принадлежащего Imperial College London. [4] (6 групп, 6 аудиторий, 6 преподавателей, 4 дня по 5 пар в каждом, размерность 6x6x6x20).

3-й набор тестовых данных – создание модельного расписания 1 курса ФИИТ (3 группы, 22 аудитории, 20 преподавателей, 4 дня по 5 пар в каждом, размерность 3x22x20x20).

Среднее время после 100 прогонов.

Набор	1	2	3
Время, сек	5.67	51.5	361

Таким образом, можно сделать вывод, что данный способ допустим для сравнительно небольших объемов (параллель классов в школе), но для больших значений применим лишь в теории вследствие своеобразной конструкции сети Хопфилда, большого объема занимаемой памяти и большого количества вычислений. Тем не менее, возможна оптимизация (с помощью разреженных матриц) и использования языка C++ и специализированных библиотек для работы с матрицами.

Литература

1. Документация по программному проекту «Расписание мехмата ЮФУ». <http://gitlab.mmcs.sfedu.ru/it-lab/schedule> – дата последней проверки 02.03.20.
2. Kate A. Smith, David Abramson, David Duke, “Hopfield neural networks for timetabling: formulations, methods, and comparative results”, Computers & Industrial Engineering. 2003. Vol. 44, Issue 2. P. 283–305, February
3. Carrasco M.P., Pato M.V. A comparison of discrete and continuous neural network approaches to solve the class/teacher timetabling problem // European Journal of Operational Research. 2004. Vol. 153, Issue 1. P. 65–79.
4. Automatic Scheduling for schools Scalability of the hopfield neural networks Diego martínez marrodán <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-166589> (дата обращения 01.03.2020).

ПРИМЕНЕНИЕ САД/САЕ СИСТЕМ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ВЫПУСКНЫХ КВАЛИФИКАЦИОННЫХ РАБОТ

Соловьев А.Н.^{1,2}, Вислоусова И.Н.¹, Котов В.В.¹,
Лесняк О.Н.¹, Матросов А.А.¹, Нижник Д.А.¹

¹ ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический
университет», г. Ростов-на-Дону

² ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Ростов-на-Дону

E-mail: solovievarc@gmail.com

В настоящее время для студентов старших курсов бакалавриата по направлениям подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», профиль «Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры» и магистратуры 15.04.03 «Прикладная механика», профиль «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг» актуальным является выполнение расчетов на прочность, жесткость и устойчивость с применением «Системы автоматизированного проектирования». В Донском государственном техническом университете для этих целей используется несколько современных программ, таких как: ANSYS, КОМПАС-3D v16 (v17), Flex PDE [1] и другие [1–4].

Основной трудностью для студентов при проведении проектировочных расчетов является создание трехмерной модели рассматриваемого объекта и дальнейшее составление расчетной схемы.

В данной работе для проверочных расчетов, применяется система АРМ FEM, которая представляет собой интегрированный в КОМПАС-3D инструмент для подготовки и последующего конечно-элементного анализа трехмерной твердотельной модели (детали или сборки). Подготовка геометрической 3D-модели и задание материала осуществляется средствами системы КОМПАС-3D. С помощью АРМ FEM можно приложить нагрузки различных типов, указать граничные условия, создать конечно-элементную сетку и выполнить расчет. При этом процедура генерации конечных элементов проводится автоматически [5].

В конструкторской части выпускной квалификационной работы выполнен расчет привода пластинчатого конвейера зерносушилки «МИГ» [6], состоящего из электродвигателя, редуктора червячного, конической передачи и муфты.

Для этого определили силы, действующие на наиболее нагруженный вал, определили реакции в опорах и построили эпюры крутящего момента, изгибающих моментов в горизонтальной и вертикальной плоскостях, суммарного изгибающего момента и расчетного момента по третьей теории прочности (рис. 1).

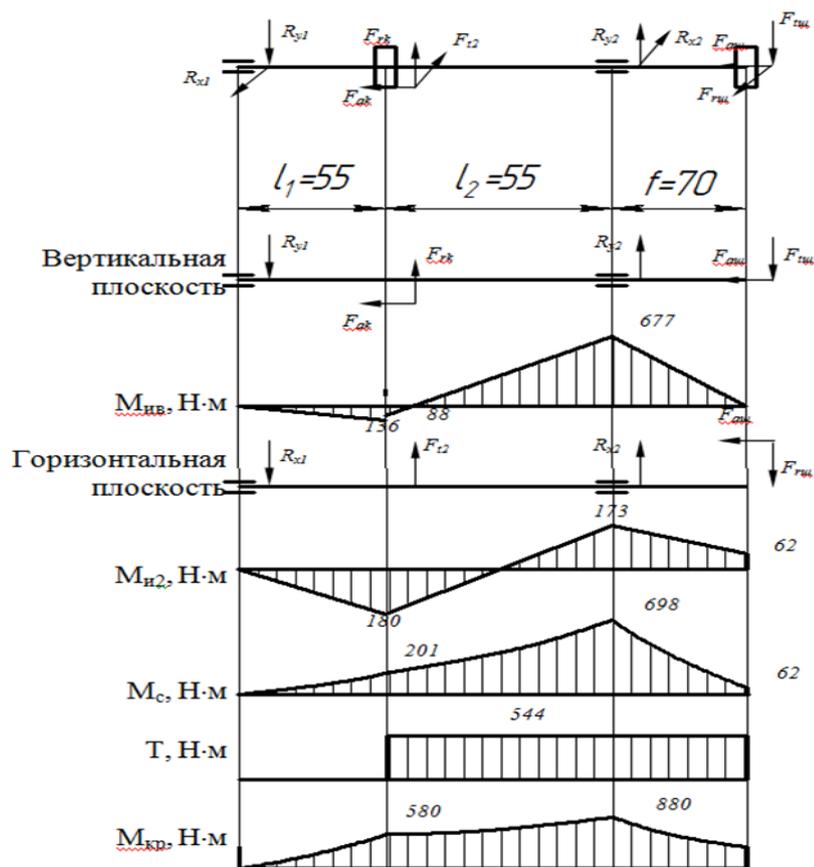


Рис. 1. Расчетная схема ступенчатого вала

Выполним анализ прочности ведомого вала червячного редуктора. Для этого генерируем в Компас 3D трехмерную модель ступенчатого вала, на который действуют силы со стороны червячного зацепления и конической передачи, разбиваем полученную модель на конечно-элементную сетку в ARMFEM (рис. 2) и выполняем статический расчет на прочность и жесткость [7].

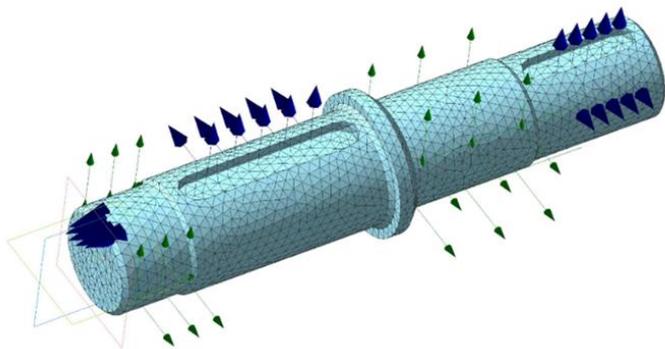


Рис. 2. Генерирование конечно-элементной сетки ступенчатого вала

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Эквивалентное напряжение по Мизесу	SVM [МПа]	0.111099	47.489385

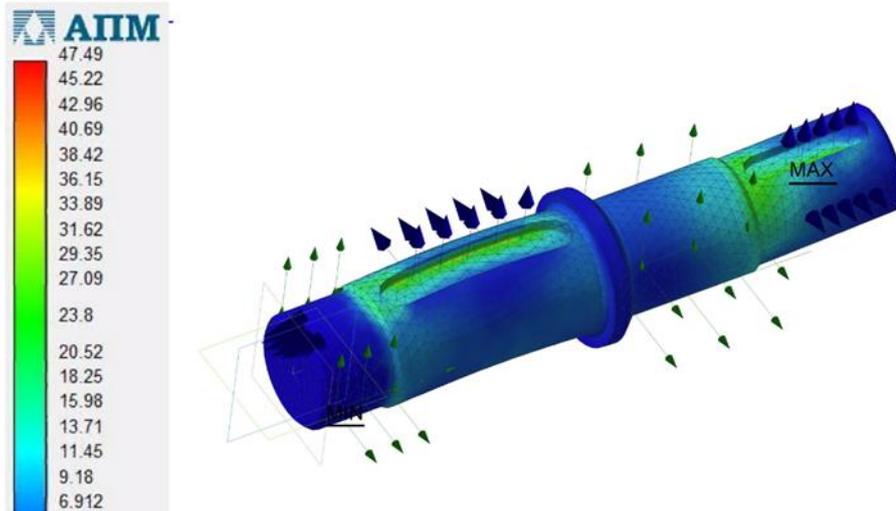


Рис. 3. Эпюра напряжений ступенчатого вала

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Суммарное линейное перемещение	USUM [мм]	0	0.013949

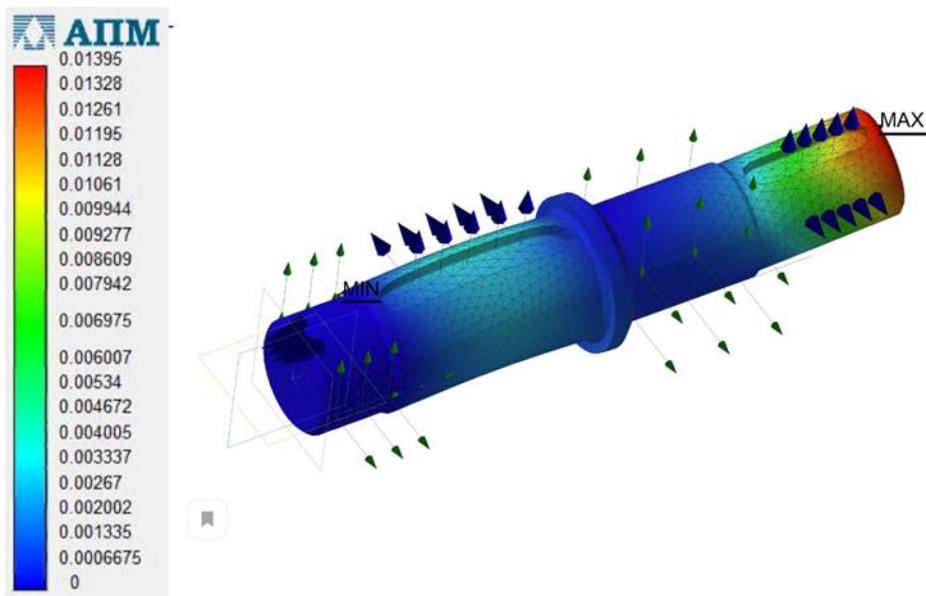


Рис. 4. Эпюра перемещений ступенчатого вала

Наименование	Тип	Минимальное значение	Максимальное значение
Коэффициент запаса по текучести		5.805336	1000

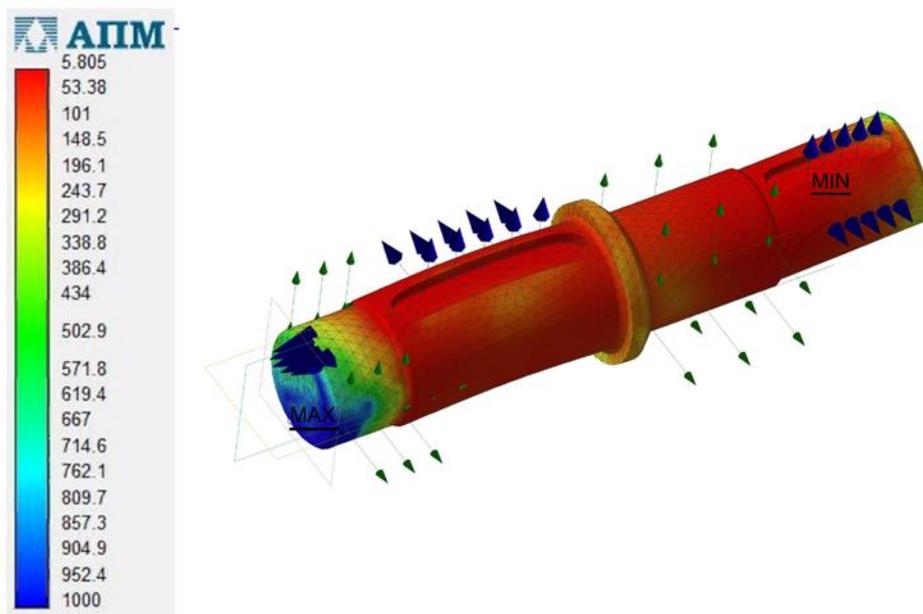


Рис. 5. Коэффициент запаса текучести

Анализ прочности и жесткости ведомого вала червячного редуктора (рис. 3 и 4) показал, что максимальное напряжение действует на участке вала под ведущую шестерню конической передачи. Но оно не превышает допускаемого напряжения, условия прочности и жесткости выполняются [8].

Коэффициент запаса текучести составляет 5.8 (рис. 5), что больше рекомендуемого значения, принимаемого в сельхозмашиностроении (2.5 – 3.0). Следовательно, подтверждаются ранее выполненные расчеты привода.

Литература

1. Еременко Л.Г., Мордвинкин В.А., Матросов А.А., Гультияев В.В. Использование новых информационных технологий в обучении студентов специальности 151600 "Прикладная механика" // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. Материалы Одиннадцатой открытой Всероссийской конф., 16–17 мая 2013 г. Воронеж, 2013. С. 170–172.
2. Шпрайзер Е.И., Гультияев В.В. Колева И.Н., Матросов А.А., Мордвинкин В.А. Использование новых информационных технологий в обучении студентов направления 15.03.03 «Прикладная механика» // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете: Тез. докл. XII школы-семинара (Дивноморское, 29 мая – 3 июня 2017 г.). Ростов-на-Дону, Таганрог, 2017. С. 163.

3. Гультияев В.В., Колева И.Н., Матросов А.А., Мордвинкин В.А., Соловьев А.Н., Шпрайзер Е.И. Опыт реализации компьютерной подготовки бакалавров направления 15.03.03 «Прикладная механика» и магистров направления 15.04.03 «Прикладная механика» // Инновационные технологии в науке и образовании «ИТНО-2017»: Материалы V Междунар. науч.-практич. конф., 11-15 сентября 2017 г. Ростов-на-Дону, ДГТУ-Принт, 2017. С. 488–489.
4. Гультияев В.В., Колева И.Н., Матросов А.А., Мордвинкин В.А., Глушко Н.И., Шпрайзер Е.И. Реализация подготовки бакалавров направления 15.03.03 «Прикладная механика» и магистров направления 15.04.03 «Прикладная механика» // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете: Тез. докл. XIII Всероссийской школы-семинара (Дивноморское, 31 мая – 3 июня 2018 г.). Ростов-на-Дону, Таганрог, 2018. С. 20.
5. Котов В.В. Моделирование в САД САЕ системах / В.В. Котов, Нижник Д.А., Асрян Г.Р., Михалев А.И., Иванов А.Е. // Ростов-на-Дону, ДГТУ, ИНТЕРАГРОМАШ 2019. С. 250–254
6. <http://zavodagromig.ru/>
7. Котов В.В. Расчет статически неопределимых рам в САД САЕ системах/ В.В. Котов, Иванов А.Е., Лесняк О.Н., Вислоусова И.Н., Асрян Г.Р. // Ростов-на-Дону, ДГТУ, ИНТЕРАГРОМАШ 2019. С. 255–257
8. Котов В.В. Расчет напряженно-деформированного состояния ступенчатого вала наклонной камеры комбайна RSM 161/ В.В. Котов, А.Е. Иванов, О.Н. Лесняк, И.Н. Вислоусова, Г.Р. Асрян. // Инновационные технологии в науке и образовании (ИТНО-2019). Сборник трудов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ДГТУ (РИСХМ). Ростов-на-Дону, 2019. С. 105–109.

РАЗРАБОТКА WEB-ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ СЮЖЕТНЫХ ИГР И ОБУЧАЮЩИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Ступак А.С, Фёдорова И.А., Хацко Е.Г.
*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И.И. Воровича*
E-mail: a.stupak@sfnedu.ru

В работе рассматривается разработка web-платформы для создания и воспроизведения игр и обучающих приложений с нелинейным сюжетом. Существует несколько инструментов, позволяющих спроектировать интерактивные книги, текстовые квесты и наборы тестовых заданий, в том числе Twine [1] и Gamebook [2]. В ходе разработки данного приложения были учтены следующие особенности приложений с нелинейным повествованием: рост числа ветвлений нелинейного сюжета значительно увеличивает сложность отладки и редактирования, может существовать некоторое внешнее состояние, влияющие на возможность продвижения по отдельным веткам сюжета, над крупными приложениями может работать несколько авторов.

Естественным представлением сюжета подобной игры является ориентированный граф (рис.1), узлами которого являются некоторые сюжетные точки (локации в играх, вопросы в тестах, совокупность текста и иллюстраций), а ребрами – переходы между этими точками. Узел может быть помечен как стартовый или конечный. Игровое состояние, влияющее на возможность перехода по ребрам графа, может быть представлено в виде набора переменных ключ-значение, который содержит информацию об игровом мире (здоровье персонажа, количество правильных ответов, число совершенных ошибок и т.д.). Такой подход позволяет реализовать автоматическую валидацию созданного игрового приложения на основе известных алгоритмов на графах: подсчет числа компонент связности, поиск кратчайшего пути от старта до финиша, достижимость финиша.

Архитектурно разработанный прототип приложения представляет собой web-сервис с серверной частью на языке Ruby с использованием фреймворка Rails и клиентской частью на языке JavaScript с использованием фреймворка React и библиотеки визуализации D3.js. Клиентская часть отвечает за отображение редактора графов и состояний и базовые валидации для удобства пользователя. Серверная часть реализуют алгоритмы на графах, полную валидацию интерактивной истории, хранение данных и базовый функционал CRDT для совместного редактирования графов несколькими пользователями. Реализованы импорт и экспорт файлов сценариев в формате JSON.

При переходе от одного узла к другому игровое состояние может меняться. Аналогично, текущее состояние должно быть учтено при валидации графа и в процессе игры. Для описания этих изменений и условий требуется создать некий DSL (Domain Specific Language). На данный момент в приложении реализовано два подхода. Был разработан парсер выражений на основе форм Бэкуса–Наура с использованием библиотеки PEG.JS [3], позволяющий проводить токенизацию базовых математических формул и выражений с последующим выполнением. Кроме того, был разработан базовый парсер выражений на языке Ruby, поддерживающий валидацию выражений (проверка наличия нужной переменной в состоянии игры, проверка корректности синтаксиса) и выполнение в безопасном контексте.

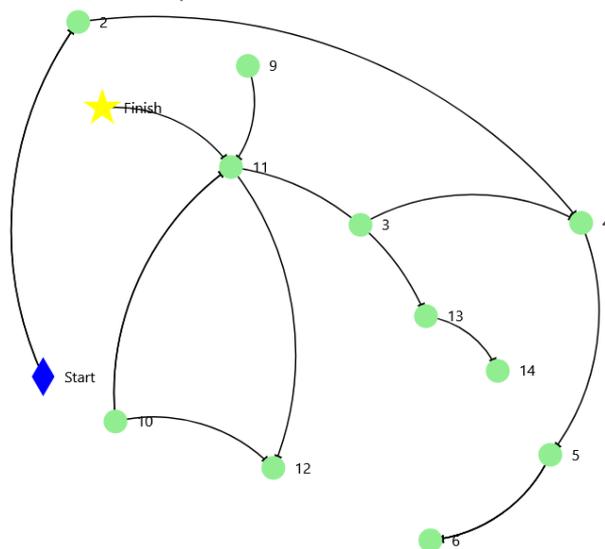


Рис. 1. Пример визуализации сюжетного графа средствами React и D3.js

Выбранные архитектура и стек технологий позволяют построить кроссплатформенный универсальный редактор и плеер интерактивных сценариев с удобными вспомогательными функциями. Визуальная часть редактора построена на компонентном подходе фреймворка React и может быть переиспользована в дальнейшем в мобильной версии плеера. Планируется также реализовать интеграции с распространёнными инструментами разработки игр для использования созданных в редакторе сценариев совместно с другими игровыми компонентами.

Литература

1. Редактор интерактивных приложений Twine <https://twinery.org/>.
2. Редактор игр Gamebook www.gamebook.io.
3. Библиотека для описания синтаксиса выражений PEG.JS <https://pegjs.org/>.

МАТРИЧНО-ВЕКТОРНЫЙ АНАЛИЗ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ И МЕТОД ГРАНИЧНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ДИФРАКЦИИ ЗВУКА НА ПОВЕРХНОСТИ ОСТРОГО УГЛА

Сумбатян М.А., Мусатова Н.К.

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

E-mail: sumbatma@mail.ru

В настоящей работе проводится сравнительный анализ методов решения больших матричных систем на примере задачи о дифракции от точечного источника звука вблизи острого угла бесконечного клина. Для решения данной задачи применяется метод граничных интегральных уравнений (ГИУ), который сводит её к интегральному уравнению Фредгольма второго рода с ядром в виде функции Ханкеля. Для численной реализации применяются метод Гаусса, LSQR, метод сопряжённых градиентов.

Пусть контур области состоит из двух прямолинейных отрезков l_1 и l_2 , соединяющихся в остром угле (рис.1).

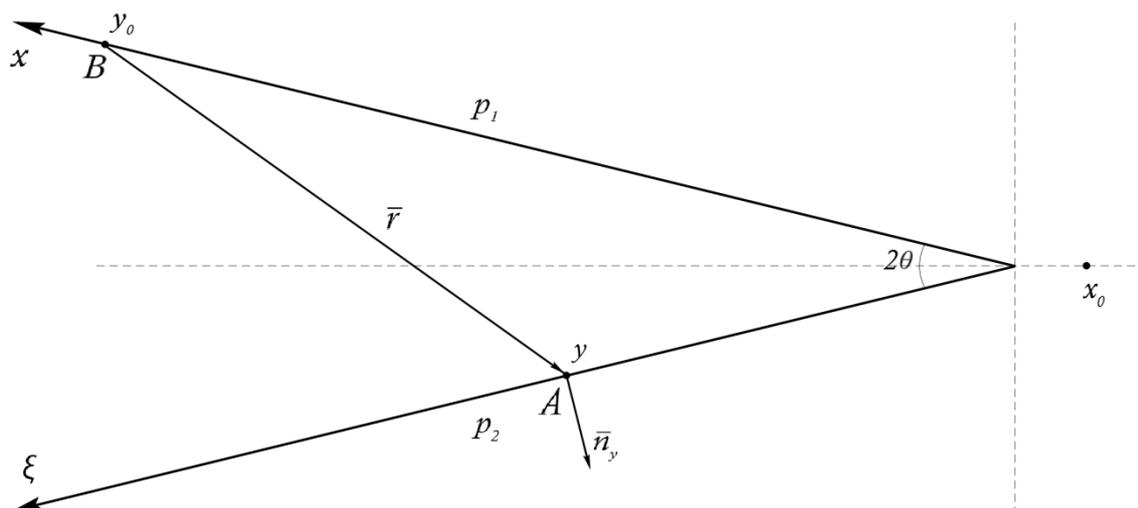


Рис. 1. Дифракция акустической волны вблизи острого угла от симметрично расположенного источника x_0

Применяемый метод ГИУ приводит к большим СЛАУ, как правило, полностью заполненным, в отличие от метода конечных элементов (МКЭ), который приводит к сильно разреженным матрицам. Однако одним из

основных достоинств метода ГИУ является то, что он понижает размерность исследуемой задачи на единицу. Например, в двумерном случае вместо дискретизации всей области данный метод позволяет дискретизировать лишь её границу, что сводит задачу к интегральному уравнению Фредгольма второго рода по контуру:

$$p(y_0) - 2 \int_l \frac{\partial G(y, y_0)}{\partial n_y} p(y) dl_y = 2p^{inc}, \quad (1)$$

где $p(y)$ – распределение акустического давления на граничном контуре l , p^{inc} – давление падающей акустической волны, G – функция Грина, \bar{n}_y – единичная нормаль к граничному контуру l в точке y , dl_y – элементарная длина дуги граничной кривой в точке y .

С учётом того, что функция Грина в двумерном случае представляет собой функцию Ханкеля, вычисляя ее производную, уравнение (1) можно переписать в виде

$$p(x) = 2p^{inc}(x) - \frac{ikx \sin \theta}{2} \int_0^\infty \frac{H_1^{(1)}(kr)}{r} p(\xi) d\xi. \quad (2)$$

Следует заметить, что акустическое давление в падающем поле равно

$$p^{inc}(x) = \frac{i}{4} H_0^{(1)}\left(k\sqrt{x_0^2 + 2x_0x \cos \theta + x^2}\right).$$

Чтобы численно решить основное ГИУ, применяется дискретизация граничной кривой, то есть разбиение каждой грани на N равных отрезков с постоянным шагом $dl_y \equiv h$. Тогда интеграл из (2) превращается в сумму:

$$p_m = \frac{i}{2} H_0^{(1)}(kr_m^0) - \frac{ikx_m \sin \theta}{2} h \sum_{j=1}^N \frac{H_1^{(1)}(kr_{mj})}{r_{mj}} p_j, \quad m = 1, \dots, N. \quad (3)$$

где r_m^0 – расстояние между x_0 и y_0 , r_{mj} – между y_0 и y .

Формула (3) представляет собой СЛАУ с комплексными коэффициентами из N уравнений относительно N неизвестных. Сведём её к системе размера $2N \times 2N$ с вещественными коэффициентами и перепишем в операторном виде

$$p = f - Ap,$$

или

$$(I + A)p = f.$$

Здесь $f = \frac{i}{2} H_0^{(1)}(kr_m^0)$ – вектор размера $2N$, а оператор

$$A = \frac{ikx_m \sin \theta}{2} h \sum_{j=1}^N \frac{H_1^{(1)}(kr_{mj})}{r_{mj}} - \text{матрица размера } 2N \times 2N.$$

Систему можно решать разными методами, например, методом Гаусса, LSQR (программа, разработанная в 1982 году Пейджем и Саундерсом для решения матриц, близких к вырожденным [1]), методом сопряжённых градиентов (СГ) [2–4]. Особо выделим метод СГ. Данный метод основан на работе Хестенса и Штифеля 1952 года [2]. Основным его достоинством является то, что он решает квадратичную задачу за конечное число шагов. Также стоит отметить простоту и низкие затраты памяти в этом методе, что делает его особенно эффективным при решении задач большой размерности.

Все дальнейшие результаты были получены на ноутбуке Lenovo INTEL® Core™ i7-4702MQ 2.19 GHz, ОЗУ 8ГБ, процессор x64, при вычислениях на одном ядре процессора.

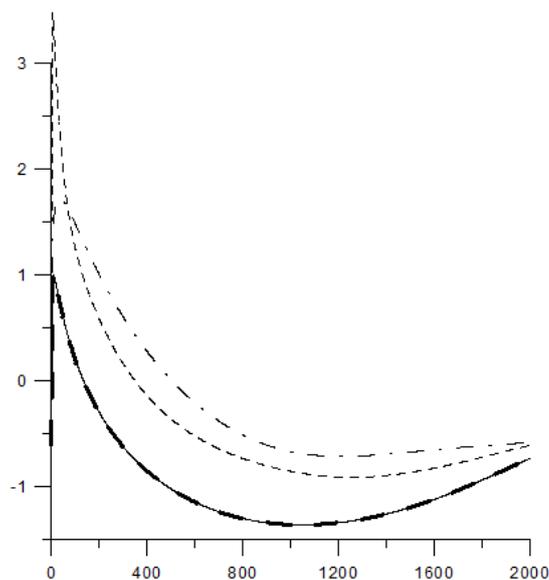


Рис. 2. Сравнение решений СЛАУ, полученных различными численными методами при фиксированном разбиении

Проведём сравнительный анализ разных численных методов решения СЛАУ. Возьмём фиксированное количество разбиений грани клина $N = 2000$ (таким образом, в силу деления на вещественную и мнимую части, СЛАУ будет иметь порядок 4000×4000), также зафиксируем величины волнового числа $k = 0.1$, точку расположения источника звука $x_0 = 1$ и длину грани клина $L = 20$.

На рис.2 для примера показана вещественная часть решения СЛАУ, по горизонтали отложен номер узла сетки. Жирная пунктирная линия соответствует методу Гаусса, сплошная линия – методу LSQR при количестве итераций $it_{max}=50$, тонкая пунктирная линия – LSQR при $it_{max}=20$, штрихпунктирная линия – LSQR при $it_{max}=10$. Стоит отметить, что, начиная с количества итераций, равного 50, графики, полученные методом LSQR, уже совпадают друг с другом абсолютно.

Приведем также время работы (в миллисекундах) рассмотренных численных методов.

Размерность матрицы/метод	LSQR10	LSQR20	LSQR 50	LSQR 100	Gauss
200x200	3.4	6.7	16.1	31.1	12.8
1000x1000	197.4	389.4	707.0	1408.5	1228.9
4000x4000	3432.0	6390.4	15526.0	29921.0	76539.0

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Правительства Российской Федерации (соглашение № 075-15-2019-1928).

Литература

1. Paige C., Saunders M. LSQR: an algorithm for sparse linear equations and sparse least squares // ACM Transactions on Mathematical Software. 1982. V.8. P.43–71.
2. Hestens M.R., Stiefel E. Methods of conjugate gradients for solving linear systems // Journal of Research of the National Bureau of Standarts. 1952. V.49. P.409–435.
3. Yuan G., Zhang M. A modified Hestens-Stiefel Conjugate algorithm for large-scale optimization // Numerical Functional Analysis and Optimization. 2013. V.34. P.914–937.
4. Salleh Z., Alhawarat A. An efficient modification of the Hestenes-Stiefel non-linear conjugate gradient method with restart property // Journal of Inequalities and Applications. 2016. Article number 110.
5. Nethercote M.A., Assier R.C., Abrahams I.D. Analytical methods for perfect wedge diffraction: A review // Wave Motion. 2020. V. 93. Article number 102479.

МЕТОД ДИСКРЕТНЫХ ВИХРЕЙ ДЛЯ ПОТОКА ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ В КАНАЛЕ

Сумбатян М.А., Пискунов А.С.

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

E-mail: masumbatyan@sfedu.ru, Andrey91y@yandex.ru

Рассматривается двумерная задача течения вязкой несжимаемой жидкости в канале постоянного сечения. Задача решается в рамках подхода Лагранжа, при котором отслеживается динамика каждой частицы. Начальные условия определяются исходной конфигурацией заданной системы дискретных вихрей.

Для реализации численного расчета выделяется прямоугольная область: по оси абсцисс между $x = 0$ и $x = L$, по оси ординат – между $y = 0$ и $y = b$. Рассмотрим уравнения движения Навье–Стокса в терминах функция тока – завихренность:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \omega}{\partial t} + v_x \frac{\partial \omega}{\partial x} + v_y \frac{\partial \omega}{\partial y} = \nu \Delta \omega \end{array} \right. \quad (1a)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0 \end{array} \right. \quad (1б)$$

где компоненты вектора скорости частиц жидкости определяются как $v_x(x,y,t)$, $v_y(x,y,t)$. В ряде зарубежных работ [1, 2] используется «алгоритм вязкого расщепления», который позволяет разделить первое уравнение в системе (1a) на уравнение переноса для завихренности с отброшенным в правой части (1a) вязким членом и на уравнение диффузии вихря с отброшенным в левой части конвективным членом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \omega}{\partial t} + v_x \frac{\partial \omega}{\partial x} + v_y \frac{\partial \omega}{\partial y} = 0 \end{array} \right. \quad (2a)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \omega}{\partial t} = \nu \Delta \omega \end{array} \right. \quad (2б)$$

Ясно, что комбинация уравнений (2a) и (2б) не дает уравнение Навье–Стокса. Тем не менее, данный метод расщепления с успехом применяется на практике [3].

Далее запускается итерационный алгоритм по времени, где на каждом шаге происходит вязкое расщепление по формулам (2a) и (2б) с дополнительным условием несжимаемости $\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0$.

Сначала рассмотрим конвекцию вихрей, в котором отсутствует вязкий коэффициент. Первое из уравнений (2а) совпадает с уравнением движения идеальной жидкости. Переходя от случая безграничной области к движению жидкости в канале постоянной ширины b , в данной работе выводятся формулы Био-Савара на случай канала с двумя непроницаемыми стенками: нижней ($y = 0$) и верхней ($y = b$), с использованием метода отражения [4]. Таким образом, автоматически удовлетворяется условие непроницаемости на обеих границах канала. Применим метод мнимых источников [4]. Тогда скорости для каждого i -го элементарного вихря ($i = 1..N$), будут определяться как

$$v_{x_i} = V_{x0} + \sum_{j=1, j \neq i}^M \sum_{m=-\infty}^{\infty} \frac{\gamma_j}{2\pi} \left[\frac{y_i - y_j + 2bm}{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j + 2bm)^2} + \frac{y_i + y_j + 2bm}{(x_i - x_j)^2 + (y_i + y_j + 2bm)^2} \right] \quad (3)$$

$$v_{y_i} = \sum_{j=1, j \neq i}^M \sum_{m=-\infty}^{\infty} \frac{\gamma_j}{2\pi} \left[\frac{x_i - x_j}{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j + 2bm)^2} - \frac{x_i - x_j}{(x_i - x_j)^2 + (y_i + y_j + 2bm)^2} \right], i = 1..N$$

Бесконечные ряды по m в формуле (3) суммируются в явном виде с использованием табличных выражений [5]. Получим компоненты скоростей дискретных вихрей в следующем виде и обозначим их v_x^{B-C} , $v_{y_i}^{B-C}$:

$$v_x^{B-C} = V_{x0} + \sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{\gamma_j}{2\pi} \left[\frac{\sin\left(\frac{\pi}{b}(y_i - y_j)\right)}{\operatorname{ch}\left(\frac{\pi}{b}(x_i - x_j)\right) - \cos\left(\frac{\pi}{b}(y_i - y_j)\right)} + \frac{\sin\left(\frac{\pi}{b}(y_i + y_j)\right)}{\operatorname{ch}\left(\frac{\pi}{b}(x_i - x_j)\right) - \cos\left(\frac{\pi}{b}(y_i + y_j)\right)} \right], \quad (4)$$

$$v_{y_i}^{B-C} = \sum_{j=1, j \neq i}^N \frac{\gamma_j}{2\pi} \left[\frac{\operatorname{sh}\left(\frac{\pi}{b}(x_i - x_j)\right)}{\operatorname{ch}\left(\frac{\pi}{b}(x_i - x_j)\right) - \cos\left(\frac{\pi}{b}(y_i - y_j)\right)} - \frac{\operatorname{sh}\left(\frac{\pi}{b}(x_i - x_j)\right)}{\operatorname{ch}\left(\frac{\pi}{b}(x_i - x_j)\right) - \cos\left(\frac{\pi}{b}(y_i + y_j)\right)} \right], i = 1..N$$

Данные распределения используются для вычисления скоростей, которые генерируются каждым дискретным вихрем, т.е. при ($i = 1..M$), M – количество частиц жидкости в на границе канала. Здесь γ_j – интенсивность j -ого вихря ($j = 1..M$), V_{x0} и V_{y0} – компоненты скорости набегающего потока. В дальнейших исследованиях будем считать, что $V_{y0} = 0$.

При моделировании вязкой жидкости необходимо удовлетворить условию прилипания на стенках. Для этого на границах $y = 0$ и $y = b$ дискретно создаются вихревые линии. Для удовлетворения граничному условию прилипания на стенках введем дополнительный поток системой граничных вихрей [3], который задается в виде потенциала простого слоя

$$\psi(x_0, y_0) = \int_S \gamma(x, y) G(x, y, x_0, y_0) dx \quad (5)$$

с функцией Грина $G(x, y, x_0, y_0)$ и с неизвестной плотностью $\gamma(x, y)$, где компоненты скорости $v_x = \frac{\partial \psi}{\partial y}$, $v_y = -\frac{\partial \psi}{\partial x}$.

Для автоматического удовлетворения условия прилипания на границе канала построим специальную функцию Грина $G(x, y, x_0, y_0)$ для неоднородной краевой задачи:

$$\Delta G(x, y, x_0, y_0) = \delta(x - x_0)\delta(y - y_0) \quad (6)$$

удовлетворяющую граничным условиям:

$$\left. \frac{\partial G(x, y, x_0, y_0)}{\partial y} \right|_{y=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial G(x, y, x_0, y_0)}{\partial y} \right|_{y=b} = 0 \quad (7)$$

где δ - дельта-функция Дирака.

Искомая функция Грина имеет следующий вид:

$$G = -\frac{1}{2\pi} \left(\frac{\pi}{b} |x - x_0| - \frac{1}{2} \ln \left\{ 2 \left[\operatorname{ch} \left(\frac{\pi}{b} (x - x_0) \right) - \cos \left(\frac{\pi}{b} (y_0 - y) \right) \right] \right\} \right) - \frac{1}{2} \ln \left\{ 2 \left[\operatorname{ch} \left(\frac{\pi}{b} (x - x_0) \right) - \cos \left(\frac{\pi}{b} (y_0 + y) \right) \right] \right\} \quad (8)$$

Для вычисления скоростей необходимо найти частные производные функции Грина (8). Поскольку из формул (7) следует, что $\frac{\partial G(x, y, x_0, y_0)}{\partial x_0}$ на

границах канала обращается в ноль, то на граничных линиях, с учетом свойств нормальной производной потенциала двойного слоя, получаем:

$$v_x^{\psi} \Big|_S = \frac{\partial \psi}{\partial y} \Big|_S = \int \gamma(x, y) \frac{\partial G(x, y, x_0, y_0)}{\partial y_0} dx \pm \frac{\gamma(x_0, y_0)}{2} = \pm \frac{\gamma(x_0, y_0)}{2} \quad (9)$$

В результате полная скорость на границе S , включающая в себя вклад частиц жидкости, имеет вид:

$$v_x \Big|_S = v_x^{B-C} \Big|_S + v_x^{\psi} \Big|_S = 0, \quad -v_x^{\psi} \Big|_S = \pm \frac{\gamma(x_0, y_0)}{2} \Big|_S, \quad \gamma_j(x, y) = \mp 2 v_x^{B-C} \quad (10)$$

Знак «-» соответствует граничным вихрям на верхней границе, «+» - на нижней границе.

На первом шаге итерации рассчитаем движение M частиц на границе. Исходя из полученных выводов, компоненты скорости v_{xi}, v_{yi} из (4) можно представить как сумму скоростей:

$$v_{xi} = v_{xi}^{B-C} + v_{xi}^{\psi}, \quad v_{yi} = v_{yi}^{B-C} + v_{yi}^{\psi}, \quad \text{где } i = 1..M \quad (11)$$

Далее перейдем ко второму уравнению (2б) – диффузионному уравнению. Здесь рассматриваем его решение как нормальное распределение Гаусса

$$\omega = \frac{\gamma_i}{4\pi\nu t} e^{-\frac{r^2}{4\nu t}}, \quad (12)$$

При этом вероятность найти вихревой элемент в интервале $(r, r + \Delta r)$ и $(\theta, \theta + \Delta\theta)$ по времени t , выражается по формуле:

$$p = \frac{\gamma_i}{4\pi\nu t} e^{-\frac{r^2}{4\nu t}} \Delta r \cdot r \Delta\theta \quad (13)$$

Выразив радиус для каждого i -ого вихревого элемента из (13) свяжем его с величиной P_i – случайно сгенерированными числами, равномерно распределенными на интервале $(0,1)$.

$$r_i = \left(4\nu t \ln \frac{1}{P_i} \right)^{1/2} \quad (14)$$

В результате для рассматриваемого итерационного по времени с шагом Δt процесса со случайным перемещением i -ой вихревой частицы получим выражения, где θ – случайно сгенерированные числа, равномерно распределенные на интервале $(0, 2\pi)$ [6]:

$$x_i(t + \Delta t) = x_i(t) + v_{x_i} \Delta t + r_i \cos \theta, \quad (15)$$

$$y_i(t + \Delta t) = y_i(t) + v_{y_i} \Delta t + r_i \sin \theta, \text{ при } i = 1..Mk, k = 1..K$$

где K – общее количество итераций за время расчета, M – количество частиц на границе канала, Δt – временной шаг на каждой итерации. Начальное расположение вихрей $x_i(0), y_i(0)$, при $i = 1..M$ на границе задается равномерно на интервале $x = 0..L$ при $y = 0$ и $y = b$.

На каждом шаге итераций граничные вихри сносятся потоком в жидкость и становятся вихрями «в канале». Если вихрь уходит за рассматриваемую область моделирования $x \in [0, L]$, то данная частица отбрасывается и в дальнейшем расчете не учитывается. Метод апробирован для ламинарного и турбулентного потоков в канале.

Работа поддержана грантом Правительства РФ № 075-15-2019-1928.

Литература

1. Porthouse D.T.C., Lewis R.I. Simulation of viscous diffusion for extension of the surface vorticity method to boundary layer and separated flows // J. Mech. Eng. Sci. 1981. P.157–167.
2. Kosteki S.W. Numerical modelling of flow through moving water-control gates by vortex method. Part I – Problem formulation // Archives Civil Mech. Eng. 2008. P.73–89.

3. Kostecki S.W. Random vortex method in numerical analysis of 2D flow around circular cylinder // *Studia Geotechnica et Mechanica*, Vol. XXXVI, No. 4, 2014. P. 57–63.
4. Сумбатян М.А., Скалия А. Основы теории дифракции с приложениями в механике и акустике. М.: Физматлит, 2013. 327 с.
5. Прудников А. П., Брычков Ю. А., Маричев О. И. Интегралы и ряды. Элементарные функции. М.: Наука. 1981.
6. Liang H., Zong Z., Zou L., Zhou L., Sun L. Vortex shedding from a two-dimensional cylinder beneath a rigid wall and a free surface according to the discrete vortex method // *Europ. J. Mech. B / Fluids*. 2014. V.43. P. 110–119.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ИНТЕРНЕТА ПО СОВРЕМЕННЫМ БЕССВИНЦОВЫМ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМ МАТЕРИАЛАМ И ПРИМЕНЕНИЯМ

Тополов В.Ю.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

E-mail: vutopolov@sfnu.ru

Бессвинцовые пьезоэлектрические материалы в последние годы являются объектом интенсивных исследований и представляют значительный интерес для практических применений. Развитие технологий получения этих материалов, а также улучшение их физических свойств и родственных параметров являются важными условиями для дальнейших применений, особенно в сравнении с характеристиками традиционных пьезоэлектрических материалов на основе $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ [1, 2]. Подавляющее большинство исследованных бессвинцовых пьезоэлектрических материалов относится к сегнетопьезокерамикам [1–3], в меньшей степени представлены сегнетоэлектрические кристаллы и композиты [3, 4] на основе бессвинцовых сегнетопьезокерамик или сегнетоэлектрических кристаллов. Анализ физических свойств и других параметров бессвинцовых пьезоэлектрических материалов должен учитывать результаты исследований, полученных в ведущих научных лабораториях мира и представленных в сети Интернета. Свойства и применения бессвинцовых пьезоэлектрических материалов рассматриваются в рамках таких учебных дисциплин, как «Элементная база пьезоэлектрического приборостроения» (1 г. о. магистратуры Института высоких технологий и пьезотехники ЮФУ) и «Твердотельная электроника. Гетерогенные активные материалы» (4 к. бакалавриата Физического факультета ЮФУ). Новые результаты по бессвинцовым пьезоэлектрическим материалам важно учитывать при выполнении НИРС в ЮФУ.

При поиске и анализе новых данных, а также при их отборе для дальнейшего использования в учебном процессе целесообразно использовать ресурсы Интернета по следующим направлениям.

1. Реферативные базы, публикации в периодических изданиях (www.scopus.com, www.webofknowledge.com, www.sciencedirect.com, www.springer.com, elibrary.ru и т.п.). В частности, анализ публикаций, индексируемых в БД Скопус, показывает, что термин “lead-free piezoelectric ceramic” присутствует в 330 работах за 2019 г. и в 90 работах за первые месяцы 2020 г. Аналогичный термин “lead-free ferroelectric ceramic” можно встретить в 328 работах за 2019 г. и более, чем в 100 работах за первые месяцы 2020 г. Термин “lead-free piezoelectric composite” является менее распространенным: имеются 53 публикации 2019 г. и 15 публикаций 2020 г. Отметим, что основная масса работ по бессвинцовым пьезоэлектрическим

материалам опубликована авторами из КНР, США и Таиланда. В БД издательства «Элзевир» (см. www.sciencedirect.com) представлена информация примерно по 29300 публикациям, связанных по тематике с ключевыми словами “lead-free piezoelectric”.

2. Патентная информация. Здесь следует упомянуть патенты по бесвинцовым пьезоэлектрическим материалам из США (см. <https://research.freepatentsonline.com/>).

3. Экспериментальные данные по электромеханическим свойствам бесвинцовых пьезоэлектрических керамик опубликованы на веб-странице фирмы “Steiner & Martinc, Inc.” (США), см. <https://www.steminc.com/PZT/en/lead-free-piezoelectric-ceramic-transducer> Приведены примеры применения данных материалов в качестве элементов пьезоэлектрических преобразователей, устройств медицинской техники и т.д.

4. Отчет на тему “Lead-Free Piezoelectric Ceramics: Technologies and Global Opportunities” опубликован компанией “PRNewswire” (Дублин, Ирландия, 2019 г.), см. веб-страницу <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-lead-free-piezoelectric-ceramics-market-report-2019-materials-properties-configurations-fabrication-processes-and-applications-300943073.html> Дан подробный обзор по бесвинцовым пьезокерамическим материалам, технологиям получения, свойствам и применениям. Проведен анализ состояния рынка бесвинцовых материалов и направлений развития в данной области науки и технологии.

Литература

1. Lead-free piezoelectrics / Eds. S. Priya, S. Nahm. New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer, 2012.
2. Lead-free piezoceramics – Where to move on? / C.-H. Hong, H.-P. Kim, B.-Y. Choi et al. // J. Materiomics. 2016. Vol. 2, N 1. P.1–24.
3. Lead-free piezoelectric materials and composites for high power density energy harvesting / D. Maurya, M. Peddigari, M.-G. Kang // J. Mater. Res. 2018. Vol. 33, N 16. P. 2235–2263.
4. Topolov V.Yu., Bowen C.R., Isaeva A.N. Anisotropy factors and electromechanical coupling in lead-free 1–3-type composites // IEEE Trans. Ultrason., Ferroelec., a. Freq. Contr. 2018. Vol. 65, N 7. P.1278–1286.

ПОСТРОЕНИЕ ПРОТОКОЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ СЕМАНТИЧЕСКИ СТОЙКОЙ МОДИФИКАЦИИ КРИПТОСИСТЕМЫ ТИПА МАК-ЭЛИСА

Турченко О.Ю.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: olegmmcs@gmail.com

В связи с развитием квантовых вычислений актуальной является задача построения криптосистем с открытым ключом, не основанных на трудности решения задач дискретного логарифмирования и дискретной факторизации. Одним из возможных кандидатов является криптосистема Мак-Элиса, стойкость которой основана на трудности декодирования случайного кода. Однако, в исходном виде эта криптосистема не применима на практике, так как не обладает семантической стойкостью. В настоящей работе предлагается способ построения прикладного протокола передачи данных, в основе которого лежит модификация криптосистемы Мак-Элиса, обладающая семантической стойкостью.

Основные обозначения

Пусть F_q — поле Галуа мощности q , q — степень простого числа, $m = (m_1, \dots, m_n) \in F_q^n$. Носителем вектора m будем называть множество $\text{supp}(m) = \{i : m_i \neq 0\}$, а весом Хэмминга этого вектора — число $\text{wt}(m) = |\text{supp}(m)|$. Для вектора $m \in F_q^n$ и упорядоченного множества $\omega \subseteq \{1, \dots, n\}$ рассмотрим оператор проекции $\Pi_\omega: F_q^n \rightarrow F_q^{|\omega|}$, действующий по правилу:

$$\Pi_\omega(m) = (m_{i_1}, \dots, m_{i_{|\omega|}}), i_j \in \omega, j = 1, \dots, |\omega|.$$

Пусть $x \in F_q^{n_1}$, $y \in F_q^{n_2}$, $z \in F_q^n$, $n_1 + n_2 = n$, $\omega \subset \{1, \dots, n\}$, $|\omega| = n_1$, тогда запись $z = x \parallel y$ будет означать конкатенацию векторов x и y , а запись $z = (x \parallel_\omega y)$ — конкатенацию этих векторов по упорядоченному множеству ω , то есть $\Pi_\omega(z) = x$ и $\Pi_{\{1, \dots, n\} \setminus \omega}(z) = y$.

Криптосистемы типа Мак-Элиса

Рассмотрим базовую криптосистему Мак-Элиса [1] McE на линейном $[n, k, d]$ -коде $C(\subseteq Fn)$, где n — его длина, k — размерность кода, а d — минимальное кодовое расстояние. Пусть G — порождающая матрица кода C , $t = [d - 1]$. Секретным ключом sk системы McE является пара (S, P) , где S — невырожденная $(k \times k)$ -матрица над полем F_q , а P — перестановочная $(n \times n)$ -матрица. Публичным ключом pk является пара $(G = SGP, t)$. Зашифрование сообщения выполняется по правилу:

$$\{x\}_{pk}^{McE} = xG + e = y, x \in F_q^k, \text{wt}(e) \leq t.$$

Для расшифрования шифртекста y применяется эффективный декодер $Dec: F_q^n \rightarrow F_q^k$ кода C и секретный ключ sk :

$$\{y\}_{sk}^{McE} = Dec_c(yP^{-1})S^{-1}.$$

Стойкость к структурным атакам данной криптосистемы основана на утверждении, что не существует полиномиального алгоритма способного решить проблему синдромного декодирования (утверждение доказано в [2]). Тем не менее, данная криптосистема уязвима к атакам на шифртекст. Поэтому, для того же кода C построим модификацию криптосистемы типа Мак-Элиса, построенную в [3].

Рассмотрим такое множество перестановок $\mathfrak{S}_l \subseteq S_k$, действующих на элементах множества $\{1, \dots, k\}$, что для любой $\pi \in \mathfrak{S}_l$ выполняется условие $\pi(1) < \dots < \pi(l)$. Множество $\{\pi(1), \dots, \pi(l)\}$ обозначим ω_π . Заметим, что $|\mathfrak{S}_l| = C_k^l (k-l)!$, так как всего C_k^l подмножеств мощности l во множестве из k элементов, и для каждого такого подмножества ω имеется класс $\mathfrak{S}_l(\omega) (\subseteq S_k)$ перестановок, $|\mathfrak{S}_l(\omega)| = (k-l)!$, действующих тождественно на элементах из ω . Каждой перестановке π из \mathfrak{S}_l поставим в соответствие перестановочную $(k \times k)$ -матрицу R_π . Теперь построим криптосистему $\omega 2McE_l$, в которой правило шифрования имеет вид:

$$\{x\}_{pk}^{\omega 2McE_l} = \{(x \| v_1)R_\pi\}_{pk}^{McE} \parallel \{(x \| v_2)R_\pi\}_{pk}^{McE} = y, x \in F_q^l, \pi \in_R \mathfrak{S}_l, \quad (1)$$

где $v_i \in_R F_q^{k-l}, i = 1, 2, \text{supp}(v_1 - v_2) = \{1, \dots, k\} \setminus \omega_\pi$.

Отметим, что для расшифрования получателю не требуется матрица R_π . Для нахождения ω достаточно вычислить вектор

$$z = \{y \cdot (I_n \| O_n)^T\}_{sk}^{McE} - \{y \cdot (O_n \| I_n)^T\}_{sk}^{McE}$$

и найти его носитель $\text{supp}(z)$. Тогда,

$$\{y\}_{sk}^{\omega 2McE_l} = (z \cdot R_{\pi'}^{-1}) \cdot (I_l \| O_{k-l})^T, \pi' \in \mathfrak{S}_l(\omega), \omega = \text{supp}(z).$$

Семантическая стойкость построенной криптосистемы доказана в [3] с использованием предположений безопасности.

Построенная криптосистема может быть использована как базовая в конструкции, описанной в [4]. А увеличение скорости может быть реализовано за счет возможности использования различных открытых сообщений в конструкции и одного общего множества ω . Также мы предлагаем способ независимого использования криптосистемы $\omega 2McE_l$.

Положим, что отправителю необходимо передать пакет из N ($|N| = n$) информационных блоков, каждый из которых принадлежит F_q^l . Для передачи первого блока из N отправитель использует криптосистему $\omega 2McE_l$. Множество ω выбирается только при первой передаче и шифровании сообщения с помощью криптосистемы $\omega 2McE_l$. Это множество запоминается и не генерируется заново в рамках текущего пакета. При передаче после-

дующих $n - 1$ блоков, блоки будут шифроваться следующим образом. Отправитель использует криптосистему McE_i , но перед шифрованием умножает информационное сообщение на перестановочную матрицу R_π из (1). То есть, отправитель формирует сообщение вида $c = \{(m \parallel v_1)R_\pi\}_{pk}^{McE}$. Для простоты понимания, можно сказать, что отправитель шифрует блок криптосистемой $\omega 2McE_i$ и отправляет только первую часть шифрограммы. Описанный протокол отправки блоков изображен ниже на рис. 1.

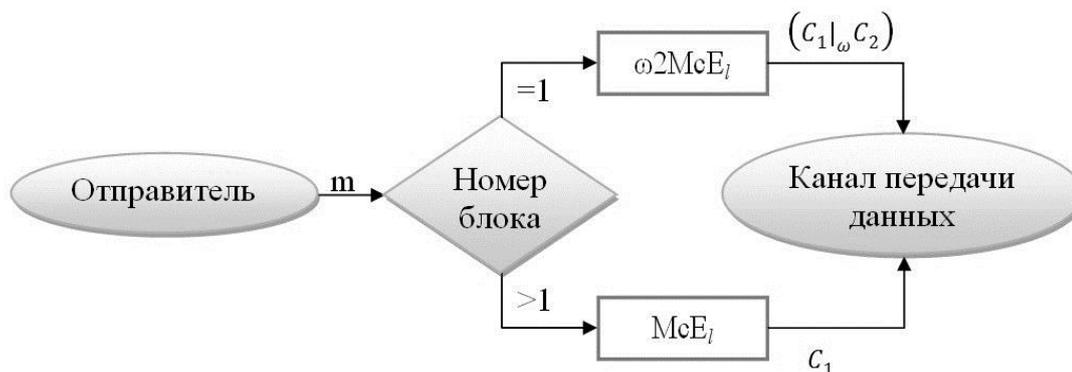


Рис. 1. Протокол передачи

Получатель при первой передаче с помощью секретного ключа криптосистемы $\omega 2McE_i$ расшифровывает информационный блок и получает множество ω . По множеству ω он строит матрицу R_π и расшифровывает последующие передачи.

Избыточность построенного протокола, относительно стандартного протокола базовой криптосистемы Мак-Элиса, будет равна $\frac{k(n+1)}{ln}$. Из формулы следует, что при большом количестве блоков в пакете избыточность стремится к $\frac{k}{l}$.

Литература

1. McEliece R.J. A Public-Key Cryptosystem Based On Algebraic Coding Theory // DSN Progress Report. 1978. V. 42. N. 44. P. 114–116.
2. Berlekamp E.R., McEliece R.J., Henk C.A. van Tilborg On the inherent intractability of certain coding problems // IEEE Trans. Inf. Theory / F. Kschischang IEEE, 1978. V. 24, Iss. 3. P. 384–386.
3. Kosolapov Y.V., Turchenko O.Y., On the construction of a semantically secure modification of the McEliece cryptosystem // ПДМ, 2019, N. 45, С. 33–43.
4. Dottling N., Dowsley R., Muller-Quade J., Nascimento C. A. Anderson A CCA2 Secure Variant of the McEliece Cryptosystem // IEEE Transactions on Information Theory. 2012. V. 58. N. 10, P. 6672–6680.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УСТАНОВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАЗМЫ В ЛАЗЕРАХ НА ПАРАХ МЕТАЛЛОВ

Чеботарев Г.Д.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
физический факультет

E-mail: g_chebotarev@mail.ru

Активной средой лазеров на парах металлов (ЛПМ) является плазма энергонапряженного импульсно-периодического разряда. В таких разрядах формируется пространственно-неоднородная плазма, что приводит к ограничению роста выходных характеристик ЛПМ [1].

В данной работе при использовании математической модели лазера на парах стронция [2] численно исследован процесс установления пространственных характеристик плазмы с целью поиска закономерностей в поведении пространственно-временных характеристик активных сред ЛПМ при различных условиях их возбуждения.

Проведенный анализ результатов моделирования показал, что пространственные характеристики импульсно-периодического разряда формируются за несколько десятков импульсов возбуждения. Происходящее в последовательности импульсов накопление тепла приводит к перегреву активной среды на оси, что из-за термодиффузии обуславливает неоднородный радиальный профиль концентрации паров металла. При этом сформированный радиальный профиль интенсивности лазерного излучения имеет провал на оси (рис. 1), а степень пространственной неоднородности плазмы увеличивается с ростом внутреннего диаметра активного элемента, давления активной среды и частоты повторения импульсов.

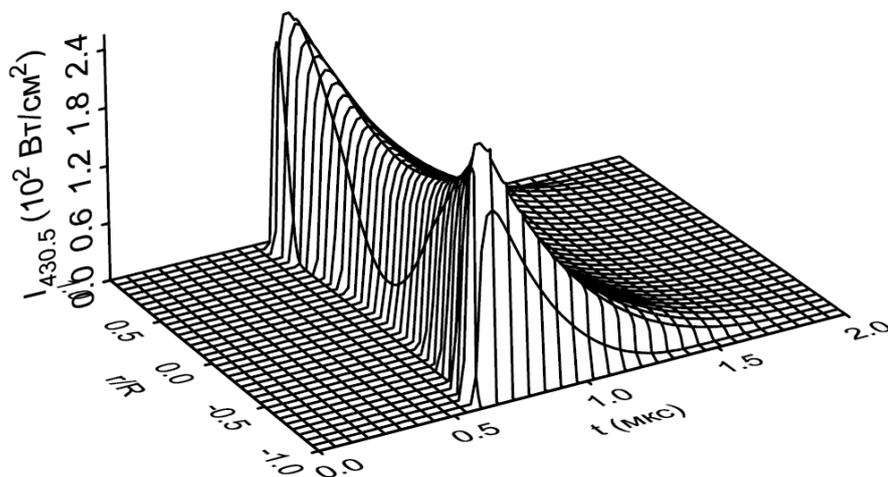


Рис. 1. Рассчитанный по модели радиальный профиль интенсивности генерации лазера на парах стронция ($\lambda = 430,5 \text{ нм SrII}$)

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. Солдатова, Е.Л. Латуша. Томск: ТМЛ-Пресс, 2012. 526 с.
2. Chebotarev G.D., Prutsakov O.O., Latush E.L. Mathematical modeling of ion recombination strontium vapour laser // Proc. SPIE. 2004. V. 5483. P. 83–103.

ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ЛАЗЕРЫ НА КВАНТОВОРАЗМЕРНЫХ СТРУКТУРАХ»

Чеботарев Г.Д., Латуш Е.Л., Мазурицкий М.И.
*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
физический факультет*
E-mail: g_chebotarev@mail.ru

Виртуальная лабораторная работа «Лазеры на квантоворазмерных структурах» разработана сотрудниками кафедры квантовой радиофизики и лабораторией «ЛАКТОС» физического факультета ЮФУ. Лабораторная работа представляет собой интерактивную компьютерную программу, моделирующую процессы в полупроводниковых лазерах на двойных гетероструктурах, а также в лазерах на квантоворазмерных структурах – квантовых ямах, квантовых нитях и квантовых точках. Данная работа может быть использована в учебных заведениях как эффективный инструмент, активизирующий изучение и углубленное понимание физических основ работы лазеров на различных полупроводниковых структурах, а также содержащих их устройств.

В основе функционирования полупроводниковых лазеров лежит явление вынужденного излучения, возникающего при излучательной рекомбинации электронно-дырочных пар. В лазерах на двойных гетероструктурах обеспечивается достижение более высокой концентрации носителей заряда в активной области и, следовательно, более высокие выходные характеристики. Применение гетероструктур также позволило на 1–2 порядка уменьшить пороговые токи полупроводниковых лазеров.

Применение квантоворазмерных структур стало следующим шагом в создании мощных полупроводниковых лазеров с минимальными пороговыми токами. Квантоворазмерные структуры – это очень тонкие полупроводниковые слои, нити или компактные группы атомов, размеры которых соизмеримы с длиной волны де-Бройля носителей заряда и составляют единицы – десятки нм. В таких структурах носители заряда локализованы в одном, двух или трех координатных направлениях, что вследствие волновых свойств частиц приводит к дискретизации энергетического спектра электронной системы.

Для активного усвоения материала учащимся предлагается выполнить ряд виртуальных экспериментов, используя данную лабораторную работу. Интерактивная компьютерная программа сопровождается отдельной краткой теорией, руководством для пользователя, а также контекстными комментариями. Для оценки степени усвоения материала предусмотрено выполнение тестовых заданий.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЙ В РУКАВАХ ДЕЛЬТЫ ДОНА

Чикин А.Л.¹, Клещенков А.В.¹, Чикина Л.Г.²

¹ Южный научный центр РАН, г. Ростов-на Дону,

² ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

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

E-mail: chikin1956@gmail.com

В настоящей работе представлен один из подходов к численному исследованию гидрологии дельтовой части Дона, когда основное русло распадается на несколько рукавов, впадающих в Таганрогский залив. Движение воды в дельте р. Дон описывается системой уравнений Сен-Венана, записанной в характеристической форме. Область расчета представлена в виде графа, где ребра соответствуют открытым участкам русла, а вершины – узлам разветвления. Решение задачи проводится конечно-разностными методами, где уравнения системы аппроксимируются неявными схемами.

Калибровка модели проводилась с учетом двух условий. Во-первых, расчетные значения уровня водной поверхности должны быть равны определенным значениям на станциях наблюдения в г. Ростове-на-Дону, г. Аксае, ст. Багаевской и ст. Раздорской. При этом предполагалось, что расход воды, вышеуказанные величины уровня воды и уровень в Таганрогском заливе равны медианным значениям за период наблюдений с 2001 по 2015 год. Медианные значения выбраны по причине, что, в отличие от средних, они не подвержены влиянию случайных выбросов. Результаты статистической обработки наблюдений приведены в [11], откуда видно, что медианное значение расхода равно 535 м³/с, а значения уровенной поверхности (БС) на станциях наблюдения равны соответственно: Ростов-на-Дону – 0,05 м; Аксай – 0,23 м; Багаевская – 0,99 м; Раздорская – 2,23 м. Уровень воды в Таганрогском заливе считался равным – 0.34 м.

Во-вторых, расчетные значения расходов воды и скорости течения должны совпадать с измеренными величинами на станциях наблюдения. Измерения проводились в период 22–23 сентября 2014 г.

Сравнение расчётных и наблюдаемых значений расходов показало, что на большинстве станций относительная погрешность составляет 3–17%. Только на станции, расположенной в рукаве Старый Дон, погрешность составила 64%, что связано с ослаблением восточного ветра и формированием во время наблюдений на данной станции противотечения из Таганрогского залива в дельту Дона по глубокому врезу судоходного канала в системе рукавов Песчаный – Старый Дон.

Публикация подготовлена в части анализа седиментационных процессов в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН № гр. проекта АААА-А18-

118122790121-5, в части разработки методов численного моделирования в рамках научного проекта РФФИ 18-05-80010 «Исследование и прогноз опасных гидрометеорологических и геолого-геоморфологических процессов в районах функционирования стратегических объектов на Азово-Черноморском побережье (исторические и современные аспекты)». Расчеты выполнены на кластере ЦКП "Высокопроизводительные вычисления".

Литература

1. Чикин А.Л., Клещенко А.В., Чикина Л.Г., Коршун А.М. Сгонно-нагонные колебания уровня воды устьевой области Дона: численное моделирование и сценарии изменения // Наука Юга России. 2017. Т. 13, № 3. С. 39–49.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОСТУПЛЕНИЯ СОЛЕННОЙ ВОДЫ ИЗ ТАГАНРОГСКОГО ЗАЛИВА В ДЕЛЬТУ ДОНА

Чикина Л.Г.¹, Чикин А.Л.²

¹ ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И.И. Воровича

² Южный научный центр РАН, г. Ростов-на Дону
E-mail: chikin1956@gmail.com

Рассматривается русло Дона от станицы Раздорская и рукав Старый Дон до места впадения в Таганрогский залив.

Математическая модель состоит из двух составляющих – гидродинамическую и транспортную. Гидродинамическая составляющая описывается уравнениями Сен-Венана. Подробное описание численной реализации гидродинамической составляющей приведено в работе [1]. Транспортная составляющая консервативного вещества описывается уравнением конвекции-диффузии. Все уравнения замыкаются соответствующими начальными и граничными условиями.

На верхней границе русла (входе) задается значение концентрации, например, можно считать, что соль отсутствует ($C = 0$). На нижней границе (устье) условие меняется в зависимости от знака скорости течения. В случае поступления воды из залива в устье ($v < 0$), как это происходит во время сильных нагонов, ставится условие $\frac{\partial C}{\partial s} = \frac{v}{\mu}(C - C_{zal})$ – равенства концентраций в заливе и устье. В случае нормального состояния или сгона, когда вода поступает из устья в залив ($v > 0$), ставится условие $\frac{\partial C}{\partial s} + C \frac{v}{\mu} = 0$, которое соответствует удалению соли из устья.

Задача решается конечно-разностными методами на равномерной сетке. Было рассмотрено несколько сценариев, характерных для устьевой части Дона. По первому сценарию уровень воды на правой границе сначала резко, а потом плавно повышается (случай нагона), затем остается некоторое время в покое, а потом снижается. При этом расход поступающей в русло воды и концентрация соли в устьевой точке оставались постоянными. По второму сценарию к изменению уровня воды добавлялось изменение концентрации соли в устьевой точке. По третьему сценарию к предыдущим условиям добавлялось изменение расхода поступающей воды.

Проведенное численное исследование показало, что представленная модель дает представление об общей тенденции развития процесса возможного осолонения дельты Дона при нагонных явлениях.

Публикация подготовлена в рамках научного проекта РФФИ 18-05-80025 «Опасные явления». Расчеты выполнены на кластере ЦКП "Высокопроизводительные вычисления".

Литература

1. Чикин А.Л., Клещенков А.В., Чикина Л.Г., Коршун А.М. Сгонно-нагонные колебания уровня воды устьевой области Дона: численное моделирование и сценарии изменения // Наука Юга России. 2017. Т. 13, № 3. С. 39–49.

ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ КАК СРЕДСТВО ПОДГОТОВКИ МАГИСТРОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Шляхова Е.А.¹, Серебряная И.А.¹, Серебряная Д.С.²

¹ ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону

² Южно-Российский Институт Управления филиал Российской Академии Народного Хозяйства и Государственной службы при Президенте Российской Федерации,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: silveririna@mail.ru

Аннотация: В статье изучаются методические аспекты подготовки магистров направлений 08.04.01 «Строительство» и 27.04.01 «Стандартизация и метрология» применительно к решению исследовательских профессиональных задач. Изучаются способы применения кейс-метода при проведении проектной практики.

Ключевые слова: магистры, интерактивное обучение, кейс-метод, исследовательские профессиональные задачи.

В настоящее время система подготовки магистров технических направлений требует обновить подход к содержанию учебных планов и изменению целей подготовки. Изменения должны затронуть не только теоретическую основу обучения, но и деятельность преподавателей, которые напрямую осуществляют учебную деятельность и контактируют со студентами. Данная позиция связана с изменением подхода к подготовке будущего магистра к его предстоящей трудовой деятельности.

ФГОС всех ступеней высшего образования так или иначе базируются на методах системно-деятельностного подхода. Профессиональные стандарты также основаны на этом подходе.

Принятие такой модели существенно видоизменяет роли и педагога, и студента. Магистр должен самостоятельно «активно добывать» знания под руководством педагога, а не только «пассивно» получать их в готовом виде [1–4]. В данной ситуации активные и интерактивные методы обучения должны активно применяться на занятиях. К таким методам относят - проектное обучение, кейс-задачи, развитие критического мышления, проблемного диалога, сотрудничества и проч.

По мнению авторов, для использования в учебном процессе, как наиболее отвечающим целям подготовки магистров технической направленности в вопросе формирования «активной» познавательной деятельности, является кейс-метод. Метод case-study (конкретных ситуаций) - это неигровой имитационный активный метод обучения. Задачами этого метода являются, во-первых, анализ ситуации, возникающей при конкретном

положении дел, и, во-вторых, выработка практического решения, причем все это достигается совместными усилиями группы участников.

С целью повышения эффективности образовательного процесса и выявления перспективных научно – технических кадров среди обучающихся 1 курса магистров по направлениям 08.04.01 Строительство и 27.04.01 Стандартизация и метрология была применена CASE-технология.

Применение данной технологии в учебном процессе позволяет реализовывать универсальные компетенции, заложенные в ФГОС ВО по данным направлениям, а именно: Системное и критическое мышление (УК-1), Разработка и реализация проектов (УК-2), Командная работа и лидерство (УК-3), Коммуникация (УК-4), Самоорганизация и саморазвитие (УК-6), а так же ряд общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

За основу был взят Инженерный кейс (ИК). ИК представляет собой практическую задачу. Такая задача может быть основана на реальной производственной ситуации, которая может возникнуть, например, на конкретном технологическом предприятии, в компании, холдинге, корпорации или другой организации.

Фундаментом такого метода обучения является описание реальной ситуации. Следующим этапом является ее анализ с целью последующего выявления сути рассматриваемой проблемы. Наконец, на последнем этапе необходимо предлагать возможные решения (создание прототипа) с выбором лучшего (усовершенствование). Основным отличием инженерных кейсов от бизнес-кейсов является то, что они основаны на конкретных вполне реальных инженерных проблемах, возникающих в реальной инженерной деятельности. В свою очередь это приводит к существованию нескольких возможных вариантов правильных решений.

Надо отметить, что в практике учебного процесса по подготовке магистров различных специальностей 95% кейс-задач носит гуманитарную направленность. Этим объясняется актуальность данной работы по внедрению в процесс обучения инженерных кейс-задач с привлечением заинтересованных в результатах работы участников – предприятий, проблематику которых помогают решить данные кейсы.

По структуре кейсы делят на следующие виды: структурированные, неструктурированные и первооткрывательские. Первые позволяют сформировать умения последовательно применять теоретические знания и математический аппарат на практике. Вторые и третьи способствуют поиску нестандартных решений.

Основные правила работы для решения кейса:

1. Кейс необходимо прочитать два раза. Прочтение в первый раз позволяет получить общее представление о задании. Второй раз позволит более глубоко разобраться в фактах. Таблиц и графики тщательно изучают.

2. Выписать все проблемы и вопросы.

3. Цифровые данные изучают и объясняют.
4. Выявление проблем, решение которых «лежит на поверхности».
5. Качественный анализ проблематики.
6. Предложенные для решения задачи идеи должны быть тщательно аргументированы.
7. Подключение к решению статистических методов (таблицы, графики и проч.), которые могут подтвердить правильность предлагаемого решения.
8. Выдвижение предложений для решения. Необходимо учитывать, что ресурсы при этом могут быть минимальны.
9. Перепроверка предложенного плана действий.
10. Не настаивать на решениях, которые заранее «обречены».

Как следует из теории работы с кейсами, единственно верного ответа при данной форме работы не существует. Решений у одного кейса может быть много. Их все можно и нужно выдвигать, обсуждать и аргументировать. Но у ИК, все-таки, многообразие вариантов решения не столь велико в сравнении с кейсами гуманитарной направленности.

Решение инженерного кейса – это сложная цепочка задач и процессов, которое начинается с постановки целей для команды и каждого ее участника. Цели должны быть «умными».

Для оценки «умных» целей предложены SMART-критерии. SMART является аббревиатурой первых букв следующих английских слов:

- конкретный (Specific) – что необходимо достигнуть;
- измеримый (Measurable) – в чем будет измеряться результат. Если предполагается, что показатель будет количественный, в этом случае представляются единицы измерения. Если предполагается, что качественный – единицы измерения не нужны, поскольку это эталон отношения;
- достижимый (Attainable) – возможно ли полное достижение поставленной цели и вообще за счёт чего планируется ее достигать;
- значимый (Relevant) – определение истинности цели, то есть осознание действительной необходимости и целесообразности выполнения поставленной задачи;
- соотносимый с конкретным сроком (Time-Bounded) – определение промежутка времени (его начала; его конца) в течение которого необходимо решить поставленную задачу.

То есть, правильная постановка вопроса, значит цель конкретна, измерима, достижима, значима и может быть успешно достигнута за реальный промежуток времени.

Для решения кейса в первую очередь необходимо выявить суть проблемы, возникающей в конкретной задаче.

Для продуктивной работы по решению ИК необходимо распределить зоны ответственности среди участников, спланировать работу и приступить к генерации идей и их обсуждению.

Решение, принятое командой, требует защиты перед экспертной комиссией. А значит необходимо подготовить докладчика или группу докладчиков, которые огласят результаты общей работ. А также необходимо подготовить наглядную презентацию с докладом о предлагаемом решении.

В работе было сформулировано техническое задание для кейс-задачи (табл. 1). Участниками данного проекта являлись магистры разных направлений подготовки, которые, по замыслу разработчиков ИК, профессионально дополняют друг друга. Данный кейс предназначен для проведения первого «Отборочного» этапа «Проектной практики», в результате которого были выявлены участники следующего тура, подразумевающего собственно основной проект по решению проблематики действующего предприятия.

Таблица 1. Техническое задание

Вопросы	Комментарий
Сформулируйте задачу, которую вы ставите перед разработчиками. Опишите, на решение какой проблемы направленно данное техническое задание?	На действующем предприятии КСЖ, необходимо повысить конкурентоспособность предприятия за счет расширения номенклатуры выпускаемой продукции
Как вы уже пытались решить данную проблему? Каких результатов достигли?	<i>Ответ участников</i>
Есть ли на рынке примеры решения аналогичной задачи. Укажите какие?	<i>Ответ участников</i>
На какой качественный и количественный результат вы рассчитываете?	Повышение конкурентоспособности предприятия КСЖ на строительном рынке города и области
В каком формате вы хотели бы получить результат работы проектной команды?	В форме отчета, состоящего из следующих разделов: 1. Вводная часть. Включает в себя описание модели ситуации на КСЖ, цели и задачи. 2. Аналитический раздел. Включает информацию по теме проекта, тенденции, особенности, ключевые вопросы, аналитические данные. 3. Объект кейса. Описание технологического процесса, максимально приближенного к реальным условиям, которые лежат в осно-

	<p>ве описания кейса.</p> <p>4. Модель ограничений. Описание реальных условий производственной обстановки, в условиях которых разрабатывается выбранное проектное решение.</p>
Какие предполагаемые сроки решения данной задачи?	Одна неделя
Ресурсы на реализацию задачи?	Интернет-источники
Что еще необходимо знать? Укажите любую важную дополнительную информацию.	<i>Ответ участников</i>
Вложения	Чертежи, документы, презентации, 3D-модели и прочее, в рамках решения данной задачи, просим Вас направить на эл. адрес

Использование кейс-метода в учебном процессе при подготовке магистров направлений 08.04.01 и 27.04.01 показало повышение качества усвояемости информации, заинтересованность участников, сплоченность групп, развитие исследовательских умений.

Использования кейс-метода помогает решать одну из главных задач образования – подготовку будущего магистра к профессиональной деятельности и (или) к поступлению в аспирантуру.

Литература

1. Серебряная Д.С., Серебряная И.А. О формировании профессиональных компетенций и личностных качеств студентов ВУЗа // Победный май 1945 года. Материалы Международного форума. Ростов-на-Дону. ДГТУ, 2018. С. 166–169.
2. Серебряная И.А. Обучение бакалавров и магистров в опорном техническом университете с использованием информационных технологий // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете: Тез. докл. XII школы-семинара (Дивноморское, 29 мая – 3 июня 2017 г.). Ростов-на-Дону, Таганрог. 2017. С. 133.
3. Серебряная Д.С. Особенности применения информационных технологий при обучении бакалавров направления 38.03.04 // Инновационные технологии в науке и образовании «ИТНО-2019»: Сборник трудов VII Международной науч.-практич. конф., посвященной 90-летию ДГТУ (РИСХМ). Ростов-на-Дону. ДГТУ-Принт, 2019. С. 127–129.
4. Серебряная И.А. Компьютерные технологии обучения бакалавров и магистров по направлению 08.04.01 "Строительство" в опорном техническом университете // Инновационные технологии в науке и образовании «ИТНО-2017»: Материалы V Междунар. науч.-практич. конф., 11–15 сентября 2017 г. Ростов-на-Дону. ДГТУ-Принт, 2017. С. 574–575.

СОЗДАНИЕ РЕШАТЕЛЕЙ ДЛЯ СЛАУ С СЕДЛОВОЙ ОСОБЕННОСТЬЮ

Штейнберг Б.Я.

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

Введение

Во многих задачах математического моделирования возникает необходимость решения систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) большой размерности с разреженными матрицами и имеющими седловую особенность [1]. В данной работе формулируются требования к решателям таких СЛАУ. Эти требования продиктованы как особенностями матриц СЛАУ, так и архитектурами современных вычислительных систем.

1. Требования к решателям, вытекающие из архитектур современных вычислительных систем

Основная отличительная особенность процессоров последних лет состоит в том, что время выполнения арифметических операций более чем на порядок дольше времени считывания аргументов таких операций из оперативной памяти [2]. По этой причине решатели должны оптимизироваться, в первую очередь, по обращениям к памяти. Кроме того, многие современные процессоры (Intel, AMD, Kirin) отличаются иерархией локальной (кэш-памяти). Эта особенность вычислительных архитектур диктует потребность в блочной структуре программного кода и блочном представлении данных (подробности будут представлены ниже).

2. Итерационное решение СЛАУ с матрицей общего вида

Систему уравнений

$$Ax = b_0$$

(здесь A – квадратная матрица, b_0 – вектор, правая часть СЛАУ, x – неизвестный вектор) будем решать итерационным алгоритмом

$$x^{(k+1)} = Bx^{(k)} + b$$

Здесь k – номер итерации, $x^{(0)}$ – начальное приближение, которое задает пользователь (обычно берется b_0), и

$$B = I - t * C^{-1} * A, \quad b = t * C^{-1} * b_0$$

C – произвольная невырожденная матрица ($C > 0$), а $t > 0$ – числовой параметр.

Как известно, для сходимости итерационного процесса необходимо и достаточно, чтобы все собственные значения матрицы B были по модулю меньше 1. Из этого условия, в частности вытекает, что для сходимости

итерационного процесса достаточно, чтобы норма (любая) матрицы B была меньше 1.

Время работы итерационного процесса зависит от количества итераций и от времени выполнения одной итерации. Количество итераций итерационного процесса зависит от величины наибольшего собственного числа матрицы B : чем меньше это число, тем меньше шагов итерационного процесса.

Из отмеченных условий вытекают требования к выбору параметров итерационного процесса $C(>0)$ и $t(>0)$:

- 1) Вычисление $C^{-1} \cdot x$ должно требовать мало времени.
- 2) Объем памяти для хранения матриц B и C должен быть если и больше, то не ненамного, объема памяти для хранения матрицы A .
- 3) Норма матрицы B должна быть меньше 1.

Выбор параметра t . Если матрицы A и C обратимы, то матрица B обратима для всех малых чисел t таких, что число t^{-1} больше наибольшего собственного значения матрицы $C^{-1} \cdot A$.

В качестве t можно взять число $t = 1 / (\|C^{-1}\| \cdot \|A\|) - \epsilon$ (здесь ϵ – некоторое заданное положительное число), поскольку наибольшее собственное число матрицы $C^{-1} \cdot A$ не больше нормы этой матрицы, которая не больше $\|C^{-1}\| \cdot \|A\|$.

Выбор параметра t позволит соблюсти требование 3). От выбора этого параметра зависит количество шагов итерационного процесса, т.е. условие 1).

3. Итерационное решение СЛАУ с блочной матрицей

Блочная структура программы

Если данные программы не помещаются в кэш-памяти процессора, то для уменьшения количества кэш-промахов программу преобразуют к блочному виду так, что каждый блок кода использует такой объем данных, который помещается в кэш-памяти. Такое преобразование программ называется тайлинг. Более того, тайлинг способствует эффективности распараллеливания, обеспечивая данными параллельно выполняемые потоки в разных вычислительных ядрах. Тайлинг применяется к тесным гнездам циклов и во многих практически важных случаях дает ускорение программы в несколько раз. Ускорение зависит и от программы, и от процессора, на котором программа выполняется. Оптимизирующие компиляторы пока не делают тайлинг автоматически. Сочетание тайлинга с вычислениями в распределенной памяти (на кластерном суперкомпьютере) описано в [3].

Блочная структура матрицы

Для применения тайлинга к программам обработки матриц во многих случаях матрицы большой размерности удобно представлять в блочном виде. Самый простой пример – блочное перемножение матриц: если перемножаемые матрицы не помещаются в кэш-памяти, то они разбиваются на

блоки так, что для уменьшения количества кэш-промахов программы обработки таких матриц преобразуют к блочному виду так, чтобы в кэш-памяти помещались перемножаемые блоки.

Дело не только в концептуальном блочном представлении матрицы, но и в блочном хранении матрицы в оперативной памяти. При блочном хранении элементы блоков матрицы лежат в оперативной памяти рядом и оказываются в одних кэш-линейках, что также приводит к уменьшению кэш-промахов.

Во многих современных процессорах используется иерархия модулей памяти – например, три уровня кэш-памяти популярных процессоров Интел. Это может приводить к целесообразности нескольких уровней блочности представления матрицы. Кроме того, блочность может определяться и структурой задачи: численные методы решения систем дифференциальных уравнений (в т.ч. и с частными производными) приводят к СЛАУ с блочными матрицами.

Выбор матрицы С

В качестве матрицы С будем рассматривать блочную ленточную матрицу с малым количеством ненулевых блочных диагоналей $2*k+1$, близких к главной. Эта матрица получается из матрицы А обнулением всех блоков A_{ij} , для которых $|i-j| > k$.

Матрицу А представим в виде

$$A = C + O,$$

где О – матрица, состоящая из оставшихся элементов матрицы А после обнуления (вычитания) элементов по главной диагонали и k соседних (с двух сторон) диагоналей (блочных).

Время выполнения одной итерации

Рассмотрим сложность вычисления одной итерации алгоритма

$$B*x + b = (I - t*C^{-1}*A)*x + b = (1-t)*x - t*C^{-1}*O*x + b$$

Итак, основное время вычисления одной итерации занимает вычисление вектора $C^{-1}*O*x$.

4. Особенности решения СЛАУ с разреженной матрицей

Если матрица СЛАУ разрежена и имеет большую размерность, то обратная к ней может быть уже заполненной (не разреженной) и требовать большой объем памяти для хранения. По этой причине матрицу C^{-1} не следует искать в явном виде, а на каждой итерации искать решение вспомогательной СЛАУ $C*y = u$. Поскольку такую вспомогательную СЛАУ придется решать на каждой итерации с одной и той же матрицей и с разными правыми частями, матрицу С следует факторизовать. Если матрица С симметрическая, то ее можно представить в виде $C = L*D*L^*$ и в памяти будут храниться только нижне-треугольная матрица L и диагональная матрица D.

Матрица $O = A - C$ должна храниться как блочная разреженная матрица для эффективного умножения на векторы. Это означает, что матрица

А должна храниться по блочным строкам ненулевыми блоками. Если блоки разрежены, то каждый из них должен храниться по строкам ненулевыми элементами с номерами столбцов, в которых они лежат.

5. Особенности решения СЛАУ с седловой особенностью

Решение многих СЛАУ с седловой особенностью можно свести к решению СЛАУ с блочной 2×2 матрицей $Q = \{Q_{11}, Q_{12}, Q_{21}, Q_{22}\}$, блоки которой обладают свойствами: Q_{11}, Q_{22} симметрические положительно определенные матрицы, блоки Q_{12} и Q_{21} отличаются транспонированием и знаком [1]. Симметрические матрицы (блоки) Q_{11} и Q_{22} хранятся в памяти только одной половиной (ниже главной диагонали), а из матриц Q_{12}, Q_{21} достаточно хранить в памяти только одну.

Если в исходной СЛАУ матрица A имеет вид матрицы Q , то матрицу C следует выбирать как симметрическую подматрицу матрицы $\{Q_{11}, 0, 0, Q_{22}\}$. Если каждый из 4 крупных блоков $\{Q_{11}, Q_{12}, Q_{21}, Q_{22}\}$ имеет блочный вид, то матрица C должна состоять из блоков, прилегающих к главной диагонали. Тогда матрица C будет заполненная и ее можно будет хранить блочными диагоналями. В этом случае для матрицы C нет необходимости хранить номера столбцов элементов или блоков, что приходится делать при хранении разреженных матриц. Это дополнительно экономит память.

Работа поддержана грантом Правительства РФ № 075-15-2019-1928.

Литература

1. Philip E.G., Saunders M. A., Shinnerl J.R. On the Stability of Cholesky Factorization for Symmetric Quasidefinite Systems // SIAM J. Matrix Anal. Appl. 1996. Vol. 17, N 1. P. 35–46.
2. Graham S.L., Snir M., Patterson C.A. Getting Up To Speed: The Future Of Supercomputing. National Academies Press. 2005: 289 p.
3. Ammaev S.G., Gervich L.R., Steinberg B.Y. Combining Parallelization with Overlaps and Optimization of Cache Memory Usage // Parallel Computing Technologies. PaCT. // Ed V. Malyshkin. Lecture Notes in Computer Science, V. 10421. Springer. 2017.

ОПЫТ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ В ОФФЛАЙН ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИИ

Щербина Д.Н.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

НИТЦ Нейротехнологий

E-mail: dnsherbina@sfnedu.ru

Для повышения точности оценки знаний при использовании компьютерных тестов с заданиями с множественным выбором, нами ранее был предложен метод определения стереотипов решения тестовых заданий на основании хронометрии просмотра вариантов ответа (дистракторов) [1]. Исходная реализация теста, в которой моменты начала и просмотра текстовых элементов регистрировались по наведению курсора мыши на прикрывающие текст экраны, была выполнена в виде расширения для фреймворка Moodle, средствами которого реализовывался процесс тестирования. Для проверки знаний студентов, занимающихся в компьютерном классе, в котором доступ к внешним Интернет-ресурсам был отключен, применение традиционных веб-фреймворков оказалось невозможным. В связи с этим была реализована и применена оффлайн-версия теста.

Тест знаний включал 30 вопросов, часть из которых не использовалась непосредственно для оценки знаний, а служила контролем для вычисления индивидуального базового уровня скорости чтения текстовых элементов. Поскольку функционал генерации прикрывающих текст экранов с регистрацией событий пользователя уже был реализован на языке JavaScript, то функционал предъявления тестовых вопросов на экране был реализован заново в виде веб-странички. Одностраничное веб-приложение включало в себя экраны (1) выбора группы и ФИО; (2) инструкции; (3) тестового задания с выбором из четырех альтернатив; (4) окончания и обратной связи.

Для проведения тестирования без доступа к веб-серверу были использованы следующие решения:

1. Уникальные конфигурации теста со случайно выбранными комбинациями вопросов по разным темам (с заданным количеством вопросов по каждой теме) были сгенерированы заранее с помощью скрипта на Python в скриптбукке Jupyter Notebook по списку студентов для всех групп, участвовавших в рубежном тестировании.
2. Папка vootloc со всеми необходимыми файлами была размещена в общей сетевой папке на компьютере преподавателя. Так как эта общая сетевая папка на протяжении семестра использовалась для загрузки шаблонов заданий и отгрузки выполненных работ, то студенты легко находили и открывали эту папку в проводнике на сво-

их компьютерах. При этом содержательная часть тестовых заданий находилась в конфигурационных файлах (около 10Кб на каждого студента), упорядоченных по группам и ФИО студентов. В корне папки находились веб-страница index.html и ярлык с интуитивно понятным именем «запустить тест.lnk».

3. При запуске теста через ярлык выполнялась команда «"C:\Program Files (x86)\Google\Chrome\Application\chrome.exe" --allow-file-access-from-files {ПУТЬ К ОБЩЕЙ ПАПКЕ}\vootloc\index.html». Ключ для доступа к локальным файлам был необходим для возможности загрузки данных из конфигурационного файла по протоколу file:. Соответственно, по окончании теста происходила автоматическая загрузка файла с данными тестирования в папку Загрузки. Имя файла с данными формировалось скриптом и включало фамилию студента, так что эти файлы без проблем подгружались в папку с готовыми работами. Данные сохранялись в формате JSON, а для инициации процесса загрузки в скрипте имитировался клик на гиперссылку на искусственный адрес, указывающий на BLOB-объект с сериализованными данными.

Для пропустивших тестирование и желающих пройти тест дома на компьютере с ОС Windows была сделана версия теста, пересылаемая в виде архива по почте, которую можно было распаковать из архива на Рабочий стол, и которая отличалась лишь ссылкой на открываемую веб-страницу %USERPROFILE%\Desktop\vootloc\index.html.

Литература

1. Щербина Д.Н. Стратегии прохождения тестов знаний, выявленные методом хронометрии просмотра вариантов ответа // Валеология. 2015. N 4, С. 112–121.

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕКУЩЕГО ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ С ВЫСОКОТОЧНОЙ РЕГИСТРАЦИЕЙ БЫСТРЫХ НАЖАТИЙ НА КЛАВИАТУРЕ

Щербина Д.Н.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

НИТЦ Нейротехнологий

E-mail: dnsherbina@sfnedu.ru

Клавиатура является незаменимым средством для быстрого ввода информации в компьютер. На фоне современных тенденций постепенного проникновения в сферу развлекательной индустрии новых технологий голосового и мозгового интерфейсов, в профессиональной деятельности операторов результативность работы по-прежнему связана с движениями рук. При высокой плотности операций ввода-вывода клавиатура (устройство с локальной привязкой множества функции к множеству пространственно обособленных по размеру пальцев триггеров) обеспечивает максимально достижимые точность и контроль: клавиатуры используют профессиональные игроки, редакторы текстов и музыканты.

Максимальная эффективность профессионального пользователя клавиатуры достигается при некотором оптимальном балансе скорости и точности мелких движений пальцев некоторый ритм. При спешке вследствие перевозбуждения появляются ошибки, а при заторможенности из-за утомления – снижается скорость. Тест для экспресс-диагностики функционального состояния объединяет в себе задачу на отмеривание интервалов времени и тэппинг-тест. Тест включает шесть подзадач на постепенное ускорение ритма нажатий, при этом каждая из задач служит контролем для других. Тест реализован в форме веб-приложения. Точность измерения моментов нажатия на клавиши обеспечивается за счет высокоточного таймера по стандарту High Resolution Time API, который был реализован в браузерах после 2012–2015 гг.

Отчет по результатам тестирования включает рисунки для наглядной оценки динамики выполнения заданий и таблицу с рассчитанными показателями для сравнения с нормативами. Результаты теста позволяют косвенно судить о лабильности, импульсивности, межполушарной координации, доминировании рук и других психофизиологических характеристиках. Отчет формируется на сервере в среде Python путем исполнения кода в шаблоне, представляющем собой скриптбук Jupyter Notebook. При первом обращении к адресу с отчетом задание ставится в очередь на обработку, по окончании которой с помощью модуля nbconvert генерируется HTML-

страница с результатами. Веб-страница со встроенными рисунками сохраняется в соответствующий каталог, чтобы при последующих обращениях пользователь мог быстро получать уже рассчитанные результаты.

СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ

Эль-Эйссави Б.Х.М., Нестеренко В.А.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И.И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: eleissawibadr@gmail.com, neva09@mail.ru

Введение

Алгоритмы кластеризации являются важными инструментами, которые могут быть использованы при цифровой обработке изображений, а также в других дисциплинах, таких как статистика, астрономия, биоинформатика, интеллектуальное использование данных, машинное обучение, распознавание образов и т.д. Идея объединения различных результатов кластеризации (cluster ensemble or clustering aggregation) возникла в качестве альтернативного подхода к повышению качества результатов алгоритмов кластеризации [1].

В задаче сегментации изображений используются различные методы: Region Base, Edge Detecting, Clustering, Neural Networks, Gray level Thresholding [2] и т.д. Кластеризация является одним из основных методов, которые обычно используются при сегментации изображений. Сегментация изображения заключается в разделении изображения на группы пикселей, которые являются однородными по отношению к некоторым критериям или признакам, что способствует разделению изображения на несколько несвязанных областей с аналогичными характеристиками, такими как цвет, текстура, характерный размер деталей.

В общем случае алгоритмы кластеризации должны удовлетворять набору основных требований, таких как масштабируемость, возможность использования различных типов атрибутов, выявление случайно сформированных кластеров, нечувствительность к шуму и выбросам, удобство в использовании и интерпретации результатов, возможность использования характеристик большой размерности [3]. Алгоритмы кластеризации можно разделить на два больших класса: неконтролируемые алгоритмы линейной кластеризации (Unsupervised Linear Clustering Algorithms) и неконтролируемые нелинейные алгоритмы кластеризации (Unsupervised Non-Linear Clustering Algorithms). Кратко опишем некоторые из них.

1) Unsupervised linear clustering algorithms

1.1 Метод К средних.

Метод К средних является хорошо известным и широко распространённым алгоритмом в силу своей простоты. Для разбиения данных на за-

данный набор кластеров задаются начальные значения центров кластеров. Принадлежность каждой точки данных к тому или иному кластеру определяется в зависимости от расстояния (чаще всего Эвклидова) от этой точки до центра кластера. Точка включается в состав ближайшего кластера. После этого вычисляется центр кластера как геометрический центр координат составляющих его точек. Процесс разбиения данных и вычисления центров кластеров повторяется до тех пор, пока результаты не стабилизируются

Преимуществами этого алгоритма являются быстрота, простота, лёгкость для понимания, надёжность. Его недостатки заключаются в том, что он не способен обрабатывать зашумлённые данные, выбросы, а также в том, что в первую очередь необходимо задать количество кластеров и положение центров кластеров. Некоторые из указанных недостатков были решены с использованием таких методов как Expectation Maximization (EM) Clustering и Gaussian Mixture Models (GMM) [4–5] и улучшенного алгоритма К средних (EMKM) [6–7].

1.2 Алгоритм с-средних нечёткой кластеризации

Теория нечётких множеств была предложена Заде в 1965 году [8], затем развита Даном в 1973 году и дополнена Бездеком в 1981 году. Нечёткие с-средние – это метод кластеризации, который позволяет элементу данных принадлежать нескольким кластерам и учитывать взвешенное значение связи точки с каждым кластером. Этот алгоритм похож на метод К средних с той лишь разницей, что принадлежность элемента кластеру определяется с некоторой вероятностью, зависящей от расстояния точки до центра кластера [9].

Преимущества этого алгоритма заключаются в том, что он обеспечивает хороший результат для перекрывающихся наборов данных. Недостатками этого алгоритма является то, что изначально необходимо задать число кластеров и положение их центров, увеличенное число итераций, евклидова мера неравномерно учитывает различные характеристики при нахождении расстояний. Некоторые из этих недостатков были устранены с помощью улучшенного алгоритма нечёткой кластеризации (IFCM) [10].

1.3 Алгоритм иерархической кластеризации

Алгоритмы иерархической кластеризации делятся на две группы дивизионные и агломеративные алгоритмы [11]. Эти типы алгоритмов противоположны друг другу в своей работе. Дивизионные алгоритмы используют разбиение крупных кластеров на более мелкие. Агломеративные иерархические алгоритмы осуществляют кластеризацию путём объединения мелких кластеров в более крупные. Объединение производится на основе вычисления попарных расстояний между точками исходных кластеров. Расстояния между кластерами могут быть найдены на основе расстояний между точками между разными способами: расстояние между ближайшими точками, расстояние между геометрическими центрами и т.д.

Объединение кластеров продолжается до тех пор, пока не образуется один кластер, затем на основе графика дендрограммы находится оптимальное число кластеров.

Преимущества алгоритма иерархической кластеризации заключаются в том, что нет необходимости заранее задавать количество кластеров, он даёт хорошие результаты кластеризации в большинстве случаев. Недостатками этого алгоритма являются чувствительность к шуму и выбросам, сложность в обработке кластеров с различными размерами.

1.4 Алгоритм кластеризации на основе порога качества (Quality Threshold - QT)

Этот алгоритм требует начального задания порогового расстояния кластера и минимального числа элементов в кластере. Из всех точек мы выбираем те, которые находятся в пределах порогового расстояния от заданных точек. Из найденных точек формируем кластер, затем точки, принадлежащие этому кластеру, удаляются и описанная процедура повторяется с уменьшенным набором точек данных до тех пор, пока не будет сформирован новый кластер, удовлетворяющий ограничению минимального размера [12].

Преимущества этого алгоритма заключаются в том, что нет необходимости задавать количество кластеров. Недостатками алгоритма являются начальное задание порогового расстояния и минимального числа элементов в кластере.

2) Unsupervised non-linear clustering algorithms

2.1 Алгоритм на основе минимального покрывающего дерева (MST)

Работа алгоритма минимального покрывающего дерева (MST) для N точек заключается в построении графа из N-1 рёбер так, чтобы были соединены все N точек и рёбра обладали минимальной суммарной длиной. Такой граф называется кратчайшим незамкнутым путём, минимальным покрывающим деревом или каркасом графа. Затем из графа удаляется заданное число самых длинных рёбер и граф распадается на несвязные компонента соответствующие кластерам.

Основным недостатком этого алгоритма является высокая трудоёмкость

2.2 Алгоритм кластеризации, основанный на плотности

Алгоритм кластеризации на основе плотности распределения точек в пространстве характеристик сыграл жизненно важную роль в поиске нелинейных форм структуры данных. Этот алгоритм включает в себя множество различных методов, таких как DBSCAN [14], OPTICS, DBCLASD и DENCLUE. Наиболее широко используемым алгоритмом на основе плотности является DBSCAN. Этот алгоритм базируется на 2-х понятиях: распределение плотности и связность плотности [15].

Достоинства этого алгоритма заключаются в том, что он не требует указания количества кластеров и может идентифицировать шум в данных при кластеризации. Возможен поиск кластеров произвольного размера и произвольной формы. Недостатками алгоритма является то, что алгоритм DBSCAN терпит неудачу в случае кластеров различной плотности.

2.3 Kernel K means clustering algorithm

Данный алгоритм является расширением метода К средних и отличается от К средних тем, что использует метод ядра вместо евклидова расстояния. Ядро может быть полиномиальным (линейным), Хи-квадратным, гауссовым или пересечением гистограмм.

Преимущества этого алгоритма заключаются в возможности идентифицировать нелинейные структуры и выбрать ядро на основе набора данных. Однако использование неправильного ядра приведёт к плохим результатам. Кроме этого требуется, чтобы центры кластеров были predetermined. Этот алгоритм сложен по своей природе.

В наших работах [17–18] мы применили метод Виолы–Джонса для нахождения признаков Хаара при получении признаков пикселей изображения. Это даёт возможность использовать совместные характеристики групп пикселей при анализе изображения. Коллективные характеристики пикселей позволяют учитывать или игнорировать отдельные детали изображения и применять иерархическую модель при анализе изображения.

На верхнем уровне иерархии фиксируются большие области изображения, они называются фоновыми областями изображения. Фоновая область – это большие, относительно однородные связные группы пикселей. Некоторые изображения могут содержать более одной фоновой области. На среднем уровне иерархии объекты будут формироваться как локальные части изображения с характеристиками отличными от характеристик фоновых областей. Размер объекта должен быть меньше размера фоновой области. Самый нижний уровень иерархии составляют элементарные компоненты изображения, которые называются текстонами или токенами. Размер таких частей изображения обычно составляет несколько пикселей. Размер объектов должен быть больше размеров токенов, поэтому объект различим среди токенов и не может быть потерян в случайных флуктуациях характеристик пикселей изображения.

Чтобы выделить пиксели со сходными характеристиками и сгруппировать пиксели изображения в фоновые области и объекты, был применён модифицированный алгоритм нечёткой кластеризации. Были получены хорошие результаты для набора тестовых изображений.

Литература

1. Amandeep Kaur Mann N.K. Review Paper on Clustering Techniques // Glob. J. Comput. Sci. Technol. 2013. Vol. 13, N 5.

2. Pal N.R., Pal S.K. A review on image segmentation techniques // Pattern Recognit. // 1993. Vol. 26, N 9. P. 1277–1294.
3. Pérez Ortega J., Boone Rojas M. D. R., Somodevilla García M. J. Research issues on k-means algorithm: An experimental trial using Matlab // CEUR Workshop Proc. 2009. Vol. 534. P. 83–96.
4. Rodriguez M.Z. et al. // Clustering algorithms: A comparative approach. 2019. Vol. 14, N 1.
5. Naik D., Shah P. A Review on Image Segmentation Clustering Algorithms // Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol. 2014. Vol. 5, N 3. P. 3289–3293.
6. A survey of kernal and spectral methods for clustering,” vol. 41, no. March, pp. 176–190, 2012.
7. Asati R.A., Hadke R. Survey on Clustering Algorithms for Image Segmentation. 2017. Vol. 7, N. 3. P. 5237–5240.
8. Zadeh L. Zadeh_FuzzySetTheory_1965.pdf // Information and Control. 1965. Vol. 8. P. 338–353.
9. Ramani R., Valarmathy S., Suthanthira Vanitha N. Breast Cancer Detection in Mammograms based on Clustering Techniques – A Survey // Int. J. Comput. Appl. 2013. Vol. 62, N 11. P. 17–21.
10. Petrosyan V. Fast, Robust and Scalable Clustering Algorithms with Applications in Computer Vision. 2018.
11. Han J., Kamber M., Pei J. 10 – Cluster Analysis: Basic Concepts and Methods // Data Min. Concepts Tech. 2012. P. 443–495.
12. AlZoubi W.A. A Survey of Clustering Algorithms in Association Rules Mining // Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol. 2019. Vol. 11, N 2. P. 17–25.
13. Gomathijayam R., Santhi V. A Survey on Comparative Study of Minimum Spanning Tree Algorithm // Int. J. Comput. Sci. Eng. 2017. Vol. 5, N 12. P. 249–253.
14. Martin Ester X.X., Kriegel H.-P., Sander J. Density-Based Clustering Methods // Compr. Chemom. 1996. Vol. 2. P. 635–654.
15. Wesam M., Islam A., and Abdallatif S., Improving Density-based Clustering using Metric Optimization // Int. J. Comput. Appl. 2018. Vol. 181, N 21. P. 36–43.
16. Chitta R., Jin R., Havens T.C., Jain A.K., Scalable Kernel Clustering: Approximate Kernel k-means. no. February, 2014.
17. Нестеренко В.А. Локализация инородных объектов на изображении. Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы XXIV конференции, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 25–26 мая 2017 г., с. 145–148.
18. El-Eissawi B.K.M., Nesterenko V.A., Detection of background areas and localization of objects in the image. ICIC Express Letters, vol 14, no 11, 2020. (in publishing)

Научное издание

**XXVII научная конференция
«Современные информационные технологии:
тенденции и перспективы развития»**

Компьютерная верстка: Багдасарян А.Л.

Электронное издание

Подписано к использованию 22.09.2020 г. Заказ № 7686. Тираж 20 экз.
Издательство Южного федерального университета.
Отдел полиграфической, корпоративной и сувенирной продукции
Издательско-полиграфического комплекса КИБИ МЕДИА ЦЕНТРА ЮФУ.
344090, г. Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1, тел (863) 243-41-66.