



ИНСТИТУТ
МАТЕМАТИКИ
МЕХАНИКИ
КОМПЬЮТЕРНЫХ
НАУК

имени И.И. Воровича

XXVIII НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

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

Материалы XXVIII конференции

13 – 15 мая 2021 г.

**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
XXVIII научной конференции
(Южный федеральный университет,
Ростов-на-Дону, 13 – 15 мая 2021 г.)**

**Ростов-на-Дону – Таганрог
Издательство Южного федерального университета
2021**

УДК 004(063)
ББК 32.97я43
С568

Редакционная коллегия:

Г.В. Муратова, Е.Е. Блинова, Я.М. Демяненко,
А.Н. Соловьев, В.Ю. Тополов

С568 **Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития** [Электронный ресурс] : Материалы XXVIII научной конференции (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 13 – 15 мая 2021 г.) – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2021. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 10,1 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 978-5-9275-3780-8

В сборнике представлены доклады участников научной конференции «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития» (Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, 13 – 15 мая 2021 г.).

Материалы публикуются в авторской редакции.

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

ISBN 978-5-9275-3780-8

УДК 004(063)
ББК 32.97я43

© Южный федеральный университет, 2021

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION

of RUSSIAN FEDERATION

Federal State Autonomous Educational institution of higher education

"SOUTHERN FEDERAL UNIVERSITY"

Vorovich Institute of Mathematics,

Mechanics and Computer Science

MIT 2021

Modern information technologies: trends and development prospects

**Conference Proceedings
XXVIII scientific conference
(Southern Federal University,
Rostov-on-Don, May 13 – 15, 2021)**

**Rostov-on-Don – Taganrog
Southern Federal University Publishing House
2021**

UDC 004(063)

Editorial board:

G.V. Muratova, E.E. Blinova, Ya.M. Demyanenko,
A.N. Solovev, V.Yu. Topolov

Modern information technologies: trends and development prospects [Digital resource] : Proceedings of the XXVIII scientific conference (Southern Federal University, Rostov-on-Don, May 13 – 15, 2021) – Rostov-on-Don ; Taganrog : Publishing House of Southern Federal University, 2021. – Digital textual data. (1 file: 10,1 Mb). – 1 compact disk, recordable (CD-R). – Requirement: Intel ® or AMD processor; 1.5 GHz or faster processor, 1 GB of RAM, Windows 7 SP1, Windows 8, 8.1, Windows 10 (32- and 64-bit), Acrobat Reader DC, DVD-ROM-drive. – Title from the screen.

ISBN 978-5-9275-3780-8

The Proceedings published present the participant reports of the scientific conference «Modern information technologies: trends and development prospects» conference (Southern Federal University, Rostov-on-Don, May 13 – 15, 2021)

The papers are published in the authors' versions.

Proceedings were published with the support of the Government of the Russian Federation, Grant No. 075-15-2019-1928

ISBN 978-5-9275-3780-8

UDC 004(063)

© Southern Federal University, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

СИТО2021 – ПРОДОЛЖЕНИЕ ЛУЧШИХ УНИВЕРСИТЕТСКИХ ТРАДИЦИЙ	14
ОБ ОПЫТЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЧТЕНИЯ КУРСА ПО ПАРАЛЛЕЛЬНОМУ ПРОГРАММИРОВАНИЮ Абрамян М.Э.	17
О НЕКОТОРЫХ ПРИЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДГОТОВКИ ТЕСТОВ ПО МАТЕМАТИКЕ В СИСТЕМЕ MOODLE Абрамян М.Э.	20
ПРОЕКТ ВИРТУАЛЬНОГО МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ Абрамян М.Э., Агарков Ю.В., Бортова Л.В., Тихонова Н.А.	23
ЭЛЕКТРОННЫЙ ЗАДАЧНИК PROGRAMMING TASKBOOK: РЕАЛИЗАЦИЯ 64-РАЗРЯДНОЙ ВЕРСИИ И АДАПТАЦИЯ К НОВЫМ СРЕДАМ ПРОГРАММИРОВАНИЯ Абрамян М.Э., Козак М.В.	26
РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛИЦА С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ Авилов А.М., Демяненко Я.М.	29
БАЗА ДАННЫХ ПО ИЗВЕСТКОВОМУ НАНОПЛАНКТОНУ Агарков Ю.В., Соколова С.А.	31
МОДЕЛЬ ИСТОЧНИКА ГРУППИРУЮЩИХСЯ СТИРАНИЙ Айдаркин Е.Е., Могилевская Н.С.	36
РЕАЛИЗАЦИЯ ШЕЙДЕРОВ ДЛЯ ИГРОВЫХ ПРОЕКТОВ UNITY Акопджанова Н.В., Демяненко Я.М.	39
РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ВНЕШНЕЙ КАМЕРЫ ДЛЯ СМАРТФОНОВ НА ОСНОВЕ FPGA И КОНФИГУРИРУЕМЫМИ ВЫЧИСЛЕНИЯМИ Алымова Е.В., Кулиев Э.С.	41
ПОСТРОЕНИЕ (m, n)-РЕГУЛЯРНЫХ ДВУДОЛЬНЫХ ГРАФОВ С НАИБОЛЬШИМ ОБХВАТОМ МЕТОДОМ УВЕЛИЧЕНИЯ МЕТАГРАФОВ Арутюнов О.В.	44
РАЗРАБОТКА СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ИММИКН Аскерова А.Р., Майер С.Ф.	47
OPTIMAL ROTATED BLOCK-DIAGONAL PRECONDITIONING FOR DISCRETIZED OPTIMAL CONTROL PROBLEMS CONSTRAINED WITH FRACTIONAL TIME-DEPENDENT DIFFUSIVE EQUATIONS Zhong-Zhi Bai	50
USING THE GENERALIZED LOCALLY TOEPLITZ THEORY IN ANALYSING NONSYMMETRIC PRECONDITIONERS Ivo Dravins, Maya Neytcheva	51

WEIGHTED NUCLEAR NORM MINIMIZATION BASED REGULARIZATION METHOD FOR IMAGE RESTORATION Yu-Mei Huang	53
DOMINANT HERMITIAN SPLITTING ITERATION METHOD FOR DISCRETE SPACE-FRACTIONAL DIFFUSION EQUATIONS Kang-Ya Lu, Dong-Xiu Xie, Fang Chen, Galina V. Muratova	54
RANDOMIZED SUBSPACE ITERATION AND SINGULAR VECTOR PROBLEMS Zhi-Ru Ren	55
ROTATED BLOCK DIAGONAL PRECONDITIONERS FOR NAVIER-STOKES CONTROL PROBLEMS Zeng-Qi Wang	56
ON GREEDY RANDOMIZED COORDINATE DESCENT METHOD Wen-Ting Wu ¹ , Zhong-Zhi Bai ²	57
СОЗДАНИЕ ПРОТОТИПА ЭЛЕКТРОННОГО ГЕЙМИФИЦИРОВАННОГО SQL-ЗАДАЧНИКА Байер Г.А., Лысков Р.И., Соколов М.И., Чердынцева М.И.	59
ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ БОЛЬШИМИ ДАННЫМИ В НАУКЕ НА ПРИМЕРЕ ЕВРОПЕЙСКИХ МЕГАУСТАНОВОК Балякин А.А., Малышев А.С.	62
ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ МЕГАУСТАНОВОК В ОБРАЗОВАНИИ Балякин А.А., Нурахов Н.Н., Нурбина М.В.	66
УРОВНЕВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ИКТ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ УНИВЕРСИТЕТА Барский Е.Д., Демина С.А.	70
СОВРЕМЕННАЯ АРХИТЕКТУРА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ НА REACT Бетеев К.Ю.	75
ЗДОРОВЬЕСБЕРЕГАЮЩИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ Блинова Е.Е., Грошевихин И.В.	80
ДИЭЛЕКТРИКИ С ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ЕМКОСТЬЮ: РАСЧЕТ ИМПЕДАНСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК Богатин А.С., Носачев И.О. Андреев Е.В., Ковригина С.А., Буланова А.Л.	84
ПРОТОТИПНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СРЕДСТВ СЛУЖБЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОЗВЕННЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ С ВРАЩАТЕЛЬНЫМИ СОЧЛЕНЕНИЯМИ Букатов А.А., Федяшов А.А.	86
НЕОБХОДИМОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ В КАДАСТРЕ, ОБУСЛОВЛЕННАЯ НАУЧНЫМИ ДАННЫМИ Бутхузи Е.В.	90
РАЗВИТИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ «ЛИНЕАРИЗАЦИЯ ВЫРАЖЕНИЙ» В ОРС Василенко А.А.	93

ОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПЕРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАДИЕНТНОГО ЦИЛИНДРА Ватульян А.О. Дударев В.В., Мнухин Р.М., Углич П.С.	96
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ТЕРМОУПРУГОСТИ ДЛЯ ПОЛОГО ЦИЛИНДРА С НЕОДНОРОДНЫМ ПОКРЫТИЕМ С УЧЕТОМ МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА Ватульян А.О., Нестеров С.А., Юров В.О.	101
ОБОБЩЕНИЕ АЛГОРИТМА УНИФИКАЦИИ ОГРАНИЧЕНИЙ НА ПОДТИПИРОВАНИЕ ДЛЯ ВЫВОДА ТИПОВ КОНЦЕПТОВ Волошин Б.И., Михалкович С.С.	104
ДИАГНОСТИКА ТРАНСФОРМАЦИИ АМПЛИТУДЫ СИГНАЛА В ЛОГИЧЕСКОМ ЭЛЕМЕНТЕ СВЧ Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П.	108
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФАЗЫ СИГНАЛА В ВЕНТИЛЕ ГИГА- И ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНОВ Волощенко П.Ю. Волощенко Ю.П.	111
ПРИНЦИПЫ ОБУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА Галустян О.В., Колбая И.Г., Сметанников А.П., Галустян С.Д.	114
ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ «ПЕРЕВЕРНУТЫЙ КЛАСС» В РАБОТЕ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ Галустян О.В., Руденко О.В., Бороздин С.А., Ежов А.В.	117
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ФОРМ СЕЧЕНИЙ ЖИДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КРИСТАЛЛЕ ПОСЛЕ ВЫКЛЮЧЕНИЯ ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУРЫ Гармашов С.И., Константинова М.Г.	120
КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ О ФОРМАХ СЕЧЕНИЙ 4 ХГРАННЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ, МИГРИРУЮЩИХ В КРИСТАЛЛЕ Гармашов С.И., Фомин Р.Г.	124
ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕЖИМОВ И УПРАВЛЕНИЯ ВИДЕОСЪЕМКОЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ Гармашов С.И., Терехин К.А., Макинян Н.В., Иришин А.Г.	127
ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТОВ FlexPDE, MatLab ДЛЯ АНАЛИЗА ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВДОЛЬ ГРАНИЦЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ВКЛЮЧЕНИЯ, МИГРИРУЮЩЕГО В КРИСТАЛЛЕ Гармашов С.И., Хатламаджиян Ю.Б.	130
РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ БАЗЫ ГЕОДАННЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ WEB-ИНСТРУМЕНТА ПРОВЕДЕНИЯ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ Гинис Л.А., Кудряхин В.В.	135
АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ЖИДКИХ ЧАСТИЦ В ПРОТОЧНОМ КАНАЛЕ Говорухин В.Н.	138

УСТОЙЧИВАЯ РАЗМЕТКА ПРОРЕЗАЮЩИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЕЙ В ГРАММАТИКЕ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ Головешкин А.В.	143
ВИРТУАЛЬНЫЙ ПРАКТИКУМ ДЛЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ЛАЗЕРА НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ (XFEL) Гуда А.А., Мялкина В.О.	147
ЗАДАЧА ГЕНЕРАЦИИ ПРОВЕРОЧНЫХ МАТРИЦ LDPC-КОДОВ Гурский С.С., Могилевская Н.С.	150
О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ONESOIL ДЛЯ «ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ» Давыденко О.В.	152
ОЦЕНКА УРОВНЯ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ Демченко Я.Л., Спивакова К.С.	155
ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЫ ПО ПРОЕКТУ MAGNUS В НОВЫХ УСЛОВИЯХ ОБУЧЕНИЯ Демяненко Я.М., Карякин М.И.	158
ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ Дмитрова А.В.	159
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРФЕЙСОВ «МОЗГ-КОМПЬЮТЕР» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИИ Дьяченко А.Д., Лазуренко Д.М.	162
МЕТОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ «ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ» ДИСЦИПЛИНАМ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ Евланова А.Г.	166
ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ ПУТЕЙ НА ГРАФАХ С ОГРАНИЧЕННЫМИ УСЛОВИЯМИ ДОСТИЖИМОСТИ Евсеев А.В., Скороходов В.А.	171
ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СОВМЕСТНОЙ УДАЛЕННОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ И ПРЕПОДАВАТЕЛЯ Егоров Н.Я., Егоров И.Н., Егорова С.И.	176
РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТОВ ГЕНЕРАЦИИ СТРУКТУР HINTED-EXECUTION BEHAVIOR TREES ДЛЯ UNITY Задверняк Я.А.	179
УРАВНЕНИЯ ДИФFUЗИИ-АДВЕКЦИИ-РЕАКЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ХИЩНИК-ЖЕРТВА ПРИ НЕОДНОРОДНОМ РЕСУРСЕ Зеленчук П.А., Ха Т.Д., Цибулин В.Г.	182
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИОННОГО ЛАЗЕРА НА ТРОЙНОЙ СМЕСИ ПАРОВ СЕРЕБРА С ГЕЛИЕМ И НЕОНОМ Иванов И.Г.	187

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ НЕПРЕРЫВНОГО АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА Иванчик А.М.	189
РАЗРАБОТКА КАРТОГРАФИЧЕСКОГО СЕРВИСА ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ Исаев А.В.	194
A PHASE FIELD FRACTURE MODEL FOR QUASI-BRITTLE MATERIAL Karthik S., Nasedkin A., Nasedkina A., Rajagopal A.	198
РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРОВЕРКОЙ ЗАДАНИЙ Карякин Д.В., Лошкарев И.В.	202
АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА ЗАДАЧ НЕЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВОБОДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ Карякин М.И.	204
АНГЛОЯЗЫЧНАЯ МАГИСТРАТУРА ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ И ИНФОРМАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ НА МЕХМАТЕ ЮФУ: ИСТОРИЯ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ Карякин М.И., Надолин К.А., Наседкин А.В.	208
РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКИХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО АССИСТЕНТА ГЛАВНОГО ТРЕНЕРА ФУТБОЛЬНОЙ КОМАНДЫ Касюлевич Я.О.	212
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РОСТА КРИСТАЛЛОВ САПФИРА Клунникова Ю.В., Малюков С.П., Анисеев М.В.	215
ПРИМЕНЕНИЕ СЛОЁВ С МЕХАНИЗМОМ ВНИМАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ШУМОПОДАВЛЕНИЯ НА МОБИЛЬНОМ УСТРОЙСТВЕ Коваленко А.С., Демяненко Я.М.	217
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕНООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ ЯЧЕЕК ГИБСОНА–ЭШБИ Корниевский А.С.	219
ЗАДАЧИ ГЕЙМДИЗАЙНА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОБУЧАЮЩИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР Кудринская Т.В., Позднякова А.А., Чернолуцкий Д.В., Иванов И.А., Архипов Н.Д.	223
СРЕДА ПРОГРАММИРОВАНИЯ SCRATCH КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНИКА Кувшинова Е.Н., Шаповалова Д.С.	227
МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА ПРОСЕК ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ Кузьмина О.В.	232
РАЗРАБОТКА МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО WEB-СЕРВИСА ДЛЯ РЕДАКТИРОВАНИЯ И ЗАПУСКА ИГР НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ГРАФОВ Левченкова А.С., Фёдорова И.А.	235

РАЗРАБОТКА ОБОГАЩЕННОГО СЦЕНАРИЯ ПОИСКОВО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ В ИНТЕРНЕТ-ПРОСТРАНСТВЕ Льзь Н.А., Истратова О.Н.	238
УЛУЧШЕННЫЙ ГАУССОВЫЙ ФИЛЬТР В АЛГОРИТМЕ КЭННИ ДЛЯ РЕНТГЕНОВСКИХ СНИМКОВ Манна А.С., Муратова Г.В.	242
МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ РАБОЧИХ ПРОГРАММ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН Майер С.Ф., Муратова Г.В.	245
ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА БАЛЛАША-КРИСТОФИДЕСА ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ГРАФОВ С ЗАДАННЫМ ОБХВАТОМ И ДИАМЕТРОМ Манукян Г.А., Скороходов В.А.	250
ОПЫТ ОСВОЕНИЯ ОНЛАЙН-КУРСА НА ПРИМЕРЕ «ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ» Махно А.С.	252
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МОТИВОВ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ СТАДИИ ОСТЕОАРТРИТА Михайличенко А.А., Демяненко Я.М.	257
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ PASCALABC.NET В ШКОЛЬНОЙ ИНФОРМАТИКЕ В 2021 ГОДУ Михалкович С.С.	260
ОБ ИЗУЧЕНИИ ДОКУМЕНТАЦИИ СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ Могилевская Н.С.	263
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАТИМОСТИ СЛУЧАЙНЫХ МАТРИЦ Могилевская Н.С., Рыбалкина Ю.А.	266
ПОСТРОЕНИЕ ДВУДОЛЬНОГО ГРАФА СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА Моздоров Н.А.	269
МНОГОСЕТОЧНЫЙ МЕТОД ДЛЯ ЗАДАЧ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА Муратова Г.В., Мартынова Т.С., Бавин В.В., Шабас И.Н.	271
МЕТОД ГРАНИЧНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ПРИ ДИФРАКЦИИ НА ТРЕУГОЛЬНИКЕ Мусатова Н.К.	276
ОСОБЕННОСТИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА ПОРИСТЫХ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ЖЕСТКИМИ ИЛИ С ЭЛЕКТРОДИРОВАННЫМИ ГРАНИЦАМИ ПОР Наседкин А.В., Нассар М.Э.	281
ОБ УПРОЩЕННЫХ МОДЕЛЯХ НЕОДНОРОДНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПОРИСТОЙ ПЬЕЗОКЕРАМИКИ И О КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ ТЕХНИКЕ ЕЕ ГОМОГЕНИЗАЦИИ Наседкин А.В., Толмачева Я.В.	285

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ПРОЕКТОВ Натробина А.И.	289
РАЗРАБОТКА ON-LINE ИГРЫ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ Нестеренко В.А.	291
МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА СО СВЯЗНОСТЬЮ 1-3 НА ОСНОВЕ ПОРИСТОЙ ПЬЕЗОКЕРАМИКИ В ПАКЕТЕ ACELAN-COMPOS Оганесян П.А., Соловьев А.Н.	294
СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ СТЕГОАНАЛИЗА АУДИОФАЙЛОВ Олейников Б.В., Стрельников А.В.	298
ТЕСТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ИГРОВЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ANDROID. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МИНИМАЛЬНО НЕОБХОДИМЫХ ВИДОВ ТЕСТИРОВАНИЯ И ПОДДЕРЖИВАЕМЫХ ВЕРСИЙ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ Павлова Д.А.	302
ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАТФОРМ MICROSOFT TEAMS И MOODLE ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА Пасько О.В.	305
СЕГМЕНТАЦИЯ ДАННЫХ БЕЗ ОБУЧЕНИЯ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ КЛАССА НА ПРИМЕРЕ РАСПОЗНАВАНИЯ БЛЮД Полтавский А.В.	308
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ НАБОРА БЛЮД ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗАКАЗОВ Потапов И.И., Лошкарев И.В.	311
COMPUTATIONAL MODELING OF DYNAMIC FRACTURE IN BIMATERIALS USING PHASE-FIELD METHOD Reddy K.S. S., Nasedkina A., Nasedkin A., Rajagopal A.	313
ВОЗМОЖНОСТИ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА UNREAL ENGINE 4 Садовский В.С.	317
ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПЛЕНКИ ПЕРОВСКИТА МЕТОДОМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ Саенко А.В., Малюков С.П., Гончаров Е.В., Федоренко Т.Ю.	319
ТЕОРИЯ ТОНКОГО КРЫЛА С КОНЦЕВЫМИ КРЫЛЬЯМИ Самсонов И.К.	322
ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ НЕЙРОУПРАВЛЕНИЯ И НЕЙРОКОММУНИКАЦИИ Солосин С.В., Лазуренко Д.М.	326
ЧИСЛЕННЫЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ДВУМЕРНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЛОПАСТИ Сумбатян М.А., Казаков Е.А.	330

БЕССЕТОЧНЫЙ МЕТОД ДИСКРЕТНЫХ ВИХРЕЙ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ НАВЬЕ-СТОКСА В ДВУМЕРНОМ ПОТОКЕ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ Сумбатян М.А., Пискунов А.С.	334
АВТОМАТНЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДИСКРЕТНОГО ТИПА Сытник А.А., Шульга Т.Э.	338
РАЗРАБОТКА АРІ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ КАБИНЕТА СОТРУДНИКА ДЕКАНАТА В СИСТЕМЕ «СЕРВИС БРС» Татарова А.Д.	343
ЗАДАЧА О РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАКОПИТЕЛЕЙ В ОРИЕНТИРОВАННОЙ СЕТИ Тельбухов В.В., Скороходов В.А.	345
JETRACK COMPOSE ИЛИ БУДУЩЕЕ РАЗРАБОТКИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА В ANDROID Терещенко В.В.	349
ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МИГРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ ОТ НАЗЕМНОГО ИСТОЧНИКА Тимофеев А.Н., Муратова Г.В., Минкина Т.М.	351
ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ БЕССВИНЦОВЫХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ Тополов В.Ю.	357
АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ВИХРЕВЫХ ТЕЧЕНИЙ И ИХ ИЗМЕНЕНИЙ ВО ВРЕМЕНИ Филимонова А.М., Говорухин В.Н.	360
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАКАЧКИ В РЕКОМБИНАЦИОННЫХ ЛАЗЕРАХ Чеботарев Г.Д.	364
ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «НЕРАЗЪЕМНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ОПТОВОЛОКОН» Чеботарев Г.Д., Мазурицкий М.И.	366
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СНИМКОВ, СДЕЛАННЫХ ПРИ НИЗКОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ Чухин А.И.	367
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ Шаламов С.И., Евланова А.Г.	369
МЕТОДИКА ИНДУЦИРОВАННОЙ ИДЕОМОТОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КОНТУРЕ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСА Шапошников П.Д.	373
РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ 3D СИМУЛЯЦИИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ Штейн О.О.	379
ОНЛАЙН-КОНФИГУРАТОР БАТАРЕИ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ТЕСТОВ Щербина Д.Н.	381

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭРГНОМИКИ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТЕСТОВЫХ ЕДИНИЦ ДЛЯ ЭКСПЛИЦИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ПСИХОЛОГИИ Щербина Д.Н.	384
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ТЕСТОВЫХ ВОПРОСОВ С ПОМОЩЬЮ ITEM RESPONSE THEORY Щербина Д.Н.	387
РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ Юрист П.Н., Гордиенко Л.В.	390
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВ СБОРА И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ГЕОДААННЫХ Юрова Е.С., Левонюк С.В.	393

Ежегодная научная конференция «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития» (СИТО2021) в 28-й раз собирает ИТ-специалистов, ученых, экспертов, молодых исследователей для обсуждения наиболее актуальных проблем и достижений в области информационно-коммуникационных технологий. Но нынешняя конференция особая. Она посвящена 70-летию со дня рождения Льва Абрамовича Крукиера, ушедшего из жизни 19 февраля 2016 года. Лев Абрамович был создателем и вдохновителем конференций по информационным технологиям. Вместе с ним мы начинали их проведение, ставя целью развитие ИТ- сферы в университете и системе образования.

Лев Абрамович Крукиер – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой высокопроизводительных вычислений и информационно-коммуникационных технологий Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Южного федерального университета. Вся жизнь Льва Абрамовича связана с родным университетом. В 1973 году он окончил мехмат Ростовского государственного университета, затем аспирантуру, пришел работать в РГУ, пройдя путь от младшего научного сотрудника до профессора. Много лет он посвятил развитию информационных технологий, был проректором информатизации РГУ. Но главным делом жизни Льва Абрамовича было создание и развитие ЮГИНФО – Центра информатизации, директором которого он был много лет.

Процесс активного массового внедрения современных информационных и коммуникационных технологий, прежде всего в сферу образования, начался в России в 1991 году, когда на основании приказа Государственного комитета по высшей школе № 96 была сформирована система территориально-распределенных центров новых информационных технологий (ЦНИТ) на базе ведущих университетов высшей школы РФ с единым координационным Центром в Москве. С этого времени ЦНИТы стали основными элементами в инфраструктуре информатизации образования России, которые позволили в дальнейшем в кратчайшие сроки реализовывать многие важные проекты и программы информатизации.

В Южном федеральном университете (ранее – РГУ) таким центром стал Южно-Российский региональный центр информатизации ЮФУ (ЮГИНФО ЮФУ), который был образован на базе вычислительного центра Ростовского государственного университета (ВЦ РГУ) и вел свою деятельность более 50 лет. Лев Абрамович продолжил дело первого директора

ЮГИНФО РГУ профессора Игоря Анатольевича Николаева, став директором ЮГИНФО в 2000 году. По его инициативе и под его руководством было реализовано большое количество актуальных проектов в области информационных технологий. Среди них: разработка и внедрение современных ИТ в образовательный процесс; повышение квалификации кадров в области ИТ; подготовка высококвалифицированных кадров в области математического моделирования и ИТ; создание единой образовательной информационной среды ЮФУ, города, области и округа, создание и развитие Центра высокопроизводительных вычислительных систем.

С середины 1990 г. коллектив ЮГИНФО успешно работал в области переподготовки квалифицированных специалистов по различным направлениям ИТ. За эти годы в ЮГИНФО прошли переподготовку специалисты многих научно-образовательных и административных организаций, а также сотрудники различных предприятий г. Ростова-на-Дону и Ростовской области. Среди них более 10 тысяч школьных учителей, методистов районо и гороно, библиотекарей, психологов и других сотрудников образовательных учреждений.

Кроме ИТ-сферы профессор Л.А. Крукиер активно и успешно занимался научными исследованиями в области математического моделирования и численных методов. Его научные результаты широко известны в российских и зарубежных научных кругах. Многочисленный отряд его учеников и последователей продолжает начатые им исследования.

Отдельной страницей деятельности Льва Абрамовича является организация конференций СИТО. В ежегодных конференциях активное участие принимают известные ученые и молодые исследователи, обсуждая актуальные проблемы развития информационно-коммуникационных технологий и вычислительных систем. Как отмечал сам Лев Абрамович, главный результат его работы и самое главное богатство созданной ИТ-структуры – это высококвалифицированные специалисты в области информационных технологий, телекоммуникаций и математического моделирования. Прошедшие годы не были легкими для нас, но мы прошли яркий путь становления и развития. Мы очень дорожим профессиональными связями и контактами, дружбой и сотрудничеством со многими специалистами ИТ-сферы других российских университетов и научных центров. Благодаря коллективу единомышленников и друзей, сложившемуся за прошедшее годы, мы сумели многое сделать и достичь.

Нынешняя конференция СИТО2021 – тому подтверждение. Несмотря на события 2020 года, связанные с пандемией, которые внесли огромные изменения во все сферы жизни, наша конференция продолжает свою работу. Онлайн-формат проведения СИТО2021 не помешал собрать многих экспертов из разных научных центров и университетов Москвы, Саратова,

Красноярска, Севастополя, Ростова-на-Дону и других городов, 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, включающие средства создания систем компьютерной поддержки научных исследований, создание электронных образовательных ресурсов и электронных библиотек, мультимедийных информационных и высокопроизводительных компьютерных систем, исследования в области разработки компьютерных игр и мобильных приложений. Как и в предыдущие годы отдельной темой обсуждения станут перспективы и проблемы цифровизации образования и методики обучения в современных условиях. В рамках конференции пройдет заседание научного семинара «Вычислительная механика и прикладная математика», в которой примут участие ученые из России, Китая, Швеции, среди которых исполнители мегагранта Правительства РФ «Модели, алгоритмы и программные средства для многомасштабного анализа новых материалов и физически активных сред», реализуемого на базе ИММКН им. И.И. Ворovichа 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.

Оргкомитет СИТО2021

ОБ ОПЫТЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЧТЕНИЯ КУРСА ПО ПАРАЛЛЕЛЬНОМУ ПРОГРАММИРОВАНИЮ

Абрамян М.Э.

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

Доклад посвящен описанию особенностей дисциплины «CS321. Параллельное и многопоточное программирование», которая проводилась в дистанционном формате в 1 семестре 2020/2021 уч. г. для студентов 4 курса бакалавриата (направление «Фундаментальная информатика и информационные технологии»). Данный курс читается автором на протяжении ряда лет; для этого курса разработан большой набор учебных материалов, которые активно использовались при организации и проведении дистанционного варианта курса.

Прежде всего, следует отметить наличие электронного задачника по параллельному программированию на основе технологии MPI-2 Programming Taskbook for MPI-2 [1]. Изучение технологии MPI является существенной частью курса; для ее практического освоения студентам предлагается выполнить набор учебных заданий, связанных с различными возможностями данной технологии. Благодаря особенностям реализации электронного задачника все задания можно выполнять на локальном компьютере в одной из распространенных сред программирования на языке C++ (доступны среды Microsoft Visual Studio и Dev-C++); при этом задачник выполняет действия по запуску требуемого числа параллельных процессов, снабжает каждый процесс своим набором исходных данных, получает от процессов результаты, отображает их в своем окне и проверяет правильность решения. Указанные действия позволяют существенно ускорить процесс выполнения заданий; кроме того, в распоряжении студента имеется набор удобных отладочных средств, также предоставляемых задачиком. Часть заданий была связана с продвинутыми разделами технологии MPI (топология распределенного графа, параллельный файловый ввод-вывод, односторонние коммуникации), появившимися в стандарте 2.0. Предлагались также задания, посвященные параллельным матричным алгоритмам и алгоритмам решения задачи о гравитационном взаимодействии системы n тел и требующие применения различных возможностей технологии MPI.

Для практического изучения технологии многопоточного программирования OpenMP был использован электронный задачник Programming Taskbook for OpenMP [2]. Задания можно выполнять в средах Microsoft

Visual Studio и Dev-C++, поскольку входящие в них компиляторы языка C++ поддерживают данную технологию; при этом задачник генерирует проекты-заготовки с включенным режимом OpenMP.

При дистанционном проведении лабораторных занятий оказалась особенно полезной подсистема задачника Programming Taskbook, обеспечивающая удаленное взаимодействие студента и преподавателя посредством использования ftp-репозитория [3]. Каждый студент получает специальный файл access.dat (сертификат доступа), который позволяет автоматически сконфигурировать его рабочий каталог на домашнем компьютере, загружая в него необходимые дополнительные файлы из ftp-репозитория и генерируя индивидуальный набор учебных заданий. С помощью этого же сертификата доступа задачник обеспечивает автоматическую отправку в ftp-репозиторий всех вариантов учебных программ, выполняющих задания. Вместе с программами в репозитории сохраняются и результаты их проверки, выполненной самим задачиком. Преподаватель может просматривать и рецензировать все полученные программы на своем домашнем компьютере, указывая рекомендации по их исправлению или засчитывая задания как выполненные, причем рецензии автоматически пересылаются студенту. Применение данного механизма существенно упростило дистанционный контроль выполнения учебных заданий.

Дистанционное чтение лекций с помощью системы Teams дало возможность использовать среды разработки и другие программные средства, установленные на компьютере лектора, что сделало лекции более наглядными и позволило включить в них демонстрацию процесса выполнения типовых программ, иллюстрирующих особенности рассматриваемых технологий параллельного программирования. Средства системы Teams также упростили применение на лекциях электронной версии учебника по параллельному программированию [4] и других учебных материалов, выложенных на странице курса в системе Moodle (<http://edu.mmcs.sfedu.ru/course/view.php?id=74>).

Кроме того, дистанционное чтение лекций позволило легко осуществить их качественную запись. Было записано 16 лекций, разбитых на 45 частей (2 или 3 части на одну лекцию), общей продолжительностью более 34 часов. С помощью программы Subtitle Edit были составлены аннотации к каждой лекции, в которых разделы, посвященные определенной теме, были снабжены указанием времени начала соответствующего фрагмента видеолекции. Средняя длина фрагмента составила примерно 6 минут, общее количество фрагментов равно 327. Все видеолекции были загружены на видеохостинг YouTube и оформлены в виде плейлиста «М.Э. Абрамян. Параллельное программирование. Курс лекций» (канал «Михаил Абрамян»). Кроме того, полная аннотация всего лекционного курса была загружена в систему Moodle сайта Института математики, ме-

ханики и компьютерных наук ЮФУ в раздел «Видеолекции» (<http://edu.mmcs.sfedu.ru/course/view.php?id=566>). В начале описания каждого фрагмента видеолекции приводится ссылка на данный фрагмент, позволяющая немедленно начать его воспроизведение с сайта YouTube.com; указывается также длительность этого фрагмента. В заголовках лекций, связанных с разделами книги [4], указываются номера этих разделов; таким образом, выложенный набор видеолекций обеспечивает возможность «параллельного» изучения учебника и просмотра видеолекций [5].

В целом можно отметить, что полученный опыт дистанционного чтения курса свидетельствует об эффективности использования подобного формата организации учебных занятий при условии применения в нем соответствующих обучающих и программных ресурсов.

Литература

1. Абрамян М.Э. Электронный задачник по параллельному программированию на базе интерфейса MPI стандарта 2.0 / Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2017, – Том 13, № 4. – С. 91–104.
2. Абрамян М.Э. О применении электронного задачника при изучении многопоточного программирования // «Информатика: проблемы, методология, технологии». Материалы XIV Международной научно-методической конференции, Воронеж, 6–8 февраля 2014 г. – Воронеж: Изд. дом ВГУ, 2014. С. 3–7.
3. Абрамян М.Э. Удаленные ftp-репозитории, управляемые сертификатами доступа, и их использование на лабораторных занятиях по программированию // XXV научная конференция «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития». Материалы конференции. Ростов н/Д, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2018. – С. 15–18.
4. Абрамян М.Э. Параллельное программирование на основе технологии MPI 2.0. – Ростов н/Д, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2018. – 358 с.
5. Абрамян М.Э. Семестровые курсы видеолекций: пути повышения эффективности // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы XXVII научной конференции. –Ростов н/Д, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2020. – С. 16–18.

О НЕКОТОРЫХ ПРИЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОДГОТОВКИ ТЕСТОВ ПО МАТЕМАТИКЕ В СИСТЕМЕ MOODLE

Абрамян М.Э.

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

В Институте математики, механики и компьютерных наук ЮФУ давно и успешно используется система управления обучением Moodle (moodle.org). В настоящее время раздел сайта института, связанный с данной системой (edu.mmcs.sfnedu.ru), содержит материалы по более чем 100 курсам бакалавриата и более чем 50 курсам магистратуры. Несмотря на активное внедрение в учебный процесс системы Microsoft Teams, система Moodle остается востребованной благодаря удобному пользовательскому интерфейсу и богатству возможностей. Одной из таких возможностей является создание наборов тестов, основанное на применении *банка вопросов*. Эта возможность стала особенно актуальной в связи с необходимостью проведения дистанционных контрольных работ и экзаменов.

Хотя для подготовки новых тестов и их включения в банк вопросов в системе Moodle предусмотрен специальный редактор (в который даже входит редактор формул), он оказывается не слишком удобным при добавлении большого числа тестов, связанных с математическими дисциплинами. Кроме того, применение сложных средств этого редактора может привести к неправильному отображению тестов на некоторых компьютерах. В то же время в Moodle есть возможность *импортирования* в банк вопросов наборов заданий, подготовленных в специальных форматах. Одним из таких форматов является специальный вариант формата GIFT, позволяющий включать в задание не только текст, но и графические файлы, которые, могут, в частности, содержать и сложные математические формулы.

В докладе описываются приемы, позволяющие существенно упростить подготовку и ускорить импортирование в банк вопросов системы Moodle наборов тестов с большим количеством формул, представленных в виде графических фрагментов.

Для импортирования набора тестов с графическим содержанием предусмотрен формат GIFT, в котором, в дополнение к стандартным управляющим командам, можно использовать команды загрузки графики. Текстовый файл в формате GIFT должен быть помещен в zip-архив. Архив должен также содержать подкаталог со всеми графическими файлами. Именно такой zip-архив и импортируется в банк вопросов системы Moodle.

Основной проблемой в данном случае является необходимость подготовки большого числа графических файлов, содержащих изображения математических формул, а также указание корректных ссылок на них из GIFT-файла. Для того чтобы упростить генерацию графических файлов и их связывание с соответствующими фрагментами тестовых заданий, можно поступить следующим образом: подготовить тексты заданий в файле «промежуточного» формата, включающего как обычный текст, так и фрагменты с формулами (выделенные особым образом), после чего обработать файл вспомогательной программой, которая заменит все формулы ссылками на соответствующие рисунки и, кроме того, создаст вспомогательный tex-файл во всеми формулами, с помощью которого можно будет легко перевести эти формулы в графический формат. Подобная вспомогательная программа ToGiftTex, была разработана автором доклада.

При использовании программы ToGiftTex предполагается, что имя файла промежуточного формата совпадает с именем той группы заданий в банке вопросов, которую требуется определить (например, DemoGroup). Каждое задание оформляется в виде текста без пустых строк (за исключением возможных пустых строк в TeX-фрагментах, описываемых далее); задания разделяются пустыми строками. Имена заданий не указываются; при последующей обработке каждое задание получает имя вида *<имя_группы><номер>* (например, DemoGroup1). В тексте заданий необходимо использовать управляющие команды формата GIFT, задающие варианты ответов; можно также использовать html-теги.

Каждый TeX-фрагмент начинается со строки «*==<имя_рисунка>*» и оканчивается строкой «*==*». Между этими строками располагается текст на языке TeX. В качестве имени рисунка можно указать либо буквенный префикс (например, «*==a*»), либо префикс и номер (например, «*==a10*»). Если указан только префикс, то порядковый номер к имени рисунка добавляется программой автоматически.

При обработке исходного файла программой ToGiftTex создаются файлы с расширениями .txt и .tex. Имена файлов получаются путем добавления к имени исходного файла количества заданий (например, DemoGroup6.txt). Это позволяет определить число заданий в группе непосредственно по имени соответствующего файла. В txt-файле содержится текст заданий в формате GIFT и требуемой кодировке UTF-8, снабженный начальной директивой, которая задает имя группы заданий в банке вопросов. Каждое задание в txt-файле снабжается именем; кроме того, все TeX-фрагменты заменяются на директивы вставки соответствующих рисунков.

В tex-файл записываются все TeX-фрагменты, причем перед каждым фрагментом указывается дополнительный текст «File: *<имя_рисунка>.png*». В начало tex-файла добавляется текст из файла texinit.tex; это позволяет определить настройки системы TeX. Полученный

TeX-файл необходимо обработать программой, конвертирующей исходный текст на языке TeX в pdf-файл (например, PDFLaTeX.exe). Для обработки TeX-файлов можно использовать онлайн-среду Overleaf (overleaf.com). После этого надо открыть созданный pdf-файл с помощью программы Adobe Reader, установить инструмент «Снимок» (горячая клавиша G), получить скриншот каждой формулы и сохранить этот скриншот в формате png под указанным именем, используя любой графический редактор. Например, в редакторе Paint достаточно выполнить следующую последовательность действий для каждого скриншота: «Создать» (Ctrl+N), «Вставить» (Ctrl+V), «Обрезать» (Ctrl+Shift+X), «Сохранить» (Ctrl+S).

В результате описанных действий будет получен текстовый файл в формате GIFT и связанный с ним набор рисунков с формулами. Останется сохранить эти данные в zip-архиве (рисунки должны сохраняться в каталоге images) и импортировать этот архив в банк вопросов, используя команду Moodle «Управление курсом / Банк вопросов / Импорт» для формата «Gift with medias format».

Если в дальнейшем, при просмотре созданных заданий в системе Moodle, будут обнаружены недочеты (опечатки или погрешности форматирования), то достаточно исправить исходный файл, опять его обработать программой ToGiftTex, обновить содержимое zip-архива и повторно его импортировать в банк вопросов, предварительно удалив из банка вопросов старый вариант данной группы (удаление группы заданий выполняется единственной командой в разделе «Банк вопросов / Категории»).

Преимуществом описанного подхода является возможность подготовки группы заданий в виде единственного файла с TeX-фрагментами, что упрощает просмотр и корректировку заданий. Автоматическое создание tex-файла со всеми формулами и связанными с ними именами графических файлов ускоряет действия по последующей генерации графических файлов.

Описанная в докладе программа ToGiftTex реализована на языке PascalABC.NET и содержит менее 200 строк кода. Исходный текст и откомпилированный вариант программы вместе с демонстрационным примером, включающим исходный файл DemoGroup.txt и результаты его обработки, доступны по следующей веб-ссылке:

http://ptaskbook.com/download/togifttex_v1.zip

ПРОЕКТ ВИРТУАЛЬНОГО МИНЕРАЛОГИЧЕСКОГО МУЗЕЯ

Абрамян М.Э., Агарков Ю.В., Бортова Л.В., Тихонова Н.А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: mabr@sfnedu.ru, yagarkov2011@yandex.ru, lyukashka@yandex.ru, ntihonova@sfnedu.ru

Новаторское поведение первых людей, живших более 105 000 лет назад, показывает древнейший интерес человека к сбору минералогических коллекций. Образцы минералов и горных пород, хранящиеся в музеях мира, привлекают туристов из различных регионов [1]. Эти туристические и научно-познавательные объекты по посещаемости занимают второе место после музеев космонавтики.

Создание виртуального музея на базе Минералогического музея Института наук о Земле ЮФУ (http://geo.sfnedu.ru/?page_id=191) расширит круг посетителей, облегчит доступ студентов, школьников и всех интересующихся геологией, создаст дополнительные условия для самостоятельных занятий представителей различных учебных заведений. Кроме того, учитывая вызовы, которые нам бросают эпидемии и пандемии, наличие такого виртуального музея помогло бы решить не только проблему доступности, но и расширить возможности популяризации знаний в области минералогии, палеонтологии, петрографии.

Виртуальный музей должен позволить посетителю совершить виртуальную экскурсию по залам музея в трехмерном пространстве, полюбоваться выбранным экспонатом, выполняя его приближение и вращение. В рамках виртуального тура у посетителя должна быть возможность выбора различных экспозиций, в том числе

- «Систематическая коллекция минералов»,
- «Петрографическая коллекция»,
- «Промышленно-генетические типы полезных ископаемых»,
- «Палеонтологическая коллекция»,
- «Природные формы кристаллов»,
- «Морфология кристаллов и минеральных агрегатов»,
- «Физические свойства минералов»,
- «Пейзажные камни»,
- «Космическая геология»,
- «Ювелирные и поделочные камни»,
- «Полезные ископаемые Ростовской области».

Конечно, сделать доступным трехмерное изображение каждого из 4 тысяч имеющихся экспонатов нереально, поэтому целесообразнее дать возможность детального рассмотрения нескольких образцов минералов из каждого класса и не более одного из каждой минеральной разновидности. Например, экспозиция «Систематическая коллекция минералов» делится на 10 классов. При виртуальном туре по музею посетитель может подойти к витринам с минералами выбранного класса и, «взяв в руку», рассмотреть экспонат со всех сторон, приблизить с максимальным увеличением, узнать название минерала, химическую формулу, диагностические свойства, привязку (место, где образец был отобран).

Для создания виртуального музея используется среда Unity-3d (unity.com). Входящие в нее средства существенно упрощают разработку приложений, связанных с трехмерной графикой. Музей будет представлен трехмерной сценой, для мебели и окружающей среды комнаты музея будут использованы готовые объекты (assets) мебели, окон и других предметов. Для каждой экскурсии планируется написать отдельный скрипт, который будет подсказывать пользователю путь обзора экспонатов коллекции. Также предполагается предусмотреть автоматизацию разработки подобных скриптов, что упростит создание новых виртуальных экскурсий для специалистов в области минералогии, не являющихся профессиональными программистами. Ниже приведены возможные варианты виртуальных тематических экскурсий:

- природные кристаллы;
- физические свойства минералов;
- систематическая минералогия с обзором классов:
 - самородные элементы,
 - сульфиды,
 - окислы,
 - карбонаты,
 - сульфаты,
 - вольфраматы,
 - силикаты и др.;
- драгоценные и поделочные камни;
- искусственные минералы;
- генетическая минералогия;
- горные породы;
- метеориты;
- палеонтология.

На начальном этапе разработки данного проекта выполнено сканирование части образцов и создан прототип виртуального музея с несколькими демонстрационными экскурсиями. Сканирование образцов проводи-

лось с использованием 3D-сканера 3D Systems Sense 2 и Shining 3D EinScan-SE. Постобработка полученных 3D-моделей происходила в программе 3D Systems Sense, дополнительная обработка выполнялась в программе Autodesk 3ds Max, что позволило обеспечить их более реалистичную визуализацию (рис. 1).

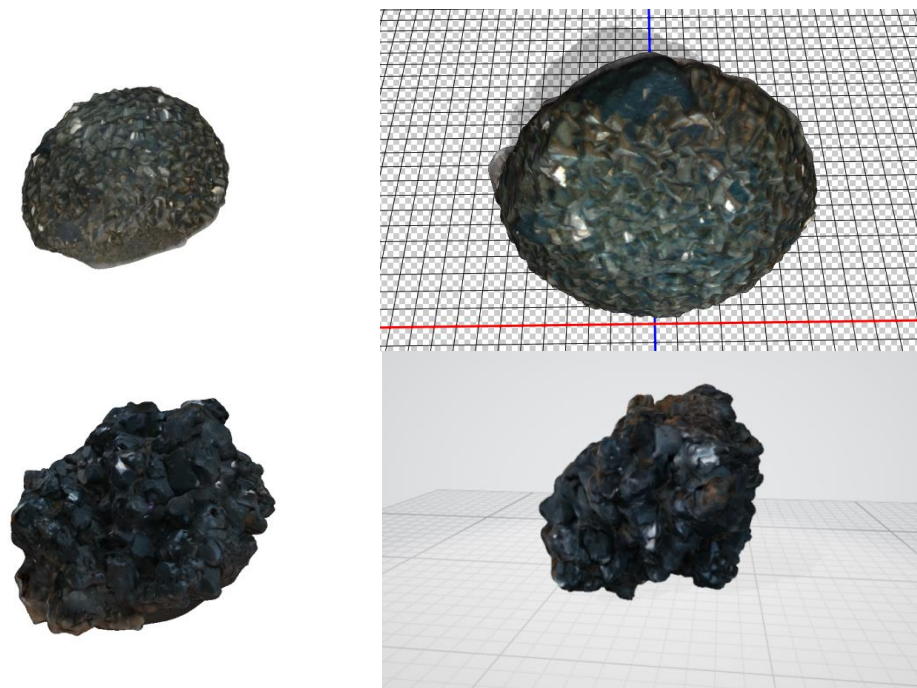


Рис. 1. Образцы отсканированных экспонатов виртуального музея

Литература

1. Агарков Ю.В., Агарков А.Ю. Концепция создания российского музейно-паркового комплекса естественной истории // Экологические проблемы и стратегия устойчивого развития агломерации город-курорт Сочи: сборник научных статей по материалам II научно-практической конференции (Сочи, июнь 2016 г.). – Сочи: Изд. Дом Sochi 23, 2016. – С. 201–205.

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЗАДАЧНИК PROGRAMMING TASKBOOK: РЕАЛИЗАЦИЯ 64-РАЗРЯДНОЙ ВЕРСИИ И АДАПТАЦИЯ К НОВЫМ СРЕДАМ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Абрамян М.Э., Козак М.В.

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

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

В докладе описываются новые возможности электронного задачника по программированию Programming Taskbook [1], реализованные в версиях 4.20 и 4.21. Основной из этих возможностей является наличие 64-разрядного варианта ядра задачника, что позволяет интегрировать его в среды программирования, включающие 64-разрядные компиляторы.

Проблемы, связанные с 32-разрядностью базового варианта ядра задачника, и способы их решения обсуждались в докладе, представленном на предыдущей конференции СИТО [2]. В докладе было отмечено, что простейшим вариантом переноса ядра на 64-разрядную платформу является его реализация в системе Free Pascal Lazarus (lazarus-ide.org) — свободно распространяемой среде программирования на языке Free Pascal. Такая реализация не должна была потребовать существенных модификаций кода, поскольку библиотека графических компонентов системы Lazarus включает практически тот же набор классов, что и библиотека Delphi VCL, использованная в базовой версии ядра. При реализации ядра задачника в среде Lazarus был успешно решен ряд проблем, в том числе отмеченная в [2] проблема визуализации графических окон, создаваемых в dll-файлах, а также проблема, обусловленная применением кодировки Unicode во всех графических компонентах библиотеки Lazarus.

Наличие 64-разрядного ядра позволило адаптировать электронный задачник к свободно распространяемому редактору программного кода Visual Studio Code (code.visualstudio.com). Данный редактор поддерживает ряд языков, обеспечивает подсветку синтаксиса, интеллектуальную подсказку, а также отладку загруженных программ. Фактически он является легкой альтернативой среде Microsoft Visual Studio. После подключения к редактору модуля C# for Visual Studio Code в нем можно разрабатывать программы на языке C# для современной платформы .NET Core, являющейся дальнейшим развитием платформы .NET Framework и совместимой с операционными системами Windows, Linux и macOS. Версия задачника 4.21 позволяет выполнять задания на языке C# для 64-разрядного варианта редактора Visual Studio Code 1.54 и версии .NET Core 3.1 (dotnet-sdk-3.1.407-win-x64). Следует отметить, что платформа .NET Core 3.1 позволя-

ет использовать в программах все возможности последних версий языка C# без установки дополнительных пакетов NuGet. В частности, доступны расширенные средства работы с кортежами, что позволило дополнить методы ввода данных в задачнике для языка C# функциями для ввода кортежей.

Структура проектов, создаваемых для редактора Visual Studio Code, существенно отличается от структуры проектов для среды Visual Studio; это потребовало изменения способа формирования проектов-заготовок для учебных заданий. Однако данные особенности скрыты от учащегося, которому для создания новой заготовки достаточно вызвать модуль PT4Load задачника и ввести в нем имя требуемого задания.

В версии 4.20 задачника была реализована поддержка еще одной среды программирования для языков платформы .NET: SharpDevelop 5.1. Это еще более легковесная среда разработки (ее дистрибутив имеет размер 13 М), причем в ней можно выполнять задания не только на языке C#, но и на языке F#. К сожалению, разработка этой среды была приостановлена, поэтому она не поддерживает последние версии языка C#, однако отмеченное ограничение не является существенным на начальных этапах изучения этого языка.

Таким образом, задачник версии 4.21 позволяет выполнять учебные задания на языке C# с использованием трех различных сред разработки: традиционной среды Microsoft Visual Studio (версии 2010, 2012, 2013, 2015, 2017, 2019) и двух новых сред: Visual Studio Code и SharpDevelop. Кроме того, можно использовать две среды программирования (Microsoft Visual Studio и SharpDevelop) для выполнения заданий на языке F#. Поддержка языка F#, реализация которой была начата два года назад [3], была завершена в версии задачника 4.20; тогда же был расширен раздел сайта задачника, посвященный языкам платформы .NET. В настоящее время все примеры решений в этом разделе приводятся на трех языках: C#, Visual Basic .NET и F#.

Была также расширена поддержка других языков программирования. Для языка C++, наряду с ранее доступными средами Microsoft Visual Studio и Code::Blocks, теперь можно использовать популярную среду Dev-C++ (версия 5.11), включающую, как и среда Code::Blocks, компиляторы семейства MinGW. Для языка Ruby, наряду с ранее доступной средой NetBeans [4], реализована поддержка среды программирования RubyMine 2020. Данная среда является более удобной, чем среда NetBeans; кроме того, ее проще настроить (процесс настройки этих сред подробно описан в разделе сайта задачника, посвященном использованию языка Ruby). Хотя среда RubyMine не является бесплатной, на сайте компании JetBrains <https://www.jetbrains.com/community/education/#students> студенты и преподаватели могут получить бесплатную академическую лицензию на ее использование.

Разработка 64-разрядного варианта ядра электронного задачника позволила обеспечить в версии 4.21 поддержку 64-разрядных интерпретаторов для языка Python и 64-разрядных вариантов JRE для языка Java. Данная возможность является актуальной в связи с тем, что в настоящее время именно 64-разрядные реализации этих языков являются наиболее популярными и с большой вероятностью именно они установлены на компьютере учащегося. Ранее для использования электронного задачника требовалось дополнительно установить на компьютер 32-разрядный вариант соответствующей системы; теперь при запуске задачник автоматически определяет разрядность учебной программы и подключает к нему соответствующий вариант ядра, предоставляющий программе все необходимые дополнительные функции.

Следующим этапом развития возможностей электронного задачника Programming Taskbook является реализация 64-разрядных вариантов для различных специализированных задачников по программированию – расширений базового задачника.

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., Лебедев Е.С. Об одном подходе к реализации кроссплатформенного электронного задачника по программированию // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы XXVII научной конференции. – Ростов н/Д, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2020. – С. 19–20.
3. Абрамян М.Э., Луговая М.В. Электронный задачник по программированию для языка F# // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития. Материалы XXVI научной конференции. Ростов н/Д, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2019. – С. 20–22.
4. Абрамян М.Э., Юрин О.И. Электронный задачник по программированию для языка Ruby // Научная конференция «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития» (17–18 апреля 2014 г.). Материалы конференции. – Ростов н/Д, 2014. – С. 26–27.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛИЦА С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕРАТИВНО-СОСТЯЗАТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Авилов А.М., Демяненко Я.М.

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

E-mail: arseniy1099@gmail.com, demyanam@gmail.com

Традиционные подходы к трехмерной реконструкции лица [4] требуют на вход, помимо исходного изображения, дополнительные данные, полученные из других не менее затратным в вычислительном плане алгоритмов, такие, как ключевые точки лица, трехмерные объемные морфируемые модели. Но не всегда есть возможность получить данную информацию.

Генеративно-состязательные сети (GAN's) [3] способны с высокой точностью моделировать двумерное изображение объектов различных типов. Также существуют исследования [1], показывающие, что GAN'ы захватывают неявно лежащие в изображениях трехмерные структуры объектов, что дало возможность для извлечения трехмерных геометрических особенностей из готового 2D GAN'a, который обучается только на RGB изображениях.

Это позволило использовать только существующие предварительно подготовленные 2D GAN'ы, не имея вышеуказанных специфических данных, которые обладают достаточными знаниями для восстановления трехмерных форм объектов из двумерных изображений.

Поскольку для создания трехмерной форма необходимо: альbedo, изображения лица с различными углами поворота, различным уровнем яркости и параметром глубины, эти данные должны генерироваться в ходе работы алгоритма, но генерация глубины из случайных векторов для каждого двумерного изображения под разными ракурсами является трудоемким процессом.

Для решения этой проблемы используется эллипсоид в качестве исходной формы глубины трехмерного объекта. Взяв эллипсоид, как параметр глубины, можно сгенерировать и визуализировать ряд изображений лица с различными произвольно подобранными точками обзора и условиями яркости. Эти сгенерированные лица можно использовать для получения лучшей трехмерной формы глубины, так как эллипсоид подчеркивает только форму головы, не принимая в расчет такие части лица, как нос, глаза, губы и т.д.

Таким образом, алгоритм имеет 3 основные части. Первая, инициализация глубины эллипсоидом и оптимизация генерации альbedo. Вторая, ис-

пользуется глубиной и альбедо для генерации псевдолиц с различными случайными углами поворота и условиями освещения, и они проводят через GAN для получения проектируемых образцов. Третья, оптимизация сетей для получения более точной глубины, угла поворота, яркости и альбедо. И в конце рендеринг [2] трехмерного лица, используя полученные данные.

Литература

1. Xingang Pan, Bo Dai, Ziwei Liu, Chen Change Loy, Ping Luo. Do 2D GANs Know 3D Shape? Unsupervised 3D Shape Reconstruction from 2D Image GANs. [arXiv:2011.00844v4](https://arxiv.org/abs/2011.00844v4) [cs.CV] 12 Mar 2021.
2. Hiroharu Kato, Yoshitaka Ushiku, and Tatsuya Harada. Neural 3d mesh renderer. In CVPR, pp. 3907–3916, 2018.
3. Ian Goodfellow, Jean Pouget-Abadie, Mehdi Mirza, Bing Xu, David Warde-Farley, Sherjil Ozair, Aaron Courville, and Yoshua Bengio. Generative adversarial nets. In NIPS, 2014.
4. Aaron S. Jackson, Adrian Bulat, Vasileios Argyriou, Georgios Tzimiropoulos. Large Pose 3D Face Reconstruction from a Single Image via Direct Volumetric CNN Regression. [arXiv:1703.07834v2](https://arxiv.org/abs/1703.07834v2) [cs.CV] 8 Sep 2017.

БАЗА ДАННЫХ ПО ИЗВЕСТКОВОМУ НАНОПЛАНКТОНУ

Агарков Ю.В., Соколова С.А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

E-mail: yagarkov2011@yandex.ru, lana.sssokolova@gmail.com

Накопление огромного количества информации по систематике и распространности больших по видовому разнообразию групп современной и ископаемой фауны и флоры приводит к значительным затруднениям в ее использовании, частому повторному открытию видов, создающему дополнительный информационный шум. Для хранения и обработки различных данных по биоразнообразию было создано несколько различных вариантов отечественных и зарубежных информационных систем (ИС) и баз данных [1 – 2].

Одни из них предназначены для решения конкретных узких задач, другие решают комплексные проблемы информатизации исследований, но ограничены временными или пространственными рамками. В последние годы начата разработка универсальных баз данных по современным и ископаемым организмам.

Основным их недостатком, делающим их применение невозможным для хранения разнородной биологической и палеонтологической информации, является отсутствие универсальности структуры при морфологическом, экологическом и других видах анализа в комплексе крупных таксономических групп (класс, тип). Также важна возможность создания активной, быстро редактируемой синонимики и альтернативной синонимики без отрыва от иных сопутствующих сведений. Жесткая привязка к валидным видам всей атрибутивной информации ведет к отрыву от реальных экземпляров и при изменении синонимики и систематики приводит к потере или искажению данных, требует перепроверки первоисточников с огромными трудозатратами, создает информационный шум и дает неверную информацию о содержании валидных видов, по сути, делает такую информацию практически бессмысленной.

Для устранения всех перечисленных и многих других проблем авторами разработана структура хранения практически всех данных, используемых в естественных науках, и позволяющая ввод информации из первоисточников, не интерпретируя сведения, отмеченные в них. Основой для нее послужила предложенная Ю.В. Агарковым в 1993 году и в дальнейшем постоянно совершенствующаяся многоцелевая информационная система (ИС) по радиоляриям (RADBASE), а затем и другим организмам (BIOBASE) [3 – 4].

База данных представляет собой комплексную геоинформационную систему, которая содержит и постоянно обновляет все сведения по современным и ископаемым организмам, как авторского, так и обширного опубликованного материала. Она состоит из нескольких взаимосвязанных блоков: собственно биологической базы, библиографической, базы кодировки геологического пространства и картографической основы. Каждый из этих блоков представляет собой отдельную информационную систему, которая может быть использована и для создания прочих баз данных.

Биологический блок позволяет хранить информацию по нанопланктону независимо от их морфологической характеристики, возрастного диапазона существования и разнообразия экологических обстановок существования (рис. 1). Всего на данный момент содержатся сведения более чем по 5 000 видам вышеперечисленных групп организмов, собранные со всех континентов и океанов отобранные авторами в различных экспедициях и из более чем 10 000 опубликованных и рукописных работ.

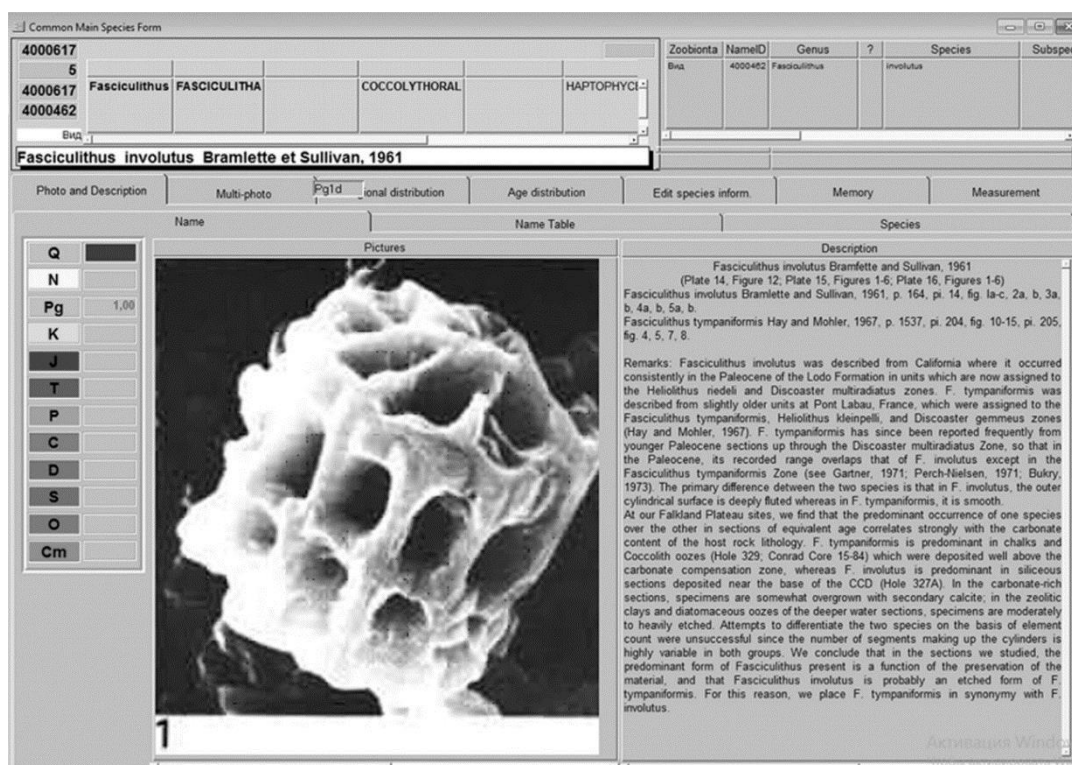


Рис. 1. Главная форма

Главной отличительной особенностью разработанной ИС является основной объект хранения информации. Нами использован не вид или подвидовой таксон, как принято во всех известных аналогичных разработках, а совокупность реально существующих экземпляров, одинаково называемых (в биномиальной ботанической, зоологической или палеонтологической номенклатуре) и главное одинаково понимаемых определенной группой.

пой биологов. Эти экземпляры являются чувственно конкретными и не зависят от исследователя, могут храниться в коллекциях и иметь различные описательные характеристики. Поскольку для общения с людьми и описания мы используем слова, которые при систематиках и классификациях превращаются в термины (абстрактно конкретные), то и в ИС мы вынуждены применять их, заменяя ими реальные объекты. Однако этот набор терминов на латинском языке мы не можем приводить к нормальным формам (разделять на родовое и видовое название, фамилию автора первоописания и др.) и должны понимать только как целое. Если же в литературе встречается абсолютно одинаковый набор терминов, но отражающий другие морфологические объекты, то мы должны воспринимать его, как самостоятельный таксон. В упрощенном понимании, объектом ИС является терминологический синоним.

Задачей разработки структуры, при таком понимании объекта, является с помощью кодировок, не имеющих семантической нагрузки, т.е. не имеющих смысла, а лишь заменяющих термины для устранения возможных текстовых ошибок при вводе оператором, объединить все синонимы. На первом уровне соединяются все синонимы подвидового уровня, а далее – и на уровне видового таксона. При этом обязательно указывается по кодировке специального словаря тип записи (базиномим, синоним, тавтономим) и уровень иерархии от подформы до вида. Все остальные сведения являются атрибутами базового термина и отражают те или иные свойства экземпляров на различном уровне иерархии и обобщения данных.

В целом палеонтологический (биологический) блок представляет серии реляционных таблиц для каждой крупной таксономической единицы (класс, тип) и связанных системами ключевых полей. Вследствие универсальности таблиц хранения информации и гибкости операционной обработки данных система позволяет проводить анализ как для каждого класса или отдела, так и для всех таксонов высокого ранга вместе. Основными в описываемом блоке являются следующие таблицы: словарь подродовых таксонов, систематика подродовых таксонов, описание подродовых таксонов, изображение подродовых таксонов, распространенность подродовых таксонов, морфологические признаки подродовых таксонов, словарь морфологических признаков подродовых таксонов, параметры скелета подродовых таксонов, экология подродовых таксонов, возрастное распространение подродовых таксонов, словарь родов, описание родов, систематика родовых таксонов, словарь надродовых таксонов, систематика надродовых таксонов, описание надродовых таксонов, таблица синтеза данных для анализа распространения

Взаимосвязь базовых и части вспомогательных таблиц, которых насчитывается более ста, приведена в модели данных (рис. 1).

Базовой в ИС является словарь видов и подвидовых таксонов. Его структура отработана на более чем 5 000 таксонов кокколитофорид, а в целом таксономический словарь по всем группам насчитывает более 130 000 валидных видов и их синонимии.

Для создания активной синонимии словарь таксонов рекурсивно связан сам с собой, для альтернативной синонимии создано взаимодействие с иной аналогичной кодировкой, но другими режимами кодов типа записи.

Авторские описания и изображение таксонов содержат все необходимые ссылки на страницы в первоисточнике и номера палеонтологических таблиц и рисунков.

Морфологические параметры являются самими сложными при создании единой структуры хранения. Эту проблему можно решить путем создания таблицы, содержащей код таксона, код признака и параметр, а затем необходимо преобразовать с помощью подпрограмм в пересчетный массив, учитывающий особые признаки для крупной таксономической группы.

Различные древовидные по шаговые (бумажные) определители часто не позволяют начинающему палеонтологу справиться с диагностикой поскольку иногда отсутствуют данные позволяющие работать на первых этапах древовидной структуры или приводят в тупик при неоднозначности и ошибочном пониманию признака. Опытный же специалист, работающий с ограниченной группой видов, на пример по возрасту, зачастую определяют экземпляры по одному характерному признаку. Этот принцип существует во всех описательных областях естествознания.

Отмеченный принцип диагностики реализован путем электронных выборок или сортировок по прямым признакам или их сложному сочетанию.

Предложенная структура хранения данных позволяет осуществлять быстрый поиск информации по любому виду и его синонимам, знакомиться с особенностями распространения видов, строить карты биогеографического районирования, определять геологический возраст горных пород. Все перечисленные возможности используются на практических занятиях и при написании курсовых и дипломных работ.

Литература

1. Radiolarian catalogue and systematics of Middle Jurassic to Early Cretaceous Tethyan genera and species // Middle Jurassic to Lower Cretaceous Radiolaria of Tethys: Occurrences, Systematics, Biochronology. Mémoires de Géologie. – Lausanne, 1995. – Vol. 23. – P. 37 –685.
2. Catalogue of life: <http://www.catalogue-oflife.org> (дата обращения: 01.10.2015).

3. Yuriy V. Agarkov, Andrey Yu. Agarkov Principles of Paleontological and Biological Databases // European Geographical Studies, – 2015, – Vol. (8), Is. 4, – P. 156 –167.
4. Агарков Ю.В., Агарков А.Ю. База данных по радиоляриям мира. Свидетельство государственной регистрации базы данных N 2017620457 от 20 апреля 2017 г.

МОДЕЛЬ ИСТОЧНИКА ГРУППИРУЮЩИХСЯ СТИРАНИЙ

Айдаркин Е.Е., Могилевская Н.С.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Институт математики, механики и компьютерных наук

им. И.И. Воровича

E-mail: aidarkinzhenya@mail.ru, nmogilevskaya@sfnu.ru

В теории помехоустойчивого кодирования для исследования корректирующих способностей кодеков обычно используются модели помехоустойчивых каналов передачи данных. В работах [1, 2] показано, что на корректирующую способность помехоустойчивых кодеков наибольшее влияние оказывает частота появления ошибок и их структура. За генерацию ошибок в моделях каналов передачи данных отвечает модель источника ошибок. В большинстве исследований алгебраических методов борьбы со стираниями предполагается, что стирания появляются равномерно и независимо. Целесообразно предположить, что стирания могут группироваться в пакеты и более сложные структуры по аналогии с ошибками в каналах. Цель данной работы состоит в модификации модели Гилберта потока группирующихся ошибок [1] для случая стираний.

Назовем потоком стираний последовательность элементов из алфавита $\{0, *\}$, элементы которой равны 0 при отсутствии стирания и равны * при наличии стирания на соответствующей позиции. Длина потока ошибок полагается равной длине передаваемых данных. При моделировании стирающего канала передачи данных происходит генерация потока стираний и его аддитивное добавление к передаваемым данным по формуле $c + e = (c_1 + e_1, c_2 + e_2, \dots, c_n + e_n)$, где $e = (e_1, e_2, \dots, e_n)$, $e_i \in \{0, *\}$ – вектор стираний, $c \in F_q^n$ – кодовый вектор. При этом $\forall a \in F_q: a + * = * + a = *$.

Опишем модель потока стираний, основанную на модели Гильберта потока ошибок [1]. Будем считать, что канал может находиться в двух состояниях: в «хорошем», когда стирания невозможны и в «плохом», когда стирания происходят с некоторой постоянной вероятностью ε . Способ переключения между состояниями канала определяется матрицей переходных вероятностей

$$P = \begin{pmatrix} p_{gg} & p_{gb} \\ p_{bg} & p_{bb} \end{pmatrix}$$

где p_{xy} – вероятность перехода из состояния x в состояние y . Символ g соответствует «хорошему» состоянию канала, символ b – «плохому». Заметим, что в матрице переходных состояний сумма вероятностей в каждой строке равна единице. Предполагается, что в начале работы канал находится в хорошем состоянии и в поток стираний записывается символ 0.

Для создания следующего символа потока необходимо сгенерировать одно или два случайных числа t_1 и t_2 , таких, что $0 \leq t_1, t_2 \leq 1$. Первое из этих чисел сравнивается с вероятностью p_{gg} . По результатам сравнения определяется следующее состояние канала: при $t_1 \leq p_{gg}$ сохраняется хорошее состояние канала, иначе считается, что канал перешел в плохое состояние. Если состояние канала хорошее, то в поток стираний вновь записывается нулевой символ, иначе генерируется t_2 , которое затем сравнивается с вероятностью ε . Если $t_2 \leq \varepsilon$, то в поток записывается символ *, иначе – символ 0. Далее генерация потока проводится аналогично описанному. При нахождении канала в плохом состоянии сравнение случайных чисел t_1 проводится с вероятностью p_{bb} .

Очевидно, что для потока стираний выполняются все статистические оценки, справедливые для потока ошибок, а также применимы методы оценки параметров модели Гильберта по результатам статистических испытаний.

В работе программно реализована имитационная модель цифрового стирающего канала передачи, в которой предусмотрена возможность моделирования потоков стираний двух типов: с независимыми или группирующимися стираниями. В качестве методов борьбы со стираниями модель может использовать несколько различных способов. Это схемы защиты, предложенные В. Паном, а также А. Аль-Шахи и Я. Иловым (см. описание, например, в работе [3]), и работающие в полях \mathbb{F}_{p^r} , где p – простое, а r – натуральное числа. А также матричная схема, описанная в работе [4], работающая с данными, записанными элементами из \mathbb{F}_2 , и использующая для декодирования метод информационных совокупностей, адаптированный для каналов со стираниями [4].

Таким образом, в работе получен инструмент, позволяющий тестировать и исследовать методы борьбы со стираниями в канале по отношению к стираниям различной интенсивности и структуры. В настоящее время проводится экспериментальное исследование зависимости корректирующей способности методов борьбы со стираниями от параметров потока стираний.

Литература

1. Деундяк В.М., Могилевская Н.С. Математическое моделирование источников ошибок цифровых каналов передачи данных. Учебное пособие. – Ростов н/Д: Издательский центр «Донской гос. технический ун-т», 2006.
2. Деундяк В.М., Могилевская Н.С. Математическое моделирование источника ошибок q -ичного канала передачи данных // Известия высших

- учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2008. – № 1 (143). – С. 3–7.
3. Айдаркин Е.Е., Деундяк В.М., Позднякова Е.А. Экспериментальное исследование матричных методов защиты от стираний в цифровых каналах передачи данных // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2017. – № 3. – С. 97–104.
 4. Айдаркин Е.Е., Деундяк В.М. Построение кодирующих матриц с равновесными столбцами для использования в каналах со стираниями. // Телекоммуникации. – 2020. – № 3. – С. 11–17.

РЕАЛИЗАЦИЯ ШЕЙДЕРОВ ДЛЯ ИГРОВЫХ ПРОЕКТОВ UNITY

Акопджанова Н.В., Демяненко Я.М.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: nic.a@mail.ru, demyana@sfedu.ru

Выпуск Unity 2018.1[1] ознаменовал собой новую эру в создании визуальных эффектов в играх. По сути, разработчики Unity получили инструменты для создания красоты в своих играх[2]. В представленном проекте рассматривается реализация различных шейдеров для создания визуального окружения в 3D игре. В данной работе акцент сделан на два шейдера: шейдер дождя поверх исходной текстуры и шейдер настроения.

Основная сцена в игре – лес, состоящий из низкополигональных моделей растений и камней. На все объекты наложен шейдер, имитирующий дождь поверх исходной текстуры, а также шейдер «настроения». Задача последнего — погрузить игрока в заданную атмосферу, т. е. проиллюстрировать психологическое состояние персонажа.

Шейдер «настроения» работает следующим образом. При ухудшении самочувствия персонажа окружение приобретает менее яркие цвета, уменьшается количество света, а при критическом состоянии начинают искривляться поверхности. Здоровье персонажа также влияет на интенсивность солнечных лучей и частицы света в них. В результате появляется возможность продемонстрировать пользователю какие-то характеристики, например, здоровье или энергию, не только в виде шкалы или цифры. Вся визуальная составляющая игры при изменении таких характеристик покажет пользователю, насколько важно следить за здоровьем персонажа и позволит глубже погрузиться в игровой мир.

Кроме наложения цветовых и световых эффектов на объекты, которые демонстрируют некоторый психологический эффект, настроение в сцене можно задать и более понятными процессами. Так, например, дождь может значительно повлиять на настроение в игре. Для реализации дождя достаточно использовать систему частиц, однако она не предусматривает взаимодействие капель дождя с объектами. Падение капель на поверхности реализовано отдельным шейдером, который для поверхностей, расположенных под разным углом, выполняет различные действия. В этом шейдере используется шум для создания капель, падающих на ровную горизонтальную поверхность и простая текстура с набором капель, которая движется по боковым поверхностям объектов сверху вниз, то есть не по исходным текстурным координатам объекта, а используя мировые координаты. Для создания более реалистичного эффекта неравномерного движения

капель накладывается шум, изменяющий текстурные координаты и соответственно движение текстуры.

Проект полностью создавался в среде разработки Unity. Для создания шейдеров использовался графический интерфейс Shader Graph [3] – визуальный инструмент создания шейдеров в Unity. Также использовались бесплатные ассеты: 3D модели и текстуры для них.

Литература

1. Новость о выпуске версии Unity 2018.1, подробности обновления. URL: <https://blogs.unity3d.com/2018/05/02/2018-1-is-now-available/> (дата обр. 12.04.2021).
2. Мануал по инструменту Shader Graph (официальный сайт документации Unity). URL: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.shadergraph@6.9/manual/index.html> (дата обр. 12.04.2021).
3. Возможности и примеры работы Shader Graph. URL: <https://unity.com/shader-graph> (дата обр. 12.04.2021).

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ВНЕШНЕЙ КАМЕРЫ ДЛЯ СМАРТФОНОВ НА ОСНОВЕ FPGA И КОНФИГУРИРУЕМЫМИ ВЫЧИСЛЕНИЯМИ

Алымова Е.В., Кулиев Э.С.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

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

E-mail: kuliev.ed@gmail.com

В современном мире люди используют смартфоны не только как фотоаппараты, но и сканнеры для документов, схем, чертежей. При этом сами смартфоны для этого не подготовлены. В хороших условиях съемки они справляются с этим отлично, но при присутствии искажений, неравномерности поверхности или освещения возникают ошибки, которые сложно исправить алгоритмически [4].

Тема научной работы – "Разработка мобильного приложения для улучшения качества распознавания фотодокументов в затрудненных условиях съемки". На рис. 1 представлена схема, иллюстрирующая типы фотодокументов. Каждый вид имеет свои особенности: у книг есть переплет, который дает искривление поверхности, при съемке экранов могут проявляться полосы, рукописные документы нельзя распознавать также, как напечатанные.

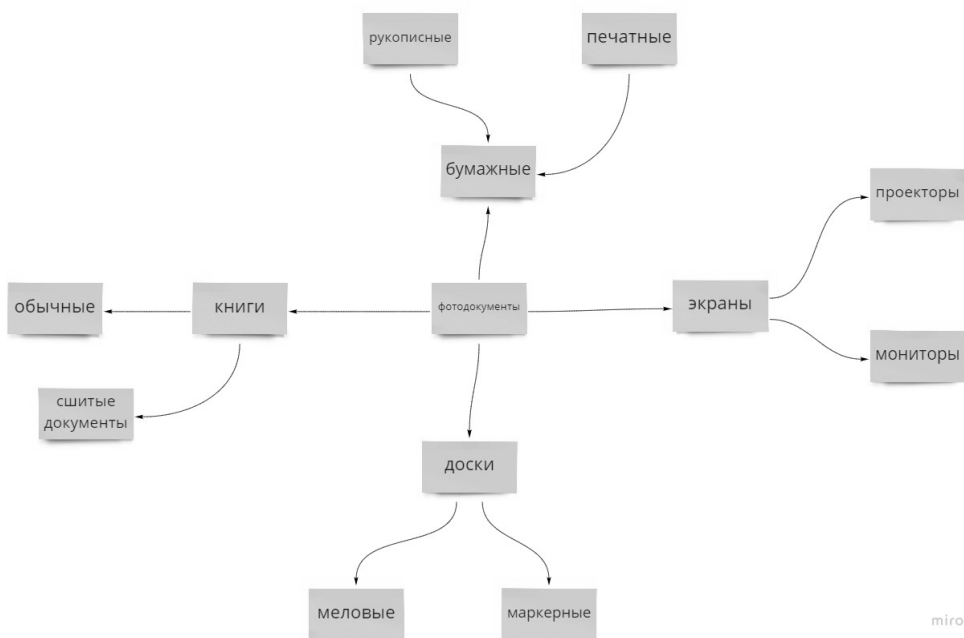


Рис. 1. Виды фотодокументов

Также на фотодокументах может находиться разный контент: текст, графики, картинки, чертежи. От контента также зависит, как и каким образом обрабатывать фотографию. Например, существуют методы коррекции поворота и изгибов, которые опираются на знание о том, что на документе только текст примерно одинакового размера, а если это предположение не выполняется, они работают значительно хуже или не работают вовсе [1].

Имеют значение и условия съемки [3] – неравномерность освещения, перспективные искажения, искривления (возникают при использовании объективов с широким углом зрения), отражения, прозрачность материала, неравномерность поверхности, с которой производится сканирование, и даже деградация носителя (пятна, естественное старение, оторванные кусочки).

Большое количество работ посвящено какой-то одной теме: удаление фона с документа [2], исправление изгибов поверхности [1], разработка нового метода бинаризации [2]. Цель данной работы – объединить их в систему, которая позволит производить более качественное сканирование. Для достижения поставленных целей система должна обладать следующими характеристиками:

1. заменяемый модуль камеры (как сенсора, так и объектива), чтобы лучше подстраиваться под меняющиеся условия съемки,
2. возможность реконфигурирования конвейера обработки видеопотока для использования наиболее подходящего метода на уровне интегральных схем,
3. возможность аппаратного расширения,
4. независимость от смартфона,
5. получение данных напрямую от сенсора, чтобы минимизировать вносимые искажения.

Предлагается разработать внешнее устройство на основе FPGA, управляемое со смартфона специальным приложением. Такое решение обладает необходимыми характеристиками и рядом возможностей, продемонстрированных на рис. 2.

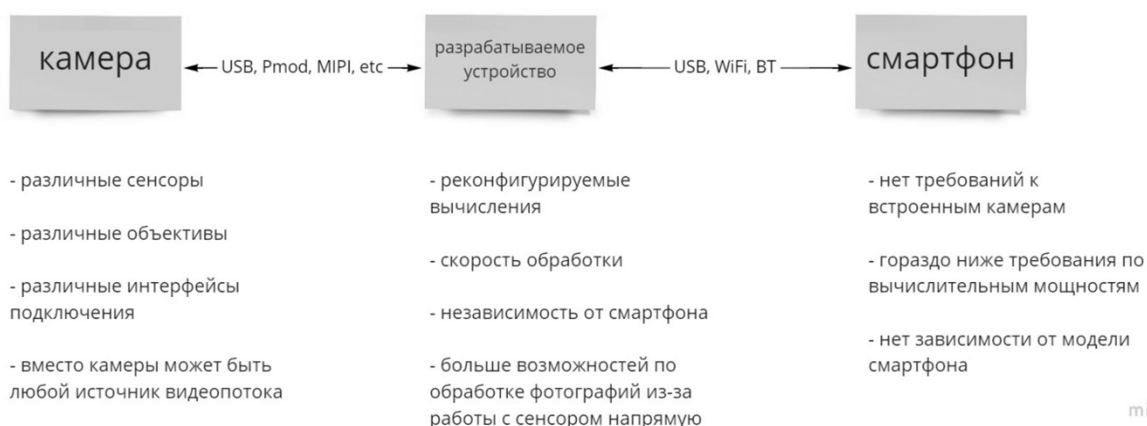


Рис. 2. Аппаратная архитектура

На рис. 3 представлена программная архитектура, включающая в себя алгоритмы обработки и улучшения изображения.

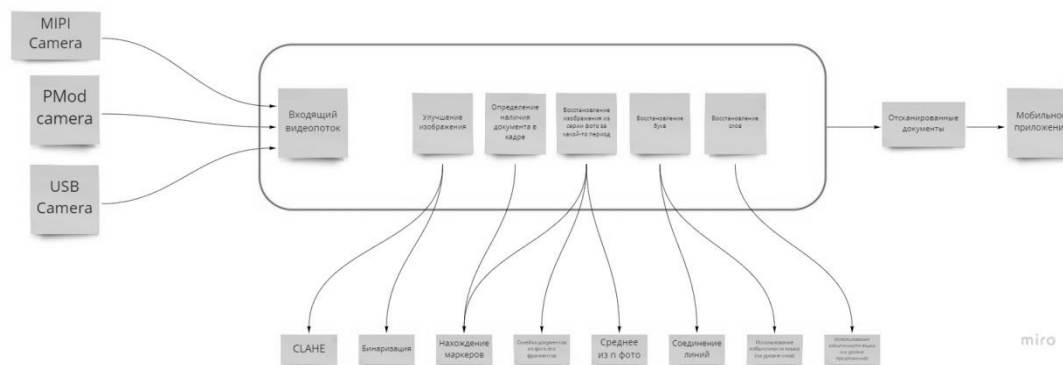


Рис. 3. Программная архитектура

Литература

1. Syed Saqib Bukhari, Faisal Shafait, Thomas Breuel, Coupled snakelets for curled text-line segmentation from warped document images, 2011, DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10032-011-0176-2>.
2. Sungho Suh, Jihun Kim, Paul Lukowicz, Two-Stage Generative Adversarial Networks for Document Image Binarization with Color Noise and Background Removal, 2020.
3. Muhammad Muzzamil Luqman, Petra Gomez-Krämer, Jean-Marc Ogier, Mobile phone camera-based video scanning of paper documents, 2014, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00946625>.
4. https://www.xeroxscanners.com/downloads/manuals/XMS/Scanner_vs_Phone_Camera_whitepaper_031512.EN.pdf.

ПОСТРОЕНИЕ (m, n) -РЕГУЛЯРНЫХ ДВУДОЛЬНЫХ ГРАФОВ С НАИБОЛЬШИМ ОБХВАТОМ МЕТОДОМ УВЕЛИЧЕНИЯ МЕТАГРАФОВ

Аругтюнов О.В.

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

E-mail: ArutunoffOleg@yandex.ru

Двудольные графы активно применяются в теории кодирования при коррекции ошибок. К примеру, в кодах с малой плотностью проверок на чётность [1]. Вершины из одной доли соответствуют битам передаваемой информации, их называют информационными. Вершины из другой доли передаются для поиска ошибок, произошедших при передаче, их называют проверочными.

Важной задачей при работе с такими графами является поиск минимального цикла. Однако это задача осложняется тем, что количество информационных вершин может достигать сотен тысяч. В нашей работе предложен подход для упрощения построения и анализа таких графов: разработано компактное представление графа, называемое метаграфом, по которому можно затем построить искомый граф.

Метаграф — это двудольный граф, дугам которого поставлены в соответствие двоичные матрицы. Из метаграфа можно получить граф таннера, если сопоставить каждой вершине набор из K вершин, а каждой дуге — набор дуг, построенный по соответствующей ей матрице размера $K \times K$. Такой процесс будем называть увеличением в K раз.

В качестве матриц в метаграфах будем использовать матрицы-циркулянты, образованных вектором, содержащим одну единицу и нули. Тогда одной дуге метаграфа будет соответствовать ровно K дуг. Группа таких матриц размера K изоморфна Z_K , поэтому можно ставить дугам в соответствие целые числа, подразумевая соответствующие матрицы. Далее будем говорить только о таких метаграфах. Примеры метаграфа, дуги которого помечены числами из Z_4 , и графа, полученного увеличением метаграфа можно изображены на рис. 1.

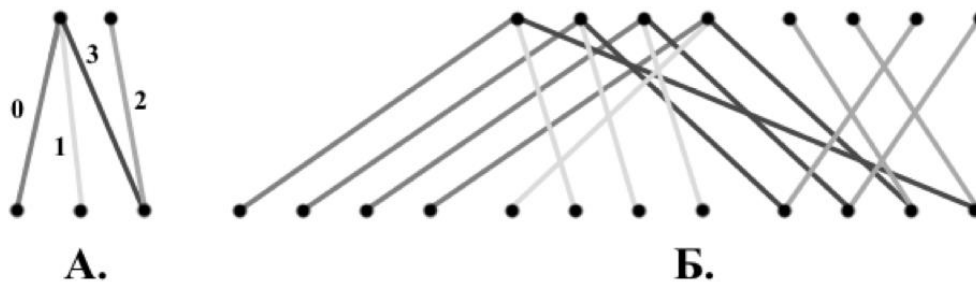


Рис. 1. А) Пример метаграфа. Б) Граф полученный увеличением метаграфа из п А. в 4 раза

Теорема.

Цикл P длины l на метаграфе является циклом в увеличенном графе тогда и только тогда, когда сумма соответствующих дугам цикла чисел равна нулю по модулю K , причем числа дуг идущих от информационной вершины к проверочной должны быть взяты с обратным знаком.

Доказательство.

Если дуге соответствует число s , то при прохождении по ней из i -той вершина проверочной компоненты мы придём в $i + s \pmod{K}$ -ую вершину информационной компоненты. Соответственно, из j -той вершины информационной компоненты приходим в $j - s \pmod{K}$ -ую вершину проверочной компоненты.

1. Пусть цикл P длины l в метаграфе удовлетворяет условию теоремы. Тогда номер в первой компоненте цикла, куда можно прийти из её первой вершины пройдя по соответствующим циклу дугам, будет равен $1 + \sum_{i=1..l} (-1)^i s_i \pmod{K}$. По условию теоремы, $\sum_{i=1..l} (-1)^i s_i = 0 \pmod{K}$, значит этот путь является циклом в увеличенном графе
2. Пусть цикл в увеличенном графе соответствует циклу на метаграфе, тогда $1 + \sum_{i=1..l} (-1)^i s_i = 1 \pmod{K}$, тогда $\sum_{i=1..l} (-1)^i s_i = 0 \pmod{K}$, что и требовалось доказать.

Таким образом, можно показать, что во многих графах с регулярной структурой будут появляться короткие циклы. К примеру, рассмотрим метаграф, изображённый на рис. 2. Независимо от свойств чисел $p_1..p_N$ и $q_1..q_N$, в графе образуется цикл $A \rightarrow b_1 \rightarrow B \rightarrow c_2 \rightarrow C \rightarrow c_1 \rightarrow B \rightarrow b_2 \rightarrow A$. Сложим соответствующие дугам числа по вышеуказанному правилу: $S = p_1 - q_1 + p_2 - q_2 + q_1 - p_1 + q_2 - p_2 = 0$.

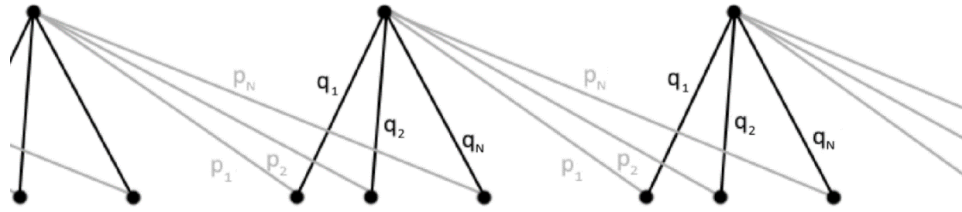


Рис. 2. Метаграф с минимальным циклом не больше восьми.

Рассмотренный пример приводит к ещё одному утверждению: рассматривая тривиальные примеры графов с регулярными структурами, нельзя получить граф с большим обхватом, потому что в таком случае возникает цикл, проходящий по соседним компонентам по одному пути, но в разном направлении.

Алгоритм построения (m, n) -регулярного графа с $C \cdot K$ проверочными вершинами, $I \cdot K$ информационными и минимальным циклом N :

1. Создаём метаграф G без дуг с C проверочными вершинами и I информационными.
2. $i \leftarrow 1, B_i = \emptyset$
3. $a_i =$ любая дуга, которой нет в $\{a_j\}_{j=[1, i-1]} \cup B_i$, которая не нарушает условие регулярности графа. Добавляем a_i в G . Если таких дуг нет — перейти к п. 8.
4. Запускаем алгоритм поиска циклов на метаграфе. Если циклов нет, переходим к пункту 5, если есть, то к пункту 7.
5. Если $i < m \cdot C$, перейти к п. 6, иначе выйти из алгоритма.
6. $i \leftarrow i + 1, B_i = \emptyset$, перейти к п. 3
7. $B_i \leftarrow B_i \cup \{a_i\}$, удалить $\{a_i\}$ из G , перейти к п. 3.
8. Если $i = 1$, выйти из алгоритма с ошибкой, иначе $B_i \leftarrow \emptyset, i \leftarrow i - 1$, перейти к п. 3.

Литература

1. *Johnson S.J.* Introducing Low-Density Parity-Check Codes. University of Newcastle, Australia, 2006.

РАЗРАБОТКА СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ИММИКН

Аскерова А.Р., Майер С.Ф.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Институт математики, механики и компьютерных наук

им. И.И. Воровича,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: aaskerova@sfedu.ru, sfmayer@sfedu.ru

На сегодняшний день большую часть времени мы проводим в интернете, пользуясь всевозможными предоставляемыми ресурсами. Существует проблема неструктурированности информации в социальных сетях, следствием которой являются различия активности использования сетей в зависимости от рода занятий. По статистике больше всего времени в них проводят студенты, что зачастую обусловлено рассылкой сообщений учебного характера [1]. Отсутствие фильтрации и классификации данных по категориям затрудняет восприятие информации, что приводит к рассеиванию внимания и способствует длительному нахождению в сети. Поэтому, на наш взгляд, актуальной является разработка социальной сети для студентов Института математики, механики и компьютерных наук Южного федерального университета (ИММИКН) с целью отделения учебного информационного контента от остальных информационных каналов.

Были изучены разные подходы к созданию соцсетей, но предпочтение отдано языку Ruby в тандеме с фреймворком Ruby on Rails (RoR). При выборе RoR для создания нового проекта разработчик получает значимую поддержку от комьюнити, полноценные процессы и возможность быстро скорректировать работу над приложением. К тому же Rails используется множеством различных компаний: Airbnb, Disney, GitHub, Hulu, Diaspora, Kickstarter, Change.org, Shopify, Couchsurfing и Yellow Pages.

Фреймворк Ruby on Rails в числе первых реализовал REST-стиль для структурирования веб-приложений, поэтому данный инструмент подходит и для разработки соцсети. REST («передача состояния представления») – архитектурный стиль взаимодействия компонентов распределенной системы в сети, состоящий из набора ограничений [2]. Приложения, не нарушающие накладываемые им ограничения, называют RESTful.

Одной из важных особенностей разрабатываемого веб-приложения соцсети является его закрытость для людей, не участвующих в жизни ИММИКН, т.е. регистрация осуществляется исключительно через корпоративный адрес электронной почты. Данное обстоятельство, во-первых, позволяет значительно сузить получаемый информационный контент, и, во-вторых, снизить потенциальные угрозы взломов.

Другой возможностью разрабатываемой соцсети является быстрое и удобное создание постов, сопровождаемых изображениями, их чтение и редактирование. Для отслеживания обновлений интересующих людей и новостных каналов можно подписаться на них или отписаться в случае потери интереса. В личном профиле можно добавлять фото и изменять загруженное ранее.

Сеть развернута на Heroku – лучшем и быстром бесплатном хостинге для RoR-приложений. Для всех контроллеров и макетов созданы автоматические тесты с помощью Guard (guard gem). Дизайн приложения разработан с использованием как собственных CSS-правил и партиалов (частичных шаблонов), так и с помощью библиотеки Bootstrap и метаязыка SCSS (Sass). Используемые именованные маршруты способствуют удобной генерации URL-адреса и переадресации на конкретный маршрут. Система администрирования предоставляет возможность удаления пользователей и реализована с помощью модуля Active Admin.

Такие страницы, как «Помощь», «О приложении» и главная страница сайта (доступная до авторизации в соцсети), в целях обеспечения их быстрой загрузки выполнены статическими, но с динамическим содержанием в виде изменяющегося заголовка (тег <title>) страницы.

Контроллер пользователя определяет, как сайт реагирует на действия пользователя, и отвечает за изменение информации о нем в базе данных. Модель пользователя обладает следующими атрибутами: id, имя, фамилия, корпоративный почтовый адрес ЮФУ, пароль (хранящийся в виде хэша (bcrypt gem)), дата создания и обновления (создаются по умолчанию), remember-дайджест (используется для проверки cookie при запоминании пользователя), дайджест активации аккаунта, флаг (определяет активирован аккаунт или нет), дата активации, дайджест сброса пароля и время сброса.

С помощью валидаций наложены ограничения на имя и фамилию, которые не должны быть пустыми, на email, который должен соответствовать определенному формату, характерному для адресов электронной почты ЮФУ, а также быть уникальным в базе данных системы, и на пароль, который не может быть слишком простым. В случае неправильного заполнения одного или нескольких полей формы выводятся уведомления об ошибках.

Для обеспечения безопасности работы на сайте в целом и в частности при отправке формы регистрации, доступ к приложению осуществляется через SSL и используются cookie. После успешной регистрации необходимо подтвердить активацию аккаунта с помощью токена (ссылки на страницу активации) из автоматически отосланного письма по указанному электронному адресу. Библиотека Action Mailer позволяет очень просто реали-

зовать данную функцию. С ее же помощью создан механизм сброса пароля с ограничением срока действия ссылки из письма на час.

На форме входа так же, как и на форме регистрации, реализованы обработчики провальной попытки войти в аккаунт с соответствующими предупреждениями, а также установлен флажок запоминания введенных данных на текущем компьютере. Вход в личный аккаунт создает сессию, используя cookie, а выход из аккаунта уничтожает ее. За это отвечает контроллер сессии и его помощник, призванный находить текущего пользователя.

При удачной авторизации в шапке сайта появляется вкладка в виде выпадающего списка, позволяющая попасть на страницу личного профиля, изменить настройки и выйти из аккаунта, а также вкладка для просмотра всех пользователей системы (по 20 отображаемых на странице с помощью пагинации). Для тестирования данной функции создавались фиктивные пользователи (Faker gem) посредством rake-задачи для их генерации. На главной странице сайта можно видеть личную ленту новостей, создать пост, посмотреть читателей и читаемых.

Наконец, модель постов состоит из атрибутов: id, содержимое, id автора, дата создания, дата изменения, название прикрепленного изображения. Пост связан с пользователем связью belongs_to, а пользователь с постом – связью has_many. Контроллер постов отвечает за создание и удаление постов. В случае удаления пользователя его посты удаляются вместе с его аккаунтом. С помощью области видимости по умолчанию посты выводятся в обратном хронологическом порядке, чтобы сначала отображались «свежие» обновления. Сама лента сообщений создается с помощью SQL-запроса. К посту с помощью загрузчика картинок CarrierWave можно прикрепить фото, прошедшее валидации размера и формата.

Модель взаимоотношений состоит из трех атрибутов: id, id подписавшегося и id читаемого. С ее помощью реализованы функции добавления и удаления читаемых.

В результате с помощью описанных выше средств и методов была разработана небольшая, но содержащая в себе все необходимые функции, а самое главное – защищенная от большинства хакерских атак, социальная сеть, позволяющая быстро и удобно следить за новостями сообщества ИММиКН.

Литература

1. Ефимова Г.З., Зюбан Е.В. Влияние социальных сетей на личность // Интернет-журнал «Мир науки» 2016, Том 4, номер 5.
2. Roy Thomas Fielding. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures, 2000.

OPTIMAL ROTATED BLOCK-DIAGONAL PRECONDITIONING FOR DISCRETIZED OPTIMAL CONTROL PROBLEMS CONSTRAINED WITH FRACTIONAL TIME-DEPENDENT DIFFUSIVE EQUATIONS

Zhong-Zhi Bai

*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,

Beijing, P.R. China

Laboratory of Computational Mechanics,

*I.I. Vorovich Institute of Mathematics, Mechanics and Computer Science,
Southern Federal University,*

Rostov-on-Don

E-mail: bzz@lsec.cc.ac.cn

For a class of optimal control problems constrained with certain time- and space-fractional diffusive equations, by making use of mixed discretizations of temporal finite-difference and spatial finite-element schemes along with Lagrange multiplier approach, we obtain specially structured block two-by-two linear systems. We demonstrate positive definiteness of the coefficient matrices of these discrete linear systems, construct rotated block-diagonal preconditioning matrices, and analyze spectral properties of the corresponding preconditioned matrices. Both theoretical analysis and numerical experiments show that the preconditioned Krylov subspace iteration methods, when incorporated with these rotated block-diagonal preconditioners, can exhibit optimal convergence property in the sense that their convergence rates are independent of both discretization step sizes and problem parameters, and their computational workloads are linearly proportional with the number of discrete unknowns.

This research was funded by Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project № 075-15-2019-1928).

USING THE GENERALIZED LOCALLY TOEPLITZ THEORY IN ANALYSING NONSYMMETRIC PRECONDITIONERS

Ivo Dravins, Maya Neytcheva

Department of Information Technology, Uppsala University,
Uppsala, Sweden

Abstract:

We consider the iterative solution of algebraic systems, arising in optimal control problems, constrained by the convection-diffusion equation, with additional box constraints on the state and the control variables, and sparsity imposed on the control. After including the state constraint equation and all other additional constraints, the corresponding Lagrange functional to minimize takes the form

$$\begin{aligned} \mathcal{L}(y, u, p) = & \frac{1}{2} \int_{\Omega} |u - u_d|^2 dx + \frac{\alpha}{2} \int_{\Omega} |v|^2 dx + \int_{\Omega} (\mathcal{L}u - \mathbf{f} - v)p dx + \beta \int_{\Omega} |v| dx \\ & + \frac{1}{2\gamma} \int_{\Omega} |\max\{0, u - \bar{u}\}|^2 dx + \frac{1}{2\gamma} \int_{\Omega} |\min\{0, u - \underline{u}\}|^2 dx. \end{aligned}$$

Here u and v are the unknown state and the control functions to be determined, $\mathcal{L}u = -\epsilon\Delta u + (\nabla \cdot \mathbf{b})u = v$ in $\Omega \subset \mathbb{R}^2$ is the state constraint, u_d is some given desired (target) state we want to achieve and v is the *control* variable, imposed as a source term, to attain the target; \mathbf{b} is a given vector field and $0 < \epsilon \leq 1$ is a problem parameter, which determines the strength of convection related to diffusion. The space domain Ω is assumed to be convex polyhedral. The constant α is the Tikhonov regularization parameter, which is positive and small.

The L^1 norm constraint introduces one more regularization parameter β , again positive and small. In this way we impose the requirement that the control variable is sparse, thus, it is zero in some parts of the domain. This restriction includes that also inequality constraints for the control must hold, referred to as box-constraints, namely, $\underline{v} \leq v \leq \bar{v}$, $\underline{v} < 0 < \bar{v}$.

State box constraints $\underline{u} \leq u \leq \bar{u}$ to hold in Ω are imposed using the Moreau-Yosida penalty function method including yet another small regularization parameter $0 < \gamma < 1$.

The optimization problem is solved using the 'discretize-then-optimize' framework. For simplicity we choose to work in two space dimensions and discretize the problem using the Finite Element method (FEM) on triangular or quadrilateral meshes with piecewise linear/bilinear basis functions. To solve the

optimization problem, we formulate the corresponding discrete Lagrangian functional (L) and construct the first order necessary (Karush-Kuhn-Tucker, KKT) conditions.

After some algebraic transformations the matrix to solve systems with takes the form

$$\mathcal{A} = \begin{bmatrix} M_1 & -K^T \\ K & M_2 \end{bmatrix},$$

where K is nonsymmetric, M_1 and M_2 are diagonal and M_2 is singular. For the matrix A we propose a preconditioner of the form

$$\mathcal{P}_{PSSB} = \begin{bmatrix} M_1 & -K^T \\ K + M_2 & K + M_2 \end{bmatrix},$$

where PSSB stands for *Preconditioner for Square and Singular Blocks*. Solutions with the preconditioner \mathcal{P}_{PSSB} are efficient since it possesses the following factorization

$$\begin{bmatrix} M_1 & -K^T \\ K & M_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ \mathbf{y} \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} M_1 & -K^T \\ K + M_2 & K + M_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{x} \\ \mathbf{y} \end{bmatrix}.$$

Since \mathcal{P}_{PSSB} is nonsymmetric, the standard analysis tools are not straightforwardly applicable. Therefore we make use of the so-called Generally Toeplitz Theory, where the spectrum can be studied via an analytic function, referred to as the *symbol*.

WEIGHTED NUCLEAR NORM MINIMIZATION BASED REGULARIZATION METHOD FOR IMAGE RESTORATION

Yu-Mei Huang

School of Mathematics and Statistics,

Lanzhou University,

Lanzhou, P.R. China

E-mail: huangym@lzu.edu.cn

Regularization methods have been substantially applied in image restoration due to the ill-posedness of the image restoration problem. Different assumptions or priors on images are applied in the construction of image regularization methods. In recent years, low-rank matrix approximation has been successfully introduced in image denoising and significant denoising effects have been achieved. The computation of low-rank matrix minimization is an NP hard problem and it is often replaced with the matrix's weighted nuclear norm minimization. Nonlocal image denoising methods assume that an image contains an extensive amount of self-similarity. Based on such assumption, in this talk, we develop a model for image restoration by using weighted nuclear norm to be the regularization term. An alternating iterative algorithm is designed to solve the proposed model and we also present the convergence analyses of the algorithm. Numerical experiments show that the proposed method can recover the images much better than the existing regularization methods in terms of both recovered quantities and visual qualities.

DOMINANT HERMITIAN SPLITTING ITERATION METHOD FOR DISCRETE SPACE-FRACTIONAL DIFFUSION EQUATIONS

Kang-Ya Lu¹, Dong-Xiu Xie¹, Fang Chen¹, Galina V. Muratova²

¹ *School of Applied Science,
Lanzhou University,
Lanzhou, P.R. China*

² *Laboratory of Computational Mechanics,
I.I. Vorovich Institute of Mathematics, Mechanics and Computer Science,
Southern Federal University,*

Rostov-on-Don

E-mail: lukangya@bistu.edu.cn

The discretizations of the left and the right fractional derivatives based on the shifted finite-difference formulas of the Grunwald-Letnikov type can result in Toeplitz matrices T and its transpose. Combining with the generating function of Toeplitz matrix T , we analyze the dominant property of the Hermitian part of T relative to its skew-Hermitian part. Then we construct a dominant Hermitian splitting iteration method for solving the discrete linear system of the considered space-fractional diffusion equations, and design a more practical dominant Hermitian-circulant splitting preconditioner to accelerate the convergence rates of the Krylov subspace iteration methods. Theoretical analysis demonstrates that all eigenvalues of the corresponding preconditioned matrix are clustered in a complex disk centered at 1 with the radius much less than 1, especially when the order of the fractional derivative is close to 2. In addition, the numerical results show that the constructed preconditioner can effectively solve the discrete linear systems of one-dimensional and two-dimensional space-fractional diffusion equations.

RANDOMIZED SUBSPACE ITERATION AND SINGULAR VECTOR PROBLEMS

Zhi-Ru Ren

*School of Statistics and Mathematics,
Central University of Finance and Economics,
Beijing, P.R. China*

In this talk, we will present randomized subspace iteration for the low-rank matrix approximation. We give a convergence analysis on singular vector problems for the randomized subspace iteration algorithm. We give deterministic error bounds and large derivative error bounds for left and right singular vectors, respectively. These theoretical results are compatible to those for singular values. Numerical experiments are used to verify our theoretical results.

ROTATED BLOCK DIAGONAL PRECONDITIONERS FOR NAVIER-STOKES CONTROL PROBLEMS

Zeng-Qi Wang

*School of Mathematical Sciences,
Shanghai Jiao Tong University,
Shanghai, P.R. China*

Fluid flow control problems play a very important role in industrial scientific applications. The optimal control of the Navier-Stokes equations is the most attractive one. Linearized by Picard's iteration, the Navier-Stokes control problem leads to a sequence of large sparse linear systems. The coefficient matrices are in two-by-two block form with square blocks. We take advantage of the block structure to exploit the preconditioners. The eigenvalues distribution of the preconditioned matrix is illustrated by the norms of the submatrices. Further, we bound the eigenvalues of the preconditioned matrix when the preconditioning is executed inexactly. The numerical results show that the iterative number of the GMRES solver is almost independent of the regularization parameter and discrete mesh size.

ON GREEDY RANDOMIZED COORDINATE DESCENT METHOD

Wen-Ting Wu¹, Zhong-Zhi Bai²

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

The coordinate descent method is one of the iteration methods which can be used to solve the linear least-squares problems economically and effectively, and it is actually the classical Gauss-Seidel iteration method directly applied to the normal equation.

Inspired by the work of Strohmer and Vershynin [3] who gave a bound for the convergence rate of the randomized Kaczmarz method in terms of a natural linear-algebraic condition measure, Leventhal and Lewis [2] found that by choosing a unit coordinate direction as a search direction randomly according to an appropriate probability distribution, a convergence rate for the resulting randomized coordinate descent method can be obtained in terms of the scaled or the relative condition number.

In the randomized coordinate descent method, at each iteration step the probability criterion, a quantity that is equal to the quotient of the Euclidean norm of a column of the coefficient matrix and the Frobenius norm of that matrix, is adopted to select the active or working column index from the coefficient matrix. However, if the coefficient matrix is scaled with a diagonal matrix that normalizes the Euclidean norms of all of its columns to be a same constant in advance, this criterion will become a uniform column sampling and the probabilities for selecting all columns will be the same.

Inspired by the work in [1], which proposed a greedy randomized Kaczmarz method that converges much faster than the randomized Kaczmarz method, by adopting a different but more effective probability criterion that is capable to capture larger entries of the residual vector with respect to the normal equation at each iteration, we propose a greedy randomized coordinate descent method for solving the linear least-squares problem. It is proved that this method converges to the unique solution of the linear least-squares problem when its coefficient matrix is of full rank, with the number of rows being no less than the number of columns. Numerical results show that the greedy randomized coordinate descent method is more efficient than the randomized coordinate descent method.

This research was funded by Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project № 075-15-2019-1928).

The bibliography

1. Bai Z.-Z., Wu W.-T. On greedy randomized Kaczmarz method for solving large sparse linear systems, *SIAM J. Sci. Comput.*, 40(2018), A592–A606.
2. Leventhal D., Lewis A.S. Randomized methods for linear constraints: Convergence rates and conditioning, *Math. Oper. Res.*, 35(2010), 641–654.
3. Strohmer T., Vershynin R. A randomized Kaczmarz algorithm with exponential convergence, *J. Fourier Anal. Appl.*, 15(2009), 262–278.

СОЗДАНИЕ ПРОТОТИПА ЭЛЕКТРОННОГО ГЕЙМИФИЦИРОВАННОГО SQL-ЗАДАЧНИКА

Байер Г.А., Лысков Р.И., 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

Геймификация является важной частью учебного процесса, позволяющей усилить интерес студента к предмету, повысить его вовлеченность в образовательный процесс. Именно поэтому было принято решение рассмотреть возможность создания геймифицированного SQL-задачника – программного обеспечения, которое способно предлагать студенту набор задач по заданной теме, проверять корректность предложенного учащимся решения и визуализировать его.

По результатам работы с литературой выявлено, что уже предпринимались попытки создания подобного программного обеспечения. Так, в статье [1] рассматривается опыт создания игры в сеттинге средневекового детектива, где для нахождения виновного необходимо составление верного SQL-запроса. Эта статья показывает возможность геймификации, но представленная игра функционально ограничена только применением оператора SELECT.

В статьях [2, 3] описывается обучающе-тестирующая система SQLator и aSQLg—система автоматической оценки SQL-запросов. Однако, эти обучающие системы не являются геймифицированными. Поэтому нами было принято решение создать прототип геймифицированной системы для обучения SQL, проходящей под кодовым названием “SQLien”.

Условно проект геймифицированного задачника можно разделить на 3 части: создание тестирующего модуля, создание модуля визуализации и создание комплекса задач и его модификацию для последующей интеграции в игровой процесс.

Для прототипа мы посчитали достаточными частичную реализацию 2 основных модулей: модуля тестирования и модуля визуализации. Комплекс задач для реализации полной версии уже существует в виде курса [4]. Некоторые задачи были выбраны и обработаны для вписания в сюжет игры. В прототипе сюжет игры прост – загрузка корабля-контейнеровоза. Для создания прототипа были применены: язык программирования Python 3.7, модуль PyGame для визуализации и анимации, а также распознавания ввода, и встроенный в Python 3.7 сервер SQLite3. Указанный набор инструментов был выбран вследствие высокой скорости разработки.

В прототипе пришлось решать задачу проверки корректности решения игрока. Для этого был выбран подход с реализацией 2-х баз данных, что повлекло необходимость запрета играющим модификации эталонной базы при игровом процессе. Поэтому на клиенте поднимаются одновременно 2 базы данных, причем игрок имеет доступ лишь к одной из них. Вторая же содержит эталонное решение. Для проверки корректности решения игрока, две базы сравниваются, и игрок получает либо подтверждение верности его решения, либо ошибку. База, к которой имеет доступ игрок, пересоздается при запуске или перезапуске уровня. Так как размер тестовых баз не является большим, это не несет снижения производительности.

В прототипе представлено только 4 уровня, показывающие возможность создания заданий и выполнения их игроком на 4 основные операции SQL – SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE.

В рамках курса геймдизайна было предпринято игровое тестирование (плейтест) прототипа. В качестве игроков выступили студенты 1 курса магистратуры ФИИТ и преподаватели курса. По результатам плейтеста были сделаны следующие выводы:

- 1) Подтверждено, что задания SQL могут быть геймифицированы.
- 2) Выявлено, что анимированные уровни-головоломки, для прохождения которых требуется правильный SQL запрос, являются приятными для игры по мнению респондентов.
- 3) Концепт прототипа является правдоподобным.

Потенциал для развития прототипа крайне обширен. С технической стороны вопроса, разумно дальнейшее перенесение системы на полноценный игровой движок (Unity), использование различных СУБД (FireBird, PostgreSQL, MySQL) и интеграция с учебными порталами. Относительно игровой части – согласно курсу [4], всю игру можно разделить на несколько блоков уровней. Ниже приведен список блоков уровней и их возможная стилизация.

Блоки уровней:

- 1) Блок SELECT. Задания на использование оператора SELECT. Стилизация под архив.
- 2) Блоки INSERT, UPDATE, DELETE. Задания на использование оператора select. Стилизация под порт.
- 3) Блок “Подзапросы и объединения”. Задания на использование SQL subqueries и оператора UNION. Стилизация под ряды складов, с расчетом, что каждый склад – одна таблица.
- 4) Блок “Процедуры”. Задания на составление SQL-процедур. Стилизация – киберпространство.
- 5) Блок “Триггеры”. Задания на составление SQL-триггеров. Стилизация – ряды складов, каждый триггер представляется как датчик на воротах склада.

б) Блок “Создание БД” Задание на создание таблиц и связей в БД. Стилизация – стройка.

Таким образом, в дальнейшем прототип может быть развит в полноценный геймифицированный SQL-задачник, пригодный для применения в обучающем процессе.

Литература

1. Soflano M., Connolly T.M., Hainey T. An application of adaptive games-based learning based on learning style to teach SQL // *Computers & Education*. – Vol. 86. – P. 192–211, ISSN 0360-1315, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.03.015>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131515000937>) (дата обращения 05.04.2021).
2. Sadiq S., Orłowska M., Sadiq, W., Lin, J. SQLator: an online SQL learning workbench // *ACM SIGCSE Bulletin*. – Vol.36. – P. 223–227, 10.1145/1026487.1008055. (https://www.researchgate.net/publication/220808351_SQLator_an_online_SQL_learning_workbench) (дата обращения 03.04.2021).
3. Kleiner C., Tebbe C., Heine, F. Automated grading and tutoring of SQL statements to improve student learning // In *Proceedings of the 13th Koli Calling International Conference on Computing Education Research (Koli Calling '13)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA. – P. 161–168, 10.1145/2526968.2526986. (https://www.researchgate.net/publication/262319742_Automated_grading_and_tutoring_of_SQL_statements_to_improve_student_learning) (дата обращения 01.04.2021).
4. Материалы курса CS251 “Технологии баз данных”. (<http://edu.mmcs.sfedu.ru/course/view.php?id=146>) (дата обращения 30.03.2021).

ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ БОЛЬШИМИ ДАННЫМИ В НАУКЕ НА ПРИМЕРЕ ЕВРОПЕЙСКИХ МЕГАУСТАНОВОК

Балякин А.А., Малышев А.С.
НИЦ «Курчатовский институт»,
г. Москва
E-mail: Balyakin_AA@nrcki.ru

Текущим трендом как в нашей стране, так и за рубежом является широкомасштабное использование цифровых технологий. В основе процессов цифровизации общества лежат научно-технологические разработки в сфере сбора, обработки и хранения информации (технологии больших данных, искусственный интеллект, технологии распределенных реестров и системы принятия решений). Опыт обращения с большими данными, полученный в научной среде, целесообразно использовать при формировании механизмов управления большими данными в иных отраслях.

Сформированная научная цифровая инфраструктура ЕС содержит множество регламентированных, открытых, но специализированных баз данных и репозиториев. Попытки создания универсальных хранилищ данных, позволяющие хранить научные данные вне тематик исследований, приводят к децентрализации экосистемы хранения научных данных. Такие репозитории априори не накладывают существенных ограничений на формат представления информации и дескрипторы метаданных, в результате чего, информационная система становится все более сложной, неадаптивной, слабо интегрированной и не позволяет качественно решать задачу поиска данных (и знаний) и их повторного использования, в том числе и для автоматизированных средств.

На основании анализа работы научного портала EOSC (European Open Science Cloud) для преодоления разнородности баз данных, унификации и объединения научной инфраструктуры ЕС была предложена инициатива “Go FAIR” (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) [1].

Первая особенность предложенного подхода к управлению данными (в которые включаются в том числе и алгоритмы и инструменты управления данными) заключается в том, что функции поиска, извлечения, представления и пр. данных реализуются не пользователями, а расширенными автоматизированными инструментами: решение по управлению данными (в том числе и своими собственными) принимает не пользователь / владелец, а информационная система.

Второе – привлечение к разработке / реализации подхода управления научными данными всех заинтересованных сторон: от отдельных ученых и

научных коллективов до организаций и вычислительных систем (включая алгоритмы обработки данных).

Предложенный подход FAIR включает в себя четыре элемента: улучшение функций поиска, доступности, совместимости и повторного использования данных [2].

Характеристики поисковых функций:

- данным (метаданным) присваивается глобальный, уникальный и постоянный идентификатор;
- данные описываются расширенным множеством метаданных;
- метаданные однозначно и явно включают идентификатор данных, которые они описывают;
- данные (метаданные) регистрируются или индексируются в доступном для поиска ресурсе.

Характеристики функций доступа к данным:

- данные (метаданные) могут быть получены по их идентификатору по стандартизированным протоколам связи;
- протокол доступа к данным является открытым, бесплатным и универсально реализуемым;
- при необходимости протокол доступа к данным допускает процедуру аутентификации и авторизации;
- метаданные доступны, даже в случае отсутствия доступа к данным.

Характеристики функций совместимости:

- данные (метаданные) используют формальный, доступный и широко применяемый язык описания данных;
- данные (метаданные) используют словари, реализованные на руководящих принципах FAIR;
- данные (метаданные) включают в себя полные ссылки на другие данные (метаданные).

Характеристики функций повторного использования данных (конечная цель FAIR):

- данные (метаданные) подробно описаны с применением множества точных (однозначных) и соответствующих атрибутов;
- данные (метаданные) выпускаются с четкой и доступной лицензией на использование данных;
- данные (метаданные) описаны детальной историей их происхождения;
- данные (метаданные) представлены в соответствии со стандартами тематического научного сообщества.

Представленные элементы являются взаимосвязанными, но при этом независимыми и отделимыми. Каждый из них определяет совокупность метрик (характеристик), предъявляемых к ресурсам, инструментам, словарям обработки данных в целях обеспечения возможности их повторного

использования третьими сторонами, в том числе, не имеющих прямого отношения к науке. При этом существует возможность управления уровнем вхождения в озера данных FAIR тех или иных пользователей за счет градации определения характеристик предоставляемых ресурсов. Варьируя и комбинируя метрики описания объектов, можно добиваться высокой степени адаптивности представления данных и метаданных в информационной системе. Так, например, подход FAIR позволяет однозначно описывать критические процессы проведения научных исследований без привязки к какому-либо объекту исследования, обеспечивая, в свою очередь, прозрачность проводимого эксперимента и принцип научной воспроизводимости. Или же, например, в случае публикации идентифицирующих личность сведений достаточно публикации большого набора метаданных и регламентации доступа к ним без публикации персонифицированных данных.

В целом руководящие принципы FAIR не предполагают дальнейшее внедрение какой-либо стандартизации или конкретной технологии отнесения данных к FAIR. Принципы выступают в качестве руководства для «издателей» данных по оценке их технологий реализации озер данных (хранилищ данных) по степени функциональности поисковых возможностей, доступности, совместимости и повторного использования данных.

Принцип FAIR, включающий в себя элемент «доступность», предполагает возможность доступа к данным и (или) метаданным соответствующих пользователей в определенное время на определенных условиях. Т.е. FAIR-данные могут быть как открытыми (open data), так и частными, в случае если они доступны определенной группе пользователей. Такой подход является более гибким (по сравнению с open data policy), позволяющим характеризовать данные на жизненном цикле их управления. Например, в процессе эксперимента данные доступны только для группы экспериментаторов, продуцирующих эти данные, затем – для научного сообщества в целях интерпретации данных, а после обработки выложены в общий доступ (open data), как результат эксперимента. На практике, научные данные в течение своего жизненного цикла переходят через такие стадии «открытости» неоднократно. Стоит отметить, что в подавляющем большинстве случаев персональные и коммерческие данные не могут быть общедоступными, что противоречит идеи open data, но возможны для использования при реализации FAIR.

На практике множество европейских исследовательских инфраструктур в настоящее время используют концепцию FAIR при предоставлении доступа к своим научным данным (например, проект PanOSC, объединяющий шесть крупных европейских исследовательских инфраструктур ESRF, European XFEL, CERIC-ERIC, ELI Delivery Consortium, ESS, ILL). Созданы и развиваются методические рекомендации и инструкции по представлению данных в соответствии с FAIR [3, 4]. Было установлено,

что использование подхода FAIR к управлению данным позволит ЕС сэкономить 10.2 млрд. евро в год [5].

Разработанные методы и подходы FAIR (руководящий принцип) последовательно внедряются в Европейском Союзе. Программа «Горизонт Европа» прямо опирается на принципы FAIR. Предлагаемые в рамках FAIR подходы к управлению большими данными будут реализовываться в проекте Cremlin+ в части доступа европейских научных групп к российским научным инфраструктурам.

Практическая реализация баз данных и репозиторий научных данных на основе принципов FAIR приводит к появлению множества совместимых сервисов по поиску, хранению и обработке данных различных тематических областей в рамках единой экосистемы научных данных. Более того, все больше в процессе реализации научных проектов речь идет не столько об объекте цифровой научной инфраструктуры (база данных, озеро данных), а об услуге управления большими данными.

Представляется целесообразным учитывать принципы и подходы FAIR при разработке российских правил и подходов по организации управления большими данными не только в научной среде, но и в иных сферах, где востребованы цифровые технологии.

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

Литература

1. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nature.com/articles/sdata201618>, свободный, дата обращения 29.03.2021.
2. The FAIR data principles [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.force11.org/group/fairgroup/fairprinciples>, свободный, дата обращения 29.03.2021.
3. FAIR Principles [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gofair.org/fair-principles/>, свободный, дата обращения 29.07.2020.
4. FAIRMetrics/Metrics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/FAIRMetrics/Metrics>, свободный, дата обращения 29.03.2021.
5. Cost-benefit analysis for FAIR research data [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d375368c-1a0a-11e9-8d04-01aa75ed71a1/language-en>, свободный, дата обращения 29.03.2021.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ МЕГАУСТАНОВОК В ОБРАЗОВАНИИ

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

НИЦ «Курчатовский институт»,

г. Москва

E-mail: Balyakin_AA@nrcki.ru

В Год науки и технологий в России необходимо особое внимание обратить на воплощение научных проектов, имеющих принципиальное значение. Согласно целям национального проекта «Наука и университеты», в 2024 году Россия должна войти в пятерку ведущих стран, которые осуществляют научные исследования в приоритетных областях научно-технологического развития.

Задачи создания цифровых двойников установок класса мегасайенс – это именно такие проекты. Уникальные научные установки активно используются в современных исследовательских работах [1, 2]. Их деятельность реализуется, как правило, в рамках международных консорциумов в формате «наднациональных» организаций с «независимыми представительствами» [3]. В России в настоящее время ведутся работы по запуску целого ряда установок мегасайенс [4]. Помимо «физической» установки в научном поиске активно задействован цифровой двойник установок мегасайенс [5], под которым понимается программный аналог физического устройства, моделирующий внутренние процессы, технические характеристики и поведение реального объекта в условиях воздействий помех и окружающей среды.

В качестве примера можно рассмотреть создание первого полного цифрового двойника ЦКП «СКИФ» – это первый в мире эксперимент по многофункциональному моделированию таких установок класса мегасайенс [6]. Отработанные технологии и методы могут быть использованы для создания объектов мегасайенс 4+ поколения. В перспективе использование таких цифровых двойников будет способствовать созданию кросс-индустриальных продуктов как одного из флагманов развития цифровой экономики.

Образовательный процесс в современном мире все больше разворачивается в сторону исследовательской траектории. Согласно позиции Минобрнауки наука может и должна существовать не только в научных организациях, но и в образовательных учреждениях. В связи с расширением практического использования уникальных научных установок встает вопрос их интеграции в учебно-образовательный процесс в формате цифровых двойников [7], что вызвано целым рядом факторов:

- Подготовка кадров для дальнейшей работы на установках мегасайенс;
- Решение проблемы удаленного доступа (что особенно актуально в эпоху пандемии);
- Возможность снижения издержек.
- Соответствие требованиям новой эпохи (цифровое образование).
- Связь науки и образования. Повышение привлекательности карьеры в сфере науки и высшего образования;
- Создание междисциплинарных проектов или продуктов;
- Повышение безопасности;

Очевидно, что создание полного цифрового двойника какого-либо проекта класса мегасайенс (как полной имитационной модели производственного процесса) само по себе будет являться проектом класса мегасайенс и потребует вливания сравнимых объемов средств и результатов интеллектуальной деятельности, поэтому предложена идея сохранения данных в ходе «реальных» экспериментов с возможностью организации доступа к ним со стороны заинтересованных научных групп. В этом случае под «цифровым двойником» понимается не модель реальной системы, как в классическом определении, а набор характеристик установки, ее цифровой след. Можно говорить о цифровой тени, доступной в режиме онлайн, которая в состоянии вобрать в себя все уже сгенерированные реальной установкой данные (Data Lakes) и промежуточные результаты.

Этот подход обеспечивает связку модели и алгоритма с реальным миром (экспериментальными данными). Принципиально, что он реализуем лишь в случае систем, где возможна избыточность экспериментальных данных. Такая ситуация характерна для физики высоких энергий и астрономии, но вызывает сомнения в отношении социально-экономических систем ввиду неоднозначности количественных характеристик и отсутствия однозначного перехода качественных индикаторов в количественные (в том числе из-за навязываемой извне моральной и этической оценок). В социально-экономических системах избыточные данные необходимы для формирования более тонко настроенных механизмов принятия решений (например, в сфере продаж, геоаналитике для управления пассажиропотоком, и предоставлении банковских услуг).

В этой связи особенно интересным становится повторное использование данных с целью получения из них нового знания. Речь идет о возможности разработки апостериорных алгоритмов и моделей в отношении экспериментальных данных, полученных ранее [8].

Как пример реализации такого подхода упомянем эксперименты в CERN [9] и проведение астрономических наблюдений в рамках GNN (Global Neutrino Network) [10]. Например, в случае с GNN или иными аст-

рономическими данными (скажем, по программе SETI) любой пользователь может загрузить информацию с серверов данных и самостоятельно обработать ее в попытке найти внеземные цивилизации, новые звезды или новые частицы.

К образовательному продукту на основе цифровых двойников мегаустановок предъявляются следующие требования:

- Использование в качестве рабочих данных проверенных результатов (например, таких, как DESY, CERN, eufel, ESRF, ИССИ-4);
- Ориентация на междисциплинарные исследования;
- Обеспеченность цифровой инфраструктурой со стороны пользователя;
- Связь с существующими подходами и программами (в частности, с образовательными стандартами);
- Актуализация данных и знаний как непрерывный процесс;

Характеристики образовательного продукта на основе цифрового двойника мегаустановок:

- Образование как способ получения научного знания (активное обучение). Развитие компетенций по переводу данных в «знание»;
- Инновационное обучение. Например, умение адаптировать традиционные методы из сферы синхротронной физики к другим отраслям знания;
- Демократизация высокой науки (реализация принципа citizen access).
- Повышение качества образования и науки.
- Стирание границы онлайн – офлайн.
- Рост роли политики open science, ее перенос из научной сферы в повседневную жизнь;
- Процесс «обобществления» данных с одновременным ростом запроса на методы и алгоритмы (пакеты программ)
- Выстраивание эффективной структуры международного взаимодействия с целью оптимизации доступа к данным;
- Геймификация науки и образования.

Формирование эффективной научной среды будет усиливать роль образовательной компоненты в установках мегасайенс. В силу их уникальности и невозможности обеспечить всеобщий доступ, работа с ними широкого круга заинтересованных лиц возможна лишь в формате цифровых двойников. Представляется, что учет образовательной компоненты в работе установок класса мегасайенс позволит внести предложения по корректировке существующей нормативно-правовой базы, регламентирующей деятельность в рамках базовых процессов, осуществляемых в ходе эксплуатации установок класса "мегасайенс", что найдет свое применение, в частности, в работе Международного центра нейтронных исследований на базе высокопоточного исследовательского реактора ПИК.

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. Постановление Правительства РФ от 16.03.2020 N 287 "Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития синхротронных и нейтронных исследований и исследовательской инфраструктуры на 2019 - 2027 годы".
5. Balyakin A.A., Nurakhov N.N., Nurbina M.V. Digital Twins vs Digital Trace in Megascience Projects // Á. Rocha et al. (Eds.): ICITS 2021, AISC 1330, – P. 534–539.
6. <https://srf-skif.ru/>
7. Balyakin A., Nurakhov N., Nurbina M. Current Trends of Megascience Facilities Utilization // T. Antipova (Ed.): ICCS 2020, LNNS 186, – P. 400–409, 2021.
8. Gartner: 10 стратегических тенденций развития технологий в 2020. <https://www.itweek.ru/digitalization/article/detail.php?ID=210983>
9. <https://home.cern/>
10. <https://www.globalneutrino.org/>

УРОВНЕВАЯ ИНТЕГРАЦИЯ ИКТ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ УНИВЕРСИТЕТА

Барский Е.Д., Демина С.А.

*Московский педагогический государственный университет,
г. Москва*

E-mail: ed.barsky@mpgu.su, sa.demina@mpgu.su

Необходимость развития дистанционного обучения средствами информационно-коммуникационных технологий сегодня характеризуется необходимостью выбора как организационной формы такого взаимодействия (с помощью чего мы организовываем дистанционное общение?), так и выбора содержательной составляющей (насколько качественно мы можем осуществить желаемую деятельность?) [1, с. 16].

Распространение пандемии в мире весной 2020 года стало катализатором резкого роста массового использования дистанционного обучения (ДО) на всех уровнях образования, от начального до послевузовского. При этом, именно пандемия стала неким прожектором, который подсветил все проблемы в интеграции информационно-компьютерных технологий в учебный процесс.

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) представляют собой совокупность методов, производственных процессов и программно-технических средств, интегрированных с целью сбора, обработки, хранения, распространения, отображения и использования информации в интересах ее пользователей [6]. Пользователями этой информации в учебном процессе являются как учащиеся, так и преподаватели. При этом, интеграция – это не механическое соединение предметов. Интеграция – это сближение и связи отдельных систем (тем, знаний учащихся) в единое целое. Эта целостность требует внедрения соответствующих механизмов и методик.

Сегодня, анализируя практики различных вузов и оценивая характер учебного процесса в период пандемии, надо заметить, что его качество напрямую зависело от уровня развития системы дистанционного обучения, готовности организации к использованию ИКТ. В большинстве вузов очный учебный процесс просто был перенесен в дистанционный формат без учета специфики ДО.

1) Очные учебные занятия проводились в виде трансляций в режиме видеоконференций. Обратная связь с обучающимися осуществлялась на низком уровне (не всегда была возможность выслушать и увидеть всех студентов, преподаватели оказались не готовы отвечать на вопросы в чате и сами студенты не были готовы их задавать в таком формате).

2) Отсутствие качественных электронных учебных курсов (ЭУК). Зачастую студенты получали только ссылки на различные ресурсы в сети Интернет, платформы с заданиями и видеоуроки. [3, с. 666].

3) Контроль знаний был построен в виде фиксирования присланных файлов. В этом случае говорить о качестве контроля не приходится, так как не учитывается необходимость снижения вероятности списывания, необходимость оценки понимания студентами хода решения задачи.

Несоответствие формы содержанию, отсутствие обязательных элементов обратной связи в системе обучения делает систему неполноценной, это и сказывается на результате [1, с. 17]. В результате мы получаем модель, в которой лошадь тянет автомобиль, то есть ИКТ не выполняют своих функций, они просто подменяют стандартные средства обучения.

В России и за рубежом существуют различные научные школы ДО. Однако даже адекватно подобранная модель обучения не может решить проблему интеграции ИКТ в учебный процесс. И здесь знаменитые слова из пролетарского гимна о разрушении старого мира до основания и построении нового ни в коем случае не должны стать аранжировкой к процессам реализации ИКТ в Университете. В погоне за реализацией с помощью новых инструментов таких принципов обучения как наглядность и активность обучаемых в сочетании с опытом творческой деятельности нельзя забывать о последовательности и систематичности обучения. Очевидно, что эпизодически записанные лекции и выборочный контроль знаний разрушают образовательный процесс. Поэтому для процессов внедрения ИКТ в образование скорее подошли бы слова из клятвы Гиппократы – не навреди.

В настоящее время уже ни у кого не возникает сомнений по поводу необходимости использования ИКТ в образовательном процессе. Современный преподаватель, как минимум, имеет в своём распоряжении компьютер, экран и проектор. Давно уже освоены педагогами и учащимися Word, Excel и PowerPoint. Все участники образовательного процесса активно пользуются поисковыми системами и могут получать информацию из различных медиа источников [4]. Однако пока мы не можем с полной уверенностью сказать, что в арсенале наших преподавателей имеются какие бы то ни было отработанные методики, построенные на интеграции ИКТ в образовательный процесс, не говоря уже о системе их применения.

Так, например, обычная презентация в PowerPoint может быть выполнена с разной степенью профессионализма и может использоваться для решения различных образовательных задач. Это может быть организация викторины (использоваться как средство игрофикации обучения), а может применяться как иллюстративный материал к занятию или же информационный ресурс, с которым студенты работают самостоятельно. Таким образом, можно заключить: *главное, что определяет эффективность обучения*

в мультимедийно опосредованной образовательной среде, это не само техническое средство, а то, как и с какой целью оно используется. Это означает, что концепция дистанционного обучения образовательной организации должна раскрывать методику интеграции ИКТ в образовательный процесс, должна давать четкое представление об инструментах, которые может реализовать преподаватель в своей практике.

На взгляд авторов интерес представляет система, представленная в 2014 году в Атланте на конференции Международного общества технологий в образовании. Это четырёхуровневая модель SAMR, отражающая степень интеграции мультимедиа в образовательный процесс. Структура этой модели отражена в её названии, где: S – Substitution – замещение; A – Augmentation – дополнение; M – Modification – изменение; R – Re-definition – преобразование.

Каждый уровень модели предполагает более глубокую степень вовлеченности обучающегося и использования компьютерных инструментов, начиная с простой замены, (когда технологии просто подменяют какой-либо инструмент, при этом задача может быть выполнима и без их использования), постепенно поднимаясь до уровня, на котором применение информационных технологий открывает новые, ранее недоступные возможности.

Информационно-компьютерные технологии, используемые в МПГУ, по уровням их интеграции в модели SAMR представлены в виде таблицы.

**Информационно-компьютерные технологии, используемые в
Московском педагогическом государственном университете,
по уровням их интеграции в модели SAMR**

Процесс		Содержание	Примеры с пояснениями
Уровень			
ТРАНСФОРМАЦИЯ	Redefinition (преобразование)	Технологии делают доступными задачи, неосуществимые ранее	Учащимися решаются задачи, которые ранее были невозможны. В первую очередь, это создание собственных проектов на базе различных Интернет-площадок, социальных фильмов и рекламных видеороликов, участие в видеоконференциях и учебных занятиях через системы видеоконференцсвязи, участие в виртуальных исследованиях и опытах и др. технологии внесения цифрового контента в реальный мир.
	Modification (изменение)	Технологии позволяют существенно модифицировать задачу	Предполагает создание учащимися собственного образовательного продукта на основе изученного материала с использованием ресурсов и

			элементов системы Moodle, образовательных сайтов и tools-средств мультимедиа (план, схема, кроссворд, текст с гиперссылками, интерактивная карта, таблица, плакат и т.д.). При этом используются аудио и видео файлы, анимация, возможна публикация продукта и обсуждение в блогах в Интернете.
УЛУЧШЕНИЕ	Augmentation (дополнение)	Прямая подмена с некоторыми улучшениями	Если ранее студенты получали информацию в библиотеке, то теперь используют электронный каталог и поисковые системы для получения дополнительной информации по той или иной теме. Таким образом, на этом уровне ИКТ заменяют традиционные технологии лишь с небольшими функциональными дополнениями.
	Substitution (замена)	Прямая подмена без функциональных изменений	Ранее студенты вели конспекты в тетради, а теперь печатают на компьютере или iPad, студенты получают информацию из электронного ресурса, в то время как ранее пользовались печатным учебником. Таким образом, ИКТ служат лишь заменителем бумаги и ручки.

Как видно из таблицы, с помощью модели SAMR возможно решить важную методическую задачу, а именно: *установить иерархию в системе мультимедийных средств обучения по принципу «от простого к сложному»*. По мнению авторов, это необходимо сделать для того, чтобы решить ряд важных задач:

- оценить текущий уровень использования ИКТ и развития системы дистанционного обучения в Университете;
- предоставить возможность преподавателям самостоятельно оценить собственный уровень владения ИКТ;
- выстроить траектории освоения ППС необходимых навыков в зависимости от уровня сложности применения ИКТ на занятиях;
- помочь преподавателю определить логику построения учебного курса, выбрав адекватные средства обучения;
- сформировать адекватную систему оплаты труда ППС, учитывающую глубину владения и масштаб применения преподавателем ИКТ.

Очевидно, что использование информационных технологий в образовании должно выйти на несколько более высокий уровень, нежели улуч-

шение существующих процессов и этот уровень не может ограничиваться задачами применения самой технологии. Конечная цель интеграции технологий – качественное изменение образовательного процесса, адекватный пересмотр того, как мы обучаем и обучаемся, и реализация того, что мы никогда не могли делать до появления технологии.

Литература

1. Информационно-коммуникативные технологии как условие реализации образовательных целей урока. URL: <https://infourok.ru/informacionnokommunikativnie-tehnologii-kak-uslovie-realizacii-obrazovatelnih-celey-uroka-1188661.html> (дата обращения: 15.04.2021).
2. Никуличева Н.В. Методика проведения экспертизы дистанционного курса // Интерактивное образование. Информационно-публицистический образовательный журнал. – 2019. – № 3. – С. 16-21.
3. Никуличева Н.В. Методика разработки дистанционного курса // Актуальные проблемы методики обучения информатике и математике в современной школе: Материалы международной научно-практической Интернет конференции, г. Москва, 24 апреля – 12 мая 2020 г. под ред. Л.Л. Босовой, Д.И. Павлова [Электронное издание сетевого распространения]. – Москва: МПГУ, 2020. – 696 с.
4. Полат Е.С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования: учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений / Е.С. Полат, М.Ю. Бухаркина. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 368 с.
5. Сидоров С.В. Основные модели образования [Электронный ресурс] // Сидоров С.В. Сайт педагога-исследователя – URL: http://si-sv.com/publ/1/osnovnye_modeli_obrazovanija/14-1-0-504 (дата обращения: 29.04.2021).
6. Толковый словарь терминов понятийного аппарата информатизации образования [Электронный ресурс] / составители И.В. Роберт, Т.А. Лавина. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 69 с.

СОВРЕМЕННАЯ АРХИТЕКТУРА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ НА REACT

Бетеев К.Ю.

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

E-mail: kazbekbet@gmail.com

Мир веб-разработки прошел достаточно большой путь, начиная от простых скриптов, осуществляющих отправку писем с сайта, до крупных веб-приложений со значительной кодовой базой для крупного бизнеса. Приоритеты также значительно сместились в область расширения основной бизнес-логики клиентской части, тогда как ранее практиковалось аккумулятивное расширение основной логики приложений на программно-аппаратной части сервиса.

На современном этапе развития информационных технологий управление услугами, например, банковского сектора с использованием браузера персонального компьютера стало для их клиентов вполне привычным действием, а в условиях пандемии и вовсе единственным решением.

В то же время современные требования к веб-приложениям значительно подтолкнули таких гигантов, как Facebook, Google, Microsoft и других к разработке собственных библиотек, позволяющих разрабатывать масштабируемые веб-приложения, кодовая база которых будет актуальной в течение нескольких лет. Среди основных современных решений ярко выделяются следующие: React, Angular, Vue и Svelte. Основной мотивацией использования перечисленных решений является упрощение и автоматизация разработки крупных веб-приложений. В данной статье будут представлены заметки к разработке архитектуры веб-приложения на React.

React как инструмент разработки UI

React — это библиотека для разработки UI (“user interface” - пользовательских интерфейсов) веб-приложений, использующая в своей основе компонентный подход и Flux (состояние данных приложения, как основной источник отражения изменений в пользовательском интерфейсе) архитектуру. React разрабатывается и поддерживается Facebook, Instagram и сообществом отдельных разработчиков и корпораций. Его цель – предоставить высокую скорость, простоту и масштабируемость.

Среди основных преимуществ React выделяются следующие:

1. Активная поддержка Facebook и обширного сообщества разработчиков, что предоставляет определенные гарантии при использовании библиотеки для целей крупного бизнеса.

2. Относительная легкость обучения основным парадигмам и подходам React.
3. Небольшой размер библиотеки в скомпилированном виде.
4. Отсутствие четких правил и границ, которые могут быть продиктованы фреймворком. Разработчик вправе сам следовать собственным подходам в процессе разработки веб-приложения.
5. Отсутствие надобности работы с HTML. Теперь вся разметка приложения может быть разработана с помощью JSX (расширение языка JavaScript, позволяющего декларативно создавать разметку приложения).
6. Большое количество сторонних библиотек, значительно упрощающих процесс разработки React приложений. Однако это является явным преимуществом только для опытных разработчиков, что может сделать кривую обучения более крутой для начинающих.

Однако имеются и минусы:

1. Проблемы с производительностью. Так как React в своей основе работает с Virtual DOM, то могут быть проблемы с утечкой оперативной памяти устройства.
2. Невозможно построить полноценное приложение, используя только React. Стоит учесть, что React – это UI библиотека, и для достижения требуемых целей необходимы сторонние библиотеки для работы с состоянием приложения и роутингом, тогда как, например, Angular все это имеет из коробки. Следовательно, время обучения работы с React увеличивается тем временем, которое понадобится для изучения дополнительных библиотек.

Основные парадигмы

В своей основе React построен на двух парадигмах: компонентный подход и Flux-архитектура.

Компонентный подход предполагает построение программного обеспечения из отдельных компонентов. Каждый компонент представляет собой самостоятельную сущность, которая может взаимодействовать с другой сущностью по заранее определенному интерфейсу. Вся основа разработки UI на React состоит в том, чтобы разработать требуемые компоненты, которые в дальнейшем в совокупности будут скомпонованы в виде, требуемом для всего приложения (композиция компонентов).

Flux архитектура гласит, что UI может быть изменен только в одном случае – в случае изменения объекта состояния приложения. Следовательно, для того чтобы добиться изменения в интерфейсе приложения (напри-

мер, изменить цвет текста), необходимо инициировать изменение объекта состояния, отвечающего за текущее отображение компонента.

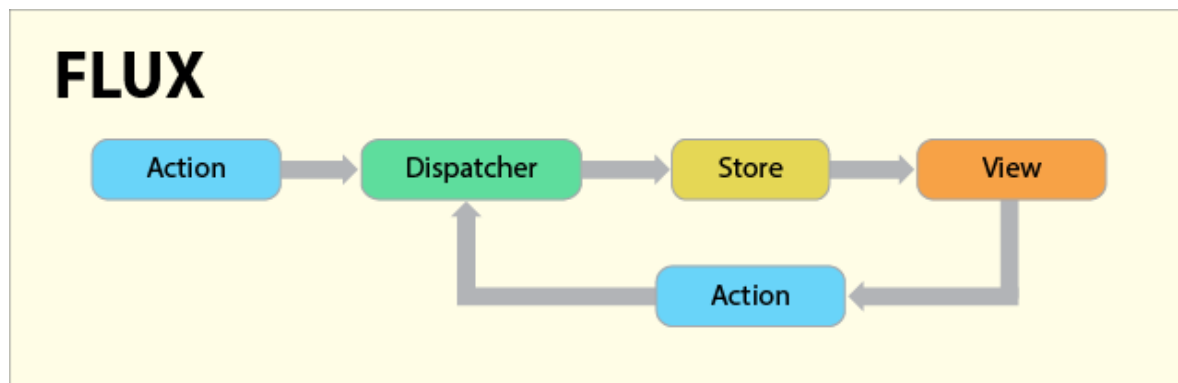


Рис. 1. Цикл Flux-архитектуры

- Action – действие пользователя (например, нажатие на кнопку).
- Dispatcher – обработка действия (как отреагировать на нажатие кнопки и что изменить в Store).
- Store – объект состояния компонента.
- View – отображение компонента в интерфейсе.

В целом, знание работы компонентов и полное понимание работы принципов Flux-архитектуры позволяет начать создавать приложения на React практикующим веб-разработчикам.

Масштабируемая архитектура проекта

Говоря об архитектуре React приложения, стоит учесть тот фактор, что библиотека является достаточно гибкой и позволяет самому спроектировать любую архитектуру проекта. Однако большая свобода действий разработчика далеко не всегда может привести к желаемым результатам. Тот или иной модуль проекта может рано или поздно потребовать дальнейшего рефакторинга для внедрения новых функциональных требований, если на этапе проектирования не был продуман их случай последующего внедрения.

Масштабируемая архитектура проекта основана на следующих принципах:

1. Разделение общих и частных модулей (доменов) проекта на две независимые директории, которые могут взаимодействовать по определенному интерфейсу.
2. Разделение определенного домена на сущности по их областям ответственности.
3. Отсутствие явной связи между любыми сущностями, даже если находятся в рамках одного домена, что делает тестирование любого компонента наиболее эффективным.
4. Четкое разделение слоев определенного компонента на View – Actions – Services – Store.

Рассмотрим подробнее краткое представление предлагаемой архитектуры в рамках одного компонента. В качестве примера используем контейнерный компонент (он же является доменом) – страницу профиля пользователя.

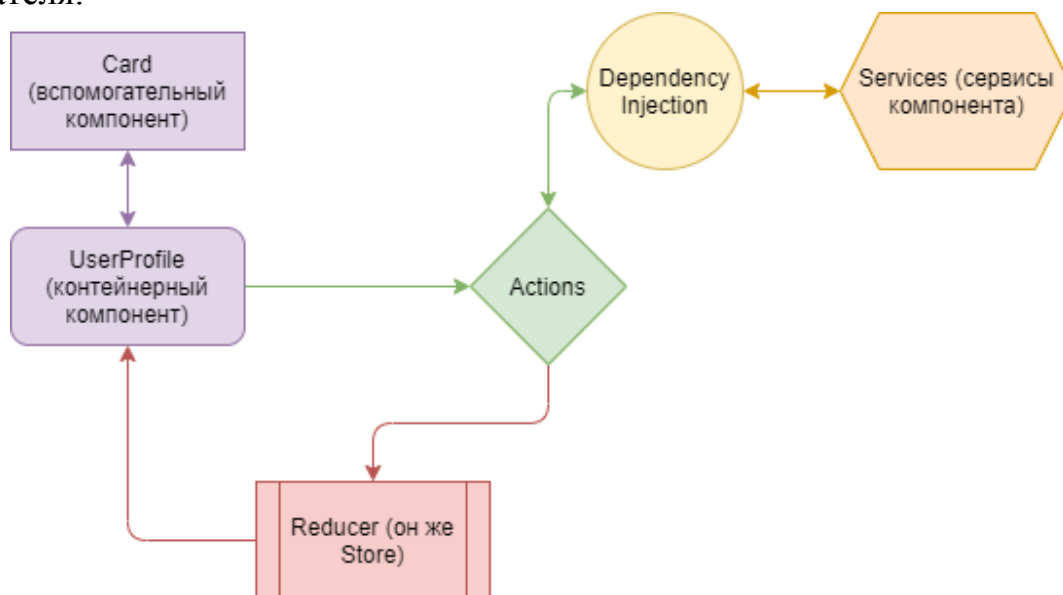


Рис. 2. Краткая схема взаимодействия сущностей домена профиля пользователя

В данном случае архитектура предполагает структуру, представленную на рис. 2, где UserProfile (директория компонента профиля пользователя):

- actions (директория для Actions слоя компонента).
 - actionTypes (перечисление типов actions компонента).
 - actions (обработчики действий компонента – Dispatcher на схеме в рис. 1).
- model (директория для Store слоя компонента).
 - reducer (объект состояния компонента – Store на схеме в рис.1).
- services (директория для Services слоя компонента).
 - services (сервисы компонента, например вызовы к API, которые будут внедрены в actions с помощью Dependency Injection).
- view (директория для View слоя).
 - components (директория для вспомогательных компонентов, которые относятся только к профилю пользователя).
 - Card (пример компонента).
 - page.
 - UserProfile (контейнерный компонент профиля пользователя).

Стоит учесть тот факт, соблюдение предложенной архитектуры React приложения не является обязательным. Данное решение в общих чертах показывает разработчику четкое разделение доменных сущностей приложения исходя из принципов единственной ответственности и инверсии зависимостей, что в долгосрочной перспективе позволит производить техническую поддержку приложения более эффективно.

Литература

1. React. JavaScript-библиотека для создания пользовательских интерфейсов, <https://ru.reactjs.org/>.
2. Angular. Открытая и свободная платформа для разработки веб-приложений, <https://angular.io/>.
3. Vue.js. JavaScript-фреймворк с открытым исходным кодом для создания пользовательских интерфейсов, <https://vuejs.org/>.
4. Svelte. Фреймворк для создания пользовательских интерфейсов на JavaScript, <https://svelte.dev/>.
5. Boduch A.. Flux Architecture. – Packt Publishing, 2016. – 352 с.
6. Описание принципов работы JSX в React, <https://ru.reactjs.org/docs/introducing-jsx.html>.
7. Virtual DOM в React, <https://reactjs.org/docs/faq-internals.html>.
8. Мартин Р. Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения. = Clean architecture. A Craftsman's Guide to Software Structure and Design. – Питер, 2018.
9. Роберт С. Мартин, Джеймс В. Ньюкирк, Роберт С. Косс. Быстрая разработка программ. Принципы, примеры, практика. – Вильямс, 2004.

ЗДОРОВЬЕСБЕРЕГАЮЩИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Блинова Е.Е.¹, Грошевихин И.В.²

¹ *ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,*

г. Ростов-на-Дону

² *ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет»,*

г. Ростов-на-Дону

E-mail: eesivokon@sfedu.ru, groshevihin.igor@yandex.ru

Дистанционное обучение в Российской Федерации и на мировом уровне за последнее время вышли на новый уровень и проникли на все ступени образования. За время пандемии организовывать образовательный процесс в дистанционном формате пришлось и дошкольным образовательным организациям, и на уровне школьного обучения, и в высших учебных заведениях, и в системе дополнительного профессионального образования. В этот период время, проводимое за компьютером и педагогами, и учащимися, увеличилось многократно. Педагогам необходимо было пересмотреть учебные материалы и адаптировать их под дистанционную форму обучения, подготовить дополнительные материалы для изучения обучающимися, материалы для организации практических занятий, а так же увеличилось время на проверку заданий и результатов разных форм учебной активности учащихся. Нагрузка учащихся и время, проводимое ими за компьютером, возросли в связи с тем, что весь образовательный процесс происходил он-лайн, ознакомление с дополнительными материалами для подготовки к занятиям, которые зачастую размещались в информационно-образовательной среде образовательной организации, выполнение домашних заданий и размещение их для проверки так же требовало длительного пребывания за компьютером.

При таком быстром переходе от традиционной формы обучения к преимущественно дистанционной, необходимо было перестроить образовательный процесс с учетом психологической и физиолого-гигиенической безопасности образовательного процесса. Но иногда такая быстрая перестройка влекла за собой рискованные ситуации, в том числе и со стороны здоровья всех участников образовательного процесса.

Многочисленные факторы риска для здоровья обучающихся создают предпосылки к возникновению у них стрессовых перегрузок, следствием которых является развитие у них хронических заболеваний. В связи с этим необходимо стремиться к таким формам и методам организации дистанци-

онного обучения, в которых прослеживается приоритет сохранения и укрепления здоровья всех участников образовательного процесса [3].

Для уменьшения вероятности возникновения рисков, связанных со здоровьем учащихся, следует использовать здоровьесберегающие технологии, позволяющие решать задачу сохранения здоровья учащихся и педагогов.

Гигиенический компонент здоровьесберегающей составляющей образовательного процесса состоит в формировании безопасной информационно-образовательной среды (в соответствии с санитарно-гигиеническими нормами) включающей здоровьесберегающий компонент среды дистанционного обучения. С учетом этого существенной становится проблема средообразующих факторов и соблюдение режима образовательной деятельности [2]. Это возможно в условиях дополнения традиционных технологий обучения, воспитания и развития компонентами здоровьесбережения.

Кроме того, необходимо повышение уровня знаний педагогов и обучаемых (на разных ступенях образования) в области техники безопасности при работе с компьютером, знаний санитарно-гигиенических норм безопасной работы при длительном пребывании за компьютером, соблюдение режима дня и режима активности при долгой статичной нагрузке. В противном случае можно столкнуться с проблемой ухудшения здоровья участников дистанционного образовательного процесса.

Среди факторов риска, способных спровоцировать такие негативные последствия, можно отметить следующие:

- рост образовательной нагрузки при малоэффективных санитарных нормах (не позволяющих учесть ситуацию с переводом образовательного процесса в дистанционный формат);

- ограничение двигательной активности во время дистанционного обучения;

- несоблюдение требований по организации питания в соответствии с возрастными особенностями и ограничениями при имеющихся хронических заболеваниях;

- зачастую не высокий уровень медицинского обеспечения здоровья обучаемых;

- нарушение в домашних условиях физиолого-гигиенических требований организации образовательного процесса в условиях дистанционного обучения;

- недостаточная подготовка педагогов и родителей (на этапе дошкольного и школьного образования) к длительному пребыванию за компьютером в системе здоровьесберегающего обучения;

– недостаточный уровень управленческой культуры в вопросах формирования, укрепления и сохранения здоровья всех субъектов системы образования [2].

В настоящее время образовательные организации возвращаются к своему привычному режиму функционирования, но, в то же время, дистанционная форма обучения сохраняется в случае, когда коллектив обучаемых может быть переведен на карантин, и в такой ситуации применение здоровьесберегающих технологий в образовательном процессе является необходимым для полноценной и безопасной организации образовательного процесса. Необходима корректировка образовательной нагрузки обучающихся, доведение до сведения всех участников образовательного процесса санитарно-гигиенических норм и особенностей организации образовательного процесса в дистанционном формате с учетом длительного пребывания за компьютером, формирование ценности здорового образа жизни и повышение культуры здоровья, его сохранения и поддержания (особенно у обучаемых). Соблюдение режима дня и организации питания, выполнение гимнастических упражнений (включая зрительную гимнастику) в случае длительного нахождения за компьютером на занятиях и при подготовке домашних заданий. Кроме того, возможен пересмотр организации проектной деятельности старшеклассников и студентов педагогических специальностей и выполнение ими социально-значимых проектов для валеологического просвещения младших школьников и их родителей: подбор упражнений, запись он-лайн физкультминуток и др. Для организации образовательного процесса в вузе возможна организация он-лайн уроков физкультуры и тренингов по здоровьесбережению и пропаганде здорового образа жизни. При участии студентов в проекте «Педагогический десант», реализуемом Академией психологии и педагогики Южного федерального университета совместно с Институтом математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича и другими подразделениями университета, возможно участие в реализации общегородских проектов и программ, направленных на пропаганду здорового образа жизни, таких как «Здоровый дошкольник». При этом можно построить работу в образовательной организации так, чтобы создать условия для активного вовлечения родителей в спортивное развитие и укрепление здоровья детей, с последующим участием в общественном спортивном движении. Основные усилия педагогического коллектива и студентов-волонтеров могут быть направлены на создание условий для развивающего взаимодействия взрослых и детей, их сотрудничества в реальных живых контактах друг с другом, в которых формируется и развивается личность ребёнка и личность взрослого

как воспитателя. Аналогично можно строить работу и с образовательными организациями на уровне школьного, средне-специального и вузовского образования.

Литература

1. Городецкая Н.И. Дистанционное обучение: здоровьесберегающий аспект // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социокинетика. – 2008. – № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/distantcionnoe-obuchenie-zdoroviesberegayuschiy-aspekt> (дата обращения: 18.04.2021).
2. Мухаметзянов И.Ш. Здоровьесберегающая информационно-коммуникационная образовательная среда // КПЖ. – 2010. – №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zdoroviesberegayuschaya-informatsionno-kommunikatsionnaya-obrazovatel'naya-sreda-1> (дата обращения: 18.04.2021).
3. Сивоконь Е.Е. Использование здоровьесберегающих технологий и интерактивного обучения для минимизации рисков информатизации образования // Информатика и образование. – 2012. – № 10(239).

ДИЭЛЕКТРИКИ С ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ЕМКОСТЬЮ: РАСЧЕТ ИМПЕДАНСНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

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

Последнее время появилось большое количество публикаций, связанных с обнаружением отрицательной диэлектрической проницаемости в веществе. Подробный обзор публикаций о материалах с отрицательной диэлектрической проницаемостью можно найти в работе [1]. В большей части работ, описывающих отрицательную действительную, емкость с уменьшением частоты увеличивается модуль измеряемой емкости. Есть работы, описывающие иной характер частотной зависимости отрицательной емкости. После уменьшения емкости со снижением частоты она выходит на плато и при продолжении снижения частоты остается неизменной. Такое частотное изменение емкости на низких частотах может быть объяснено в рамках развития релаксационной поляризации [2].

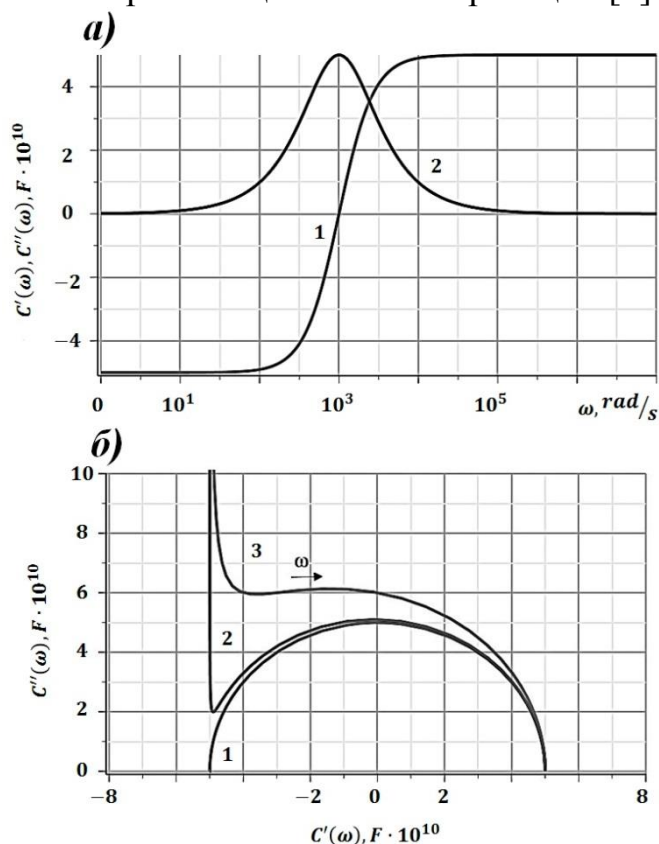


Рис. 1. Частотные зависимости действительной (1) и мнимой (2) частей емкости (а) и круговая диаграмма для них (б)

Компьютерная симуляция разработанной модели развития поляризации позволила получить графики частотных зависимостей импедансных характеристик образцов вещества, имеющих подобную частотную зависимость емкости. Рассчитанные частотные зависимости действительной C' , мнимой C'' частей комплексной емкости и их круговые диаграммы приведены на рис.1. В отличие от круговых диаграмм для положительной емкости в случае отрицательной емкости низкочастотная часть диаграммы находится слева. Именно здесь и начинается отступление от окружности при увеличении сквозной электропроводности.

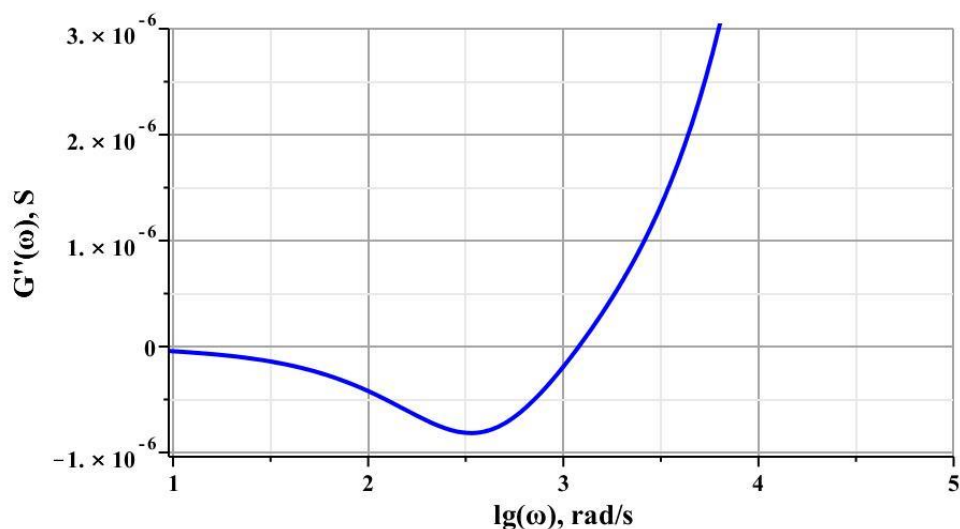


Рис. 2. Частотная зависимость мнимой части комплексной электропроводности

Еще одной особенностью импедансных характеристик стала частотная зависимость мнимой части комплексной электропроводности G'' . Она приведена на рис.2. В зависимостях минимум имеется при любых соотношениях между быстрыми и релаксационными поляризационными процессами, что свидетельствует о том, что процессы релаксационной поляризации при отрицательной емкости сильные [3] Частотные зависимости мнимой части импеданса Z'' отличаются от случая развития обычного процесса релаксационной поляризации. В них присутствуют по два экстремума – минимум и максимум. С увеличением сквозной электропроводности эти экстремумы становятся более пологими.

Литература

1. Shulman J et al. // Phys. Rev. B. – 2009. 80, – P. 134202.
2. Bogatin A.S. et al. // Bull Russ Acad.Sci., – Physics, – 2018. – Vol 82, N 7, – P. 800.
3. Bogatin A.S. // Bull Russ Acad.Sci.,Physics . – 2011. – Vol. 57, N 8. – P. 1128.

ПРОТОТИПНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СРЕДСТВ СЛУЖБЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОЗВЕННЫХ МАНИПУЛЯТОРОВ С ВРАЩАТЕЛЬНЫМИ СОЧЛЕНЕНИЯМИ

Букатов А.А., Федяшов А.А.

ФГАОУ ВО Южный федеральный университет,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: baa@sfedu.ru, fedyashov@sfedu.ru

Многозвенные манипуляторы с вращательными сочленениями являются распространенным и видом промышленных роботов, способным производить различные операции с объектами. Постоянная потребность в создании всё новых и новых разновидностей подобных роботов влечёт *высокую актуальность* задачи *создания систем имитационного моделирования (симуляции) подобных роботов*, предназначенных для использования как *при разработке* новых моделей роботов, так и *в учебном процессе обучения методам разработки* таких роботов. Представляется, что для обеспечения широкой доступности указанных средств при дистанционных режимах работы и обучения их целесообразно реализовать в виде многопользовательской веб-ориентированной сетевой службы с тонкими клиентами, функциональность которых реализуется на сервере службы (см., например, работу [1]). Но в рамках настоящего доклада рассматривается прототипная реализация функциональной части сервера службы симуляции манипуляторов. Функциональным ядром системы симуляции манипулятора, равно как и системы управления натурным манипулятором являются программы, реализующие алгоритмы решения прямой и обратной задач кинематики (ПЗК и ОЗК, соответственно) [2].

Структурно манипуляторы рассматриваемого типа представляет собой набор звеньев (балок, рычагов, штоков и пр.), соединенных последовательно между собой вращательными сочленениями. Начальное звено манипулятора закреплено на некоторой платформе: шасси экскаватора, месте стационарного крепления манипулятора (на сборочном конвейере) и пр. К конечному звену такого манипулятора прикреплен некоторый исполнительный инструмент, такой как ковш экскаватора, схват для фиксации и последующего перемещения некоторого предмета, гаечный ключ и пр. Каждое из звеньев манипулятора может иметь одну или две степени свободы: возможности поворотов для изменения угла азимута и угла места рычажного звена в сферической системе координат, «привязанной» к точке крепления начала этого звена. Выполнение поворотов обеспечивается исполнительными механизмами – приводами сочленений манипулятора. Положение в пространстве всей совокупности звеньев манипулятора может

быть задано в виде некой совокупности обобщённых координат (ОК), например – в виде параметров Денавита-Хартенберга [2], по сути представляющих собой совокупность длин звеньев манипулятора и углов их поворота в «привязанных» координатах.

При выполнении настоящей работы для проверки разработанных алгоритмов они проверялись и методом натуральных испытаний для управления принадлежащей второму автору натурной моделью манипулятора (НММ) с пятью степенями свободы и схватом для удержания небольших предметов. Поэтому ниже исполнительный механизм называется схватом.

Перейдём к рассмотрению сути и методов решения ПЗК и ОЗК.

ПЗК состоит в определении пространственного положения характерной точки манипулятора, как правило, точки крепления его рабочего инструмента по известным значениям ОК [2].

ОЗК заключается в расчете набора ОК манипулятора при заданных координатах положения схвата (рабочего инструмента) [2]. На практике это означает, что для некоторой заданной точки в трехмерном пространстве необходимо получить последовательность углов поворота сочленений манипулятора, при которых эта точка будет достигнута схватом. Таким образом, можно рассчитать движение конечной точки (схвата) манипулятора по траектории путём решения ОЗК для последовательности находящихся на этой траектории точек промежуточных положений схвата манипулятора.

Отметим, что в то время как метод решения ПЗК прост, очевиден и имеет единственное решение, ОЗК имеет неопределенное решение, так как одной и той же точке пространства могут соответствовать разные конфигурации сочленений робота [2].

Существует ряд методов решения ОЗК существенно зависящих от конструкции манипулятора, поэтому универсального и при этом одинаково быстрого алгоритма не существует. В докладе рассмотрен ряд методов решения ОЗК и присущих им достоинств и недостатков.

Геометрический (аналитический) метод решения ОЗК [2] заключается в нахождении аналитических (тригонометрических) выражений в явном виде с использованием кинематической схемы манипулятора. Метод позволяет эффективно найти точное решение ОЗК, но применим лишь для весьма ограниченного класса манипуляторов со «сферическим запястьем».

Метод решения при помощи обучения нейронной сети на большой выборке данных [3] с углами поворота сервоприводов (звеньев) и соответствующих им координатам схвата в 3-мерном пространстве. Достоинство метода – его универсальности. Недостатки – необходимость переобучения нейросети для каждого конкретного манипулятора, а также – худшая точность среди всех рассмотренных методов решения ОЗК.

Итерационный алгоритм FABRIK (Forward and Backward Reaching Inverse Kinematics) отличается хорошей и быстрой сходимостью к целевой точке [4]. Но он существенно основан на отсутствии ограничений на углы поворота сервоприводов, что, в большинстве случаев, недостижимо.

Алгоритм PSO (Particle Swarm Optimization - метод роя частиц или МРЧ) – метод численной оптимизации, используемый в том случае, если вычисление градиента функции затруднено или невозможно; одной из прикладных задач, решаемых данным алгоритмом, является ОЗК [5]. Ввиду ряда достоинств этого алгоритма остановимся на них подробнее.

Алгоритм PSO позволяет найти приближенное решение ОЗК оптимизацией целевой функции – функции расстояния между положением схвата манипулятора на текущей итерации (результат вычисления ПЗК) и целевой точкой, которую должен достичь схват. Основные важные достоинства PSO – это широкие возможности по адаптации его параметров к мехатронике, а также полная универсальность для любого манипулятора: PSO работает с произвольным числом любых типов сочленений [5].

Поэтому, несмотря на некоторые недостатки алгоритма PSO нами было принято решение использовать его разновидность Global Best PSO [6] в качестве средства для расчета ОЗК в создаваемой прототипной реализации нашей системы. Упомянутые же недостатки алгоритма PSO могут быть устранены путём продуманной нами доработки алгоритма. Основными же достоинствами алгоритма PSO, определившими наш выбор, являются его универсальность и простота реализации.

Для оперативности создания прототипа программы сервера симуляции манипулятора было решено разработать его функциональное ядро в виде консольного приложения в среде ОС GNU/Linux на языке Python с применением фрагментов исходного кода реализации на ЯП Python метода Global Best PSO, взятых из свободно-распространяемой в исходных кодах (open source) библиотеки pyswarms [7]. Реализация основной функции сервера в «консольной оболочке» упростила и проведение процедуры оценки точности решения программой основной функции сервера, т.е. – решения ОЗК.

Оценка точности решения задачи выполнялась методами вычислительных и натурных испытаний (ВИ и НИ). При ВИ точности решения ОЗК это решение подавалось в качестве исходных данных для ПЗК, а найденные координаты схвата сравнивались с координатами целевой точки ОЗК (в декартовой системе координат с началом координат в точке крепления первого звена манипулятора). В серии проведённых расчётов величина максимального расхождения значений координат целевой точки и вычисленного положения схвата не превосходила 0,03%. Допустимость такого отклонения существенно зависит от двух основных факторов – от размеров симулируемого манипулятора и от требований к максимально

допустимым абсолютным (а не относительным) отклонениям их от требуемых значений. Если достигнутая точность недостаточна, она может быть увеличена: повышением числа итераций алгоритма; повышением точности работы над числами с плавающей запятой (выбором соответствующих опций компилятора); реализацией программы на ЯП, компилятор которого генерирует более эффективный программный код.

Натурные испытания проводились путём подачи результатов решения ПЗК (ОК, преобразованных в последовательность команд управления сервоприводами НММ) на порт RS-232 НММ. В ходе таких испытаний НММ, после подачи на неё команд управления, осуществляла подвод схвата к целевому предмету и обеспечивала его стабильное удержание.

В разработанной программе реализован простейший алгоритм подвода схвата манипулятора, путём поочерёдного приведения в целевое состояние всех звеньев манипулятора, начиная с первого. Разрабатываются методы подвода схвата в условиях наличия ограничений на допустимую область пространственного расположения компонентов манипулятора.

Дальнейшее развитие данного проекта будет состоять в разработке основанного на PSO сервера симуляции манипуляторов, разработке методов задания конкретных конфигураций и визуализации симулируемых манипуляторов в их статике и в их движении средствами веб-технологий.

Литература

1. Букатов А.А., Гуда С.А. Компьютерные сети, расширенный начальный курс. – СПб.: Питер, 2019, – 496 с.
2. Борисов О.И., Громов В.С., Пыркин А.А. Методы управления робототехническими приложениями. – ИТМО, 2016, – 108 с.
3. Panchanand J. Inverse Kinematic Analysis of Robot Manipulators. // National Institute of Technology Rourkela, India, 2015, – 315 с.
4. Aristidou A., Lasenby J. FABRIK: A fast, iterative solver for the Inverse Kinematics problem.// Graphical Models. 2011, – № 73, – P. 243–260.
5. Alkayyali M., Tutunji T.A. PSO-based Algorithm for Inverse Kinematics Solution of Robotic Arm Manipulators. // 2019 20th International Conference on Research and Education in Mechatronics (REM), 2019, – P. 54–61.
6. Engelbrecht A.P. Particle Swarm Optimization: Global Best or Local Best? // 2013 BRICS Congress on Computational Intelligence & 11th Brazilian Congress on Computational Intelligence (BRICS-CCI & CBIC). 2013, – P. 124–135.
7. A Python-based Particle Swarm Optimization (PSO) library URL: <https://pypi.org/project/pyswarms/> (дата обращения 08.04.2021).

НЕОБХОДИМОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ В КАДАСТРЕ, ОБУСЛОВЛЕННАЯ НАУЧНЫМИ ДАННЫМИ

Бутхузи Е.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Таганрог

E-mail: buthuzielizaveta@mail.ru

Глобальный процесс урбанизации показывает всю важность эффективного и грамотного управления недвижимым имуществом. С ростом населения растет и рост потребности в земельных ресурсах, которые ограничены. Данное обстоятельство наглядно демонстрирует потребность строительства многоэтажных зданий сложной формы, так же возникает потребность подземного строительства, что и обуславливается потребностью использования 3D-кадастра.

На практике, при осуществлении кадастрового учета не редко возникают ситуации, в которых информации, предоставляемой двумерным кадастром недвижимости недостаточно. Упускаются такие моменты как: точность конфигурации земельного участка, особенности учитываемых земель. В то время как трехмерный кадастр позволяет избежать потери данных о форме, площади и рельефе земельного участка, учесть все нюансы объекта недвижимости в целом.

В случаях постановки на государственный кадастровый учет зданий сложной конфигурации двумерный кадастр не может гарантировать полноценную «поставку» недвижимости на ГКУ. Регистрация недвижимости, осуществляемая в трехмерном измерении, предоставляет возможность осуществлять учет не только на нулевом уровне.

3D-моделирование представляет собой совокупность последовательных задач, итогом которых является получение трехмерной модели объекта. Разработка визуального объемного образа желаемого объекта – главная задача трехмерного моделирования. Точная копия конкретного объекта может быть создана с использованием трехмерной графики (рис. 1), так же как и разработка нового объекта.

Необходимость применения трехмерного кадастра так же обусловлена возможностью наблюдать происходящие с объектом недвижимости изменения в разные промежутки времени его существования.

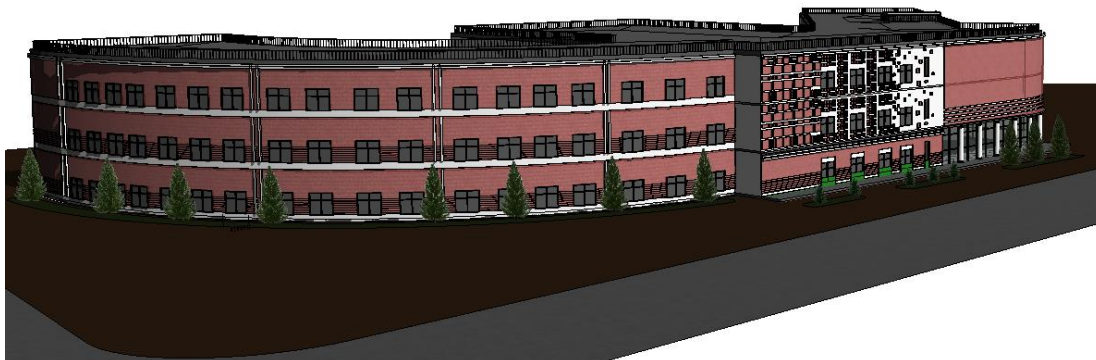


Рис. 1. 3D-модель школы, созданная в программе Revit

Процесс моделирования и его этапы формируются в соответствии с поставленными целями и задачами. Создание 3D-модели объекта недвижимости в общем виде представлено на рис. 2.



Рис.2. Основные этапы моделирования

Особенностью использования трехмерного кадастра является и то, что все материалы и компоненты так же будут представляться в 3D-виде, что существенно позволяет решать вопросы, которые связаны с принятием проектов и проектной документации. Данный способ является наглядным

и эффективным, так как при рассмотрении 3D-модели объекта непосредственно в самой программе, где создавался сам объект, мы имеем возможность многократно включать различные слои, выбирать необходимые нам объекты и смотреть их описание. К тому же могут быть осуществлены различные площадные и линейные промеры. Применение 3D-кадастра эффективно и экономически выгодно, ведь с его помощью могут быть решены задачи точечного характера, которые напрямую связаны с проектированием, реконструкцией объектов недвижимости, а также трехмерный кадастр способен решить глобальные задачи градостроительного планирования, которые охватывают весь город.

Литература

1. Алтынов А.Е., Снежко И.И. Точность моделирования объектов недвижимости в 3D кадастре // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2014. – № 1. – С. 44–48.
2. Брынть М.Я. Координатное обеспечение государственного кадастра недвижимости: учебное пособие. – СПб.: ПГУПС, 2011. – 25 с.

РАЗВИТИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ «ЛИНЕАРИЗАЦИЯ ВЫРАЖЕНИЙ» В ОРС

Василенко А.А.

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

Под линеаризацией выражений [1] в Открытой распараллеливающей системе [2] понимается функция, на вход которой подается некоторое выражение и список входящих в него подвыражений, на выходе этой функции возвращается линейная комбинация данных подвыражений, если построение такой комбинации является возможным. Линеаризация использовалась в основном для приведения индексных выражений к некоторому стандартному виду и ограничивалась выполнением четырех основных арифметических операций с целью привести подобные слагаемые.

Расширение возможностей преобразования «линеаризация выражений» — это расширение множества операций, которые могут входить в потенциально линеаризируемые выражения и расширение количества операторов, выражения из которых могут быть подвергнуты линеаризации.

Расширение множества операций

В класс допустимых операций добавлены операции сравнения («больше», «меньше», «равно», «не равно», «больше или равно», «меньше или равно») и операция получения остатка от деления.

Линеаризация в новой версии переопределена для операций сравнения вида $a \text{ op } b$, где a и b — целочисленные выражения, op — оператор сравнения. Данная операция заменяется на $(a - b) \text{ op } 0$, далее происходит попытка вычисления разности с целью свести данное выражение к некоторому константному значению, которое возможно сравнить с нулём.

Для операции получения остатка от деления $a \bmod b$ при линеаризации проверяется, являются ли значения a и b целочисленными константами (соответственно, будут линеаризованы выражения a и b). В случае успешного выполнения проверки выражение будет заменено на результат выполнения операции.

Расширение множества операторов

Изначально множество допустимых операторов состояло из одного элемента — оператора присваивания. В новой версии линеаризации добавлены составной оператор, условный оператор и оператор цикла.

Для составного оператора линейризация выполняется как последовательное применение линейризации к каждому оператору данного блока.

Для оператора ветвления в первую очередь обрабатывается выражение в его условии. Если удастся свести такое выражение к константному значению, то одна из ветвей данного оператора не будет выполняться ни при каких условиях. Поэтому условный оператор можно будет заменить на блок операторов из альтернативной ветви. Если такое сведение невозможно, то выполняется линейризация операторов из обеих ветвей. Пример применения линейризации к условному оператору представлен на рис. 1.

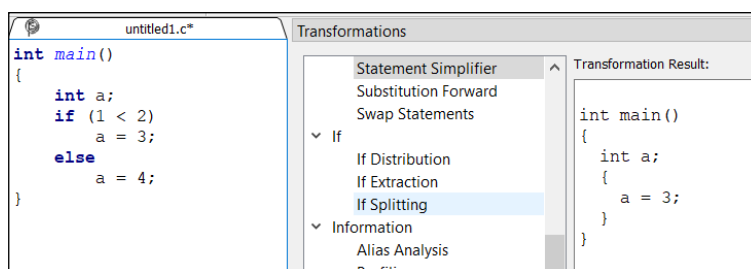


Рис. 1. Линейризация условного оператора

Для оператора цикла вначале выполняется проверка: может ли быть выполнена хотя бы одна его итерация. Для этого начальное выражение цикла должно удовлетворять условию цикла. Если это не происходит, проводить линейриацию далее не является целесообразным, так как тело цикла будет недостижимым. Поэтому весь цикл можно будет заменить на оператор присваивания переменной цикла начального значения, так как только этот оператор будет исполнен.

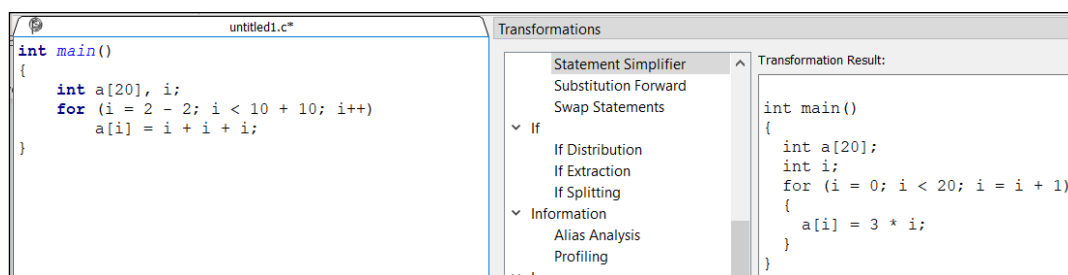


Рис. 2. Линейризация оператора цикла

Численные эксперименты

Тестирование разработанного оптимизирующего преобразования выполнялось на примере решателя задачи Гаусса-Зейделя. Использовался компилятор `icc` с включенным режимом максимальной оптимизации (`O3`). Сравнивалось время выполнения программы для решателя без использова-

ния распараллеливания (1 поток) и параллельные программы (8 и 16 потоков). Результаты запусков представлены в таб. 1.

Размерность задачи	Точки	Потоки	До применения линеаризации, сек	После применения линеаризации, сек
256x4000x4000	4	1	4,73	4,60
		8	0,75	0,66
		16	0,88	0,86
256x4000x4000	8	1	16,57	14,14
		8	4,62	3,83
		16	3,17	2,98
128x128x128x128	6	1	1,41	1,39
		8	0,49	0,46
		16	0,36	0,31
128x128x128x128	27	1	6,10	6,04
		8	2,98	2,87
		16	1,91	1,89

Таб. 1. Результат запуска программ

Результаты численных экспериментов показывают, что применение линеаризации может сократить время работы программы даже при использовании современного оптимизирующего компилятора.

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

Литература

1. Черданцев Д.Н. Линеаризация выражений в оптимизирующих или распараллеливающих компиляторах [Текст] / Д.Н. Черданцев // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. – 2009. – N 2. – С. 13–16.
2. Оптимизирующая распараллеливающая система www.ops.rsu.ru (Дата обращения 19.04.2021).

ОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПЕРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦИОНАЛЬНО-ГРАДИЕНТНОГО ЦИЛИНДРА

Ватульян А.О., Дударев В.В., Мнухин Р.М., Углич П.С.
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 важной прикладной задачей механики является исследование свойств готового изделия из функционально-градиентных материалов (ФГМ) [1]. Наиболее востребованными методами идентификации дорогостоящих объектов являются неразрушающие методы [2]. Среди них можно отметить акустический метод, основанный на влиянии свойств тела на его основные акустические характеристики.

Для определения нескольких параметров обычно рассматриваются несколько задач, отличающихся видом граничных условий. В настоящей работе рассматривается коэффициентная обратная задача об определении материальных свойств ФГ цилиндра (параметры Ламе и плотность) по данным об амплитудно-частотной характеристике (АЧХ), полученной из двух экспериментов, характеризующихся различными типами движения. Предлагаемый подход основан на методе, ранее апробированном авторами для решения ряда обратных задач о восстановлении одной характеристики.

Общая постановка прямой задачи об установившихся колебаниях изотропного ФГ тела с объемом V может быть записана в следующем виде [3, 4]:

$$\begin{cases} \nabla \cdot \boldsymbol{\sigma} + \rho \omega^2 \mathbf{u} = 0, \\ \boldsymbol{\sigma} = \lambda \mathbf{E} \operatorname{tr} \boldsymbol{\varepsilon} + 2\mu \boldsymbol{\varepsilon}, \\ \boldsymbol{\varepsilon} = 0.5(\nabla \mathbf{u} + \nabla \mathbf{u}^T), \\ \mathbf{u}|_{S_u} = 0, \mathbf{n} \cdot \boldsymbol{\sigma}|_{S_\sigma} = \mathbf{p}, \end{cases} \quad (1)$$

где $\boldsymbol{\sigma}$ – тензор напряжений Коши, ρ – переменная плотность, ω – круговая частота колебаний, \mathbf{u} – вектор перемещений, λ, μ – параметры Ламе, изменяющиеся по пространственным координатам, $\boldsymbol{\varepsilon}$ – тензор деформаций, \mathbf{E} – единичный тензор, \mathbf{n} – единичный вектор внешней нормали, $S = S_u \cup S_\sigma$ – поверхность тела, \mathbf{p} – амплитуда вектора внешней нагрузки. В рамках этой постановки необходимо определить компоненты вектора \mathbf{u} и соответствующие ему тензора $\boldsymbol{\varepsilon}$ и $\boldsymbol{\sigma}$ при заданных законах изменения параметров Ламе (λ, μ), плотности ρ . Из структуры дифференциального оператора и определяющих соотношений видно, что эта задача является линейной.

В качестве объекта исследования рассмотрен упругий ФГ полый цилиндр. Внутренний радиус равен r_1 , внешний – r_2 , высота $2h$. Его свойства

описываются переменными параметрами Ламе $\lambda(r)$, $\mu(r)$ и плотностью $\rho(r)$, изменяющимися только по радиальной координате. На торцевых поверхностях реализованы условия скользящей заделки, на внешней боковой поверхности действует распределенная нагрузка. В статье [5] на основе (1) рассмотрена прямая задача о продольно-радиальных колебаниях цилиндра. Используя метод разделения переменных для радиальной $u_r(r, z) = \sum_{k=0}^{\infty} r_2 u_k(\xi) \cos(v_k z)$ и продольной компонент перемещений $u_z(r, z) = \sum_{k=0}^{\infty} r_2 w_k(\xi) \sin(v_k z)$ ($\xi = r/r_2$, $v_k = \pi k/h$), решение задачи можно свести к численному решению набора систем дифференциальных уравнений первого порядка.

В статье [6] рассмотрена задача об установившихся крутильных колебаниях цилиндра с переменным модулем сдвига при постоянной плотности. Касательная нагрузка приложена на внешней боковой поверхности. Используя аналогичный подход, решение прямой задачи о крутильных колебаниях для функционально-градиентного цилиндра с переменными параметрами $\mu(r)$ и $\rho(r)$ может быть сведено к численному решению безразмерной краевой задачи для системы двух дифференциальных уравнений.

На основе построенных численных решений прямых задач о продольно-радиальных и крутильных колебаниях проведен анализ влияния каждой из переменных характеристик на АЧХ. Анализ показал, что модуль сдвига и плотность соразмерно влияют на значения резонансных частот и АЧХ, а влияние параметра λ является существенно меньшим.

Рассмотрена задача об определении переменных параметров Ламе и плотности упругого полого изотропного функционально-градиентного цилиндра по данным об изменении АЧХ $\mathbf{f}(\omega)$, измеренных на внешней поверхности на различных частотных диапазонах. Существенным отличием этой коэффициентной обратной задачи от прямой (1) является её нелинейность, т.к. неизвестными являются компоненты вектора смещения \mathbf{u} , параметры Ламе (λ , μ) и плотность ρ . Одним из эффективных методов решения таких задач является итерационный метод.

Уравнение для отыскания неизвестных функций поправок можно получить, следуя общему подходу, описанному в работе [7]:

$$\int_V \left(\lambda^{(n)} \left(\text{tr} \left(\boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{u}^{(n-1)}) \right) \right) \right)^2 + 2\mu^{(n)} \left(\boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{u}^{(n-1)}) \right)^2 dV - \omega^2 \int_V \rho^{(n)} (\mathbf{u}^{(n-1)})^2 dV = - \int_{S_\sigma} \mathbf{P} \cdot (\mathbf{f} - \mathbf{u}^{(n-1)}) dS_\sigma, \quad (2)$$

$$\omega \in [\omega^-, \omega^+],$$

где в правой части сделана замена $\mathbf{u}^{(n)} = \mathbf{f} - \mathbf{u}^{(n-1)}$. Полученное соотношение устанавливает связь неизвестных поправок $\lambda^{(n)}$, $\mu^{(n)}$, $\rho^{(n)}$ с соответствующими приближениями $\lambda^{(n-1)}$, $\mu^{(n-1)}$, $\rho^{(n-1)}$ и заданным вектором $\mathbf{f}(\omega)$. Это соотношение представляет собой интегральное уравнение Фредгольма (ИУФ) 1-го рода относительно $\lambda^{(n)}$, $\mu^{(n)}$, $-\rho^{(n)}$. Из структуры (2) видно, что ядра этого уравнения являются неотрицательными. Следует отметить, что решение ИУФ 1-го рода является некорректной задачей, поэтому при построении обратного оператора необходимо использовать специальные методы, например, метод регуляризации Тихонова.

Следует отметить, что для восстановления сразу трех неизвестных функций, можно рассмотреть задачи, отличающиеся режимом нагружения [7]. В этом случае будет получена система ИУФ первого рода с гладкими ядрами. В частности, для рассмотренной задачи о продольно-радиальных колебаниях цилиндра соотношение (2) для введенных безразмерных величин примет следующий вид:

$$\begin{aligned} \int_{\xi_0}^1 \left(\tilde{\lambda}^{(n)}(\xi) K_{10}(\xi, \kappa) + \tilde{\mu}^{(n)}(\xi) K_{20}(\xi, \kappa) - \tilde{\rho}^{(n)}(\xi) K_{30}(\xi, \kappa) \right) \xi d\xi = \\ = p_0 (\tilde{f}_0(1, \kappa) - u_0^{(n-1)}(1, \kappa)), \kappa \in [\kappa_0^-, \kappa_0^+], \\ \int_{\xi_0}^1 \left(\tilde{\lambda}^{(n)}(\xi) K_{1k}(\xi, \kappa) + \tilde{\mu}^{(n)}(\xi) K_{2k}(\xi, \kappa) - \tilde{\rho}^{(n)}(\xi) K_{3k}(\xi, \kappa) \right) \xi d\xi = \\ = p_k (\tilde{f}_k(1, \kappa) - u_k^{(n-1)}(1, \kappa)), k = 1, 2 \dots, \kappa \in [\kappa_k^-, \kappa_k^+], \end{aligned} \quad (3)$$

где $\tilde{f}_k(1, \kappa) = f_k(r_2, \omega)/r_2 = u_k(1, \kappa)$, $k = 0, 1, 2 \dots$ – данные об АЧХ,

$$\begin{aligned} K_{10}(\xi, \kappa) &= \left(u_0^{(n-1)'}(\xi, \kappa) + \frac{u_0^{(n-1)}(\xi, \kappa)}{\xi} \right)^2, \\ K_{20}(\xi, \kappa) &= 2c^* \left((u_0^{(n-1)'}(\xi, \kappa))^2 + \left(\frac{u_0^{(n-1)}(\xi, \kappa)}{\xi} \right)^2 \right), \\ K_{30}(\xi, \kappa) &= \kappa^2 \left(u_0^{(n-1)}(\xi, \kappa) \right)^2, \\ K_{1k}(\xi, \kappa) &= \left(u_k^{(n-1)'}(\xi, \kappa) + \frac{u_k^{(n-1)}(\xi, \kappa)}{\xi} + \beta_k w_k^{(n-1)}(\xi, \kappa) \right)^2, \\ K_{2k}(\xi, \kappa) &= 2c^* \left((u_k^{(n-1)'}(\xi, \kappa))^2 + 0.5 \left(w_k^{(n-1)'}(\xi, \kappa) - \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \beta_k u_k^{(n-1)}(\xi, \kappa) \right)^2 + \left(\frac{u_k^{(n-1)}(\xi, \kappa)}{\xi} \right)^2 + \left(\beta_k w_k^{(n-1)}(\xi, \kappa) \right)^2 \right), \\ K_{3k}(\xi, \kappa) &= \kappa^2 \left(\left(u_k^{(n-1)}(\xi, \kappa) \right)^2 + \left(w_k^{(n-1)}(\xi, \kappa) \right)^2 \right), \end{aligned} \quad (4)$$

где $\kappa^2 = \rho^* \omega^2 r_2^2 / \lambda^*$, $\beta_k = \pi k r_2 / h$, $p_k = -p^0 P_k / \lambda^*$, $c^* = \mu^* / \lambda^*$, $P(z) = p^0 \sum_{k=0}^{\infty} P_k \cos(\nu_k z)$ – закон изменения нагрузки.

Для задачи о крутильных колебаниях цилиндра

$$\int_{\xi_0}^1 \left(\tilde{\mu}^{(n)}(\xi) G_1(\xi, \kappa) - \tilde{\rho}^{(n)}(\xi) G_2(\xi, \kappa) \right) \xi d\xi = \tag{5}$$

$$= p^* (\tilde{f}(1, \kappa) - u^{(n-1)}(1, \kappa)), \kappa \in [\kappa^-, \kappa^+],$$

где $\tilde{f}(1, \kappa) = f(r_2(\omega)/r_2)/r_2 = u(1, \kappa)$ – данные об АЧХ, $G_1(\xi, \kappa) = c^* \left(u^{(n-1)'}(\xi, \kappa) + \frac{u^{(n-1)}(\xi, \kappa)}{\xi} \right)^2$, $G_2(\xi, \kappa) = \kappa^2 \left(u^{(n-1)}(\xi, \kappa) \right)^2$.

На основе предложенной оригинальной численной схемы проведены вычислительные эксперименты по реконструкции трех монотонно возрастающих и убывающих функций $\tilde{\lambda}(\xi)$, $\tilde{\mu}(\xi)$, $\tilde{\rho}(\xi)$. Законы выбраны так, чтобы они принимали значения безразмерных параметров меди на внутренней границе и карбида вольфрама на внешней границе ФГ цилиндра для возрастающих законов и наоборот для убывающих.

Отмечены важные аспекты практической реализации метода: поиск начального приближения, выбор частотного диапазона, влияние зашумления на процедуру реконструкции, анализ АЧХ и ядер ИУФ (4)–(5).

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

Литература

1. Miyamoto Y., Kaysser W.A., Rabin B.H., Kawasaki A., Ford R.G. Functionally Graded Materials: Design, Processing and Applications. – Springer Science & Business Media, 1999. Vol. 5. 330 p.
2. Ida N., Meyendorf N. Handbook of Advanced Nondestructive Evaluation. – Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2019. 1617 p.
3. Ломакин В.А. Теория упругости неоднородных тел. – М.: Издательство МГУ, 1976. – 368 с.
4. Dai H.L., Rao Y.N., Dai T. A review of recent researches on FGM cylindrical structures under coupled physical interactions, 2000–2015 // Composite Structures. – 2016. – Vol. 152. – P. 199–225.
5. Dudarev V.V., Mnukhin R.M., Nedin R.D., Vatulyan A.O. Effect of material inhomogeneity on characteristics of a functionally graded hollow cylinder // Applied Mathematics and Computation. – 2020. – Vol. 382. – Article number 125333.

6. Bogachev I.V., Nedin R.D., Vatulyan A.O., Yavruyan O.V. Identification of inhomogeneous elastic properties of isotropic cylinder // ZAMM. – 2017. – Vol. 97, N 3. – P. 358–364.
7. Ватульян А.О. К теории обратных задач в линейной механике деформируемого тела // ПММ. – 2010. Т. 74, № 6. – С. 909–916.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ СХЕМА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ТЕРМОУПРУГОСТИ ДЛЯ ПОЛОГО ЦИЛИНДРА С НЕОДНОРОДНЫМ ПОКРЫТИЕМ С УЧЕТОМ МАСШТАБНОГО ЭФФЕКТА

Ватульян А.О.¹, Нестеров С.А.², Юров В.О.¹

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

² ФГБУН «Южный математический институт – филиал
ВНЦ РАН»,
г. Владикавказ
E-mail: 1079@list.ru

Многие годы слоистые композиты применялись в качестве термозащитных покрытий элементов конструкций, работающих в областях с высокотемпературным окружением. Однако скачки термомеханических характеристик через границу раздела между материалами могут привести к большой концентрации напряжений и возникновению растрескивания. В качестве альтернативы слоистым композитам в последние годы выступают функционально-градиентные материалы (FGM) [1]. Для обеспечения тепловой защиты верхняя сторона покрытия должна иметь низкий коэффициент теплопроводности, который непрерывно и монотонно увеличивается с глубиной и на границе раздела «покрытие-цилиндр» должен совпадать с коэффициентом теплопроводности материала цилиндра [1].

При расчетах термонапряженного состояния в цилиндрах малого размера или в случае тонкослойного покрытия удобно использовать градиентную теорию упругости, в которой учитываются масштабные эффекты. Градиентная теория упругости была сформулирована в середине прошлого века в работах Миндлина [2].

Впервые задача Ламе для цилиндра в градиентной теории была рассмотрена на основе модели Миндлина в [3], однако практическое использование этой модели требует определения 5 градиентных модулей. В целях упрощения этой модели были предложены однопараметрические модели Айфантиса [4] и Лурье С.А. [5]. В рамках однопараметрической модели Айфантиса получены аналитические решения задачи о нахождении НДС FGM полого цилиндра со степенным законом неоднородности при тепловом нагружении [6]. Градиентная теория применяется и для уточнения НДС слоистых стержневых структур [8]. Однако задача термоупругого деформирования цилиндра с неоднородным покрытием с учетом масштабного эффекта остается неисследованной.

Рассмотрим бесконечно длинный термоупругий цилиндр, к внешней боковой поверхности которого примыкает термозащитное FGM покрытие. На внутренней боковой поверхности цилиндра поддерживается нулевая температура. Внешняя поверхность свободна от напряжений и поддерживается при заданной температуре. Поскольку дифференциальные уравнения равновесия в градиентной теории имеют повышенный порядок по сравнению с классической теорией, и содержат малый параметр при старшей производной, то были заданы дополнительные граничные условия и условия сопряжения. В качестве дополнительных условий примем: 1) равенство нулю моментных напряжений на боковых поверхностях цилиндра; 2) непрерывность градиентов перемещений и моментных напряжений на поверхности соединения цилиндра и покрытия. Для упрощения расчетов считается, что градиентный параметр одинаков для покрытия и цилиндра.

Решение задачи несвязанной термоупругости начинается с нахождения радиального распределения температуры слоистого цилиндра на основе решения классической задачи теплопроводности. После этого определяются перемещения, которые согласно Айфантису [4] можно представить в виде суммы решения задачи в перемещениях в классической постановке и дополнительных градиентных слагаемых, носящих погранслоиный характер.

Классическое решение для радиальных перемещений и напряжений в случае неоднородного материала определяются на основе метода пристрелки. В силу линейности задачи для каждой области представим решение в виде суммы частного решения неоднородной задачи Коши с нулевыми начальными условиями и линейной комбинации решений однородных задач Коши. Неизвестные константы определяем путем удовлетворения известных граничных условий и условий сопряжения. Погранслоиные выражения для радиальных перемещений при малых значениях градиентного параметра получены основе асимптотического метода ВКБ [7]. После нахождения перемещений далее вычисляются распределения напряжений Коши и моментные напряжения, деформации и перемещения.

На примере однородного термоупругого цилиндра с известным решением [6] проведена численная верификация предложенной схемы решения. Выяснено, что предложенная численная схема решения задач градиентной термоупругости дает погрешность, не превосходящую 1% при градиентном параметре, меньшем 0,04.

В ходе вычислений выяснено, что в отличие от классической теории качественно иной характер имеют распределения радиальных напряжений Коши, а моментные напряжения при малых значениях градиентного параметра намного меньше полных напряжений.

Введен дополнительный масштабный параметр – отношение толщины покрытия и градиентного параметра. Если значение толщины покрытия и

градиентного параметра являются величинами одного порядка, то в среде будет проявляться масштабный эффект. В этом случае радиальные перемещения, и полные радиальные и окружные напряжения, вычисленные по градиентной и классической теориям, будут заметно отличаться друг от друга. Выяснено, что увеличение масштабного параметра снижает максимальные значения радиальных перемещений, полных радиальных и окружных напряжений.

Исследовано также влияние параметра неоднородности в степенных законах, моделирующих термомеханические характеристики FGM на распределение полных напряжений. Выяснено, что с увеличением показателя неоднородности уменьшаются максимальные значения радиальных и окружных напряжений.

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

Литература

1. Shulz U., Peters M., Bach F.W., Tegerer G. Graded coatings for thermal, wear and corrosion barriers // Mater. Sci. Eng A. – 2003. – Vol. 362, N 1–2. – P. 61–80.
2. Mindlin R.D. Micro-structure in linear elasticity // Arch. Rational Mech. Anal. – 1964. – Vol. 16. – P. 51–78.
3. Лурье М.В. Задачи Ламе в градиентной теории упругости // Докл. АН СССР. – 1968. – Т. 181, № 5. – С. 1087–1089.
4. Altan B.S., Aifantis E.C. On some aspects in the special theory of gradient elasticity // J. Mech. Behav. Mater. – 1997. – Vol. 8, N 3. – P. 231–282.
5. Лурье С.А., Фам Тьюнг, Соляев Ю.О. Градиентная модель термоупругости и ее приложения к моделированию тонкослойных композитных структур // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2012. – Т. 18, N 3. – С. 440–449.
6. Sadeghi H., Baghani M., Naghdabadi R. Strain gradient thermoelasticity of functionally graded cylinders // Scientia Iranica B. – 2014. – Vol. 21, N 4. – P. 1415–1423.
7. Маслов В.П. Комплексный метод ВКБ в нелинейных уравнениях. – М.: Наука, 1977. – 384 с.
8. Vatulyan A.O., Nesterov S.A. On the deformation of a composite rod in the framework of gradient thermoelasticity // Materials Physics Mechanics. – 2020. – Vol. 46. – P. 27–41.

ОБОБЩЕНИЕ АЛГОРИТМА УНИФИКАЦИИ ОГРАНИЧЕНИЙ НА ПОДТИПИРОВАНИЕ ДЛЯ ВЫВОДА ТИПОВ КОНЦЕПТОВ

Волошин Б.И., Михалкович С.С.

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

Понятие концептов было введено для описания обобщённых конструкций, которые появились в стандартной библиотеке шаблонов (STL) языка C++, Бьярном Струструпом в 2003 году [5]. С тех пор задача введения концептов, как явной конструкции языка, стала очевидной. Более того использование концептов облегчает написание и восприятие кода [3]. В 2005 г. Джереми Сик описал модель языка для обобщённого программирования D [4]. Схожая работа – расширенные интерфейсы [6] с распространением ограничений и ассоциированными типами. Тем не менее, расширенные интерфейсы не предоставляют таких возможностей, как ограничения на несколько типов и адаптация типа [1, 2].

Для реализации алгоритма необходим анализ кода. Один из основных этапов анализа – алгоритм унификации. Алгоритм унификации находит по ограничениям, возникающим входе анализа концептов, подстановку типов [7]. Стандартный алгоритм унификации определён над множеством ограничений равенств. В случае объектно-ориентированных языков программирования возникают ограничения подтипирования.

Для описания алгоритма введём типы типов. Все типы имеют тип `BaseType`. `SimpleType` будем называть конкретные типы. `ConstrGenTypeDef` будем называть заголовки шаблонных типов. `ConstrGenType` будем называть шаблонные типы. Шаблонные типы имеют список параметров *params* и заголовков *def*. `TypeVal` – это простые типы и конструкторы типов. `TypeVar` – не инстанцированные параметры шаблонов. Типовые переменные имеют верхнюю (*maxLT*) и нижнюю границы (*minUT*), которые представляют собой `TypeVal`. Кроме того, введём типы `Bottom` и `Top`. `Bottom` – подтип любого типа. `Top` – надтип любого типа.

Определение 1 $\forall T_i \in \text{BaseType}, \forall S < T_1, \dots, T_n \in \text{ConstrGenType}$:
 $S.\text{params} \stackrel{\text{def}}{=} [T_1, \dots, T_n]$

Определение 2 $\forall S, T \in \text{TypeVal}$ будем говорить, что $S <: T$, если выполняется одно из:

1. $S, T \in \text{TypeVal}, S : T$

2. $S, T \in \text{ConstrGenTypeDef}$, $\exists S_1, \dots, S_n, T_1, \dots, T_m \in \text{BaseType}$, $S < S_1, \dots, S_n > : T < T_1, \dots, T_m >$
3. $S \in \text{ConstrGenType}$, $T \in \text{SimpleType}$, не выполняется $S : T$, \exists подстановка σ , $[\sigma]S : T$
4. $S \in \text{SimpleType}$, $T \in \text{ConstrGenType}$, не выполняется $S : T$, \exists подстановка γ , $S : [\gamma]T$
5. $S, T \in \text{ConstrGenType}$, не выполняется $S : T$, $S.\text{def} <: T.\text{def}$, \exists подстановки σ и γ , $[\sigma]S : [\gamma]T$

Замечание Эта операция имеет в случаях 3-5 минимальная подстановка добавляются к ограничениям в виде отношений равенства.

Определение 3 $\forall S, T \in \text{Type}$: $(S, T) \stackrel{\text{def}}{=} \text{pair of } S \text{ and } T$

Определение 4 $\forall X \in \text{TypeVar}$: $(X) \stackrel{\text{def}}{=} (X.\text{maxLT}, X.\text{minUT})$

Определение 5 $\forall S \in \text{TypeVal}$, $\forall X \in \text{TypeVar}$: $S \in (X) \stackrel{\text{def}}{=} X.\text{maxLT} <: S <: X.\text{minUT}$

Замечание 1 Может порождать ограничения равенства

Замечание 2 Из опр. 2, ограничения порождаются только если утверждение истинно.

Замечание 3 Из опр. 2 очевидно, что ограничения не порождаются, если

$$X.\text{maxLT}, X.\text{minUT} \in \{\text{Bottom}, \text{Top}\}$$

Определение 6 $\forall T \in \text{Type}$; $a_i, b_i \in T$: $[a_1, \dots, a_n] \stackrel{\text{def}}{=} [b_1, \dots, b_n] \stackrel{\text{def}}{=} [a_1 = b_1, \dots, a_n = b_n]$

Определение 7 $\forall S, T \in \text{list}$, $S = [s_1, \dots, s_n]$, $T = [t_1, \dots, t_m]$: $S \circ T \stackrel{\text{def}}{=} [s_1, \dots, s_n, t_1, \dots, t_m]$

Определение 8 $\forall X, Y, Z \in \text{TypeVar}$: $(X) \cap (Y) \stackrel{\text{def}}{=} Z$

Если $X.\text{maxLT} <: Z.\text{maxLT} <: Z.\text{minUT} <: X.\text{minUT}$, $Y.\text{maxLT} <: Z.\text{maxLT} <: Z.\text{minUT} <: Y.\text{minUT}$ и $\nexists S: \text{TypeVal}$, $X.\text{maxLT} <: S <: X.\text{minUT}$, $Y.\text{maxLT} <: S <: Y.\text{minUT}$ и не выполняется $Z.\text{maxLT} <: S <: Z.\text{minUT}$

Замечание 1 Может порождать ограничения равенства

Замечание 2 На основе определения 2 очевидно, что ограничения не порождаются, если

$$X.\text{maxLT}, X.\text{minUT}, Y.\text{maxLT}, Y.\text{minUT} \in \{\text{Bottom}, \text{Top}\}$$

Замечание 3 Если $(X) = (\text{Bottom}, \text{Top})$ и $(Y) = (\text{Bottom}, \text{Top})$, то очевидно: $X = Y = Z$

Определение 9 $\forall S, T \in \text{BaseType}$ будем говорить, что $S <: T$, если выполняется одно из:

1. $S, T \in \text{TypeVal}$, $S <: T$
2. $S \in \text{TypeVal}$, $T \in \text{TypeVar}$, $S <: T.\text{maxLT}$
3. $S \in \text{TypeVar}$, $T \in \text{TypeVal}$, $S.\text{minUT} <: T$
4. $S, T \in \text{TypeVar}$, $S.\text{minUT} <: T.\text{maxLT}$

Алгоритм унификации будет иметь вид:

```

unify(C) =
  if C = ∅ then [ ]
  else if let {S = T} U C' = C in
    if S ∈ SimpleType and T ∈ SimpleType and S = T
      then unify(C')
    else if S ∈ TypeVar and T ∈ TypeVal and S ∉ FV(T)
      then if T ∈ (S) then unify([S ↦ T]C') ◦ [S ↦ T]
    else fail
    else if T ∈ TypeVar and S ∈ TypeVal and T ∉ FV(S)
      then if S ∈ (T) then unify([T ↦ S]C') ◦ [T ↦ S]
    else fail
    else if S ∈ TypeVar and T ∈ TypeVar
      then if let X = (S) ∩ (T) in X ≠ ∅ then uni-
fy([S↦X, T↦X]C') else fail
    else if S ∈ ConstrGenType and T ∈ ConstrGenType and
S.def = T.def
      then unify(C' U S.params ≐ T.params)
    else fail
  else if let {S : T} U C' = C in
    if S <: T
      then unify(C')
    else if S ∈ TypeVar and T ∈ TypeVal and S ∉ FV(T)
  then
    if T ∈ (S) and T <: S.minUT then let X = (T,
S.minUT) in unify([S ↦ X]C') ◦ [S ↦ X] else fail
    else if T ∈ TypeVar and S ∈ TypeVal and T ∉ FV(S)
  then
    if S ∈ (T) and T.maxLT <: S then let X = (T,
S.minUT) in unify([S ↦ X]C') ◦ [S ↦ X] else fail
    else if S ∈ TypeVar and T ∈ TypeVar and S ∉ FV(T)
and T ∉ FV(S) then
      if S.maxLT <: T.minUT
        then let Z = (S.maxLT, T.minUT), X = (Z) ∩ (T),
Y = (Z) ∩ (S) in unify([S ↦ X, T ↦ Y]C')
      else fail
    else fail

```

На основе замечаний, данный алгоритм очевидным образом сводится к стандартному алгоритму унификации [7].

Основной вывод настоящей статьи: описание алгоритма унификации обобщённого на подтипирование, для реализации концептов в объектно-ориентированных языках программирования.

Литература

1. Belyakova J., Mikhalkovich S. Pitfalls of C# Generics and Their Solution Using Concepts // Proceedings of the Institute for System Programming, ISSN 2220-6426 (Online). Москва, 2015, – N 27(3); – С. 29; 45.
2. Belyakova J. Language Support for Generic Programming in Object-Oriented Languages: Design Challenges / Proceedings of the Institute for System Programming, ISSN 2220-6426 (Online), 2016, – N 28(2). – С. 5; 32
3. Белякова Ю.В., Михалкович С.С. Концепт-параметры как механизм развития средств обобщённого программирования в языке C# / Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2015. – 2(11). – С. 205–213.
4. Jeremy G. Siek, A Language for generic programming, submitted to the faculty of the University Graduate School in partial fulfillment of there quirements for the degree Doctor of Philosophy in the Department of Computer Science Indiana University August, 2005
5. Stroustrup B., Gabriel Dos Reis. Concepts — design choices for template argument checking. Technical Report N1522=03-0105, ISO/IEC JTC1/SC22/WG21. C++ Standards Committee Papers, October 2003
6. Jaakko Järvi, Jeremiah Willcock, Andrew Lumsdaine. Associated Types and Constraint Propagation for Mainstream Object-Oriented Generics. In OOPSLA '05 Proceedings of the 20th annual ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming, systems, languages, and applications, 40(10):1–19. ACM Press, October 2005.
7. Benjamin C. Pierce. Types and Programming Languages, 22 Type Reconstruction. The MIT Press, 2002.

ДИАГНОСТИКА ТРАНСФОРМАЦИИ АМПЛИТУДЫ СИГНАЛА В ЛОГИЧЕСКОМ ЭЛЕМЕНТЕ СВЧ

Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Таганрог

E-mail: voloschenkoyp@sfedu.ru

В настоящее время разработка микропроцессоров основывается на правилах двоичной арифметики и Булевой алгебры, игнорирующих энергетику коллективной работы электронных приборов (ЭП) в общем электромагнитном (ЭМ) поле [1]. Кроме того, современная методология синтеза систем биполярных и (или) полевых транзисторов не учитывает явление интерференции, обусловленное нелинейным наложением волн тока и напряжения, бегущих вдоль питающих проводников. Поэтому подобная трактовка арифметико-логических операций не отражает синхронность изменения интенсивности воздействий и реакций, инерционность перераспределения и затраты колебательной мощности на переключение стационарного состояния цифровых интегральных схем (ИС). Вместе с тем, на протяжении многих лет главная проблема электронно-вычислительной аппаратуры (ЭВА) СВЧ формулируется как повышенный нагрев и токопотребление полупроводниковых ЭП.

Целью теоретического исследования является диагностика электрической структуры логического элемента ИЛИ-НЕ в ЭМ поле и символьный анализ суммирования амплитуд сигналов в нем, подаваемых через входы А и Б.

В докладе предлагается для решения задачи минимизации энергопотребления ИС гига- и терагерцового (ГГц и ТГц) диапазонов первоначально найти положения «рабочих» точек на вольтамперных характеристиках (ВАХ) ЭП при протекании гармонического конвекционного и наведенного тока внутри и снаружи конструкции. В этом случае существующая геометрия соединений логических элементов рассматривается как исходная идентификация пути циркуляции постоянного и переменного тока по электронной волновой цепи (ЭВЦ). Такой алгоритм ориентирован на его диагностику методами эквивалентных синусоид и гармонической линеаризации, справедливыми для транзисторов любого типа. Оптимизация режима фрагмента микропроцессора достигается модернизацией топологии гальванических и беспроводных соединений в нем путем аналитического расчета варьируемой композиции сигналов на основе законов Кирхгофа, описывающих алгебраическое суммирование воздействий зависимых источников [2–5]. После этого предстоит проанализировать спектр ЭМ колебаний ИС на тактовой частоте, соответствующей длительности переключе-

ния энергетического состояния соседних ЭП ГГц и ТГц диапазонов.

На рис. 1 а, б приведено стандартное (а) и модифицированное (б) условное графическое изображение электрической структуры оптимизируемого вентиля, содержащего взаимодействующие полевые транзисторы 1, 2 и проводник 3, длиной l и волновой проводимостью Y_0 , обеспечивающий подачу питания в фрагменте ИС. Её номинальный стационарный режим и «рабочие» точки на статических и динамических ВАХ ЭП, иллюстрируются нормированной малосигнальной проводимостью g_{e02} [3–4].

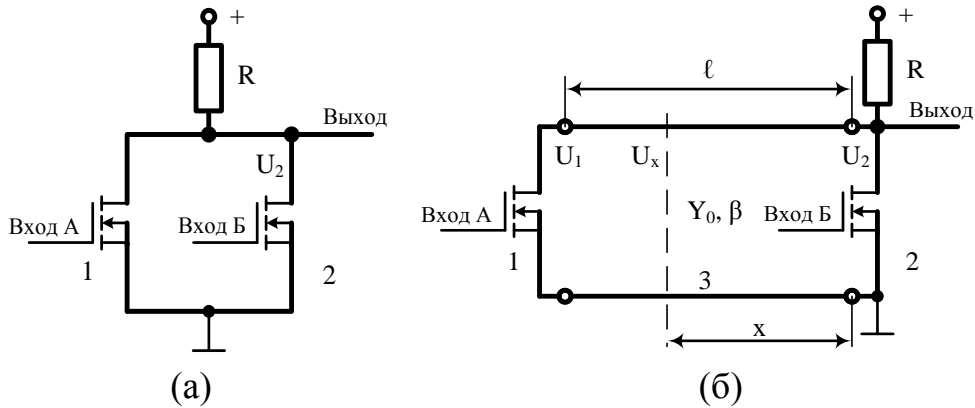


Рис. 1

Результаты расчета комплексных изображений огибающих «смешанных» волн тока I_x в разных сечениях x металлического или беспроводного соединения, при возбуждении ЭВЦ нормированным сигналом, пропорциональным квадрату напряжения U_1^2 на входе А, показаны на рис. 2.

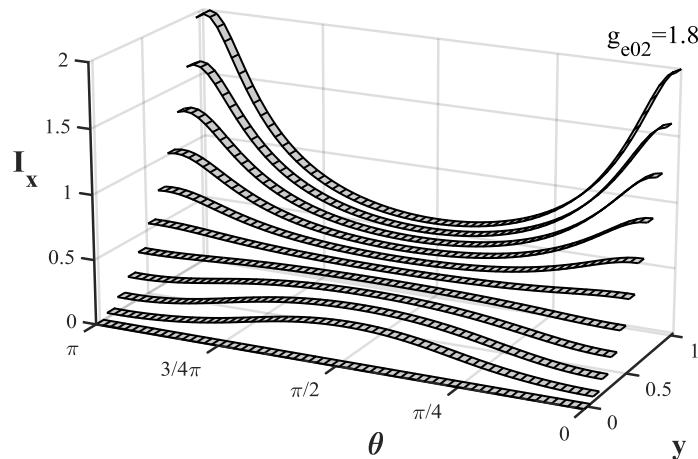


Рис. 2

График $I_x(y)$ иллюстрирует электрическое управление обратной связью и эффектом нелинейной дифракции ЭМ поля, позволяющее реализовать перестройку режима логического элемента ИЛИ-НЕ в реальном мас-

штабе времени. Видно, что в системе дискретных ЭП СВЧ и питающих проводов следует рассматривать коррелированность мгновенных электрических процессов не только по фазе, но и амплитуде сигналов. Такой алгоритм проектирования логических элементов позволит одновременно уменьшить их энергопотребление и тепловыделение без радикального изменения микроэлектронного оборудования для производства ИС ГГц и ТГц диапазонов.

Проведенное диагностическое исследование сверхскоростного логического вентиля направлено на «полезное» использование амплитудно-зависимого явления интерференции с точки зрения повышения надежности и сбоеустойчивости ЭВА, изготавливаемой по технологии когерентной электроники.

Литература

1. Ферри Д., Эйкерс Л., Гринч Э. Электроника ультрабольших интегральных схем. – М.: Мир, 1991. – 326 с.
2. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Моделирование нелинейных электрических процессов в элементах электронной волновой цепи: учебное пособие. – Ростов н/Д; Таганрог: Издательство ЮФУ, 2018. – 116 с.
3. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П., Смирнов В.А. Анализ передачи амплитуды напряжения сигнала в кросс-бар структуре энергонезависимой памяти на основе мемристоров// Известия ЮФУ. Технические науки. – 2019. – № 6 (208). – С. 112–121.
4. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Анализ трансформирующих свойств СВЧ структуры композиционного материала когерентной электроники // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2019. – № 9 (170). – С. 39– 49.
5. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Инвариантное моделирование систем электронных приборов и питающих проводников в интегральных схемах СВЧ// Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития: материалы XXVII научной конференции (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 24 – 26 сентября 2020 г.). – Ростов н/Д; Таганрог: Издательство ЮФУ, – 2020. – С. 84–86.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФАЗЫ СИГНАЛА В ВЕНТИЛЕ ГИГА- И ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНОВ

Волощенко П.Ю. Волощенко Ю.П.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Таганрог

E-mail: voloschenkoyup@sfnedu.ru

Современное проектирование логических элементов СВЧ осуществляется на основе канонической суммы минтермов и произведения макс-термов, соответствующих теореме наложения в линейной теории электро- и радиотехнических цепей [1, 2]. При этом фазы сигналов, определяющие коэффициент мощности и энергосберегающий режим микровакуумных и полупроводниковых интегральных схем (ИС), вообще не рассматриваются. В то же время известно, что триггеры устройств для сверхскоростной обработки информации корректно создавать лишь по технологии когерентной электроники, базирующейся на законах науки об электричестве и теории электронной волновой цепи (ЭВЦ). Подобная методология позволяет учесть амплитудно-зависимые явления, обусловленные, например, дифракцией электромагнитного (ЭМ) поля в многоярусной системе питающих проводников и дискретных электронных приборов (ЭП), рассматриваемой как кластер ИС [2–5].

Целью теоретического исследования является идентификация фазы ϕ_U волн напряжения при нелинейной композиции однотоновых сигналов вдоль металлической линии вентиля гига- и терагерцового (ГГц и ТГц) диапазонов. Формализация электрических процессов в нем базируется на положениях нового метода неавтономных блоков, эволюционном составлении дуальных инвариантов в ЭВЦ. Они объединяются символьным анализом режимов кластера методами комплексных амплитуд и гармонической линеаризации, двух узлов и эквивалентных синусоид. Кроме того, для его моделирования используется совокупность неравенств Пирса и Котельникова, уравнений Максвелла и Кирхгофа, законов Лоренца и Рамо, теорем об активном двухполюснике и Теллеждена.

На рис. 1 приведена конструктивно-технологическая схема оптимизируемого вентиля ИЛИ-НЕ, содержащего полевые транзисторы T1, T2, связанные проводником l в единое целое. Они сообща формируют управляемую топологию волноведущих каналов кластера, представляющих собой неавтономные четырехполюсники [3].

Аналитические соотношения и графики, полученные в результате формализации электронных и ЭМ процессов без использования принципа суперпозиции, определяют КПД коммуникации и коммутации монохрома-

тических воздействий с частотой ω , корректно прогнозируют критерии минимизации потребления электрической мощности и нагрева сверхбыстродействующих триггеров.

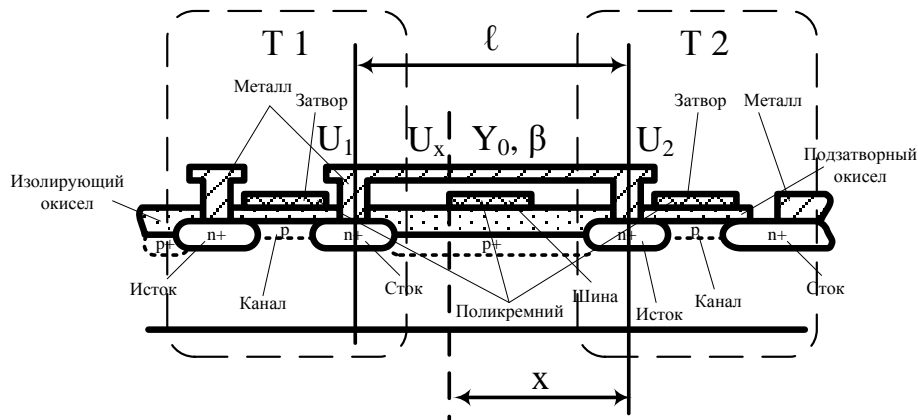


Рис. 1

В частности, на рис. 2 представлены результаты аналитического расчета фазового параметра ϕ_{U_x} логического элемента И-НЕ СВЧ при вариации его электрической длины $\theta = \beta l$ и амплитуды потенциала U_1 , нормированном «малосигнальном» резистивно-негатронном импедансе $g_{e02} = 1,8$ ЭП в ЭМ поле [4, 5].

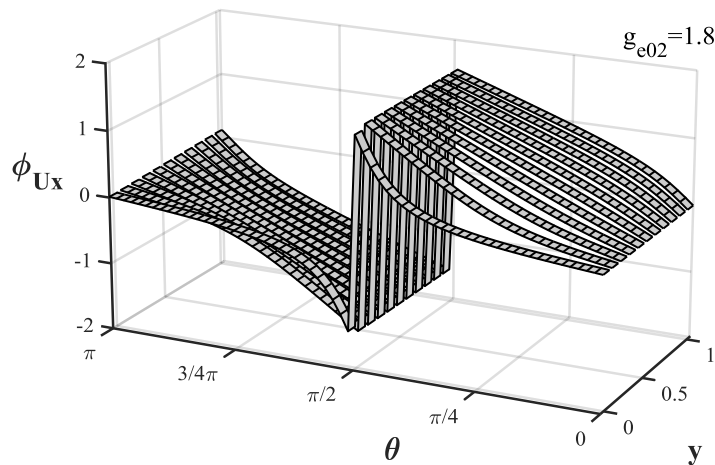


Рис. 2

Построенные зависимости фазы ϕ_U напряжения от интенсивности y сигнала в вентиле (при фиксации «рабочих» точек на статических и динамических вольтамперных характеристиках транзисторов) иллюстрируют возможность квантовано менять его реакцию, корректирующую нелинейность ЭП даже при гармоническом воздействии. Проведенный символьный анализ кластера следует рассматривать как исходную диагностику коэффициента мощности и многомодового строения цифровых ИС по переменному току и напряжению.

Литература

1. Быстродействующие матричные БИС и СБИС./ Под ред. Б.Н. Файзулаева, И.И. Шагурина. – М.: Радио и связь, 1989.
2. Волощенко П.Ю., Волощенко Ю.П. Моделирование нелинейных электрических процессов в элементах электронной волновой цепи: учебное пособие. – Ростов-н/Д; Таганрог: Издательство ЮФУ, – 2018. – 116 с.
3. Волощенко Ю.П. Теоретическое исследование свойств невзаимного четырехполюсника// Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 1 (48).
4. Волощенко Ю.П., Волощенко П.Ю. Основы системного моделирования электрической структуры интеграции сверхбыстродействующих электронных приборов. – Ростов-н/Д: Изд-во ЮФУ, 2014. – 94 с.
5. Волощенко П.Ю. Анализ трансформации амплитуды волн нелинейным элементом, размещенным в длинной линии // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2010. №4. – С. 3–5.

ПРИНЦИПЫ ОБУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Галустян О.В., Колбая И.Г., Сметанников А.П., Галустян С.Д.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: ovgalustyan@sfedu.ru, indira.kolbaia@rambler.ru,
alexander_smetannikov@rambler.ru, galustyan@sfedu.ru

Цифровые технологии предоставляют педагогам дополнительные возможности для преподавания учебного предмета, кроме тех, что предлагают бумажные учебники. Преподавателю важно понимать, какие цифровые технологии можно использовать и как их применять в работе. Необходимо проводить оценку педагогической ценности цифровых технологий, чтобы выяснить, как они отвечают принципам обучения в условиях цифровизации образовательного процесса и поставленным педагогом учебным задачам [3, 5, 7]. Среди исследователей принципов в обучении следует выделить таких педагогов, как А.В. Белошицкий, И.Ф. Бережная, Ю.А. Бубнов, К.М. Гайдар, О.В. Галустян, В.А. Федоров. Они разработали и предложили использовать ряд принципов по оценке и отбору цифровых средств и инструментов учебной среды для изучения учебного предмета в соответствии с поставленными учебными задачами.

1. *Принцип использования различных видов подачи учебного материала.* Данный принцип предназначен для насыщенного, релевантного, содержательного понимания языка обучающимися. Например, изображенные инструменты помогают контекстуализировать язык, представляя его мультимедийными средствами (визуализация, аудио, видео), делая более понятным для обучающихся.

2. *Принцип положительного привлечения.* Этот принцип должен мотивировать и ставит перед обучающимися вызовы. Онлайн игры помогают внешней мотивации через использование табло с баллами, рейтингами и побуждая обучающихся снова возвращаться к ним, чтобы продолжать учиться.

3. *Принцип индивидуального обучения.* Данный принцип позволяет учитывать индивидуальные потребности обучающегося. Рабочие онлайн-тетради могут обеспечить ступенчатый учебный контент для обучающихся, отражающий их индивидуальные потребности.

4. *Принцип обратной связи.* При выполнении задач в цифровом формате применение принципа обратной связи позволяет получить мгновенную обратную связь, поэтому обучающиеся могут сразу видеть, когда они

ошиблись, имеют шанс попробовать выполнить задание повторно и корректировать ошибки.

5. *Принцип автономного обучения.* Этот принцип позволяет обучающимся брать на себя ответственность за собственное обучение. Онлайн-платформы могут предоставлять отдельное пространство для обучающихся, чтобы вести учет работы и наблюдать за собственным прогрессом во времени, то есть создавать собственное портфолио успеха.

6. *Принцип содержательного общения.* Применение этого принципа позволяет использовать язык или предложенный преподавателем контекст более содержательно. Например, инструменты сотрудничества дают обучающимся возможность общаться со сверстниками и другими участниками независимо от времени и местонахождения.

7. *Принцип активного обучения.* Применение данного принципа побуждает к творческому и разнообразному обучению. Такие инструменты, как: аудио/видеоустройства позволяют творчески решать поставленные задачи с помощью различных технических режимов и средств [1, 2, 4].

Следует отметить, что применение принципов обучения на основе использования цифровых средств осовременивают этот процесс, побуждают педагогов применять новейшие инструменты, оценивать их эффективность и принимать решение о целесообразности использования в практической работе [6, 8, 9]. Для преподавателей важно, чтобы обучающиеся демонстрировали прогресс в основных навыках, полученных в процессе обучения. Поэтому все учебные мероприятия должны быть организованы так, чтобы помочь проявлять навыки и научиться работать с учебной литературой. Таким образом, целесообразно использовать цифровые технологии в процессе обучения.

Литература

1. Галустян О.В. Технология веб-квест в преподавании иностранных языков в высшей школе / О.В. Галустян // Дистанционное и виртуальное обучение. – Москва, 2015. – № 5 (95). – С. 45–56.
2. Bubnov Y.A., Gaidar K.M., Fedorov V.A., Berezhnaya I.F., Galustyan O.V. Organization of the training process based on modular and rating technology at higher educational institution. *Espacios*, – 2018. – Vol. 39, N 25.
3. Cortoni I., Lo Presti V. Innovative teaching and digital literacy in preschool. App content analysis and experimental case studies in a sociological perspective//*Italian Journal of Sociology of Education*, – 2018. – Vol. 10, N 2. – P. 41–56.
4. Galustyan O.V., Berezhnaya I.F., Beloshitsky A.V. (2017). Professional and career development of teachers. *Sodobna Pedagogika/ – Journal of Contemporary Educational Studies*, – 2017. – Vol. 68, N 4. – P. 158–172.

5. Kang H.Y., Kim H.R. Impact of blended learning on learning outcomes in the public healthcare education course: A review of flipped classroom with team-based learning // BMC Medical Education. – 2021. – Vol. 21, N 1. doi:10.1186/s12909-021-02508-y.
6. Kravchenko E.V., Galustyan O.V., Kovtunenکو L.V., Kolosova, L.A. Pedagogical practice of students. // Espacios.– 2018. – Vol. 39, N 17.
7. Papa A., Santoro G., Tirabeni L., Monge F. Social media as tool for facilitating knowledge creation and innovation in small and medium enterprises // Baltic Journal of Management.– 2018.– Vol. 13, N 3.– P. 329–344.
8. Rahardjo T., Sulistyani H.D., Suprihatini T. Digital Media Literacy in Samin Indigeneous People // E3S Web of Conferences. – 2018. – Vol. 73.– Art. N 14018.
9. Zhao L., Liu X., Su Y. The differentiate effect of self-efficacy, motivation, and satisfaction on pre-service teacher students' learning achievement in a flipped classroom: A case of a modern educational technology course. // Sustainability (Switzerland). – 2021. – Vol. 13, N 5. – P. 1–15. doi:10.3390/su13052888.

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИ СМЕШАННОГО ОБУЧЕНИЯ «ПЕРЕВЕРНУТЫЙ КЛАСС» В РАБОТЕ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

Галустян О.В., Руденко О.В., Бороздин С.А., Ежов А.В.
*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Ростов-на-Дону*
E-mail: ovgalustyan@sfedu.ru, o_rudenko@rambler.ru,
borozdin_serгей@rambler.ru, yezhov.aleksey@outlook.com

В настоящий момент использование цифровых технологий в обучении педагогами для достижения ожидаемого результата расценивается не только как приемлемое, но и необходимое, в то время как еще 20 лет назад это не представлялось возможным. Процесс информатизации образовательной среды охватывает уже не одно десятилетие. О модели смешанного обучения «перевернутый класс» сказано достаточно много, но в настоящее время интерес к данной образовательной технологии не только не угасает, но и продолжает расти. Подтверждением тому являются статистические данные сайта «Tadviser», согласно которым, «количество пользователей в России за 2020 год увеличилось в 4,6 раза – до 10 миллионов. Почти половина школьников и учителей нашей страны регулярно используют информационный ресурс ЯКласс в обучении [1]. Причиной этому явились ограничения, связанные с пандемией коронавируса, в условиях которых было необходимо сохранить все образовательные показатели. В данной ситуации на помощь педагогам пришла система смешанного обучения, в частности модель «перевернутый класс». Данная модель характеризуется подходом, фундаментально отличающимся от традиционной классно-урочной системы: перевернутый класс является системой, прямо противоположную привычному для нас уроку. Это означает, что знакомство с новым учебным материалом происходит вне стен школы в домашних условиях посредством видео- и аудиозаписей и других материалов, которые обучающиеся получают по электронной почте или в личном кабинете используемой педагогом образовательной платформы [2, 3, 5]. Сегодня выбор цифровых образовательных платформ широк и отвечает разным требованиям. Так, наиболее подходящей для работы с учащимися начального звена является платформа Учи.ру, а с учащимися среднего и старшего звена удобно работать с помощью сервиса ЯКласс от компании Яндекс. Данные образовательные платформы созданы в соответствии с требованиями ФГОС. Благодаря этим порталам становится легко реализуемым основной принцип перевернутого класса: изучение нового дома, закрепление пройденного – в классе. Учащиеся получают возможность наиболее детально разобрать интересующие их вопросы, выполнить упражнения под руковод-

ством педагога, благодаря чему снимается ответственность с родителей за потенциально неверное выполнение обучающимся домашних заданий в случае с учащимися начальных классов; и нивелируется потребность в списывании, если речь идёт об обучающихся среднего и старшего звена. Модель «перевернутый класс» является наиболее распространенной среди последователей смешанного обучения [7, 9, 10]. В сети Интернет по данному запросу обнаруживается большое количество методических рекомендаций по внедрению модели смешанного обучения «перевернутый класс», обучающих видео и мастер-классов, что значительно облегчает переход от традиционной системы к модели смешанного обучения «перевернутый класс».

Следует отметить, что практические исследования показывают, что «перевернутый класс» как модель смешанного обучения позволяет добиваться наилучших результатов за счет высокой вовлеченности в процесс: сегодня практически все учащиеся являются активными пользователями гаджетов и с удовольствием переносят часть учебной деятельности в информационную среду [4, 6, 8]. Данное явление представляет собой настоящий феномен: индивидуализируя обучение, погружая каждого учащегося в работу с персональным устройством, в то же время мы социализируем его. Социализация средствами цифровых технологий в обучении является основой общественной деятельности, поскольку это основано использовании различных контактов и сетей, в которых участвуют отдельные лица, которые способствуют социальной сплоченности и взаимодействию людей. В этом смысле социализация средствами цифровых технологий является фактором для создания коллективности, отражая поддержку профессионального и общественного участия.

Таким образом, применение модели смешанного обучения «перевернутый класс» в работе преподавателя в зависимости от ее организации, модели коммуникации способствует эффективности образовательного процесса.

Литература

1. Выручка резидента «Сколково» в 2020 году выросла в 4 раза. – Режим доступа: <https://devsday.ru/news/details/369194> Дата обращения: 07.04.2021.
2. Галустьян О.В. Система полифункционального контроля профессиональной подготовки компетентного специалиста в высшей школе: дисс. ... докт. пед. наук / О.В. Галустьян. – Воронеж, 2016. – 432 с.
3. Галустьян О.В. Современные образовательные технологии в организации учебного процесса / О.В. Галустьян // Информатизация образования и науки. – 2013. – № 3 (19). – С. 24–34.

4. Bubnov Y.A., Gaidar K.M., Fedorov V.A., Berezhnaya I.F., Galustyan O.V. Organization of the training process based on modular and rating technology at higher educational institution // *Espacios*, – 2018. – Vol. 39, N 25.
5. Humrickhouse E. Flipped classroom pedagogy in an online learning environment: A self-regulated introduction to information literacy threshold concepts // *Journal of Academic Librarianship*. – 2021. – Vol. 47, N 2. doi:10.1016/j.acalib.2021.102327.
6. Hwang G., Chang S., Song Y., Hsieh M. Powering up flipped learning: An online learning environment with a concept map-guided problem-posing strategy // *Journal of Computer Assisted Learning* – 2021.– Vol. 37, N 2.– P. 429–445. doi:10.1111/jcal.12499.
7. Kang H.Y., Kim H.R. Impact of blended learning on learning outcomes in the public healthcare education course: A review of flipped classroom with team-based learning // *BMC Medical Education*. – 2021.– Vol. 21, N 1. doi:10.1186/s12909-021-02508-y.
8. Kravchenko E.V., Galustyan O.V., Kovtunencko L.V., Kolosova L.A. Pedagogical practice of students. // *Espacios*. – 2018. – Vol. 39, N 17.
9. Öztürk M., Çakıroğlu Ü. Flipped learning design in EFL classrooms: Implementing self-regulated learning strategies to develop language skills // *Smart Learning Environments*. – 2021. – Vol. 8, N 1. doi:10.1186/s40561-021-00146-x.
10. Zhao L., He W., Su Y. Innovative pedagogy and design-based research on flipped learning in higher education // *Frontiers in Psychology*. – 2021.– Vol. 12. doi:10.3389/fpsyg.2021.577002.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИИ ФОРМ СЕЧЕНИЙ ЖИДКИХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В КРИСТАЛЛЕ ПОСЛЕ ВЫКЛЮЧЕНИЯ ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУРЫ

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

Форма сечений цилиндрических включений, мигрирующих в кристалле под действием градиента температуры [1–8], отличается от их равновесной формы (ср. рис. 1, а и 1, б). Причина заключается в том, что процессы кристаллизации и растворения в значительной степени затруднены на плоских (атомно-гладких) участках межфазной границы по сравнению с криволинейными (атомно-шероховатыми) [4–7]. Это дает возможность путем анализа форм сечений мигрирующих включений на основе имеющихся математических моделей получить информацию о степени затрудненности межфазных процессов [5]. Помимо этого эффекта изменения формы включения после приложения градиента температуры, имеет место интересное явление, состоящее в том, что после выключения градиента температуры форма сечения включения не возвращается к исходной равновесной форме, как это видно из сравнения рис. 1, в с 1, а.

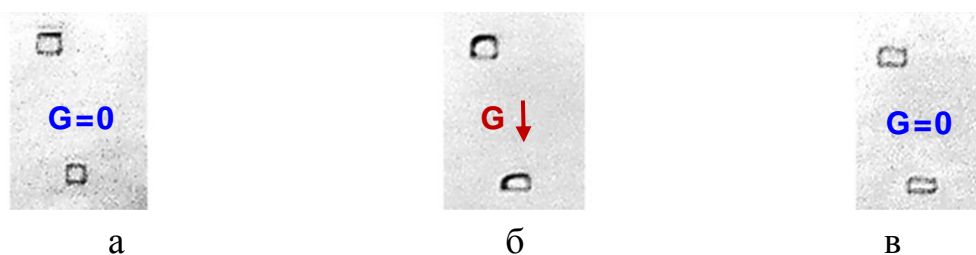


Рис. 1. Экспериментально наблюдаемые формы сечений микровключений водного раствора KBr в кристалле KBr до приложения градиента температуры G (в равновесии) (а), после приложения градиента температуры (б) и после выключения градиента температуры (в)

Причиной такого эффекта может быть зародышевый механизм межфазных процессов, при котором рост (растворение) начинается лишь при некотором критическом пересыщении (недосыщении). Чтобы это проверить, была разработана компьютерная программа, которая может модели-

ровать одномерный процесс массопереноса в плоской прослойке жидкой фазы при включении и выключении градиента температуры.

Программа основана на численном решении уравнения диффузии методом сеток с нелинейными граничными условиями, соответствующими дислокационному и зародышевому механизмам. В случае дислокационного механизма скорость (V) движения межфазной границы описывается квадратичной зависимостью от действующего пересыщения (ΔC):

$$V = \mu_{2c(d)} \Delta C^2,$$

а в случае зародышевого механизма – экспоненциальной:

$$V = \mu_{3c(d)} \exp\left(-\frac{\mu_{4c(d)}}{|\Delta C|}\right),$$

где $\mu_{i c(d)}$ ($i = 2 \div 4$) – кинетические коэффициенты, определяющие степень затрудненности процессов кристаллизации (растворения) [2].

При включении градиента температуры устанавливается стационарное распределение концентраций раствора кристалла в жидкой фазе (рис. 2, а) приблизительно за одинаковое время как в случае дислокационного, так и в случае зародышевого механизмов. А после выключения градиента температуры начальное однородное распределение концентраций раствора в случае дислокационного механизма устанавливается гораздо быстрее, чем при зародышевом механизме, причем при зародышевом механизме распределение концентраций хотя и становится однородным, но несколько выше (рис. 2, б, в) или ниже, чем начальное, т.е. имеет место эффект остаточных пересыщений (недосыщений).

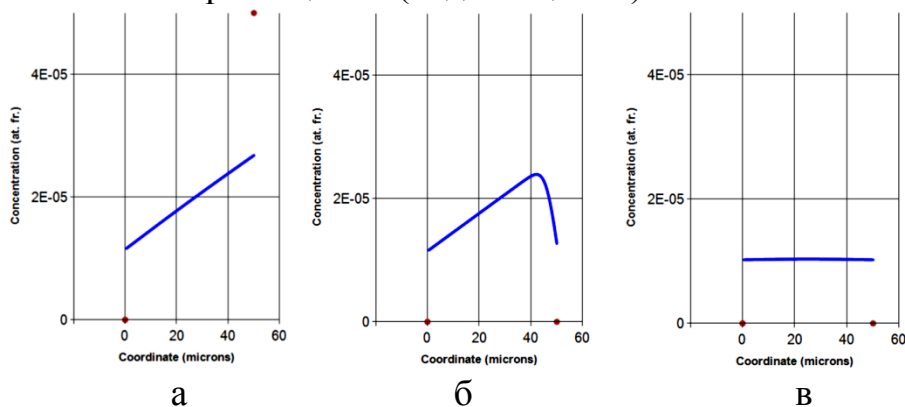


Рис. 2. Распределение равновесных (точки) и фактических (линии) концентраций раствора в плоской прослойке при включенном градиенте температуры (а), спустя некоторое время после его выключения ($t = 0,1$ с (б), $t > 0,25$ с (в)) в случае зародышевого механизма межфазных процессов

Следует отметить, что величина остаточного пересыщения при зародышевом механизме не зависит от размера жидкой фазы и значения приложенного градиента температуры, а определяется степенью затрудненности межфазного процесса.

Для проверки существования эффекта остаточного пересыщения после выключения градиента температуры в двумерном случае, т.е. в случае цилиндрических включений, было проведено компьютерное моделирование двумерного массопереноса при включении и выключении градиента температуры с помощью ранее разработанной моделирующей программы [8].

На рис. 3 представлены результаты такого моделирования, из которых следует, что эффект остаточных пересыщений после выключения градиента температуры может приводить к установлению формы сечения включения, отличной от равновесной, если механизм межфазных процессов зародышевый (при дислокационном механизме такого эффекта нет).

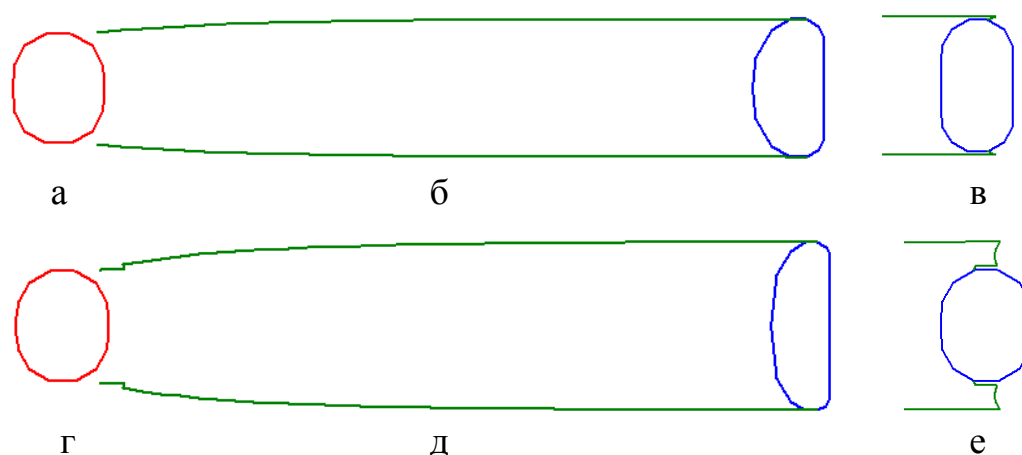


Рис. 3. Результаты моделирования эволюции формы сечения цилиндрического включения при зародышевом (а – в) и дислокационном (г – е) механизмах межфазных процессов (а, г – исходные равновесные формы; б, д – формы, установившиеся под действием градиента температуры; в, е – формы, установившиеся после выключения градиента температуры)

В случае цилиндрических включений величина остаточного пересыщения, как и в одномерной задаче, не зависит от размера включения (площади сечения) и значения приложенного градиента температуры. В докладе демонстрируется, как можно, используя эту особенность, определить степень анизотропии межфазной энергии.

Литература

1. Леммлейн, Г.Г. Перемещение жидкого включения в кристалле в направлении к источнику тепла [Текст] / Г.Г. Леммлейн // Докл. АН СССР. – 1952. – Т. 85, – № 2. – С. 325–328.
2. Лозовский, В.Н. Зонная перекристаллизация градиентом температуры полупроводниковых материалов [Текст] / В.Н. Лозовский, Л.С. Лунин, В.П. Попов. – М.: Металлургия, 1987. – 232 с.
3. Cline, H.E. Nonequilibrium morphology of liquid inclusions migrating in solids [Text] / H.E. Cline, T.R. Anthony // J. Appl. Phys. – 1977. – Vol. 48, N. 12. – P. 5096–5104.
4. 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. – Vol. 311, N. 2. – P.413–419.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Гармашов, С.И. Электронный информационный образовательный ресурс: Программное обеспечение для расчета скорости и формы сечения жидких цилиндрических включений, мигрирующих перпендикулярно плотноупакованным плоскостям неоднородно нагретого кристалла в стационарных тепловых условиях [Электрон.ресурс] / С.И. Гармашов, В.Ю. Гершанов // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование», № 5, – 2011. – С. 17. – Режим доступа: <http://ofernio.ru/portal/newspaper/ofernio/2011/5.doc>.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ О ФОРМАХ СЕЧЕНИЙ 4 ХГРАННЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ, МИГРИРУЮЩИХ В КРИСТАЛЛЕ

Гармашов С.И., Фомин Р.Г.

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

E-mail: garmashov@sfedu.ru

Анализ форм включений, наблюдаемых во время их миграции в неоднородно нагретом кристалле (кратко – термомиграции [1, 2]), на основе разработанных математических моделей позволяет получить информацию о тех факторах, которые определяют геометрию этих форм. Этими факторами являются прежде всего степень анизотропии межфазной энергии и степень затрудненности процессов кристаллизации и растворения на плоских участках границы включения.

Если включение ограничено двумя плоскими и двумя криволинейными участками, то с помощью методик, описанных в работе [3], можно по установившейся форме сечения мигрирующего включения оценить степень анизотропии межфазной энергии и соотношение между затрудненностью процессов кристаллизации и растворения.

В случае, когда миграция включений происходит в таких кристаллах, как KBr, KCl, сечения включений оказываются ограниченными четырьмя сингулярными участками, соединенными между собой криволинейными участками (рис. 1).

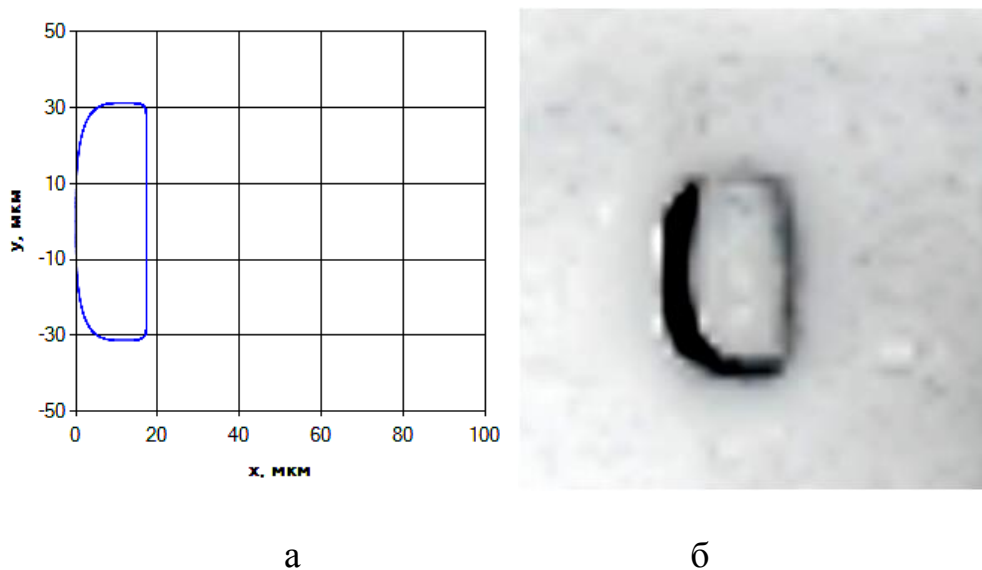


Рис. 1. Примеры расчетной (а) и экспериментально полученной (б) форм сечений включений, ограниченных четырьмя сингулярными гранями

Как следует из модели включений такой формы [4], по координатам характерных точек 4-хгранного включения можно определить степень анизотропии межфазной энергии. Чтобы проверить полученные расчетные формулы и отработать методику, возникает необходимость в разработке компьютерной программы, с помощью которой можно было бы обрабатывать изображения форм сечений цилиндрических включений как расчетных, так и экспериментально полученных.

Интерфейс разработанной программы представлен на рис. 2. Используя меню программы, можно загрузить в окно просмотра цифровое изображение сечения включения, и затем с помощью полос прокруток расставить маркеры по краям сечения включения и в местах стыка плоских участков границы с криволинейными (рис. 2).

Подобранные первый раз положения маркеров сохраняются в файле с тем же именем, что и имя файла с изображением. Поэтому при повторной загрузке изображения в программу из одноименного текстового файла загружаются также данные с подобранными ранее положениями маркеров, что облегчает повторный анализ форм.

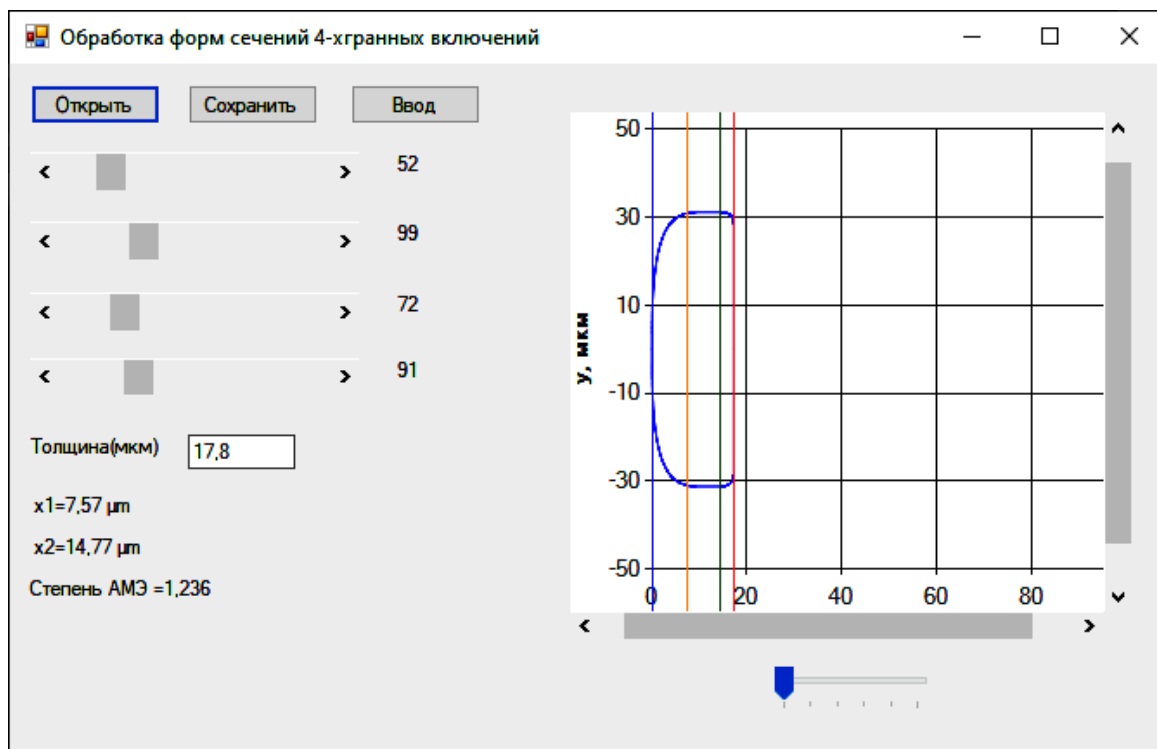


Рис. 2. Интерфейс разработанной компьютерной программы для обработки форм сечений включений с 4-мя гранями

Из серии проведенных тестовых обработок выяснено, что погрешность определения степени анизотропии межфазной энергии главным об-

разом зависит от качества обрабатываемого изображения сечения включения и при достаточно высоком качестве не превышает 2 %.

Литература

1. Cline, H.E. Nonequilibrium morphology of liquid inclusions migrating in solids [Text] / H.E. Cline, T.R. Anthony // *J. Appl. Phys.* – 1977. – Vol. 48, N 12. – P. 5096–5104.
2. 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. – Vol. 311, N 2. – P. 413–419.
3. 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.
4. 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)

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕЖИМОВ И УПРАВЛЕНИЯ ВИДЕОСЪЕМКОЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Гармашов С.И., Терехин К.А., Макинян Н.В., Иришин А.Г.
*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
физический факультет,
г. Ростов-на-Дону*
E-mail: garmashov@sfnedu.ru

При проведении научных экспериментов по миграции включений в неоднородно нагретом кристалле (кратко – термомиграции [1–3]) или при получении пленок методом квазизамкнутого объема [4, 5] необходимо синхронно контролировать несколько важных параметров этого эксперимента: напряжение на нагревателе, температуру в разных точках образца (или нагревательной системы), проводить видеосъемку хода эксперимента. Это важно для последующего анализа результатов проведенного эксперимента: например, нужно знать, в какой момент времени произведено (или произошло случайным образом) изменение напряжения нагревателя, которое (с некоторым запозданием) привело к изменению температуры и градиента температуры и к изменению вида наблюдаемых через видеокамеру объектов – включений в кристалле или конденсата на поверхности подложки. Поэтому представлялось актуальным разработать устройство, которое бы согласовывало источники сигнала по рабочим напряжениям с платой сбора данных (ПСД), обеспечивающей преобразование аналоговых сигналов в цифровые и дальнейшую обработку последних в соответствующей компьютерной программе.

Для контроля напряжения нагревателя был изготовлен выпрямитель переменного тока, сигнал от которого передавался через транзисторный оптрон в ПСД LabJack [6]. Цифровой сигнал от ПСД считывался с помощью соответствующей команды (метода) в программе, написанной на языке C# в среде MS Visual Studio, в задаваемые пользователем моменты времени и отображался в числовом и графическом виде на интерфейсе разработанной программы (рис. 1).

Параллельно с фиксацией напряжения нагревателя проводилось измерение термоэдс, генерируемых двумя термопарами, рабочие спаи которых располагались в двух разных точках образца. Поскольку термоэдс термопар обычно составляют один-два десятка милливольт, возникала необходимость в усилении их сигнала. Для этой цели был разработан и изготовлен усилитель на основе операционного усилителя в виде микросхемы, сигналы от которого поступали на другие аналоговые входы ПСД и после оцифровки и пересчета измеренных напряжений в температуры, отобра-

жались в числовом и графическом виде на интерфейсе той же программы (рис. 1).

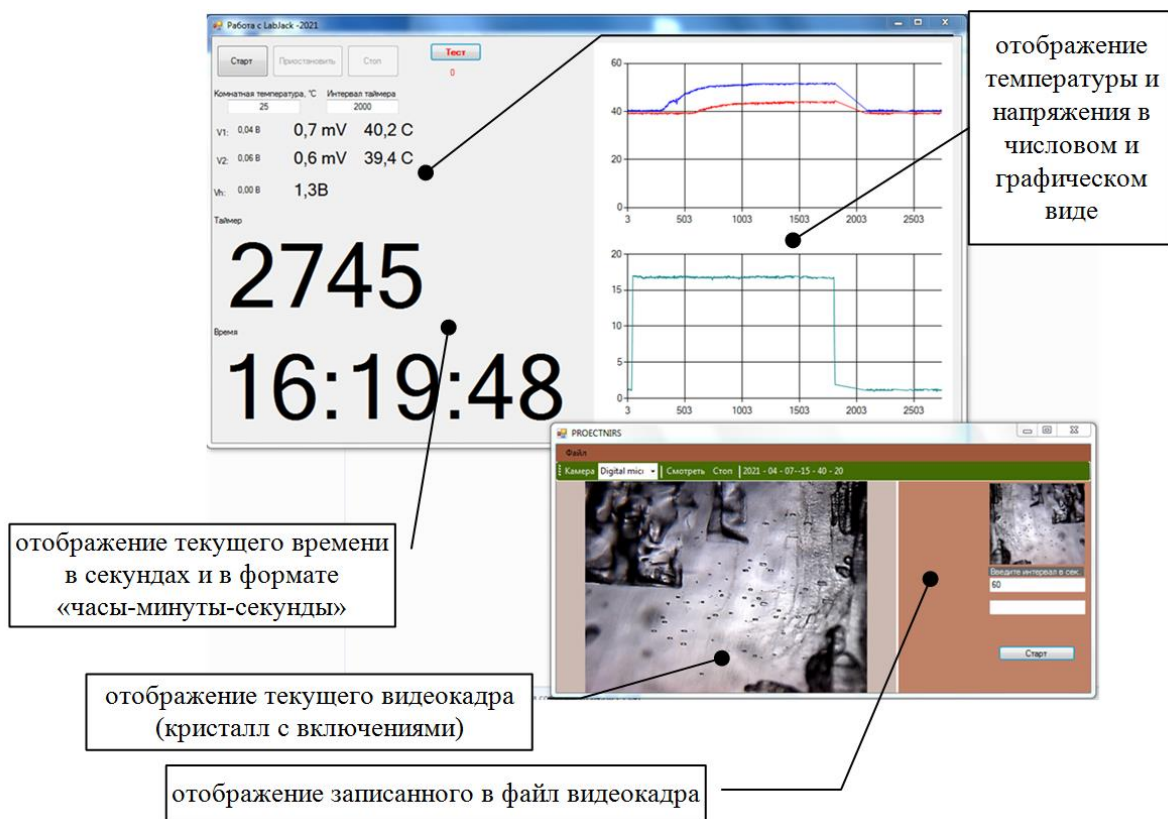


Рис. 1. Интерфейс программной части разработанного комплекса, используемой при контроле режимов и видеосъемке эксперимента по миграции жидких включений в кристалле

Помимо контроля режимов работы нагревателя и термопар, важно вести синхронную видеосъемку эксперимента. Существует много доступных программ сторонних разработчиков для отображения видеоизображения, снимаемого камерой или цифровым микроскопом. Однако недостаток применения этих программ в том, что их надо запускать на выполнение (съемку) дополнительным нажатием кнопки, задавать интервал фиксации кадра с помощью элементов управления их интерфейса, невозможно управлять форматом и местом для подписи кадра. Поэтому была предпринята попытка разработать свое приложение для отображения видеоинформации с возможностью задания параметров и запуска видеосъемки синхронно с запуском измерения параметров эксперимента. Для работы с видеоинформацией использовались библиотеки Emgu CV, DirectShowLib.

Разработанный программно-аппаратный комплекс протестирован и введен в эксплуатацию для контроля режимов экспериментов. Об опыте его использования сообщается в докладе.

Литература

1. Леммлейн, Г.Г. Перемещение жидкого включения в кристалле в направлении к источнику тепла / Г.Г. Леммлейн // Докл. АН СССР. – 1952. – Т. 85, – № 2. – С. 325–328.
2. Pfann, W.G. Temperature gradient zone melting / W. G. Pfann // Journal of Metals. – 1955. – Vol. 7, Iss. TP 4021E. – P. 961–964.
3. Гармашов, С.И. О скорости термомиграции жидких цилиндрических включений в кристалле в стационарных тепловых условиях / С.И. Гармашов // Физика твердого тела. – 2019. – Т.61, N 12. – С. 2303–2306.
4. Бубнов, Ю.З. Вакуумное нанесение пленок в квазизамкнутом объеме/ Ю.З. Бубнов, М.С. Лурье, Ф.Г. Старос, Г.А. Филаретов // М.: Сов. радио. – 1975. – 160 с.
5. Garmashov, S.I. On growth of SbSI films by the quasi-closed volume technique and their properties / S.I. Garmashov // Book of abstracts of International conference "Mechanisms and non-linear problems of nucleation and growth of crystals and thin films" (St. Petersburg, 1–5 July 2019). – St. Petersburg, – 2019. – P. 26.
6. LabJack U12 Datasheet (<http://files.labjack.com/datasheets/LabJack-U12-Datasheet.pdf>).

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТОВ FlexPDE, MatLab ДЛЯ АНАЛИЗА ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВДОЛЬ ГРАНИЦЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ВКЛЮЧЕНИЯ, МИГРИРУЮЩЕГО В КРИСТАЛЛЕ

Гармашов С.И., Хатламаджиян Ю.Б.
*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
физический факультет,
г. Ростов-на-Дону*
E-mail: garmashov@sfedu.ru

Компьютерное моделирование процесса миграции жидких включений в неоднородно нагретом кристалле (или кратко – термомиграции [1–4]) дает возможность исследовать кинетику кристаллизации и растворения, анизотропию межфазной энергии путем сравнения результатов моделирования и экспериментальных данных [4]. При этом важно максимально учесть все факторы, которые могут оказывать влияние на скорость и форму мигрирующих включений. Одним из таких факторов является степень однородности поля градиента температуры в жидком включении. В большинстве случаев для упрощения модели предполагается, что градиент температуры однороден в области жидкой фазы. Это действительно так при условии, если теплопроводности жидкой и твердой фазы одинаковы, а кристалл непрозрачен для внешнего и собственного излучения. Однако в общем случае эти условия не выполняются. Для учета влияния частичной прозрачности кристалла для теплового излучения требуется достаточное трудоемкое моделирование. Хотя, с другой стороны, этот эффект лишь важен в том случае, когда включение находится вблизи границ кристалла и при относительно низких температурах.

В настоящей работе поставлена задача исследовать путем компьютерного моделирования степень нарушения однородности поля градиента температуры в случае, когда теплопроводности твердой и жидкой фазы различны. Учитывая тот факт, что форма включения может быть разной при разной степени анизотропии межфазной энергии и затрудненности межфазных процессов, важно это тоже учесть при решении поставленной задачи.

Для моделирования теплопереноса в неоднородной среде были использованы такие известные математические пакеты, как FlexPDE и MatLab.

MatLab представляет собой пакет прикладных программ для решения задач технических вычислений. В него входит функция PDE Toolbox, которая позволяет решать дифференциальные уравнения в частных производных в двумерных областях методом конечных элементов, в том числе и

задачи теплопереноса. Приложение PDE Toolbox имеет только графический интерфейс (без кодовой строки), использование которого не требует глубокого понимания метода конечных элементов и упрощает доступ к набору функций пакета.

FlexPDE предназначена для решения дифференциальных уравнений в частных производных методом конечных элементов по сценарию, написанному пользователем. FlexPDE преобразовывает записанную систему дифференциальных уравнений в частных производных в модель для расчета методом конечных элементов, находит решение для этой системы и представляет результаты в графической форме.

Для решения нашей задачи в основном использовался пакет FlexPDE, поскольку он оказался наиболее удобным, на наш взгляд, благодаря возможности формирования команд с помощью кодовой строки, а также разнообразию вариантов графического представления результатов моделирования. Кроме того, доступна бесплатная студенческая версия FlexPDE.

При моделировании предполагалось, что включение имеет цилиндрическую форму, а градиент температуры направлен перпендикулярно оси включения, что характерно для ряда реальных экспериментов по термомиграции (рис. 1). Поэтому для решения задачи возникала необходимость в моделировании двумерного теплопереноса.

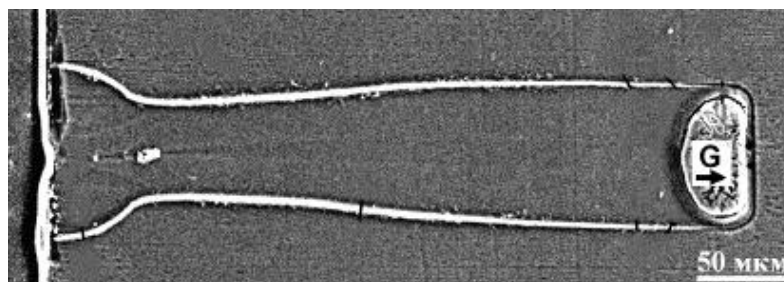


Рис. 1. Миграция включения состава Si-Al в кристалле кремния под действием градиента температуры G

Кроме того, считалось, что включение находится достаточно далеко от границ области моделирования, так что неоднородное распределение температуры вблизи включения не влияет на её распределение около границ области моделирования. На рис. 2 представлены треугольные сетки, сгенерированные автоматически в пакетах MatLab и FlexPDE для последующего решения уравнения стационарной теплопроводности методом конечных элементов.

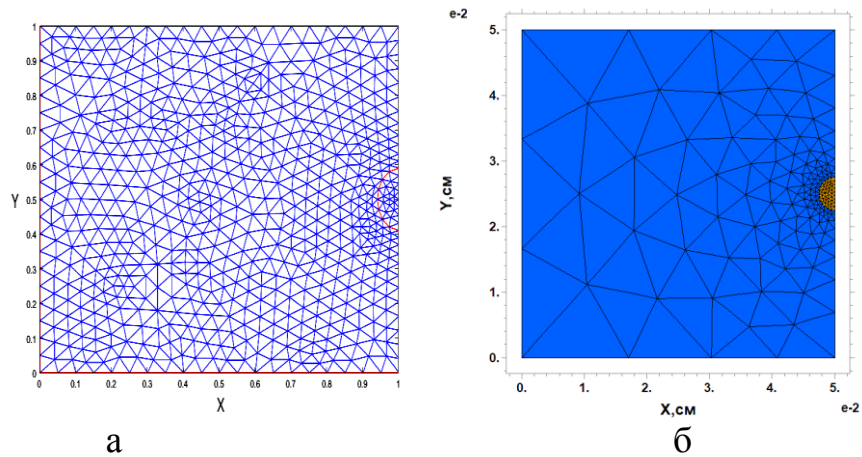


Рис. 2. Сетка для прямоугольной области моделирования с включением круглого сечения, сгенерированная в MatLab (а) и FlexPDE (б)

Для сокращения времени расчетов мы воспользовались зеркальной симметрией задачи и рассматривали лишь половину области моделирования, считая потоки нулевыми на левой и правой границах области (рис. 2, б).

При моделировании были рассмотрены три вида форм поперечных сечений включений, характерных для процесса термомиграции: круговое, прямоугольное и с переменной кривизной боковой границы.

Для оценки степени неоднородности поля градиента температуры имело смысл рассматривать два распределения температуры: вдоль средней линии сечения включения и на его боковой границе. Очевидно, что при однородном градиенте температуры эти два графика должны совпадать. Нас же интересовала степень их несовпадения при разном соотношении теплопроводностей жидкой и твердой фазы.

Из результатов моделирования для случая кругового сечения включения, представленных на рис. 3, видно, что изотермы внутри включения не искривляются (рис. 3, а), а распределения температур вдоль двух линий 1-2 и 3-4 совпадают (рис. 3, б) [1] при любом соотношении коэффициентов теплопроводности кристалла и включения.

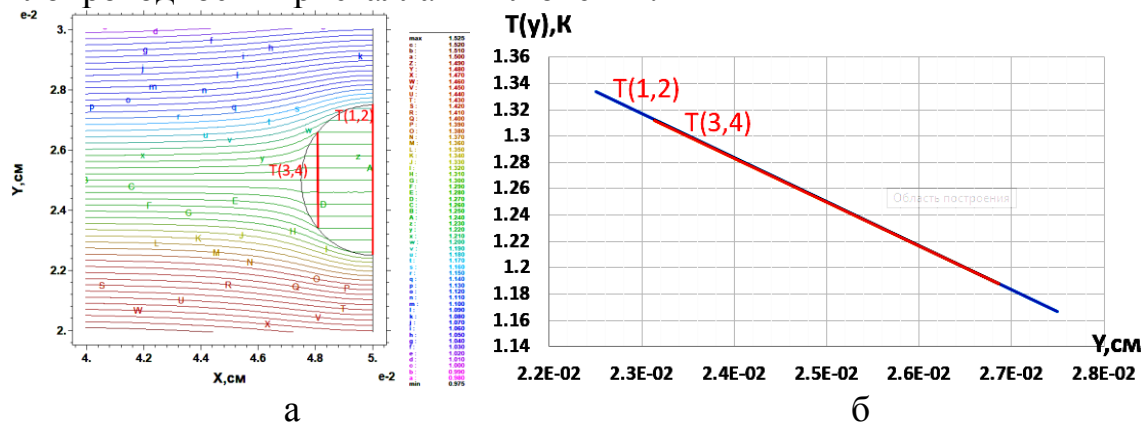


Рис. 3. Результаты моделирования распределения температуры в прямоугольной области с включением круглого сечения

Если форма сечения прямоугольная, то максимальное отклонение распределений температуры в центре и по краю включения достигает 0,012 К при соотношении теплопроводностей 1:2, что составляет 6 % от общего перепада температуры на толщине включения (рис. 4). Примерно такое же отклонение имеет место при форме сечения включения, близкой к реальной (рис. 1), т.е. с переменной кривизной бокового участка границы (рис. 5).

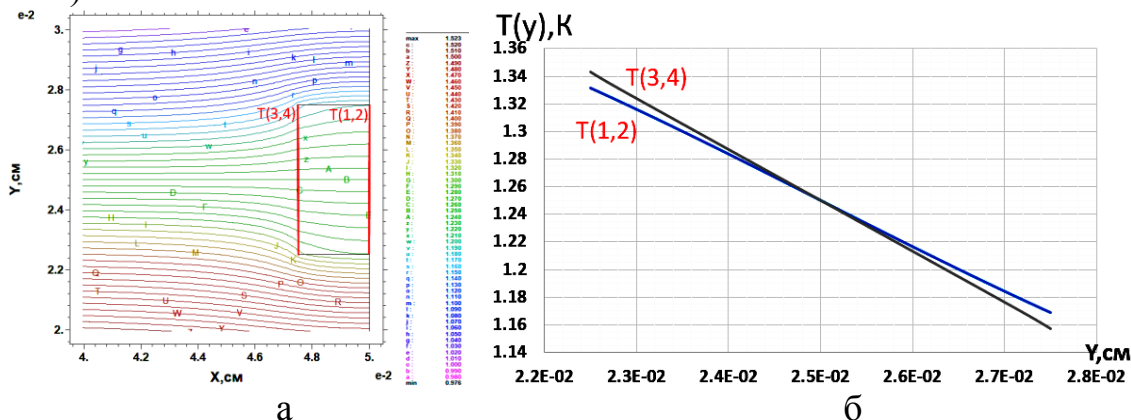


Рис. 4. Результаты моделирования распределения температуры в прямоугольной области с включением прямоугольного сечения

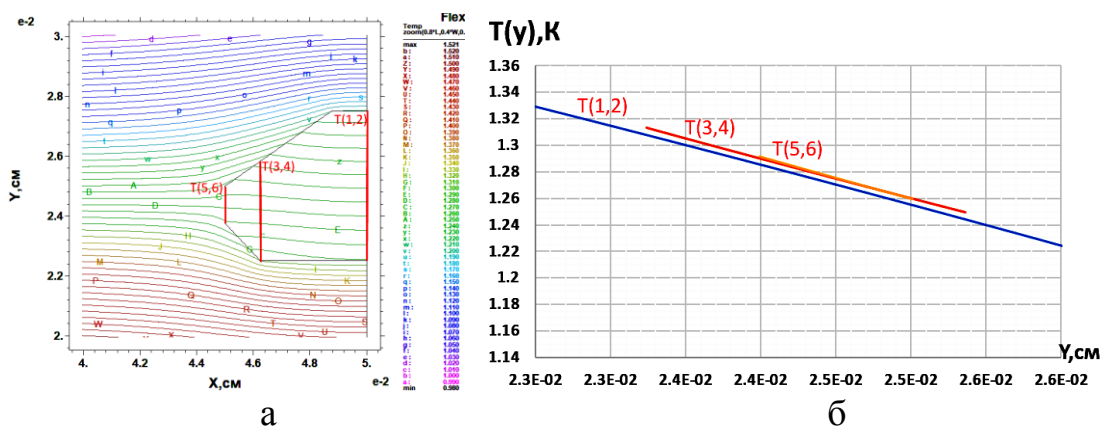


Рис. 5. Результаты моделирования распределения температуры в прямоугольной области с включением, имеющей форму, близкую к реальной (см. рис. 1)

Литература

1. Гегузин, Я.Е. Движение макроскопических включений в твердых телах [Текст] / Я.Е. Гегузин, М.А. Кривоглаз. – М: Металлургия, 1971. – 344 с.
2. Cline, H.E. Nonequilibrium morphology of liquid inclusions migrating in solids [Text] / H.E. Cline, T.R. Anthony // J. Appl. Phys. – 1977. – Vol. 48, N. 12. – P. 5096–5104.

3. Garmashov, S.I. Velocity and Cross-Section Shape of Liquid Cylindrical Inclusions Migrating Normally to Close-Packed Planes of a Non-Uniformly Heated Crystal under Stationary Thermal Conditions [Text] / S.I. Garmashov, V.Yu. Gershanov // *J. Cryst. Growth.* – 2009. – Vol. 311, N. 2. – P.413–419.
4. Гармашов, С.И. К методике исследования межфазной кинетики и анизотропии удельной межфазной энергии из экспериментов по миграции жидких цилиндрических включений в кристалле в стационарных тепловых условиях [Текст] / С.И. Гармашов // *Кристаллография.* – 2018. – Т. 63, № 5 – С.827–831.

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ БАЗЫ ГЕОДАННЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ WEB-ИНСТРУМЕНТА ПРОВЕДЕНИЯ КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬ

Гинис Л.А., Кудряхин В.В.

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

E-mail: gla@sfedu.ru

В настоящее время определению кадастровой стоимости земель и всему, что с этим связано, уделяется значимое место в контексте формирования конкурентного рынка недвижимости. В современной научной литературе регулярно поднимаются вопросы, касающиеся разработки объективных аналитических подходов и методов определения кадастровой стоимости земель, т.к. это влияет на развитие множества смежных аспектов: бухгалтерский учёт, налоговые отношения, гражданско-правовые сделки, решения об инвестициях, территориальное планирование и пр.

Государственная кадастровая оценка осуществляется на основе подходов, указанных в Федеральном стандарте оценки №1 (ФСО №1).

Расчёт кадастровой стоимости земель различного целевого назначения осуществляется с учётом данных земельного кадастра, статистического анализа рыночных цен и иной информации об объектах недвижимости, а также иных методов массовой оценки недвижимости [1].

В отличие от известных предлагается использовать кластерный подход к расчету кадастровой стоимости земель, позволяющий реализовать комплексный взгляд на земли определенных категорий, объединенных в кластеры по общности признаков. Расчет кадастровой стоимости земель ориентирован на определение кадастровой стоимости земельных участков в границах городских и сельских поселений и базируется на статистическом анализе рыночных цен, иной информации об объектах недвижимости и на адаптированных для российской практики подходах к кадастровой оценке земель и методах массовой оценки недвижимости.

Предлагается автоматизировать процедуру применения кластерного подхода, разработать специальное программное решение в виде Web-инструмента, в основе которого будет использована база данных (БД) PostgreSQL. Данная БД применяется во множестве крупных проектов и имеет широкий современный функционал [2].

Разрабатываемый WEB-инструмент должен позволить работать с геоданными, PostgreSQL одна из первых БД, которая начала поддерживать геоданные. Поддержка расширений, например, таких как PostGIS ещё больше расширяет потенциальный функционал БД.

В разрабатываемой БД будет храниться подробная информация о местах и выделенных регионах. Регионы будут делиться по средней кадастровой стоимости или особенностям ландшафта и/или прочим особенностям. Для каждого региона будет рассчитываться средняя стоимость 1 кв. м. Расчет будет основываться на внесенных в базу данных. У каждого региона будут связанные с ним места (адреса). Места содержат географическую информацию такую как: долгота, широта, высота, тип местности. Также можно добавить комментарий и рассчитанную стоимость.

Поскольку пользователи смогут запрашивать расчет кадастровой стоимости земель, структура содержит отдельный объект, который аналогичен месту, но дополнительно содержит уникальный идентификатор пользователя, который его создал.

Сущность пользователя содержит флаг `isModerator`, который позволяет предоставлять повышенные привилегии определенным пользователям – Модераторы. Они смогут взаимодействовать с заявками других пользователей. Итоговая UML диаграмма БД представлена на рис. 1.

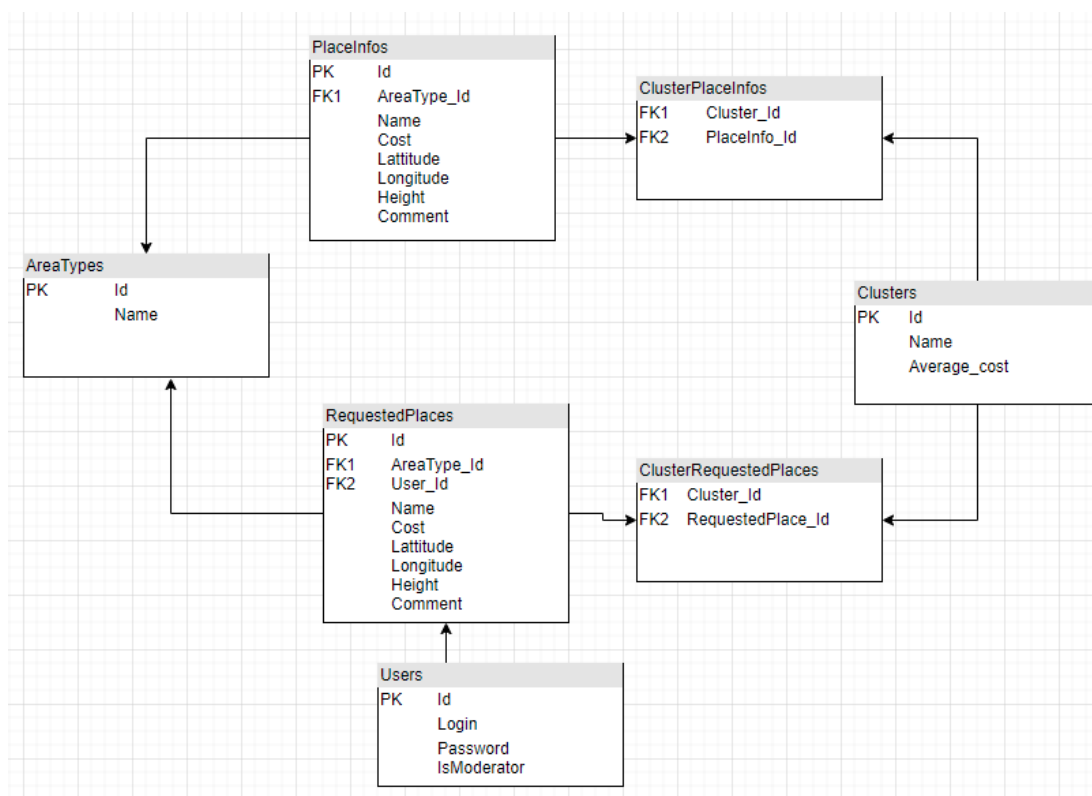


Рис. 1. UML диаграмма базы данных

Опишем важные сущности разработанной БД:

Таблица «Users» – сущность, содержащая данные о пользователях, с помощью которых они могут осуществлять авторизацию. Также содержит флаг `isModerator`, определяющий повышенные привилегии. Таблица

«PlaceInfos» – сущность, содержащая информацию об адресах. Включает в себя геоданные (долгота, широта, высота), наименование, комментарий, стоимость 1 кв. м и принадлежность к типу местности и кластеру. Таблица «Clusters» – сущность, содержащая данные о кластерах, уникальный идентификатор которой используется в других таблицах. Также содержит вычисляемую среднюю стоимость 1 кв. м на основе всех связанных сущностей. Таблица «RequestedPlaces» – сущность, содержащая данные о месте, добавленном или запрошенном для расчета пользователем. Аналогична сущности «PlaceInfos», с дополнительным полем, определяющим привязку к пользователю, который создал сущность. Таблица «AreaTypes» – сущность, содержащая данные о различных типах местности, уникальный идентификатор которой используется в других таблицах. Остальные таблицы, представленные на схеме, являются авто-генерируемыми, служащими для корректной обработки и хранения связанных данных из двух таблиц.

Как уже отмечалось, для реализации проекта был выбран формат Web-инструмента, с разделением системы на две части – клиент и сервер. Клиентом будет веб-сайт, на который пользователи смогут заходить для получения или внесения информации. Сервер – предназначен только для хранения данных и обработки команд, получаемых от клиента. Этот подход позволяет распределить нагрузку, отделить хранение данных от их отображения, а также имеет большие перспективы развития. Клиент не будет знать полную структуру данных, поскольку все вычисления и прочие манипуляции с данными будут происходить на сервере. Подключение к БД также будет производиться только на стороне сервера. Пользователи будут заходить на Web-сайт (графическое представление Web-инструмента), на котором будет отображаться карта города, разделенная на кластеры. С картой можно будет взаимодействовать – перемещать видимый фрагмент, изменять приближение и просматривать элементы. Помимо границ кластеров на карту будут нанесены точки-маркеры участков с известной ценой. При наведении на маркер, пользователю будет высвечиваться информация – адрес, название (номер) кластера и цена за 1 кв. м.

Разработанная структура БД отвечает поставленным задачам и позволит работать с геоданными.

Литература

1. ФЗ-237 от 03.07.2016 «О государственной кадастровой оценке» (ред. от 31.07.2020) [Электронный ресурс] // URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200504/ (дата обращения: 10.03.2021).
2. PostgreSQL [Электронный ресурс] // URL: <https://www.postgresql.org/> (дата обращения: 05.03.2021).

АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ДИНАМИКИ ЖИДКИХ ЧАСТИЦ В ПРОТОЧНОМ КАНАЛЕ

Говорухин В.Н.

ФГАОУ ВО Южный федеральный университет,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: vngovoruhin@sfedu.ru

Предложены алгоритмы анализа динамики жидких частиц в канале при нестационарном режиме протекания. Алгоритмы основаны на решении уравнений Эйлера идеальной жидкости бессточным спектрально-вихревым методом вместе с расчетом траекторий маркерных частиц, вычислением времени пребывания частиц в канале и функции зависимости координаты выхода из канала от входной. Приведены примеры применения алгоритмов для исследования динамики в периодическом течении.

Постановка задачи

При протекании несжимаемой жидкости сквозь канал течения всегда имеют проточную зону и могут включать застойные. В застойных зонах частицы остаются вечно, а в проточной зоне частицы находятся ограниченное время, которое зависит от структуры течения и типа динамики. Координаты точек входа и выхода частиц в канал могут качественно характеризовать динамику частиц.

Рассматриваются плоские течения невязкой несжимаемой жидкости, которые можно описать уравнениями Эйлера в терминах завихренности $\omega(x, y, t)$ и функции тока $\psi(x, y, t)$:

$$\begin{cases} \omega_t + \psi_y \omega_x - \psi_x \omega_y = 0, \\ \psi_{xx} + \psi_{yy} = -\omega, \end{cases} \quad (1)$$

где t - время, x, y – пространственные переменные. Исследуются течения в прямоугольном канале

$$D = \{(x, y): 0 \leq x \leq a; 0 \leq y \leq b\}$$

при $\omega(x, y, t = 0) = \omega_0(x, y)$ и условиями Юдовича [1] на границах:

$$\psi|_{x=0} = \psi|_{x=a} = g(y), \psi|_{y=0} = g(0), \psi|_{y=b} = g(b), \omega|_{x=0} = \omega_+(y) \quad (2)$$

Также будем предполагать, что $g'(y) \geq 0$. Это означает, что частица с номером i попадает в D в момент времени $t_+^{(i)}$ через часть границы $x = 0$ в позиции $y_+^{(i)}$ и покидают через $x = a$ и $y_-^{(i)}$ при $t_-^{(i)}$. Определим две величины, которые характеризуют динамику частицы при движении от входа в канал к выходу из него:

$$R(y_+^{(i)}, t_+^{(i)}) = y_-^{(i)}, T(y_+^{(i)}, t_+^{(i)}) = t_-^{(i)} - t_+^{(i)} \quad (3)$$

Известно, что изучение свойств течений на входе и выходе позволяет получить информацию о происходящих процессах внутри канала и внешних возбуждающих факторах [2].

Время пребывания частицы $T(y_+^{(i)}, t_+^{(i)})$ в проточной зоне зависит от различных факторов. Если $T(y_+^{(i)}, t_+^{(i)})$ не зависит от $t_+^{(i)}$, когда частицы входят в канал D с одной координатой $y_+^{(i)}$ на входе $x = 0$, то, следовательно, течение является стационарным. В противном случае структура течения зависит от времени. Вид функции $T(y_+^{(i)}, t_+^{(i)})$ позволяет идентифицировать тип динамики жидких частиц и течений в D .

Функция $R(y_+^{(i)}, t_+^{(i)})$ является еще одной важной характеристикой течений. Входящая координата $y_+^{(i)}$ определяет нормальную скорость и завихренность частицы граничными условиями (2). В установившемся потоке функция $R(y_+^{(i)}, t_+^{(i)})$ однозначна и обратима. В нестационарном потоке жидкости частицы могут демонстрировать сложное движение. В этом случае, если частица стартует из некоторой точки $y_+^{(i)}$ на входе, ее траектория может достичь выхода канала не напрямую, так как она может сместиться в окрестность подвижной в D застойной зоны. Эти процессы приводят к существенному усложнению динамики частиц и влияют на свойства характеристик (3). В нестационарных потоках $R(y_+^{(i)}, t_+^{(i)})$, как правило, неоднозначна и хаотична.

Расчет характеристик проточного течения

Обе характеристики (3) могут быть рассчитаны при численном анализе течений с помощью спектрально-вихревого метода, который используется для решения нестационарной задачи (1),(2). Подробное описание метода для замкнутых и проточных областей дано в статьях [3,4], а для периодических по пространству граничных условий в [5]. В основе метода лежит расчёт траекторий маркерных частиц. В каждый момент времени по значениям завихренности в частицах строится кусочная аппроксимация поля $\omega(x, y, t)$, функция тока $\psi(x, y, t)$ приближается отрезком ряда Фурье $\psi(x, y) \approx \sum_{i=1}^{k_x} \sum_{j=1}^{k_y} \psi_{ij}(t) g_i(x) h_j(y)$, где $g_i(x), h_j(y)$ - базисные функции, а $\psi_{ij}(t)$ - коэффициенты разложения, которые на каждом временном шаге находятся как решение второго уравнения системы (1) методом Бубнова-Галёркина. Динамика каждой маркерной частицы описывается системой уравнений:

$$\dot{x}_i = \sum_{k=1}^{k_x} \sum_{l=1}^{k_y} \psi_{kl}(t) g_k(x_i) \frac{\partial h_l(y_i)}{\partial y}, \dot{y}_i = - \sum_{k=1}^{k_x} \sum_{l=1}^{k_y} \psi_{kl}(t) \frac{\partial g_k(x_i)}{\partial x} h_l(y_i),$$

В каждый момент времени $t_+^{(i)}$ задаётся частица с некоторыми координатами $x = 0, y = y_+^{(i)}$, со значением $\omega(x, y, t)$, определяемым заданными координатами и граничным условием (2). При выходе частицы из канала определяется её вертикальная координата $y_-^{(i)}$ на выходе из канала, и момент времени $t_-^{(i)}$. Описанная вычислительная схема позволяет легко вычислять значения характеристик (3) для каждой частицы с траекторией с началом на входе в канал, а заканчивающейся на выходе из него. При длительном расчёте и различных начальных значениях $y_+^{(i)}, t_+^{(i)}$ для большого числа частиц будет выполнено численное построение характеристических функций (3).

Результаты расчета при периодическом режиме в канале

Приведем пример расчета характеристик (3) для периодического режима протекания в канале D . Вычисления проводились для канала с размерами $a = 3, b = 1$ и граничными условиями, определяемыми функциями $g(y) = 0.1y, \omega_+(y)$. При начальном условии вида

$$\omega_0(x, y) = \begin{cases} 0, & \text{если } (x - 0.5)^2 + (y - 0.5)^2 > 0.45 \\ 5e^{-25((x-0.5)^2 + (y-0.5)^2)}, & \text{иначе} \end{cases} \quad (4)$$

При таких условиях в канале с течением времени устанавливается периодический режим, изображенный на рис. 1.

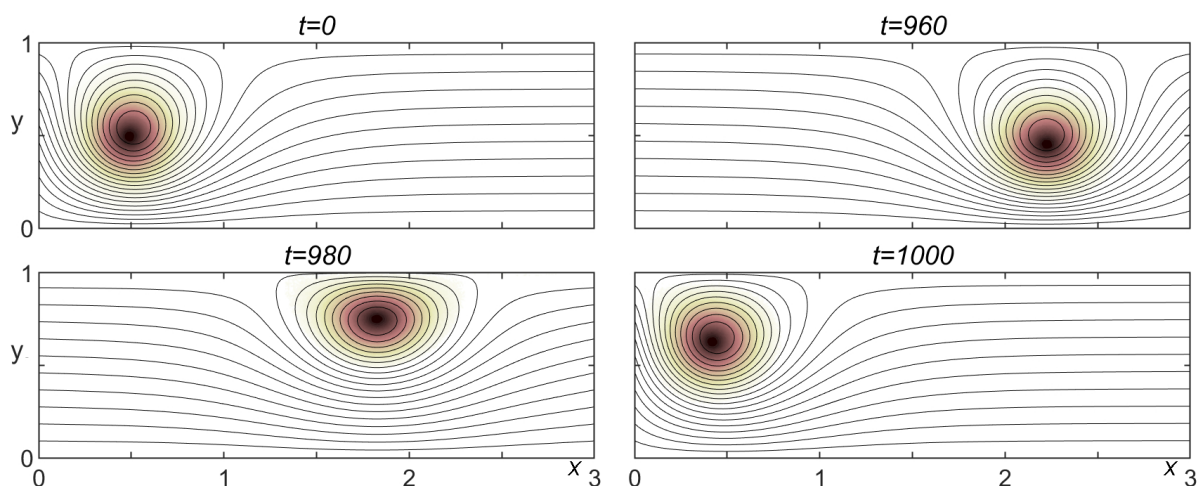


Рис. 1. Вихревое пятно с начальным распределением (4) в различные моменты времени t

Динамика распределенного вихря с начальным условием (4) состоит из трех этапов. Первый состоит в движении к выходу из канала, после контакта с границей $y = 3$ часть частиц с ненулевой завихренностью покида-

ет канал. Второй этап состоит в установлении к периодическому режиму, а третий – в периодических движениях вихревого пятна при $t > 300$. Форма пятна также изменяется периодически во времени, см. рис.1. Описанные стадии хорошо прослеживаются в динамике центра завихренности, см. рис.2а. Траектории частиц в проточной зоне могут иметь достаточно сложный вид. Примеры траекторий приведены на рис.2б.

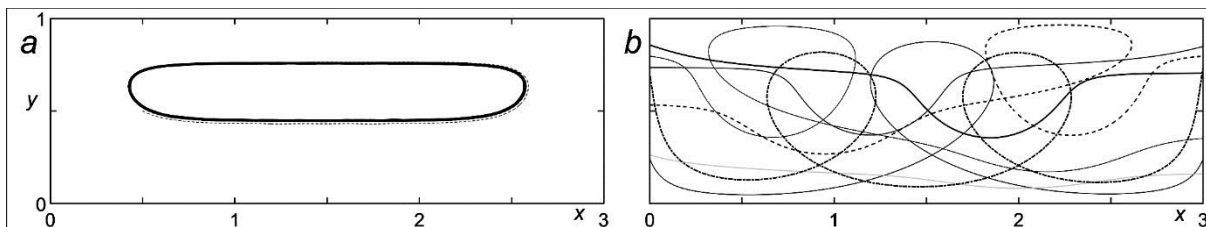


Рис. 2. а) Траектория центра завихренности вихревого пятна на интервале $t \in [0; 1000]$. б) Траектории частиц в проточной зоне при установившемся периодическом движении вихря

При установившемся периодическом режиме вычисленная функция $R(y_+^{(i)}, t_+^{(i)})$ является многозначной, см. рис.3а, что можно трактовать как хаотический скаттеринг частиц в канале. Видно, что $T(y_+^{(i)}, t_+^{(i)})$, см. рис.3б зависит не только от координат входа, но и от момента входа в канал.

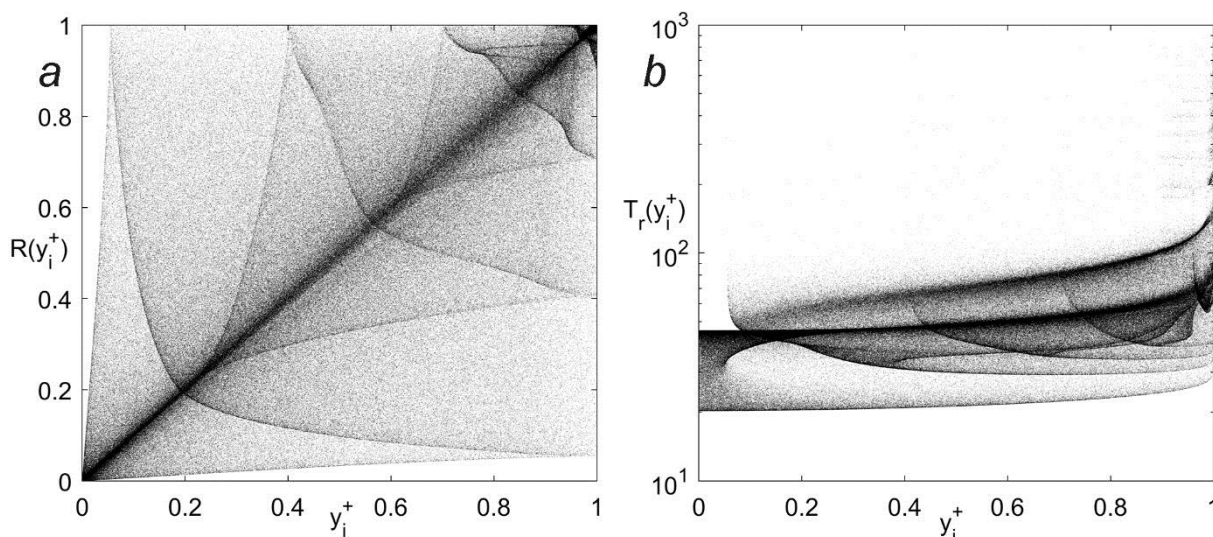


Рис. 3. Графики вычисленных характеристик (3)

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

Литература

1. Юдович В.И. Нестационарные течения идеальной несжимаемой жидкости // Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 1963. – Т. 3, № 6. – С. 1032–1066.
2. Rigas G., Sipp D., Colonius T. Nonlinear input/output analysis: Application to boundary layer transition // Journal of Fluid Mechanics, статья № A15.
3. Говорухин В.Н. Вариант метода вихрей в ячейках для расчета плоских течений идеальной несжимаемой жидкости // Ж. вычисл. матем. и матем. физ., 2011. – Т. 51, № 6. – С. 1133–1147.
4. Govorukhin V. A Meshfree Method for the Analysis of Planar Flows of Inviscid Fluids // Meshfree Methods for Partial Differential Equations VI / Eds. by M. Griebel, M.A. Schweitzer. – Berlin: Springer, 2013. – Vol. 89 of Lecture Notes in Comput. Sci. Engng. P. 171–180.
5. Говорухин В.Н., Филимонова А. М. Расчет плоских геофизических течений невязкой несжимаемой жидкости бессеточно-спектральным методом // Компьютерные исследования и моделирование, 2019. – Т. 11, № 3. – С. 413–426.

УСТОЙЧИВАЯ РАЗМЕТКА ПРОРЕЗАЮЩИХ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЕЙ В ГРАММАТИКЕ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Головешкин А.В.

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

Работа с прорезающими (сквозными) функциональностями программы [1] представляет большую сложность для разработчика: информацией о том, что рассредоточенные по проекту фрагменты кода служат для решения одной и той же проблемы, обладает в течение недолгого времени только автор соответствующей функциональности. Это знание трудно зафиксировать, передать и поддерживать в актуальном состоянии в отсутствие специально предназначенных для этого инструментов, в результате каждый раз при обращении к прорезающей функциональности её части приходится искать заново. В исследовании [2] отмечается, что сквозные функциональности присутствуют не только в больших промышленных программах, но и в маленьких учебных, то есть с концепцией сквозной функциональности сталкиваются и те, кто только начинает обучаться программированию.

В монографии А.Л. Фуксмана [3] предложено решение для облегчения работы с прорезающими функциональностями: программа должна быть послойно размечена. С кодом должна быть связана информация о том, к какой функциональности («вертикальному слою», прорезающему «горизонтальные слои» — файлы и процедуры) принадлежит тот или иной фрагмент. В исследованиях [4, 5] рассматривается разрабатываемый автором настоящей работы инструмент для устойчивой алгоритмической разметки прорезающих функциональностей, а также делается упор на его применение для послойной разметки учебной программы. Устойчивость разметки означает, что ранее помеченные фрагменты успешно находятся инструментом в текущей версии программы, возможно, существенно отредактированной.

Понятие сквозной функциональности относится не только к языкам программирования. Такие функциональности могут быть выделены в любом структурированном тексте, в частности, в грамматике языка, описанной в виде спецификации для некоторого генератора компиляторов. Как показано в [6], реализация очередной языковой конструкции в PascalABC.NET требует добавления новых правил в грамматику и внесения

изменений в существующие правила. Таким образом, языковая конструкция является сквозной функциональностью. При её модификации нужно учитывать все участки грамматики, отвечающие за её реализацию, а также знать, какие ещё функциональности реализуются этими же участками, чтобы не нарушить их работоспособность. Очевидно, что в отсутствие разметки модификация грамматики занимает больше времени и более подвержена ошибкам. В учебном процессе инструмент разметки также полезен, поскольку позволяет преподавателю курса «Методы разработки компиляторов» более предметно формулировать задание — пометить участки грамматики, в которых обучающиеся должны произвести изменения для реализации новой языковой конструкции или исправления существующей, и снабдить эти пометки развёрнутым комментарием. При проверке сданных заданий преподаватель может воспользоваться этой же разметкой и успешно перейти к отредактированным участкам.

Разрабатываемый автором настоящей работы инструмент разметки ранее не проходил полноценного тестирования на грамматиках. В рамках настоящего исследования он встроен в интерактивную среду разработки грамматик YACC MC [7] вместо устаревшего аналога [8]. На рис. 1 представлен фрагмент окна данной среды. Разметка отображается на отдельной панели слева в древовидно структурированном виде, на рисунке представлена функциональность «Контекстные опции», к реализации которой относятся пять участков грамматики. В поле «Комментарий» отображается введённая автором разметки дополнительная информация, связанная с конкретным помеченным элементом.

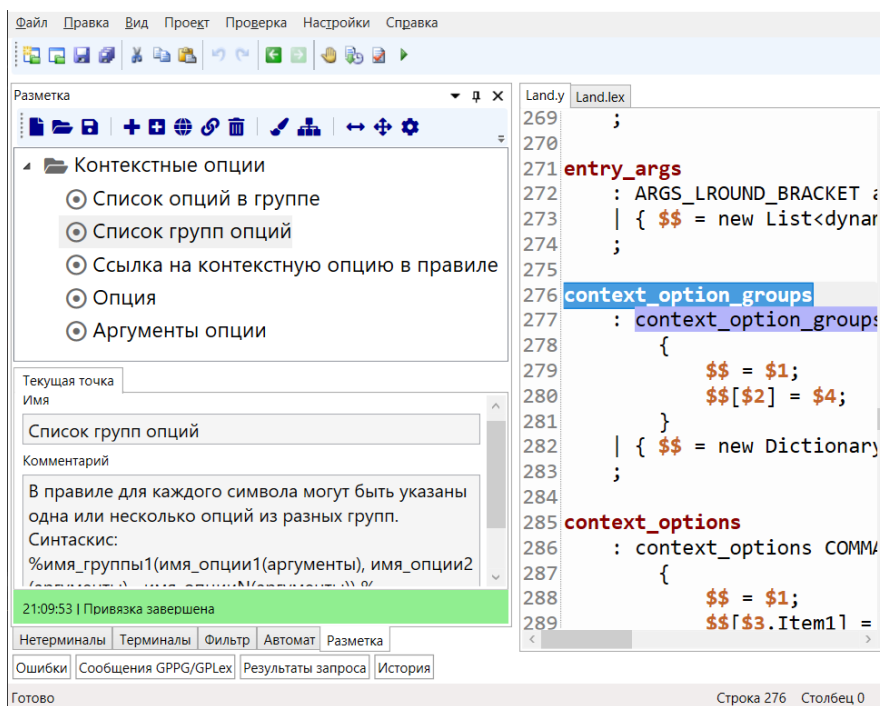


Рис. 1. Окно редактора грамматик с интегрированной панелью разметки

Экспериментально установлено, что разметка действительно является устойчивой к редактированию грамматик. Исследованы грамматики языков PascalABC.NET и LanD [9]. Для каждой грамматики случайно выбранные правила, альтернативы и вхождения символов помечены в старой версии, взятой из репозитория, и успешно найдены в актуальной версии, взятой из последнего коммита.

Литература

1. Conejero J., Hernández J., Jurado E., van den Berg K. Crosscutting, what is and what is not?: A formal definition based on a crosscutting pattern. Tech. Rep. 5/TR28/07, 2007. 30 p
2. Михалкович С.С. Послойное программирование по А.Л. Фуксману при обучении программированию школьников // Труды XXIV Научно-методической конференции «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития». Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2017. – С. 127–129.
3. Фуксман А.Л. Технологические аспекты создания программных систем. М.: Статистика, 1979. 184 с.
4. Головешкин А.В., Михалкович С.С. LanD: инструментальный комплекс поддержки послойной разработки программ // Труды XXV Научно-методической конференции «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития». Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2018. – С. 53–56.
5. Головешкин А.В., Михалкович С.С. Разметка сквозных функциональностей в коде программы // Научный сервис в сети Интернет: труды XXI Всероссийской научной конференции. М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2019. – С. 245–256.
6. Головешкин А.В. Поиск и анализ сквозных функциональностей в размеченной грамматике языка программирования // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки, – 2017, – №3. – С. 29–34.
7. Головешкин А.В. IDE с аспектной разметкой кода для работы с YACC-грамматиками: диссертация магистра математики. Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 2015.
8. Головешкин А.В., Малеванный М.С., Михалкович С.С. Интегрированная среда разработки грамматики с поддержкой аспектной разметки // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития: материалы конференции. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2015. – С. 138–140.
9. Goloveshkin A.V. Tolerant parsing using modified LR(1) and LL(1) algorithms with embedded “Any” symbol // Trudy ISP RAN/Proc. ISP RAS, 2019, – Vol. 31, N 3. – P. 7–28.

10. Малёванный М.С., Михалкович С.С. Поддержка среды программирования для навигации по аспектам программного кода // Труды Научно-методической конференции «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития». Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2014. – С. 69–71.

ВИРТУАЛЬНЫЙ ПРАКТИКУМ ДЛЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ЛАЗЕРА НА СВОБОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАХ (XFEL)

Гуда А.А., Мялкина В.О.

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

E-mail: guda@univirlab.ru, vika98z@mail.ru

С развитием информационных технологий появилась возможность их внедрения в образовательный процесс, что имеет существенные преимущества перед традиционными формами обучения. А при затруднительном доступе к объекту изучения виртуальный практикум является главной альтернативой, позволяющей обучающимся получить необходимые практические и теоретические знания в интерактивной форме.

Европейский рентгеновский лазер на свободных электронах XFEL – это ведущая установка мега-класса для фемтосекундных рентгеновских экспериментов, построенная совместными усилиями европейских стран, в том числе Россией. Несколько лабораторий XFEL позволяют проводить исследования в области физики, химии, наук о материалах, биологии и нанотехнологий. С помощью ярких фемтосекундных рентгеновских вспышек ученые исследуют атомарную структуру вируса, поведение молекул в ходе химических реакций, изменения в веществе под воздействием мощных лазерных импульсов [1, 2].

Исследовательские группы со всего мира поочередно проводят эксперименты в лаборатории XFEL, что на продолжительное время затрудняет доступ для других экспериментов. В том числе затруднён доступ и для студентов, которым необходимо получать знания в данной области и изучать современные научные приборы лаборатории. Решением такой проблемы является создание цифровой модели лаборатории, которая позволит провести виртуальный эксперимент, аналогичный реальному.

Данный проект представляет собой тренажёр, дающий возможность провести эксперимент и получить данные для последующей обработки, аналогичные результатам реального эксперимента. Виртуальная лаборатория фемтосекундных экспериментов FXE (рис. 1) состоит из 15 приборов для мониторинга и изменения свойств рентгеновского импульса (интенсивность, энергия, размер, положение). В цифровой модели мы рассматриваем каждый такой прибор как оператор, который изменяет свойства импульса с учётом входных параметров. Свойства импульса представлены в виде некоторого количества параметров, которые меняются при прохождении импульса через прибор. Это позволяет на выходе получить информацию

об импульсе, на который применились все настройки приборов по порядку их расположения в ряду. Обучающийся может перемещаться в лаборатории с видом от первого лица, взаимодействовать с каждым аппаратом, просматривать анимации и настраивать параметры приборов. Отображение показаний детекторов реализовано через интерфейсы пользователя, которые позволяют сохранять данные на жёсткий диск компьютера в текстовом формате (рис. 2).



Рис.1. Лаборатория фемтосекундной диагностики материалов рентгеновского лазера XFEL (3d модель)

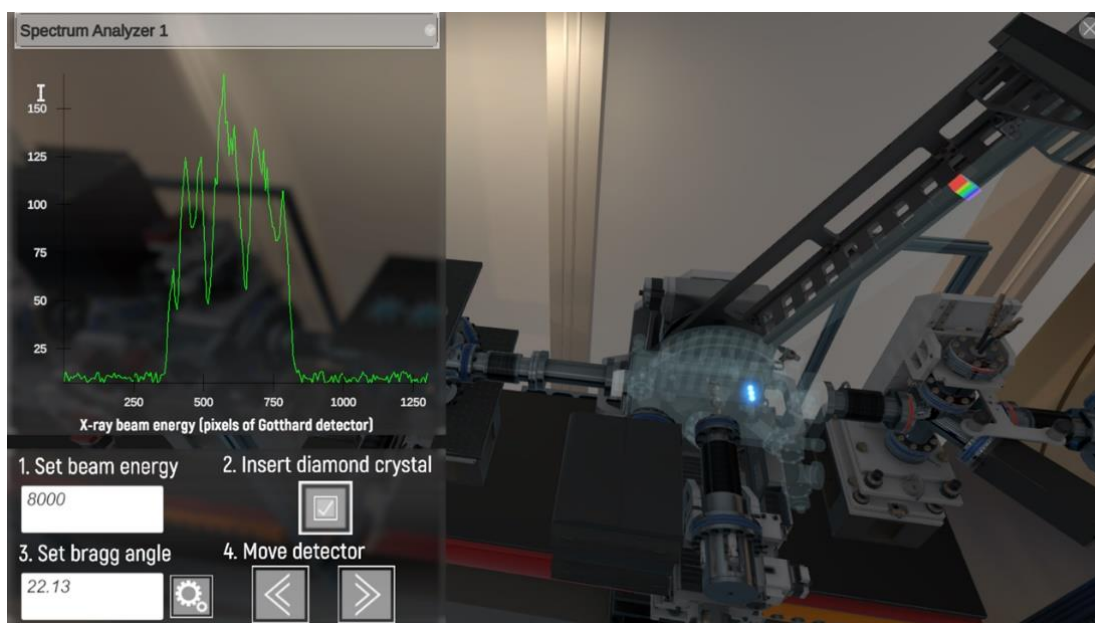


Рис.2. Интерфейс взаимодействия с аппаратом на примере анализатора спектрального состава излучения

Тренажёр разработан в системе Unity-3d и содержит 3d-модели аппаратов, созданных по техническим чертежам в программе 3ds Max с максимальной детализацией. Интерес и мотивацию обучающихся на тренажёре повышают не только такие проработанные модели, но и общее качество графики окружения и эффектов, а также перемещение по виртуальной лаборатории и взаимодействие с оборудованием по законам игр жанра RPG.

Литература

1. Overview XFEL [Электронный ресурс]. URL: https://www.xfel.eu/facility/overview/index_eng.html (дата обращения: 02.04.2021).
2. Pellegrini C. The development of XFELs. *Nat Rev Phys* 2, 330–331 (2020) [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.1038/s42254-020-0197-1> (дата обращения: 02.04.2021).

ЗАДАЧА ГЕНЕРАЦИИ ПРОВЕРОЧНЫХ МАТРИЦ LDPC-КОДОВ

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

LDPC-коды – линейные коды, задающиеся низкоплотной проверочной матрицей, т. е. матрицей, в которой мало ненулевых элементов. LDPC-коды активно используются в различных современных стандартах связи, например, 802.11n, DVB-S2 [1].

Одной из важных задач в теории LDPC-кодов является построение проверочной матрицы кода с определенными свойствами. Ее структура влияет не только на основные параметры кода (длину, размерность и минимальное кодовое расстояние), но и на корректирующую способность декодеров. В общем случае задача построения таких матриц трудная и не всегда имеет решение. Эта задача связана с нахождением циклов длины 4 и 6 в графах Таннера, соответствующих проверочным матрицам.

Существуют различные методы построения матриц регулярных LDPC-кодов, например, [2, 3]. Однако, каждый из методов имеет ряд ограничений по размерам и структуре матриц, которые он строит.

Цель работы состоит в ускорении переборного алгоритма построения проверочных матриц LDPC-кодов с помощью применения некоторых комбинаторных методов и введения условия существования таких матриц.

В работе доказана лемма, которая накладывает ограничения на существование проверочных матриц регулярных LDPC-кодов и позволяет узнать минимально возможное количество столбцов в такой матрице.

Построен алгоритм, конструирующий проверочную матрицу без 4 и 6 циклов итерационно построчно. Его идея состоит в том, чтобы строить матрицу, добавляя к ней по одной строке и проверяя условие отсутствия 4- и 6-циклов на основе предыдущих итераций ускоренным методом. В ходе работы алгоритма может сложиться ситуация, что регулярная матрица с заданными параметрами не будет найдена, тогда алгоритм может продолжить работу по поиску нерегулярных матриц с теми же параметрами.

Сконструированный алгоритм программно реализован, с его помощью получены несколько проверочных матриц регулярных и нерегулярных LDPC-кодов.

Построенный алгоритм работает быстрее классического переборного алгоритма, однако сложность алгоритма, а значит и время его работы по-

прежнему достаточно велики. Дальнейшее направление работы связано с поиском способов повышения скорости работы алгоритма, в частности, при помощи распараллеливания.

Литература

1. Roth C. et al. Area, throughput, and energy-efficiency trade-offs in the VLSI implementation of LDPC decoders //2011 IEEE International Symposium of Circuits and Systems (ISCAS). – IEEE, – 2011. – С. 1772–1775.
2. Gallager R. Low-density parity-check codes // IRE Transactions on Information Theory. – 1962. – Т. 8, – N 1. – С. 21–28.
3. MacKay D. J. C. Good error-correcting codes based on very sparse matrices //IEEE Transactions on Information Theory. – 1999. – Vol. 45. – N 2. – P. 399–431.

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ONESOIL ДЛЯ «ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ»

Давыденко О.В.

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

E-mail: oldavydenko@sfnedu.ru

Одним из базовых элементов ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве является «точное земледелие» (ТЗ) (или как его иногда называют «прецизионное земледелие» – precision agriculture) [1]. ТЗ является оптимальным управлением для каждого квадратного метра поля. Целью такого управления является получение максимальной прибыли при условии оптимизации сельскохозяйственного производства, экономии хозяйственных и природных ресурсов, при этом открываются реальные возможности производства качественной продукции и сохранения окружающей среды [2]. Необходимость внедрения технологий ТЗ в производство растениеводческой продукции в настоящее время не вызывает сомнений [1–4].

Проведя сравнительный анализ программных продуктов, используемых в ТЗ, выбор был сделан в пользу OneSoil, так как данное приложение включает в себя средства по планированию полевых работ, эффективности расхода семян, удобрений и пестицидов.

Технология OneSoil [4] проводит анализ спутниковых снимков поля (рис. 1) с целью определения на нем артефактов и использования в дальнейшей работе изображения без них. Этот этап необходим для корректной работы всей платформы, потому что только чистые снимки позволяют правильно оценить характеристики поля.

Плотные облака Полупрозрачные Тень от облаков



Рис. 1. Распознавание артефактов на снимке [4]

По мультиспектральным снимкам OneSoil автоматически определяет культуру, которая растет на поле [4]. По данным радарной съемки спутни-

ка Sentinel-1 OneSoil определяет дату сева, по мультиспектральным снимкам – фазы роста растений. Это помогает выбирать время для внесения удобрений и пестицидов. Также пользователи OneSoil могут сами добавлять информацию о своих полях в приложения. Благодаря этому происходит постоянное совершенствование алгоритмов OneSoil.

Рассмотрим возможности работы ПО OneSoil на примере проведения слежения за состоянием поля, расположенного в Ростовской области Матвеево-Курганского района.

Для чего на начальном этапе в OneSoil отмечаем границы изучаемого поля, при этом автоматически была определена его площадь. Далее самостоятельно вводим название культуры, время сева и уборки урожая и значение средней урожайности, рис. 2.

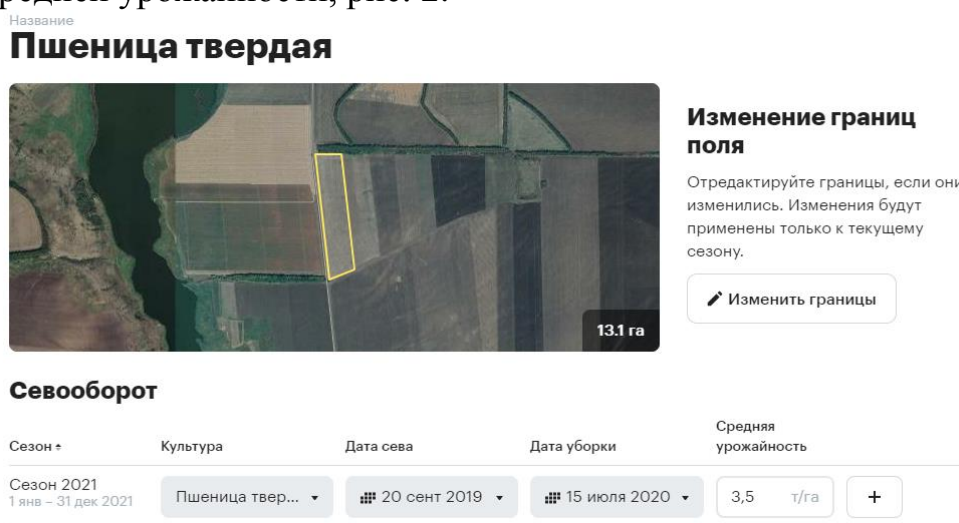


Рис. 2. Ввод информации о поле

Сохранив изменения в информации о поле, переходим к общей карте. Теперь можно отслеживать уровень вегетации поля, рис. 3. Уровень NDVI равен 0,08, что говорит о том, что на участке все растения погибли. Данные, отображаемые на карте можно считать достоверными, так как на исследуемом поле в настоящее время действительно ничего не растет (вспаханная почве без вегетации).



Рис. 3. Вегетация поля

Также в приложении представлена возможность делать заметки на карте в офисе или во время полевого обхода и делиться ими с коллегами, отмечать посевы и удобрения. На вкладке «погода» можно изучить график сумм эффективных температур и накопленных осадков, рис. 4.

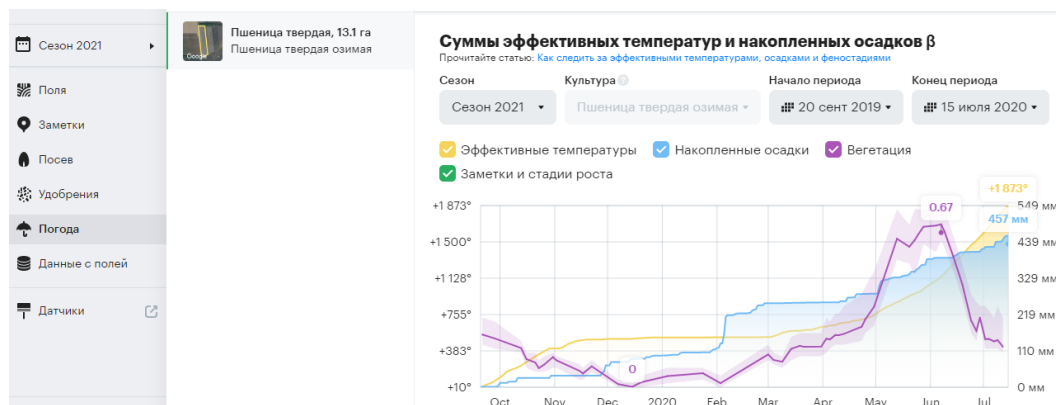


Рис. 4. Суммы эффективных температур и накопленных осадков

Чем больше внесенных данных о поле, тем более точные рекомендации нам будет предлагать приложение. Так как эти данные будут накапливаться, то в дальнейшем можно будет обойтись без наземных наблюдений на уровне поля.

Оценка состояния посевов сельскохозяйственных культур по среднему значению NDVI на основе космоснимков с помощью технологии ТЗ и ПО OneSoil позволяет на протяжении всего периода контролировать развитие растений и прогнозировать урожайность.

Литература

1. Морозова Л.А., Черкашина Л.В., Романова Л.В. Точное земледелие как фактор цифровизации отрасли растениеводства // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий. – 2020. – С. 278–283.
2. Якушев В.П., Якушев В.В., Блохина С.Ю. Научные основы построения интеллектуальных систем для точного земледелия // Plant Protection News. – 2020. – N. 1. – P. 25–36.
3. Дунаева Е.А., Попович В.Ф., Терлеев В.В. Информационные аспекты мониторинга посевов сельскохозяйственных культур при разных технологиях возделывания // Вклад агрофизики в решение фундаментальных задач сельскохозяйственной науки. – 2020. – С. 101–106.
4. OneSoil [Электронный ресурс] URL: <https://onesoil.ai/ru/> (дата обращения: 03.03.2021).

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Демченко Я.Л., Спивакова К.С.
ФГАОУ ВО МФТИ (НИУ),
Институт цифрового развития науки и образования (ИЦРНО),
г. Москва
E-mail: y.demchenko@scieddi.ru, k.spivakova@scieddi.ru

В декабре 2020 года по итогам работы конференции “Путешествие в мир искусственного интеллекта” Президент Российской Федерации Владимир Владимирович Путин утвердил перечень поручений, одним из ключевых положений которого является разработка и утверждение стратегии цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления.

Таким образом, цифровая трансформация на всех уровнях государственного управления, в том числе и в образовательных организациях высшего образования, стала ключевым направлением работы в 2021 году.

Как любой процесс изменений, цифровая трансформация несет определенную степень неизвестности: необходимо производить качественно новые изменения в бизнес-процессах для достижения цифровой зрелости образовательной организации. В связи с этим, для максимальной адаптации трансформационных процессов необходимо определить направления цифровой трансформации образовательных организаций высшего образования (ООВО).

Оценка уровня цифровой зрелости ООВО должна быть комплексной и охватывать следующие направления:

1. **Цифровые сервисы и пользователи.** Данное направление включает описание существующих цифровых сервисов, их функционал для различных пользовательских ролей (абитуриенты, обучающиеся, выпускники, ППС, АУП, партнёры ООВО, работодатели), удовлетворённость пользователей от использования цифровых сервисов и цифрового образовательного контента. Для достижения цифровой зрелости ООВО необходимо сформулировать целевую модель сервисов, которая определит архитектуру построения сервисов (системы сервисов и их взаимосвязи между собой).

2. Направление “Информационные системы” характеризует состояние информационных систем ООВО. Прежде всего это перечень информационных систем по видам деятельности образовательной организации:

- учебная деятельность;
- научно-исследовательская;

- административно-управленческая;
- финансово-хозяйственная.

Кроме того, это анализ интеграции ИС между собой, описание технического стека.

3. Направление “Управление данными” ориентировано на оценку и планирование перехода образовательной организации к управлению данными. ООВО формулирует цель, которая будет достигнута посредством выполнения мероприятий по управлению данными в рамках реализации программы развития, определяет и разрабатывает, принимает стратегические документы по управлению данными, которыми могут стать, например, стратегии по управлению данными, концепции мероприятий по управлению данными, включающие общие положения и дорожную карту мероприятий.

Кроме того, ООВО описывает роли, функционал и полномочия всех субъектов работы с данными, и порядок их взаимодействия, основываясь на текущей организационной структуре (структура может включать в себя руководителя по управлению данными, органы руководства данными, команды качества данных и конечных потребителей).

В рамках данного направления анализируются меры, принимаемые для повышения и поддержки качества данных в контуре ООВО, фиксируются данные, которые в ООВО будут использовать для принятия управленческих решений: какие решения по представлению данных пользователям будут использованы и на каких уровнях.

4. Инфраструктура. В рамках данного направления ООВО консолидирует информацию об уровне развития информационно-телекоммуникационной инфраструктуры, степени модернизации в части серверного, коммутационного, мультимедийного и терминального оборудования. Полученные данные и их анализ определяют работы по совершенствованию информационной инфраструктуры ООВО, что позволит организовать процессы цифрового взаимодействия (например, видеозкраны для проведения лекций и семинаров, беспроводная связь на всей территории университета, облачные хранилища для хранения и обмена данными, обеспеченность компьютерным оборудованием административно-управленческого персонала и профессорско-преподавательского состава) и создать единое цифровое пространство внутри образовательной организации. Формирование полноценной корпоративной системы управления знаниями возможно при наличии современной инфраструктуры, а внедрение унифицированных способов доступа к корпоративным данным, улучшение управляемости всего комплекса информационных ресурсов, обеспечит соответствие ИТ-инфраструктуры стратегическим целям ООВО. Комплексная реализация данных мероприятий позволит сформировать корпоративную информационную среду ООВО, которая будет способствовать инте-

грации информационных ресурсов и позволит создать информационную инфраструктуру ООВО в соответствии с действующей организационной структурой и принятыми бизнес-правилами.

5. Кадры. Цифровые компетенции профессорско-преподавательского состава и административно-управленческого персонала, их формирование и совершенствование, оказывают непосредственное влияние на развитие кадрового потенциала образовательных организаций высшего образования. Цифровые компетенции ППС и АУП определяются как комплекс компетенций, включающие умение использовать цифровые технологии, инструменты коммуникации и сети для поиска, анализа, создания и управления информацией и цифровыми ресурсами с целью удовлетворения личных, образовательных и профессиональных потребностей, сотрудничества и коллективной работы в современной цифровой образовательной среде, а так же владение основами информационной безопасности, этическими и правовыми нормами работы с информацией и данными.

Мероприятия по развитию кадрового потенциала ООВО должны включать оценку и планирование развития команды цифровой трансформации ООВО, личных и профессиональных цифровых компетенций у обучающихся, ППС и АУП ООВО. Основные направления для формирования цифровых компетенций АУП и ППС:

- совершенствование применения цифровых технологий в преподавании и обучении;
- применение технологии смешанного обучения;
- развитие навыков, необходимых для цифровой трансформации;
- принятие управленческих решений и прогнозирование на основе анализа данных в образовании.

Данная структура позволяет охватить все составляющие цифровой трансформации ООВО, подробная проработка каждого направления позволит руководству образовательной организации высшего образования сформулировать целостную стратегию цифровой трансформации.

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ МАГИСТЕРСКОЙ ПРОГРАММЫ ПО ПРОЕКТУ MAGNUS В НОВЫХ УСЛОВИЯХ ОБУЧЕНИЯ

Демяненко Я.М., Карякин М.И.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И.И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: demyanam@gmail.com, karyakin@sfedu.ru

В Институте математики, механики и компьютерных наук запущена новая магистерская программа «Разработка мобильных приложений и компьютерных игр», разрабатываемая в рамках проекта (MAGnUS). В результате на данный момент на программе учится порядка сорока студентов первого года набора, в том числе и шесть студентов из зарубежных стран. В силу новых условий мы получили и новый опыт проведения учебного процесса. Впервые мы были вынуждены проводить занятия в смешанном формате: очные и онлайн занятия.

С одной стороны, это вызвало определенные сложности. Во-первых, это трудности знакомства с группой, поскольку, это новый набор, а очных занятий крайне мало и к тому же не все студенты могли их посещать одновременно. Пришлось проводить онлайн-конференции для знакомства студентов между собой и преподавателями. Во-вторых, остро встает вопрос обратной связи, особенно на лекциях. Интерактивные занятия позволяют гораздо глубже понимать и усваивать материал. Поэтому преподавателям приходилось предпринимать дополнительные усилия для создания соответствующих условий на лекциях и практиках. В-третьих, сложности с коллективным выполнением групповых проектов приходилось решать с использованием репозиторий и видеоконференций.

С другой стороны, возникло много интересных решений. Например, возможность проводить онлайн конференции позволила приглашать лекторов и других спикеров не только из нашего города, но и со всей России, и даже из-за рубежа. Это оказалось хорошей и интересной практикой. В результате были организованы: научно-исследовательские семинары с приглашенными лекторами; MAGnUS Game Jam с международным участием как спикеров, так и студентов; была проведена проектная деятельность с участием большого количества приглашенных экспертов для оценки и обсуждения студенческих проектов.

Проект Erasmus+«Developing Master Programs in Mobile Application and Game Design at Partner Universities» (MAGnUS) финансируется Европейской комиссией (Грант № 2018-3222/001-001 на 2019–2022).

ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

Дмитрова А.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Академия психологии и педагогики,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: anuta060693@mail.ru

Цифровизация привела к изменению процесса проведения исследований, усиливая его интерактивность, скорость поиска и обмена информацией, возможность коллаборации с коллегами из других стран. Это привело к появлению понятия «цифровая трансформация науки», которое подчеркивает системный характер происходящих нововведений. Цифровую трансформацию науки можно интерпретировать как «изменение под воздействием цифровых технологий всех аспектов общественных отношений, связанных с производством, оборотом и использованием научных знаний, – от «рабочих инструментов» исследователей и до моделей управления научно-инновационным развитием, от культуры и психологии научного труда до принципов взаимодействия науки с обществом, государством и бизнесом» [3, с. 10]. Соответственно цифровизация способствовала появлению новых инструментов для проведения исследований. Осведомленность о данных инструментах будет способствовать повышению эффективности обработки данных, открытости, и, возможно, качества проводимых исследований. Особенно это касается молодых ученых. Ядром социально-профессиональной группы молодых ученых мы считаем аспирантов.

Для демонстрации масштаба распространения цифровой трансформации науки нами была произведена классификация цифровых инструментов научно-исследовательской деятельности. Основанием классификации служит функциональное применение цифровых инструментов в научно-исследовательской деятельности. В соответствии с этим можно выделить 9 групп цифровых инструментов:

1) инструменты для обработки данных (R, Python, Tableau, Gephi);

2) инструменты для обмена и совместного редактирования контента (Dropbox, OneDrive, Google Drive, Яндекс.Диск);

3) инструменты для представления результатов научных исследований широкой общественности (Figshare, социальные сети, блоги);

4) инструменты для осуществления научных дискуссий и формирования цифрового следа молодого ученого (ResearchGate, LinkedIn, ORCID);

5) инструменты для поиска научной литературы и работы с библиографией (Zotero, Mendeley, Academia.edu);

6) инструменты для визуализации и презентации результатов исследований (Prezi, MindMeister);

7) инструменты для управления научными проектами (MS Project, Open Science Framework);

8) инструменты для поиска и аналитики патентной информации (Derwent Innovation, Google Patents);

9) инструменты альтметрик (Altmetric, PlumAnalytics, Publons).

В условиях цифровых трансформаций важно постоянно обновлять требования к профессиональной квалификации исследователей [5]. Соответственно программы подготовки молодых ученых также должны учитывать современные процессы, влияющие на организацию производства научного знания. Информирование молодых ученых о возможностях цифровой научной среды и обучение их работе с цифровыми инструментами становится актуальной задачей для университетов. При этом для подготовки глобально компетентных молодых ученых необходимо также привлекать их к реализации групповых научных проектов и грантов [1]. Особенно это важно при переходе с 1 сентября 2021 года к «аспирантуре 4.0» [2, с. 4], в которой усиливается направленность образовательных программ на научную составляющую процесса обучения аспирантов и подготовку диссертации [4]. В связи с этим нами предлагаются следующие рекомендации для улучшения процесса подготовки аспирантов: 1) усилить блок дисциплин, направленных на обучение методологии научного исследования, за счет введения модулей по формированию навыков работы с цифровыми инструментами; 2) разработать электронные интерактивные тьюториалы для повышения уровня осведомленности молодых ученых о новых цифровых инструментах и преимуществах их применения в научно-исследовательской деятельности; 3) предоставить молодым ученым среди дисциплин по выбору возможности междисциплинарной подготовки, которая будет способствовать развитию коллабораций для совместных проектов между различными структурными подразделениями университета, а также между университетами и бизнес-партнерами.

Литература

1. Бондаренко А. Подготовка глобально компетентных молодых исследователей: опыт России // BCES Conference Books. – 2016. – Vol. 14, N 2. – P. 135–144.
2. Касаткина Т.В. Аспирантура 4.0 // Alma Mater. Газета Томского государственного университета. – 2021. – № 2 (2639). – С. 4–5.

3. Попова С.М. К вопросу о понятии цифровой трансформации науки // Тренды и управление. – 2019. – № 4. – С. 1–16. - DOI: 10.7256/2454-0730.2019.4.31941
4. Федеральный закон от 30.12.2020 N 517-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации" и отдельные законодательные акты Российской Федерации". [Электронный ресурс]: Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372688/. – Загл. с экрана. – (дата обращения 12.04.2021).
5. Чигишева О.П. Обновление требований к профессиональной квалификации исследователя как императив цифровизации // Мир университетской науки: культура, образование. – 2019. – № 9. – С. 69–74.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕРФЕЙСОВ «МОЗГ-КОМПЬЮТЕР» ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НЕЙРОРЕАБИЛИТАЦИИ

Дьяченко А.Д., Лазуренко Д.М.
*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Центр нейротехнологий,
г. Ростов-на-Дону*
E-mail: adiachenko@sfedu.ru, dmlazurenko@sfedu.ru

В настоящее время бурно развивающимися технологиями нейрореабилитации пациентов после инсультов являются Интерфейсы «Мозг-компьютер» (ИМК) или нейроинтерфейсы [Khan, 2020]. Это направление нейрокибернетических исследований получило широкое развитие по всему миру и, в настоящее время, достигнуты большие успехи. Прогресс, отчасти, обусловлен современными достижениями в микропроцессорных технологиях, но также и благодаря более глубокому пониманию нейрофизиологических механизмов психических процессов, комплексным исследованиям полного бионического цикла – от нейронов к целостной структуре сложной нейронной сети головной мозг.

В основе технологии нейроинтерфейсов лежит принцип биообратной или нейрообратной связи (БОС и НОС), согласно которому биоэлектрическая активность мозга может быть напрямую сопряжена с внешними устройствами для восстановления утраченных двигательных или когнитивных способностей человека. Существует целый ряд методов реализации такого сопряжения, однако все они могут быть разделены на два крупных класса – инвазивные и неинвазивные подходы. Инвазивные методы широко применяются в клинической практике, поскольку являются травмирующими и сопряжены с риском возникновения кровотечения или инфицирования в условиях имплантации регистрирующих электродов в ткани головного мозга. По этим причинам наибольшее распространение получили неинвазивные методы, в том числе электроэнцефалография (ЭЭГ), магнитоэнцефалография (МЭГ) и функциональная магнитно-резонансная томография (ФМРТ), среди которых метод ЭЭГ заметно выделяется, в первую очередь, благодаря своей простоте и дешевизне [Berger, 1924].

Метод ЭЭГ, основы применения которого были заложены Г. Бергером в 1924 году, помимо прочего, обладает высоким временным и частотным разрешением, доказал свою высокую надёжность в ходе вот уже почти столетней клинической практики. Его основным недостатком, однако, является низкое пространственное разрешение, которое не способно обеспечить наблюдение за деятельностью небольших скоплений нейронов или за единичной клеткой. Кроме того, ЭЭГ активность весьма сильно подверже-

на воздействию различных шумов, влияние которых может быть существенно снижено, в том числе благодаря современным методам пространственной и адаптивной фильтрации [Иванов, 2000].

Метод ЭЭГ в настоящее время широко применяется в рамках разработки неинвазивных подходов Интерфейсов «Мозг-компьютер» (Brain-computer interface, BCI), обеспечивая оперативное получение информации о деятельности различных корковых структур мозга, их текущем функциональном состоянии, патологических состояниях, связанных, например, с ЭПИ-активностью [Кирой, 2011].

Суть технологии нейроуправления состоит в использовании стандартного метода ЭЭГ с целью регистрации биоэлектрической активности мозга человека в процессе реализации им различным моторных действий или решении когнитивных задач. Для этого применяются влажные или сухие (безгелевые) электроды, размещаемые на скальпе, закрепленные в специализированном ЭЭГ-шлеме. В зависимости от решаемой задачи нейрокоммуникации и управления регистрирующие электроды размещаются непосредственно над проекционными зонами коры головного мозга и в непосредственной близости, согласно международной схеме позиционирования электродов 10-20.

ЭЭГ может быть зарегистрирована как в рамках монополярной схеме, в которой показания регистрирующих электродов являются относительными по отношению к «нулевой точке» - референту, так и биполярной, в которой оба анализируемых электрода являются активными. Как правило, применяется монополярное отведение ввиду простоты интерпретации сигналов, а в качестве референта выбирается электронейтральная точка на скальпе – мочка уха или сосцевидный отросток височной кости. Зарегистрированные сигналы мозга подвергаются аналого-цифровому преобразованию с высокой частотой дискретизации (от 250 до 1000 Гц), позволяющей, зачастую, рассматривать тонкую, в том числе миллисекундную динамику синхронизации активности различных корковых областей.

Ключевым элементом в реализации технологии нейрокоммуникации и нейроуправления является повышение автономности и эффективности функционирования методов и алгоритмов настройки нейроинтерфейсов, основной задачей которых является выделения из ЭЭГ специфических паттернов активности, связанных с выполнением произвольных мысленных действий различной содержания [Кирой, 2011; Кирой и др., 2017]. Одной из важных составляющих методов процессинга сигналов мозга является извлечение различимых признаков ЭЭГ, опираясь на которые функционируют методы классификации, кроме того, эти методы должны адаптироваться к динамическим характеристикам сигналов и учитывать их нестабильность. Выбор опорного сигнала для задач извлечения признаков и классификации является ключевым аспектом разрабатываемых алгорит-

мов, способный серьёзно повлиять на эффективность методов детектирования управляющих команд из нестационарной ЭЭГ. К тому же нестационарный характер ЭЭГ сам по себе является проблемой для анализа и интерпретации, что, в том числе, являлось предметом отдельных исследований. Вместе с тем, методы классификации ЭЭГ и методы предобработки и извлечения опорных признаков должны обеспечивать функционирование нейроинтерфейсов с точки зрения эффективного распознавания команд управления в режиме, близком к антропоморфному [Qiu, 2017].

Пожалуй, самое интересное и важное применение технологии нейроинтерфейсов в настоящее время – это медицинская нейрореабилитация [Chaudhary, 2015]. Спрос на технологию в области восстановительной и вспомогательной медицины привёл к разработке высокотехнологичных средств для пациентов с параличом, перенёсших инсульт: роботизированные конечности, применяемые в области ортопедии для протезирования и даже некоторым первоначальным попытками манипуляции такими протезами. Поскольку работа интерфейса мозг-компьютер не требует использования какой-либо мышечной активности, система связи, основанная на методах нейрокоммуникации, практически, способна функционировать даже у людей с тяжелыми двигательными нарушениями, вызванными нейродегенеративными заболеваниями или травмами спинного мозга [Edlinger, 2015; Jiang, 2015]. Типичным примером являются пациенты, страдающие боковым амиотрофическим склерозом, неизлечимым неврологическим заболеванием, которое влияет на способность контролировать периферическую нервную систему и мышечный аппарат, что постепенно приводит к полному параличу [Vidya, 2018; Mainsah, 2015]. Заболевание, тем не менее, не затрагивает клетки головного мозга и его интеллектуальные функции, однако поражает нейроны, передающие информацию от мозга к мышцам, вызывая раннюю инвалидизацию. На поздних стадиях болезни пациент не способен произвольно управлять собственным телом, однако мозг по-прежнему генерирует соответствующие сигналы управления мышцами. Целью многочисленных экспериментальных работ являлся анализ перспектив использования технологии нейроинтерфейсов для оценки степени сохранности когнитивных процессов у пациентов полностью парализованных и лиц с нарушениями сознания [Allison, 2017]. Одной из важнейших фундаментальных проблем, от решения которой зависит не только эффективность ряда клинических систем нейромониторинга, но и понимание природы сознания человека, является проблема оценки когнитивных процессов у пациентов с двигательными нарушениями и расстройствами сознания.

Литература

1. Khan M.A., Das R., Iversen H.K., Puthusserypady S. Review on motor imagery based BCI systems for upper limb post-stroke neurorehabilitation: From

- designing to application // *Computers in Biology and Medicine*, – 2020. – P.103843.
2. Qiu Z., Allison B.Z., Jin J., Zhang Y., Wang X., Li W., Cichocki A. Optimized motor imagery paradigm based on imagining Chinese characters writing movement // *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. – 2017. – Vol. 25, N 7. – P.1009–1017.
 3. Chaudhary U., Birbaumer N., Curado M.R. Brain-machine interface (BMI) in paralysis // *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. – 2015. – Vol. 58, N 1. – P. 9–13.
 4. Edlinger G., Allison B. Z., Guger C. How many people can use a BCI system? // *Clinical Systems Neuroscience*, – Tokyo: Springer, 2015. – P. 33–66.
 5. Jiang S., Chen L., Wang Z. et al. Application of BCI-FES system on stroke rehabilitation // *Neural Engineering (NER)*, 2015 7th International IEEE/EMBS Conference. – IEEE, 2015. – P. 1112–1115.
 6. Vidya G., Vipitha E.P., Hridya S.G. Brain controlled home automation system // *BRAIN*. – 2018. – Vol. 5 (04).
 7. Mainsah B.O., Collins L.M., Colwell K.A., Sellers E.W., Ryan D.B., Caves K., Throckmorton C.S. Increasing BCI communication rates with dynamic stopping towards more practical use: an ALS study // *Journal of Neural Engineering*. – 2015. – Vol. 12, N 1. – P.016013.
 8. Allison B.Z., Cho W., Ortner R., Heilinger A., Edlinger G., Guger C. Validation of a Brain-Computer Interface (BCI) System Designed for Patients with Disorders of Consciousness (DOC): Regular and Sham Testing with Healthy Participants // *International Conference on Augmented Cognition*. – Cham: Springer, 2017. – P. 253–265.
 9. Кирой В.Н. Интерфейс мозг – компьютер (история, современное состояние, перспективы). – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2011.
 10. Иванов Л.Б. Прикладная компьютерная электроэнцефалография. – М.: Антидор, 2000.
 11. Кирой В.Н., Лазуренко Д.М., Шепелев И.Е., Асланян Е.В., Миняева Н.Р., Бахтин О.М. Нейротехнологии: Нейро-БОС и интерфейс «мозг – компьютер». – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2017.

МЕТОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ «ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЯ» ДИСЦИПЛИНАМ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

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 условиях цифровой трансформации экономики (рост объемов цифровых данных, повышение уровня автоматизации, что отражается в соотношении рабочих часов в системе «человек – машина» при реализации трудовых функций и др.), в рамках которой меняются ожидания работодателей относительно перечня профессионально важных компетенций, и, как следствие, в условиях трансформации системы высшего образования, происходит уточнение содержания и структуры компетентностной модели выпускника. Согласно аналитическому отчету «Обучение цифровым навыкам: Модели цифровых компетенций» [2], важное значение приобретают когнитивные компетенции¹ (саморазвитие, организованность, управление, решение нестандартных задач, установка на достижение результатов, адаптивность) и социально-поведенческие компетенции (коммуникация, навыки межличностного взаимодействия, навыки межкультурного взаимодействия), описываемые термином «soft skills» («гибкие» навыки, метапредметные компетенции).

Инструментальной основой и системообразующим фактором в компетентностной модели будущего выпускника вуза выступает цифровая компетентность уровня свободного владения цифровыми инструментами (digital fluency²), включающая такие навыки, как создание информационных систем и автоматизация собственного труда по обработке больших данных. Именно цифровая компетенция формирует трек для развития «soft skills»: например, при реализации такого компонента когнитивной компе-

¹ В настоящее время компетентностные модели описываются с использованием термина «skill», который пришел о из зарубежной образовательной практики и в отечественной системе образования используется не в прямом переводе «skill» – навык, а выражается через более комплексное понятие – компетенция, поскольку в отечественной системе образования навык – это доведенное до автоматизма действие обучающегося, атом, из которого складываются более сложные деятельностные структуры. Однако, необходимо отметить тенденцию - некоторые исследования и аналитические отчеты [2] используют прямой перевод «skill» - «навык».

² иногда переводится как «цифровая грамотность»

тенции, как решение проблем цифровая компетенция (уровень свободного владения) должна давать возможность диагностировать и определять технические проблемы применяемых цифровых устройств и видеть способы их устранения, выявлять потребности в соответствии с профессиональными задачами и вырабатывать собственные технологические решения, настраивать систему под рабочие задачи, уметь творчески применить цифровые инструменты для проектирования инновационных решений, понимать, какие именно навыки использования цифровых инструментов необходимо у себя развить. В Аналитическом отчете [2] приведен подробный перечень проявлений цифровой компетенции нового уровня, на основании которых необходимо видоизменять некоторые компоненты методической системы обучения дисциплин информационно-технологического цикла.

В своей работе мы будем опираться на модернизированный подход к определению понятия «методическая система обучения предмету» (А.М. Пышкало, 1975 (впервые сформулировано понятие); С.И. Осипова, Т.В. Соловьева, 2011; Ю.Н. Степанова, 2013), которая понимается как взаимосвязанная пятикомпонентная система, включающая цель, содержание, организационные формы, методы и технологии, и средства обучения.

В программе подготовки уровня бакалавриата по направлению «Гидрометеорология», которая реализуется в Институте наук о Земле (кафедра океанологии), информационно-технологический цикл включает профильно-ориентированные дисциплины «Геоинформатика» (5 семестр), «Гидрометеорологические информационные системы (6 семестр), «Геоинформационные системы в гидрометеорологии» (7–8 семестры), цель которых до недавнего времени состояла в постепенном «наращивании» цифровой компетенции от обобщённых способов деятельности к профессионально-ориентированному применению информационных технологий (в частности, применения геоинформационных систем для решения задач практической направленности и программного обеспечения для анализа данных). Однако, в связи с изменениями в понимании навыков, составляющих содержание цифровой компетенции, возникла необходимость в создании условий для формирования цифровой компетентности студентов на уровне свободного применения цифровых инструментов, которые составят основу и для развития профессионально-ориентированных навыков применения цифровых инструментов, и для формирования «soft skills» (гибких, мета-предметных компетенций).

Для решения намеченной задачи в 2020–2021 учебном году была начата модернизация методической системы обучения «по вертикали» (на метауровне – уровне, где весь блок информационно-технологических дисциплин рассматривался как единое целое) и «по горизонтали» (рассматривались способы модернизации методических систем обучения конкретных дисциплин, входящих в информационно-технологический цикл).

В рамках модернизации целевого компонента методической системы всего блока было уточнено содержание компетенций в контексте требований работодателей (в каждой компетенции, сформулированной в соответствии со стандартом подготовки, были выделены подцели формирования цифровой компетенции (инструментальной компоненты), совершенствующие «гибкие» навыки). На уровне такой составляющей методической системы, как содержание обучения, построены связи между содержательными компонентами каждого предмета и предложено дополнение цикла информационно-технологических дисциплин факультативным курсом «Интеллектуальные информационные системы». Основными организационными формами в условиях напряженной эпидемической обстановки было определено смешанное обучение, когда лекционные занятия проводились в онлайн режиме на платформе MS Teams, а лабораторные занятия - в «очном» (офлайн) режиме. В качестве эксперимента при проведении занятий в компьютерной лаборатории создавались условия для параллельного подключения к занятиям студентов, которые по уважительным причинам не могли посетить их очно. Каждое занятие фиксировалось в виде записи, составляющей основу базы учебных материалов не только для обеспечения возможности доступа к ним временно отсутствующих студентов, но и для последующего повторения (при необходимости) и установления связей между освоенными в рамках разных дисциплин знаний, умений и навыков. Для активизации студентов использовались образовательные технологии проблемного, проектного, кейс обучения, обучения в сотрудничестве, элементы технологии игрового обучения, методы продуктивных заданий, мозгового штурма и шестиугольного обучения.

Особое внимание уделялось формированию пула программных средств и интернет-сервисов для обеспечения условий для освоения содержания цифровых компетенций в соответствии с выделенной системой подцелей. Наряду с уже применяемыми программными средствами (пакет офисных программ, Statistica, MathCad, MapInfo, QGIS, ArcGis), активно использовались сервисы для упорядочения и планирования собственной деятельности в рамках гибкой методологии Agile (принципы и подходы к применению данной методологии для формирования гибких компетенций рассмотрены в работе [1]) – Mind Meister (создание концептуальных карт), Trello (организация процесса работы), Padlet (организация «пространства идей») и другие.

Методическая система обучения на уровне каждой учебной дисциплины, входящей в информационно-технологический блок, также видоизменилась. Была произведена модификация целевого компонента изучения конкретного цифрового навыка: цели обучения были сформулированы как совокупность мотивационного, ориентационного, операционального, регуляторного, рефлексивного и оценочного компонентов [4]. Содержательный

компонент каждого предмета расширился за счет вовлечения содержания, связанного с наполнением соответствующего цифрового навыка. Так, например, существовавший перечень содержательных модулей дисциплины «Геоинформатика», который включал модули «Информатизация общества и науки», «Применение средств ИКТ для оптимизации педагогической, научно-исследовательской, методической, управленческой, культурно-просветительской деятельности» и «Применение средств геоинформационных технологий и систем для оптимизации педагогической, научно-исследовательской, методической, управленческой, культурно-просветительской деятельности» не только расширился за счет добавления модуля «Отбор, настройка, диагностика и проектирование программных средств и сервисов для оптимизации деятельности», но и качественно изменился за счет интеграции новых подтем в уже существующие модули, например, в рамках модуля ««Информатизация общества и науки» существенное внимание уделялось вопросам информационной безопасности, здоровьесбережения, в модуле «Применение средств ИКТ для оптимизации педагогической, научно-исследовательской, методической, управленческой, культурно-просветительской деятельности» «зазвучали» актуальные вопросы, связанные с организацией собственной информационно-образовательной среды и выбором оптимальных программных и аппаратных средств, сервисов для организации собственных знаний и идей, грамотной визуализацией идей, данных, концепций. Также следует отметить, что благодаря использованию технологии проектного обучения, ориентированной на аналитическую и поисковую деятельность, когда студенты самостоятельно находили сервисы и программное обеспечение, способствующее оптимальной реализации их задач, содержание дисциплин расширялось и индивидуализировалось.

Организационный и технологический и инструментальный компоненты унаследовали свойства соответствующих компонентов методической системы всего информационно-технологического цикла, которые были описаны выше.

Несмотря на то, что в течение 2020-2021 учебного года были получены определенные результаты, работа над модернизацией методической системы продолжается, поскольку она влечет перестроение целого блока, включающего несколько дисциплин.

Литература

1. Евланова А.Г. Технологии развития «soft skills» в рамках изучения дисциплин информационно-технологического цикла // *The World of Academia: Culture and Education* (Мир университетской науки: культура, образование). –2020. – № 9. – С. 188–196

2. Обучение цифровым навыкам: Модели цифровых компетенций: аналитический отчет [Электронный ресурс] URL: http://obzory.hrmedia.ru/cifrovye_navyki_sotrudnika (Дата обращения: 14.04.2021)
3. Осипова С.И., Соловьева Т.В. Проектирование методической системы обучения дисциплине «Мировые информационные ресурсы» на основе личностно-ориентированного подхода // Вестник КемГУ. – 2011. – № 3. – С. 92–98
4. Степанова Ю.Н. Методическая система обучения математике в системе среднего профессионального образования как условие обеспечения непрерывности образования // Педагогическое образование в России. – 2013. – № 6 – С. 243–247

ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ ПУТЕЙ НА ГРАФАХ С ОГРАНИЧЕННЫМИ УСЛОВИЯМИ ДОСТИЖИМОСТИ

Евсеенко А.В., Скороходов В.А.

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

E-mail: vikev@yandex.ru, vaskorohodov@sfedu.ru

В последние годы экономика нашей страны претерпевает значительное развитие. Постоянно растёт импорт и экспорт товаров, объёмы пересылки отправок между различными городами. Кроме того, в последнее время стали активно развиваться и услуги доставки товаров в пределах одного населённого пункта. Так, например, уже существует несколько служб доставки еды из ресторанов нашего города курьерами к клиентам.

Как практически любая коммерческая организация, курьерские службы в большинстве своём стараются оказать наиболее качественные услуги и получить наибольшую прибыль, потратив при этом наименьшее количество ресурсов. Настоящая работа посвящена разработке методов решения задачи оптимального распределения заказов между курьерами в такой компании. Задача состоит в следующем: некоторой компании в определённый момент времени поступили заявки от m клиентов на доставку еды из n ресторанов. Каждый ресторан может предоставить еду для нескольких определённых клиентов, а также существует возможность предоставления еды разными ресторанами для одного. Имеется карта с указанными положениями ресторанов, клиентов и курьеров. Необходимо таким образом распределить заказы между курьерами, чтобы время обслуживания всех клиентов было минимальным.

Решение описанной задачи было разбито на два этапа. На первом этапе проведено её решение для одного курьера, т.е. в случае, когда все заказы должен обработать только один курьер. На втором этапе – на основе методов, разработанных для первого этапа, проведено решение в общем случае для построения оптимальных маршрутов нескольких курьеров.

Остановимся подробнее на каждом из них. Так для первого разработано построение развёртки. Она нужна для того, чтобы определить кратчайший путь одного курьера с наложенными на него ограниченными условиями достижимости с помощью обычного алгоритма Дейкстры.

Представляет собой многослойный вспомогательный граф. Каждый его слой имеет вид графа квадратной решётки. Пример показан на рис. 1. вершины в столбцах образуют наборы, соответствующие ресторанам и

клиентам с соответствующими номерами. На рисунке они обозначены P1, P2, P3 и K1, K2, K3 соответственно.

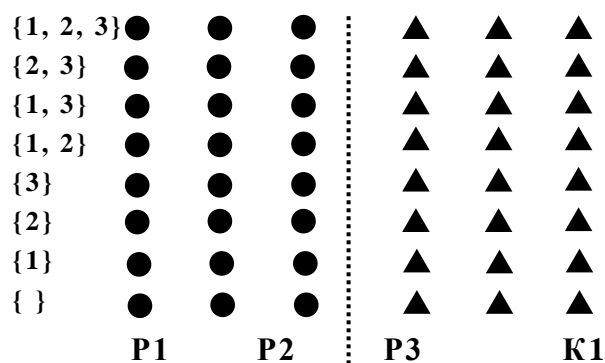


Рис. 1. Пример одного слоя развёртки

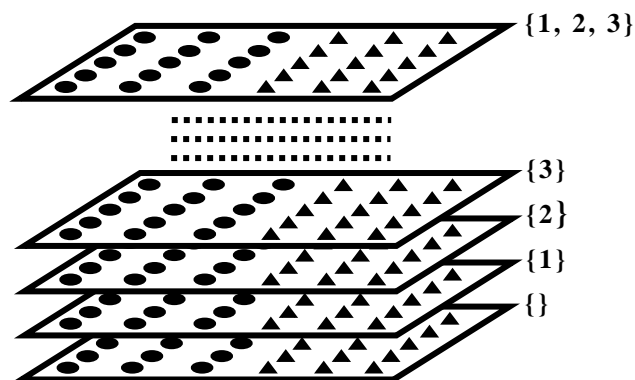


Рис. 2. Многослойная развёртка

В свою очередь, строки характеризуют содержимое рюкзака курьера на момент посещения определённого объекта на карте местности.

На рис. 2 показана многослойная развёртка. Характеристика, связанная с каждым слоем, даёт понять, каким клиентам на данном этапе пути курьера еда уже была вручена.

Таким образом, переход между вершинами одного слоя означает получение курьером еды в ресторане, а переход между слоями означает выдачу еды клиенту.

Из этих соображений каждой дуге исходного графа карты местности, идущей в ресторан, ставятся во соответствие дуги в одном слое, а к клиенту – в разных. В последнем случае начало лежит в слое, который расположен ниже слоя конца.

Для того чтобы построить соответствующие дуги вспомогательного графа, необходимо перебрать все его вершины. Рассмотрим дополнительные ограничивающие условия на построение таких дуг для случая 1.

1.1) Уровень характеристики конца дуги больше уровня характеристики начала. Это означает, что переход по рассматриваемой дуге соответствует получению курьером еды в ресторане;

1.2) Характеристика слоя начала и конца дуги не содержит ни одного элемента характеристик указанных смежных вершин. Данное условие фактически означает, что при выходе из начала дуги и после визита в очередной ресторан за новой едой в рюкзаке курьера отсутствует уже выданная клиенту еда;

1.3) Характеристика конца дуги содержит все элементы начала дуги. Фактически это означает то, что та еда, которая находилась у курьера при выходе из ресторана или от посещённого клиента, остаётся в рюкзаке после получения еды в следующем ресторане;

1.4) Характеристика конца дуги состоит из элементов, количество которых не превышает ёмкости рюкзака. То есть при выходе из очередного ресторана в рюкзаке у курьера находится количество порций, не превышающее вместимость его рюкзака;

1.5) Все элементы множества, равного характеристике конца дуги минус характеристика начала дуги содержится в множестве элементов еды для клиентов, которую может поставить ресторан. Это означает, что при посещении целевого ресторана курьер может забрать только ту еду, которую может дать указанный ресторан.

В дополнение к перечисленным выше ограничивающим условиям необходимо следующие:

– при переходе из ресторана в ресторан: номера столбцов текущего слоя развёртки не совпадают. То есть во вспомогательном графе отсутствуют дуги от вершины одного ресторана к вершинам этого же ресторана;

– при переходе от клиента в ресторан: пересечение характеристики слоя целевого ресторана с характеристикой уровня вершины клиента, от которого уходит курьер равна пустому множеству.

Результат построения дуг одного слоя развёртки с характеристикой $\{1\}$ от вершин столбца, соответствующего клиенту к вершинам столбца, соответствующего ресторану показан на рис. 3. Аналогичным образом строятся все дуги развёртки, соответствующие дугам графа карты местности, концом которых является ресторан.

Таким же способом определяются ограничивающие условия на дуги, которые соответствуют дугам исходного графа с концом в вершине типа клиент. Разница состоит в том, что начало и конец каждой из них лежит в разных слоях. Причём слой начала ниже слоя конца.

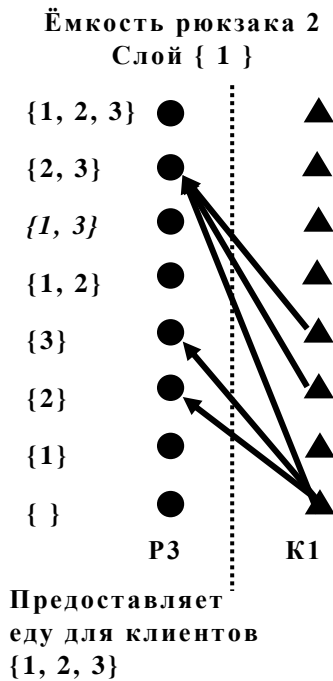


Рис. 3. Пример построения дуг

Заметим, что вершины каждого слоя развёртки с мощностью характеристики более объёма рюкзака можно не рассматривать в силу их изолированности.

Необходимо также учитывать то, что курьер может начинать и заканчивать путь в произвольных местах на карте города. Это означает, что на графе карты местности нужно добавить ещё две вершины: исток (начало пути) и сток (его конец). В связи с этим в развёртке необходимо добавить две вспомогательные вершины, соответствующие каждой из указанных. При этом исток развёртки соединяется с нужными вершинами нижнего слоя, а сток является концом дуг с началом в верхнем слое.

Отметим, что вес каждой построенной дуги развёртки определяется, как время перемещения между соответствующими объектами карты местности плюс время ожидания приготовления еды или её вручения.

Таким образом, задача поиска оптимального пути на графе карты местности сводится к поиску кратчайшего пути на развёртке из истока в сток. При этом каждый путь на исходном графе соответствует пути на развёртке по построению. В свою очередь, каждому допустимому пути на вспомогательном графе соответствует путь на графе карты местности. Доказательство последнего утверждения в точности повторяет доказательство теорем о соответствии путей развёртки путям на исходном графе в работе [2].

Для поиска пути курьера используется обычный алгоритм Дейкстры. При этом суммарная асимптотическая сложность алгоритма построения развёртки и алгоритма Дейкстры составляет $O(n^2)$. В то же время, работа алгоритма при больших количествах ресторанов и клиентов требует значительного объёма используемой оперативной памяти компьютера, что подтверждается теоретическими расчётами и реализованной на его основе программой. С помощью неё алгоритм был тщательно протестирован и подтверждена его работоспособность.

Следующим шагом стало распределение работы по доставке заказов между несколькими курьерами. При этом маршруты каждого из них должны иметь наиболее оптимальное время, определяемое суммой весов всех дуг пути.

В начале был рассмотрен случай, когда объём рюкзака каждого курьера был равен 1. Тогда для решения этой задачи можно построить вспомогательный полносвязный граф, вершины которого будут соответствовать клиентам и истокам, а веса дуг будут иметь минимальное значение из всех существующих. Для поиска оптимального пути в этом случае для каждого курьера строится диаграмма Хассе. В каждую диаграмму алгоритм пытается добавить клиента и рассчитывает общее изменение пути. Вершина добавляется в ту диаграмму, где оно минимально.

Литература

1. Ерусалимский Я.М. Дискретная математика: Теория, задачи, приложения: учеб. пособие / Я.М. Ерусалимский. – М.: Вузовская книга, 2009. – 288 с.
2. Графы с нестандартной достижимостью: задачи, приложения/ Я.М. Ерусалимский, В.А. Скороходов, М.В. Кузьминова, А.Г. Петросян, – Ростов н/Д.: Южный федеральный университет, 2009, – 195 с.

ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СОВМЕСТНОЙ УДАЛЕННОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ И ПРЕПОДАВАТЕЛЯ

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@sfedu.ru; egorovivan1@gmail.com,
siyegorova@gmail.com

Курс «Моделирование и проектирование в среде КОМПАС» включает элементы технического черчения, компьютерной графики и компьютерного трехмерного моделирования геометрических объектов. На занятиях студенты приобретают навыки работы с системой компьютерного трехмерного моделирования Компас-3D, выполняют практические работы, в которых необходимо провести компоновку рабочего чертежа в соответствии с исходными данными и построить трехмерную деталь.

В последнее время все более актуальной становится удаленная совместная работа преподавателя и студента над одним проектом. Времена обмена данными на физических носителях ушли в прошлое. Для реализации различных задач в системе трехмерного компьютерного моделирования используются облачные технологии, которые значительно расширяют возможности работы с большими объемами данных. Наиболее актуальным является подход с размещением рабочих файлов с совместным доступом в облачных хранилищах и контролем доступа к ним [1]. Сотрудники и студенты Южного федерального университета могут реализовать возможность совместной работы с файлами через облачный сервис Microsoft OneDrive. Предоставление доступа на чтение и изменение файлов осуществляется через стандартный интерфейс OneDrive. Контроль же за коллизиями при совместном редактировании файлов деталей и библиотек элементов берет на себя Компас-3D.

Для организации совместной работы преподавателя и студента с файлами и библиотеками стилей в Компас-3D на первом этапе задается уровень доступа (только чтение или возможность записи) и включается «Контроль за изменением файлов» (рис. 1). Данная опция не позволит двум пользователям одновременно вносить изменения в один файл. При попытке открытия файла вторым пользователем на редактирование, появится всплывающее окно с предупреждением (рис. 2). Опция «Открывать только для чтения» обычно используется для дальнейшего сохранения файла под другим именем, т.е. создания новой его версии. Две остальные опции – для отложенной работы именно с этим файлом. После закрытия файла первым

пользователем у второго, выбравшего опцию получения уведомления, появится всплывающее окно с сообщением о доступности файла для редактирования (рис. 3).

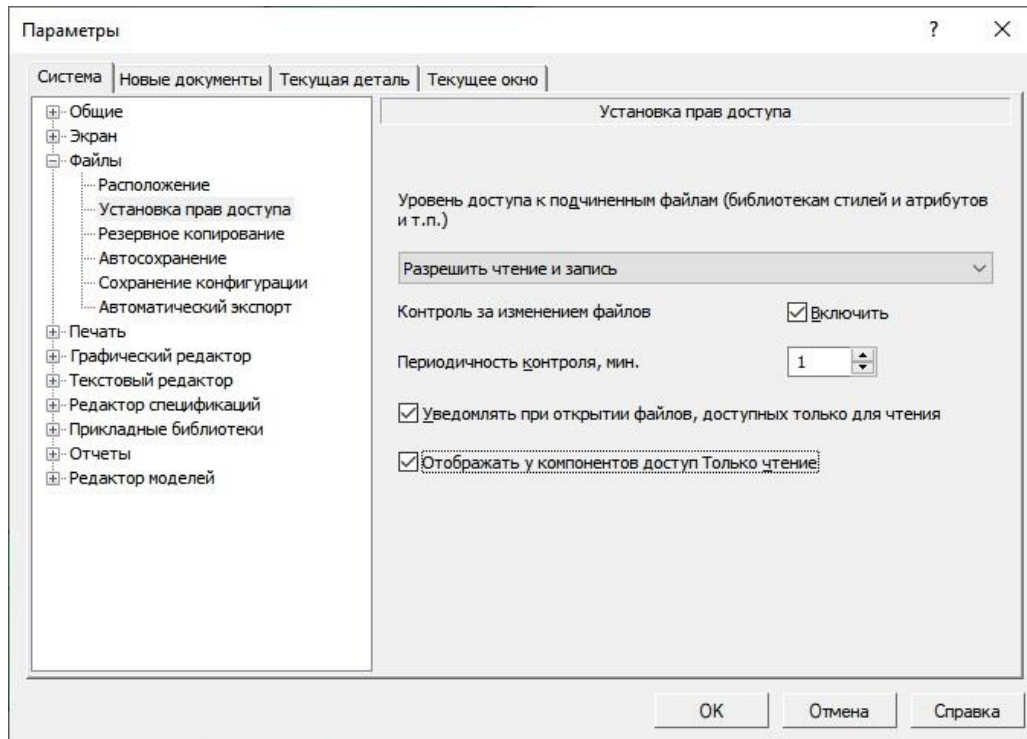


Рис. 1. Установка прав доступа к файлам для совместной работы

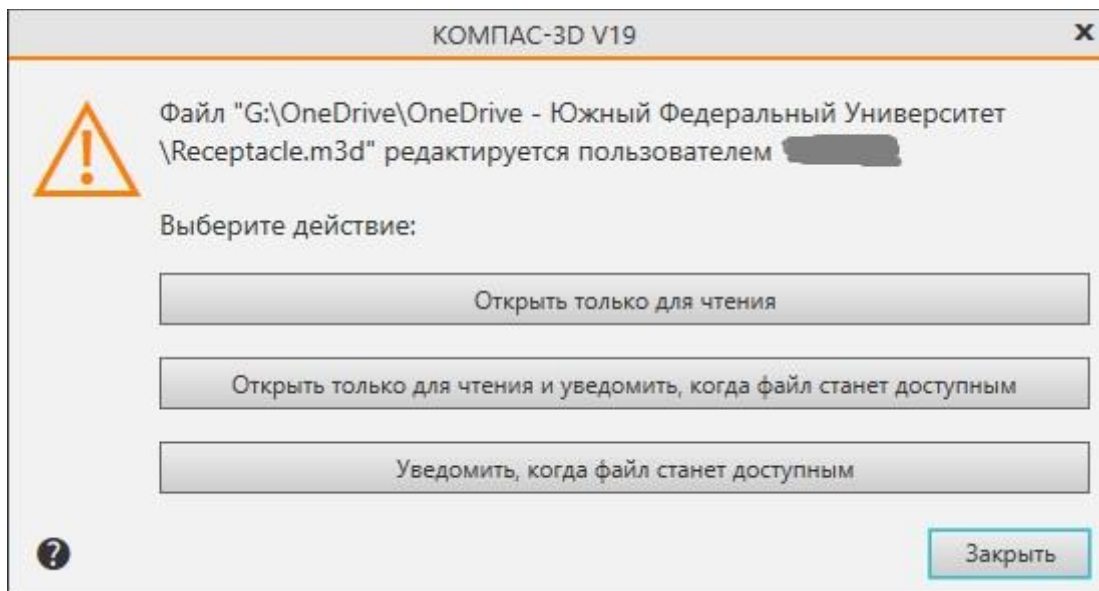


Рис. 2. Оповещение при попытке открыть файл, редактируемый другим пользователем

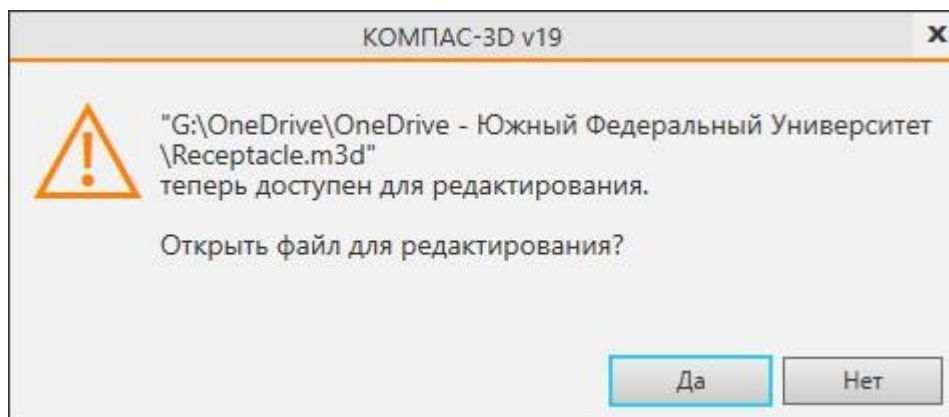


Рис. 3. Уведомление об окончании редактирования

Таким образом, на основе облачного файлового хранилища и настройки прав доступа можно удобно реализовать совместную работу преподавателя и студентов над практическими разработками. После представления студентами разработанных трехмерных моделей, проводится их обсуждение в группе студентов. Такая работа студентов с системой компьютерного трехмерного моделирования Компас-3D способствует созданию условий для развития их творческих способностей, дает возможность эффективно формировать необходимые общепрофессиональные компетенции выпускников, способствующими их социальной мобильности на рынке труда.

Литература

1. Руководство пользователя системы трехмерного проектирования Компас-3D https://kompas.ru/source/info_materials/2018/KOMPAS-3D-v17_Guide.pdf.

РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТОВ ГЕНЕРАЦИИ СТРУКТУР HINTED-EXECUTION BEHAVIOR TREES ДЛЯ UNITY

Задверняк Я.А.

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

E-mail: zadvernyak@sfedu.ru

Программирование поведения агентов в играх – трудоёмкий и сложный процесс. В современных системах поведение агентов основывается на данных об окружении, поступающих в режиме реального времени. Задача может приобретать высокую вычислительную сложность, поскольку возникает необходимость в постоянном отслеживании изменений и соответствующей модификации поведения [1]. В данной работе предлагается метод создания структур, которые позволят оптимизировать и упростить задачу вычисления поведения агентов в играх.

Для достижения цели предлагается использовать модуль, автоматически генерирующий деревья поведения с подсказками. Оптимальность этого дерева обеспечивается учётом метрик, задаваемых пользователем и представляющих цели, которые должен достигнуть агент. Таким образом для агентов осуществляется генерация дерева поведения, позволяющего достичь определенные цели в условиях неизвестного окружения. Для оптимизации деревьев поведения в случаях, когда изменение окружения предполагает сильные изменения поведения агента, используются деревья поведения с подсказками. Это позволяет избежать перестроения деревьев и ускорить вычисления. Благодаря тому, что для генерации требуются только знания об окружении и агенте и метрики целей, упрощается создание и модификация сложных систем.

Инструмент генерации структур реализован в виде модуля для платформы Unity с использованием языка программирования C#. На вход генератору подаётся список знаний об окружении и возможностях агента и список метрик целей. На выходе получается структура, представляющая собой оптимизированное дерево поведения с подсказками.

Знания о возможностях агента представляют собой обобщенные классы со статическим методом выполнения. Каждый такой класс соответствует одному поведенческому примитиву, который может выполнить агент. В результате генерации поданные на вход классы становятся листьями дерева поведения.

Список знаний об окружении определяется для каждого агента и представляет собой класс с полями, содержащими необходимые для поведения переменные окружения. Обобщенные классы знаний о поведении

типизируются соответствующим агенту классом знаний об окружении. Таким образом, для переиспользования примитивов поведения несколькими агентами достаточно, чтобы их классы знаний об окружении реализовывали общий интерфейс, который и будет использоваться в классе поведения (рис. 1).

На вход методу выполнения в классе поведения подается экземпляр класса знаний об окружении, определенный внутри скрипта объекта и изменяемый каждый раз, когда информация об окружении меняется.

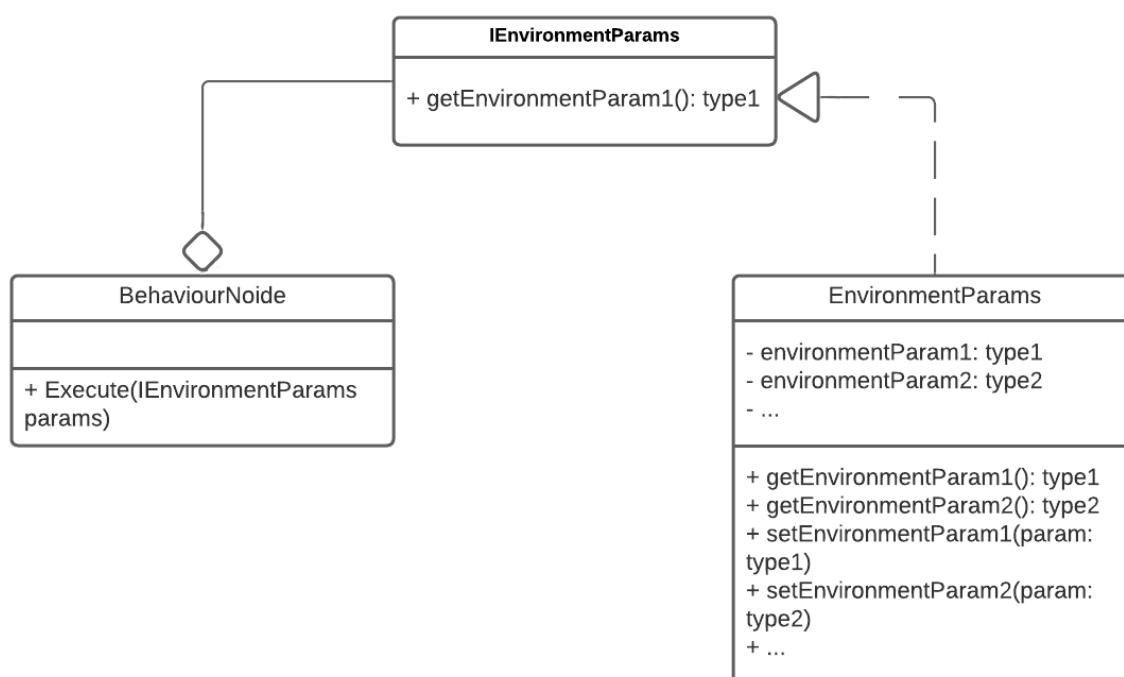


Рис. 1. Диаграмма классов знаний об окружении и поведенческих примитивов

Список метрик целей представляет собой список функций, принимающих на вход экземпляр класса знаний об окружении и возвращающий числовую метрику, которую надо максимизировать.

Результат работы генератора – экземпляр класса дерева поведения с единственным методом выполнения, который выполняет цикл прохода по дереву с последующим исполнением методов поведения.

Благодаря такой структуре разработчик имеет возможность переиспользовать ранее созданные элементы поведения для разных типов агентов и определять базовые поведенческие примитивы (такие как перемещение к определенной точке) единожды [2]. Каждый агент в таком случае использует определенное подмножество классов из общей библиотеки примити-

вов, которые и будут учитываться при генерации дерева поведения для данного объекта.

Также подобная система поведения может быть использована в разных проектах, если в них используются те же поведенческие примитивы и знания агентов об окружении. Сгенерированные деревья поведения не привязываются к определенному скрипту поведения и также могут быть использованы любым агентом, который использует те же поведенческие примитивы и знания об окружении которого реализуют необходимые интерфейсы.

Предложенный метод позволяет упростить процессы разработки поведения в играх, а также оптимизировать реализацию соответствующих структур. Автоматическая генерация может быть востребована в сложных и плохо масштабируемых системах. Поскольку генерируемое дерево поведения является оптимальным, упрощаются вычисления в случае изменения окружения агента. Дальнейшее развитие проекта предполагает улучшение алгоритмов генерации для возможности более тонкой настройки, а также перенос модуля на другие платформы.

Литература

1. Marcotte, R., Hamilton, H.J. Behavior Trees for Modelling Artificial Intelligence in Games: A Tutorial / *Comput Game J* № 6, с. 171–184
2. G. Florez-Puga, M. A. Gomez-Martin, P. P. Gomez-Martin, B. Diaz-Agudo and P. A. Gonzalez-Calero. Query-Enabled Behavior Trees / *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games* №4, с. 298–308

УРАВНЕНИЯ ДИФFUЗИИ-АДВЕКЦИИ-РЕАКЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ХИЩНИК-ЖЕРТВА ПРИ НЕОДНОРОДНОМ РЕСУРСЕ

Зеленчук П.А.¹, Ха Т.Д.^{1,2}, Цибулин В.Г.¹

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

² Вьетнамо-Венгерский индустриальный университет, г. Ханой
E-mail: zelenchukpavel@mail.ru

Моделирование систем типа хищник-жертва является важным для математической биологии и современной экологии [1]. Первые математические модели базировались на обыкновенных дифференциальных уравнениях, описывающих локальное взаимодействие – усреднённую реакцию конкурирующих видов друг на друга. Для учёта пространственного распределения видов далее стали применяться уравнения диффузии, появилась возможность моделировать миграционные процессы [2, 3]. Различные эффекты популяционного взаимодействия могут быть описаны при помощи уравнений диффузии-адвекции-реакции (ДАР) [4, 5].

В настоящее время актуальными являются вопросы, касающиеся пространственных аспектов популяционной динамики и неоднородности среды обитания [3, 4]. В условиях сильной диффузии и/или адвекции влияние неоднородности ареала мало и в большинстве задач не учитывается. В случае миграционных потоков малой интенсивности существенны эффекты локального взаимодействия [6]. В большинстве моделей неоднородность ресурса, как правило, используется только при описании роста жертвы и не входит в трофическую функцию (функциональный отклик хищника), см. работы [7–8].

В данной работе для описания пространственно-временного взаимодействия жертвы с плотностью $u(x, t)$ и хищника с плотностью $v(x, t)$ используются уравнения ДАР, рассматриваются различные варианты локального взаимодействия для трофической функции Холлинга II рода [9]

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -q_1' + u \left[a_1 f(u) - \frac{b_1 v}{1 + Cu} \right], \quad q_1 = -k_1 u' + u \varphi_1' \quad (1a)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -q_2' + v \left[-a_2 + \frac{b_2 u}{1 + Cu} \right], \quad q_2 = -k_2 v' + v \varphi_2' \quad (1b)$$

где $p(x)$ – ресурс жертвы, q_1, q_2 – миграционные потоки, штрих означает производную по x . Функции $f(u), \varphi_1$ и φ_2 характеризуют рост популяции жертвы и направленную миграцию жертвы и хищника соответственно:

$$f(u) = u \left(1 - \frac{u}{p}\right), \quad \varphi_1 = \alpha p - \beta_{11}u - \beta_{12}v, \varphi_2 = \beta_{21}u - \beta_{22}v \quad (2)$$

Число параметров в системе (1) можно уменьшить, проведя замену переменных t, v и вводя новые коэффициенты (предполагается независимость параметров a_1, b_1 от x)

$$a_1 t \rightarrow t, \quad \frac{b_1 v}{a_1} \rightarrow v, \quad \lambda = \frac{a_2}{a_1}, \quad B = \frac{b_2}{a_1}. \quad (3)$$

Коэффициент λ далее используется в качестве бифуркационного параметра, который характеризует отношение коэффициентов убыли хищника и роста жертвы. В результате получается система

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -q'_1 + u \left[f(u) - \frac{v}{1 + Cu} \right], \quad \frac{\partial v}{\partial t} = -q'_2 + v \left[-\lambda + \frac{Bu}{1 + Cu} \right] \quad (4)$$

Для численного решения задачи применяется метод прямых с дискретизацией на основе смещённых сеток [9]. Интегрирование по времени проводится методом Рунге-Кутты.

При отсутствии диффузии и таксиса для любых значений параметров система (4) имеет неустойчивое нулевое равновесие $u = v = 0$ и равновесие без хищника $u = p, v = 0$. Анализ характеристического уравнения показывает, что это равновесие устойчиво при $\lambda > \lambda_{cr} = Bp/(Cp + 1)$. При $\lambda < \lambda_{cr}$ возникает новое равновесие, отвечающее сосуществованию хищника и жертвы

$$u_* = \frac{\lambda}{B - \lambda}, \quad v_* = \frac{B\lambda(Bp - C\lambda p - \lambda)}{(B - C\lambda)^3 p} \quad (5)$$

С уменьшением λ это равновесие теряет устойчивость в результате бифуркации Пуанкаре-Андропова-Хопфа, соответствующее критическое значение будем обозначать λ_* . В таблице 1 приведены различные варианты зависимости этих параметров от функции ресурса $p(x)$, ($\eta, c = const$) а также соответствующие аналитические выражения для u_*, v_* и границ устойчивости λ_{cr} и λ_* .

Из рис. 1 видно, что для первых трёх вариантов таблицы 1, отчётливо наблюдаются «парадоксальные» распределения видов вдоль ареала, и только четвёртый вариант лишен этих недостатков. В отсутствие потоков равновесие (u_*, v_*) при $0 < \lambda < \lambda_*$ становится неустойчивым и возникает предельный цикл, который для первых трёх вариантов затрагивает лишь часть ареала, но исчезает при «включении» диффузии или таксиса, см., например, рис 2.

Таблица 1

	B	C	u_*	v_*	λ_*	λ_{cr}
I	η	c	$\frac{\lambda}{\eta - c\lambda}$	$\frac{\lambda\eta(\eta p - cp\lambda - \lambda)}{p(\eta - c\lambda)^3}$	$\frac{(-1 + \sqrt{c^2 p^2 + cp + 1})\eta}{c(cp + 1)}$	$\frac{\eta p}{cp + 1}$
II	η	$\frac{c}{p}$	$\frac{p\lambda}{p\eta - c\lambda}$	$\frac{\lambda p^2 \eta (\eta p - c\lambda - \lambda)}{(p\eta - c\lambda)^3}$	$\frac{p\eta(-1 + \sqrt{c^2 + c + 1})}{c(cp + 1)}$	$\frac{\eta p}{c + 1}$
III	$\frac{\eta}{p}$	c	$\frac{p\lambda}{\eta - cp\lambda}$	$\frac{p\lambda\eta(\eta - cp\lambda - \lambda)}{(\eta - pc\lambda)^3}$	$\frac{(-1 + \sqrt{c^2 p^2 + cp + 1})\eta}{cp(cp + 1)}$	$\frac{\eta}{cp + 1}$
IV	$\frac{\eta}{p}$	$\frac{c}{p}$	$\frac{p\lambda}{\eta - c\lambda}$	$\frac{\lambda p\eta(\eta - c\lambda - \lambda)}{(\eta - c\lambda)^3}$	$\frac{\eta(-1 + \sqrt{c^2 + c + 1})}{c(c + 1)}$	$\frac{\eta}{c + 1}$

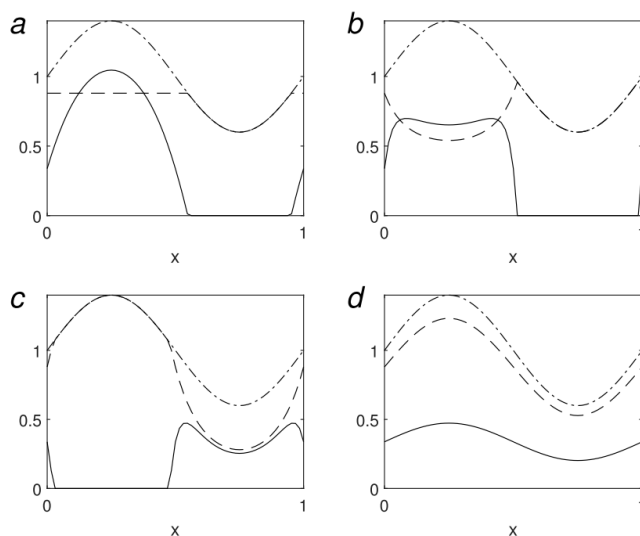


Рис. 1. Стационарные распределения хищника $v(x)$ (сплошная) и
 вы $u(x)$ (штриховая): (a) – вариант I, (b) – II, (c) – III, (d) – IV; при $\lambda =$
 $1.1, \eta = 4, c = 2.5$, функция ресурса $p(x) = 1 + 2/5 \sin 2\pi x$
 (штрих-пунктир)

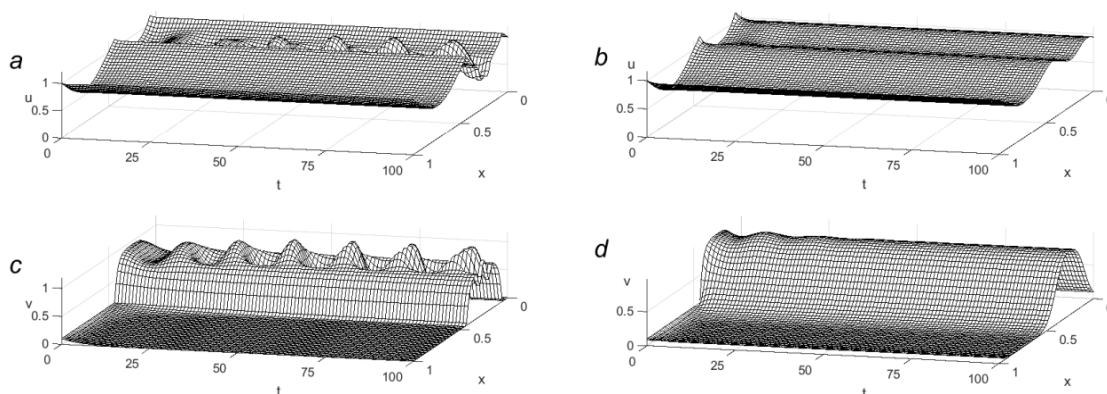


Рис. 2. Пространственно-временные распределения жертвы (a, b) и
 хищника (c, d) для варианта II при бездиффузионном (a, c) приближении и
 при малой (b, d) диффузии $k_1 = 0.001, k_2 = k_1/2, \lambda = 1.32, \eta = 4, c = 2.5$

На рис. 3 приведено сравнение пространственно-временного поведения двух различных моделей (варианты II и IV) при «средних» потоках. Видно, что для обоих вариантов при одинаковых начальных условиях формируются колебательные режимы, но периоды и распределения по x заметно разнятся.

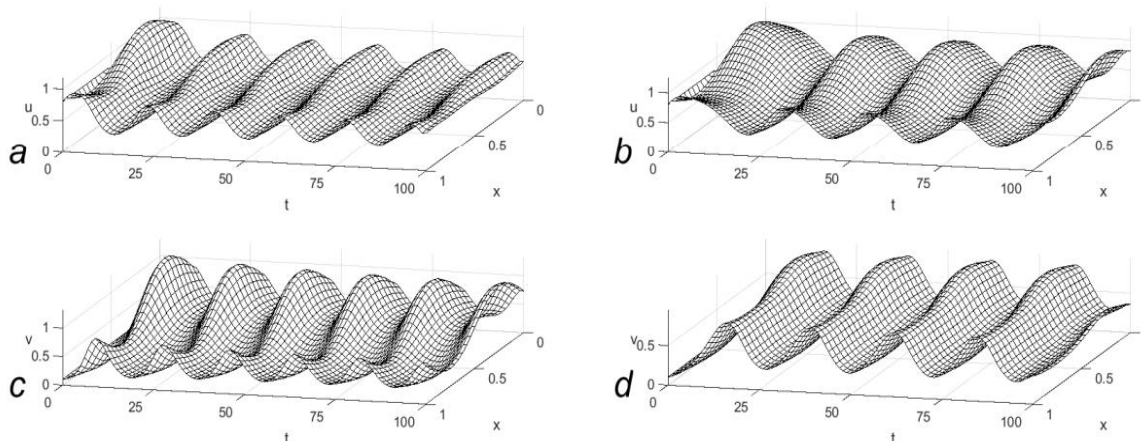


Рис. 3. Пространственно-временные распределения жертвы (a, b) и хищника (c, d) для вариантов II (a, c) и IV (b, d);

$$k_1 = 0.02, k_2 = \alpha = \beta_{12} = \beta_{21} = k_1/2; \lambda = 0.95, \eta = 4, \\ c = 2.5, p(x) = 1 + 2/5 \sin 2\pi x.$$

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

Литература

1. Мюррей Дж. Математическая биология. Том 1, М. – Ижевск: Институт компьютерных исследований; Регулярная и хаотическая динамика, 2011. – 1104 с.
2. Базыкин А.Д. Нелинейная динамика взаимодействующих популяций. – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 368 с.
3. Rubin A., Riznichenko G. Mathematical biophysics. – Springer, 2014.
4. Cosner C., Cantrell R. Spatial Ecology Via Reaction-Diffusion Equations. – John Wiley and Sons Ltd, Chichester. – 2003.
5. Malchow H., Petrovskii S.V., Venturino E. Spatiotemporal Patterns in Ecology and Epidemiology: Theory, Models, and Simulation. – Chapman and Hall/CRC, 2008.
6. Kim K., Choi W. Local dynamics and coexistence of predator-prey model with directional dispersal of predator // Mathematical Biosciences and Engineering. – 2020. – Vol. 17. – P. 6737–6755.
7. Свирежев Ю.М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии. – М.: Наука, 1987. – 368 с.

8. Тютюнов Ю.В., Титова Л.И. От Лотки-Вольтерра к Ардити-Гинзбургу: 90 лет эволюции трофических функций // Журнал общей биологии. – 2018. – Т. 79, № 6. – С. 428–448.
9. Holling C.S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism // Can. Entomologist. – 1959. – Vol. 91. – P. 385–398.
10. Будянский А.В., Цибулин В.Г. Моделирование многофакторного таксиса в системе хищник-жертва // Биофизика. – 2019. – Т. 64, – С. 343–349.

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

Иванов И.Г.

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

E-mail: igivanov@sfedu.ru

Традиционный способ увеличения набора длин волн излучения ионных газовых лазеров на парах металлов заключается в применении паров двух рабочих металлов с одним буферным газом, что, однако, вызывает существенное усложнение как конструкции лазера, так и управления им. При этом, если для лазера используется наиболее эффективный способ накачки активной среды – перезарядка иона буферного газа на атомах металла в плазме разряда с полым катодом (РПК), то накачка происходит одновременно для обоих металлов, что, снижает парциальную скорость перезарядки для каждого из них [1].

В работе [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 семи лазерных линиях в двух группах квантовых переходов: в сине-зеленой и красной областях спектра. Оптимизация режима накачки этого лазера осуществлялась в работе [2] методами компьютерного моделирования.

Другой эффективной и важной для практики лазерной активной средой может явиться смесь паров серебра с гелием и неоном, с одновременной накачкой в РПК ионных лазерных переходов серебра с длиной волны $\lambda = 224,3\text{ нм}$ – в УФ части спектра и с $\lambda = 800,5$ и $840,4\text{ нм}$ в ИК части спектра (накачка перезарядкой между He^+ и Ag), а также переходов с $\lambda = 408,6\text{ нм}$, $478,8$ и $502,7\text{ нм}$ в синей и зелёной частях спектра (перезарядка Ne^+ - Ag). Лазер с таким набором линий генерации может быть полезен в ряде применений, таких как метрология, медико-биологические исследования.

Цель данной работы состояла в поиске методами компьютерного моделирования оптимальных условий работы He-Ne-Ag лазера. Это позволило так же, как и в работе [2], найти оптимальные величины давлений неона, гелия, паров серебра, плотности разрядного тока, понять как влияет перезарядка атомов серебра с одним из газов – на оптимальное давление другого, а также прогнозировать выходные параметры ионного лазера на квантовых переходах Ag^+ , накачиваемых в плазме РПК в смеси с бинарным буферным газом.

Компьютерные расчеты приведенной населенности $N_i(\text{Ag}^+)/g_i F$ для 16-ти ионных лазерных уровней Ag^+ (где F – скорость накачки перезарядкой, g_i – статистические веса уровней): $5d^1S_0$, $6p^3D_{1,2,3}$, $6p^3F_{2,3,4}$, $6s^3D_{1,2,3}$, $5p^1P_0$ (перезарядка Ne^+-Ag), $5s^2^1D_2$, $5s^2^1G_4$, $5p^1P_0$, $5p^1D_2$ и $5p^1F_3$ (перезарядка Ne^+-Ag), а также – для 13-ти других уровней, связанных с лазерными уровнями радиационными и столкновительными переходами: $6s^3D_{1,2,3}$, $5d^3D_{1,2,3}$, $5p^3P_{0,1,2}$, $5p^3F_{2,3,4}$ и $5s^1S_0$, выполнялись путем составления и последующего решения системы кинетических балансных уравнений для каждого из уровней. Полученная система алгебраических неоднородных уравнений решалась с использованием программного пакета компьютерной алгебры *Maple*, использовались также приложение *MSExcels* и пакет программ *Origin*. В расчетах применялись описанные в работе [2] методики расчетов параметров процесса перезарядки при столкновениях атомов серебра с ионами Ne^+ и ионами He^+ , констант для спонтанных и столкновительных (Ag^{+*} с плазменными медленными электронами РПК) переходов между квантовыми состояниями Ag^+ .

Компьютерное моделирование позволило, в частности, прийти к следующим выводам. Поскольку энергия $E(\text{He}^+)$ превышает $E(\text{Ne}^+)$ на ~ 3 эВ, то перезарядка Ne^+-Ag на $5s^2$ -уровни Ag^+ практически не влияет на заселение $6p$ и $5d$ уровней Ag^+ перезарядкой с He^+ ($\lambda=224,3$ нм УФ и $800,5$; $840,4$ нм ИК). В то же время перезарядка He^+-Ag на $6p$ и $5d$ уровни Ag^+ посредством каскадных радиационных и столкновительных переходов, увеличивает скорость накачки и величину инверсии на переходах $5s^2-5p$ ($\lambda=408,6$ нм, $478,8$ и $502,7$ нм) в сине-зеленой части спектра, непосредственно заселяемых в столкновениях Ne^+-Ag .

Очевидно, что изменять соотношение мощности генерации Ag^+ лазера на различных лазерных переходах с накачкой в смеси с He и Ne можно путем изменений 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. Ryazanov A.V., Ivanov I.G., Privalov V.E. About Creation of Population Inversion in Mixture of Inert Noble Gas and Metal Vapor // *Optical Memory and Neural Networks*. – 2014. – Vol. 23, N3. – P.177–184.
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 н/Д; Таганрог: Изд-во ЮФУ, – 2019. – С.134–135.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ НЕПРЕРЫВНОГО АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА СОСТОЯНИЯ МИРОВОГО ОКЕАНА

Иванчик А.М.

ФГБУН «Морской гидрофизический институт РАН»,

г. Севастополь

E-mail: antonishka@gmail.com

В ФГБУН ФИЦ «Морской гидрофизический институт РАН» много лет работают автоматическая система диагноза и прогноза состояния Черного моря [1]. Автоматизация работы систем велась в среде собственного программного обеспечения CalcMan [2].

В рамках проекта РНФ «Новые методы и суперкомпьютерные технологии анализа и прогноза Мирового океана и Арктического бассейна» №17-77-30001, в лаборатории, созданной в ФГБУН ФИЦ МГИ, разрабатывается прототип эксплуатационной версии геоинформационной системы непрерывного анализа и прогноза полей Мирового океана [3].

Основой таких систем являются численные вихререзающие модели динамики общей циркуляции водных масс. Они включают в себя ассимиляцию оперативных наблюдений. Разработанная система подготовки данных предназначена для оперативных автоматических сбора и обработки данных для ассимиляции в модели.

Ранее была представлена тестовая версия системы подготовки данных по спутниковым и контактными измерениями температуры морской поверхности, солёности воды, льду, уровню моря, в Мировом океане и Арктическом бассейне, а также данных атмосферного форсинга [4]. С того времени она доработана, прошла отладку и введена в эксплуатацию.

Система подготовки данных работает в автоматическом режиме по расписанию, учитывающему время поступления данных и время, к которому данные должны быть подготовлены для ассимиляции в модели. Она выполняет скачивание входных данных через сеть интернет, их предварительную обработку и приведение форматов к внутренним форматам системы. Структурная схема системы сбора данных приведена на рис. 1.

Глобальные доработки системы связаны с вводом в оперативную работу загрузки и обработки данных атмосферного форсинга, а также связью с работой прогностических моделей. В связи с этим работа системы стала синхронизироваться не только по времени, но и по флагам готовности данных атмосферного форсинга и расчета прогностической моделью.

Структура и схема взаимодействия между компонентами системы подготовки данных приведена на рис. 2.

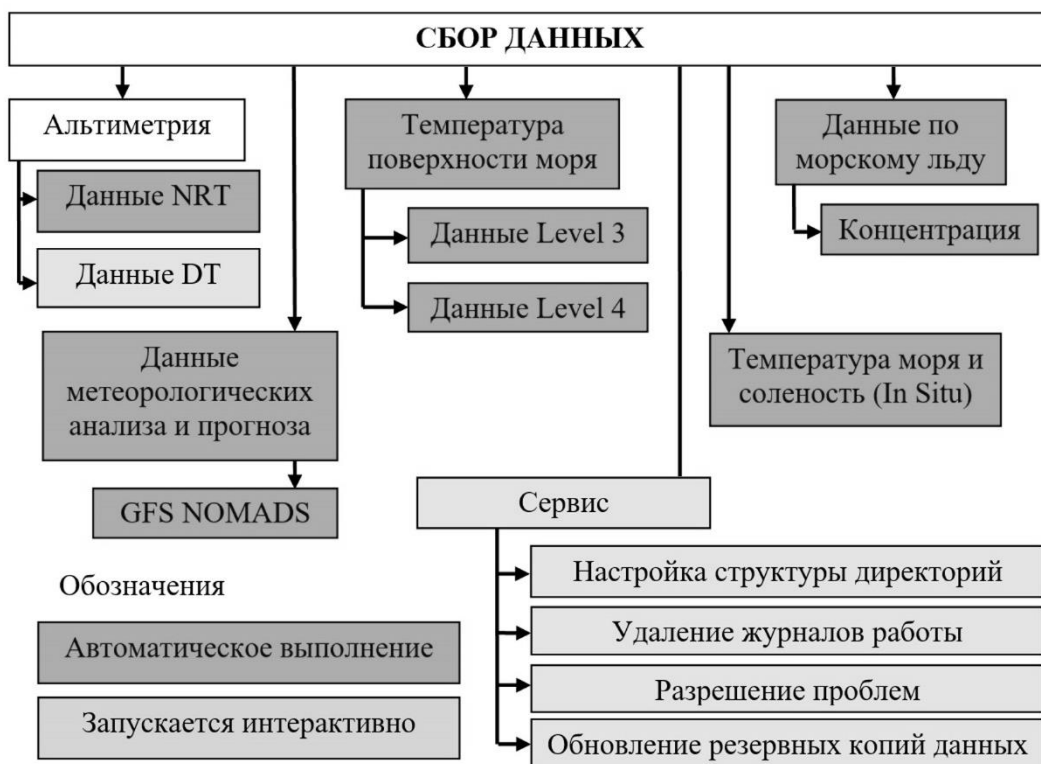


Рис. 1. Структурная схема системы сбора данных

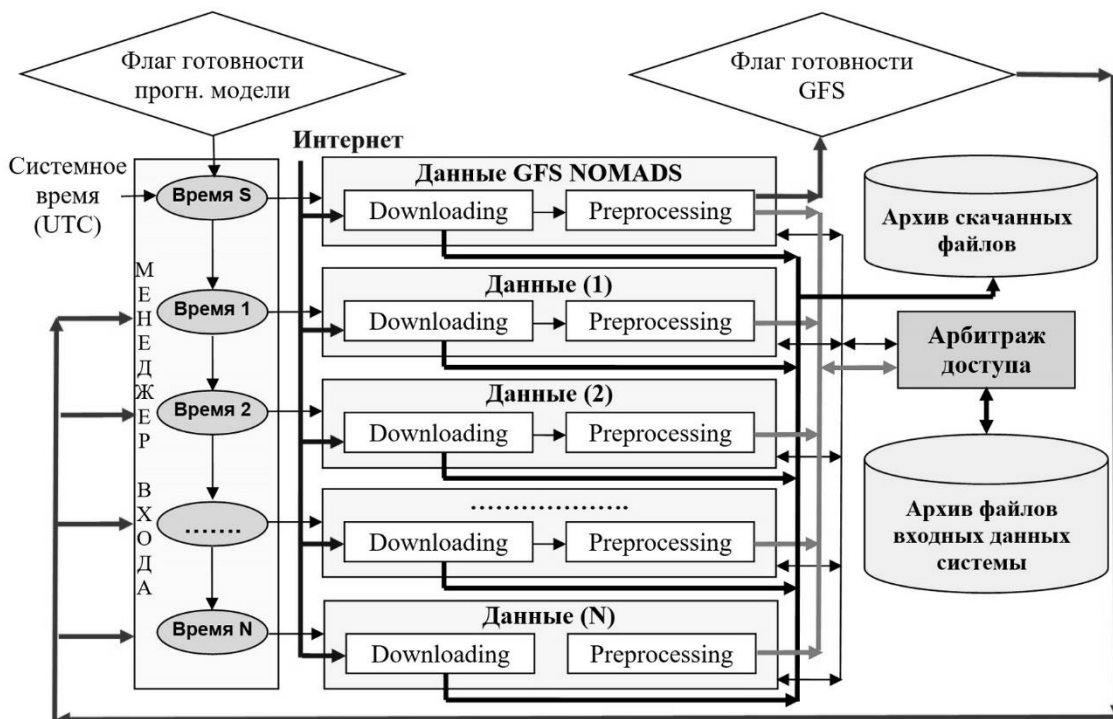


Рис. 2. Взаимодействие компонентов системы подготовки данных

Главная программа-менеджер системы сбора данных InputManager.ts6 выполняется в бесконечном цикле, ежедневно по расписанию запускает автоматически программы-исполнители, работающие с различными видами данных. При этом проверяет наличие файла-флага, подтверждающего завершение предыдущего цикла прогноза. Если цикл прогноза не завершен и данные не сохранены, система подготовки переводится в состояние ожидания.

Вид системы подготовки данных в главном окне программы CMStudio пакета программ CalcMan представлен на рис. 3.

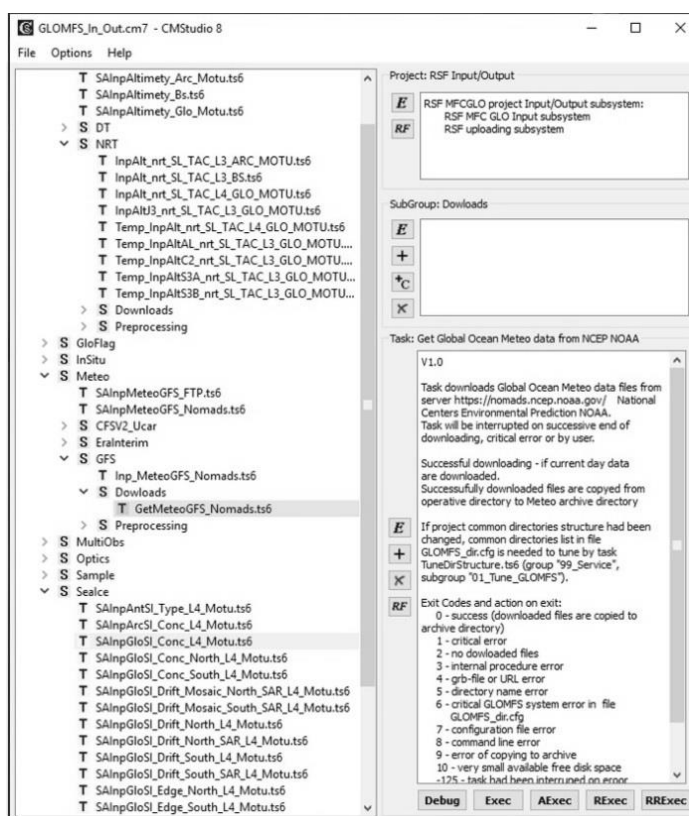


Рис. 3. Вид системы сбора данных для региона «Мировой океан» в главном окне программы CMStudio пакета программ CalcMan

Программы-исполнители копируют данные с Интернет-ресурсов поставщиков данных (проводится с FTP и MOTU серверов с использованием предусмотренного в пакете CalcMan программного обеспечения). При этом обязательным является условие, что данные атмосферного форсинга закачаны и обработаны. Без их наличия ассимиляция других данных осуществляться не будет. Проверка также осуществляется по наличию соответствующего файла-флага.

Полученные первичные и обработанные данные сохраняются в файловых архивах, доступных по локальной сети. Система автоматически сле-

дит за целостностью загруженных входных данных. Запускает соответствующие программы обработки исходных данных, позволяющих преобразовать их во внутренний формат системы.

Процедуры скачивания и обработки для разных источников могут работать одновременно. Для предотвращения конфликтов при многократном запуске процедур скачивания и обработки данных из одного источника используется система файлов-флагов. Она же используется для подачи сигналов прогностической модели о готовности входных данных.

Еще одна большая доработка системы подготовки данных – сбор и подготовка данных для регионов «Мировой океан», «Арктика», «Черное море» работают в едином цикле и в тесной взаимосвязи между собой.

В систему подготовки данных вводятся новые источники. Это не требует глобальной переработки системы, что является большим преимуществом использования собственного программного обеспечения.

В системе используются программы для обработки данных, разработанные на разных языках программирования. Коды их завершения используются системой подготовки данных для принятия решений о дальнейших действиях.

Система в полностью автоматическом режиме работает около года. Архивы данных сформированы и ежедневно автоматически пополняются. За прошедшее время система показала свою эффективность и стабильность.

Работы выполнены в рамках проекта «Новые методы и суперкомпьютерные технологии анализа и прогноза Мирового океана и Арктического бассейна» за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-77-30001).

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. Иванчик А.М., Иванчик М.В. Компьютерная программа «CalcMan – комплекс программ для управления процессом вычислений». Свидетельство о регистрации авторского права МГИ НАН Украины на компьютерную программу №46521, дата регистрации 27.11.2012.
3. Коротаев Г.К., Холод А.Л., Мизюк А.И., Ратнер Ю.Б. Прототип отечественной системы непрерывного анализа и прогноза полей Мирового океана, Арктического и Азово-Черноморского бассейнов // Межотраслевой корпоративный научно-технический журнал «Морские информационно-управляющие системы». – 2020. – №. 1 (17). – С. 40–47.

4. Иванчик А.М. . Организация сбора данных в системе непрерывного анализа и прогноза состояния Мирового океана // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития: материалы XXV научной конференции. Ростов н/Д; Таганрог. Изд-во Южного федерального университета, – 2018. – С. 77–80.

РАЗРАБОТКА КАРТОГРАФИЧЕСКОГО СЕРВИСА ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Исаев А.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Таганрог

E-mail: shura.isaev.99@mail.ru

1. Введение

В 2020 году государство ввело ряд мер, которые должны помочь малому и среднему бизнесу в сложных обстоятельствах. Сейчас действует федеральная и региональная поддержка. Программы господдержки малого и среднего бизнеса направлены прежде всего на отрасли, приоритетные для государства. В первую очередь помощь предоставляется с финансированием дела, которое будет полезным для вашего региона, области или даже конкретного города: например, открытие аптеки, развитие растениеводства или туризма.

Разработанное приложение помогает бизнесмену оптимально разместить на карте города объект социальной инфраструктуры, проводя при этом конкурентный анализ и анализ населения.

Молодым семьям бывает непросто вставать на ноги. Далеко не каждая пара имеет собственное жильё и средства, чтобы обеспечить себя и будущих детей. Чтобы оказать содействие молодёжи, государство предоставляет поддержку в виде социальных выплат. При этом наблюдается тенденция к нехватке мест в детских садах. В ближайшее время планируется полностью закрыть дефицит мест в детских садах и яслях, осуществить это собираются за счёт строительства новых учреждений. Разработанный картографический сервис помогает проанализировать количество детей в городе и расположение детских садов, чтобы оптимально открыть новый частый детский сад.

Также приложение помогает выгодно размещать предприятия бытового обслуживания: парикмахерские, мастерские, химчистки-прачечные, ателье, ломбарды, которые принадлежат индивидуальным предпринимателям.

Из-за эпидемии все больше компаний отказываются от офисной работы и начинают работать дистанционно, из-за чего люди стали меньше двигаться и потребность в открытии новых спортивных клубов становится еще более актуальной.

Для решения вышеописанных проблем, связанных с оптимальным размещением бизнеса на карте, разработан данный картографический сервис. Представляемая версия приложения работает с аптеками, но может

быть адаптирована к анализу размещения различных объектов инфраструктуры – разным направлениям бизнеса.

2. Разработка картографического сервиса

Для решения задачи оптимального размещения объектов социальной инфраструктуры на карте был разработан картографический сервис, с помощью которого пользователь может отображать на карте аптеки, а также при визуализации карты изменять стили отображения объектов в зависимости от значений нескольких связанных с объектами атрибутов. Приложение позволяет проводить конкурентный анализ, а также анализ населения районов города.

В представляемую версию приложения включены данные по городу Таганрогу об аптеках и населении. Приложение позволяет загрузить собственные данные.

Пользователю предоставляется набор инструментов, обеспечивающих возможность отображения карты, выводимой информации об объекте инфраструктуры, языка подписей на карте, значков объектов.

Приложение помогает найти оптимальное место на карте для открытия бизнеса с учётом выбранных критериев и в пределах достоверности исходных данных. В качестве примера объектов для оптимального размещения были выбраны аптеки. Приложение использует актуальные на текущий момент данные об аптеках, данные о жителях взяты с официального сайта избирательной комиссии города Таганрога [1].

Принцип работы приложения.

1. На первом этапе происходит загрузка данных. Пользователь может загрузить свой файл с данными об аптеках и населении или воспользоваться данными, поставляемыми с приложением.
2. На втором этапе происходит визуализация данных. Пользователь может воспользоваться встроенными инструментами отображения или настроить свой стиль визуализации для просмотра расположения всех аптек, количества жителей и отдельно пенсионеров в кварталах.
3. Третий (основной) этап – анализ вариантов размещения. Пользователь размещает на карте маркеры, на месте которых он считает будет оптимально разместить новую аптеку, а также задает радиус буферной зоны для подсчета в заданной области количества других аптек, жителей и пенсионеров.
4. На четвертом этапе происходит поиск оптимального размещения объекта. Пользователь задает приоритеты критериев, и приложение начинает анализировать данные, в итоге оставляя на карте только

оптимальное с точки зрения выбранных критериев место для открытия аптеки.

3. Расчёт оптимального расположения

Задача поиска оптимального расположения объекта на карте с учетом некоторых критериев относится к задачам многокритериальной оптимизации. В рассматриваемом случае в качестве таких критериев выбраны: количество аптек, жителей и пенсионеров, попавших в буферную зону (окружность), указанного радиуса. Критерий аптек минимизируется для избегания конкуренции, критерии жителей и пенсионеров максимизируются, чтобы охватить большее количество людей. За редким исключением при свертке критериев направление оптимизации всех частных критериев одинаково. В данном случае два критерия максимизируются и один минимизируется. Следует иметь в виду, что глобальный критерий максимизируется. Соответственно, и частные критерии должны иметь это же направление оптимизации. В данном случае необходимо критерий аптек максимизировать.

Первым делом для поиска оптимального размещения необходимо выполнить нормирование частных критериев, осуществив их приведение к относительным единицам – к интервалу $[0,1]$. Нормализация критериев выполняется по формуле:

$$f_i^{norm}(X) = \frac{f_i(X) - f_i^{min}}{f_i^{max} - f_i^{min}} \quad (1)$$

Для поиска лучшей альтернативы необходимо воспользоваться свёртками. При свертке каждому частному критерию обязательно назначается приоритет, который называется весом. Веса критериев задаются пользователем и при использовании свёрток считаются известными заранее [2]. При задании весов должно выполняться условие нормировки весов:

$$0 \leq w_j \leq 1, \sum_{j=1}^m w_j = 1 \quad (2)$$

После нормирования свёртки начинают поиск лучшей альтернативы – маркеров, размещенных пользователем на карте. В приложении используются три свёртки – линейная, мультипликативная, максиминная.

Линейная свёртка – простейшая и наиболее используемая функция свёртки:

$$F(X) = \sum_{j=1}^m w_j f_j(X) \rightarrow \max \quad (3)$$

Мультипликативный критерий приводит к тому, что общее качество решения равно нулю, если хотя бы один частный критерий равен нулю. Достоинство свёртки в том, что частные критерии не требуют нормировки:

$$F(X) = \prod_{j=1}^m w_j f_j(X) \rightarrow \max \quad (4)$$

Максимин – оптимальное решение обеспечивает получение наибольшей эффективности в худших условиях:

$$F(X) = \min_{j=\overline{1,m}} \max_{X \in D} f_j(X) \rightarrow \max \quad (5)$$

После определения и визуализации оптимальной альтернативы пользователь может продолжить сеанс размещения маркеров на карте и повторном поиске оптимальной точки.

4. Заключение

При определении оптимального места для будущей точки продаж удобно использовать географические информационные системы. Такие информационные системы широко распространены за рубежом и уже стали доступны Москве. ГИС сочетают географические карты, представленные в цифровом виде, и основные данные по территориям, что позволяет наглядно представить такие характеристики торговой зоны аптеки, как данные о населении, характер покупок потребителей, списки мест расположения нынешних и предполагаемых точек торговли, включая аптеки [3].

Таким образом, программное обеспечение ГИС позволяет розничным торговцам быстро оценивать преимущества и недостатки различных вариантов расположения аптеки и просматривать полученные данные. В России на данный момент уже используются такие приложения, но в более крупных городах.

Литература

1. Территориальная избирательная комиссия города Таганрога – URL: <https://taganrog.ikro.ru/electoral-boundaries/> (доступ свободный).
2. Родзин, С.И. Теория принятия решений: Конспект лекций. – URL: <https://docplayer.ru/77707193-Teoriya-prinyatiya-resheniy.html> (доступ свободный).
3. Лопаткина А.Е. Размещение объектов социальной инфраструктуры: зарубежный опыт и возможности для Российской практики. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razmeschenie-obektov-sotsialnoy-infrastruktury-zarubezhnyy-opyt-i-vozmozhnosti-dlya-rossiyskoy-praktiki> (доступ свободный).

A PHASE FIELD FRACTURE MODEL FOR QUASI-BRITTLE MATERIAL

Karthik S.¹, Nasedkin A.², Nasedkina A.², Rajagopal A.¹

¹*Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology, Hyderabad, India*

²*Institute of Mathematics, Mechanics & Computer Science, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

E-mail: ce17resch01005@iith.ac.in, avnasedkin@math.sfedu.ru, aanasedkina@sfedu.ru, rajagopal@ce.iith.ac.in

A phase field fracture model for quasi-brittle material in 2D is implemented in Abaqus software. The phase field damage variable of 0 and 1 defines the undamaged and damaged regions of the material respectively thus making it easy to track the crack surface [1]. But it requires a fine spatial discretization for the smooth distribution of the phase field variable regularized by a small length scale parameter making it an expensive approach computationally [2]. At the fully damaged region both the stiffness and stress reaches zero. A staggered approach is adopted to solve the two variables - displacement and damage [3]. Few standard benchmark fracture problems are solved to demonstrate the working of this phase field fracture model. The results of test computational experiments demonstrating the effectiveness of the proposed modeling methodology are presented.

1. Introduction

Fracture in engineering materials and structures is one of the most common mode of failure. Hence while designing a structure, it is essential to check for this fracture and prevent the progress of cracks in the material. So it is important to understand the failure behaviour of various materials. As the experimental tests can be expensive and sometimes impossible to do, numerical models have gained a lot of interest in recent years. To predict this fracture failure in materials, many different numerical methods and approaches have been studied. Griffith first proposed a theory for brittle fracture where the propagation of crack was determined based on the energy requirement to create new crack surfaces. But this theory did not predict the crack nucleation and other phenomenon such as crack kinking and branching. In recent time the focus is on the development of non classical theories which makes use of a length scale parameter to regularize the solution and has a built-in criteria for onset of fracture resulting in mesh independent results for crack propagation. Hence there is an increased interest and popularity for approaches such as the phase field models and Peridynamic models.

2. Crack phase field regularization

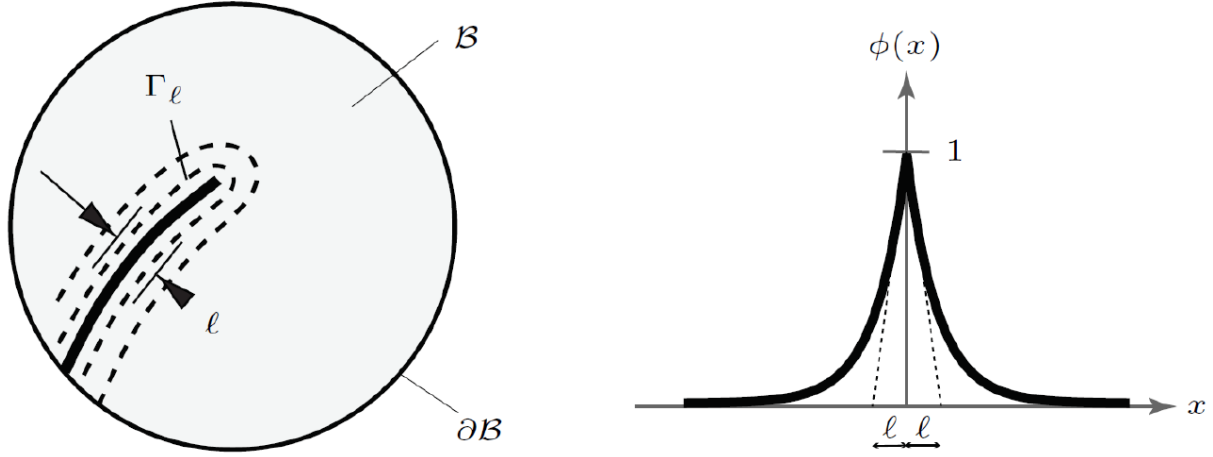


Fig. 1. Crack phase field representation

The free discontinuity problem is implemented by introducing a phase field $\Phi(x, t)$ for the description of a sharp crack Γ in a solid continuum \mathcal{B} . Its value at any material point varies between 0 and 1 ($\Phi = 0$ and $\Phi = 1$ representing undamaged and fully damaged phases, respectively). The phase field $\Phi(x, t)$ captures the onset and development of micro-voids and micro-cracks in a macroscopically homogeneous body.

3. Governing Differential Equations

Minimizing the total energy functional results in the coupled evolution equations for the displacement field \mathbf{u} and the phase field Φ written as follows

$$\nabla \cdot \left\{ [(1 - 10\phi^3 + 15\phi^4 - 6\phi^5) + k] \partial_\epsilon \psi_0^+ + \partial_\epsilon \psi_0^- \right\} + \mathbf{b} = 0$$

$$\left(\frac{G_c}{\ell} (4\phi^2 - 6\phi + 2) + (60\phi^2 - 30\phi^3 - 30\phi) \psi_0^+ \right) \phi - G_c \ell \nabla^2 \phi = 0$$

4. Finite Element Residual and Stiffness Matrix

These equations have to be solved for increments of \mathbf{u} and Φ using Newton-Raphson method

$$\begin{bmatrix} \mathbf{K}_{IJ}^{uu} & 0 \\ 0 & \mathbf{K}_{IJ}^{\phi\phi} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta u_J \\ \Delta \phi_J \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \mathbf{R}_I^u \\ \mathbf{R}_I^\phi \end{bmatrix}$$

where

$$\mathbf{R}_I^u = \mathbf{A} \int_{\mathcal{B}_0^e}^{n_{el}} \left\{ [(1 - 10\phi^3 + 15\phi^4 - 6\phi^5) + k] \mathbf{B}^T \mathbf{C} \mathbf{B} \mathbf{u} + N b \right\} dV$$

$$\mathbf{R}_I^\phi = \mathbf{A} \int_{\mathcal{B}_0^e}^{n_{el}} \left\{ \left(\frac{G_c}{\ell} (4\phi^2 - 6\phi + 2) + (60\phi^2 - 30\phi^3 - 30\phi) H \right) N^T N \phi + G_c \ell \mathbf{B}^T \mathbf{B} \phi \right\} dV$$

$$\mathbf{K}_{IJ}^{uu} = \frac{\partial \mathbf{R}_I^u}{\partial u_J} = \mathbf{A} \int_{\mathcal{B}_0^e}^{n_{el}} \left\{ [(1 - 10\phi^3 + 15\phi^4 - 6\phi^5) + k] \mathbf{B}^T \mathbf{C} \mathbf{B} \right\} dV$$

$$\mathbf{K}_{IJ}^{\phi\phi} = \frac{\partial \mathbf{R}_I^\phi}{\partial \phi_J} = \mathbf{A} \int_{\mathcal{B}_0^e}^{n_{el}} \left\{ \left(\frac{G_c}{\ell} (4\phi^2 - 6\phi + 2) + (60\phi^2 - 30\phi^3 - 30\phi) H \right) N^T N + G_c \ell \mathbf{B}^T \mathbf{B} \right\} dV$$

5. Numerical Example

An asymmetric double edged crack specimen is subjected to tensile loading as shown in Fig. 2. The material properties taken are Young's modulus $E = 210 \text{ kN/mm}^2$, Poisson's ratio $\mu = 0.3$ and Griffiths critical energy release rate $G_c = 0.0027 \text{ kN/mm}$. A sufficiently refined mesh of 27,720 elements is considered for the analysis as shown in Fig. 3.

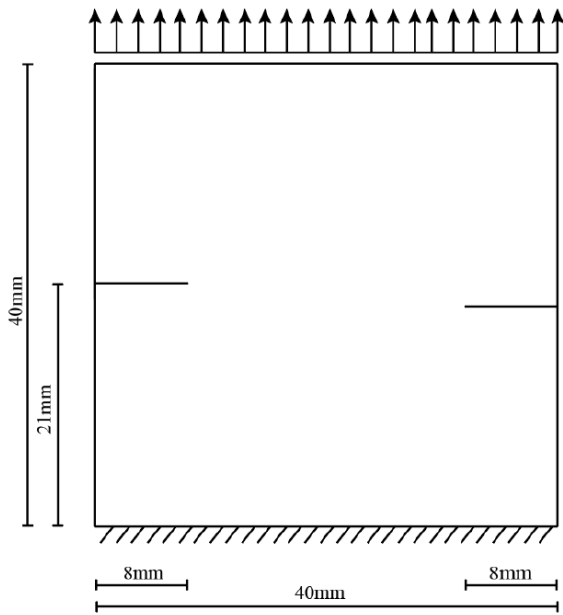


Fig. 2. Geometry of the plate

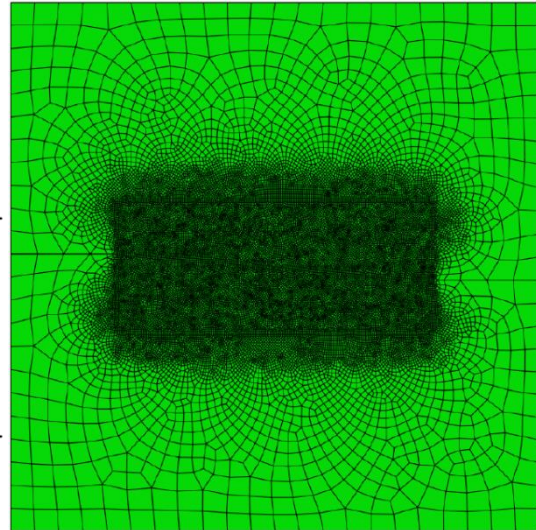


Fig. 3. Mesh pattern of the plate

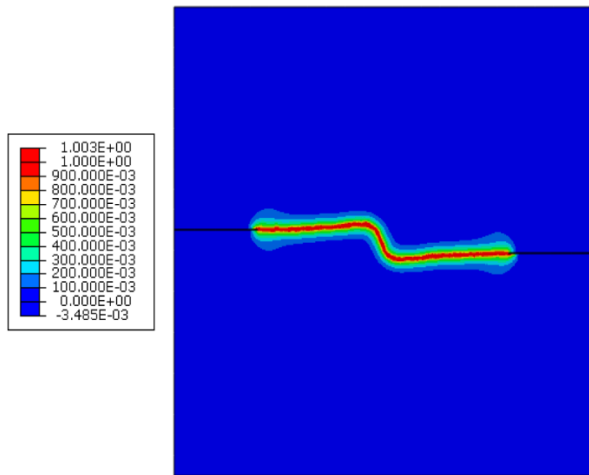


Fig. 4. Crack Propagation

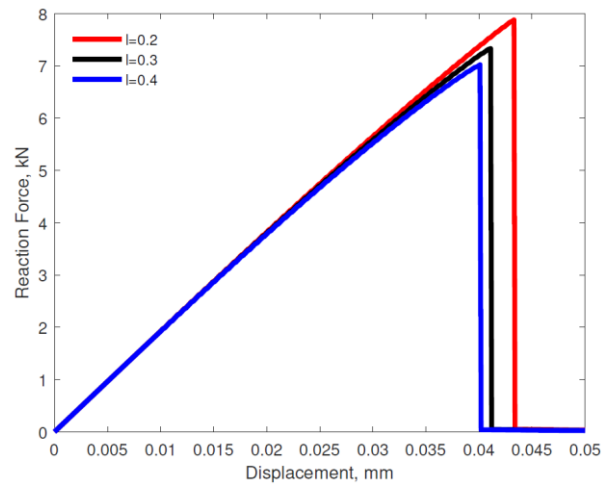


Fig. 5. Force vs Displacement plot

The crack path is as shown in Fig. 4. The contour index represents the value of the damage variable. The reaction force versus the displacement graph is plotted for various length scales with the displacement and time steps constant as shown in Fig. 5. Three different length scales of $l = 0.2$ mm, $l = 0.3$ mm and $l = 0.4$ mm were considered for the analysis. It is observed that the reaction force versus displacement diagram peak values is decreasing with increasing length scale.

References

1. Miehe C., Welschinger F., Hofacker M. Thermodynamically consistent phase-field models of fracture: variational principles and multi-field FE implementations // International Journal for Numerical Methods in Engineering. – 2010. – V. 83, – N 10. – P. 1273–1311. Doi: 10.1002/nme.2861.
2. Rajagopal A., Fischer P., Kuhl E., Steinmann P. Natural element analysis of the Cahn–Hilliard phase-field model // Computational Mechanics. – 2010. – V. 46. – P. 471–493. Doi: 10.1007/s00466-010-0490-4
3. Karthik S., Rajagopal A., Reddy J.N. Nonlocal phase field approach for modeling damage in brittle materials // Mechanics of Materials. – 2021. – V. 157. 103797 (14 pages). Doi: 10.1016/j.mechmat.2021.103797

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПРОВЕРКОЙ ЗАДАНИЙ

Карякин Д.В., Лошкарев И.В.

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

г. Ростов-на-Дону

E-mail: practmail234@yandex.ru, iloshkaryov@sfnedu.ru

Данная работа посвящена разработке электронной системы управления учебным процессом с возможностью исполнения программного кода программы для автоматической проверки заданий. Для реализации задачи разработано web-приложение с учебными курсами в котором используется очередь задач для выполнения загружаемого программного кода.

Учебные курсы состоят из доступных для скачивания учебных материалов, тестов и заданий с автоматической проверкой ответов.

Для реализации учебной системы выбран язык программирования python и web-фреймворк django, который позволяет ускорить разработку web-приложения и обеспечивает защиту от многих атак и способов взлома сайтов.

Архитектура электронной системы управления учебным процессом представлена на рис. 1.

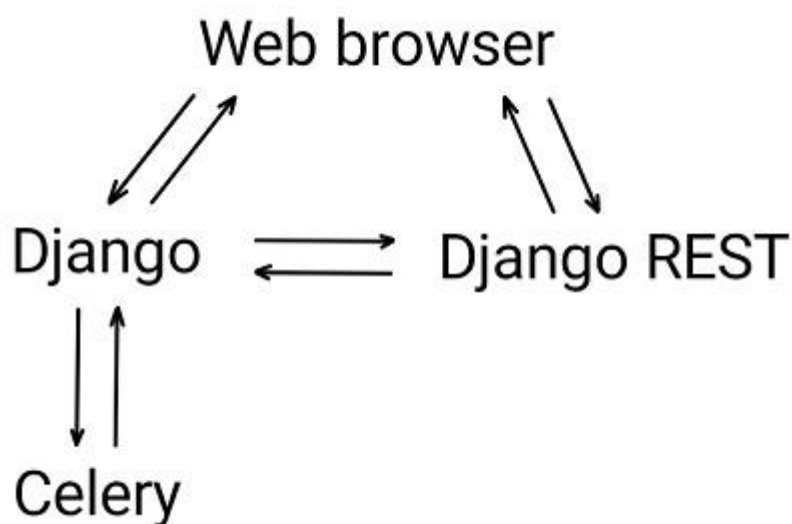


Рис. 1. Архитектура электронной системы управления учебным процессом

Для реализации API учебных курсов используется Django REST Framework, который позволяет взаимодействовать web-браузеру клиента с

сервером без перезагрузки web-страницы и выполнять PUT, PATCH, DELETE http запросы к серверу.

Для автоматической проверки заданий используется очередь задач Celery. Приложение учебных курсов добавляет задачи в очередь задач. Рабочие потоки Celery получают задачи из этой очереди и выполняют программный код на тестовых входных данных. Результат выполнения загруженного пользователем программного кода добавляется в базу данных.

Разработанная система дистанционного образования позволяет автоматизировать образовательный процесс и ускорить проверку заданий.

Литература

1. William S. Vincent Django for APIs [Электронный ресурс] URL: <https://leanpub.com/djangoforapis> (дата обр. 01.04.2021).
2. Ваганова О.И., Алешугина Е.А., Максимова К.А. Проектирование электронных учебных курсов // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2019. – Т. 8, № 3(28), – С. 57–59.
3. Запорожко В.В., Дырдина Е.В., Парфёнов И.В. Создание электронных учебных курсов в системе Moodle для реализации образовательных программ факультетом дистанционных образовательных технологий: методические рекомендации. – Оренбург: Оренбургский гос. ун-т, 2016. – 41 с.
4. Django. – URL: <https://djangoproject.com> (дата обр. 01.04.2021).
5. Django REST. — URL: <https://www.django-rest-framework.org/> (дата обр. 01.04.2021).
6. Celery. – URL <https://docs.celeryproject.org/en/stable/> (дата обр. 01.04.2021).

АВТОМАТИЗАЦИЯ АНАЛИЗА ЗАДАЧ НЕЛИНЕЙНОЙ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВОБОДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Карякин М.И.

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

E-mail: karyakin@sfedu.ru

Расширение области применения нелинейной теории упругости, в частности использование ее методов для описания различных биологических тканей – от жестких до сверхмягких, а также материалов с микроструктурой и наноразмерных объектов существенно расширяет, в свою очередь, круг используемых математических моделей. В результате исследователи сталкиваются с определенными трудностями не только в процессе анализа краевых задач, но даже на этапе их корректной постановки. В то же время вывод краевых задач при использовании канонических координатных систем даже для тел с усложненными физико-механическими свойствами достаточно алгоритмичен.

В работах [1–3] представлено описание разработанного авторами пакета автоматизации полуобратного метода нелинейной теории упругости и его применение для анализа равновесия и устойчивости двумерных и трехмерных высокоэластичных тел. При этом в качестве основного средства реализации выступает система компьютерной алгебры Maple в связке с конечно-элементным пакетом FlexPDE.

Существенным недостатком такой схемы автоматизации является коммерческий характер и высокая стоимость обоих пакетов, что затрудняет и распространение, и привлечение студентов к их разработке. Поэтому возникла задача переноса разработанных алгоритмов в среду свободно распространяемого ПО.

После анализа нескольких систем, относящихся к средствам так называемых научных вычислений (Scientific Computing), выбор был остановлен на связке библиотек `scipy` и `sympy` для языка Питон.

С их использованием разработана система автоматического генерирования краевой задачи для одного или нескольких обыкновенных дифференциальных уравнений на основе заданного полуобратного представления деформации и аналитического выражения функции удельной потенциальной энергии. При этом предполагается, что полуобратное представление содержит только функции одной переменной. Для описания положения тел используются декартова, цилиндрическая и сферическая система

координат, при этом допустимы разные координаты в отсчетной (недеформированной) и актуальной конфигурациях.

Анализ временных затрат на генерирование уравнений показал, что предыдущий вариант реализации, основанный на пакте Maple, работает в полтора-два раза быстрее, причем разница тем существеннее, чем сложнее выражение функции удельной потенциальной энергии. Тем не менее, процесс генерирования уравнений занимает не больше одной-двух минут, что несравнимо меньше затрат труда, который потребовался бы на ручной вывод аналогичных уравнений и проверку результатов.

Использование пакета `scipy` позволило достаточно естественно дополнить блок численного решения прямых задач о равновесии нелинейно-упругих тел: расчетный блок разработанной системы, осуществляющий численное решение сгенерированных уравнений с использованием этого пакета, реализуется тоже средствами библиотек Питон, поэтому нет необходимости конвертировать полученный результат в другую среду или переводить его на другой язык.

Анализ целого ряда нелинейных краевых задач равновесия, для решения которых существенно использовалась функция `solve_bvp` пакета `scipy.integrate` показал, что этот блок в плане скорости не уступает, а иногда даже превосходит аналогичный модуль, реализованный в среде Maple.

Более сложным для реализации и последующего численного анализа являются обратные задачи. Важный класс таких задач связан с вопросами идентификации параметров моделей на основе экспериментальных данных.

В качестве первого примера в работе изучена возможность восстановления параметров модели материала Блейтца и Ко [4] по диаграмме одноосного растяжения образца цилиндрической формы. С использованием метода наименьших квадратов задача сведена к минимизации функции отклонения диаграммы нагружения, построенной теоретически для заданных значений параметров материала, от некоторой условной экспериментальной кривой. Минимизация также выполнялась с использованием библиотеки `scipy`. Вычислительные эксперименты показали, что на основе диаграммы нагружения можно надежно восстановить, в том числе в условиях искусственного зашумления экспериментальных данных, два материальных параметра из трех. При этом наиболее эффективным оказался метод дифференциальной эволюции, реализованный в функции `differential_evolution` пакета `scipy.optimize`.

В литературе, посвященной теоретическим и экспериментальным аспектам нелинейной теории упругости, имеется большое количество моделей, предназначенных для описания больших деформаций, не сопровож-

дающихся изменением объема, т. н. моделей несжимаемых тел. В то же время существует достаточно большой круг материалов, например, таких как эластомерные пены, ячеистые тела и ряд биологических тканей, для которых большие упругие деформации сопровождаются существенными изменениями объема. Поэтому актуальной представляется задача анализа возможностей применения разработанного аппарата определения материальных параметров определяющих соотношений общего вида к появляющимся в последние годы моделям, описывающим большие объемные деформации.

В качестве второго примера анализа и идентификации параметров определяющих соотношений было выбрано рассмотренное в работе [5] семейство функций удельной потенциальной энергии деформации, соответствующие модели для которых удовлетворяющее трем физически важным условиям:

- учитывают большие объемные деформации;
- допускают различные величины объемной жесткости в экспериментах на обжатие и в экспериментах на однородное раздувание;
- позволяют описать немонотонную зависимость объемной жесткости, от интенсивности нагрузки, в том числе известные из эксперимента эффекты резкого возрастания жесткости при достижении деформацией некоторого критического значения.

Задача подбора параметров моделей решалась двумя способами: на основе диаграммы нагружения, рассчитанной на основе решения прямой задачи о гидростатическом сжатии, и на основе сравнения с экспериментальными данными, известными из литературы.

В расчетах предполагалось, что линейные характеристики материала, в частности, объемная жесткость при малых деформациях, известны, а определению подлежат лишь существенно нелинейные параметры моделей. В зависимости от величины интервала нагружения и типа определяющего соотношения в рамках разработанной системы удалось надежно восстанавливать от двух до четырех материальных параметров.

Ближайшие планы развития разрабатываемой системы включают реализацию блока линеаризации уравнений и численного анализа задач устойчивости для тел канонической формы. И аналитические, и численные алгоритмы такого анализа уже апробированы в среде Maple. Интересной и практически важной является также задача генерирования уравнений для задач, не сводящихся к одномерным. Средством их исследования будет метод конечных элементов, опирающийся на свободно распространяемый пакет FEniCS [6]. Еще одно направление будущей работы связано с разра-

боткой интерфейса разрабатываемой системы, которая в настоящее время реализована в виде ряда программ, выполняющихся в командной строке.

Литература

1. Gavrilyachenko T.M., Karyakin M.I., Sukhov D.Y. Designing of the interface for nonlinear boundary value problem solver using Maple // Proceedings of the International Conference on Computational Sciences and its Applications (ICCSA 2008). – Los Alamitos; Washington; Tokyo: IEEE Computer Society, 2008.– P. 284–291.
2. Жеребко А.М., Карякин М.И., Обрезков Л.П. Об автоматизации анализа неоднородных задач нелинейной теории упругости // Экологический вестник научных центров ЧЭС. – 2013.– № 4. – С. 54–59.
3. Karyakin M., Zherebko A. Program shell of analysis of one-dimensional and two-dimensional problems of nonlinear elasticity theory // Proceedings of the 11th International Conference on Computer Modeling and Simulation. ACM International Conference Proceeding Series.– 2019.– P. 96–99.
4. Лурье А.И. Нелинейная теория упругости. М.: – Наука, 1980. – 512 с.
5. Novel hyperelastic models for large volumetric deformations // International Journal of Solids and Structures. – 2020. – № 193–194. – P. 474–491.
6. FEniCS Project [Электронный ресурс] – URL: <https://fenicsproject.org/> (дата обращения: 01.04.2021)

АНГЛОЯЗЫЧНАЯ МАГИСТРАТУРА ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ И ИНФОРМАЦИОННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ НА МЕХМАТЕ ЮФУ: ИСТОРИЯ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Карякин М.И., Надолин К.А., Наседкин А.В.

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

E-mail: kanadolin@sfedu.ru

Обсуждаются проблемы интернационализации университетского образования уровня магистратуры. Рассмотрен и проанализирован более чем десятилетний опыт преподавания на мехмате ЮФУ англоязычных магистерских программ по математическому моделированию и информационным технологиям.

Представлен краткий исторический экскурс и указаны цели, которые ставились на различных этапах развития англоязычных образовательных программ мехмата, а также описаны пути решения возникавших проблем.

В заключение приведены некоторые соображения относительно перспектив развития англоязычной магистратуры по математическому моделированию и информационным технологиям на мехмате ЮФУ.

1. Первая магистерская программа «Вычислительная механика и биомеханика» («Computation Mechanics and Biomechanics») с преподаванием ряда предметов на английском языке была запущена на мехмате ЮФУ по направлению подготовки 010403 «Прикладная математика и информатика» в 2009 году [1]. Разработку учебно-методических комплексов дисциплин на английском языке инициировала и финансировала администрация ЮФУ в связи с реализацией плана мероприятий по интернационализации образовательной деятельности, включенных в Программу развития Южного федерального университета.

Магистерская программа «Computation Mechanics and Biomechanics» стала основой договора о сотрудничестве между факультетом математики, механики и компьютерных наук ЮФУ и департаментом математики и физики технологического факультета Технического университета г. Лаппеенранта (Финляндия). Впоследствии этот договор о сотрудничестве преобразовался в совместную международную магистерскую программу двух дипломов [2].

Именно на базе этой программы в период с 2011 по 2014 годы в рамках международного образовательного проекта ICARUS программы «Tempus-IV», финансируемой Евросоюзом, была создана уже полностью англоязычная магистерская программа «IT in Biomechanics» [3].

2. Важнейшим этапом развития англоязычной магистратуры по математическому моделированию и информационным технологиям на мехмате ЮФУ стало выполнение международного проекта ICARUS – “Internationalised Curricula Advancement at Russian Universities in the Southern Region” («Интернационализация учебных планов на уровне магистра в российских вузах в южном регионе»).

Проект был представлен Южным федеральным университетом совместно с тремя российскими и четырьмя европейскими университетами. В состав консорциума вошли Южно-российский государственный технический университет (г.Новочеркасск), Кубанский государственный университет (г.Краснодар), Воронежский государственный университет (г. Воронеж), а также University of Linköping (Швеция); University of Twente (Голландия); Lappeenranta University of Technology (Финляндия); Technical University Braunschweig (Германия).

Проект стал победителем грантового конкурса "Tempus-IV", проводимого в 2011 году в рамках 7 Рамочной Программы Евросоюза и длился 3 года.

Важным направлением работы по проекту ICARUS стало углубление и развитие партнерских связей между российскими и европейскими университетами, а также академическая мобильность студентов и преподавателей [4].

В процессе выполнения проекта ICARUS была проведена значительная методическая работа по согласованию учебных планов магистратуры вузов-партнеров и приведению их в соответствие как российским федеральным государственным образовательным стандартам, так и положениям Болонской декларации [5, 6].

3. В 2015–2020 гг. англоязычная магистерская программа дорабатывалась и менялись ее названия: «Computation Mechanics and Information Technologies», «Mathematical Modelling and Information Technologies», «Mathematical Modelling, Numerical Methods and Program Complexes» [7, 8]. За прошедшее время на мехмате ЮФУ накоплен большой опыт академического сотрудничества с зарубежными вузами, в результате которого более сорока выпускников мехмата получили дипломы европейских университетов [9–11].

При запуске в 2020 году магистерской программы «Mathematical Modelling, Numerical Methods and Program Complexes» (Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ) была проведена модернизация с учетом образовательных задач лаборатории вычислительной механики мехмата ЮФУ, созданной в 2019 году в рамках проекта «Модели, алгоритмы и программные средства для многомасштабного анализа новых материалов и физически активных сред», поддержанного гран-

том Правительства Российской Федерации для государственных научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых [12]. На новом этапе развития англоязычной магистратуры по математическому моделированию и информационным технологиям на мехмате ЮФУ вектор интернационализации меняется в направлении юго-восточного региона и, в первую очередь, Китая. Это объясняется расширением сотрудничества с китайскими коллегами, а также определенным понижением уровня взаимодействия с европейскими университетами-партнерами в силу субъективных и объективных обстоятельств.

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

Литература

1. Батченко А.Г., Карнаухова О.А., Карякин М.И., Надолин К.А., Наседкин А.В., Чернявская И.А. Перспективы международной образовательной программы по техноматематике и вычислительной механике в Южном федеральном университете // XVII Межд. конф. "Математика. Компьютер. Образование" (Дубна, 25–30 янв. 2010 г.). Тез. докл. – Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2010. – С. 383.
2. Карякин М.И., Надолин К.А., Наседкин А.В. Блок ИТ-дисциплин как связующая основа магистерских программ двойных дипломов по прикладной математике и инженерии // Научно-методич. конф. "Современные информац. технологии в образовании: Южный Федеральный округ". 11–13 мая 2011. Тез. докл. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЦВВР, 2011. – С. 151–152
3. Буркель Н., Творогова С., Шендерова С. Примеры совместных программ между европейскими и российскими вузами // Инновации и изменения в транснациональном образовании. – European Union, 2014. – 178~р. DOI: 10.2871/94451
4. Надолин К.А. Проект ИКАРУС: консорциум и его задачи / В кн. «Интернационализация учебных планов на уровне магистра в российских вузах южного региона: сборник материалов и докладов». Южный федеральный университет. – Ростов н/Д: Изд-во Южного федерального университета, 2014. – С.6–11.
5. Карякин М.И., Надолин К.А., Наседкин А.В. О концепции магистерской образовательной программы «IT in Biomechanics», разрабатываемой в ЮФУ по проекту ICARUS программы Tempus-IV // Материалы XIII Международной научно-методической конференции «Информатика: проблемы, методология, технологии» и IV Школы-конференции для преподавателей высшей и средней школы «Информатика в образовании», г. Воронеж, 7–8 февраля 2013 г. Т. 4. – Воронеж, 2013.– С. 158–161.

6. Карякин М.И., Надолин К.А., Наседкин А.В. Реализация в рамках проекта ICARUS магистерских программ «IT in Engineering» с перспективой присуждения двух дипломов // Там же. – С. 154–157
7. Надолин К.А., Карякин М.И., Наседкин А.В. Учебные модули по биомеханике в англоязычной магистерской программе мехмата ЮФУ “Computational Mechanics and Informational Technologies” // Математическое моделирование и биомеханика в современном университете. Тез. докл. XIII Всеросс. шк.-семинара, пос. Дивноморское, 31 мая – 3 июня 2018. Ростов н/Д, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2018. С. 57–58.
8. Карякин М.И., Надолин К.А., Наседкин А.В. Электронные ресурсы в англоязычной магистерской программе “Computational Mechanics and Informational Technologies” // Труды VI Межд. научно-методического симпозиума «Электронные ресурсы в непрерывном образовании «ЭРНО-2017», Адлер, 24–27 сентября 2017. – С. 50–53.
9. Надолин К.А., Карякин М.И., Наседкин А.В. Мехмат ЮФУ: путь в европейское образовательное пространство // «Русский язык в парадигме современного образования: Россия и Иберо-Американский мир». Материалы Международного форума (10–11 мая 2018 г., г. Кадис (Испания) – Ростов н/Д, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2018. – С. 186–188.
10. Nadolin K., Karyakin M., Nasedkin A. Virtual academic mobility in the context of the master’s program “Computational mechanics and information technologies” in the Southern Federal University // 20th European Conference on Mathematics for Industry (ECMI 2018), 18–22 June 2018, Budapest, (Hungary). Book of Abstracts, – Budapest, 2018. – P. 60.
11. Надолин К.А., Карякин М.И., Наседкин А.В. Десять лет международной магистерской программе двойных дипломов на мехмате ЮФУ // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития: материалы XXVI научн. конф. (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 18–19 апреля 2019). – Ростов н/Д, Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2019. – С. 199–201.
12. Надолин К.А., Карякин М.И., Наседкин А.В. О магистерской программе мехмата ЮФУ «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», ориентированной на научно-исследовательскую профессиональную деятельность и обучение в аспирантуре // Сб. трудов XXVIII Всеросс. конференции-школы молодых исследователей «Современные проблемы математического моделирования», пос. Абрау-Дюрсо, 16–21 сентября 2019 г. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2019. – С. 85–90.

РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКИХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММНЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННОГО АССИСТЕНТА ГЛАВНОГО ТРЕНЕРА ФУТБОЛЬНОЙ КОМАНДЫ

Касюлевич Я.О.

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

E-mail: kasyulevich@sfedu.ru

Работа современного футбольного тренера в значительной мере связана с обработкой данных – игровыми показателями игроков, статистическими метриками команд, показателями функциональной готовности и многими другими сведениями.

Множество примеров команд и тренеров показывают, что в современном футболе большие перспективы есть у тех команд, тренеры которых прибегают к внедрению современных аналитических инструментов, и одним из видов таких инструментов являются системы расчета рейтинга эффективности игроков. Однако в данной области наблюдается нехватка доступных, простых для использования и наглядных систем для оптимизации рабочих процессов тренерских штабов.

Ранее в рамках работы над данным проектом было реализовано программное решение, состоящее из веб-утилиты для внесения и просмотра данных и мобильного клиента для быстрого доступа к ним на основе облачной программной платформы Firebase. Данное решение позволяет сотрудникам тренерских штабов вносить данные об игроках, предстоящих и прошедших матчах и тренировках, однако не решает никаких аналитических задач.

Для улучшения и развития данного решения предлагается реализовать аналитический модуль – программные компоненты, которые позволят сотрудникам тренерских штабов вносить игровые показатели, на основе которых система сможет оценивать важность различных игровых компонентов, оценивать эффективность отдельно взятых игроков. На основе этих оценок тренеры смогут оптимизировать тренировочный и рабочий процессы своих команд.

Данное решение состоит из двух ключевых компонентов. На клиентской стороне реализован модуль для мобильного iOS-приложения (рис. 1.), который позволяет тренерам вносить основные показатели (время на поле, голы, голевые передачи, завершённые пасы и желтые или красные карточ-

ки) для каждого из исполнителей. После окончания матча и внесения всех показателей эти данные отправляются в удаленный аналитический сервис.

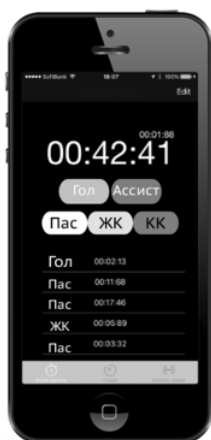


Рис. 1. Макет клиентского приложения для учета игровых данных

Аналитический сервис основан на фреймворке Flask для языка Python и представляет собой модель машинного обучения, нацеленную на оценку важности основных игровых показателей с точки зрения влияния на результат. Выходными данными данного сервиса являются весовые коэффициенты для игровых показателей, которые используются в формулах оценки эффективности, взятых из изученных публикаций [1] и [2]. Схема архитектуры итогового решения представлена на рис. 2.



Рис. 2. Схема архитектуры итогового решения

На рис. 3 приводятся формулы, на основе которых оцениваются коэффициенты эффективности исполнителей.

$$\text{КПИ} = \frac{(0,87 \cdot \text{Уд} + 0,89 \cdot \text{УдвСт} + 0,9 \cdot \text{Голы} + 0,77 \cdot (\text{ТП} - \text{НП}) + 0,63 \cdot \text{ЭО} + 0,85 \cdot \text{ГП} + 0,25 \cdot \text{От} - 0,89 \cdot \text{Пот})}{\text{ВрИ}},$$

где КПИ — коэффициент полезности игрока; Уд — удары; УдвСт — удары в створ ворот; Голы — забитые мячи; ТП — точные передачи; НП — неточные передачи; ЭО — эффективные обводки; ГП — голевые передачи; От — отборы; Пот — потери; ВрИ — время игрока на площадке.

Формула для вычисления КПИ полевого игрока

$$\text{КПИ} = \frac{(0,87 \cdot \text{Уд} + 0,89 \cdot \text{УдвСт} + 0,9 \cdot \text{Голы} + 0,77 \cdot (\text{ТП} - \text{НП}) + 0,63 \cdot \text{ЭО} + 0,85 \cdot \text{ГП} + 0,25 \cdot \text{От} - 0,89 \cdot \text{Пот})}{\text{ВрИ}},$$

где КПИ — коэффициент полезности игрока; Уд — удары; УдвСт — удары в створ ворот; Голы — забитые мячи; ТП — точные передачи; НП — неточные передачи; ЭО — эффективные обводки; ГП — голевые передачи; От — отборы; Пот — потери; ВрИ — время игрока на площадке.

Формула для вычисления КПИ вратаря

Рис. 3. Формулы для оценки коэффициентов эффективности исполнителей

Литература

1. Фисунов А.В. Автоматизированная система оценки коэффициента полезности игрока в мини-футболе [Электронный ресурс]/ Молодой ученый. — Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/91/19775/> (дата обращения: 18.11.2020).
2. Фисунов А.В. Анализ различных систем оценки показателей соревновательной деятельности в игровых видах спорта [Электронный ресурс]/ Проблемы современной науки и образования. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-razlichnyh-sistem-otsenki-pokazateley-sorevnovatelnoy-deyatelnosti-v-igrovyyh-vidah-sporta> (дата обращения: 18.11.2020).

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РОСТА КРИСТАЛЛОВ САПФИРА

Клунникова Ю.В., Малюков С.П., Анисеев М.В.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт нанотехнологий, электроники и приборостроения,
Институт компьютерных технологий и информационной
безопасности,
г. Таганрог
E-mail: yvklunnikova@sfnedu.ru

Монокристаллы сапфира относятся к одному из перспективных материалов современной микроэлектроники. Компьютерное моделирование для исследования их роста является предметом исследования в течение последних нескольких лет [1–3].

К наиболее популярным методам численного моделирования относят метод конечных элементов [4]. Моделирование формируемых термоупругих напряжений в процессе роста кристаллов сапфира проводилось с помощью метода конечных элементов, использовались линейные элементы (тетраэдры), которые описывались функциями формы. Программа была разработана на высокоуровневом языке Python.

Для решения тепловой задачи уравнения метода конечных элементов можно представить в следующем виде:

$$[K_T]\{T\} = \{F_T\} \quad (1)$$

где K_T – матрица теплопроводности конструкции; T – вектор глобальных узловых температур; F_T – глобальный вектор нагрузки (тепловой).

Для расчета узловых перемещений уравнения метода конечных элементов можно представить в виде

$$[K_U]\{U\} = \{F_U\}, \quad (2)$$

где K_U – глобальная матрица жесткости конструкции; U – вектор глобальных узловых перемещений; F_U – вектор глобальных узловых сил.

Матрицу деформаций можно найти как

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{B}\mathbf{u}, \quad (3)$$

где \mathbf{B} – матрица деформационного смещения; \mathbf{u} – вектор перемещения элемента ($\mathbf{u} = \{u; v; w\}$).

Отношение напряжение-деформация $\boldsymbol{\varepsilon}$ может быть представлено

$$\boldsymbol{\sigma} = \mathbf{D}(\boldsymbol{\varepsilon} - \boldsymbol{\varepsilon}_{th}), \quad (4)$$

где \mathbf{D} – матрица эластичности материала; $\boldsymbol{\varepsilon}_{th}$ – начальные деформации, вызванные тепловым расширением.

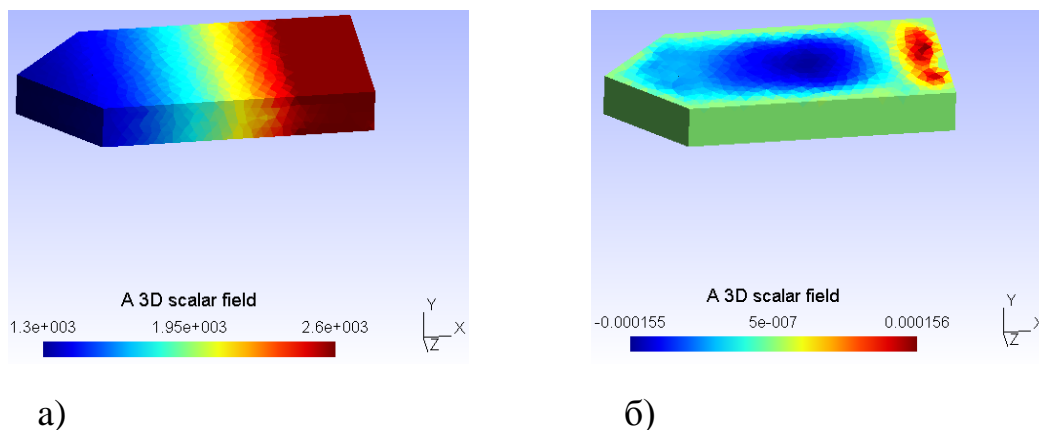


Рис. 1. Результаты расчета в системе кристалл-расплав:
 а – температур (в К); б – перемещений u (в м)

Результаты компьютерного моделирования (рисунок 1) термоупругих напряжений в кристаллах сапфира методом конечных элементов используются для исследования возможных причин образования трещин в кристаллах сапфира, полученных методом горизонтальной направленной кристаллизации. Модель включает расчет температур, перемещений, деформаций и термоупругих напряжений в кристаллах сапфира. Модель расчета температур, перемещений, деформаций и полей напряжений при получении кристаллов сапфира позволяет провести численные эксперименты и изучить влияние входных параметров на качество кристаллов. Такой подход позволяет улучшить процесс роста кристаллов и получить кристаллы с пониженным уровнем дефектов.

Данная работа в Южном федеральном университете и Ганноверском университете им. Г.В. Лейбница была поддержана Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и Германской службой академического обмена (DAAD) в рамках сотрудничества по совместной программе «Михаил Ломоносов».

Литература

1. Palkech J., Kajan J., Malyukov S., Mikita M., Medvecky S. Numerical Simulation of Heat Transfer in a Furnace Heating Unit for Horizontal Direct Crystallization of Sapphire Single-Crystal // American Journal of Energy and Power Engineering. – 2017. – № 4(6). – P. 76–83.
2. Malyukov S.P., Klunnikova Yu.V., Cherednichenko D.I. Heat-Physical Processes at the Sapphire Crystals Growth by Horizontal Directed Crystallization // Sapphire: Structure, Technology and Applications. – USA: Nova Science Publishers, 2013. – P. 101–118.
3. Dobrovinskaya E.R., Lytvynov L.A., Pishchik V.V. Sapphire. Material, Manufacturing, Applications. – New York: Springer, 2009. – 481 p.
4. Zienkiewicz O.C., Taylor R. L. The Finite Element Method. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2000. – 690 p.

ПРИМЕНЕНИЕ СЛОЁВ С МЕХАНИЗМОМ ВНИМАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ШУМОПОДАВЛЕНИЯ НА МОБИЛЬНОМ УСТРОЙСТВЕ

Коваленко А.С., Демяненко Я.М.
*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, demyanam@gmail.com*

До недавнего времени архитектуры нейронных сетей, содержащие слои с механизмом внимания применялись только для задач обработки естественных языков. Это обуславливается невысоким размером входных данных при кодировании текста по сравнению с изображениями, поскольку для реализации механизма внимания в случае с изображением, необходимо строить карту внимания, содержащую связи каждого пикселя с каждым. Даже при размере входного изображения 64 на 64 пикселей, размер такой матрицы составлял бы 4096 на 4096. Нейросетевые архитектуры, называемые трансформерами [1] позволили сократить размеры карт внимания, кодируя входные данные в вектора и далее реализуя механизм внимания по данным кодировкам. На данный момент большое количество задач компьютерного зрения, таких как нахождение объектов, отслеживание объектов [2] и шумоподавление изображений [3] решается с помощью трансформеров. За счёт механизма внимания они позволяют значительно эффективней решать данные задачи по сравнению с классическими свёрточными нейронным сетями, но из-за своей вычислительной сложности они не применяются в мобильной разработке.

Авторы из исследовательского подразделения Google представили работу “LAMBDA NETWORKS: MODELING LONG-RANGE INTERACTIONS WITHOUT ATTENTION” [4] в которой они представляют архитектуру слоёв, заменяющих механизм внимания. При этом требуется меньше вычислительной производительности и памяти для использования данных слоёв по сравнению с трансформерами.

Для проверки данного утверждения и проведения экспериментов была построена модель, состоящая из двух «lambda» слоёв, которые содержат 84561 параметр. Для сравнения результатов также была использована полносвёрточная архитектура из статьи MWCNN [5], содержащая 24923523 параметров. Данные модели обучались на наборе данных, содержащем 125 пар зашумлённых и чистых изображений. При меньшем размере «lambda» сети потребовалось больше эпох на обучение 39 вместо 6 для MWCNN.

При этом удалось достичь качества 29 и 32 PSNR на тестовом наборе изображений для «lambda» и MWCNN сетей соответственно.

При сопоставимых результатах, модель, построенная и используемая «lambda» слоёв содержит в 294 раза меньше параметров, что требует значительно меньше памяти. Но для работы на процессорах мобильных устройств с удовлетворительной скоростью требуется эффективная реализация операции трёхмерной свёртки.

Таким образом, в рамках данной работы было выяснено, что «lambda» слои лучше справляются с задачей выделения высокоуровневых признаков из изображения, чем свёрточные слои, но на текущий момент они неприменимы для мобильных устройств из-за отсутствия должной оптимизации.

Ссылка на репозиторий с реализацией пайплайна для обучения шумоподавляющих моделей, содержащий архитектуры из экспериментов: https://github.com/AlexeySrus/image_denoising

Литература

1. Attention Is All You Need / A. Vaswani [et al.] // CoRR. – 2017. – Vol. abs/1706.03762. – arXiv:1706.03762. – URL: <http://arxiv.org/abs/1706.03762>.
2. TrackFormer: Multi-Object Tracking with Transformers / T. Meinhardt [et al.] // CoRR. – 2021. – Vol. abs/2101.02702. – arXiv:2101.02702. – URL: <https://arxiv.org/abs/2101.02702>.
3. Pre-Trained Image Processing Transformer / H. Chen [et al.] // CoRR. – 2020. – Vol. abs/2012.00364. – arXiv:2012.00364. – URL: <https://arxiv.org/abs/2012.00364>.
4. LambdaNetworks: Modeling Long-Range Interactions Without Attention / Bello I. // CoRR. – 2021. – Vol. abs/2102.08602. – arXiv:2102.08602. – URL: <https://arxiv.org/abs/2102.08602>.
5. Multi-level Wavelet-CNN for Image Restoration / P. Liu [et al.] // CoRR. – 2018. – Vol. abs/1805.07071. – arXiv:1805.07071. – URL: <http://arxiv.org/abs/1805.07071>.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕНООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗЛИЧНОЙ КОНФИГУРАЦИИ ЯЧЕЕК ГИБСОНА–ЭШБИ

Корниевский А.С.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: alexandr5koren@gmail.com

В последнее время увеличился интерес к исследованию эффективных свойств высокопористых материалов. Это связано с появлением новых способов производства искусственных пенообразных, ячеистых и сотовых структур из металлов или пластиков [1, 2]. Главными преимуществами таких материалов являются относительно высокая жесткость и низкая теплопроводность при малой плотности. К настоящему времени существует множество работ, посвященных исследованию ячеистых материалов как экспериментальными, так и численными методами. Также предложено множество способов для моделирования данных структур, но самым популярным является модель, основанная на ячейке Гибсона–Эшби [3, 4].

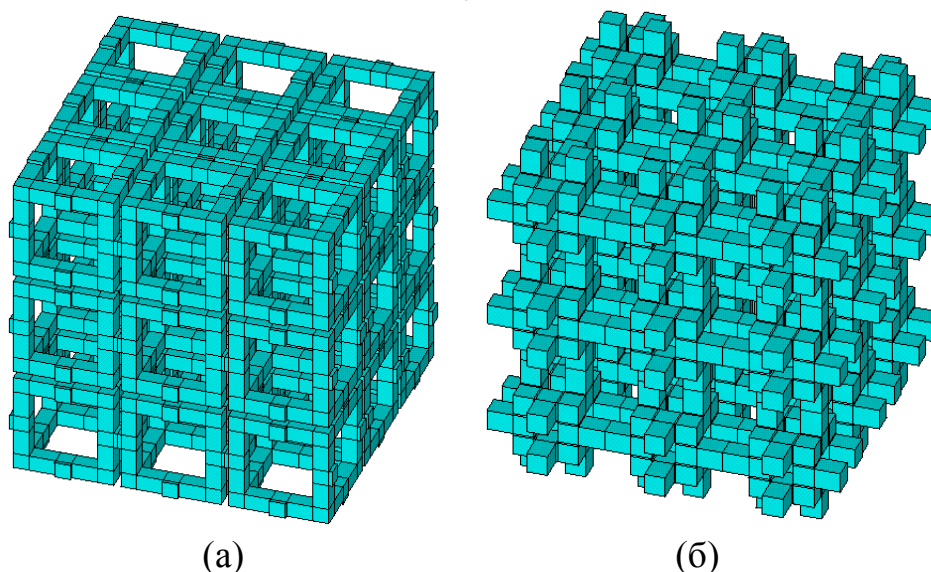
В данной работе представлены результаты конечно-элементного исследования эффективных упругих свойств пенообразных материалов на основе модели Гибсона–Эшби. Для проведения численных экспериментов разработан набор программ на языке APDL ANSYS, позволяющий строить разнообразные решетки, состоящие из ячеек Гибсона–Эшби различной конфигурации.

В качестве примера рассматривается нержавеющая сталь SLM 316L [5], являющаяся изотропным материалом. Для нахождения эффективных свойств численно решаются шесть задач с граничными условиями в перемещениях (три задачи о растяжении вдоль осей и три различные сдвиговые задачи). Такой подход был предпринят аналогично [6] для того, чтобы обнаружить анизотропные свойства в случае их возникновения. Однако поскольку в данной работе рассматривались только регулярные решетки, то изотропные свойства материала сохранялись и для эффективной гомогенной среды.

Численные эксперименты для нержавеющей стали показали, что аналитическая модель Гибсона–Эшби достаточно хорошо предсказывает эффективные свойства материала при пористости более 70%. Это также утверждалось в [3] и было экспериментально подтверждено в [2, 7].

Для анализа механических свойств регулярных структур из ячеек Гибсона–Эшби исследовались различные их конфигурации с одинаковыми значениями пористости. Для фиксированной пористости проводилось по

пять численных экспериментов с различной толщиной балок и, соответственно, с разными размерами внутреннего каркаса ячеек.

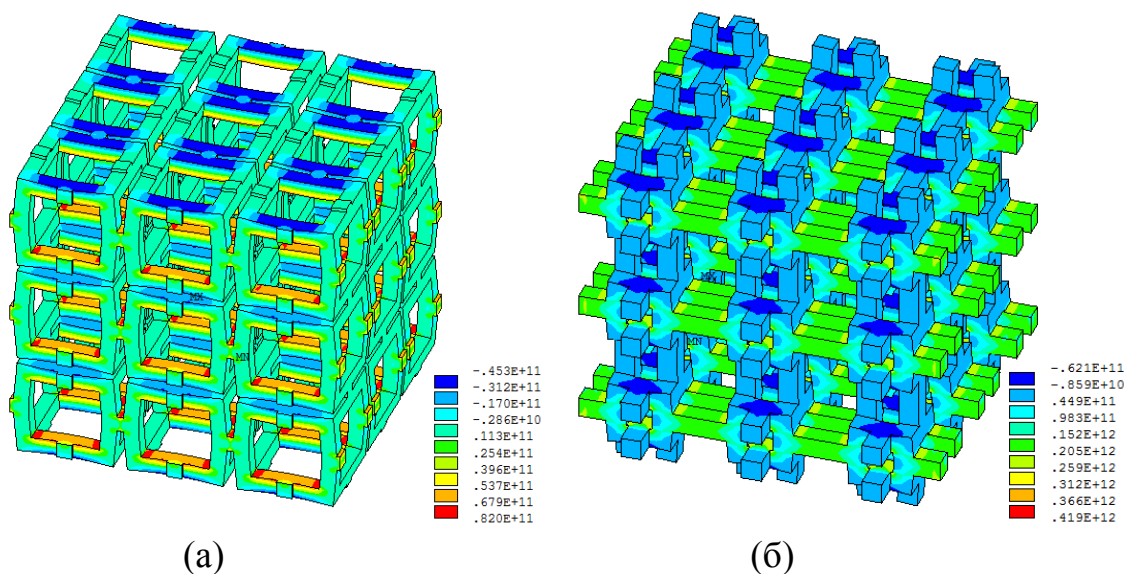


(а)

(б)

Рис. 1. Решетки одинаковой пористости с различной конфигурацией ячеек Гибсона–Эшби

На рис. 1 изображены две решетки с пористостью 80% при различных вариантах построения ячеек. Каждая ячейка состоит из внутреннего каркаса и соединительных балок. В случае (а) толщина балок меньше, чем в случае (б). Очевидно, что при увеличении толщины балок, размер внутреннего каркаса уменьшается. Это значительно влияет на эффективные свойства решетки.



(а)

(б)

Рис. 2. Распределение напряжений по оси Ox

Так, на рис. 2, изображено распределение x -компоненты напряжения $\sigma_{xx} = \sigma_{11}$ после растяжения вдоль оси Ox . Из данного рисунка видно, что в случае (а) при более тонких балках значения напряжений ниже, чем в случае (б). Это демонстрирует, что аналитическая модель Гибсона–Эшби лишь частично описывает свойства высокопористых структур. Действительно, согласно этой модели, относительный модуль Юнга зависит лишь от пористости, но численные эксперименты показали, что внутренняя структура существенно влияет на механические свойства.

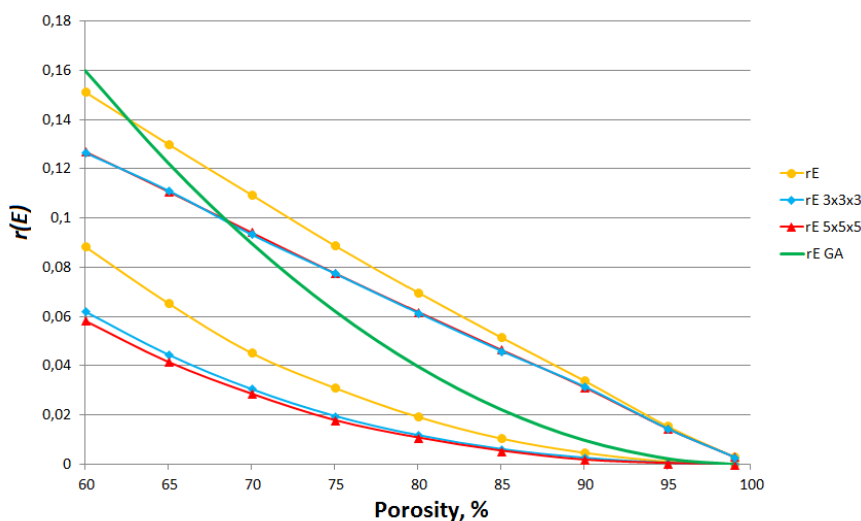


Рис. 3. Зависимости относительного модуля Юнга от пористости

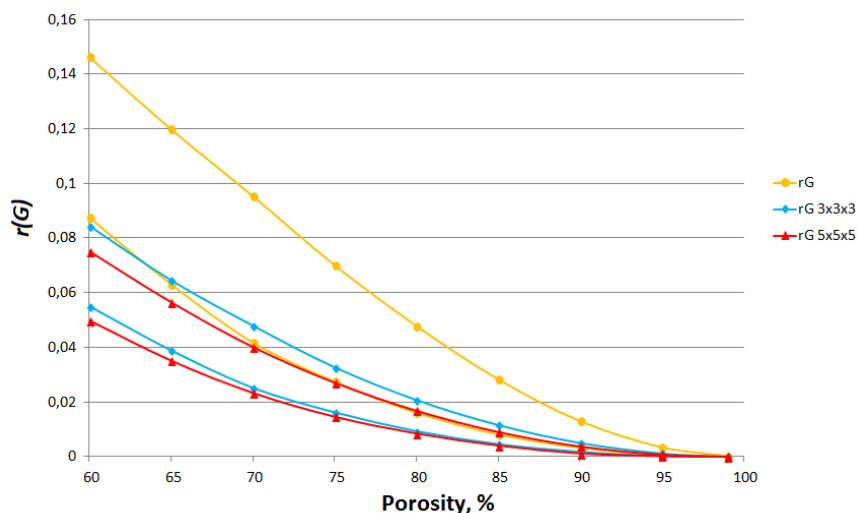


Рис. 4. Зависимости относительного модуля сдвига от пористости

На рис. 3, 4 изображены графики зависимостей от пористости относительных модуля Юнга и модуля сдвига. Оранжевые кривые соответствуют значениям, посчитанным для единичной ячейки, синие кривые соответ-

ствуют решеткам $3 \times 3 \times 3$, а красные – решеткам $5 \times 5 \times 5$. Обратим внимание, что на графиках изображены по две кривые одинакового цвета. Верхняя кривая соответствует эффективным значениям при наибольшей возможной толщине балки, а нижняя – при наименьшей толщине. Таким образом, вариация толщины балок задает диапазон значений эффективных модулей. На рис. 3 также приведена зеленая кривая, которая соответствует значениям относительных модулей Юнга, полученных по аналитической модели Гибсона–Эшби.

Автор благодарит за помощь в работе зав. кафедрой математического моделирования ЮФУ А.В. Наседкина.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ по проекту № 20-31-90057.

Литература

1. Ramirez D.A., Murr L.E., Li S.J., Tian Y.X., Martinez E., Martinez J.L., Machado B.I., Gaytan S.M., Medina F., Wicker R.B. Open-cellular copper structures fabricated by additive manufacturing using electron beam melting // *Mater. Sci. Eng. A.* – 2011. – Vol. 528, iss. 16–17. – P. 5379–5386. DOI: 10.1016/j.msea.2011.03.053.
2. Maheo L., Viot P., Bernard D., Chirazi A., Ceglia G., Schmitt V., Mondain-Monval O. Elastic behavior of multi-scale, open-cell foams // *Compos. Part B – Eng.* – 2013. – Vol. 44, iss. 1. – P. 172–183. DOI: 10.1016/j.compositesb.2012.06.006.
3. Gibson L.J., Ashby M.F. *Cellular solids: structure and properties.* – Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1997. – 510 p. DOI: 10.1017/CBO9781139878326.
4. Gibson L.J., Ashby M.F. The mechanics of three-dimensional cellular materials // *Proc. Royal Soc. Lond. A.* – 1982. – Vol. 382, iss. 1782. – P. 43–59. DOI: 10.1098/rspa.1982.0088.
5. Xiao Z. et al. Evaluation of topology-optimized lattice structures manufactured via selective laser melting // *Materials & Design.* – 2018. – Vol. 143. – P. 27–37. DOI: 10.1016/j.matdes.2018.01.023.
6. Корниевский А.С., Наседкин А.В. Конечно-элементный анализ пен, моделируемых регулярными и нерегулярными решетками из ячеек Гибсона–Эшби // XXII Зимняя школа по механике сплошных сред Пермь, 22–26 марта 2021 г. Тезисы докладов – Электронные данные. – Пермь: ПФИЦ УрО РАН, 2021. – С. 176. – Режим доступа: <https://conf.icmm.ru/event/2/page/4>.
7. Maconachie T., Leary M., Lozanovski B., Zhang X., Qian M., Faruque O., Brandt M. SLM lattice structures: Properties, performance, applications and challenges // *Mater. Des.* – 2019. – Vol. 183. – Article 108137. DOI: 10.1016/j.matdes.2019.108137.

ЗАДАЧИ ГЕЙМДИЗАЙНА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОБУЧАЮЩИХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР

Кудринская Т.В., Позднякова А.А., Чернолуцкий Д.В.,
Иванов И.А., Архипов Н.Д.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт компьютерных технологий и информационной
безопасности,
г. Таганрог
E-mail: tvkudrinskaya@sfedu.ru

В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция широкого внедрения онлайн обучения, причинами которой являются как личный выбор учителя, так и вынуждающие обстоятельства (пример тому, пандемия 2020 года). Стоит отметить, что образовательные онлайн-платформы для учителей и учеников (uchi.ru, яндекс.учебник и др.) получили распространение еще до внедрения дистанционного обучения. Образовательные сервисы с одной стороны позволяют автоматизировать и упростить часть работы учителя, с другой стороны, добавляют интерактивность образовательному процессу.

Геймификация — один из способов сделать образовательный процесс интерактивным. Процесс этот может двигаться в двух направлениях:

- от содержания школьного курса, когда стандартная задача из учебника получает визуализацию и возможность автоматической интерпретации результата или решения;
- от игрового сюжета, позволяющего и требующего применить знания школьного курса.

Гейм-дизайн (англ. game design) в широком смысле понимается как проектирование игровой среды в целом; причем термин применяется и для нецифровых форм игр (например, настольные игры) и для компьютерных игр, в том числе и на мобильных устройствах. Сам процесс создания игры включает: создание сюжета и персонажей; выбор игрового движка и программного кода; разработка игровой механики, анимаций, локаций.

В данной работе процесс геймдизайна рассмотрен как исследовательский кейс. В рамках работы проектно-образовательного интенсива SfeduNet3.0 был предложен проект создания компьютерной игры по физике, объединяющей полноценную игру с сюжетным развитием событий и образовательный компонент узкого направления, позволяющий изучить и применить знания по конкретной теме из школьного курса физики.

Работа по геймдизайну была построена по этапам исследовательского процесса:

1. Постановка проблемы

На первом этапе большое внимание было уделено задачам для реализации проекта; в результате определены следующие: разработка сюжета и дизайна игры, выбор образовательной направленности игры и подбор заданий из курса физики, программная реализация игры.

2. Анализ существующего положения

Были рассмотрены следующие игровые ресурсы по физике для школьников:

- Snapshots of the Universe (издательство: Random House) – проект известного физика и популяризатора науки Стивена Хокинга, который представляет среднее между несложной игрой и интерактивной лекцией;
- Физикус (издатель: Viva Media) – во время игры изучаются документы и игровая база знаний по электричеству, теплоте, механике, оптике и акустике;
- Crayon Physics Deluxe (издатель: KlooniGames) – 2D-игра-головоломка, в которой необходимо использовать свое художественное видение и творческое использование физики;
- Аллотроп (АНО «еНано») – ролевая онлайн-игра, при этом игровая среда (сюжет и «геймплей») формирует и развивает метапредметные и предметные компетенции на материале школьного курса физики, а также базовые навыки программирования.

2. Анкетирование для выявления целевой аудитории

Для описания типичного пользователя разрабатываемой игры было проведено анкетирование среди школьников 7-8 класса. Более 80% опрошенных отметили, что им хотелось бы получать знания в игровой форме, и что такой формат может быть востребованным. При этом лишь 30% опрошенных имели опыт прохождения обучающих игр.

3. Анализ и выбор инструментария разработки игры

Для реализации была выбрана среда Unity. Unity3d – это современный кросс-платформенный движок для создания игр и приложений, разработанный Unity Technologies. При выборе среды разработки игры важными оказались следующие преимущества Unity:

- возможность разрабатывать игру в реальном времени, результат изменений можно увидеть сразу;
- наличие узла совместной работы для художников, дизайнеров и программистов;
- использование популярных языков программирования – C# и JavaScript для написания сценариев (скриптов);
- возможность запустить игру на разных платформах.

4. Разработка сценария и выбор графических инструментов

Графика игры создавалась в средах Adobe Photoshop, Adobe illustrator, PaintToolSai. PaintToolSai – удобный инструмент для рисования, использовался для отрисовки персонажей и ландшафта. Adobe Photoshop – направлен на обработку графики, применялся для доработки деталей, цветокоррекции. Adobe illustrator – программа векторной графики, использовалась для создания изображений кнопок, иконок и других элементов интерфейса.

В качестве образовательной направленности остановились на формате тренажера, когда определенная изученная тема в рамках игры отрабатывается на несложных задачах. Следует отметить и другие варианты использования компьютерной игры при обучении физики: в качестве первичного закрепления; как домашнее задание для закрепления изученного материала; игра как дополнение при изучении темы; прохождение игры как проект; для контроля знаний.

5. Разработка игрового дизайна

В архитектуре программного продукта можно выделить несколько компонентов (уровней):

- пользовательский интерфейс (разработка стиля, разработка моделей персонажей и ландшафтов игры, разработка элементов игрового интерфейса, алгоритм внедрения разработанных элементов дизайна в программу, выбор подходящих форматов и инструментов разработки);

- программный уровень (многоуровневая разработка модели согласно логическим блокам, используемым ресурсам и реализуемым функциям);

- уровень логики (разработка сценария с учетом имеющихся ресурсов и поставленных целей программного продукта, алгоритмы работы пользователей с различным уровнем прав и задач, логика управления программным продуктом и учета статистики);

- уровень данных (разработка структуры данных, выбор подходящих инструментов и протоколов обмена данными).

Ключевыми моментами на данном этапе оказалась состыковка различных уровней, необходимость в едином понятийном языке, единые форматы данных, согласующиеся между собой инструменты разработки.

6. Прототипирование

На данном этапе необходимо создать упрощенную версию игры. При этом прототипирование может включать реализацию следующих компонентов:

- одна из интерактивных сцен сюжета игры;
- поле формулировки задачи;
- поле решения задачи;
- поле интерактивной интерпретации решения пользователя;
- интерфейс для базового набора функций.

7. Тестирование прототипа и выявление недостатков

- анализ сложности реализации интерактивных компонентов (когда затраты могут оказаться неоправданно велики);
- анализ юзабилити (удобства использования) основных компонентов интерфейса на различных уровнях (формулировка задачи, решение, управление);
- анализ возможности начисления игровых очков и их интерпретация в баллы в рамках обучения;
- анализ необходимости в привлечении дополнительных экспертов.

На данном этапе важно провести тестирование с привлечением потенциальных пользователей: учащихся, преподавателей. Интервьюирование для выявления недостатков и новых не запланированных ранее функций.

Следует отметить, что разработка игры — это непростой процесс, который состоит из множества пунктов, начиная от сюжета и заканчивая технической реализацией. Геймдизайн включает несколько направлений: системный дизайн, контент-дизайн, дизайн уровней и мира, при этом, в каждом из направлений могут трудиться десятки и даже сотни человек, в зависимости от масштабов и бюджета игры.

Литература

1. Караваев Н.Л., Соболева Е.В. Совершенствование методологии геймификации учебного процесса в цифровой образовательной среде [монография] / – Киров : Вятский государственный университет, 2019. – 105 с.
2. Game Design Workshop: A Playcentric Approach to Creating Innovative Games, Fourth Edition 4th Edition, Tracy Fullerton, A K Peters/CRC Press; 4th edition (August 27, 2018)
3. <http://allotrop.ru/>
4. <https://4creates.com/games/>

СРЕДА ПРОГРАММИРОВАНИЯ SCRATCH КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ АЛГОРИТМИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ МЛАДШЕГО ШКОЛЬНИКА

Кувшинова Е.Н., Шаповалова Д.С.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»
E-mail: enkuvshinova@sfnedu.ru

Уже давно доказанно, что мышление школьников от 6 до 11 лет носит конкретно-образный характер. Возрастной период формирования конкретных операций, который непосредственно приходится на начальную ступень обучения. При этом роль средств наглядного обучения увеличивается в разы. Вместе с тем только наглядность не обеспечивает в полной мере эффективного усвоения знаний. Хорошим «союзником» в этом деле выступает непосредственно активная познавательная деятельность ученика. Успех в освоении новых знаний обучающимся достигается только тогда, когда происходит всестороннее восприятие предлагаемого учителем материала, когда есть возможность «доступа» к изучаемому предмету, предполагающая комбинирование, самостоятельное перемещение объектов, наблюдение, обобщение и вывод.

Этому во многом способствует обучение информатике: обучающиеся овладевают новыми мыслительными операциями; учатся выстраивать последовательность действий, необходимых для решения поставленной задачи и выделять в общей задаче ряд более простых подзадач. Именно на уроках информатики формируются навыки планирования работы, представление о способах анализа, приобретается опыт полного и точного описания действий. Все это можно условно охарактеризовать как алгоритмическое мышление.

На основе анализа требований к результатам освоения основной образовательной программы по информатике и математике Федерального государственного образовательного стандарта начального общего образования (ФГОС НОО) [10] можно сделать вывод о том, что на всех этапах обучения информатике основной целью школьного образования является формирование алгоритмического мышления. В то же время очевидно, что к освоению элементов алгоритмического мышления обучающиеся должны приступить еще на стадии начальной школы.

Большинство авторов учебников по информатике для начальной школы (Горячев А.В. [2], Матвеева Н.В. [6], Могилев А.В. [7], Плаксин М.А. [8]) считают необходимым формирование алгоритмического мышления. Каждый из этих учебников содержит раздел, посвященный алгоритмам и исполнителям.

Освоение компьютера как универсального инструмента реализации алгоритма, происходит в рамках практической составляющей предмета, которая реализуется в рамках предмета «Технология». Межпредметные связи с другими дисциплинами, прежде всего с математикой, отвечают этой же цели, но реализуют изучение теоретического компонента программы по информатике. Таким образом, в образовательных программах начального образования редко предусматривается обучение программированию. Решением такой проблемы может стать выделение часов из вариативной части ФГОС НОО при активной поддержке школьной администрации.

Эффективное изучение младшими школьниками основ информатики, не должно сводиться к технологии, и быть частью другого предмета. Все это подразумевает изучение основ программирования в рамках курса «Информатика» в начальной школе.

Если говорить про обучение школьников программированию на ступени начальной школы, то помимо проблемы способа реализации самого курса возникает иная проблема: младшим школьникам трудно запомнить достаточно сложный синтаксис современных языков программирования, написанных к тому же на иностранном языке, к изучению которого они только приступили. Этот диссонанс разрешило создание близких к образу мышления детей языков программирования, ставших своеобразной основой для изучения более сложных языков.

Во многих странах мира к изучению основ программирования приступают с начальной ступени школьного образования. Kodu, MIT's, Logo, Scratch – программные среды, благодаря которым школьники имеют возможность создавать простые программные продукты. Их основной отличительной чертой стали команды для управления понятными младшему школьнику исполнителями.

В России обучающиеся начальной ступени образования приступили к изучению основ программирования после принятия ФГОС НОО в 2009 году. Образовательный стандарт в настоящее время не регламентирует изучение информатики в начальных классах как самостоятельного предмета. Для реализации курсов программирования в рамках внеурочной деятельности младших школьников используются разные программные продукты, но одним из самых популярных является Scratch.

Статистика официального сайта Scratch показывает, что количество новых пользователей продукта постоянно растет. Это означает, что Scratch в образовательном процессе использует все большее количество школ по всему миру. Зарегистрировано более 69 млн пользователей, более 423 тыс. из России [11].

США стоит на первом месте в списке стран, где Scratch получил наибольшее распространение. Количество зарегистрированных пользова-

телей в США составило 25 309 680 чел. (38,77%) [11]. Этому способствует обязательное включение Scratch в школьную программу страны и большое количество англоязычной учебной литературы.

Стоит отметить, что с каждым годом уменьшается средний возраст пользователей [11], а ежемесячная доля проектов только растет. Так в марте 2021 года количество новых проектов достигло 2 195 996 [11]. Это обусловлено включением изучения основ программирования в программы начального образования все большего количества стран.

Рассмотрим особенности среды программирования Scratch, которая активно используется в большинстве российских школ для формирования алгоритмического мышления у младших школьников.

Одной из важных особенностей обучения основам алгоритмизации в начальной школе является игровая форма обучения. Несмотря на то, что у детей в начальной школе игровая ведущая деятельность сменилась на учебную, эта форма обучения призвана создать мотивацию к изучению новой и сложной области.

Принадлежность Scratch к классу событийно-ориентированных языков программирование дает ему преимущество перед процедурными языками: скрипты исполняются параллельно, сокращается количество дополнительных шагов. Благодаря этой особенности Scratch становится близким к таким объектно-ориентированным языкам программирования как C++, Java, переход к их изучению происходит более организованно, постепенно и с меньшими трудностями.

Как следствие, становится возможным выделение следующих имеющих значительный педагогический потенциал, имманентных свойств Scratch.

Доступный интерфейс. Основное требование для изучения программированию на Scratch – умение читать.

В редакторе текстов используется drag-and-drop подход. Редактор текста программы построен по принципу конструктора Lego: программа на Scratch создается из последовательно соединяющихся разноцветных блоков, представляющих собой операторы языка. Программирование в Scratch на подсознательном уровне превращает учебу в игру, а если в этой игре что-то не так, то с легкостью можно исправить ошибку.

Для начальных этапов поисково-исследовательской деятельности характерно активное развитие логического мышления, умения устанавливать причинно-следственные связи междисциплинарных познавательных умений и навыков. Все этому способствует *ориентация Scratch на обработку событий*. Через демонстрацию систем как связанных объектов закладываются основы системного мировосприятия.

Объектная ориентированность. Родоначальником Scratch является первый объектно-ориентированный язык Smalltalk. Такая родословная поз-

воляет избежать при создании программ построения деревьев наследственности, использования полиморфизма, описания классов, столкновения с инкапсуляцией. [11].

Ориентированность на графику. Важным инструментом развития интеллекта младшего школьника является наглядно-образное мышление, развитию которого способствует изучение объектно-ориентированных языков программирования, в частности Scratch.

С точки зрения теории, Scratch – объектно-ориентированный язык, позволяющий создавать *многопоточные программы*. Раннее знакомство школьников с такой востребованной технологией, как параллельное программирование полезно для их будущей профессиональной ориентации [9].

Возраст младшего школьника приходится на один из сензитивных периодов, когда ребенок самостоятельно осуществляет частично-поисковую деятельность. Одним из способов ее реализации является метод проекта. Среда Scratch часто используется *для проектной деятельности*, так как все необходимые для нее компоненты включены в этот язык программирования. Помимо компилятора, редактора, отладчика Scratch «укомплектован» графическим редактором, библиотекой готовых графических объектов, библиотекой звуков.

В Scratch пользователь работает с проектом. Это связано с тем, что на протяжении всех этапов разработки даже самого простого продукта в Scratch необходимо придерживаться изначально поставленной цели проекта, постоянно сверяться с исходным замыслом.

Педагогический потенциал Scratch дает право использовать его и как инструмент организации междисциплинарной проектной деятельности, направленной на всестороннее развитие младшего школьника.

Благодаря перечисленным особенностям и свойствам Scratch становится возможным познакомить младших школьников с моделированием – наиболее универсальным методом познания действительности. Это обусловлено приоритетной направленностью Scratch на создание моделей и работу с ними.

Согласно ФГОС НОО в настоящее время информатика в начальной школе не входит в перечень обязательных предметов. Такое положение идет в разрез с социальным заказом общества, потребностями развития личности учащихся начальной школы, требованиями модернизации современного образования. Неотъемлемой частью школьного информатического образования должен стать пропедевтический курс начальной школы, что подтверждают отечественные исследования и зарубежный опыт такого обучения.

Раннее обучение программированию в Scratch на основе использования объектно-информационного подхода способствует формированию алгоритмического мышления и познавательных умений учащихся, готовит

их к усвоению базового курса информатики и ИКТ. Изучение Scratch позволит с меньшими трудностями перейти к другим учебным языкам программирования на следующих уровнях образования.

Литература

1. Бененсон Е.П. Информатика 2 – 4 кл.: Метод пособие к учебнику /Е.П. Бененсон, А.Г. Паутова. – М.: Акдемкнига, 2010.
 2. Горячев А.В. Информатика. 3 класс: учебник в 2. ч. Ч. 2. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019.
 3. Ершов А.П. Школьная информатика (концепции, состояния, перспективы)/ А.П. Ершов, Г.А. Звенигородский, Ю.А. Первин// Информатика и образование, – 1995, – №1.
 4. Дженжер В.О. Место программирования в курсе информатики начальной школы // Вестник ОГУ, 2010. –№9, – С.154–159
 5. Лапчик, М.П. и др. Методика преподавания информатики [Текст]: Учеб. Пособие для студ. Пед. Вузов / М.П. Лапчик, И.Г. Семакин, Е.К. Хеннер; Под общей ред. М.П. Лапчика. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 624с.
 6. Матвеева Н.В. Информатика. 4 класс: учебник в 2 ч. Ч. 2. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019.
 7. Могилев А.В. Информатика. 4 класс: учебник в 2 ч. Ч. 2. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019.
 8. Плаксин М.А. Информатика. 4 класс: учебник в 2 ч. Ч. 1. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2019.
 9. Семакин И.Г., Шестаков А.П. Основы программирования: Учебник. – М.: Мастерство; НМЦ СПО; Высшая школа, 2001. – 432 с.
- Электронные ресурсы
- 10.Федеральный государственный образовательный стандарт начального общего образования (1–4 классы): <https://fgos.ru/> (дата обращения 28.02.2021).
 - 11.Сайт сообщества Scratch. URL: <http://scratch.mit.edu/> (дата обращения: 01.03.2021)

МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА ПРОСЕК ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Кузьмина О.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Таганрог

E-mail: ol.kuzmina98@yandex.ru

Введение

В последние годы крупнейшие энергетические компании уделяют все более пристальное внимание качеству предоставляемых ими услуг. Одним из определяющих факторов бесперебойной поставки электроэнергии является расчищенные в соответствии с нормативами просеки воздушных линий электропередач.

В связи со стремительным развитием геоинформационных технологий появилась возможность оперативного мониторинга высоковольтных линий с учетом основополагающих технических характеристик. В связи с тем, что активы энергетических компаний, в первую очередь электросетевых, характеризуются географической распределенностью, в деятельности предприятия существует большое количество технологических задач, для планирования и управления, которыми необходимо провести пространственный анализ взаиморасположения и связи объектов [1].

Преимущества ГИС при мониторинге объектов энергетики

Инфраструктура энергетических компаний характеризуется значительной пространственной протяженностью [2]. Элементы сетей, генерирующие, распределительные и другие объекты связаны друг с другом, взаимодействуют со своим окружением, изменяют состояние, добавляются, заменяются и ремонтируются в процессе эксплуатации. Все это можно смоделировать в ГИС (но весьма трудно в обычных базах данных и совсем нельзя на обычных картах) [2]. Таким образом, мы получаем детальную, точную и актуальную модель хозяйства энергетической компании и его окружения. Посредством ГИС возможна визуализация следующих объектов:

- 1) подстанции;
- 2) линии электропередач;
- 3) охранные зоны и просеки воздушных линий электропередач;
- 4) лесные массивы, произрастающие в зоне прохождения ЛЭП;
- 5) склады аварийного резерва;
- 6) транспортная сеть от склада аварийного резерва до мест повышенного риска возникновения аварии;

7) структурные подразделения электросетевой компании.

Таким образом, можно сделать вывод – ГИС успешно внедряются в энергетические компании по всему миру и становятся неотъемлемым инструментом при предотвращении, выявлении и ликвидации аварийных ситуаций. Однако, проблема нерегулируемого зарастания просек под ВЛ в России хоть и существует уже давно, однако повышенное внимание ей стали уделять лишь в последнее время. За это время не было создано системы для мониторинга состояния просек ЛЭП и предотвращения возникновения аварийных ситуаций [3].

Мониторинг просек ЛЭП

Для разработки электронной базы данных мониторинга и диагностики состояния воздушных просек линий электропередач в первую очередь необходимо собрать геодезическое обоснование проекта. На примере геоинформационной системы QuantumGIS и объекта ВЛ-110 кВ "Стрела - Береговая" нами был создан наглядный пример электронной базы данных для мониторинга просек выбранной линии электропередач. Прежде всего, была выбрана геоподложка из доступных встроенных модулей QGIS – спутниковые снимки Bing и OpenStreetMap. При наличии данных геодезической съемки необходимо наложить полученный результат поопорной привязки, и убедиться, что съемка была произведена достаточно точно.

Далее для удобства обработки и измерения общей протяженности объекта был создан слой «power line» («линия электропередач»), путем соединения точек опор. В таблице свойств данному слой задан атрибут «voltage» («вольтаж»), который характеризует напряжение линии (110 кВ) и «протяженность».

Следующим шагом было нанесение охранных зон, в соответствии с ГОСТ 12.1.051-90. ССБТ [4]. Охранная зона для ВЛ-110 кВ "Стрела - Береговая" установлена в размере 20 метров.

После задача состояла в обрисовке лесных массивов и определении породного состава растительности в зоне прохождения ЛЭП.

Далее одновременно включаем слой растительности и охранной зоны, утвержденной нормативными актами. Как можно заметить, в некоторых местах получается наложение одного слоя на другой. В исследовании данной энергетической линии таких нарушений выявлено 37. Эти области являются зонами повышенного риска – при падении дерева обрыв ЛЭП будет неизбежен. Следовательно, в данных местах необходимо расширить просеку, приведя ее ширину к установленному нормативу.

Выводы

В ходе проведения работы можно сделать вывод о том, что ГИС активно внедряются в энергетические компании по всему миру и становятся неотъемлемой частью при обнаружении и устранении аварийных ситуаций. Таким образом, в результате проведенной работы можно сделать вы-

вод о том, что каждая просека воздушной линии требует своевременного проведения санитарных работ по вырубке деревьев, способных нарушить функционирование линий электропередач.

В результате получения необходимой информации, возможен качественный мониторинг и диагностика состояния просек, которые обеспечат бесперебойное функционирование линий электропередач. В результате разработки информационной базы данных, посредством ГИС, на геоинформационную подложку на основании геодезической съемки были нанесены опоры ЛЭП (3540) ВЛ-35кВ. Также в соответствии с установленными нормативами была нанесена охранная зона ВЛ. Был проведен анализ застроенности просек изучаемого объекта и нанесен соответствующий слой. Далее был сделан вывод о соответствии и нарушении нормативно установленной ширины просек для ВЛ-35, вычислено количество участков, рекомендованных к расчистке. Нанесен вспомогательный слой дорожной сети к местам расчистки.

Литература

1. Сергиенко Д.В. // Российский ежемесячный бизнес-журнал «CONNECT! Мир связи». – 2012. – N 3 [Электронный ресурс]: <http://www.connect.ru/article.asp?id=10612>
2. Андрианов В.Ю. // Российский ежемесячный бизнес-журнал «Рациональное Управление Предприятием», – 2010, –N 1 [Электронный ресурс]: <http://www.remmag.ru/admin/upload>
3. Вайсблат Н.Э., ГИС в качестве инструмента для мониторинга энергетических объектов / Н.Э. Вайсблат, И.С. Перемитин, К.В. Иконникова // проблемы геологии и освоения недр: сборник работ. – Томск, – 2014. – С. 597–600.
4. ГОСТ 12.1.051-90. ССБТ. Электробезопасность. Расстояния безопасности в охранной зоне линий электропередачи напряжением свыше 1000 В.

РАЗРАБОТКА МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО WEB-СЕРВИСА ДЛЯ РЕДАКТИРОВАНИЯ И ЗАПУСКА ИГР НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ГРАФОВ

Левченкова А.С., Фёдорова И.А.
*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И.И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: irfedorova@sfnedu.ru*

В данной работе рассматривается разработка веб-приложения, которое позволит эффективно структурировать и визуализировать структуру игры или обучающего приложения. Этот проект особенно необходим в игровой сфере для игр с нелинейным сюжетом, так как для такого типа игр характерен рост числа ветвлений, что значительно увеличивает сложность отладки и редактирования. Наиболее распространенный метод визуализации таких структур – ориентированный граф.

Приложение AutoQuests – это интерактивный браузерный редактор сценариев, представленных в виде ориентированных графов, узлами которых являются всевозможные сюжетные точки. Этими точками, могут быть вопросы в тестах, локации в играх, часть диалог или просто повествование с изображением. Ребра в таком графе являются возможными вариантами развития событий, ответами на вопросы или переходами из одной точки к другой. Чтобы ввести ограничения для переходов по графу, было сделано решение добавить игровые состояния, описывающие текущий прогресс пользователя, статус выполнения теста или любые другие данные о текущей клиентской сессии. Состояние представляет собой ассоциативный массив, ключи и значения которого могут меняться в ходе игры. Ребра могут иметь условия, зависящие от состояния, которые позволяют блокировать те или иные действия пользователя. При переходе по ребру выполняется операция обновления состояния. Эти два принципа делают граф игры динамическим, что расширяет возможности приложения, но усложняет необходимые для обработки данных алгоритмы.

Прототип приложения представляет из себя веб-платформу с серверной частью на языке Ruby с использованием фреймворка Rails, а пользовательский интерфейс разработан на JavaScript с использованием фреймворков React и MobX. Для визуализации графов была использована библиотека D3.js. Основные части приложения реализованы в виде отдельных SPA (Single Page Applications): редактор графа, плеер для запуска игры и приложение для управления графами пользователя.

Для эффективной работы такого веб-приложения с учетом возможности совместного редактирования графов требуется реализовать автоматическое обновление данных в браузере пользователя без перезагрузки страницы. Это было сделано с использованием web-сокетов для передачи данных и библиотеки MobX для реализации модели реактивного обновления данных на странице. В частности, была решена задача обновления родительских компонентов интерфейса при изменении состояния дочерних компонентов путем внедрения сущности «хранилище» на основе MobX. Логика работы с данными приобрела следующий вид: клиентская страница подписывается на обновления через web-сокеты, при получении сообщения от сервера происходит обновление хранилища, средствами MobX происходит рассылка сообщений о необходимости обновления UI, затем производится рендер только тех компонентов, которые должны быть обновлены. Таким образом удалось разделить логику работы приложения от логики рендера компонентов и сократить количество операций с виртуальным DOM (Document Object Model).

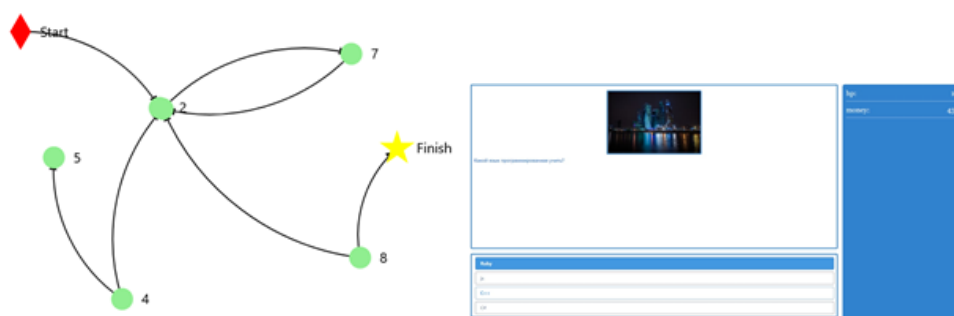


Рис. 1. Представление графа игры в браузере средствами D3.js (слева) и прототип интерфейса приложения-плеера (справа)

Для серверного представления структуры графа в первой версии приложения была реализована реляционная СУБД. Такое решение является допустимым, но не оптимальным, так как требует реализации базовых алгоритмов на графах. В текущей версии приложения реляционная СУБД заменена на графовую СУБД Neo4j. В Neo4j используется собственный язык запросов – Cypher. Данный подход позволил упростить структуру серверного хранилища, не потеряв при этом возможность использовать колбеки приложения на Rails и встроенные методы библиотеки ActiveRecord. Для связи этих инструментов использовалась библиотека ActiveGraph.

Так как в Neo4j данные изначально хранятся в виде вершин и ребер, нет необходимости создавать множество таблиц, выполняющих их функции. Также у каждой вершины или ребра может быть различное число атрибутов, в которых можно хранить любую информацию. Тип вершины

помечается специальной меткой, при этом допускается наличие нескольких меток на одном узле. Атрибуты и метки формируются динамически, что позволяет использовать возможности динамически типизированного языка Ruby.

Все расчеты, связанные с изменением игрового состояния, проводятся на сервере, что исключает возможность изменения состояния вне заданных для игры правил и позволяет не передавать в клиентское приложение-плеер условия и функции изменения состояния, заданные на ребрах. Данная архитектура делает приложение пригодным для использования в качестве инструмента тестирования. Для реализации функций-условий и функций-переходов был написан примитивный парсер выражений, поддерживающий арифметические и логические операции с данными состояния, причем ключи ассоциативного массива состояний могут стоять как в левой, так и в правой части выражений. Допускается создание новых ключей состояния в процессе игры.

Предложенная архитектура поддерживает многопользовательское редактирование графов игры, разрешение конфликтов данных, возникающих при таком редактировании, основано на базовых алгоритмах с CRDT-подобными структурами данных.

В ходе работы были созданы основные компоненты приложения и разработаны тестовые сценарии для проверки работоспособности проекта.

РАЗРАБОТКА ОБОГАЩЕННОГО СЦЕНАРИЯ ПОИСКОВО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ В ИНТЕРНЕТ-ПРОСТРАНСТВЕ

Лызь Н.А., Истратова О.Н.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Институт компьютерных технологий и информационной безопасности,

г. Таганрог

E-mail: nlyz@sfedu.ru

Движение к обучающемуся обществу, рост числа и разнообразия познавательных задач, для решения которых используется сеть Интернет, стимулирует изучение поисково-познавательной деятельности и разработку способов ее оптимизации. Такую деятельность мы рассматриваем как одну из ключевых разновидностей реализуемой в сети информационно-образовательной деятельности обучающихся, включающую постановку задачи, использование технологий поиска и работы с информацией, анализ и отбор релевантной информации, ее верификацию и применение [1]. Эффективность и безопасность поисково-познавательной деятельности в интернет-пространстве зависит от множества факторов, связанных с организацией и наполнением сети Интернет, «механикой» поисковых систем, с навыками субъекта, реализующего данную деятельность, качеством управления деятельностью в интернет-пространстве [2]. Следует отметить, что такая деятельность имеет множество рисков: коммуникационные, контентные кибер-риски, риски веб-серфинга (уход от решения задачи в бесцельную гипертекстовую навигацию или к привлекательным ресурсам, поверхностный поиск, отсутствие смыслового погружения в решение поставленной задачи, хаотичные действия при поиске) и др. [2, 3, 4].

В условиях рисков интернет-пространства и недостатка готовности субъекта к обеспечению эффективности деятельности и преодолению рисков, целесообразно сопровождение поисково-познавательной деятельности обучающихся, которое может осуществляться посредством технологических решений [2, 5]. С этих позиций актуальна задача разработки интеллектуальных цифровых ассистентов, выполняющих мотивационно-стимулирующую, направляющую, оптимизирующую, ограничивающую функции. Создание таких ассистентов предполагает разработку структурно-функциональной / процессуальной и сценарной моделей поисково-познавательной деятельности в интернет-пространстве.

В современных исследованиях в моделях деятельности по поиску информации отражаются не только этапы поиска или действия пользователя (запрос, мониторинг и дифференцирование, оценка и извлечение), но и ха-

рактические характеристики самого пользователя (пользовательские потребности и удовлетворенность / неудовлетворенность результатами поискового запроса) [6, 7], а также поисковые стратегии, компонентами которых являются: планирование поиска, выбор ресурсов, реализация, извлечение знаний, способы преодоления трудностей, оценка, контроль [8, 9].

На основании процессуальной модели информационно-образовательной деятельности [10] и проведенного нами эмпирического исследования можно охарактеризовать поисково-познавательную деятельность студентов через мотивы и действия на всех этапах поиска (планирования, исполнения, отслеживания результатов, коррекции деятельности) следующим образом. Ведущими мотивами поисково-познавательной деятельности являются учебно-познавательные (31 %), профессиональные (14 %), мотивы саморазвития (21 %), а также мотивы, связанные с оптимизацией самой поисковой деятельности (34 %). В данном типе деятельности мотивы и цели совпадают, что говорит о положительном прогнозе ее успешности. Действия планирования и поиска ресурсов представлены у студентов в общем виде: «используя любое электронное устройство, получить доступ в Интернет». Возможно, обучающиеся часто выполняют стихийный поиск, что может привести к отклонению от заданной цели. Исполнительские действия представлены следующим образом: выбор и использование поисковых систем (21 %), ввод запроса по ключевым словам и фразам (14 %), работа с информацией (поиск по электронным библиотекам, на форумах, на официальных источниках, серфинг по сайтам, работа с ресурсами с высоким рейтингом, работа с несколькими источниками) (65 %). Действия отслеживания (самоконтроля, рефлексии, анализа) результатов представлены анализом релевантности информации по сопоставлению разных источников, а также по сопоставлению с имеющимися знаниями (29 %), анализом отзывов на материал для дальнейшего принятия решения о его использовании (29 %), анализом, структурированием и отсеиванием лишней информации (42 %). Из представленных респондентами действий видно, что данный компонент деятельности представлен достаточно структурированно. Действия по коррекции деятельности слабо рефлексивны обучающимися. Развернутых ответов по данному типу ими не было представлено. Возможно, данный компонент интуитивно понятен обучающимся (нужно выполнять поиск разными способами, пока не будет достигнута цель) или не операционализирован ими вербально. Еще одним предположением может выступить слабая структурированность и рефлексия своих образовательных целей студентами.

Поисково-познавательная деятельность характеризуется не только мотивами, относительно стандартизированными этапами и достаточно устойчивой стратегией, но и конкретным зависящим от ситуации и состояния пользователя сценарием поведения, поэтому для моделирования такой де-

тельности целесообразно использовать сценарный подход. Сценарий поведения обучающихся в Интернет-пространстве мы определили как описательную модель информационно-образовательной деятельности, представляющую дискретно фиксируемую последовательность действий обучающегося и ключевых состояний системы «обучающийся – условия и ресурсы Интернет-пространства» [11]. Сценарии поискового поведения отражают пути решения обучающимися поисковой задачи, проявленные навыки и индивидуальные особенности деятельности, а также результат [3]. При решении задачи управления поисково-познавательной деятельностью необходимо расширить исходные синергические сценарии, моделирующие естественную динамику исследуемой системы, и создать обогащенные, аттрактивные, характеризующие желаемую динамику системы в условиях сопровождения интеллектуальным ассистентом. Обогащенные сценарии включают следующие этапы: постановка поисковой задачи; планирование поиска (с рекомендациями по выбору и использованию поисковой системы); работа с информацией – дифференцирование, оценка, извлечение знаний, преодоление трудностей (с поддержкой вовлеченности, подсказками, рекомендациями, что делать дальше, по какому пути пойти, чтобы достичь результата и избежать нежелательных информационных событий); верификация, отслеживание и применение результатов поиска (с поддержкой самоконтроля, рефлексии); завершение цикла или коррекция деятельности (с рекомендациями).

Таким образом, представленные в докладе теоретические основания и результаты эмпирического исследования позволяют, создавая обогащенные сценарии поисково-познавательной деятельности, разрабатывать способы сопровождения для повышения ее эффективности и безопасности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-29-22019.

Литература

1. Истратова О.Н., Лызь Н.А. Концептуальная модель информационно-образовательной деятельности обучающихся в интернет-пространстве // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2019. – Т. 8, № 2(27). – С. 314–318.
2. Лызь Н.А., Истратова О.Н., Лызь А.Е. Возможности и риски информационно-образовательной деятельности студентов в интернет-пространстве. // Открытое образование. – 2020. – Т. 24. – № 4. – С. 67–74.
3. Лызь Н.А., Истратова О.Н., Григорьев А.О. Сценарии поискового поведения в контексте безопасности студентов в интернет-пространстве // Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и

- управлении «КомТех-2020» [Электронный ресурс] / Материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием: в 2 т. – Ростов н/Д; Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2020. – Т. 2. – С. 275–280.
4. Бова В.В., Запорожец Д.Ю., Кравченко Ю.А., Кулиев Э.В., Курейчик В.В., Лызь Н.А. Идентификация неявных угроз на основе анализа активности пользователя в интернет-пространстве // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2020. – №3 (213). – С. 156–172.
 5. Liu C.-C., Chang C.-J., Tseng J.-M. The effect of recommendation systems on internet-based learning for different learners: a data mining analysis // British Journal of Educational Technology. – 2013. – Vol. 44, N 5. – P. 758–773.
 6. Ho L.-A., Kuo T.-H., Lin B. The mediating effect of website quality on Internet searching behavior // Computers in Human Behavior. – 2012. – Vol. 28, Is/ 3. – P. 840–848. doi: 10.1016/j.chb.2011.11.024
 7. Горюнова Л.Н. Развитие моделей информационного поведения с позиции обобщенной психологической теории деятельности // Вестник Санкт-Петербургского университета. – 2008. – Сер. 12. – Вып. 3. – С. 439–444.
 8. Tsai, M.-J. Online Information Searching Strategy Inventory (OISSI): A quick version and a complete version // Computers and Education. – 2009. Vol. 53, N 2. – P. 473–483.
 9. Walraven A., Brand-Gruwel S., Boshuizen H. P. Information-problem solving: A review of problems students encounter and instructional solutions. Computers in Human Behavior. –2008. – Vol. 24, Is. 3. – P. 623–648.
 10. Лызь Н.А., Истратова О.Н. Процессуальная модель информационно-образовательной деятельности обучающихся // IX Всероссийская научная конференция «Системный синтез и прикладная синергетика»: сборник научных трудов. – Ростов н/Д; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2019. – С. 500–507.
 11. Лызь Н.А., Григорьев А.О. Теоретический базис разработки сценариев поведения обучающихся в интернет-пространстве // Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития: материалы XXVII научной конференции [Электронный ресурс] – Ростов н/Д; Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2020. – С. 172–174.

УЛУЧШЕННЫЙ ГАУССОВЫЙ ФИЛЬТР В АЛГОРИТМЕ КЭННИ ДЛЯ РЕНТГЕНОВСКИХ СНИМКОВ

Маннаа А.С., Муратова Г.В.

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

E-mail: Ali88manna@gmail.com, muratova@sfedu.ru

В медицинских системах визуализации шумопоглощение является одной из важных задач обработки изображений. Автоматическое удаление шумов улучшит качество диагностики, но потребует тщательной обработки полученных изображений. Наиболее распространённым алгоритмом решения такого рода задачи является фильтр Кэнни.

В данной работе предлагается модифицированный алгоритм Кэнни (Canny Edge Detection) для рентгеновских снимков [1].

На первом этапе используется традиционный алгоритм обнаружения краёв Кэнни – проводится сглаживание изображения с гауссовской функцией $G = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right)$, но с σ (стандартное отклонение) постоянной величиной. Если σ мало, то позиционируемый край имеет высокую точность; если величина σ большая, то это может привести к чрезмерно сглаженному изображению, потере некоторой полезной информации и увеличению объёма расчётов. Поэтому параметр σ должен быть выбран правильно. Для определения правильного значения σ для каждой матрицы окрестности 3×3 пиксела $x(i, j)$ используется адаптивный усреднённый фильтр Гаусса и дисперсия в статистическом методе [2, 3].

В традиционном алгоритме Кэнни используется первая производная функции Гаусса. Функция Гаусса чувствительна к шумовым помехам, которые размывают края изображения, а алгоритм фильтрации Гаусса имеет высокую сложность и низкую эффективность работы [4]. Предлагаемый улучшенный Гауссовский фильтр позволит повысить эффективность используемого алгоритма. В области ω характеристики преобразования пикселей отражаются дисперсией, а шум является многомерным стохастическим процессом, удовлетворяющим статистическим характеристикам [5]. Статистические свойства шума могут быть использованы для устранения шума. Сначала мы определяем пиксель $x(i, j)$. Находим значение $\mu = \frac{1}{N} \sum_{(i,j) \in \omega} x(i, j)$ и вариативность $\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{(i,j) \in \omega} [x(i, j) - \mu]^2$ всех пикселей в области 3×3 окрестности пикселя, где N - число пикселей в рассматриваемой области.

Далее сравниваем абсолютное значение точки пикселя серого цвета - $|x(i, j)|$ с $|x(i, j)| * |x(i, j) - \mu|$. Если $|x(i, j)| < |x(i, j)| * |x(i, j) - \mu|$, то $\sigma = 1$, т.е. точка

считается менее затронутой шумом. В противном случае $\sigma = 1.6$, т.е. шум в данной точке будет значительным. Для выбора правильного значения σ используются среднее отклонение в статистическом методе адаптивного Гауссовского фильтра.

Предложенный алгоритм был программно реализован с использованием языка Python.

Результаты проведённых вычислительных экспериментов показаны на рис. 1. Они наглядно демонстрируют, что предложенный алгоритм улучшил результаты обнаружения краев ближе к краю исходного изображения по сравнению с традиционным алгоритмом Кэнни.

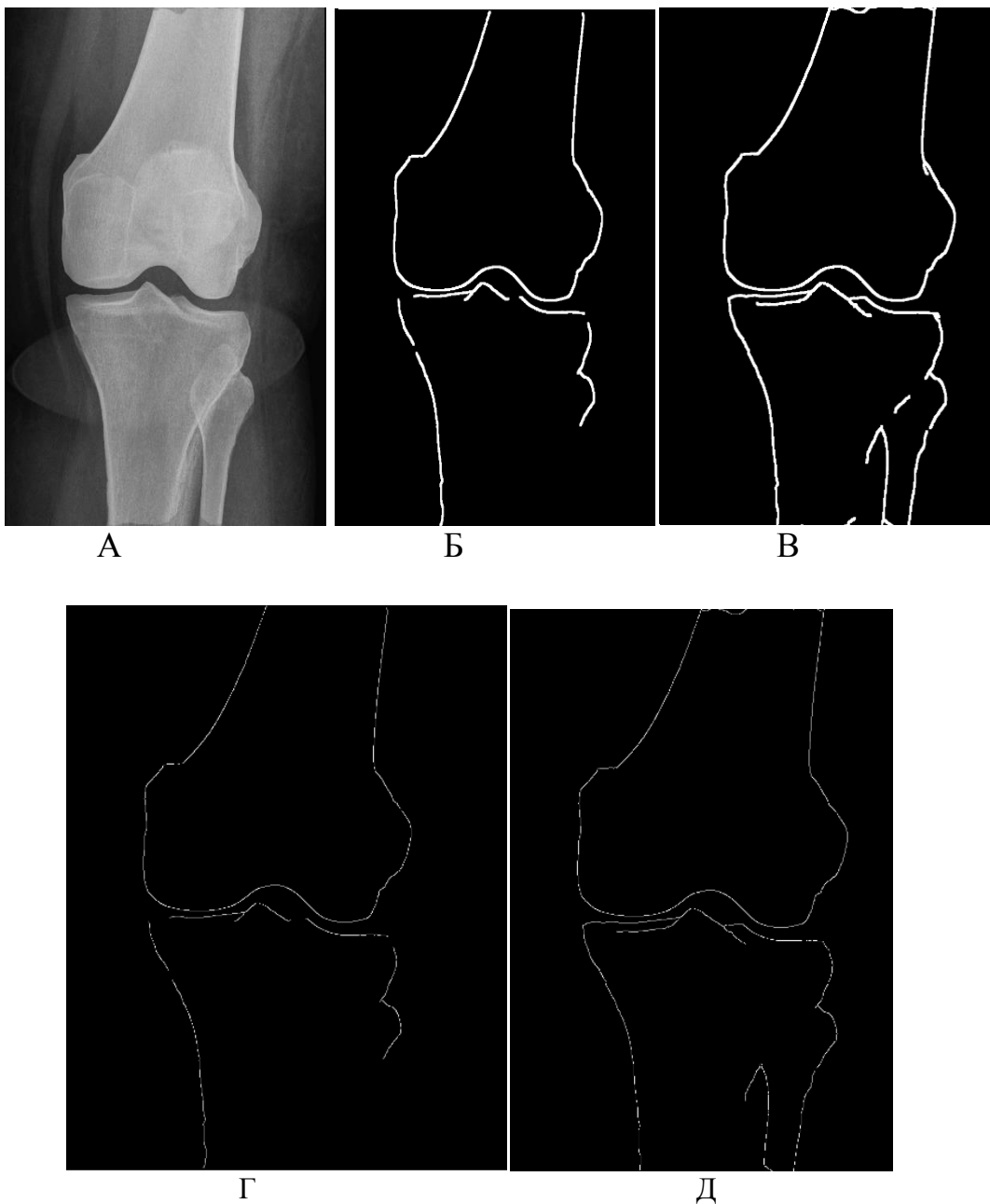


Рис. 1

(А) -исходное изображение, (Б) - результаты работы традиционного алгоритма Кэнни с размытием, (В) -результаты работы улучшенного Гауссовского фильтра с размытием, (Г) - результаты работы алгоритма Кэнни без размытия, (Д) - результаты работы алгоритма Кэнни с улучшенным Гауссовским фильтром.

Результаты проведенных вычислительных экспериментов показали, что адаптивный гауссовский фильтр улучшает антишумовую способность и отображает расположение краев более точно.

В дальнейших исследованиях будет разработан алгоритм для вычисления пороговых значений детектора Кэнни, поскольку качество получаемых результатов изображения существенно зависит от этих значений.

Литература

1. Jassam K.I. Removal of Random Noise from Conventional Digital X-Ray Images.– University of Maine Orono, 1992. – 114 p.
2. Junshan L., Ying M., Fangzhou Z. et al. Improved Canny Image Edge Detection Algorithm [J] // Acta Photonica Sinica.– 2011. – Vol. 40(s1). – P. 50–54.
3. Jiamei Z., Xiaoxu S., Binbin C. et al. Edge detection combined with fractional differential and Canny operator[J] // Journal of Image and Graphics. – 2016. – Vol. 21, N 4. – P.4 6–50.
4. Dan L., Jiansheng Q., Nannan L. Improvement of Image Edge Detection Technology [J] // Computer Engineering and Applications.– 2010. – Vol. 37, N 3.– P. 210–212.
5. Canny J.A. Computational Approach to Edge Detection IEEE // Transactions on pattern analysis and machine intelligence. 1986.

МЕТОДЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ФОРМИРОВАНИЯ РАБОЧИХ ПРОГРАММ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН

Майер С.Ф., Муратова Г.В.

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

E-mail: sfmayer@sfnedu.ru, muratova@sfnedu.ru

В сфере управления процессом обучения на протяжении длительного времени большое внимание уделяется проблемам формирования рабочих программ учебных дисциплин (РПД) и практик (РПП). Это обусловлено частой сменой образовательных стандартов и, как следствие, необходимостью разработки новых или внесения изменений в существующие программы.

В состав РПД и РПП помимо ряда основных пунктов, определенных в приложении к Приказу Минобрнауки России от 19 декабря 2013 г. N 1367 [1] также входят: аннотация, фонд оценочных средств (ФОС), свод методических рекомендаций, справка о материально-техническом обеспечении, сведения о библиотечном и информационном обеспечении.

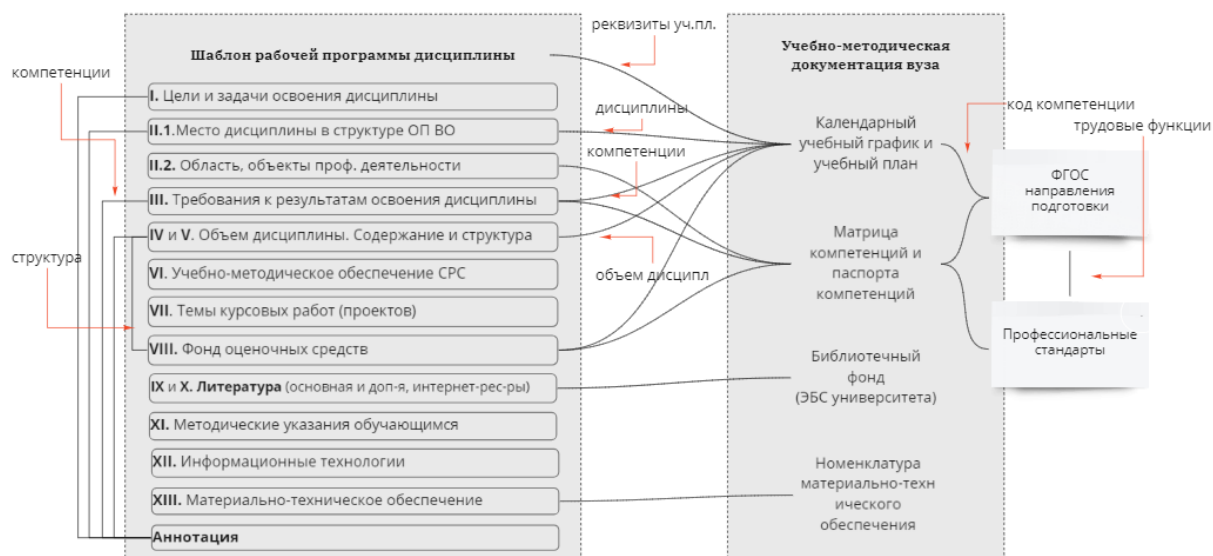


Рис. 1

На рис. 1 представлена схема взаимосвязей разделов рабочей программы с основными нормативными документами и документацией основной образовательной программы вуза. Данные связи обусловлены использованием в пунктах РПД повторяющихся элементов (компетенции, трудовые функции, уровни сформированности компетенций и т.п.), взятых из указанных документов. Изучение всех данных аспектов и учет их при

формировании РПД потребует времени, что влечет увеличение нагрузки ответственных за это преподавателей.

Современный уровень развития в сфере информационных технологий позволяет автоматизировать процесс разработки РПД.

В настоящей статье рассмотрены основные подходы к автоматизации процесса создания РПД (РПП). Анализируя современное положение дел в вузах, можно выделить следующие четыре варианта.

1. Отсутствие процесса автоматизации. Управленческая деятельность вуза автоматизирована частично, вследствие чего РПД формируются в ручном виде, данный процесс затрагивает деятельность практически всего ППС.

Программы разрабатываются преподавателями вручную, что помимо факта увеличения нагрузки ППС, влечет за собой проблемы отсутствия единых шаблонных форм рабочих программ; разнородности форматов и шрифтов документов, предоставляемых преподавателями; необходимости внесения изменений, связанной с реформированием в системе образования и т.п.

2. Формирование РПД осуществляется полностью на основе программного компонента (подсистемы) используемой АСУ.

Существует предназначенный для этой цели программный компонент используемой АСУ. В качестве примера рассмотрим процесс формирования РПД на основе подсистемы платформы "1С: Университет ПРОФ". Подсистема подготовки рабочих программ обеспечивает автоматический перенос необходимых данных из учебного плана, ФГОС и профессионального стандарта в РПД и автоматическое формирование данных первоначального заполнения РПД; создание РПД на основе существующей; получение отчетной информации о готовности РПД по образовательным программам вуза; получение сводных отчетов по данным рабочих программ; печать РПД и выгрузку сводных данных по рабочим программам в файл [2].

Наряду с перечисленными возможностями существуют и некоторые проблемы в использовании данного варианта автоматизации. Так, достаточно сложный и не всегда понятный механизм сопоставления внесенных данных с существующими нормативными документами приводит к излишней загроможденности и нагруженности интерфейса программ. Это значительно затрудняет понимание логики создания РПД, снижает уровень удобства использования программы.

Ограничение доступа к базе "1С: Университет ПРОФ" также затрудняет работу над РПД. Только определенный круг сотрудников, включающий, как правило, руководителей подразделений и заведующих кафедрами имеют доступ к системе, и, соответственно, ответственность за разработку РПД остается также за этими сотрудниками.

3. Разработан гибкий шаблон для формирования РПД средствами используемой АСУ.

В используемой АСУ отсутствует инструмент для работы с рабочими программами, но существует возможность создания для этих целей гибкого шаблона системы.

Примером может служить подход к формированию РПД на основе механизма бизнес-процессов, реализованного средствами платформы "1С: Предприятие 8" [3]. Предлагается следующая логика формирования РПД. Для начала в системе «1С:Предприятие 8» требуется создать документы: "Учебный План" (на основании которого производится распределение дисциплин по преподавателям кафедры); "Рабочая Программа" (для заполнения преподавателем основных сведений по программе); "Аннотация" (документ, формируемый автоматически на основании документа "Рабочая Программа") и документ "ФОС" (формируемый автоматически на основании документа "Рабочая Программа"; содержит шаблоны всех необходимых вариантов промежуточной и итоговой аттестации, которые заполняет преподаватель). [3].

Отсутствие необходимости обращения к сторонним специалистам, и, как следствие, дополнительных финансовых затрат является очевидным преимуществом данного подхода. Однако и здесь возникают и некоторые трудности: для обеспечения нужного уровня гибкости потребуется разработка средствами 1С большого количества дополнительных функций и добавление дополнительных механизмов (например, механизма проверки заполнения РПД, механизма автоматического контроля соответствия основных элементов РПД с аналогичными в учебном плане).

4. Формирование РПД осуществляется в автономном от используемой АСУ программном компоненте либо для этих целей используется разработанный корпоративный программный компонент (отдельный или интегрированный в существующую систему).

Организация документооборота учебного процесса вуза осуществляется в автономной системе, отличной от используемой АСУ. Примером может служить программный комплекс «Планы», компонент которого «Рабочие программы дисциплин» обеспечивает разработку шаблона РПД на базе учебного плана, правку шаблона, создание РПД на основе существующей, возможность взаимодействия программных систем (выгрузка XML-формата данных), контроль наличия РПД, закрепленных за кафедрами, импорт перечня литературы из файлов формата RUSMARC и ИРБИС, печать и экспорт выходных документов в форматы RTF, PDF и другое.

Недостатком использования такой системы является необходимость осуществления постоянной технической поддержки со стороны производителя подсистемы.

Наряду с использованием уже готовой системы, существует возможность создания отдельного корпоративного программного компонента для разработки РПД. Так, в Красноярском ГАУ разработана система для автоматизации разработки рабочих программ, сопряженная с АСУ «1С: Предприятие» [4]. С использованием конфигуратора «1С: Enterprise Development Tools» создана модель данных системы разработки РПД, включающая ER-модели «кафедра» и «РПД». Модель данных, реализованная в системе управления базами данных PostgreSQL, состоит из 27 сущностей и является отражением информационной базы, исполненной в среде «1С: Предприятие» [3]. Разработанная конфигурация интегрирована в текущую конфигурацию «1С: Университет».

Преимуществом данного варианта автоматизации является возможность разработки и настройки программного компонента под особенности конкретного вуза; например, добавление возможности разграничения уровня доступа к системе (Пользователь, Редактор). Следует отметить, что для реализации данного подхода потребуется постоянная техническая поддержка и специальный персонал для работы с РПД.

Другим примером может служить полностью автономная корпоративная система подготовки документации по основным образовательным программам – электронная среда платформы Matrix, используемая Волгоградским государственным социально-педагогическим университетом. Основным преимуществом системы является возможность унификации таких документов, как аннотация, программа учебной дисциплины (практики), фонд оценочных средств, общее описание основной образовательной, за счёт исключения повторяющихся элементов и системообразующих элементов в их текстах [5].

Для анализа созданных документов используются экспертные интеллектуальные системы, встроенные в Matrix. Элементы содержания разрабатываемых РПД, аннотаций и ФОС экспертируются системой через анализ ключевых слов, т.е. анализ представленности в рабочих программах межпредметных связей и повторов по ключевым словам дидактических элементов содержания. Однако разработка подобной корпоративной системы может потребовать длительного времени и высокой квалификации программистов.

На основании рассмотренных в настоящей статье подходов автоматизации процесса формирования РПД вузами можно сделать вывод, что выбор того или иного варианта разработки РПД в наибольшей степени зависит от того, какая АСУ используется вузом, и какие возможности предлагает данная система при работе с документами.

В Южном федеральном университете для осуществления управленческой деятельности вуза используется АСУ «1С:Университет Проф». Опрос преподавателей ЮФУ, занятых разработкой рабочих программ дисциплин

и практик, показал, что формирование документов происходит с максимальной «ручной» обработкой. На основе результатов проведенного анализа возможных способов автоматизации данного процесса для сотрудников университета предлагается три варианта: создание гибкого шаблона для формирования РПД средствами платформы «1С:Университет Проф», разработка программного компонента с созданием модели данных системы и интеграции ее в текущую конфигурацию «1С:Университет Проф», либо разработка корпоративной системы для автоматизации документооборота организации учебного процесса, сопряженной с используемой АСУ.

Литература

1. Приказ Минобрнауки России от 19 декабря 2013 г. N 1367 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры».
<https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=250124>
2. «Рабочие программы дисциплин (практик) в 1С: Университет» // Руководство пользователя. Саранск, 2019 [Электронный ресурс]. URL: https://volsu.ru/upload/medialibrary/cd1/РП_РуководствоПользователя_11.04.2019.pdf (дата обращения 25.03.2021).
3. Тындыкарь Л.Н., Демещенко А.В. Автоматизация формирования рабочих программ дисциплин средствами системы "1С:Предприятие 8" // Сборник научных трудов 20-й международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Д.В. Чистова. – Часть 2. Технологии 1С: перспективные решения для построения карьеры, цифровизации организаций и непрерывного обучения, – 2020, – С. 90
4. Миндалев И.В. Модель данных системы автоматизированной разработки рабочих программ дисциплин на платформе 1С:Предприятие // Материалы международной научно-практической конференции Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития. – 2019, – С. 284–287.
5. Машевская Ю.А., Смыковская Т.К., Сергеев А.Н. Технологические основы разработки образовательных программ для высшего образования в условиях функционирования электронной образовательной среды организации // Современные проблемы науки и образования. – 2020. – № 1

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА БАЛЛАША-КРИСТОФИДЕСА ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ГРАФОВ С ЗАДАНЫМ ОБХВАТОМ И ДИАМЕТРОМ

Манукян Г.А., Скороходов В.А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Институт математики, механики и компьютерных наук

им.И.И. Воровича,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: germanukyan@sfnu.ru, vaskorhodov@sfnu.ru

В работе рассматривается итеративный, полуэвристический алгоритм Баллаша-Кристофидеса [1], использующий метод ветвей и границ применительно к задаче обнаружения графов специального типа. Основной научной задачей является поиск и обнаружение различных графовых конструкций, графов-клеток (cage-graphs), двудольных графов и графов с заданными диаметром и обхватом. NP-Трудной задачей, для которой жадный алгоритм несводим к алгоритму из предполиномиального класса является задача отыскания графов, длина циклов которых является заданным четным числом.

Проблема имеет большое число приложений в таких смежных областях как теория случайных графов, изложенная задача относится к классу задач комбинаторной оптимизации [2]. Получается, сложность таких задач увеличивается с ростом числа непересекающихся, частично пересекающихся и вложенных ребер гиперграфа. В терминах трансверсалей графов, задача может быть сформулирована весьма просто: необходимо найти подграфы гиперграфа, по каждому СРП должен выполняться ряд условий, чтобы на графе соответственно разрывались циклы определенной длины. В частности, теорема Эрдеша-Реньи позволяет получать определенные графы в зависимости от хроматического числа и обхвата, в терминах случайных графов.

Решение задачи комбинаторной оптимизации имеет место и в различного рода разделах графов (разбиение вершин, ребер и в задача поиска максимального потока), не ограничено применение данной задачи и, очевидным образом, выходит за рамки текущей работы.

Применение данной задачи находится в теории построения лучших алгоритмов кодирования/декодирования, например, задач определения собирательного анализа графа транзакций в криптовалютных сетях и блокчейн-связанной области. С точки зрения других приложений – как в теории сложности алгоритмов, так и построении графа сетей, топологий сетей и других разделах теории графов.

В работе рассмотрены комбинаторные алгоритмы поиска графов путем генерации специальных подстановочных последовательностей – совершенных разностных множеств (англ. «Perfect Difference Sets», PDS) или Сингер-разностных множеств, специальных комбинаторных дизайнов и использовании подхода получения таких множеств несложным алгоритмом, основанным на конечных мультипликативных группах. Рассматриваются квазигруппы, облегченные дуальные сети (англ. «Light Dual Multinets») и другие алгоритмы, основанные на недетерминированной генерации самого графа, а теоретической оценке параметров графов. Однако, текущий раздел работы упрощен в силу того, что задачу необходимо решить одним способом, наиболее подходящим, имеет смысл искать и другие критерии, и приложения, но в рамках работы эта часть является экспериментальной.

Литература

1. Balas E., Christofides N. A Restricted Lagrangean Approach To The Traveling Salesman Problem. 1981. DOI: 10.1007/BF01584228.
2. Быкова В. В. Алгоритм построения дерева декомпозиции гиперграфа на основе ацикличности // Программные продукты и системы. – 2011. – № 1. DOI: 10.15827/0236-235X.

ОПЫТ ОСВОЕНИЯ ОНЛАЙН-КУРСА НА ПРИМЕРЕ «ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА ДЛЯ ИНЖЕНЕРОВ»

Махно А.С.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

физический факультет,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: asmakhno@sfedu.ru

Во всем мире принимают меры по организации образования в условиях пандемии коронавируса (COVID-19). Пришлось столкнуться с неожиданными трудностями в связи с введением режима самоизоляции. Система образования оказалась “на первой линии фронта” с большим количеством людей.

Закрытие учебных заведений и экстренный переход на онлайн- обучение сопряжены с очевидными проблемами, обусловленными, главным образом, недостаточным техническим оснащением, отсутствием или слабой подготовкой как педагогов, так и обучающихся к работе в новых условиях. Эти и другие проблемы бросают вызов системе образования в критической ситуации [1]. Одновременно, наряду с очевидными вызовами и проблемами, новый формат обучения предоставляет широкий спектр возможностей и перспектив для изменения и совершенствования образовательных систем, для которых критическая ситуация создает форсированные условия [2].

Южный федеральный университет не стал исключением в ряду тех, кого затронуло онлайн-обучение. В данной работе представлен собственный опыт автора, выделены плюсы и минусы онлайн-обучения. Весной 2020 г. УрФУ подготовил заявку на участие в конкурсе по гранту Минобр. УрФУ должен был разработать курс «Теория вероятностей и математическая статистика для инженеров» в случае победы в конкурсе. Согласно конкурсной документации необходимо было привлечь обучающихся иных образовательных организаций, результаты которых использовались в освоении онлайн-курса, разработанного в рамках гранта, для зачета в собственной образовательной организации в 2021 году, в том числе на безвозмездной основе. Материалы онлайн – курса представлены на <https://openedu.ru/>.

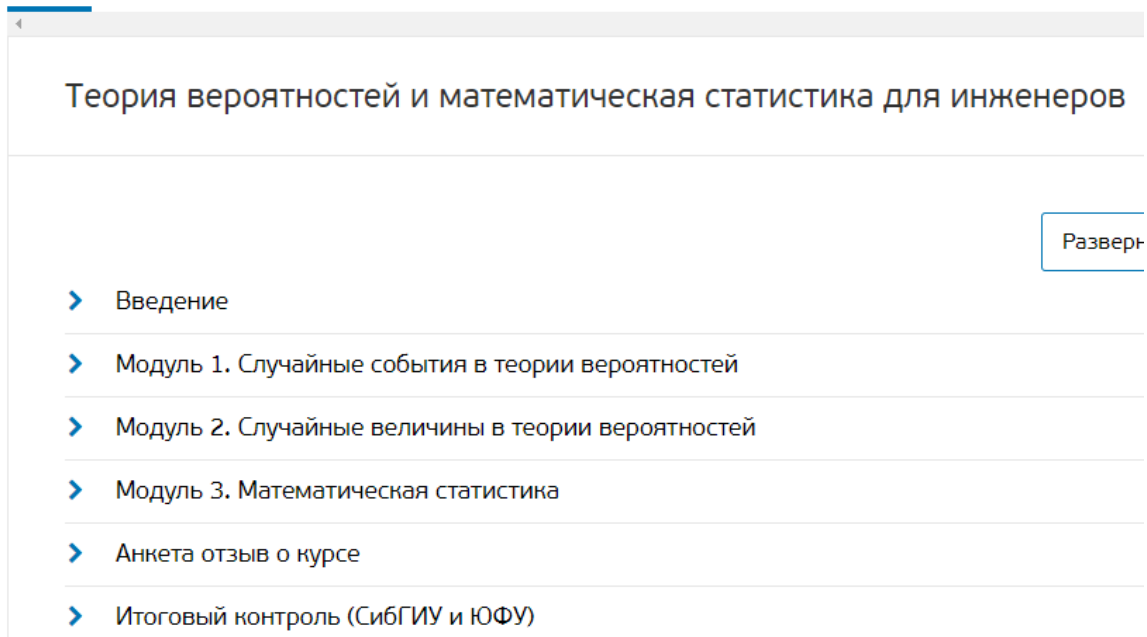


Рис.1. Структура курса «Теория вероятностей и математическая статистика для инженеров»

Содержание представленного теоретического курса (рис. 1) соответствовало календарно-тематическому плану. Часть учебной дисциплины «ТВМС» для физического факультета преподается в Южном федеральном университете один семестр в объеме 1 пары (т.е. 2 ак. ч) в неделю. По окончании курса студенты сдают зачет. Всего 72 ак. ч. Часть дисциплины «ТВМС» содержит две зачетные единицы. В предложенном курсе онлайн-прокторинг. Курс состоял из трех модулей. Структуру курса «Теория вероятностей и математическая статистика для инженеров» можно посмотреть на сайте <https://openedu.ru/>. Система оценок учебной работы в онлайн-курсе была следующей: учебные задания составляли 10% от итоговой оценки. Задания с выбором нескольких правильных вариантов ответа (задания на соответствие) считались выполненными при условии полного выбора правильных вариантов ответа. Контрольные задания составляли 25% от итоговой оценки. Промежуточный контроль по разделам составлял 25% от итоговой оценки. Тест итогового контроля составлял 40% от итоговой оценки. Если студент успешно проходил онлайн-прокторинг, ему выдавался сертификат.

Со студентами работа строилась следующим образом: на каждое занятие они должны были ознакомиться с «Видеоматериалами», «Текстовыми материалами» и «Видеопрактикумом» (рис. 2). Если оставались вопросы по просмотренному материалу, мы их обсуждали. Затем мы рассматривали

«Учебные задания» и решали примеры с «Контрольных задач». Остальные задачи, студенты решали самостоятельно. «Учебные задания», «Контрольные задачи» и «Промежуточный тест» у каждого студента были индивидуальными. На каждую задачу было дано три попытки, в случае неверного решения балл не засчитывался. Сумму полученных баллов можно было посмотреть в пункте «Прогресс» (рис. 1.). Каждую неделю представитель УрФУ присылал результаты о выполнении заданий студентами. По этой статистике можно было отследить, кто из студентов выполняет задания.

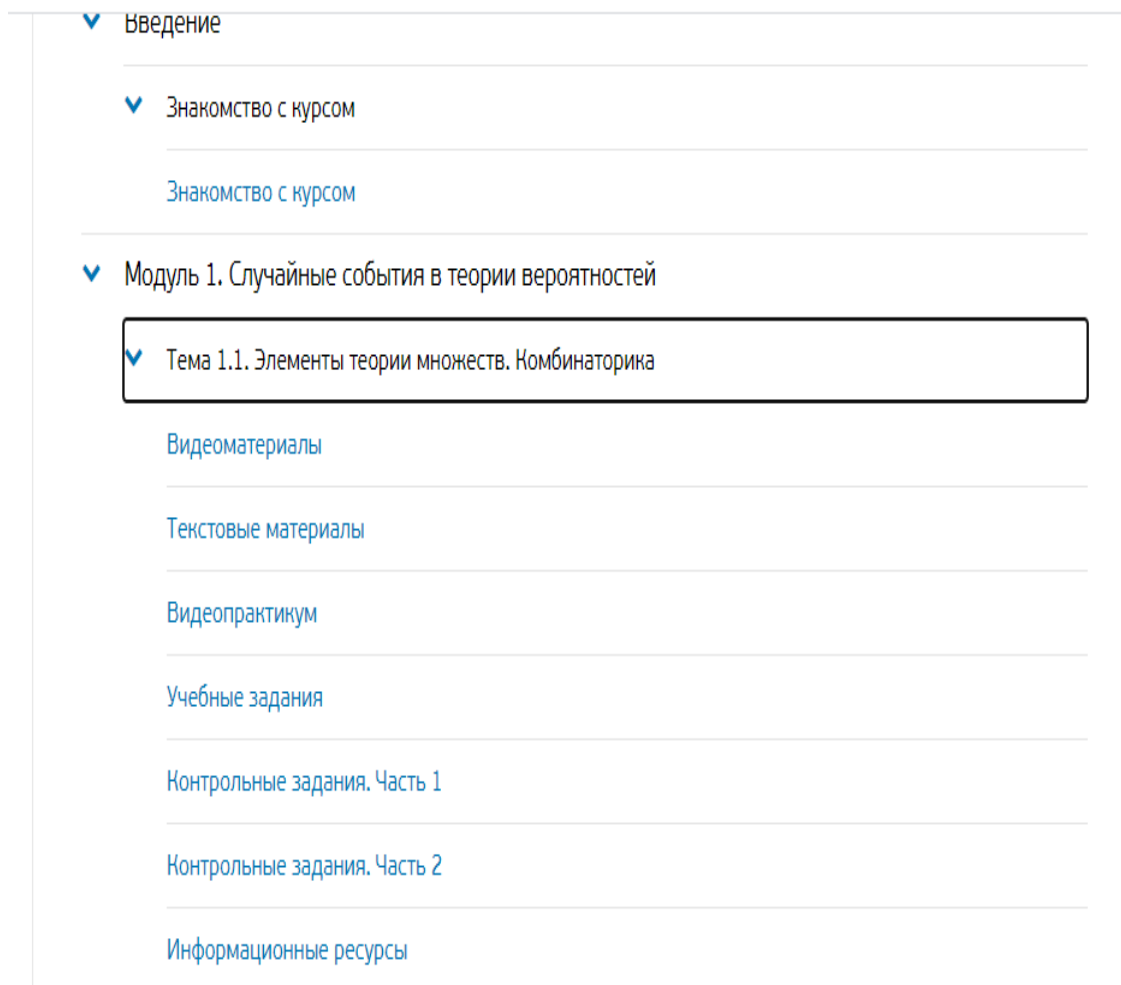


Рис. 2. Тема 1.1 курса «Теория вероятностей и математическая статистика для инженеров»

После окончания каждого модуля предлагался «Итоговый тест», студенты выполняли его самостоятельно. В конце семестра проводился «Итоговый контроль» онлайн-прокторингом. В случае, если оценка за итоговый экзамен (ИЭ) менее 40 баллов, то курс считался неосвоенным, если оценка за каждый раздел курса больше 40 баллов, то итоговая оценка за курс определяется следующим образом:

100-балльная шкала	5-балльная шкала
80-100	отлично
60-79	хорошо
40-59	удовлетворительно
0-39	неудовлетворительно

Таблица 1

Всего курс посещали 21 студент. По 40 и более баллов набрали 17 человек, менее 40 баллов – четыре человека (два из них не приступили к освоению курса). Экзамен сдали 12 человек и получили сертификат (таблица 2).

Результаты освоения курса (5-балльная шкала):	Количество студентов
отлично	1
хорошо	3
удовлетворительно	8
неудовлетворительно	7
не аттестован	2

Таблица 2

После освоения курса каждый студент мог оставить отзыв. Конечно, у данного курса были и недостатки: в некоторых задачах нужно было ответы привести с точностью до пяти знаков (после точки). Если ошибка была в пятом и четвертом знаке после точки, ответ не засчитывался, и даже при правильном решении студент не мог оценить, в правильном ли направлении он думает. Большое внимание уделялось именно расчетам. В «Видеоматериалах» и «Текстовых материалах» предлагался курс лекции по конкретной теме, но не всегда этого было достаточно для решения задач. В «Видеопрактикуме» рассматривались примеры более легких задач, для решения предлагались задачи более сложные. В онлайн-прокторинге разрешалось пользоваться только калькулятором. При освоении курса рекомендовалось пользоваться программами EXCEL, MATLAB, MATHCAD и т.д.

Автор считает, что плюсов у курса «Теория вероятностей и математическая статистика для инженеров» было намного больше. Курс в целом был доступным для изучения, содержательным, основные понятия и формулы изложены в доступной форме. Так как этот курс был представлен впервые, полагаем, что все недочеты УрФУ устранил, и в следующем учебном году мы сможем воспользоваться данным курсом в обновленном варианте.

Литература

1. Ризаев Ж.А., Юсупалиходжаева С.Х. Касбий Фанларда Назария Ва Амалиёт Уйғунлиги //Сборник учебно-научно-практической конференции “Общение пациентом, проблемы обучения практических навыков и их решение при подготовке квалифицированных специалистов, – Ташкент, 2018. – С. 160–162.
2. Махмудова С.Э., Атаева Ф.Н. Опыт применения модульной системы для овладения педагогическими навыками в подготовке резидентов магистратуры // Лучшая научная статья, 2018. – С. 290–293.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МОТИВОВ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ СТАДИИ ОСТЕОАРТРИТА

Михайличенко А.А., Демяненко Я.М.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

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

E-mail: alexey.a.mikh@gmail.com, demyanam@gmail.com

Сверточные нейронные сети в настоящее время используются для решения широкого круга задач – от распознавания рукописного текста до постановки медицинских диагнозов. При этом во многом они остаются «черным ящиком» в том плане, что зачастую сложно выяснить причину того или иного результата. Особенно актуальна эта проблема в случае обработки медицинских изображений, где предъявляются высокие требования к точности.

Одни из первых попыток лучше понять принципы работы сверточных нейронных сетей и их свойства заключались в визуализации внутреннего представления фильтров, веса которых формируются в процессе обучения сети [1]. Именно в подобных исследованиях было показано, что первые слои сверточной сети обучаются распознаванию общих, простейших элементов вроде пятен, линий и т.п., а с ростом глубины слои становятся способны распознавать уже более сложные элементы – фильтры Габора, глаза, лица и прочие высокоуровневые паттерны [2].

В работе [3] исследуется техника визуализации пикселей, изменение которых сильнее всего повлияло на результат предсказания. Для этого используются значения частных производных для результирующих меток, «сырой» градиент и др. Этот и другие подобные подходы позволяют получить мелкозернистую, пикселизованную тепловую карту, но не позволяют отличить на этой карте один класс от другого.

В работе [4] был предложен алгоритм САМ (class activation maps), который позволяет получить карту активаций пикселей на изображении для конкретного класса объектов. Алгоритм опирается на использование глобального усредняющего пуллинга (global average pooling, GAP [6]), который используется в сверточных сетях в качестве замены традиционным полносвязным слоям для уменьшения вычислительной сложности модели. Общая идея глобального усредняющего пуллинга состоит в том, чтобы на последнем сверточном слое для каждого класса генерировать свою карту признаков (по каналу на каждый класс), а на вход финальному слою, отвечающему за распределение вероятностей, подавать среднее значение на каждой из этих карт.

При использовании данного подхода, для получения карты активаций пикселей для конкретного объекта всего лишь нужно отобразить взвешенную комбинацию всех каналов последнего сверточного слоя – до применения GAP – на исходное изображение.

Алгоритм Grad-CAM [5], который является обобщением алгоритма CAM, не требует использования GAP и может применяться для сетей любой архитектуры, в том числе и к сетям, имеющим полносвязные слои. При этом он также позволяет получить тепловую карту активаций, которые оказали наибольшее влияние на предсказание результирующего класса на выходе сети.

Для этого после прямого прохода нейронной сети выполняется обратный проход, в процессе которого просчитывается градиент желаемого класса. При этом градиенты остальных классов обнуляются, а градиент выбранного класса выбирается равным 1. Далее средний градиент карты признаков поэлементно умножается на саму карту признаков, суммируется по всем каналам и усредняется. Взвешенная комбинация карт активаций затем еще пропускается через активацию ReLU и получается финальная тепловая карта, показывающая те группы пикселей, которые оказали наибольшее влияние на результаты классификации.

Для эксперимента была выбрана задача автоматической классификации остеоартрита по рентгенограмме коленного сустава при помощи сверточной нейронной сети с архитектурой DenseNet-121, для которой затем был реализован алгоритм Grad-CAM. В качестве шкалы градации остеоартрита использовалась пятиклассовая шкала Келлгрена-Лоуренса [7], в которой 0-й класс означает отсутствие признаков остеоартрита, 4-й – тяжелую форму заболевания. Подробное описание архитектуры, а также самого процесса обучения со всеми необходимыми параметрами можно найти в [8]. Пример работы алгоритма Grad-CAM для сети с архитектурой DenseNet-121 представлен на рис. 1.

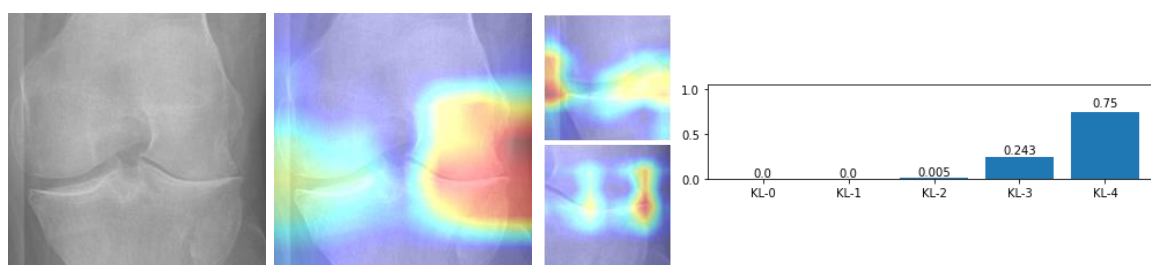


Рис. 1. Пример рентгенограммы коленного сустава и результат работы обученной модели: тепловая карта областей, которые повлияли на финальное решение (в общем и детализированном виде) и итоговое распределение вероятностей наличия того или иного класса остеоартрита

На полноразмерной тепловой карте видно, что регионы наибольшего внимания сети довольно размыты и указывают скорее на некоторые регионы интереса, чем на конкретные части сустава. Это обусловлено малым размером карты признаков последнего сверточного слоя, на основе которой и строится карта активации нейронов, и которая имеет размер всего 7×7 . Решить данную проблему можно путем увеличения размера последнего сверточного слоя или уменьшением размера обрабатываемого изображения.

Анализ результатов показывает, что нейронная сеть при принятии решения обращает внимание именно на те области рентгенограммы, которые действительно являются одними из ключевых при постановке диагноза экспертом. Это означает, что данный подход может быть использован как для помощи эксперту в принятии решения, так и для постановки предварительного диагноза.

Литература

1. Zeiler M.D., Fergus R. Visualizing and understanding convolutional networks // European Conference on Computer Vision (ECCV). – 2013. – Vol. 8689. – P. 818–833.
2. Springenberg J.T., Dosovitskiy A., Brox T. et al. Striving for Simplicity: The All Convolutional Net // arXiv:1412.6806 [cs.LG], Machine Learning, – 2015.
3. Simonyan, K., Vedaldi, A., Zisserman A. Deep Inside Convolutional Networks: Visualising Image Classification Models and Saliency Maps // arXiv:1312.6034 [cs.LG], Machine Learning, – 2014.
4. Zhou B., Khosla A., Lapedriza A. et al. Learning Deep Features for Discriminative Localization // 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, – 2016. – P. 2921–2929.
5. Selvaraju R.R., Cogswell M., Das A. et al. Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-Based Localization // International Journal of Computer Vision. – 2019. – Vol. 128. – P. 336–359.
6. Lin M., Chen Q. Network In Network // arXiv:1312.4400 [cs.NE], Neural and Evolutionary Computing, – 2014.
7. Kellgren J., Lawrence J. Radiological assessment of osteoarthritis // Ann. Rheum. Dis. – 1957. – Vol. 16. – P. 494–502.
8. Mikhaylichenko A., Demyanenko Y. Automatic Grading of Knee Osteoarthritis from Plain Radiographs using Densely Connected Convolutional Networks // Recent Trends in Analysis of Images, Social Networks and Texts (AIST 2020). Communications in Computer and Information Science. – 2021. – Vol. 1357, – P. 149–161.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ PASCALABC.NET В ШКОЛЬНОЙ ИНФОРМАТИКЕ В 2021 ГОДУ

Михалкович С.С.

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

E-mail: miks@math.sfedu.ru

Программирование в школе на базовом уровне долгое время опиралось на наработки 90-х годов, с использованием классических языков с бедными языковыми и библиотечными средствами. С другой стороны, в ИТ-отрасли последнее пятилетие характеризуется внедрением в уже существующие языки современных конструкций, сращиванием процедурной, объектно-ориентированной и функциональной парадигм программирования. Подобный разрыв между современным состоянием средств программирования в ИТ-отрасли и ориентацией школы на формирование навыков программирования 90-х годов прошлого века всё более ощущают основные участники процесса: учителя и школьники.

Однако некоторые положительные изменения наметились. Новый проект Федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования по информатике впервые фиксирует языки, которые рекомендуется использовать для обучения основам алгоритмизации: это Школьный Алгоритмический Язык, Паскаль, Python, Java, C, C#, C++. Если отбросить заведомо «учебный» Школьный Алгоритмический Язык, то все оставшиеся языки программирования претерпевают в последние годы значительные изменения. К сожалению, версия Паскаля, которая традиционно используется для обучения, связана с представлением о языке Паскаль на уровне 80-х годов прошлого века. Этот «стандартный Паскаль» сильно устарел и препятствует прогрессу в обучению современному программированию.

PascalABC.NET – единственный из современных Паскалей, который продолжает активно развиваться [1–4]. Он используется в России, как при обучении школьников, так и при обучении студентов ИТ-направлений [5]. PascalABC.NET совместим со «стандартным Паскалем», но содержит значительное число современных расширений.

В 2019 году Южный федеральный университет провёл первую конференцию по использованию PascalABC.NET в обучении программированию. Основная аудитория конференции – школьные учителя и преподаватели дополнительного образования. В 2020 г. конференция переросла во всероссийскую – в ней приняло участие более 160 участников. При этом

менее половины участников были из Ростовской области, Москвы и Санкт-Петербурга, остальные – из различных городов и посёлков России.

На конференции были выявлены и рекомендованы те возможности PascalABC.NET, которые должны повсеместно использоваться при обучении информатике в школах на базовом и углубленном уровне. Это – языковые и библиотечные средства, стимулирующие написание простых и правильных программ, которые легко читаются и модифицируются.

К таким средствам для базового уровня относятся: внутриблочные описания переменных, автовыведение типа переменной, цикл `loop`, описание переменной цикла `for` в заголовке цикла, использование кортежей, оператор `Print` для вывода и функции вида `ReadInteger` для ввода. При работе с массивами и строками рекомендуется активно использовать простые методы, такие как `a.Length`, `a.Sum`, `a.Max`, `s.CountOf('a')` и др. На углубленном уровне рекомендуется наряду с классическим подходом использовать методы и функции с параметрами, являющимися лямбда-выражениями. Сделан вывод о том, что лямбда-выражения становятся современным базовым примитивом программирования.

Следует отметить, что в настоящее время в школы активно вводится язык программирования Python. Это событие не может не радовать: Python – современный высокоуровневый язык с богатыми библиотеками и языковыми возможностями. Однако как обычно на пути перемен имеются определённые проблемы. Python – достаточно старый язык программирования, появившийся в 1994 г. И хотя изначально он использовался для обучения, сейчас использование Python для обучения школьников имеет свои «родовые травмы». Прежде всего, это отсутствие статической типизации и проверка типов лишь на этапе выполнения. При такой архитектуре компилятора школьник делает больше ошибок при написании программ и труднее их исправляет. Более того, неправильная программа на Python может работать и выдавать правильные результаты, потому что выполняется по ветке, не содержащей ошибки. Это, к сожалению, стимулирует написание неаккуратного и некорректного кода. Несомненным недостатком Python является низкая скорость выполнения программ. К примеру, при решении задачи о делителях в демо ЕГЭ по информатике 2021 Python-программа работает в 40-50 раз медленнее чем аналогичная программа на PascalABC.NET и C++. Наконец, как это ни удивительно, некоторые языковые средства Python являются устаревшими и неудачными. К числу таких средств относятся, в частности, лямбда-выражения. Код с их использованием – громоздкий, и именно поэтому в школьной информатике на Python лямбда-выражения практически не используются. Отметим также непонятные и бедные сообщения об ошибках в Python-программах наподобие «Syntax error», а также отсутствие русифицированных Python-сред программирования и русских сообщений об ошибках.

От всех этих недостатков свободен PascalABC.NET: скорость работы программ сопоставима с языками C#, C++, Java, краткость записи программ приближается к Python-программам, а в чем-то и превосходит их. Среда разработки PascalABC.NET полностью русифицирована, т.к. создавалась прежде всего для использования в сфере российского среднего и высшего образования, содержит интерактивные подсказки по коду.

Основной вывод настоящей статьи: PascalABC.NET является одним из привлекательных выборов на роль базового полноценного языка программирования при изучении информатики в школе сегодня. Он позволяет программировать как в современном, так и в классическом стиле, содержит богатейшие современные языковые и библиотечные конструкции и возможность выстраивать множество траекторий обучения, соответствующих стандарту изучения основ алгоритмизации в школе.

Литература

1. Белякова Ю.В., Бондарев И.В., Михалкович С.С. Первое сообщение о Web-среде разработки PascalABC.NET. / Научно-методическая конференция «Современные информационные технологии в образовании». Материалы конференции. Ростов-на-Дону, 2010. – С. 58–59.
2. Бондарев И.В., Михалкович С.С. Система программирования PascalABC.NET: новые возможности 2015–16 гг. / Труды XXIII Научно-методической конференции «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития». Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2016. – С. 69–71.
3. Михалкович С.С. Оператор yield в языке PascalABC.NET и его использование в курсе «Основы программирования» / Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития Материалы XXIV научной конференции. 2017. – С. 130–132.
4. Бондарев И.В., Михалкович С.С. Система программирования PascalABC.NET: 15 лет развития / XXV Научная конференция «Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития». Материалы конференции. Ростов-на-Дону, 2018. – С. 31–34.
5. Михалкович С.С. Курс «Основы программирования» на базе системы PascalABC.NET / Научная конференция «Современные информационные технологии и ИТ-образование». Материалы конференции. Москва, 2009. – № 5, – С. 385.

ОБ ИЗУЧЕНИИ ДОКУМЕНТАЦИИ СОПРОВОЖДЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Могилевская Н.С.

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

E-mail: nmogilevskaya@sfnedu.ru

Реалии современного мира таковы, что практически любая деятельность сопровождается документооборотом, который может быть бумажным или цифровым. Навыки работы с документами актуальны для самых разных областей деятельности. Обучают ведению документации, связанной с профессиональной деятельностью, только студентов некоторых направлений, например юристов или документоведов. В большинстве же остальных специальностей по умолчанию считается, что умение работать с документацией довольно простое и, видимо, не очень важное, поэтому выпускники могут легко освоить его уже после окончания обучения в ходе выполнения трудовых обязанностей. Как следствие, выпускники зачастую даже не представляют, что требования и стандарты по оформлению документов могут существовать, не знают, как их искать и не умеют ими пользоваться.

Магистры первого года обучения направления «Компьютерная математика: теория и приложения» изучают дисциплину «Научно-исследовательский семинар: разработка профессионального ПО». В этой дисциплине внимание акцентировано на изучение документации сопровождения программного обеспечения. Составление и оформление таких профессиональных документов требует оперативности, тщательного следования стандартам, точных и корректных формулировок, а также опыта. А неточности в оформлении таких документов могут повлечь за собой значительные проблемы в выполнении основной части работы.

Символично, что аббревиатуре ПО в названии дисциплины соответствует понятие «программное обеспечение», что согласно ГОСТу 19781-90 [1] означает «совокупность программ системы обработки информации и программных документов, необходимых для эксплуатации этих программ». В курсе выделено несколько разделов.

Первый раздел посвящен изучению единой системы программной документации (ЕСПД), которая представляет собой комплекс государственных стандартов Российской Федерации, регламентирующих документальную поддержку программ на всех этапах их жизненного цикла. В настоящее время применение ЕСПД носит рекомендательный характер. Стандарты ЕСПД выпущены 30 – 40 лет назад и, на первый взгляд студентов, не имеют никакой ценности. Действительно, часть стандартов морально уста-

рела, однако, есть очень полезные документы. Самый важный из них – это, конечно, техническое задание [2], которое позволяет заказчику получить именно тот продукт, который ему нужен, а разработчику избежать внесения многократных исправлений в созданную программу.

Второй раздел связан с обсуждением более молодых стандартов, связанных с информационными технологиями, например семейством ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207. К моменту перехода к этому разделу у студентов уже есть навыки поиска стандартов, поэтому им легко открываются и другие полезные современные стандарты. Особый интерес обычно вызывают стандарты, связанные с терминами и определениями, например, в работах [3, 4]. Примечательно, что на этом этапе курса студенты часто открывают для себя наличие стандартов, связанных темой их магистерской диссертации.

Третий раздел посвящен обсуждению авторского права на программы для электронных вычислительных машин или базы данных, а также процедуре их государственной регистрации в федеральной службе по интеллектуальной собственности [5].

Большая проблема в изучении стандартов состоит в том, что их чтение, также как и рассказ о них могут быть довольно утомительными. В связи с этим при изучении дисциплины очень важно уделять внимание разработке практических и лабораторных занятий, в которых студенты могут разрабатывать свои документы, сопровождающие программные средства; искать ошибки в чужих и так далее.

Одно из первых практических заданий курса выполняется в момент, когда стандарт [2] о техническом задании предъявлен, сказано о его важности, но примеры больших и грамотных технических заданий еще не разобраны. Студенческая работа состоит в том, что каждый из студентов пишет техническое задание по ГОСТу 19.201-78 на очень простую программу. Это может быть программа вычисления суммы каких-либо элементов матрицы, программа перевода суммы в рублях в сумму в другой валюте и т.д. Затем подготовленное техническое задание передается другому студенту, который знакомится с заданием, при необходимости уточняет его и создает программу, согласно техзаданию. После этого разработчик технического задания старается отыскать несоответствие между техническим заданием и выполненной программой и отказать разработчику в приемке работы. Такое простое задание показывает студентам важность корректных формулировок при разработке технического задания, показывает, какими важными могут быть его разделы, которые, на первый взгляд, не имеют особенной значимости.

Литература

1. ГОСТ 19781-90. Обеспечение систем обработки информации программное. Термины и определения. Дата введения 01.01.92.

2. ГОСТ 19.201-78. Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению. Дата введения 01.01.80.
 3. ИСО/МЭК 2382-1-93 Информационная технология. Словарь. Часть 1. основополагающие термины.
 4. ИСО/МЭК 2382-20-90 Информационная технология. Словарь. Разработка систем.
- Федеральная служба по интеллектуальной собственности РОСПАТЕНТ
URL: <https://rospatent.gov.ru> (дата доступа 11.03.2021)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАТИМОСТИ СЛУЧАЙНЫХ МАТРИЦ

Могилевская Н.С., Рыбалкина Ю.А.

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

E-mail: nmogilevskaya@sfedu.ru, yulyarybalkina@yandex.ru

Во многих задачах защиты информации, в частности, при организации криптосистем типа Мак-Элиса, Ниддерайтера или Хилла актуальным является генерирование случайных невырожденных матриц над различными алгебраическими структурами, например, над полями Галуа (см., например, [1]).

В работе [2] сформулирована и доказана теорема о предельной вероятности обратимости случайных матриц, заданных над полями Галуа.

Цель данной работы состоит в экспериментальном исследовании точности теоретической оценки вероятности обратимости случайной квадратной матрицы над простым полем Галуа. Пусть F_q – конечное поле, где $q=p^e$ – степень простого числа, e – натуральное. Случайной матрицей $M=\{m_{ij}\}_{i,j=1,\dots,n}$ размера n на n называют матрицу, чьи элементы $m_{i,j} \in F_q$ и выбираются независимо в соответствии с некоторым распределением P . Пусть A_n – вероятность того, что случайная матрица M обратима.

В основной теореме работы [2] доказано, что для матриц большого размера вероятность того, что матрица обратима, не зависит от распределения P . В частности показано, что если P – равномерное распределение, то A_n определяется формулой

$$P_n=(1-1/q)(1-1/q^2)\dots (1-1/q^n) \quad (1)$$

В таблице 1 приведены теоретические оценки вероятности обратимости матриц $M=\{m_{ij}\}_{i,j=1,\dots,n}$, где $m_{i,j} \in F_q$. В первой строке таблицы указаны различные значения n порядков матриц, в первом столбце находятся значения q размерности поля. В остальных ячейках находятся вероятности обратимости сгенерированных матриц, полученные по формуле (1).

Для экспериментальной оценки вероятности P обратимости случайных матриц размера n на n , заданных над полем Галуа F_q простой мощности q создано специальное программное средство (ПС). ПС работает под управлением операционных систем Windows и Linux. Алгоритм реализован с помощью языка программирования Python в среде разработки PyCharm.

Входными данными ПС являются мощность q поля Галуа, размер матрицы n и количество N генераций случайных матриц.

Результатом работы программы является значение $P=K/N$, где N – количество сгенерированных матриц, K – количество обратимых матриц.

Таблица 1

Результаты теоретической оценки

q	N				
	2	3	4	5	6
3	0.593	0.571	0.564	0.561	0.561
5	0.768	0.762	0.761	0.760	0.760
7	0.840	0.837	0.837	0.837	0.837
11	0.902	0.901	0.901	0.901	0.901
13	0.918	0.917	0.917	0.917	0.917
251	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996
307	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997

Опишем укрупненно алгоритм работы программы.

1. Счетчик количества обратимых матриц $K=0$.
2. В цикле по $i=1, N$
 - 2.1 Генерация случайной матрицы $M=\{m_{ij}\}_{i,j=1,\dots,n}$, где $m_{ij} \in F_q$.
 - 2.2 Приведение матрицы M к треугольному виду M' с помощью модификации Барейса метода Гаусса [3]. Отметим, что эта модификация предназначена для работы с матрицами над F_q и, следовательно, все вычисления производятся в поле F_q .
 - 2.3 Вычисление определителя det матрицы M' с помощью перемножения диагональных элементов полученной матрицы.
 - 2.4 Если $det = 0$, то увеличение значения K на единицу.
3. Вывод $P=K/N$.

Рассмотрим результаты проведенных экспериментов с помощью ПС для квадратных матриц различных размеров $n \times n$, заданных над рядом полей Галуа простой мощности q . Для каждой пары параметров n и q случайная матрица генерировалась и оценивалась на обратимость 10000 раз. Результаты экспериментов представлены в таблице 2. В первой строке этой таблицы указаны различные значения n порядков матриц, в первом столбце находятся значения q размерности поля. В остальных ячейках находятся частоты обратимости сгенерированных матриц.

Сравнительный анализ таблиц с теоретическими и экспериментальными оценками показывает, что

1. теоретические и экспериментальные результаты хорошо согласуются, наибольшее расхождение между теоретическими и экспериментальными данными наблюдается при значениях $q=3$, $n=6$ и составляет менее одного процента, а именно 0,175%;

2. с увеличением q погрешность уменьшается. При малых значениях q с увеличением размерности матрицы n возрастает разница между теоретическими и практическими результатами, это явление можно объяснить работой генератора псевдослучайных чисел и частыми повторениями среди сгенерированных матриц.

Таблица 2

Результаты экспериментов

q	n				
	2	3	4	5	6
3	0.593	0.586	0.623	0.645	0.659
5	0.767	0.779	0.793	0.799	0.801
7	0.839	0.848	0.857	0.858	0.858
11	0.902	0.906	0.907	0.909	0.912
13	0.918	0.922	0.922	0.923	0.923
251	0.996	0.996	0.996	0.996	0.996
307	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997

Проведенные эксперименты и анализ работы [2] показывает, что для больших значений n и q экспериментальные результаты будут близки к теоретической оценке. Однако, для маленьких значения n и q , вероятности для которых могут быть вычислены напрямую, присутствует небольшая погрешность.

Дальнейшим направлением данной работы является перенос результатов из работы [2], а также экспериментального исследования на случай матриц, построенных над кольцами.

Литература

1. Могилевская Н.С. Введение в теорию информации. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2013.
2. Charlap L.S., Rees H.D., Robbins D.P. The asymptotic probability that a random biased matrix is invertible // Discrete Mathematics. – 1990. – № 82(2). – С. 153–163
3. Bareiss E.H. Multistep integer-preserving gaussian elimination // Argonne National Laboratory Report ANL-7213. May 1966.

ПОСТРОЕНИЕ ДВУДОЛЬНОГО ГРАФА СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА

Моздоров Н.А.

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

E-mail: mozdorov@yandex.ru

Теория графов зародилась в первой половине XVIII века благодаря работам Леонарда Эйлера. Спустя почти три столетия эта область математики получила большое развитие, а задачи из этой области нашли применение в науке и технике. В данной работе исследуется конструкция двудольного графа особого вида, добавление дополнительных вершин в одну из его долей, а также рассматриваются свойства полученного графа.

В первой части работы исследуется матрица смежности двудольного графа следующего вида. Граф состоит из долей U_1 и U_2 , U_1 содержит $n \times n$ вершин, U_2 содержит $2n$ вершин, множество рёбер графа $W = W_1 \cup W_2$, $W_1 \cap W_2 = \emptyset$, $|W_1| = |W_2| = n$ задано таким образом, что:

- степень каждой вершины из U_1 равна 2;
- степень каждой вершины из U_2 равна n ;
- каждая вершина из U_1 инцидентна ровно одному ребру из E_1 и одному ребру из E_2 ;
- для любой вершины из U_2 все рёбра, инцидентные ей, принадлежат только одному из множеств E_1 и E_2 .

Рассматривается вопрос о том, как с помощью перенумерации вершин из U_1 можно преобразовать матрицу смежности графа к циркулянтному виду, то есть к виду

$$\begin{pmatrix} E_{1,1} & E_{1,2} & \cdots & E_{1,n} \\ E_{2,1} & E_{2,2} & \cdots & E_{2,n} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где $E_{i,j}$ – матрица, полученная из единичной матрицы циклическими сдвигами строк влево на некоторые величины. Вводится определение прото-матрицы как матрицы, полученной из (1) заменой $E_{i,j}$ на соответствующие величины сдвигов. Рассматривается вопрос о том, когда из произвольной прото-матрицы возможно получить исходную матрицу смежности.

Во второй части исследуется возможность добавления n дополнительных вершин в долю U_2 исходного графа путём добавления в прото-матрицу третьей строки. Доказывается теорема о том, что обхват данного графа не превосходит 6. Также доказывается теорема о том, что обхват графа может быть равен 6 только при нечётных n . Исследуются ограниче-

ния, накладываемые на третью строку в протоматрице, для получения обхвата графа равным 6. В конце второй части рассматривается один из вариантов добавления вершин, приводится строка протоматрицы, соответствующая этим вершинам.

Литература

1. Пилиди В.С. Математические основы защиты информации: учебное пособие. – Ростов н/Д; Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2019. – 308 с.
2. Кудряшов Б.Д. Основы теории кодирования: учеб. пособие. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 400 с.

МНОГОСЕТОЧНЫЙ МЕТОД ДЛЯ ЗАДАЧ ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА

Муратова Г.В., Мартынова Т.С., Бавин В.В., Шабас И.Н.
*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И.И. Воровича*
E-mail: muratova@sfnedu.ru, martynova@sfnedu.ru, tefp9999@mail.ru,
shabas@sfnedu.ru

Введение

Экологические задачи и потребность сохранения окружающей среды давно стали одними из самых актуальных проблем современности. Математическое моделирование процессов переноса для задач экологии имеет особое значение, так как является распространенным методом анализа факторов, влияющих на состояние экологической системы. Одними из важнейших при математическом моделировании многих природных процессов и явлений является уравнение конвекции-диффузии, описывающее распространение вещества в водной или воздушной среде. При численном решении задач возникает проблема выбора эффективного метода решения систем линейных алгебраических уравнений, возникающих после разностной аппроксимации дифференциальной задачи. Несмотря на большое количество разработанных методов и алгоритмов, возрастание сложности решаемых задач и расширение возможностей вычислительных систем диктуют необходимость создания новых подходов. Одним из методов численной реализации моделей экологии является использование многосеточного метода, являющегося высокоэффективным вычислительным алгоритмом. Многосеточный метод принадлежит к классу быстро сходящихся итерационных методов, является оптимальным по числу арифметических операций для достижения точности, согласованной с порядком сходимости. В данной работе рассмотрена модификация многосеточного метода с эффективным сглаживателями для решения задач конвекции – диффузии с преобладающей конвекцией.

Постановка задачи

Рассмотрим стационарную задачу конвекции-диффузии в ограниченной области Ω . Она дополнена однородными граничными условиями Дирихле и условием несжимаемости среды. Эта задача является модельной и отражает особенности численных расчетов в практических ситуациях [1]. Если использовать для разностной аппроксимации противопотоковую схему, то это приведет к сильному сглаживанию решения за счет появления в

разностных уравнениях искусственной вязкости. В этом случае мы можем получить в результате М-матрицу [2]. В данной работе мы используем центрально-разностную аппроксимацию, которая не сглаживает решение, но сводит дифференциальное уравнение к системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) с сильно несимметричной матрицей, не имеющей диагонального преобладания [3, 4].

Используя условие несжимаемости среды, уравнение конвекции - диффузии можно записать в так называемом «симметричном» виде:

$$-\frac{1}{Pe} \Delta u + \frac{1}{2} \left[v_1 \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} (v_1 u) + v_2 \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial y} (v_2 u) \right] = F(x, y), \quad u|_{\partial\Omega} \in u_{sp}, \quad (1)$$

где Pe – число Пекле, а $\bar{v} = \{v_1, v_2\}$ – вектор скорости.

Далее представим многосеточный метод для решения задачи (1).

Многосеточный метод со сглаживателем специального вида

Рассмотрим итерационное решение большой разреженной СЛАУ, полученной в результате дискретизации задачи (1)

$$A w = b, \quad w, b \in R^n, \quad (2)$$

где $A \in R^{n \times n}$ – несимметричная положительно определенная матрица.

Естественным образом матрица A может быть представлена в виде

$$A = A_0 + A_1, \quad (3)$$

где

$$A_0 = \frac{1}{2} (A + A^T), \quad A_1 = \frac{1}{2} (A - A^T), \quad (4)$$

и A^T обозначает транспонированную матрицу. Пусть в некоторой матричной норме $\|\cdot\|$, $\|A_0\| \ll \|A_1\|$, тогда матрица A называется сильно несимметричной [3]. Известно [4], что оператор A системы (2) несамосопряжен, положительно определен (диссипативен) и сильно несимметричен при достаточно больших значениях числа Пекле.

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 (2). Поведение двухшагового кососимметрического итерационный метода (ДКМ) [5] аналогично поведению метода Гаусса–Зейделя, который быстро гасит высокочастотные гармоники ошибки, замедляясь в дальнейшем. Такое поведение метода ДКМ позволяет использовать его в качестве сглаживателя. Приведем расчетные формулы метода ДКМ.

Двухшаговый кососимметрический итерационный метод (ДКМ) [5].

Пусть дано начальное приближение $u(0)$, и два положительных параметра ω and τ . Для $k = 0, 1, 2, \dots$ до достижения сходимости вычисляем

$$u^{(k+1)} = G(\omega, \tau) u^{(k)} + \tau B(\omega)^{-1} b, \quad (5)$$

где

$$G(\omega, \tau) = B(\omega)^{-1}(B(\omega) - \tau A),$$

ω и τ – два ускоряющих параметра, и $B(\omega)$ определяется как

$$B(\omega) = (B_c + \frac{\omega}{2} \hat{K}_L) B_c^{-1} (B_c + \frac{\omega}{2} \hat{K}_u), \quad (6)$$

где $\hat{K}_L = K_L + F_0$, $\hat{K}_U = K_U - F_0$, $F_0 \in C^{n \times n}$ – эрмитова матрица

$B_c \in C^{n \times n}$ – заданная эрмитова положительно определенная матрица. Очевидно, что $\hat{K}_L = -\hat{K}_U^*$, $A_1 = (K_L + F_0) + (K_U - F_0) = \hat{K}_L + \hat{K}_U$,

В данном исследовании мы рассматриваем алгебраический многосеточный метод (AMG), который не требует знания геометрии области, а оперирует только матрицей исходной СЛАУ.

Для огрубления сетки (перехода с одного уровня на другой) в AMG существуют разные подходы, среди которых RS- (Ruge-Stuben) и PMIS- (Parallel Changes Independent Set) алгоритмы. На основании проведенных исследований нами был выбран второй вариант, как наиболее перспективный для распараллеливания.

Численные эксперименты

Были проведены численные эксперименты решения задачи (2) алгебраическим многосеточным методом со сглаживателем ДКМ для трех типов задач, на которых обычно проводят тестирование численных методов (таблица 1).

В таблице 2 приведено число итераций (It) и время (CPU, в сек.) решения СЛАУ (2) итерационным методом AMG+ДКМ на различных сетках. 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 (2) на текущей итерации $w^{(p)}$, $r^{(0)}$ – вектор начальной невязки. Все численные эксперименты выполнены в MATLAB (версия R2018b) с машинной точностью 10^{-16} .

Из Таблицы 2 следует, что метод AMG+ДКМ имеет хорошую скорость сходимости для всех протестированных значений числа Пекле на всех используемых сетках. Проведенные ранее исследования AMG со сглаживанием методом Гаусса–Зейделя (AMG+GS) показали меньшую эффектив-

ность. Во всех тестах метод AMG+ДКМ дает более быструю сходимость, чем метод AMG+GS как по количеству итераций, так и по времени CPU.

Таблица 1. Таблица скоростей

Задача №	1	2	3
V1	1	1-2x	x+ y
V2	-1	2y-1	x-y

Таблица 2. Количество итераций и время CPU метода AMG+ДКМ при различных Pe для задач 1, 2, 3.

Задача 1

Сетка	$Pe = 10^{-3}$		$Pe = 10^{-4}$		$Pe = 10^{-5}$	
	It	CPU	It	CPU	It	CPU
120×120	26	4.57	24	4.32	21	4.21
520×520	54	9.82	32	6.87	22	4.52

Задача 2

Сетка	$Pe = 10^{-3}$		$Pe = 10^{-4}$		$Pe = 10^{-5}$	
	It	CPU	It	CPU	It	CPU
120×120	65	9.24	42	7.85	21	4.83
520×520	85	38.59	81	34.56	40	21.54

Задача 3

Сетка	$Pe = 10^{-3}$		$Pe = 10^{-4}$		$Pe = 10^{-5}$	
	It	CPU	It	CPU	It	CPU
120×120	40	7.81	32	6.57	26	4.22
520×520	89	24.65	64	21.59	34	9.52

Таким образом, численные эксперименты показали высокую эффективность ДКМ метода в качестве сглаживающей процедуры для алгебраического многосеточного метода при численном решении стационарной задачи конвекции-диффузии с преобладающей конвекцией.

Заключение

Численно решена двумерная стационарная модельная задача конвекции-диффузии, записанная в симметричном виде. Полученная в результате дискретизации несимметричная СЛАУ решалась алгебраическим многосеточным методом (AMG) с использованием параллельного PMIS-алгоритма. В качестве сглаживающей процедуры для AMG использован ДКМ-сглаживатель, показавший свою высокую эффективность. Численные эксперименты показали, что ДКМ-сглаживатель может использоваться для AMG метода, в котором этап грубо-сеточной коррекции может рассматриваться как своего рода ускоряющая процедура методов ДКМ.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации, грант № 075-15-2019-1928.

Литература

1. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Численные методы решения задач конвекции-диффузии. М.: Эдиториал УРСС, 1999, – 248 с.
2. Воеводин В.В., Кузнецов Ю.А. Матрицы и вычисления. М.: Наука, 1984. – 320 с.
3. Крукиер Л.А. Неявные разностные схемы и итерационный метод их решения для одного класса систем квазилинейных уравнений // Изв. ВУЗов. Мат. – 1979, – № 7, – С. 41–52.
4. Крукиер Л.А. Решение сильно несимметричных систем линейных алгебраических уравнений итерационным методом, основанным на кососимметричной части исходной положительной матрицы // Математическое моделирование. – 2002, – Т. 13, – № 3. – С.49–56.
5. Баи З.-З., Крукиер Л.А., Мартынова Т.С., Двухшаговые итерационные методы решения стационарного уравнения конвекции-диффузии с малым параметром при старшей производной на равномерной сетке // ЖВМиМФ. – 2006. – Т. 46, – № 2. – С. 295–306.
6. Briggs W., Henson V., McCormick S. Algebraic Multigrid (AMG). In “A Multigrid Tutorial”, 2nd Ed.; SIAM publications: Philadelphia, USA, 2000.
7. Falgout R. An introduction to algebraic multigrid // Computing in Science and Engineering. – 2006. – Vol. 8, – N 6, – P. 24–33.
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.

МЕТОД ГРАНИЧНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ПРИ ДИФРАКЦИИ НА ТРЕУГОЛЬНИКЕ

Мусатова Н.К.

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

E-mail: musatova.nataliasfedu.ru@gmail.com

В данной работе рассматривается классическая задача теории дифракции – дифракция звука на треугольнике. Для разрешения задачи применяется метод граничных интегральных уравнений (ГИУ), который сводит её к интегральному уравнению Фредгольма второго рода. После дискретизации основное ГИУ численно интегрируется методом Симпсона. Для численного решения полученной СЛАУ применяется метод LSQR. Для большей точности в узлах около острых углов решение «улучшается» с помощью оценки поведения функции Ханкеля.

Область представляет собой равносторонний треугольник с углом при вершине $2\theta = \pi/3$ (рис. 1).

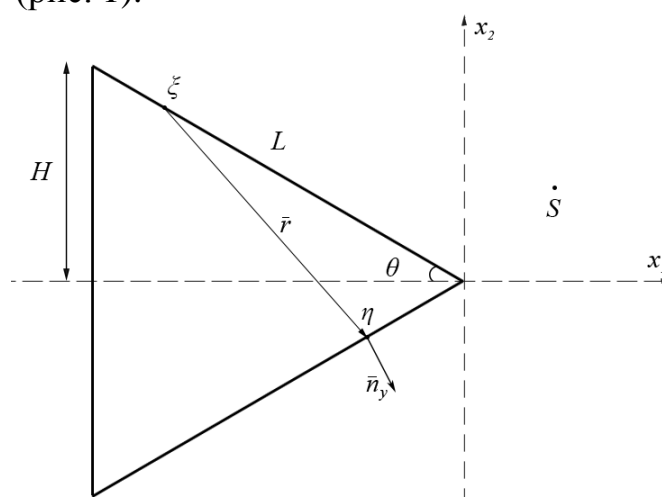


Рис. 1. Схема области с источником звука S , расположенным вблизи острого угла

В рамках метода ГИУ [1,2] задача дифракции для акустически твёрдого препятствия сводится к интегральному уравнению Фредгольма второго рода [3]:

$$p(\eta) - 2 \int_l p(\xi) \frac{\partial G(\xi, \eta)}{\partial n_\xi} dl = 2p^{inc}(\eta). \quad (1)$$

В формуле (1) l – граничный контур области; $p(\eta)$ – акустическое давление на контуре l ; «внутренняя» точка ξ и «внешняя» точка η – двумерные точки на границе; G – функция Грина; n_ξ – нормаль к контуру в

точке ξ ; dl – элементарная длина дуги в точке ξ ; $p^{inc}(\eta)$ – акустическое давление падающей волны.

Функция Грина для двумерной задачи является функцией Ханкеля первого рода

$$G(\xi, \eta) = \frac{i}{4} H_0^{(1)}(kr). \quad (2)$$

В формуле (2) $r = |\xi - \eta|$ – расстояние между двумя точками на границе – «внутренней» ξ и «внешней» η . Производная функции Грина вычисляется как сложная функция, то есть представляет собой произведение

$$\frac{\partial G}{\partial n_y} = \frac{\partial G}{\partial r} \cdot \frac{\partial r}{\partial n_y} = -\frac{ik}{4} H_1^{(1)}(kr) \cdot \frac{(\mathbf{r}, \mathbf{n}_\xi)}{r}. \quad (3)$$

Стоит отметить, что акустическое давление в падающем поле равно

$$p^{inc}(\eta) = \frac{i}{4} H_0^{(1)}(kr_0), \quad (4)$$

где r_0 – расстояние от источника звука S до «внешней» точки η .

Уравнение (1) после подстановок:

$$p(\eta) + \frac{ik}{2} \int_l \frac{(\mathbf{r}, \mathbf{n}_\xi)}{r} H_1^{(1)}(kr) p(\xi) dl = \frac{i}{2} H_0^{(1)}(kr_0). \quad (5)$$

Обозначим ядро интегрального оператора как $K = \frac{ik}{2} \frac{(\mathbf{r}, \mathbf{n}_\xi)}{r} H_1^{(1)}(kr)$. С учётом этого основное ГИУ примет окончательный вид:

$$p(\eta) + \int_l K(\xi, \eta) p(\xi) dl = 2p^{inc}(\eta). \quad (6)$$

Для численного решения уравнения (6) необходимо дискретизировать граничную кривую, то есть разбить каждую грань равностороннего треугольника на N равных отрезков с шагом $h = L/N$ (L – длина грани треугольника). Будем считать, что граничная кривая треугольника состоит из верхней, нижней и боковой граней. Численное интегрирование проведём методом Симпсона. С этой целью на каждом интервале разбиения контура введём две точки t_{1j}, t_{2j} , соответствующие концам интервала, и одну точку центра $t_{0j} = \xi_j$.

Координаты верхней грани описываются формулой

$$\begin{aligned} \xi_j^{(1)} = t_{0j}^{(1)} &= -(j - 0.5)h \cos \theta; \quad \xi_j^{(2)} = t_{0j}^{(2)} = (j - 0.5)h \sin \theta; \quad j = \overline{1, N} \\ t_{1j}^{(1)} &= \xi_j^{(1)} - h \cos \theta / 2; \quad t_{1j}^{(2)} = \xi_j^{(2)} + h \sin \theta / 2 \\ t_{2j}^{(1)} &= \xi_j^{(1)} + h \cos \theta / 2; \quad t_{2j}^{(2)} = \xi_j^{(2)} - h \sin \theta / 2 \end{aligned} \quad (7)$$

Верхние символы «(1)» и «(2)» в формулах (7) соответствуют координатам вдоль осей x_1 и x_2 в декартовой системе.

Боковая грань же имеет постоянную координату вдоль x_1 :

$$\xi_j^{(1)} = t_{0j}^{(1)} = -L \cos \theta; \xi_j^{(2)} = t_{0j}^{(2)} = H - (j - 0.5)h; J = 3N - j; j = \overline{N, 2N} \quad (8)$$

$$t_{1j}^{(1)} = \xi_j^{(1)}; t_{1j}^{(2)} = \xi_j^{(2)} - h \sin \theta / 2$$

$$t_{2j}^{(1)} = \xi_j^{(1)}; t_{2j}^{(2)} = \xi_j^{(2)} + h \sin \theta / 2$$

Координаты нижней грани отличаются от верхней лишь знаком по x_2 :

$$\xi_j^{(1)} = -(J - 0.5)h \cos \theta; \xi_j^{(2)} = -(J - 0.5)h \sin \theta; J = j - N; j = \overline{2N, 3N} \quad (9)$$

$$t_{1j}^{(1)} = \xi_j^{(1)} + h \cos \theta / 2; t_{1j}^{(2)} = \xi_j^{(2)} + h \sin \theta / 2$$

$$t_{2j}^{(1)} = \xi_j^{(1)} - h \cos \theta / 2; t_{2j}^{(2)} = \xi_j^{(2)} - h \sin \theta / 2$$

Важно также заметить, что узлы для переменных ξ и η совпадают, то есть $\eta_m^{(1)} = \xi_m^{(1)}, \eta_m^{(2)} = \xi_m^{(2)}$.

Дискретизация приводит основное ГИУ к СЛАУ вида:

$$Ap = F, \quad (10)$$

где элементы матрицы определяются как

$$p = \{p_j\}; \quad p_j = p(\xi_j) = p(t_0^j)$$

$$F = \{f_m\}; \quad f_m = \frac{i}{2} H_0^{(1)}(kr_0) \quad (11)$$

$$A = \{a_{mj}\}; \quad a_{mj} = \delta_{mj} + \frac{h}{6} \left[K(t_1^j, \eta_m) + 4K(t_0^j, \eta_m) + K(t_2^j, \eta_m) \right]$$

Здесь δ_{mj} – символ Кронекера.

Для численного решения СЛАУ использовался метод наименьших квадратов LSQR [4]. Это программа, разработанная в 1982 году Пейджем и Сондерсом, изначально предложенная для больших разреженных СЛАУ, но вполне уместная и для плотных матриц. LSQR – это алгоритм вариационного типа. Процедура генерирует последовательность приближений, при которой норма невязки монотонно убывает.

В качестве примера (рис.2) рассмотрим случай с параметрами $k = 0.1$ – волновое число, $S = (1, 0)$ – точка расположения источника звука, $L = 10$ – длина грани клина. Количество разбиений возьмём равным $N = 1000$. Тогда матрица имеет размерность 3000×3000 .

Учитывая поведение функции Ханкеля для малого аргумента, получим более точное представление для элементов матрицы, соответствующих узлам сетки, прилегающим к углам треугольника. То есть в случае,

когда аргумент функции Ханкеля стремится к нулю $r \rightarrow 0$, справедливо приближение [5]

$$\int_0^h \frac{H_1^{(1)}(kr)}{r} d\xi \approx \frac{4}{\pi i h |\sin 2\theta|} \left(\arctan \frac{2 - \cos 2\theta}{|\sin 2\theta|} + \arctan \frac{\cos 2\theta}{|\sin 2\theta|} \right). \quad (12)$$

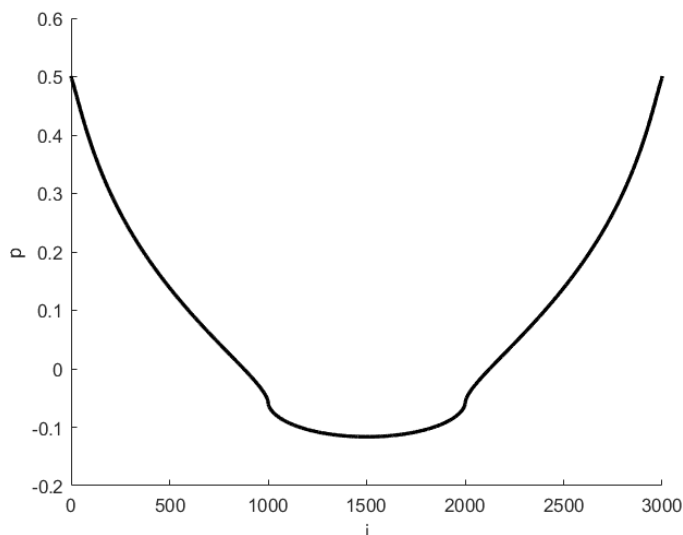


Рис. 2. Акустическое давление p (вертикальная ось) в зависимости от номера узла i (горизонтальная ось)

Сравним вещественную часть давления в правом угле с «улучшением» формулой (12) и без «улучшения».

Вещественная часть:

	Без «улучшения»	С «улучшением»
$N = 100$	0.497409	0.494090
$N = 200$	0.499638	0.496291
$N = 500$	0.500795	0.497436
$N = 800$	0.501045	0.497683
$N = 1000$	0.501122	0.497760

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

Литература

1. Бенерджи П., Баттерфилд Р. Метод граничных элементов в прикладных науках: пер с англ. – М.: Мир, 1984. – 494 с.
2. Бреббия К., Теллес Ж., Вроубел Л. Методы граничных элементов. М.: Мир, 1987. – 525 с.

3. Сумбатян М.А., Скалия А. Основы теории дифракции с приложениями в механике и акустике. М.: Физматлит, 2013. – 328 с.
4. Paige C., Saunders M. LSQR: an algorithm for sparse linear equations and sparse least squares. // ACM Transactions on Mathematical Software. – 1982. – Vol. 8. – P.43–71.
5. Sumbatyan M.A., Martynova T.S., Musatova N.K. Boundary element methods in diffraction of a point-source acoustic wave by a rigid infinite wedge. Engineering Analysis with Boundary Elements, – 2021. Vol. 125. – P. 157–167.

ОСОБЕННОСТИ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА ПОРИСТЫХ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ С ЖЕСТКИМИ ИЛИ С ЭЛЕКТРОДИРОВАННЫМИ ГРАНИЦАМИ ПОР

Наседкин А.В.¹, Нассар М.Э.^{1,2}

¹ ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И.И. Воровича

² Университет Менуфия, Эль-Менуфия, Египет

E-mail: nasedkin@math.sfedu.ru,

mohammed.alsayed75@el-eng.menofia.edu.eg

В настоящей работе кратко обсуждаются особенности решения задач гомогенизации пористых пьезоэлектрических композитов, у которых границы пор покрыты материалами с экстремальными свойствами. В качестве покрытий рассматриваются абсолютно жесткие границы и абсолютно проводящие (электродированные) границы пор. Методология моделирования включает методы эффективных модулей, конечных элементов и генерирование представительных объемов с учетом внутренней микроструктуры композита. Следуя [1–3], при гомогенизации исследуемых композитов используются модели представительных объемов с расположенными на границах пор фиктивными материалами или с очень большими упругими жесткостями (для жестких границ), или с очень большими диэлектрическими проницаемостями (для проводящих покрытий), или с пренебрежимо малыми модулями (для пор). Такие модели сохраняют энергетический баланс между композитной средой и однородной средой сравнения, и они удобны для применения конечно-элементных методов решения краевых задач гомогенизации. Изложение теоретической части материала здесь в основном следует работе [2], а некоторые численные результаты, показывающие перспективность использования пористых пьезокомпозитов с экстремальными покрытиями пор, представлены в [3].

Пусть V – представительный объем пьезокомпозита, $S = \partial V$ – внешняя граница, $\mathbf{u}(\mathbf{x})$ – векторная функция перемещений, $\varphi(\mathbf{x})$ – скалярная функция электрического потенциала, \mathbf{x} – вектор пространственных координат. Предположим, что объем V состоит из трех множеств $V^{(1)}$, $V^{(2)}$ и $V^{(3)}$ ($V = V^{(1)} \cup V^{(2)} \cup V^{(3)}$), в которых располагаются три пьезоэлектрических материала с различными физико-механическими свойствами, причем объем $V^{(1)}$ является матрицей композита и заполнен основным пьезоэлектрическим материалом, объемы $V^{(2)}$ и $V^{(3)}$ являются совокупностями

включений и пор, причем включения $V^{(2)}$ располагаются на интерфейсных границах между $V^{(1)}$ и $V^{(3)}$. Вторым материалом будем считать пьезоэлектрическим даже в тех случаях, если он является упругим или чисто диэлектрическим. Для таких материалов будем пренебрежимо малые пьезомодули. При этом для упругих материалов можно принять малые диэлектрические проницаемости, а для чисто диэлектрических материалов – пренебрежимо малые модули упругих жесткостей. Поры $V^{(3)}$ также считаются пьезоэлектрическими с пренебрежимо малыми упругими модулями, пьезомодулями и диэлектрическими проницаемостями, равными диэлектрической проницаемости вакуума.

Согласно методу эффективных модулей, для определения свойств эквивалентной гомогенной среды будем решить следующие краевые задачи статической теории электроупругости

$$\nabla \cdot \boldsymbol{\sigma} = 0, \quad \nabla \cdot \mathbf{D} = 0, \quad \mathbf{x} \in V, \quad (1)$$

$$\boldsymbol{\sigma} = \mathbf{c}^E : \boldsymbol{\varepsilon} - \mathbf{e}^T \cdot \mathbf{E}, \quad \mathbf{D} = \mathbf{e} : \boldsymbol{\varepsilon} + \boldsymbol{\varepsilon}^S \cdot \mathbf{E}, \quad (2)$$

$$\boldsymbol{\varepsilon} = [\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T] / 2, \quad \mathbf{E} = -\nabla \phi, \quad (3)$$

$$\mathbf{u} = \mathbf{x} \cdot \boldsymbol{\varepsilon}_0, \quad \phi = -\mathbf{x} \cdot \mathbf{E}_0, \quad \mathbf{x} \in S, \quad (4)$$

где $\boldsymbol{\sigma}$, $\boldsymbol{\varepsilon}$ – тензоры второго ранга напряжений σ_{ij} и деформаций ε_{ij} ; \mathbf{D} , \mathbf{E} – векторы электрической индукции и напряженности электрического поля с компонентами D_i и E_i , соответственно; \mathbf{c}^E – тензор четвертого ранга модулей упругих жесткостей c_{ijkl}^E , измеренных при постоянном электрическом поле; \mathbf{e} – тензор пьезомодулей третьего ранга; $\boldsymbol{\varepsilon}^S$ – тензор второго ранга модулей диэлектрических проницаемостей ε_{ij}^S , измеренных при постоянных деформациях; $(\dots)^T$ – операция транспонирования; $(\dots) \cdot (\dots)$ – операция скалярного произведения; $(\dots) : (\dots)$ – операция двойного внутреннего произведения тензоров; $\boldsymbol{\varepsilon}_0 = \boldsymbol{\varepsilon}_0^T$ и \mathbf{E}_0 – тензор второго ранга и вектор, состоящие из постоянных компонент.

В задаче гомогенизации (1)–(4) трехфазного пьезоэлектрического композита считаются известными некоторые характерные особенности структуры представительного объема V , т.е. его отдельных фаз $V^{(1)}$, $V^{(2)}$ и $V^{(3)}$, и материальные модули каждой фазы: $c_{ijkl}^E = c_{ijkl}^{E(n)}$, $e_{ikl} = e_{ikl}^{(n)}$, $\varepsilon_{ij}^S = \varepsilon_{ij}^{S(n)}$, $\mathbf{x} \in V^{(n)}$, $n = 1, 2, 3$. По этим данным требуется определить эффективные модули $c_{ijkl}^{E\text{eff}}$, e_{ikl}^{eff} , и $\varepsilon_{ij}^{S\text{eff}}$ однородной пьезоэлектрической среды, в эквивалентной по энергии исходному композиту при одинаковых внешних воз-

действиях (4). При этом на межфазных границах здесь предполагаются условия полного контакта.

Для определения полного набора эффективных модулей пьезоэлектрического композита задачи (1)–(4) можно решить девять раз, полагая в (4) отдельные компоненты ε_0 и E_0 отличными от нуля ($\gamma = 1, 2, \dots, 9$). Именно, можно рассмотреть шесть задач (1)–(4) с различными ненулевыми смещениями на границе S (δ_{ij} – символ Кронекера, $i, j = 1, 2, 3$)

$$\gamma = 1, 2, \dots, 6, \gamma \Leftrightarrow (rs), r, s = 1, 2, 3: k \Leftrightarrow (kk), k = 1, 2, 3, 4 \Leftrightarrow (23), \\ 5 \Leftrightarrow (13), 6 \Leftrightarrow (12),$$

$$\varepsilon_{0ij} = \varepsilon_{0ij}^\gamma = S_0(\delta_{ir}\delta_{js} + \delta_{is}\delta_{jr}) / 2, \quad E_{0i} = E_{0i}^\gamma = 0, \quad (5)$$

и три задачи (1)–(4) с ненулевым электрическим потенциалом на S

$$\gamma = 7, 8, 9, \gamma \Leftrightarrow q = \gamma - 6, q = 1, 2, 3,$$

$$\varepsilon_{0ij} = \varepsilon_{0ij}^\gamma = 0, \quad E_{0i} = E_{0i}^\gamma = E_0\delta_{iq}. \quad (6)$$

После получения решений u_i^γ , φ^γ для каждой из задач (1)–(4) с $\zeta = 1, 2, \dots, 9$, т.е. с (5) или с (6), вычисляются напряжения σ_{ij}^γ и компоненты вектора электрической индукции D_i^γ . Далее, для этих величин находятся осредненные по объему величины согласно формуле

$$\langle \dots \rangle = \frac{1}{|V|} \int_V (\dots) dV. \quad (7)$$

Полученные средние значения позволяют определить все эффективные модули пьезокомпозитного материала. Так, из решений задач (1)–(4) при $\gamma = 1, 2, \dots, 6$, (5) определяются эффективные жесткости $c_{ijkl}^{E \text{ eff}}$ и эффективные пьезомодули e_{ikl}^{eff} ($i, j = 1, 2, 3$):

$$c_{ijrs}^{E \text{ eff}} = \langle \sigma_{ij}^\gamma \rangle / S_0, \quad e_{irs}^{\text{eff}} = \langle D_i^\gamma \rangle / S_0. \quad (8)$$

Решения задач (1)–(4), (6) при $\gamma = 7, 8, 9$, $q = \gamma - 6$, т.е. $q = 1, 2, 3$, позволяют снова найти эффективные пьезомодули e_{qij}^{eff} и эффективные модули диэлектрических проницаемостей $\varepsilon_{iq}^{S \text{ eff}}$:

$$e_{qij}^{\text{eff}} = -\langle \sigma_{ij}^\gamma \rangle / E_0, \quad \varepsilon_{iq}^{S \text{ eff}} = \langle D_i^\gamma \rangle / E_0. \quad (9)$$

Для рассматриваемых композитов интересно провести сравнение решений задач (1)–(9) с решениями аналогичных задач гомогенизации только для области $V^{(1)}$, заполненной основным материалом матрицы композита, при учете свойств включений соответствующими граничными условиями на поверхности раздела фаз. Как было показано в [2, 3], вычисления эффективных модулей по энергетическому критерию дают корректные результаты для всех рассмотренных задач, тогда как расчеты по осреднен-

ным напряжениям и по электрической индукции для композитов с бесконечно большими модулями включений могут быть не верными.

Наконец, при использовании метода эффективных модулей с условиями деформирования границ как жесткого целого или с граничными условиями свободных электродов нарушается энергетический баланс между решениями задач для исходного пьезокомпозита и для однородной среды сравнения. Поэтому такие граничные условия не должны применяться в задачах гомогенизации.

Отметим, что материал пор можно было исключить из представительного объема композита, т.е. рассматривая его без $V^{(3)}$. Это справедливо потому, что хотя в поре имеется достаточно большое ненулевое электрическое поле, но электрическая индукция в ней практически равна нулю. Аналогичная ситуация наблюдается и с механическими полями, если пору заполнить фиктивным материалом с очень маленькими жесткостями. Тогда в этом фиктивном материале интегральная величина деформации может быть существенной, но интегральные напряжения оказываются пренебрежимо малы. При этом, как электрическая энергия, так и механическая энергия в поре равны нулю, а поэтому учет поры как материала не будет влиять на значения эффективных модулей.

Описанные подходы можно распространить также на композиты с незамкнутыми интерфейсными границами, как например, на задачи гомогенизации для пористых пьезоэлектрических материалов с частично металлизированными поверхностями пор или с отдельными жесткими участками границ пор.

Работа выполнена при поддержке гранта Правительства РФ № 075-15-2019-1928 и проекта РФФИ № 20–31–90102.

Литература

1. Кудимова А.Б., Наседкин А.В. О предельных переходах в пространственных задачах гомогенизации двухкомпонентных диэлектрических композитов с экстремальными модулями одной из фаз // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Естеств. науки. – 2021. – № 1. – С. 25–32.
2. Наседкин А.В., Наседкина А.А., Нассар М.Э. Гомогенизация пористых пьезокомпозитов с экстремальными свойствами на границах пор методом эффективных модулей // Известия РАН. МТТ. – 2020. – № 6. – С. 82–92.
3. Nasedkin A.V., Nassar M.E. Effective properties of a porous inhomogeneously polarized by direction piezoceramic material with full metalized pore boundaries: finite element analysis // Journal of Advanced Dielectrics. – 2020. – V. 10, N. 5. – 2050018 (10 pages).

ОБ УПРОЩЕННЫХ МОДЕЛЯХ НЕОДНОРОДНОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПОРИСТОЙ ПЬЕЗОКЕРАМИКИ И О КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ ТЕХНИКЕ ЕЕ ГОМОГЕНИЗАЦИИ

Наседкин А.В., Толмачева Я.В.

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

E-mail: nasedkin@math.sfedu.ru

При построении моделей пористых пьезокерамических композитов может оказаться важным учет неоднородности поля остаточной поляризации \mathbf{P} в окрестности пор. Действительно, даже при поляризации пьезокерамики в одном направлении, векторы электрического поля и электрической индукции не будут параллельными этому направлению всюду внутри композита, поскольку должны изменять свои направления вблизи неоднородностей (пор). Тогда в первом приближении логично предположить, что векторные поля $\mathbf{P}=\mathbf{P}(\mathbf{x})$ можно получить из решения модельной электростатической задачи о поляризации композитного материала в линейной постановке. Опишем эту задачу применительно к последующей конечно-элементной задаче гомогенизации пьезокомпозита.

Пусть Ω – представительный объем композита в виде куба с ребром L и с сеткой, состоящей из конечных элементов Ω^{em} : $\Omega = \cup_m \Omega^{em}$. Предположим, что каждый элемент Ω^{em} наделен диэлектрическими свойствами одной из двух фаз: неполяризованной пьезокерамики $\Omega^{(1)}$ или совокупности пор $\Omega^{(2)}$ ($\Omega = \Omega^{(1)} \cup \Omega^{(2)}$). Обе фазы будем считать изотропными с диэлектрическими константами $\varepsilon_i^{(1)}$ и $\varepsilon_i^{(2)}$, соответственно: $\varepsilon_i = \varepsilon_i^{(j)}$, $\mathbf{x} \in \Omega^{(j)}$, $j=1, 2$. Пусть грани $x_3=0$ и $x_3=L$ объема Ω покрыты электродами, и на них подается разность потенциалов $\Delta V = LE_*$ со значением поля E_* , достаточным для поляризации сплошной пьезокерамики.

В объеме Ω с использованием метода конечных элементов решим задачу электростатики

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = 0, \quad \mathbf{D} = \varepsilon_i \mathbf{E}, \quad \mathbf{E} = -\nabla \varphi, \quad (1)$$

с граничными условиями

$$\varphi = LE_*, \quad x_3 = 0; \quad \varphi = 0, \quad x_3 = L. \quad (2)$$

По решению задачи (1), (2) в центральных точках конечных элементов $\Omega^{em} \subseteq \Omega^{(1)}$ вычислим векторы $\mathbf{P}^{em} = \mathbf{D}^{em} - \varepsilon_0 \mathbf{E}^{em}$, где $\varepsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – диэлектрическая проницаемость вакуума. Примем, что данные векторы с точностью до нормировки являются векторами поляризации пьезокерамики

ки. В силу данной гипотезы, с конечными элементами $\Omega^{em} \subseteq \Omega^{(1)}$ можно ассоциировать элементные системы координат $Ox_1^{em}x_2^{em}x_3^{em}$ [1, 2] с осью Ox_3^{em} , направленной вдоль вектора \mathbf{P}^{em} . Ось Ox_1^{em} определим вдоль линии пересечения плоскости Ox_1x_2 с плоскостью, ортогональной оси Ox_3^{em} . Тогда ось Ox_2^{em} находится как перпендикулярная осям Ox_3^{em} и Ox_1^{em} . В особом случае, когда ось Ox_3^{em} совпадает с осью Ox_3 , можно считать, что элементная система $Ox_1^{em}x_2^{em}x_3^{em}$ совпадает с исходной декартовой системой координат $Ox_1x_2x_3$.

Теперь при решении задач гомогенизации, описанных в работах [1, 2], можно дополнительно учесть неоднородность поля поляризации. Так, используя возможности языка APDL, в пакете ANSYS ранее была реализована следующая стратегия вычислений [1, 2]. В имеющейся сетке конечных элементов все элементы электростатики модифицировались в элементы с возможностями пьезоэлектрического анализа. Новым элементам присваивались материальные свойства двух типов: свойства поляризованной пьезокерамики для конечных элементов первой фазы и свойства пор для элементов второй фазы. При этом поры считаются пьезокерамическим материалом с пренебрежимо малыми упругими и пьезоэлектрическими модулями и с диэлектрическими проницаемостями, равными диэлектрической проницаемости вакуума. С конечными элементами пьезокерамического материала первой фазы связываются элементные системы координат $Ox_1^{em}x_2^{em}x_3^{em}$, определенные по найденным на предыдущем этапе векторам поляризации \mathbf{P}^{em} . Далее для определения эффективных модулей решаются задачи электроупругости для неоднородного представительного объема по методам, описанным в работах [1, 2]. Отметим, что при учете неоднородной поляризации задачи гомогенизации решаются на конечно-элементной сетке, в которой каждый элемент поляризованной пьезокерамики имеет, вообще говоря, свои модули \mathbf{c}^{Em} , \mathbf{e}^{em} , $\boldsymbol{\varepsilon}^{Sem}$, получаемые по известным формулам пересчета тензорных коэффициентов при переходе от основной декартовой системы координат $Ox_1x_2x_3$ к элементным системам координат $Ox_1^{em}x_2^{em}x_3^{em}$.

Если поле поляризации однородно, то задача (1), (2) не используется, и в задаче гомогенизации все конечные элементы имеют или свойства пьезокерамического материала класса *btt*, поляризованного вдоль оси Ox_3 , или свойства пор.

В подходе, описанном выше, модули \mathbf{c}^{Em} , \mathbf{e}^{em} , $\boldsymbol{\varepsilon}^{Sem}$ конечных элементов первой фазы пьезокерамического композита получались из исходных модулей жесткостей $\mathbf{c}^{E(1)}$, измеренных при постоянном электрическом поле, пьезомодулей $\mathbf{e}^{(1)}$, и диэлектрических проницаемостей $\boldsymbol{\varepsilon}^{S(1)}$, измерен-

ных при постоянных деформациях, только при пересчете тензорных коэффициентов при поворотах элементных систем координат. В том случае, когда вектор остаточной поляризации не достигает максимально возможного значения поляризации насыщения, материальные модули являются функциями этого вектора и тензора остаточной деформации. Оставляя в стороне исследования по определению такой зависимости, воспользуемся линейным приближением: будем считать, что модули \mathbf{c}^{Em} , \mathbf{e}^{em} , $\boldsymbol{\varepsilon}^{Sem}$ неоднородно поляризованной пьезокерамики являются линейными функциями от остаточной поляризации. Т.е. материальные свойства частично поляризованной керамики линейно изменяются от значений в состоянии, когда она термически деполаризована (\mathbf{c}_i^E , $\mathbf{e}_i = 0$, $\boldsymbol{\varepsilon}_i^S$) до значений этих модулей в состоянии насыщения $\mathbf{c}^{E(1)}$, $\mathbf{e}^{(1)}$, $\boldsymbol{\varepsilon}^{S(1)}$. Именно, следуя [2], примем следующие зависимости

$$\mathbf{c}^{Em} = (1 - k_p)\mathbf{c}_i^E + k_p\mathbf{c}_p^{Em}, \quad \mathbf{e}^{em} = k_p\mathbf{e}_p^{em}, \quad \boldsymbol{\varepsilon}^{Sem} = (1 - k_p)\boldsymbol{\varepsilon}_i^S + k_p\boldsymbol{\varepsilon}_p^{Sem}, \quad (3)$$

где \mathbf{c}_p^{Em} , \mathbf{e}_p^{em} , $\boldsymbol{\varepsilon}_p^{Sem}$ модули, полученные пересчетом исходных модулей $\mathbf{c}^{E(1)}$, $\mathbf{e}^{(1)}$, $\boldsymbol{\varepsilon}^{S(1)}$ при поворотах элементных систем координат.

Множитель k_p в (3) является отношением модуля элементного вектора поляризации \mathbf{P}^{em} к значению модуля вектора поляризации однородного материала пьезокерамики

$$k_p = |\mathbf{P}^{em}| / p_{sat}, \quad (4)$$

где $p_{sat} = (\varepsilon_i - \varepsilon_0)E_*$ – значение поляризации в состоянии насыщения

При решении задачи электростатики для неоднородного материала с негладкими итерфазными границами возможны наличия особенностей в полях электрического потенциала, напряженности электрического поля и электрической индукции. В этих ситуациях модуль вектора остаточной поляризации может превышать допустимое значение поляризации состояния насыщения, что обычно не допускается. В связи с этим, можно изменить формулу (4), исключая возможность «сверхпереполаризации» пьезокерамического материала

$$k_p = \begin{cases} |\mathbf{P}^{em}| / p_{sat}, & |\mathbf{P}^{em}| \leq p_{sat}, \\ 1, & |\mathbf{P}^{em}| \geq p_{sat}. \end{cases} \quad (5)$$

Еще один альтернативный подход связан с использованием иных определяющих соотношений пьезокерамики, и, соответственно, других зависимостей для модулей податливостей неоднородно поляризованной керамики \mathbf{s}^{Em} , измеренных при постоянном электрическом поле, пьезомодулей \mathbf{d}^{em} и диэлектрических проницаемостей $\boldsymbol{\varepsilon}^{Tem}$, измеренных при постоянном механическом напряжении [2]

$$\mathbf{s}^{Em} = (1 - k_p) \mathbf{s}_i^E + k_p \mathbf{s}_p^{Em}, \quad \mathbf{d}^{em} = k_p \mathbf{d}_p^{em}, \quad \boldsymbol{\varepsilon}^{Tem} = (1 - k_p) \boldsymbol{\varepsilon}_i^T + k_p \boldsymbol{\varepsilon}_p^{Tem}. \quad (6)$$

Здесь, аналогично (3), \mathbf{s}_p^{Em} , \mathbf{d}_p^{em} , $\boldsymbol{\varepsilon}_p^{Tem}$ модули, полученные при пересчете исходных модулей $\mathbf{s}^{E(1)}$, $\mathbf{d}^{(1)}$, $\boldsymbol{\varepsilon}^{T(1)}$ при поворотах элементных систем координат.

Поскольку модули из наборов $\{\mathbf{c}^{E(1)}, \mathbf{e}^{(1)}, \boldsymbol{\varepsilon}^{S(1)}\}$ и $\{\mathbf{s}^{E(1)}, \mathbf{d}^{(1)}, \boldsymbol{\varepsilon}^{T(1)}\}$ и т.п. связаны между собой по известным соотношениям ($\mathbf{s}^{E(1)} = (\mathbf{c}^{E(1)})^{-1}$, $\mathbf{d}^{(1)} = \mathbf{e}^{(1)} \cdot \mathbf{s}^{E(1)}$, $\boldsymbol{\varepsilon}^{T(1)} = \boldsymbol{\varepsilon}^{S(1)} + \mathbf{d}^{(1)} \cdot \mathbf{e}^{(1)*}$), то, определив один из наборов материальных модулей, можно найти значения модулей для другого набора.

Между тем, соотношения (3) и (6) не эквивалентны, и вопрос о наилучшем подходе для определения модулей неоднородно поляризованной пьезокерамики в данных моделях остается пока открытым. Подход, связанный с использованием соотношений (6) более сложен для реализации, но кажется более обоснованным. При этом, как модель (3), так и модель (6) можно реализовать в пакетах ANSYS и ACELAN-COMPOS, если для пьезоэлектрического анализа модифицировать элементы электростатики, изменяя как их элементные системы координат, так и значения их материальных модулей.

Итак, при гомогенизации пористых пьезокерамических материалов можно использовать шесть моделей: модель с однородной поляризацией пьезокерамической матрицы; модель с неоднородной поляризацией только по направлению; модель с неоднородной поляризацией по (3), (4); модель с неоднородной поляризацией по (3), (5); модель с неоднородной поляризацией по (6), (4); и модель с неоднородной поляризацией по (6), (5). В докладе представлены сравнительные расчеты эффективных модулей, выполненные по данным моделям, и обнаружено, что различные модели могут обеспечить наилучшее согласование с известными данными различных экспериментов.

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

Литература

1. Наседкин А.В., Шевцова М.С. Моделирование эффективных модулей для различных типов пористых пьезокерамических материалов // Вестник ДГТУ. – 2013. – № 3–4 (72–73). – С. 16–26.
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. Advanced Structured Materials. – 2019. – Vol. 109. – P. 113–131.

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ПРОЕКТОВ

Натробина А.И.

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

E-mail: natrobina@sfedu.ru

Использование современных способов конструирования содержания школьных предметов и курсов внеурочной деятельности, совершенствование технологий и методик обучения позволят успешно решать задачи модернизации образования и повышать качество образовательного процесса.

Рассмотрим один из таких способов – использование метода проектов в образовательном процессе. Проектное обучение представляет собой инструмент, позволяющий активизировать познавательную деятельность обучающихся [4]. Данный метод способствует развитию субъектности ученика в рамках образовательного процесса. Его применение обеспечивает возможности для того, чтобы развивать все сферы личности учащихся. Соответственно, метод проектов рассматривается не только в качестве способа, посредством которого может быть организована деятельность педагогов и обучающихся, но и в качестве интегрированной педагогической технологии [3].

Учебные проекты прикладной направленности, которые позволяют учащимся определять цели для достижения оптимального результата своей деятельности – являются одним из способов решения задач современного школьного образования. Проектная деятельность формирует умения составлять план работы для успешного выполнения проекта, работать в группе, распределять роли внутри группы, соблюдать сроки выполнения проекта, определять способы воплощения проекта, обобщать полученную информацию и представлять результаты своей работы.

В ходе исследования были рассмотрены различные подходы к формулировке понятия метода проектов. Согласно определению, которое сформулировано Александром Васильевичем Леонтовичем, под методом проектов предлагается понимать деятельность, осуществляемую учащимися самостоятельно под руководством педагога, предполагающую необходимость решать проблему, которая носит социально значимый или исследовательский характер, и получать результат, выступающий как материальный либо идеальный продукт [2].

Также были рассмотрены особенности использования метода проектов в школе. Работа учащихся в рамках проекта дает возможность пройти все этапы развития умственной деятельности. Утилитарные задания и зада-

чи сориентированы на физиологическое выполнение тех воздействий, для которых недостает времени на уроке, поэтому целесообразно проектную деятельность выносить и во внеурочную деятельность.

Следует отметить, что анализ методических рекомендаций организации проектной деятельности школьников в процессе обучения информатике показал, что проектная деятельность учащихся общеобразовательных учреждений вызывает интерес педагогов, о чем свидетельствует число проектных работ, представленных на конкурсах и фестивалях.

Внеурочная деятельность является одной из перспективных областей применения метода проектов, поскольку принципы, лежащие в ее основе, совпадают с основными принципами проектного обучения. Использование метода проектов во внеурочной деятельности значительно повышает мотивацию обучающихся, способствует достижению метапредметных и личностных результатов [1].

Метод проектов наглядно показывает обучающимся связь между теорией и практикой школьных дисциплин, и в том числе школьного курса информатики.

Использование метода проектов во внеурочной деятельности по информатике дает широкие возможности использования его в современном образовательном пространстве.

Литература

1. Генкал С.Е. Индивидуальные образовательные проекты как средство реализации познавательных потребностей учащихся профильных классов // Педагогические науки: Сб. науч. тр. – Воронеж, 2015. – Ч. II в. – С. 200–206
2. Леонтович А.В. Исследовательская деятельность как способ формирования мировоззрения // Народное образование. – 1990. – № 10
3. Helm, Judy H. Young Investigators: The Project Approach in the Early Years. / Katz, Lilian G, –New York: Teachers College Press, –2001.
4. Katz, Lilian G. Engaging Children's Minds: The Project Approach. / Chard, Sylvia C., – Norwood, NJ: Ablex Publishing, –1989.

РАЗРАБОТКА ON-LINE ИГРЫ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

Нестеренко В.А.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

Институт математики, механики и компьютерных наук

им. И.И. Воровича

E-mail: neva09@mail.ru

Введение. Современные интерактивные on-line игры различных жанров (RPG, песочницы, стратегии, ...) помимо игровой составляющей содержат и моделируют различные аспекты состояния и поведения окружающего мира. Это может относиться как к физическим законам мира так и к экономическим и социальным законам взаимоотношений и поведения людей. По этой причине процесс разработки и создания компьютерных игр может быть эффективно использован в учебном процессе в качестве практической задачи при изучении различных дисциплин.

Задача создания компьютерной игры изначально не была приоритетной и не ставилась в качестве учебной практической задачи. Однако, темы отдельных задач таких как разработка клиент-серверных приложений, платформенно-независимая графика, 3-мерная графика и анимация, моделирование физических процессов, элементы искусственного интеллекта объединились в один большой проект и привели к появлению программной модели интерактивной on-line игры. В этой модели не рассматриваются сюжет и конкретная тематика игры, а лишь программная реализация её элементов. В предлагаемой работе коротко описаны те задачи, которые решались студентами в процессе обучения и при выполнении выпускных квалификационных работ и в совокупности привели к созданию прототипа интерактивной on-line игры с элементами саморазвития, искусственного интеллекта, моделирования физики мира, ландшафтообразования, экологии и гидрологии.

Серверная часть проекта реализована в операционной системе Linux. Клиентская часть реализована в двух вариантах: Windows и Linux.

Клиент-сервер. Сетевая компонента является важной составной частью любой многопользовательской системы с удалённым доступом. Серверная часть приложения должна обеспечивать возможность динамического подключения большого числа клиентов без заметной потери эффективности и быстродействия. В рамках выпускных квалификационных работ были проведены исследования о создании многопользовательских сетевых систем клиент-сервер. В рассматриваемом проекте серверная часть реализована на базе функции poll() [1]. Эта функция позволяет реализовать динамический массив для учёта подключенных пользователей и работать с

переменным числом сокетов для поддержания связи с клиентскими программами.

Графика. Хотя операционная система Windows является графической системой и содержит достаточно развитую графическую оконную подсистему её собственные возможности в обработке и отображении сложных графических объектов малоэффективны. Для обеспечения эффективной обработки графической информации необходимо использовать дополнительные программы, обеспечивающие взаимодействие с аппаратной частью компьютера и с низкоуровневыми средствами операционной системы. По результатам исследований студенческих работ в предлагаемом проекте использована кроссплатформенная система SDL (Simple DirectMedia Layer) [2]. Система SDL позволила реализовать поддержку графической части клиентского приложения и без особых проблем создать клиентские программы для двух операционных систем Windows и Linux. Для высокоуровневой графики, прорисовки сцен и графических объектов используется пакет OpenGL [3].

Анимация изображения. Движение (анимация) изображения основано на смене кадров – фаз движения. Построение отдельных фаз движения может быть реализовано разными способами. В зависимости от этого различают разные виды анимации: спрайтовая, скелетная, изоморфная анимация и другие [4]. Каждый вид анимации имеет свои достоинства и область применения. По результатам сравнения и анализа видов анимации в предлагаемом проекте была применена скелетная анимация. Для реализации движения человеческих фигур и фигур животных были использованы соответствующие трехмерные модели и фазы движения скелетов из многочисленных источников в Интернете.

Ландшафт. Карта игрового мира имеет размер 1024x1024 тайлов. Для соотношения с размерами реального мира размер тайла выбран 1м-1м. Поверхность карты образует тор. Размер мира можно увеличить в несколько раз без существенной потери скорости обчёта на обычном компьютере IBM PC. Приведённый размер выбран для удобства отладки и тестирования. Для формирования «естественного» ландшафта был использован фрактальный алгоритм «diamond-square» [5]. Параметры алгоритма позволяют формировать поверхность с различной степенью «неровностей», гористую или равнинную. Более того, алгоритм формировать ландшафт похожий на заданный ландшафт реального мира.

Гидрология. В качестве примера применения физических законов в игровом мире реализована гидрологическая модель круговорота воды в природе. В мире присутствует заданное количество воды заполняющей впадины и низинные места. Вода испаряется и выпадает в виде осадков равномерно по всей поверхности мира. Вода стекает с возвышенных мест с

учётом локального рельефа, постепенно размывает и переносит почву, образует русла рек и отмели в местах впадения рек в условные моря.

Растительный и животный мир. При формировании флоры и фауны в игровой мир заложены возможности моделирования реальных экологических процессов. В частности: появление новых животных происходит случайным образом, их время жизни и число определяется взаимоотношениями хищник-жертва в реальном мире. Деревья разных пород имеют разное время жизни и допустимое расстояние между соседними деревьями. Деревья разных породы влияют друг на друга. Из-за этого с течением времени появляются пейзажи похожие на реальные, например березняки и дубовые рощи.

Автоматы. Наиболее интересным при программировании проекта является использование искусственного интеллекта при реализации алгоритмов поведения неигровых персонажей. Так, например, лесоруб вначале ищет сухое дерево. При его движении используется алгоритм A^* для поиска оптимального пути с учётом ландшафта. Если на пути лесоруб встречает сухое дерево, то он рубит дрова и относит домой, затем повторяет поход к дереву пока дерево не будет полностью срублено. Аналогичным образом ведёт себя рудокоп. Условно говоря, с течением времени неигровые персонажи могут что-то запоминать и, некоторым образом, обучаться.

Заключение. Таким образом, реализовав приведённые элементы игрового мира, бала построена игровая модель мира имеющего возможность изменения и саморазвития. Подбором параметров можно построить мир изменяющийся аналогично реальному миру.

Несмотря на то, что процесс разработки и реализации представленного проекта формально не был оформлен и зафиксирован одним из важных результатов участия в реализации программы многопользовательской online игры следует считать знания и опыт, полученные студентами от участия в совместной разработке большого и сложного проекта.

Литература

1. Стивенс У.Р., Феннер Б., Рудофф Э.М.. UNIX Разработка сетевых приложений. 3-е изд. СПб., 2007.
2. SDL – документация и загрузка пакета. <https://www.libsdl.org>.
3. OpenGL – документация и загрузка пакета <https://www.opengl.org>.
4. Фленов М.. Искусство программирования игр на C++. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006.
5. Алгоритм «diamond-square» для построения фрактальных ландшафтов <http://habrahabr.ru/post/111538/>.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА СО СВЯЗНОСТЬЮ 1-3 НА ОСНОВЕ ПОРИСТОЙ ПЬЕЗОКЕРАМИКИ В ПАКЕТЕ ACELAN-COMPOS

Оганесян П.А.¹, Соловьев А.Н.^{2,1}

¹ ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

² ФГБОУ ВПО «Донской государственный технический университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: poganesyana@sfedu.ru

В данной работе представлен анализ материальных свойств пьезоэлектрического композита со связностью 1–3. В качестве активного материала используется пористая пьезокерамика PZT-4. Проводится расчет материальных свойств на основе нескольких подходов. На основе конечно-элементных моделей исследуется эффективность полученного материала для различных процентов пористости керамики и различной жесткости матрицы композита. Анализируются электромеханические свойства преобразователей из предложенного композита.

В работе [1] представлены результаты расчетов для композита со связностью 3–0. Были проведены численные эксперименты, демонстрирующие прирост коэффициента электромеханической связи (КЭМС) для отдельных конфигураций устройств из пористой керамики по сравнению с полнотелой. В данной работе представительные объемы (рис. 1) со связностью 1–3 генерировались в комплексе ACELAN-COMPOS. В качестве основного материала использовался однородный упругий материал, свойства которого подбирались таким образом, чтобы жесткость и плотность материала совпадали со значениями для одного из вариантов пористой керамики.

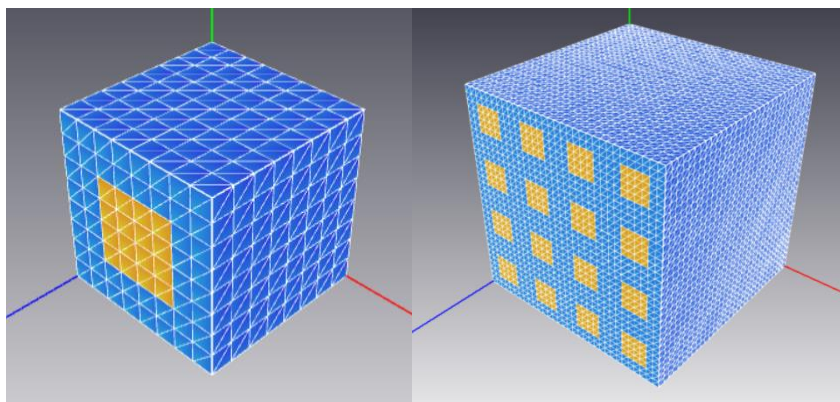


Рис. 1. Примеры представительных объемов со связностью 1–3, построенных в комплексе ACELAN-COMPOS

Анализ устройств из композитного материала предложенной структуры может осуществляться несколькими способами. В качестве основного инструмента в данной работе использовался реализованный в пакете ACELAN-COMPOS метод осреднения [2]. Расчеты проводились для доли включений 25%, рассматривались варианты материала стержней с пористостью от 0 до 80%, материал матрицы был представлен в двух вариантах, соответствующих по жесткости и плотности керамике с пористостью 50% (далее – матрица 1) и 80% (далее – матрица 2). На рис. 2 и 3 приведены результаты расчетов по методу осреднения.

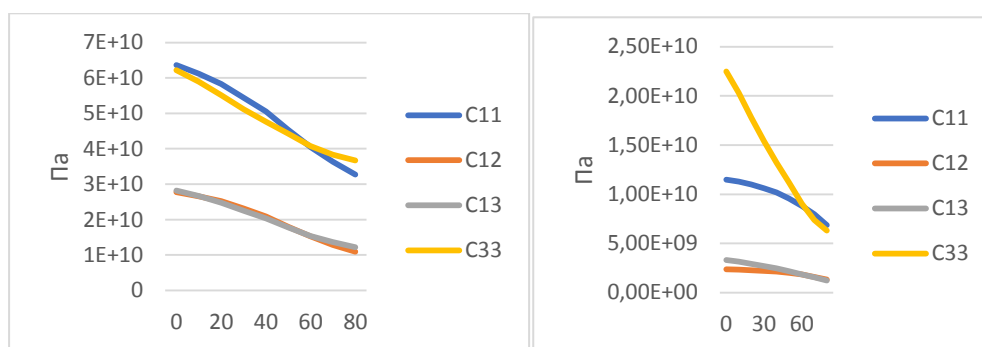


Рис. 2. Изменение упругих свойств композита с ростом процента пористости пьезокерамики для матрицы 1 (слева) и матрицы 2 (справа)

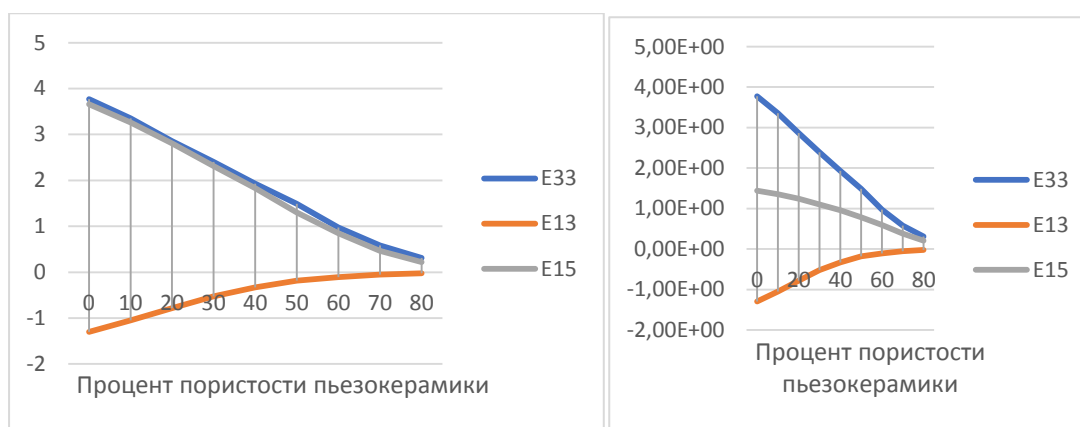


Рис. 3. Изменение пьезоэлектрических свойств композита с ростом процента пористости пьезокерамики для матрицы 1 (слева) и матрицы 2 (справа)

Полный расчет эффективных характеристик пьезоэлектрического материала методом осреднения требует решения 9 статических задач теории электроупругости. Для большинства типов композитов формирование более мелкой конечно-элементной сетки позволяет получить более точное решение, но для композита 1–3 значительной разницы между простейшей моделью из 512 элементов и моделью из 32768 элементов обнаружено не было.

В литературе представлены подходы, позволяющие получить приближенные значения. Наиболее простым способом получить приближенные значения является смесевая теория. В работе [3] приводятся формулы для композитов 1–3, полученные для цилиндрических стержней. Для верификации расчетов в данной работе применялись все представленные подходы и дополнительно решалась отдельно идентификационная задача для определения эффективного значения C_{33} , так как в данной работе рассматривались продольные колебания устройств из изучаемого композита именно по оси Oz. В качестве инструмента решения использовался программный пакет COMSOL.

Определение коэффициента осуществлялось на основе решения статической задачи теории электроупругости, с заданным перемещением на одной из границ модели. На основе данных об осредненном напряжении на нагруженной границе модели были получены значения коэффициента C_{33} . На рис. 4 представлены сравнительные результаты для различных методов вычисления эффективного значения C_{33} .

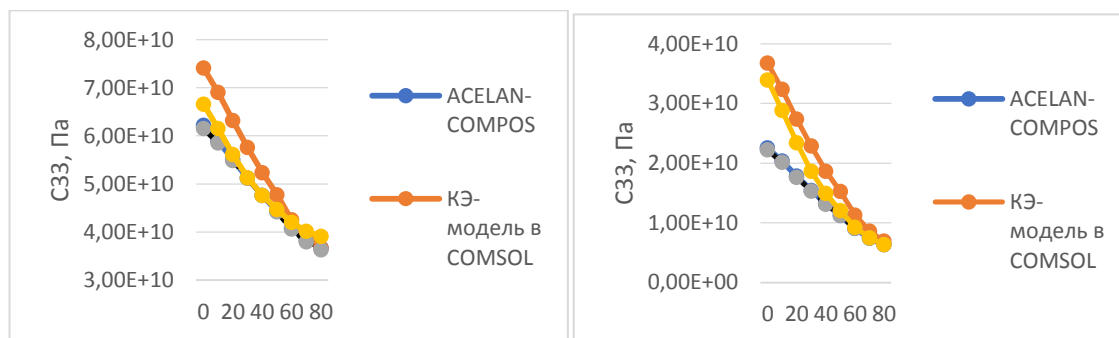


Рис. 4. Значения коэффициента C_{33} , полученные на основе различных подходов, для матрицы 1 (слева) и матрицы 2 (справа)

Полученные эффективные материальные модули были использованы в серии численных экспериментов при решении задач на собственные колебания. Частота колебаний была выбрана относительно небольшой, до первой собственной частоты, так как проектируемые устройства чаще работают именно в таком режиме. Для обеих матриц было установлено сокращение КЭМС, однако возникающий на свободном электроде потенциал возрос. Для матрицы 2 был зафиксирован трехкратный рост потенциала при переходе от полнотелой керамики к керамике с пористостью 80%. В случае более жесткой матрицы 1 увеличение пористости керамики свыше 50% не приводит к дополнительному приросту потенциала. Прирост потенциала по сравнению с полнотелой керамикой составил около 30%. Полученные модели позволяют определять

эффективные материальные свойства композитов со связностью 1–3, в том числе в случае, когда в качестве активного материала также используется композит. Предложены эффективные схемы пьезопреобразователей на основе исследованных классов композитов.

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

Литература

1. Nasedkin A.V, Oganessian P.A, Soloviev A.N. Analysis of Rosen type energy harvesting devices from porous piezoceramics with great longitudinal piezomodulus. // *Z Angew Math Mech.* – 2021; 101:e202000129. <https://doi.org/10.1002/zamm.202000129>.
2. Kudimova A.B., Nadolin D.K., Nasedkin A.V., Oganessian P.A., Soloviev A.N. Finite element homogenization models of bulk mixed piezocomposites with granular elastic inclusions in ACELAN package // *Mater. Phys. Mech.* – 2018. – Vol. 37, N 1. – P. 25–33.
3. Bravo-Castillero J., Guinovart-Díaz, R., Sabina F. Closed-form expressions for the effective coefficients of a fiber-reinforced composite with transversely isotropic constituents – II. Piezoelectric and square symmetry // *Mechanics of Materials.* – 2001. – Vol. 33. – P. 237–248. 10.1016/S0167-6636(00)00060-0.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ЗАДАЧИ СТЕГОАНАЛИЗА АУДИОФАЙЛОВ

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

Стремительное развитие информационных технологий, равно как и удешевление компьютерной техники (в частности носителей информации) привело к значительному увеличению количества цифровых файлов. Вместе с этим, довольно широкое распространение и развитие получили методы цифровой стеганографии, которые могут использоваться (и используются) в том числе и в преступных целях. Несмотря на то, что наибольшей популярностью пользуются методы стеганографии в изображениях, аудиофайлы формата WAVE также представляют огромный интерес для стеганографии ввиду своей высокой стеганографической емкости и распространенности. В связи с этим и для них встает задача обнаружения скрытых вложений, или стегоанализ.

В наши дни самым распространенным подходом при стегоанализе аудио является использование методов машинного обучения. В литературе преобладают подходы, основанные на искусственных нейронных сетях [1, 2], методе опорных векторов [3], деревьях решений [4], используются и другие.

Целью настоящей работы является реализация и сравнение методов машинного обучения для решения задачи стегоанализа аудиофайлов, в том числе методов, не встречавшихся в рассмотренной литературе.

Исходной выборкой стал набор файлов для классификации эмоций RAVDESS Emotional Speech Audio [5] (1420 файлов). В качестве метода стеганографии, обеспечивающего создание стегоконтейнера при составлении выборки было использовано программное обеспечение DeepSound [6]. Для составления выборки были использованы режимы Low, Normal и High. Вложения были произведены на 25, 50, 75 и 100% от максимальной стеганографической емкости каждого контейнера, итого получилось 18460 файлов. Наименование наборов данных организовано так: вначале идет режим (Low, Normal или High), затем процент вложений (25, 50, 75 и 100). Исключением является набор Empty – выборка исходных оригинальных аудиофайлов без вложений.

Построение необходимого признакового пространства для задачи стегоанализа было представлено авторами ранее в работе [7]. Данные признаки были рассчитаны для каждого из файлов выборки и записаны в соответствующие таблицы объект-признак (названия таблиц соответствуют назва-

ниям наборов данных). Тренировочная выборка формировалась следующим образом: из таблицы Empty были взяты первые 1200 объектов. Из оставшихся двенадцати таблиц бралось по 100 объектов: в таблице Low25 были взяты объекты 1-100, в Low50 101-200, в Low75 201-300, в Low100 301-400, Normal25 401-500, Normal50 501-600, Normal75 601-700, Normal100 701-800, High25 801-900, High50 901-1000, High75 1001-1100, High100 1101-1200. Оставшиеся объекты составили тестовые выборки (к примеру, в тестовую выборку от Low25 попали файлы 101-1420, от Empty 1201-1420).

Были рассмотрены следующие методы машинного обучения: 1-LogReg (логистическая регрессия), 2-KNN (метод k ближайших соседей), 3-QDA (квадратичный классификатор), 4-NB (наивный байесовский классификатор), 5-Gauss (гауссовский процесс), 6-AdaBoost (адаптивный бустинг), 7-LSVM (линейный метод опорных векторов), 8-RBFSVM (ядерный метод опорных векторов), 9-DesTree (дерево принятия решений), 10-RandFor (случайный лес), 11-GradBoost (градиентный бустинг деревьев принятия решений), 12-MLP (многослойный перцептрон). Реализация данных методов была взята из библиотеки Scikit-learn [8] для языка программирования Python.

Учитывая, что полученная правильность не является удовлетворительной для построения эффективной стегоаналитической системы, признаковое пространство, описанное в работах [7] и [9], не подходит для решения задачи стегоанализа в общем плане. Поэтому в настоящее время авторами ведутся работы построения эффективного признакового пространства аудиофайлов, позволяющего определять наличие LSB-стеганографических вложений с помощью методов машинного обучения с точностью порядка 99%.

Вышеуказанные модели были обучены на тренировочной выборке и протестированы отдельно на тестовой выборке каждого из наборов данных. Правильность классификации на тестовой выборке отображена на рисунках 1–2.

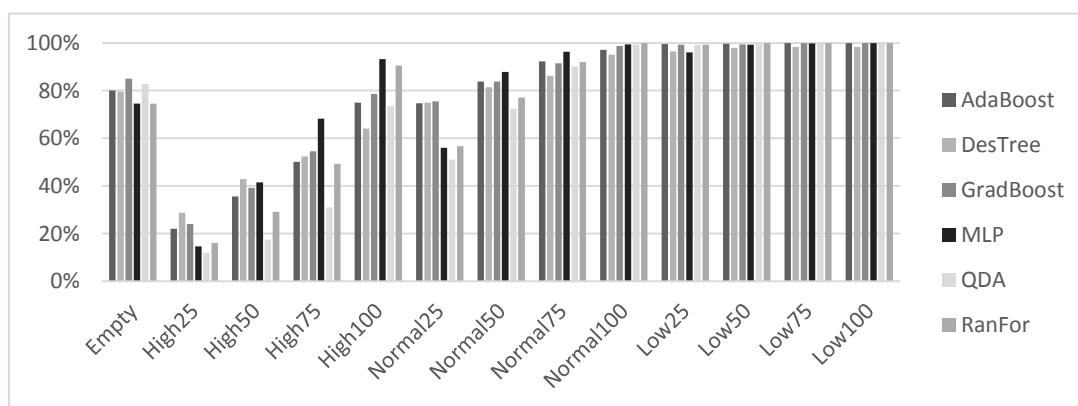


Рис. 1. Правильность классификации на тестовой выборке для моделей 6, 9, 11, 12, 3, 10

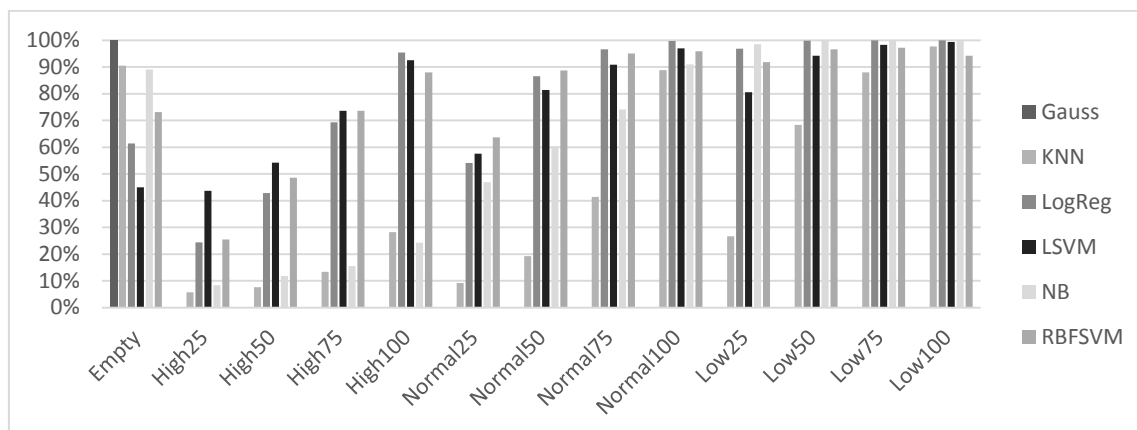


Рис. 2. Правильность классификации на тестовой выборке для моделей 5, 2, 1, 7, 4, 8

Как видно из полученных результатов, для большинства методов прослеживается четкий тренд по увеличению правильности классификации при увеличении процента вложений, а также при изменении режима от High к Low. Однако, получаемая правильность классификации на некоторых наборах данных (High25, High50, High75, High100, Normal25) является неприемлемой для построения точных стегоаналитических систем. Также из полученных результатов видно, что некоторые модели (KNN, Gauss) показывают достаточно низкие результаты при определении наличия стеговложений, вне зависимости от тестовой выборки: в среднем по тестовым выборкам показатели точности составили 45% для KNN и 8% для Gauss. Наилучшую правильность показали модели GradBoost, RBFSVM, LogReg и MLP, дающие правильность в 79% в среднем по всем тестовым наборам.

Литература

1. Yavanoglu U., Ozcakmak B., Milletsever O. A new intelligent steganalysis method for waveform audio files //2012 11th International Conference on Machine Learning and Applications. – IEEE, 2012. – Vol. 2. – P. 233–239.
2. Fu J.W., Qi Y.C., Yuan J.S. Wavelet domain audio steganalysis based on statistical moments and PCA //2007 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition. – IEEE, 2007. – Vol. 4. – P. 1619–1623.
3. Djebbar F., Ayad B. Energy and entropy based features for WAV audio steganalysis //Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing. – 2017. – Vol. 8, N 1.
4. Geetha S., Ishwarya N., Kamaraj N. Audio steganalysis with Hausdorff distance higher order statistics using a rule based decision tree paradigm // Expert Systems with Applications. – 2010. – V. 37, N 12. – P. 7469–7482.

5. Livingstone S.R., Russo F.A. "The Ryerson Audio-Visual Database of Emotional Speech and Song (RAVDESS): A dynamic, multimodal set of facial and vocal expressions in North American English." PloS one 13.5 (2018).
6. DeepSound. [Электронный ресурс] : Описание ПО и ссылка на скачивание. – 2015. – Словения. – Режим доступа: <http://jpinsoft.net/DeepSound/Overview.aspx>.
7. Олейников Б.В., Стрельников А.В. Определение вектора характеристики аудиофайлов для задач бинарной классификации. Современные информационные технологии: тенденции и перспективы развития : материалы XXVI научной конференции; Южный федеральный университет. – Ростов н/Д ; Таганрог : Изд-во Южного федерального университета, 2019.
8. Pedregosa F. et al. Scikit-learn: Machine learning in Python //Journal of Machine Learning Research. – 2011. – Vol. 12. – P. 2825–2830.
9. Олейников Б.В., Стрельников А.В. Стегоанализ программного обеспечения DeepSound на WAVE файлах // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство. – 2019. – С. 223–227.

ТЕСТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНЫХ ИГРОВЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ANDROID. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МИНИМАЛЬНО НЕОБХОДИМЫХ ВИДОВ ТЕСТИРОВАНИЯ И ПОДДЕРЖИВАЕМЫХ ВЕРСИЙ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Павлова Д.А.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Таганрог*

E-mail: dpavlova@sfnedu.ru

Многие разработчики игрового программного обеспечения, которые занимаются его созданием независимо от продуктовых компаний (называемые также инди-разработчиками), стремятся выпустить свой проект как можно скорее. Энтузиазм к созданию привлекательной им игры мешает трезво оценить качество созданного продукта. Работоспособность проверяется лишь поверхностно, что увеличивает вероятность пропуска мелких ошибок, которые в будущем могут сильно повлиять на игровой процесс. В свою очередь это может привести к увеличению вероятности негативной оценки конечных пользователей к игре. Именно поэтому важно проведение тестирования, помогающее оценить конечный продукт измерением количественных показателей качества, которые можно определить по результатам работы программного обеспечения [1].

Количество различных видов тестирования велико, и разработчикам бывает трудно составить оптимальный набор тестов, который позволил бы не совершать избыточные объёмы работы, поэтому для начала разумно проведение минимально необходимых видов тестирования.

В первую очередь необходимо понимание правильности работы созданного продукта. Главным инструментом достижения этого является функциональное тестирование. Функциональное тестирование рассматривает заранее указанное поведение и основывается на анализе спецификаций функциональности компонента или системы в целом. Дизайн тестовых случаев опирается на возможные действия или цепочки действий пользователя. Вероятность избыточного тестирования решается путём приоритизации требований или сценариев ежедневного использования системы [2].

Другим необходимым видом тестирования является тестирование совместимости, основная цель которого заключается в проверке корректной работы продукта в определённом окружении, т.е. на устройствах с различными характеристиками, в том числе и программными.

Важность выбора обуславливается широким распространением устройств с различными версиями операционных систем. При этом необхо-

можно определить минимальную границу поддерживаемых версий операционных систем для продукта, поскольку дальнейшая поддержка для малоиспользуемых устройств будет не сопоставима с затраченными ресурсами.

Для мобильных устройств, как правило, рекомендуется поддерживать около 90% устройств, ориентируя приложение на последнюю версию [3]. В этом помогает статистика распространения различных версий операционных систем Android в IDE Android Studio (рис. 1). Используя данную статистику, разработчику следует выбирать минимальную поддерживаемую версию таким образом, чтобы версии систем, которые равны или выше версии выбранной операционной системы, охватывали не менее 90% рынка. Например, в данном случае такой версией является версия 5.1 - "Lollipop".

ANDROID PLATFORM VERSION	API LEVEL	CUMULATIVE DISTRIBUTION
4.0 Ice Cream Sandwich	15	
4.1 Jelly Bean	16	99,8%
4.2 Jelly Bean	17	99,2%
4.3 Jelly Bean	18	98,4%
4.4 KitKat	19	98,1%
5.0 Lollipop	21	94,1%
5.1 Lollipop	22	92,3%
6.0 Marshmallow	23	84,9%
7.0 Nougat	24	73,7%
7.1 Nougat	25	66,2%
8.0 Oreo	26	60,8%
8.1 Oreo	27	53,5%
9.0 Pie	28	39,5%
10. Android 10	29	8,2%

Рис. 1. Статистика распространения различных версий операционной системы Android

В качестве целевой (основной) версии мобильной операционной системы рекомендуется указывать одну из последних версий с наибольшим

распространением [3], с чем также помогает статистика (рис. 1). Например, в данном случае такой версией является версия 9 - "Pie".

Третьим минимально необходимым видом тестирования является тестирование производительности. Это особенно важно для мобильных устройств, так как их возможности зачастую ограничены в техническом плане. Например, увеличить количество оперативной памяти или количество доступного пространства для хранения данных зачастую сопоставимо с покупкой нового устройства.

Литература

1. Куликов С.С. Тестирование программного обеспечения. Базовый курс. 2-е изд. – Минск: Четыре четверти, 2017. – 312 с.
2. Функциональное тестирование или Functional Testing // Про Тестинг: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.protesting.ru/testing/types/functional.html> (дата обращения: 09.04.2021).
3. Support different platform versions // Android Developers: [Электронный ресурс]. URL: <https://developer.android.com/training/basics/supporting-devices/platforms> (дата обращения: 09.04.2021).

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПЛАТФОРМ MICROSOFT TEAMS И MOODLE ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА

Пасько О.В.

*ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт филологии, журналистики и
межкультурной коммуникации,
кафедра английского языка гуманитарных факультетов*
E-mail: pasko-olga@yandex.ru

В последние годы идет процесс планомерного и постепенного перехода от традиционной формы обучения в режиме оффлайн к дистанционной форме обучения. Главный вопрос, который бурно обсуждается в педагогике и обществе, заключается в том, возможна ли полная замена занятий в аудитории на дистанционное обучение или следует использовать очно-дистанционное обучение (ОДО), в основу которого положена самостоятельная интерактивная работа студента со специально разработанными учебными материалами [1] и при активном участии преподавателя. Немаловажным вопросом, на наш взгляд, является и вопрос о том, какие дисциплины и предметы возможно эффективно изучать с помощью онлайн технологий, а какие из них требуют присутствия ученика в аудитории и невозможны без постоянного контроля и участия со стороны учителя (преподавателя).

События 2020 года, связанные с пандемией нового вируса Covid-19, заставили многие учебные учреждения совершить стремительный переход на дистанционную форму обучения. ЮФУ не стал исключением и перевел большую часть аудиторных занятий в режим онлайн на платформе Microsoft Teams. Процесс перехода занял для преподавателей и студентов один день и, поэтому оценить все достоинства и недостатки этой платформы сразу не было возможности и времени. Но после года активного использования можно сделать некоторые выводы.

Известно, что платформа Microsoft Teams задумывалась как корпоративная платформа для организации оптимальных условий рабочего пространства. Поэтому и набор возможностей, которые предоставляет платформа, ориентированы на работников крупных компаний – чат, обмен документацией, организация видео-конференций, обучение, формирование рабочих задач и надзор за их исполнением. В своей работе мы используем возможности, которые дает раздел «класс». Опираясь на личный опыт, можно выделить следующие положительные стороны использования Microsoft Teams для изучения английского языка:

- Teams доступна для работы на любом устройстве – компьютере, ноутбуке, планшете, смартфоне (достаточно скачать приложение на свой гаджет);

- Платформа проста и понятна в использовании, а вход занимает несколько секунд при условии устойчивой связи;
- Платформа позволяет использовать приложения Word, Excel, Powerpoint, Sharepoint, OneNote;
- Платформа дает возможность всем участникам группы обмениваться файлами разных форматов (doc, pdf, rft, и т.д., а также фотографиями и сканами) и объемов;
- Платформа дает возможность организовать занятие, подобное занятию в аудитории. Преподаватель создает собрание в режиме видеоконференции согласно учебному расписанию. Такая организация работы представляется как традиционное занятие, перенесенное в виртуальное пространство. В этом плане структура занятия в целом ничем не отличается от традиционной формы обучения. Это очень удобно для организации практических занятий. Мы можем осуществлять разные виды речевой деятельности – говорение, чтение, письмо, аудирование, изучать грамматику и лексику.
- Платформа позволяет преподавателю давать и проверять письменные задания. Для этого доступны разные способы: документ можно проверить, не выходя из системы, скачать и после проверки отослать результаты студентам.
- В Microsoft Teams можно демонстрировать презентации разными способами. При этом ;
- Платформа отображает статистические данные о присутствии, отсутствии студентов;
- Всем участникам группы доступна возможность попросить слова поднятием руки, а также выразить отношение к ответу при помощи понятных знаков эмодзи, что помогает поддерживать дружелюбную атмосферу;
- Всем участникам доступны для общения два вида чата – общий и индивидуальный;

К недостаткам платформы Microsoft Teams можно отнести следующие:

- Самая распространенная претензия к онлайн обучению – техническая. Teams также отказывается работать при плохой связи или ее отсутствии, часто студенты жалуются на то, что их «выбрасывает» из Teams и не всегда удается вернуться в собрание. В оправдание платформы могу сказать, что даже в ситуации невозможности подключиться к собранию, можно пользоваться чатом;
- В условиях дистанционного обучения у студентов велик соблазн списать или подсмотреть правильные ответы. У преподавателя нет реальной возможности проверить самостоятельно ли студенты вы-

полняют задания, не пользуются ли какими-то дополнительными ресурсами, или помощью товарищей. Более того, Microsoft Teams сильно облегчает задачу обучающимся, предлагая им перевод текстов, независимо от их формата. Таким образом, невозможно использовать перевод в качестве способа контроля. То же самое относится к контрольным работам и некоторым видам чтения. Однако, и в этом случае есть выход – использовать Microsoft Forms для контрольных и самостоятельных работ;

- Также сложно организовать парную и групповую работу в том виде, в котором мы обычно делаем в аудитории. Формально есть функция во время собрания организовать дополнительные «комнаты», но технически эта процедура занимает слишком много времени и часто создает путаницу для студентов, особенно когда связь недостаточно качественная.

В целом, Microsoft Teams зарекомендовала себя как жизнеспособная и вполне успешная обучающая платформа.

Еще одна платформа, которую активно осваивают наши преподаватели иностранных языков это Moodle. Платформу решено использовать для организации самостоятельной работы студентов 1 курса. В отличие от Microsoft Teams платформа Moodle внедряется постепенно и в следующем году к ней собираются подключить и студентов 2 курса. Опыт использования пока невелик, но некоторым преподавателям удалось попасть в эксперимент и протестировать эту систему до того, как ее стали использовать во всех группах первого курса. Платформа Moodle с самого начала разрабатывалась как обучающая платформа и в большей степени нацелена на самостоятельное изучение предмета. Несомненными плюсами этой платформы являются: доступность и простота в использовании для студентов и преподавателей; возможность выполнять задание в любое удобное время и в любом объеме; возможность сразу увидеть результаты и ошибки (причем эта возможность доступна и студентам, и преподавателям); возможность для студентов работать с теоретическими материалами нужное количество раз; отсутствие необходимости преподавателю оценивать результаты, оценка считается автоматически (в баллах и процентах). На данный момент платформа Moodle представляется почти идеальной для онлайн обучения.

Литература

1. Пшегусова Г.С. Что такое очно-дистанционное обучение? // Научно-методическая конференция «Современные информационные технологии в образовании: Южный Федеральный округ». – Ростов-на-Дону, 17–18 апреля 2009г. Материалы конференции. – Ростов н/Д: ЮФУ, 2009.– С. 250–253.

СЕГМЕНТАЦИЯ ДАННЫХ БЕЗ ОБУЧЕНИЯ С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ КЛАССА НА ПРИМЕРЕ РАСПОЗНАВАНИЯ БЛЮД

Полтавский А.В.

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

E-mail: poltavsky@sfedu.ru

В компьютерном зрении, сегментация — это процесс разделения цифрового изображения на несколько сегментов - множество пикселей, также называемых суперпикселями. Цель сегментации заключается в упрощении или изменении представления изображения, чтобы его было проще и легче анализировать. Сегментация изображений обычно используется для того, чтобы выделить объекты и границы на изображениях. Сегментация изображений — процесс присвоения таких меток каждому пикселю изображения, что пиксели с одинаковыми метками имеют общие визуальные характеристики. В этом заключается главное отличие от классификации изображения, где всему изображению ставится в соответствие только одна метка. Семантическая сегментация работает со множеством объектов одного класса как с единым целым [1–2].

Еще одной интенсивной областью исследований в области компьютерного зрения является обнаружение и локализация областей изображений, которые привлекают непосредственное внимание человека [3]. Возможность автоматической идентификации и сегментации таких заметных областей изображения имеет непосредственные последствия для приложений в области компьютерного зрения. Было разработано большое количество методов обнаружения заметных объектов (Salient Object Detection, SOD), чтобы эффективно имитировать способность зрительной системы человека обнаруживать заметные области на изображениях [4].

Говоря о глубоком обучении для решения задач классификации и сегментации, обучение последней требует на вход маску объекта с соответствующим классом, когда классификатор только класс. Однако с помощью модели обнаружения главного объекта, демонстрируется сопоставимая точность в обнаружении маски объекта и распознавания класса. В соответствии с выводом моделей описанном на рис.1, связка обнаружения главного объекта с классификацией изображения по маске делает возможным обучение модели сегментации для обширного кластера заметных объектов и выполняет аналогичные ей функции.

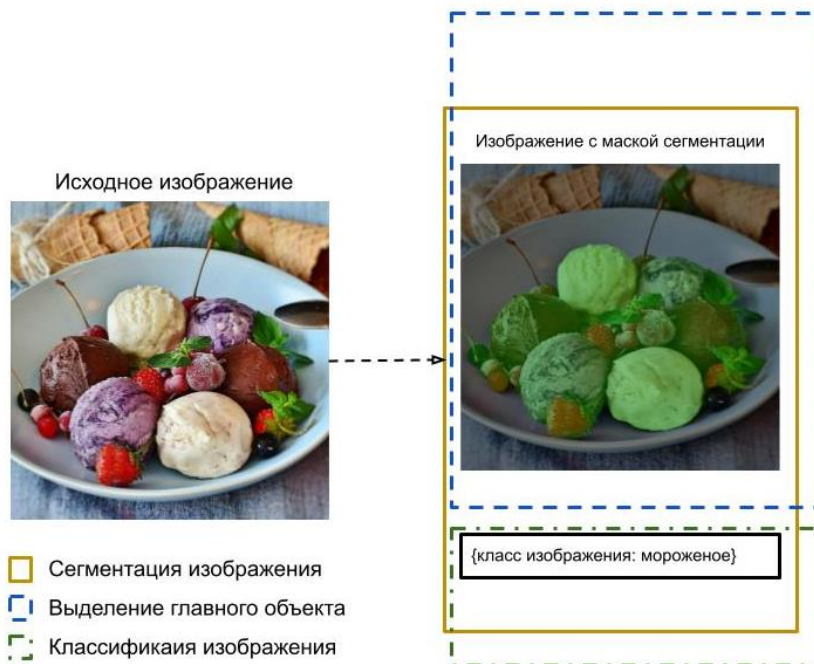


Рис. 1. Примеры изображений набора данных food-101.

Данный подход позволяет автоматизировать процесс разметки данных для обучения нейросетевых моделей сегментации и может быть использован в ее качестве.

Сложность обучения нейросетевой модели сегментации раскрывается на конкретном примере – домене изображений. Из-за сложности разметки масок, общедоступные наборы данных, такие как food-101 и др. [5], включают в себя исключительно класс изображения; примеры классов изображений показаны на рис. 2.



Рис. 2. Примеры изображений набора данных food-101

Основное ограничение текущих приложений по отслеживанию здоровья и питания – необходимость вручную вносить каждый прием пищи или сканировать штрихкод. Нейросетевые подходы от исследователей и лиде-

ров сегмента подсчета калорий упрощает отслеживание потребляемой пищи основываясь на классификации изображений. Системы распознают класс объекта, вследствие чего выдают пользователю его калорийность и характеристики. Сложность при решении такой задачи – количество классов блюд и их схожесть в отдельных случаях.

Предлагаемый метод распознавания блюд на основе обнаружения главного объекта с классификацией изображения по маске позволяет добиться более впечатляющих результатов, благодаря повышению качества классификации и наглядности процесса распознавания. Качество классификации повышается за счет более совершенного входного изображения - маски выделенного объекта, вместо целой фотографии с множеством объектов или лишними, отвлекающими деталями. Наглядность результатов и потенциальной обратной связи с пользователем заключается в том, что пользователь конкретно видит объект классификации и его маску – в случае некорректного или неточного распознавания, пользователь может исправить маску или класс объекта, что позволит использовать метод обучения модели по всему жизненному циклу (continuous learning) [6].

Литература

1. Haralick R.M., Shapiro L.G. Image segmentation techniques // Computer Vision, Graphics, and Image Processing. – 1985. – Vol. 29, N 1. – P.100–132.
2. Lu D., Weng Q. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance // International Journal of Remote Sensing. – 2007. – Vol. 28, N 5. – P.823–870.
3. Borji A., Cheng M.M., Jiang H., Li J. Salient object detection: A benchmark // IEEE Transactions on Image Processing. – 2015. – Vol. 24, N 12. – P. 5706–5722.
4. Qin X., Zhang Z., Huang C. et al. U2-Net: Going deeper with nested U-structure for salient object detection // Pattern Recognition. – 2020. – Vol. 106. – P. 107404.
5. Bossard L., Guillaumin M., Van Gool L. Food-101–mining discriminative components with random forests // European Conference on Computer Vision. – Cham: Springer, 2014. – P. 446–461.
6. London M., Smither J.W. Empowered self-development and continuous learning // Human Resource Management. – 1999. – Vol. 38, N 1. – P. 3–15.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ НАБОРА БЛЮД ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ЗАКАЗОВ

Потапов И.И., Лошкарев И.В.

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

E-mail: ipotapov@sfedu.ru

В настоящее время в студенческих столовых или в других заведениях общего питания оценка заказа происходит посредством ручного соотношения блюда с соответствующим блюдом из меню (за это отвечает кассир). Цель данной работы – автоматизировать этот процесс путем создания системы автоматического распознавания набора блюд.

Сначала была проведена работа по отбору лучшего существующего метода по распознаванию объектов. В результате, в качестве основы была выбрана модель YOLO (You only look once) [1], использующая сверточные нейронные сети, как наиболее эффективный механизм обнаружения и распознавания объектов.

Для обучения модели был взят набор данных Food100[2] с аннотацией к каждому изображению. Он включает в себя 100 классов блюд. В ходе обучения производилась кросс-валидация, поэтому набор данных был разделен на две части 90% обучение и 10% валидация, как это делалось в похожих работах [3]. Оценка полученной системы происходит при помощи метрики mAP (mean average precision). На данный момент удалось достигнуть значение в 75,35% mAP. Относительно приемлемый результат, учитывая визуальную схожесть некоторых классов блюд [4].



Рис. 1. Пример работы системы

Далее планируется расширить набор данных Food100 собственным классом блюда и произвести обучение модели [5]. Для этого необходимо провести рутинную работу по сбору и аннотированию изображений.

Литература

1. Bochkovskiy A., Wang C.-Y., Mark Liao H.-Y. YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection. <https://arxiv.org/abs/2004.10934>, 23.04.2020.
2. 100-kind food dataset, <http://foodcam.mobi/dataset100.html>
3. Sun J., Radecka K., Zilic Z. FoodTracker: A Real-time Food Detection Mobile Application by Deep Convolutional Neural Networks, <https://arxiv.org/abs/1909.05994> , 13.09.2019.
4. Cheung B. YOLO for Real-Time Food Detection. <http://bennycheung.github.io/yolo-for-real-time-food-detection>, 07.06.2016.
5. Myers A., Johnston N., Rathod V. et al. Im2Calories: towards an automated mobile vision food diary, <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/ru//pubs/archive/44321.pdf>, 16.02.2016.

COMPUTATIONAL MODELING OF DYNAMIC FRACTURE IN BIMATERIALS USING PHASE-FIELD METHOD

Reddy K.S. S.¹, Nasedkina A.², Nasedkin A.², Rajagopal A.¹

¹*Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology
Hyderabad, India*

²*Institute of Mathematics, Mechanics & Computer Science,
Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

E-mail: ce17resch01005@iith.ac.in, aanasedkina@sfedu.ru,
avnasedkin@math.sfedu.ru, rajagopal@ce.iith.ac.in

The dynamic crack propagation and branching in a brittle material are studied using the phase-field method. The phase-field method uses a length scale parameter to regularise the discrete crack to a diffuse crack and can also be interpreted as a damage-gradient model. The displacement field is coupled with the phase-field, and both are solved as sequentially coupled systems using the staggered method. The scalar phase-field varies between zero and unity (zero for the intact region and unity for the fully broken region). In this study, a new way of implementation is done using ABAQUS software to solve for the two fields. Some benchmark examples of dynamic brittle fracture are solved and verified with the existing numerical results. The dynamic crack propagation in brittle material attached to a viscoelastic material is considered as an example for bi-material and the results are compared with the single brittle plate example. Numerical results show that when a crack accelerates, the damaged band tends to widen perpendicular to the propagation direction before forming two distinct macroscopic branches.

1. Introduction

The phase-field modeling is a diffuse approach [1] based on variational formulation by energy minimisation. This approach is more attractive as it can simulate complicated fracture processes, such as crack initiation, propagation and branching. Propagation of cracks is automatically tracked by the evolution of the crack field which leads to a significant advantage over the discrete fracture methods, whose numerical implementation requires the handling of discontinuities. The quasi-static formulations have been extended to the dynamic case in [2].

Polymer materials like polyurea and epoxy show exceptional attenuation characteristics that makes them major candidates for coating structures to safeguard them from damages incur by compressive waves elicited by blast. The propagation of transient waves is difficult in polymer matrix composites (PMCs)

due to the scattering of waves occurring at the material interfaces and the dissipation within the matrix [3].

2. Phase field approximation

An exponential function is introduced to approximate the discrete crack topology by assuming the crack itself as a diffuse phenomenon and initiates with nano-voids and micro-cracks:

$$\phi(\mathbf{x}) = e^{-|\mathbf{x}|/\ell} \quad (2.1)$$

where $\phi(\mathbf{x})$ represents the diffuse crack topology and ℓ is the length scale parameter as shown in Fig. 1.

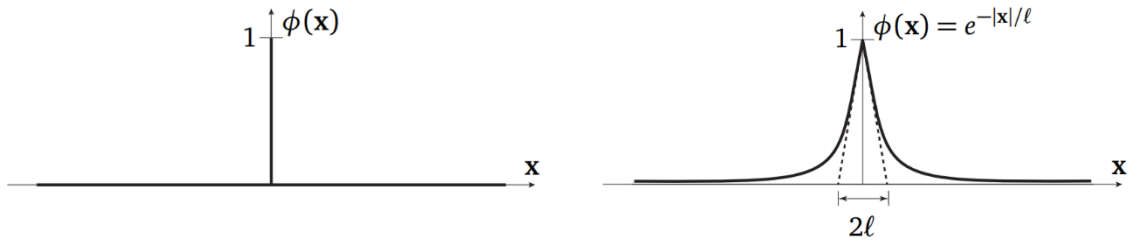


Fig. 1. Crack topology: Discrete crack (left) and Diffuse crack (right)

3. Governing equations

For a dynamic problem, Euler-Lagrange equations for the brittle fracture can be derived as follows:

$$\nabla \cdot \boldsymbol{\sigma} = \rho \ddot{\mathbf{u}} \quad (3.1)$$

$$\left(\frac{G_c}{\ell} + 2H\right) \phi - G_c \ell \Delta \phi = 2H \quad (3.2)$$

Prony series is used to define the stress relaxation modulus of the viscoelastic material as

$$G(t) = G_0 \left(1 - \sum_{i=1}^n g_i \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_i}} \right) \right) \quad (3.3)$$

where, G_0 is the instantaneous shear modulus, n is the number of Maxwell elements and g_i and τ_i are material constants.

4. Numerical example

To capture dynamic crack branching, a pre-notched brittle plate is modeled with an impact stress $\sigma = 1$ MPa for two cases.

Case 1: Single brittle plate and *Case 2:* Plate with brittle and viscoelastic material.

Failure of viscoelastic material is not considered in the present study. The geometry and boundary conditions are shown in Fig. 2 (Material I is brittle material and Material II is viscoelastic material). The material properties consid-

ered for brittle material are $\rho = 2450 \text{ kg/m}^3$, $E = 32 \text{ GPa}$, $\nu = 0.2$ and $G_c = 3 \text{ J/m}^2$. The material properties considered for viscoelastic material are $\rho = 1180 \text{ kg/m}^3$, $E_0 = 4060.1 \text{ MPa}$, $\nu_0 = 0.37$, $g = 0.0738$ and $\tau = 436.4$. The model is meshed with 0.25 mm element size and the length scale parameter (ℓ) considered is 0.5 mm. For each case, simulations are performed for three different time step sizes i.e. 0.1 μs , 0.05 μs and 0.025 μs .

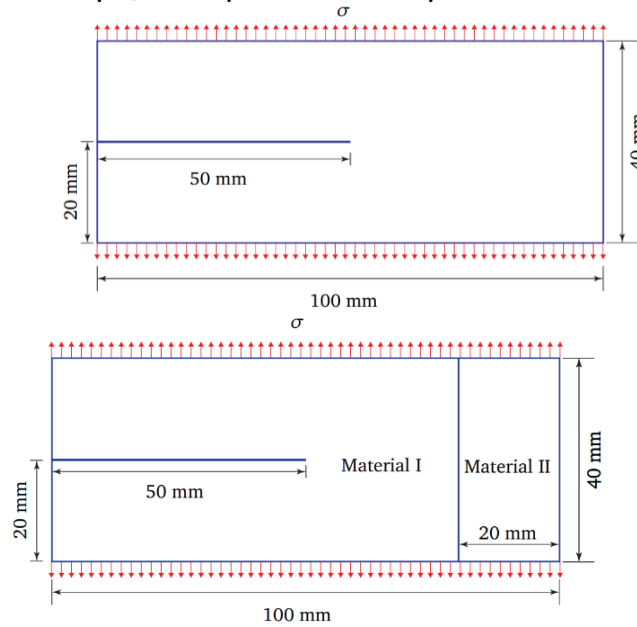


Fig. 2. Geometry and boundary conditions for Case 1 (left) and Case 2 (right)

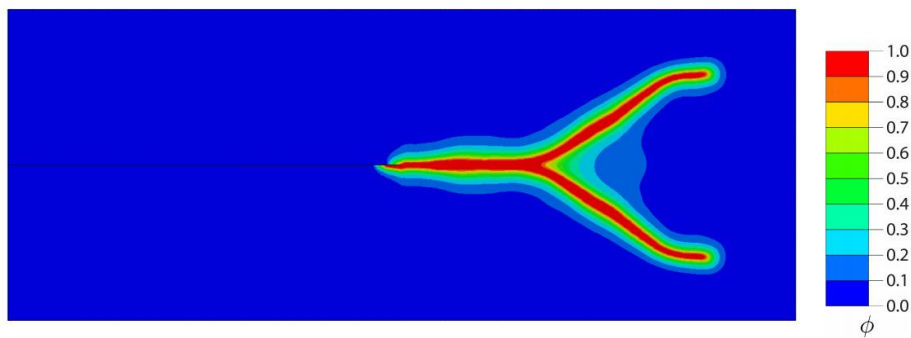


Fig. 3. Damage profile for Case 1

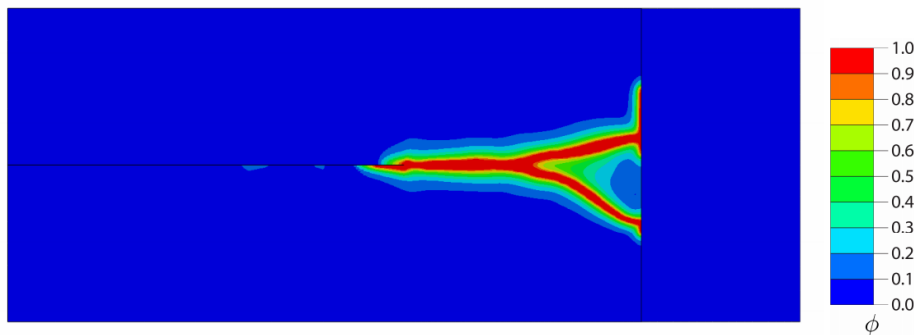


Fig. 4. Damage profile for Case 2

Damage profiles for Case 1 and Case 2 are shown in Fig. 3 and Fig. 4 respectively.

Fig. 5 shows the energy curves for the two cases with simulations performed for three different sizes time increments.

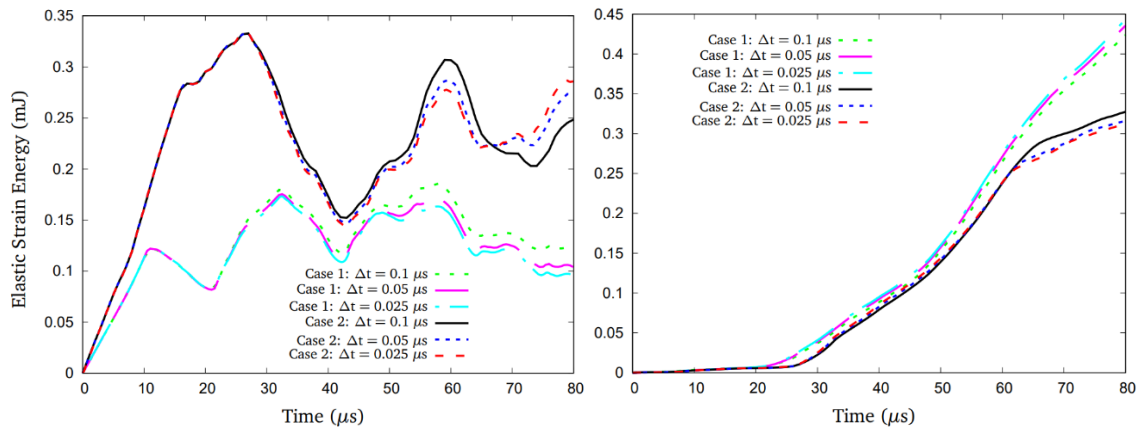


Fig. 5. Strain energy (left) and Dissipation energy (right) curves for dynamic crack branching example

5. Conclusions

It is observed that the elastic strain energy is higher for larger time step size and the energy dissipation due to crack propagation is higher for smaller time step size. Brittle material with viscoelastic material shows higher energy storage capacity when compared to the single brittle material.

References

1. Miehe C., Welschinger F., Hofacker M. Thermodynamically consistent phase-field models of fracture: variational principles and multi-field FE implementations // *International Journal for Numerical Methods in Engineering.* – 2010. – V. 83, – N 10. – P. 1273–1311. Doi: 10.1002/nme.2861
2. Rajagopal A., Fischer P., Kuhl E., Steinmann P. Natural element analysis of the Cahn–Hilliard phase-field model // *Computational Mechanics.* – 2010. – V. 46. – P. 471–493. Doi: 10.1007/s00466-010-0490-4
3. Karthik S., Rajagopal A., Reddy J.N. Nonlocal phase field approach for modeling damage in brittle materials // *Mechanics of Materials.* – 2021. – V. 157. 103797 (14 pages). Doi: 10.1016/j.mechmat.2021.103797

ВОЗМОЖНОСТИ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА UNREAL ENGINE 4

Садовский В.С.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: sadovsky@sfedu.ru

В работе рассматриваются возможности клиент-серверного взаимодействия, которые доступны игровому движку Unreal Engine 4.

Unreal Engine 4 поддерживает различные способы сетевого взаимодействия. В состав самого движка входят компоненты, как для разработки клиента, так и для разработки сервера. Стандартная сборка проекта не включает в себя сборку выделенного для игры сервера. Необходимо скачивать версию движка для разработчиков, а затем отдельно собирать и сам движок, и выделенный сервер для игры. Это не целесообразно, для долгосрочных проектов, которые могут пережить несколько версий Unreal Engine. С каждой новой версией приходится проделывать аналогичную работу. На самом деле, внутри движка есть собранный выделенный сервер. Такой сервер прежде всего предназначен, для нужд отладки, но его можно запустить без движка, и развернуть на нем игровую карту. Этот подход используется, только тогда, когда не стоит задача развертывания хоста на удаленном сервере.

Однако такой предусмотренный подход к разработке клиент-серверных приложений является плохо масштабируемым, по причине крайней избыточности сервера. Выделенный сервер Unreal Engine подходит под серверные игры, где требуется рассматривать огромный массив заранее известных данных. Сервер не может быть обновлен в процессе работы, и при каждом обновлении данных приходится перезапускать сервер. Преимуществом такого подхода является работающий без предварительной настройки сервер.

Если же такой сервер не подходит под решение требуемых задач, следует использовать сторонний сервер, оставив в Unreal Engine только клиентскую часть.

Самой сложной частью является создание API. В Unreal Engine, существуют несколько подключаемых модулей, которые решают эту проблему, а именно– Networking, Sockets и Json (который обязательно идет в паре с JsonUtilities).

Модули Networking и Sockets обеспечивают легкое подключение к серверу по TCP и контроль за состоянием подключения. А JsonUtilities

позволяет создавать конвертеры игровых структур Unreal Engine в строки, различаемые API сервера.

Большая сложность с Unreal Engine возникает при работе с асинхронными методами отправки и получения сообщений. Тут необходимо знать, что:

- Виджеты UI работают, каждый в своем отдельном потоке.
- Из модуля HAL, можно получить типы из защищенных потоков для аппаратного зависимого кода.

Основу асинхронных взаимодействий составляет модуль Async. Сервер был разработан на Node.js с использованием typescript. Выбор базы данных пал на MySQL с редактором баз данных HeidiSQL.

Благодаря изучению этой темы, можно по-новому посмотреть на возможности клиент серверного взаимодействия в играх и приложениях. Полученные навыки позволяют не только создавать стандартные сетевые приложения, например кооперативные и многопользовательские игры, но и использовать клиентскую часть Unreal Engine, для создания долговечных сервисных приложений, не требующих постоянного обновления. Необходимо лишь вносить изменения в удаленный сервер.

Литература

1. Куксон А., Даулингсока Р., Крамплер К. Разработка игр на Unreal Engine 4 за 24 часа, “БОМБОРА” ,2019
2. Кантелон М., Янг А., Мек Б., Node.js в действии, Питер, 2018
3. Файн Я., Моисеев А., Angular и TypeScript. Сайтостроение для профессионалов, Питер, 2018
4. Документация Unreal Engine 4, Networking – URL: <https://docs.unrealengine.com/en-US/InteractiveExperiences/Networking/index.html>
5. Документация Unreal Engine 4, Sockets – URL: <https://docs.unrealengine.com/en-US/API/Runtime/Sockets/index.html>
6. Документация Unreal Engine 4, FJsonObject – URL: <https://docs.unrealengine.com/en-US/API/Runtime/Json/Dom/FJsonObject/index.html>
7. Документация Unreal Engine 4, Async – URL: <https://docs.unrealengine.com/en-US/API/Runtime/Core/Async/Async/index.html>

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛАЗЕРНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ПЛЕНКИ ПЕРОВСКИТА МЕТОДОМ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Саенко А.В., Малюков С.П., Гончаров Е.В., Федоренко Т.Ю.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Таганрог

E-mail: avsaenko@sfnedu.ru

В настоящее время активно исследуются солнечные элементы, включающие в качестве фотоактивного материала металлоорганические соединения со структурой перовскита, такие как галогениды метиламмоний свинца ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$). Коэффициент полезного действия (КПД) данных солнечных элементов достигает более 20 %, а их технология изготовления не требует энергоемких и сложных технологических процессов [1]. Несмотря на значительный прогресс перовскитных солнечных элементов, многие проблемы, связанные с КПД и стабильностью во времени, остаются мало исследованными.

Большое влияние на формирование кристаллических зерен в пленке металлоорганического перовскита оказывает термический отжиг. В работе [2] показано, что более высокая температура приводит к формированию однородных пленок перовскита с более крупным размером зерен и улучшенным характеристикам солнечных элементов на их основе. Обычный процесс термического отжига пленки перовскита в печи приводит к замедленному испарению растворителя и постепенному росту зерен, что создает больше дефектов при малом размере кристаллических зерен. Известно [1, 2], что лазерное излучение является эффективным способом для быстрой кристаллизации различных материалов. Лазерный отжиг может приводить к большему размеру зерен, улучшенной однородности пленки и обеспечить низкую плотность дефектов, что снижает скорость рекомбинации и увеличивает подвижность носителей заряда.

В данной работе проведены теоретические исследования лазерного отжига пленки металлоорганического перовскита ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$) для осуществления её быстрой кристаллизации и получения сплошных, однородных слоев для применения в перовскитных солнечных элементах.

При моделировании использовался импульсный Nd:YAG лазер с длиной волны 1064 нм и длительностью импульса 84 нс. Использование инфракрасного лазерного излучения для отжига пленки перовскита (толщина 400-600 нм) имеет существенное значение, поскольку при аналогичном лазерном отжиге излучением ультрафиолетовой или видимой области спектра происходит интенсивное поглощение излучения в очень тонком (10-100 нм) приповерхностном слое перовскита из-за высоких значений

коэффициентов поглощения (10^5 – 10^6 см⁻¹). Поверхностная температура поднимается значительно выше точки разложения органических компонентов пленки $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ (140–160°C), тогда как распределение температуры с глубиной уменьшается достаточно быстро и достигает окружающей температуры на глубине менее 200 нм [1, 3]. В свою очередь, в инфракрасной области, где поглощение перовскита значительно слабее, большая глубина проникновения лазерного излучения может приводить к необходимой температуре на поверхности и более равномерному её распределению по толщине пленки.

Для определения оптимальной плотности энергии лазерного излучения с длиной волны 1064 нм при отжиге пленки перовскита была разработана одномерная нестационарная модель лазерного отжига структуры $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ (500 нм)/ TiO_2 (100 нм)/FTO (400 нм)/стекло на основе уравнения теплопроводности [4].

В результате моделирования процесса лазерного отжига получены зависимость температуры на поверхности структуры $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3/\text{TiO}_2/\text{FTO}/\text{стекло}$ от времени облучения при различной плотности энергии (рисунок 1, а) и распределение температуры по слоям структуры при различной плотности энергии в момент времени, соответствующий максимальной температуре на поверхности (рис. 1, б). Отжиг пленки перовскита для её кристаллизации осуществляется в диапазоне температур от 50 до 150° С [4, 6].

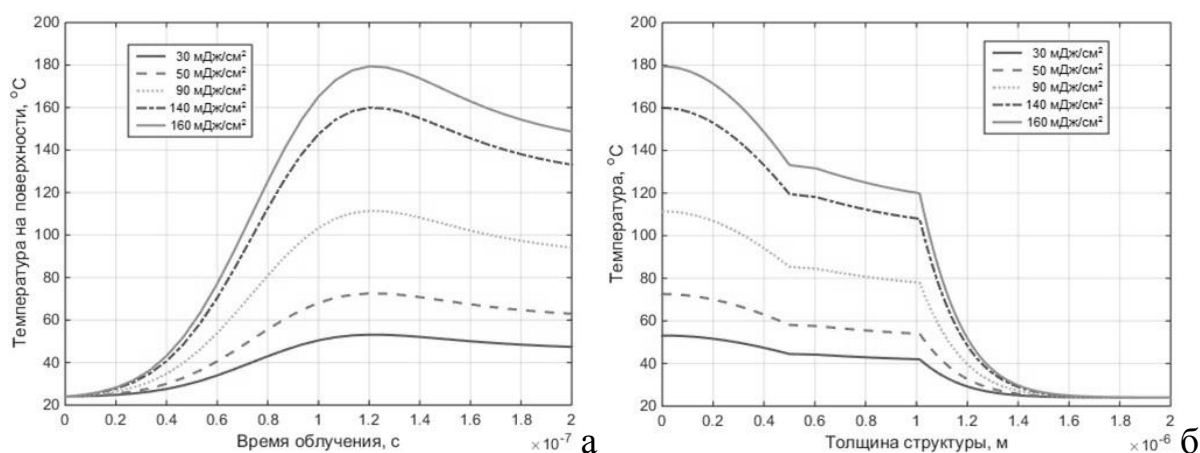


Рис. 1. Распределения температуры при лазерном отжиге от времени (а) и по толщине структуры (б) для различной плотности энергии импульса

Моделирование показало, что на поверхности структуры $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3/\text{TiO}_2/\text{FTO}/\text{стекло}$ температура достигает максимального значения в момент времени 120 нс при гауссовой временной форме лазерного импульса

(рис. 1, а). Результаты распределения температуры по толщине пленки перовскита (рис. 1, б) показывают относительно равномерное изменение, что может приводить к более эффективному нагреву на большой глубине. Оптимальная плотность энергии при использовании наносекундной длительности импульса составляет от 50 мДж/см² до 140 мДж/см², когда температура по толщине пленки перовскита изменяется в диапазоне от 58–72° С до 120–159° С соответственно.

Литература

1. Li F., Zhu W., Bao C. et al. Laser-assisted crystallization of CH₃NH₃PbI₃ film for efficient perovskite solar cell with high open-circuit voltage // *Chemical Communications*. – 2016. – Vol. 52. – P. 5394–5397.
2. Chen L.-C., Chen C.-C., Chen J.-C., Wu C.-G. Annealing effects on high-performance CH₃NH₃PbI₃ perovskite solar cells prepared by solution-process // *Solar Energy*. – 2015. – Vol. 122, – P. 1047–1051.
3. Song C., Tong L., Liu F. et al. Addressing the reliability and electron transport kinetics in halide perovskite film via pulsed laser engineering // *Advanced Functional Materials*. – 2020. – Vol. 30. – P. 1906781.
4. Malyukov S.P., Sayenko A.V., Klunnikova Y.V. Laser annealing of perovskite solar cells thin film structure // *2018 International Russian Automation Conference, RusAutoCon 2018*. – P. 8501763.

ТЕОРИЯ ТОНКОГО КРЫЛА С КОНЦЕВЫМИ КРЫЛЬЯМИ

Самсонов И.К.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: hazar7073@yandex.ru

Подъёмная сила является одной из основных характеристик в авиации наряду с надёжностью и массой конструкции. Существует множество методов увеличения подъёмной силы и одним из таких методов является увеличение длины крыла при помощи концевых крыльев (винглетов). Винглеты увеличивают удлинение крыла, тем самым уменьшая интенсивность вихрей, образующихся на концах крыльев. С теоретической стороны влияние винглетов на подъёмную силу летательного аппарата изучено слабо, поэтому на основе теории тонкого крыла [1] принимается, что винглеты на концах тонкого крыла являются тонкими пластинками, расположенными под углом 90° , но гораздо меньшими размерами в сравнении с основным крылом (рис. 1).

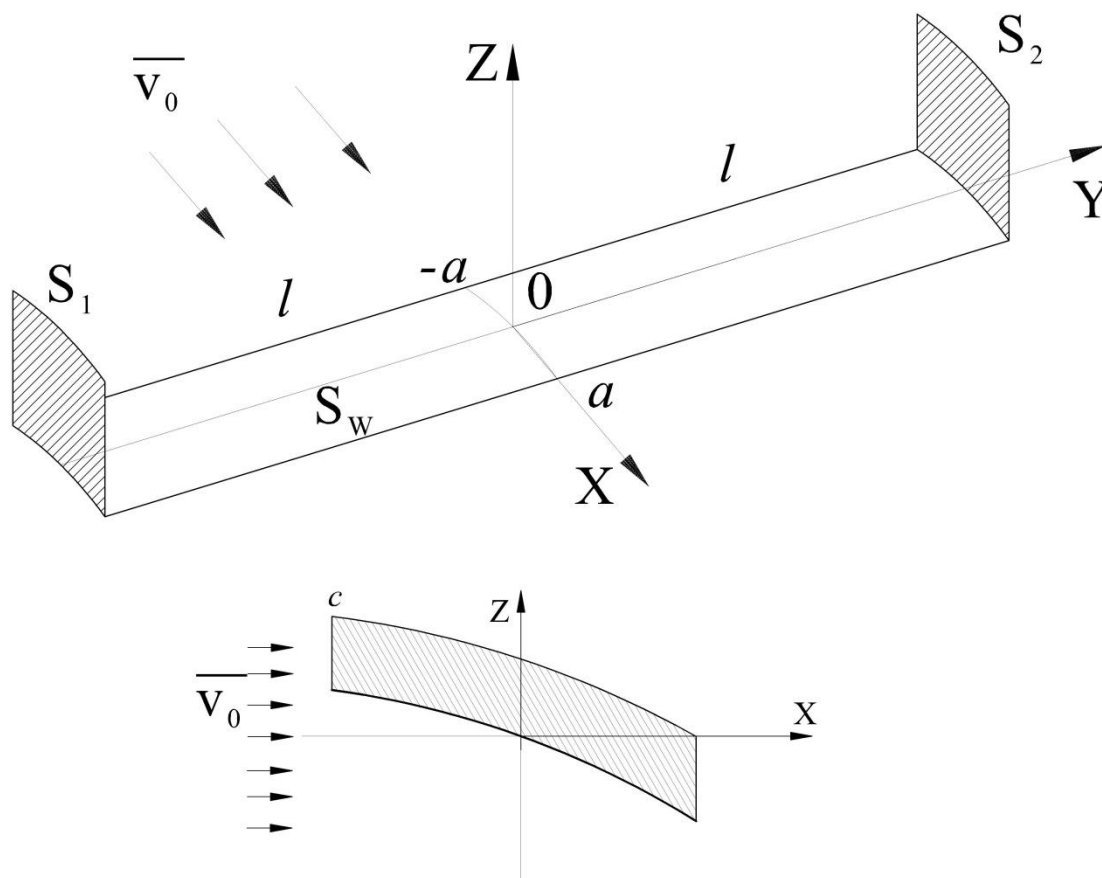


Рис. 1. Тонкое крыло с винглетами

Исходя из теории тонкого крыла [1], интегральное уравнение, описывающее его обтекание, выглядит следующим образом:

$$\frac{1}{4\pi} \iint_S \left[\frac{x-\xi}{\sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2}} + 1 \right] \frac{\gamma(\xi, \eta) d\xi d\eta}{(y-\eta)^2} = u_0 \frac{\partial f}{\partial x} = F(x, y) \quad (1)$$

Основываясь на этой теории, были выведены уравнения (2), (3), описывающие обтекание тонкого крыла с двумя винглетами [2]. При симметричном обтекании система, состоящая из трёх уравнений с тремя интегралами, упрощается до системы, состоящей из двух уравнений с двумя интегралами.

$$\begin{aligned} & \iint_{S_w} \frac{\gamma_w(\xi, \eta)}{(y-\eta)^2} \left(\frac{x-\xi}{q_{ww}} + 1 \right) d\xi d\eta + \iint_{S_{1,2}} \frac{\zeta \gamma_{1,2}(\xi, \zeta)(l+y)}{t_{w1}} \times \\ & \left[\frac{2}{t_{w1}} \left(\frac{x-\xi}{q_{w1}} + 1 \right) + \frac{x-\xi}{q_{w1}^3} \right] + \frac{\zeta \gamma_{1,2}(\xi, \zeta)(l-y)}{t_{w2}} \times \\ & \left[\frac{2}{t_{w2}} \left(\frac{x-\xi}{q_{w2}} + 1 \right) + \frac{x-\xi}{q_{w2}^3} \right] = 8\pi\rho V_0^2 \frac{\partial f}{\partial x}, (x, y, 0) \in S_w \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & z \iint_{S_w} \frac{(l+\eta)\gamma_w(\xi, \eta)}{t_{1w}} \left[\frac{2}{t_{1w}} \left(\frac{x-\xi}{q_{1w}} + 1 \right) + \frac{x-\xi}{q_{1w}^3} \right] d\xi d\eta + \\ & z \iint_{S_{1,2}} \frac{\gamma_{1,2}(\xi, \zeta)}{(z-\zeta)^2} \left(\frac{x-\xi}{q_0} + 1 \right) + \frac{\gamma_{1,2}(\xi, \zeta)}{t_{12}} \times \\ & \left[\left(\frac{8l^2}{t_{12}} - 1 \right) \left(\frac{x-\xi}{q_{12}} + 1 \right) + \frac{4l^2(x-\xi)}{q_{12}^3} \right] \times d\xi d\zeta = 0, \\ & (x, 2l, z) \in S_{1,2} \end{aligned} \quad (3)$$

где:

$$\begin{aligned} q_{w1} &= [(x-\xi)^2 + (l+y)^2 + \zeta^2]^{1/2}, & q_{1w} &= [(x-\xi)^2 + (l+y)^2 + z^2]^{1/2}, \\ q_{w2} &= [(x-\xi)^2 + (l-y)^2 + \zeta^2]^{1/2}, & q_{2w} &= [(x-\xi)^2 + (l-y)^2 + z^2]^{1/2}, \\ q_{12} &= [(x-\xi)^2 + 4l^2 + (z-\zeta)^2]^{1/2}, & q_0 &= [(x-\xi)^2 + (z-\zeta)^2]^{1/2}, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned}
q_{ww} &= [(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2]^{1/2}, & t_{12} &= 4l^2 + (z - \zeta)^2 \\
t_{w1} &= (l + y)^2 + \zeta^2, & t_{w2} &= (l - y)^2 + \zeta^2, \\
t_{1w} &= (l + \eta)^2 + z^2, & t_{2w} &= (l - \eta)^2 + z^2,
\end{aligned}$$

Далее перейдём к дискретной форме. С этой целью разобьём отрезок от $-a$ до a по оси X на N_x частей, отрезок от $-l$ до l по оси Y на N_y частей, а отрезок от 0 до c по оси Z на N_z частей. Каждое γ считаем почти постоянной и выносим за знак интеграла. Тогда интеграл берётся в явном виде (5), (6).

$$\begin{aligned}
& h_x \sum_{m=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} \left\{ \gamma_w(\xi_m, y_j) \left[\ln \left| \frac{q_{ww(i,j)} - (x_n - \xi_m)}{q_{ww(i,j)} + (x_n - \xi_m)} \right| + \ln |y_i - \eta| \right] \right\}_{\eta=y_j - \frac{h_y}{2}}^{y_j + \frac{h_y}{2}} + \\
& h_x h_z \sum_{m=1}^{N_x} \sum_{k=1}^{N_z} \gamma_{1,2}(\xi_m, \zeta_k) \left\langle (l + y_i)(x_n - \xi_m) - \left[\frac{q_{w1(i,n,m,k)}}{t_{w1(i,k)}(x_n - \xi_m)^2} - \right. \right. \\
& \left. \frac{1}{(x_n - \xi_m)^3} \cdot \ln \left| \frac{q_{w1(i,n,m,k)} - (x_n - \xi_m)}{q_{w1(i,n,m,k)} + (x_n - \xi_m)} \right| \right] + \frac{l + y_i}{t_{w1(i,k)}} + \frac{1}{2}(l + y_i)(x_n - \xi_m) \times \\
& \left[\frac{2}{q_{w1(i,n,m,k)}(x_n - \xi_m)^2} - \frac{1}{(x_n - \xi_m)^3} \cdot \ln \left| \frac{q_{w1(i,n,m,k)} - (x_n - \xi_m)}{q_{w1(i,n,m,k)} + (x_n - \xi_m)} \right| \right] + \\
& (l - y_i)(x_n - \xi_m) \left[-\frac{q_{w2(i,n,m,k)}}{t_{w2(i,k)}(x_n - \xi_m)^2} - \frac{1}{(x_n - \xi_m)^3} \times \right. \\
& \left. \ln \left| \frac{q_{w2(i,n,m,k)} - (x_n - \xi_m)}{q_{w2(i,n,m,k)} + (x_n - \xi_m)} \right| - \frac{l - y_i}{t_{w2(i,k)}} + \frac{1}{2}(l - y_i)(x_n - \xi_m) \right. \\
& \left. \left. \left[\frac{2}{q_{w2(i,n,m,k)}(x_n - \xi_m)^2} - \frac{1}{(x_n - \xi_m)^3} \cdot \ln \left| \frac{q_{w2(i,n,m,k)} - (x_n - \xi_m)}{q_{w2(i,n,m,k)} + (x_n - \xi_m)} \right| \right] \right] \right\rangle_{\zeta=z_k - \frac{h_z}{2}}^{z_k + \frac{h_z}{2}}
\end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned}
& h_x \sum_{m=1}^{N_x} \sum_{j=1}^{N_y} \gamma_w(\xi_m, y_j) \left\langle (x_n - \xi_m) \left[-\frac{q_{1w(i,n,m,u)}}{t_{1w(i,k)}(x_n - \xi_m)^2} - \frac{1}{2(x_n - \xi_m)^3} \right. \right. \\
& \cdot \ln \left. \left. \frac{q_{1w(i,n,m,u)} - (x_n - \xi_m)}{q_{1w(i,n,m,u)} + (x_n - \xi_m)} \right] - \frac{1}{t_{1w(i,k)}} + \left[\frac{1}{2}(x_n - \xi_m) \times \right. \right. \\
& \left. \left. \left(\frac{2}{q_{1w(i,n,m,u)}(x_n - \xi_m)^2} + \frac{1}{(x_n - \xi_m)^3} \cdot \ln \left| \frac{q_{1w(i,n,m,u)} - (x_n - \xi_m)}{q_{1w(i,n,m,u)} + (x_n - \xi_m)} \right| \right) \right] \right\rangle \Bigg|_{\eta=y_j-\frac{h_y}{2}}^{y_j+\frac{h_y}{2}} + \\
& h_x h_z \sum_{m=1}^{N_x} \sum_{k=1}^{N_z} \gamma_{1,2}(\xi_m, \zeta_k) \left\langle (x_n - \xi_m) \left[\frac{1}{(x_n - \xi_m)} \cdot \ln \left| \frac{q_{0(n,m,k,u)} - (x_n - \xi_m)}{q_{0(n,m,k,u)} + (x_n - \xi_m)} \right| + \right. \right. \\
& \ln \left. \left. |(z_u - \zeta_k)^2| \right] + 8l^2(x_n - \xi_m) \left[-\frac{q_{1,2(n,m,k,u)}}{t_{1,2(k,u)}(x_n - \xi_m)^2} - \frac{1}{2(x_n - \xi_m)^3} \times \right. \right. \\
& \ln \left. \left. \frac{q_{1,2(n,m,k,u)} - (x_n - \xi_m)}{q_{1,2(n,m,k,u)} + (x_n - \xi_m)} \right] - \frac{8l^2}{t_{1,2(k,u)}} - (x_n - \xi_m) \left[\frac{1}{(x_n - \xi_m)} \times \right. \right. \\
& \left. \left. \ln \left| \frac{q_{1,2(n,m,k,u)} - (x_n - \xi_m)}{q_{1,2(n,m,k,u)} + (x_n - \xi_m)} \right| + \ln |t_{1,2(k,u)}| \right] + 4l^2(x_n - \xi_m) \times \right. \\
& \left. \left. \left(\frac{2}{q_{1,2(n,m,k,u)}(x_n - \xi_m)^2} + \frac{1}{(x_n - \xi_m)^3} \cdot \ln \left| \frac{q_{1,2(n,m,k,u)} - (x_n - \xi_m)}{q_{1,2(n,m,k,u)} + (x_n - \xi_m)} \right| \right) \right] \right\rangle \Bigg|_{\zeta=z_k-\frac{h_z}{2}}^{z_k+\frac{h_z}{2}}
\end{aligned} \tag{6}$$

Система (5) – (6) представляет собой систему линейных алгебраических уравнений большого порядка с неразрезанной матрицей, которая решается известным вариационным методом LSQR.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ №19-29-06013.

Литература

1. Sumbatyan M.A., Bondarchuk A.A., Mescheryakov K.I. An efficient numerical algorithm in the classical 3d theory of thin lifting surface in a flow of non-viscous incompressible fluid // Mech. Res. Comm. – 2018. – Vol. 89. – P. 18–22.
2. Sumbatyan M.A., Samsonov I.K. On the theory of thin lifting surface with winglets // Mechanics Research Communications. – 2020. – Vol. 109. – P. 103519.

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ НЕЙРОУПРАВЛЕНИЯ И НЕЙРОКОММУНИКАЦИИ

Солосин С.В, Лазуренко Д.М.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

E-mail: ssolosin@gmail.com

Повышение надёжности функционирования Интерфейсов «Мозг-компьютер» (ИМК) в режиме реального времени представляет собой актуальную научную задачу, от решения которой зависит уровень повышения качества жизни лиц с инвалидностью и повышение их автономности [Pillette e.a., 2021]. Поскольку число людей, страдающих двигательными нарушениями, постоянно увеличивается, потребность в таких интеллектуальных системах вспомогательного и реабилитационного характера, как ИМК или нейроинтерфейсы, будет также неуклонно расти. Ресоциализации людей, имеющих инвалидность, очевидно, будет иметь заметный экономический эффект, позволит им встраиваться, в том числе, в производственные процессы, связанные как с системами наблюдения, так и управления. Для подобных утверждений существуют веские основания. Современный уровень развития микроэлектронных компонентов позволяет создавать миниатюрные носимые устройства и прогресс в этом направлении будет только нарастать. Вероятно, в обозримом будущем измерительные приборы биоэлектрической активности мозга станут полностью биосовместимыми с живыми тканями и смогут функционировать в полностью автономном режиме, будучи вживлёнными полуминвазивным способом под кожу [Leinders e.a., 2021; Ramkumar e.a., 2021].

Исходная идея создания интерфейса мозг-компьютер (ИМК) состоит том, чтобы захватить управляющие сигналы непосредственно от мозга и преобразовать их в понятную для внешних устройств форму или команду [Wolpaw e.a., 2000]. Такие сигналы мозга могут быть полезны для взаимодействия во многих приложениях, в том числе при управлении инвалидным креслом, протезом или текстовым процессором, практически, в режиме антропоморфной коммуникации, обеспечивая тем самым пациенту принципиально новые каналы связи, которые ранее были для него недоступны в результате развившегося заболевания или травмы. ИМК, таким образом, избегает нормального эфферентного нейронного сигнального пути и непосредственно транслирует потенциалы мозга для управления внешними устройствами.

Несмотря на обнадеживающие результаты исследований мозга многими международными программами, включая BlueBrain, SP6 Human Brain, The Human Brain Project, B.R.A.I.N. и другими, согласно авторитет-

ному мнению ведущих специалистов в области нейронаук, человеческий мозг по-прежнему является наиболее сложноустроенным и малоизученным органом, а информацию, которую он хранит, ещё только предстоит детально расшифровать. По этим причинам, в том числе, создание нового, надежного канала коммуникации и управления между человеческим мозгом и электронными устройствами является чрезвычайно сложной, но весьма интересной задачей.

Широко используемые в настоящее время методы анализа и интерпретации сигналов мозга в форме электроэнцефалограммы (ЭЭГ), непосредственно влияющие на надёжность функционирования такого канала нейроуправления, точность классификации паттернов электрической активности мозга и общую устойчивость системы [Sun e.a., 2020], по-прежнему, являются решающими факторами, способными ускорить широкое распространение технологии нейроуправления не только для исследовательских целей, но и на массовом потребительском рынке для решения задач контроля функционального состояния человека, а также формирования нового мышечного, вспомогательного канала управления устройствами различного назначения. Существующие подходы к анализу биоэлектрической активности мозга, распространившиеся в рамках глубоких научных изысканий, традиционно, сводятся к использованию ряда наиболее популярных статистических методов, однако не ограничиваются ими. Мощную алгоритмическую и методическую основу имеют направления исследований, сконцентрированные на разработке методов машинного обучения и построения нейросетевых моделей для анализа нелинейных и квазиустойчивых сигналов мозга человека [Lv e.a., 2020].

В настоящее время наибольшее исследование и распространение получили системы, рассматривающие в качестве события или команды управления – мысленное выполнение движения [Missiroli e.a., 2019; Bobrova e.a., 2020]. В настоящее время подходы для выделения признаков, как минимум, четырех простых движений, выполняемых мысленно, по-прежнему остаются весьма сложными, а сама задача остаётся до конца не решённой. Этому факту есть конкретное физиологическое объяснение, состоящее в том, что морфологический субстрат, реализующий большинство используемых типов воображаемых движений, имеет тесную пространственную локализацию, включая проекции крупных моторных единиц, например, таких как верхние, нижние конечности и язык на области моторной коры мозга. Задачи, связанные с классификацией мысленно выполняемых движений, традиционно, тесно связаны с обнаружением мозговых феноменов десинхронизации/синхронизация (Event related desynchronization/ Event related synchronization - ERD/ERS), выражающихся в изменении ритмического рисунка электрофизиологических сигналов мозга [Zuo e.a., 2020].

Важной проблемой в исследовании нейрофизиологических механизмов воображаемых движений является их интериоризация и отсутствие внешних поведенческих признаков, в связи с чем в большинстве исследований эксплуатируется стимул-зависимая парадигма деятельности, т.е., выбор эпохи анализа ЭЭГ прямо зависит от управляющего стимула на экране монитора или из динамика. К недостаткам такого подхода следует отнести сложности с генерацией пользователем команд управления в произвольные моменты времени, короткий алфавит управляющих команд (как правило, 2-3), значительное время, требуемое для накопления ответов и генерации управляющей команды (до 10 секунд).

Многочисленные исследования показывают, что не только алгоритмы анализа ЭЭГ определяют эффективность работы ИМК. Способность человека произвольно индуцировать паттерны мозговой активности при мысленном выполнении движения определенной конечностью носит индивидуальный характер [Chaudhary et al., 2020; Saha, Baumert, 2020], поэтому пользователь ИМК не всегда может оперировать тем набором мысленных команд, который ему предлагается. Однако проблема выхода из этой ситуации в случае практической необходимости поиска и закрепления новой мысленной команды рассматривается в существующих нейроинтерфейсах крайне редко или вообще не рассматривается. Очевидно, это связано с тем, что в этом случае в настройки нейроинтерфейса (на стадии калибровки и обучения) должны быть встроены алгоритмы поиска новых команд, если исходные паттерны управления для пользователя, по разным причинам, недоступны, например, для ИМК-заблокированных пользователей (Brain-computer Interface-illiteracy). Доля таких пользователей в популяции может достигать 10–15%, что делает актуальной задачу разработки принципиально нового подхода к построению нейроинтерфейсов, способных к самообучению и самонастройке под каждого индивидуального пользователя [Saha, Baumert, 2020].

Актуальной и перспективной, прежде всего, с практической точки зрения, является задача разработки процедуры настройки нейроинтерфейса, которая использует произвольно генерируемые пользователем команды управления, сопряжённые с идеомоторными актами – мысленными эквивалентами реальных движений. Решение указанных проблем видится на пути разработки стимул-независимых интерфейсов мозг-компьютер, использующих для управления ЭЭГ-паттерны, связанные, в частности, с произвольными моторными командами или скрытой вербализацией.

*Работа выполнена при финансовой поддержке грантом **Российского научного фонда №20-19-00627**: «Разработка стимул-независимой модели интерфейса «Мозг-компьютер» для реабилитации людей с ограниченными возможностями».*

1. Pillette L., Roc A., N'kaoua B., Lotte F. Experimenters' Influence on Mental-Imagery based Brain-Computer Interface User Training // *International Journal of Human-Computer Studies*. – 2021. – Vol.149. – P. 102603.
2. Leinders S., Vansteensel M. J., Branco M. P. et al. (2020). Dorsolateral prefrontal cortex-based control with an implanted brain–computer interface // *Scientific Reports*. – 2020. – Vol. 10, N 1. – P. 1–10.
3. Ramkumar S., Amutharaj J., Gayathri N., Mathupriya S. A review on brain computer interface for locked in state patients. *Materials Today: Proceedings*. – 2021.
4. Wolpaw J.R., Birbaumer N., Heetderks W.J. et al. Brain-computer interface technology: a review of the first international meeting. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*. – 2020. – Vol. 8, N 2. – P. 164–173.
5. Sun Z., Huang Z., Duan F., Liu Y. A Novel Multimodal Approach for Hybrid Brain–Computer Interface. *IEEE Access*. – 2020. – Vol. 8. – P. 89909–89918.
6. Lv Z., Qiao L., Wang Q., Piccialli F. Advanced Machine-Learning Methods for Brain-Computer Interfacing. *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*. – 2020.
7. Missiroli F., Barsotti M., Leonardis D. et al. Haptic Stimulation for Improving Training of a Motor Imagery BCI Developed for a Hand-Exoskeleton in Rehabilitation // *2019 IEEE 16th International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*. – IEEE, 2019. – P. 1127–1132.
8. Bobrova E.V., Reshetnikova V.V., Frolov A.A., Gerasimenko Y.P. Use of Imaginary Lower Limb Movements to Control Brain–Computer Interface Systems // *Neuroscience and Behavioral Physiology*. – 2020. – Vol. 50, N 5. – P. 585–592.
9. Zuo C., Jin J., Yin E. et al. Novel hybrid brain–computer interface system based on motor imagery and P300 // *Cognitive Neurodynamics*. – 2020. – Vol. 14, N 2. – P. 253–265.
10. Chaudhary U., Mrachacz-Kersting N., Birbaumer N. Neuropsychological and neurophysiological aspects of brain-computer-interface (BCI) control in paralysis // *The Journal of Physiology*. – 2020.
11. Saha S., Baumert M. Intra- and inter-subject variability in EEG-based sensorimotor brain computer interface: a review // *Frontiers in computational neuroscience*. – 2020. – Vol. 13. – P. 87.

ЧИСЛЕННЫЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ДВУМЕРНОГО ИНТЕГРАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЛОПАСТИ

Сумбатян М.А., Казаков Е.А.

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

E-mail: masumbatyan@sfnedu.ru, Eugene.A.Kazakov@yandex.ru

В работе рассматривается применение классической линейной теории малых возмущений для тонкого крыла к вращающейся лопасти конечного размаха. Модель описывает лопасть малой толщины и малой кривизны, вращающуюся под малым углом атаки $\alpha_{\text{атаки}} = \alpha_b$, что соответствует широко распространённой модели пропеллера гражданского воздушного дрона.

Пусть тонкая слабоизогнутая лопасть, поверхность которой описывается уравнением $x_1 = f(x_2, x_3)$, вращается вокруг оси x_1 с угловой скоростью ω так, что в текущий момент времени ось лопасти совпадает с осью x_2 . Принимается линеаризованная аэродинамическая теория по малым возмущениям. Соответственно, предполагается, что угол атаки мал, закрученность лопасти мала. Поэтому поверхность лопасти располагается близко к плоскости x_2x_3 и угол между вектором нормали к поверхности лопасти и осью x_1 также мал (см. рис. 1). Как следствие, граничное условие непроницаемости поверхности лопасти может быть перенесено на соответствующую ей проекцию S в плоскости x_2x_3 . Принятые предположения с физической точки зрения корректны при больших угловых скоростях для всех точек S .

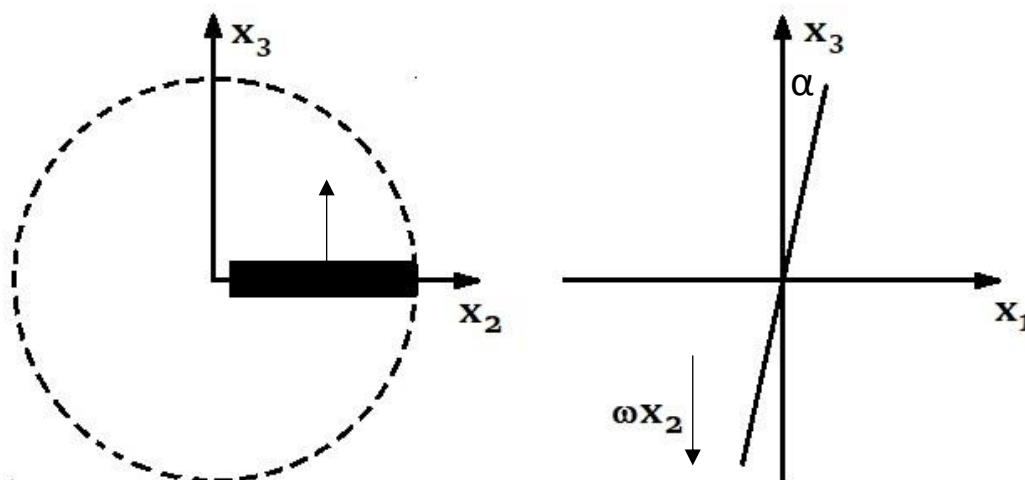


Рис.1: Привязка координатных осей к модели тонкой лопасти

Предположим, что течение жидкости безвихревое везде, за исключением вихревой пелены, срывающейся с задней кромки лопасти. Тогда существует потенциал скорости, что после подстановки в условие неразрывности в случае несжимаемой жидкости приводит к уравнению Лапласа для потенциала [1]:

$$U = \nabla\varphi, \quad \nabla \cdot U = 0, \quad \Rightarrow \Delta\varphi = 0 \quad (1)$$

что справедливо для любой точки пространства, не принадлежащей вихревой пелене и поверхности S .

Из предположения, что задача является стационарной во вращающейся системе координат, связанной с лопастью, в неподвижной системе координат получаем следующее соотношение [2]:

$$\varphi(x_1, r, \omega t + \theta, t) = \varphi(x_1, r, \theta, 0); \Rightarrow \frac{\partial\varphi}{\partial t} = \omega \frac{\partial\varphi}{\partial\theta} \quad (2)$$

где (r, θ, x_1) – цилиндрическая система координат для точки x .

При применении этих предположений линеаризованный интеграл Коши-Лагранжа имеет вид (штрихом обозначено возмущение давления на фоне атмосферного p_0):

$$\begin{aligned} \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} + \frac{\partial\varphi}{\partial t} &= \frac{p_0}{\rho}; \Rightarrow \\ \frac{p'}{\rho} + \frac{\partial\varphi}{\partial t} &= \frac{p'}{\rho} - \omega \frac{\partial\varphi}{\partial\theta} = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Также необходимо добавить граничное условие непроницаемости, которое должно удовлетворяться на обеих сторонах тонкой лопасти, как для $x_1 = +0$, так и для $x_1 = -0$. Запишем его также в линеаризованном виде:

$$v'_1 = \omega x_2 a_b \quad (4)$$

Исходя из вышесказанного, выводим, что p является непрерывной функцией во всём объёме воздуха, за исключением области S . С учётом того, что возмущённое давление $p' = p - p_0$ также непрерывно, из основного интегрального представления теории потенциала получаем:

$$p'(x) = \iint_{S_{ext}} \left[p(y) \frac{\partial G(y, x)}{\partial n_y} - \frac{\partial p(y)}{\partial n_y} G(y, x) \right] ds_y, \quad (5)$$

где S_{ext} является произвольной замкнутой поверхностью, внешней по отношению к S , функция $G(y, x)$ – функция Грина. Здесь $x = (x_1, x_2, x_3)$ – произвольная фиксированная точка в жидкости, $y = (y_1, y_2, y_3)$ – точка, по которой происходит интегрирование по поверхности.

Подставляя в последнюю формулу давление, выраженное из формулы (3), а также используя условие непроницаемости $\partial p / \partial n = 0$, получаем

$$\frac{\partial \varphi'(x)}{\partial \theta} = \iint_{S_{ext}} \frac{\partial \varphi(y)}{\partial \psi} \cdot \frac{\partial G(y, x)}{\partial n_y} ds_y, \quad (6)$$

где ψ – угол в цилиндрической системе координат для точки y .

В случае стягивания внешней поверхности S_{ext} к исходной S , имеем

$$\left. \frac{\partial G}{\partial n_y} \right|_{y=+0} = \left. \frac{\partial G}{\partial y_1} \right|_{y_1=0}, \quad \left. \frac{\partial G}{\partial n_y} \right|_{y=-0} = - \left. \frac{\partial G}{\partial y_1} \right|_{y_1=0}. \quad (7)$$

Тогда, вводя новую функцию γ , связанную со скачком аэродинамического давления при пересечении лопасти

$$\gamma(y) = \left. \frac{\partial \varphi}{\partial \psi} \right|_{y=+0} - \left. \frac{\partial \varphi}{\partial \psi} \right|_{y=-0} \quad (8)$$

получаем:

$$\frac{\partial \varphi'(x)}{\partial \theta} = \iint_S \gamma(y) \frac{\partial G(y, x)}{\partial y_1} dy_2 dy_3 \quad (9)$$

Далее, чтобы воспользоваться граничным условием (4), необходимо продифференцировать это соотношение по x_1 и положить $x_1 = 0$. В результате получаем

$$\frac{\partial^2 \varphi'(x_1 = 0)}{\partial x_1 \partial \theta} = \iint_S \gamma(y_2, y_3) \frac{dy_2 dy_3}{[(x_2 - y_2)^2 + (x_3 - y_3)^2]^{3/2}} \quad (10)$$

После этого необходимо проинтегрировать последнюю формулу по θ . Данное интегрирование удобно вести от текущей точки до точек вверх по потоку на бесконечности, где нет возмущений. При этом можно показать, что для любого фиксированного x_2 имеет место соотношение:

$$d\theta = \frac{x_2}{x_2^2 + x_3^2} dx_3 \quad (11)$$

Следовательно, представление (10) можно переписать в виде:

$$\frac{\partial^2 \varphi'(x_1 = 0)}{\partial x_1 \partial x_3} = \frac{x_2}{x_2^2 + x_3^2} \iint_S \gamma(y_2, y_3) \frac{dy_2 dy_3}{[(x_2 - y_2)^2 + (x_3 - y_3)^2]^{3/2}} \quad (12)$$

В результате задача сводится к двумерному интегральному уравнению по поверхности лопасти S :

$$\iint_S K(x_2, x_3, y_2, y_3) \gamma(y_2, y_3) dy_2 dy_3 = \omega x_2 a_b(x_2, x_3), \quad (x_2, x_3) \in S \quad (13)$$

в котором неизвестная функция $\gamma(y_2, y_3)$ определяет распределение аэродинамического давления на лопасти, $\alpha_b(x_2, x_3) = \frac{\partial f}{\partial x_3}$ – угол установки лопасти относительно оси x_3 . Заметим, что выбор функции $f(x_2, x_3)$ позволяет рассматривать закрученную лопасть произвольной формы. В интегральном уравнении ядро имеет вид

$$K(x_2, x_3, y_2, y_3) = x_2 \int_{x_3}^{\infty} \frac{dz}{(x_2^2 + z^2)[(x_2 - y_2)^2 + (z - y_3)^2]^{3/2}} \quad (14)$$

и может быть выражено через элементарные функции. Уравнение (1) – (2) решается в классе функций, удовлетворяющих условию Кутта-Жуковского, т.е. решение должно быть ограниченным на задней кромке лопасти и неограниченным на передней. Кроме того, решение должно быть ограниченным на боковых кромках.

Для решения двумерного интегрального уравнения используется численный метод дискретных вихрей [3]. При этом ядро уравнения имеет гиперсингулярную особенность при $y_2 \rightarrow x_2$ и сингулярную особенность типа Коши при $y_3 \rightarrow x_3$. Свойства применяемого численного алгоритма позволяют учесть данные особенности ядра и получить решение, которое автоматически удовлетворяет требуемым физическим свойствам задачи.

После дискретизации задача сводится к некоторой линейной алгебраической системе большой размерности. Для ее решения используется метод LSQR [4]. При увеличении размерности дискретной сетки численные расчеты подтверждают устойчивость численного алгоритма в реальном масштабе времени на персональном компьютере.

Работа выполнена при поддержке Правительства Российской Федерации, проект 075-15-2019-1928.

Литература

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – 4-е изд. – М.: Наука, 1973.
2. Mescheryakov K., Sumbatyan M.A., Bondarchuk A.A. A boundary integral equation over the thin rotating blade of a wind turbine // Engineering Analysis with Boundary Elements. – 2016. – Vol. 71. – P. 20–26.
3. Белоцерковский С.М., Лифанов И.К. Численные методы в сингулярных интегральных уравнениях. – М.: Наука, 1985.
4. Paige C.C., Saunders M.A. LSQR: an algorithm for sparse linear equations and sparse least squares // ACM Trans. Math. Soft. – 1982. – Vol. 8, N 1. – P. 43–71.

БЕССЕТОЧНЫЙ МЕТОД ДИСКРЕТНЫХ ВИХРЕЙ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ НАВЬЕ-СТОКСА В ДВУМЕРНОМ ПОТОКЕ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ

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@sfnedu.ru, Andrey91y@yandex.ru

В работе рассматривается двумерная задача движения вязкой несжимаемой жидкости в неограниченной среде. Исследование проводится в рамках быстро развивающегося в последние годы бессеточного метода дискретных вихрей, в применении к решению уравнений Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости [1]. Данный метод представляет собой итерационный процесс по времени, где на каждом шаге итераций происходит расщепление на два подшага. На первом из них определяется перемещение каждого дискретного вихря в результате их взаимодействия, исходя из уравнений идеальной жидкости. На этом подшаге задача является линейной, если работать в системе Лагранжа, вместо нелинейных уравнений движения Эйлера. На втором подшаге рассчитывается диссипация вихрей, с использованием стохастических методов, основываясь на том свойстве, что диссипация точечного вихря описывается Гауссовым процессом. Тестирование алгоритма реализуется на задаче о движении диполя Лэмба-Чаплыгина в безграничной среде, которая в идеальной жидкости имеет явное аналитическое решение [2]. Таким образом, при уменьшении вязкости результаты работы алгоритма в случае вязкой жидкости должны быть близки к известному точному решению.

Будем использовать уравнения движения Навье-Стокса в терминах завихренности, которые имеют следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial \omega}{\partial t} + v_x \frac{\partial \omega}{\partial x} + v_y \frac{\partial \omega}{\partial y} = \nu \Delta \omega, & (1a) \\ \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0, & (1b) \end{cases}$$

Здесь $v_x(x, y, t)$, $v_y(x, y, t)$ – компоненты вектора скорости частиц жидкости, ω – завихренность.

Далее рассмотрим «алгоритм вязкого расщепления» [3-5], разделяющий первое уравнение в системе Навье-Стокса (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:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \omega}{\partial t} + v_x \frac{\partial \omega}{\partial x} + v_y \frac{\partial \omega}{\partial y} = 0, \quad \sim \quad \frac{d\omega}{dt} = 0 \end{array} \right. \quad (2a)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \omega}{\partial t} = \nu \Delta \omega. \end{array} \right. \quad (2б)$$

Очевидно, комбинация уравнений (2а) и (2б) не дает уравнение Навье-Стокса (1а), однако данный подход с успехом применяется на практике. Известные результаты показывают, что метод вязкого расщепления сходится со скоростью геометрической прогрессии с основанием меньшим единицы, которое, однако, стремится к единице при уменьшении вязкости, т.е. при возрастании числа Рейнольдса.

Для решения задачи запускается итерационный алгоритм по времени, где на каждом шаге происходит вязкое расщепление по формулам (2а) и (2б) с дополнительным условием несжимаемости $\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0$.

Алгоритм состоит в том, что область ненулевой завихренности разбивается равномерно с шагами Δx и Δy на ячейки. Значение завихренности в каждой ячейке с номером i аппроксимируется ω_i -функцией, сконцентрированной в узле с координатами (x, y) и принимающей значение ω_i . Как известно, уравнение (2а), записанное в Лагранжевом подходе через полную производную от завихренности, фактически для идеальной жидкости означает закон сохранения интенсивности вихрей. Это позволяет в дискретном аналоге (2а) сохранять интенсивность дискретных вихрей ω_i при их дальнейшем движении. Далее, зная значения ω_i , необходимо вычислить компоненты скорости движения введенных дельтаобразных дискретных вихрей, для чего используется формула Био-Савара [2]:

$$\begin{aligned} \frac{dx_i}{dt} &= -\frac{1}{2\pi} \sum_{j \neq i}^N \frac{\omega_j (y_i - y_j)}{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}, \\ \frac{dy_i}{dt} &= \frac{1}{2\pi} \sum_{j \neq i}^N \frac{\omega_j (x_i - x_j)}{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}, \quad \text{при } i = 1..N. \end{aligned} \quad (3)$$

После того, как для уравнения переноса скорости движения полностью определены, на следующем шаге рассмотрим уравнение диффузии (2б). В неограниченной среде диффузия вихря подчиняется закону

$$\omega = \frac{\gamma_i}{4\pi\nu t} e^{-\frac{r^2}{4\nu t}} \quad (4)$$

Таким образом, вероятность обнаружения вихревого элемента в интервале $(r, r + \Delta r)$ и $(\theta, \theta + \Delta \theta)$ в момент времени t выражается по формуле:

$$p = \frac{\gamma_i}{4\pi vt} e^{-\frac{r^2}{4vt}} \Delta r \cdot r \Delta \theta \quad (5)$$

Проинтегрировав (5) по θ на интервале $(0, 2\pi)$ и по r на интервале $(0, r)$, получим вероятность расположения вихревого элемента вблизи круга радиуса r , который будет совпадать с нормальным распределением Гаусса:

$$P = 1 - e^{-\frac{r^2}{4vt}} \quad (6)$$

Далее выразим для каждого i -ого вихревого элемента из (6) радиус, в котором величины P_i – равномерно распределенные на интервале $(0, 1)$ случайные числа:

$$r_i = \left(4vt \ln \frac{1}{P_i} \right)^{1/2} \quad (7)$$

В итоге получим выражения для рассматриваемого итерационного по времени Δt процесса со случайным перемещением каждой i -ой вихревой частицы:

$$\begin{aligned} x_i(t + \Delta t) &= x_i(t) + v_{x_i} \Delta t + r_i \cos \theta, \text{ при } i = 1..N, \\ y_i(t + \Delta t) &= y_i(t) + v_{y_i} \Delta t + r_i \sin \theta, \end{aligned} \quad (8)$$

где θ – равномерно распределенные на интервале $(0, 2\pi)$ случайные числа, N – количество частиц жидкости в канале, Δt – временной шаг на каждой итерации.

В качестве тестирования разработанного алгоритма рассмотрим диполь Лэмба-Чаплыгина [2]. Модель данного диполя представляет собой математическое описание конкретного невязкого вихревого потока, который распространяется вправо вдоль горизонтальной оси со скоростью U и представляет собой нетривиальное решение двумерных уравнений Эйлера.

Как известно, функция тока связана с завихрённостью и является решением уравнения Пуассона:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = -\omega. \quad (9)$$

При этом в диполе Лэмба-Чаплыгина существует линейная зависимость между завихренностью и функцией тока:

$$\omega = k^2 \psi. \quad (10)$$

Функция ψ в декартовых координатах (x, y) в сопутствующей системе отсчета рассчитывается как

$$\psi = \frac{-2UJ_1(kr)}{kJ_0(kR)} \sin \theta, \quad (11)$$

при $r^2 = x^2 + y^2 < R^2$, J_0, J_1 – функции Бесселя нулевого и первого порядка, соответственно. При этом значение параметра k таково, что $kR = 3.83171$ – первый нетривиальный нуль функции Бесселя первого порядка.

В начальный момент времени вихри задаются равномерно на интервалах $x \in (-R, R)$ и $y \in (-R, R)$. Из них выбираются только те, которые попадают в круг радиуса R .

Вначале разработанный алгоритм тестируется на модели идеальной жидкости, уравнение (2б) игнорируется. Показана близость к точному решению (10) – (11), на конечном интервале времени и с достаточно малым временным шагом. Далее тестирование продолжается на модели вязкой жидкости, где запускается полный алгоритм, записанный выше. При расчетах наблюдается размывание диполя Лэмба-Чаплыгина, связанное с диффузией.

Алгоритмическая сложность алгоритма пропорциональна квадрату числа выбранных вихрей, что ограничивает эффективность метода, с ростом их числа. Для преодоления указанной трудности будут использованы быстрые методы вычислительной алгебры.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации, грант № 075-15-2019-1928.

Литература

1. 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. – Vol. 43. – P. 110–119.
2. Meleshko V.V, van Heijst G.J.F. On Chaplygin's investigations of two-dimensional vortex structures in an inviscid fluid // *Journal of Fluid Mechanics*. – 1994. – Vol. 272. – P. 157–182.
3. 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. – Vol. 23. – P.157–167.
4. Kostecki S.W. Numerical modelling of flow through moving water-control gates by vortex method. Part I – Problem formulation // *Archives Civil Mech. Eng.* – 2008. Vol. 8. – P.73–89.
5. Kostecki S.W. Random vortex method in numerical analysis of 2D flow around circular cylinder // *Studia Geotechnica et Mechanica*. – 2014. – Vol. 36, N 4. – P. 57–63.

АВТОМАТНЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДИСКРЕТНОГО ТИПА

Сытник А.А., Шульга Т.Э.

Саратовский государственный технический университет

им. Гагарина Ю.А.,

г. Саратов

E-mail: sytnik5792@gmail.com, taiss@yandex.ru

Основы математического моделирования дискретных систем, способных реализовать некоторый спектр поведений на основе функциональной избыточности, заложены в работах К.Шеннона, М.Минского, Дж. фон Неймана, предложивших различные модели универсального автомата (машины, устройства). Под дискретной системой понимается система, имеющая конечное множество входных и выходных сигналов и находящаяся в любой момент времени в одном из конечного числа состояний, причем подача входных сигналов и, соответственно, смена состояния и снятие выходных реакций происходят только в определенные моменты времени.

Универсальный автомат – это автомат, способный моделировать, порождать, воспроизводить (соответственно по Шеннону, Минскому и фон Нейману) заданный спектр поведений или объектов. Возможность реализации заданного класса требуемых поведений системы означает, что автомат, описывающий текущее поведение, должен быть универсальным для автоматов, моделирующих требуемые поведения.

Изучение универсальных конечных автоматов осуществлялось Э.В. Евреиновым и И.В. Прангишвили, А.П. Горяшко, В.А. Мищенко, Э.А. Якубайтисом и многими другими с целью построения универсальных и многофункциональных модулей. Однако, превалирующей в этих работах была идея о достижении универсальности за счет перенастройки структуры технического объекта. Для описания функционально избыточных систем автором введена модель универсального автомата-перечислителя, однако эта модель используется только для решения задачи восстановления системы после возникновения различного рода неисправностей на этапе эксплуатации системы. Модель универсального автомата-перечислителя исследовалась также Н.С. Вагариной, Н.И. Посохиной, К.П. Вахлаевой, Т.Э. Шульгой и другими для отдельных классов дискретных систем, однако эти исследования имеют чисто теоретический характер и не затрагивают вопросы создания и эксплуатации функционально избыточных систем.

Проблема реализации требуемых (отличных от текущего) поведений дискретной системы на основе функциональной избыточности предполагает решение целого комплекса задач, в который входят:

- обеспечение возможности реализации заданного спектра требуемых поведений системы на этапе ее проектирования и определение такой возможности для уже разработанной системы;
- разработка и внедрение средств реализации требуемых поведений системы, которые должны находиться во взаимодействии со средствами диагностирования, осуществляющими выработку сигнала о необходимости настройки системы на требуемое поведение;
- разработка и применение процедур реализации требуемых поведений системы;
- оптимизация процедур реализации требуемых поведений системы и их применения.

Проблема реализации требуемых (отличных от текущего) поведений дискретной системы на основе функциональной избыточности предполагает решение целого комплекса задач, в который входят:

Социальная информатика в образовании является областью научных исследований социальных последствий компьютеризации научно-образовательного пространства. Развитие информационно-коммуникационных технологий и их проникновение во все сферы жизнедеятельности общества делает проблему исследования социальных аспектов компьютеризации чрезвычайно актуальной.

В последние годы в сферу интересов социальной информатики попали технологии семантического веба и связанные с ним методы дискретного анализа семантики слабоструктурированных систем, которые необходимы при разработке информационных ресурсов нового поколения для открытого образования.

За прошедший период продолжались исследования в области проблематики социальной информатики в образовании на основе идеологии семантического веба.

Концепция семантического веба предложена консорциумом W3C в качестве новой модели развития веба, когда осуществляется переход от веба документов к вебу разнородных неструктурированных данных. Семантический веб в потенциале должен обеспечить глобальную связанность информации, а для этого требуется новое понимание веба как социотехнического феномена с преодолением дисциплинарных границ как в информатике, так и в социологии.

Семантический веб предлагает обработку данных в масштабе и скоростью за пределами немедленного человеческого восприятия. Появляется возможность не только отображения данных, а интегрирование и построе-

ние выводов на огромных массивах данных. Для того чтобы достичь этого программные средства должны уметь обрабатывать совместно данные в различных форматах. Подобно Web 2.0 преимущества семантического веба не являются очевидными для сетевых пользователей. Однако пользователи смогут получать высокоскоростные и точные ответы на свои запросы. В течение многих лет, например, поисковые системы представляют окружающий мир по нашим запросам способами, которые не совсем очевидны пользователям. Если же веб станет семантическим, то это приведёт к ещё значительному углублению технологического непонимания пользователями механизмов его работы. Однако процессы именованности, структурирования и обработки данных в семантическом вебе являются глубоко социальными со множеством социологических последствий.

Исследование семантического веба может привести к пониманию того как происходит структурирование данных и их превращение их в глобальную инфраструктуру данных. Данные высвобожденные из документов могут предложить новые аналитические ресурсы для социологической практики не только посредством установления связей между разнородными данными, но и качественного и количественного анализа данных, исследования и раскрытия связей между данными и сущностями способами, которые были не достижимы ранее.

Связывание данных из различных наборов данных не тождественно разработке связанных данных. Потенциально семантический веб предлагает вытягивание информации из множества наборов данных связанных с некоторыми именованными сущностями. Объединение семантической информации с данными социальных медиа обеспечивает актуальность вытягиваемой информации из веба. Для использования семантического веба в социологических исследованиях необходимо тесное междисциплинарное взаимодействие в разработке соответствующих программных средств со специалистами в области образования.

Также необходимо отметить, что связанные данные часто используются как связанные открытые данные. В развитие идеи открытого контента, вслед за терминами «free software» и «open source software» появился термин «открытые данные» (open data), который предполагают их свободное использование, распространение и модификацию. Таким образом, связанные открытые данные подразумевают способ публикации структурированных данных, которой допускает объединение и обогащение метаданных. В настоящее время идея открытых данных имеет целью превращение данных в свободные данные для каждого без обременения авторских прав и патентов. Связанные данные могут быть открытыми, а открытые данные могут быть связанными.

Динамика, которая присуща открытым данным, создала несколько основных групп порождения и потребления открытых связанных данных:

средства массовой информации, индустрия и правительственные организации. С деятельностью организаций данных типов и далее связываются надежды на развитие идей, заложенных в понятие связанных и открытых данных, а также количественное и качественное развитие самих этих данных, вне зависимости от того будут они открытые или нет.

Значительное количество частных лиц и организаций приняли стандарт связанных данных не только, как способ публикации данных в вебе, но и для вплетения их в веб. Следование принципам связанных данных привело к возникновению глобального пространства данных, называемого веб данных. Исследование облака связанных данных становится всё более интересным для изучения по мере роста его сложности и размера. К большому сожалению в облаке связанных данных отсутствуют российские наборы данных.

Наборы данных облака связанных данных подразделяются по следующим предметным областям: средства массовой информации, география, государство, публикации, межпредметные наборы данных, науки о жизни, пользовательский контент, социальный веб. Открытые связанные данные открывают дорогу различным сервисам, призванным уменьшить сложность интеграции разнородных данных из распределённых источников. На настоящий момент назрела острая необходимость проектной деятельности в области семантических технологий в России, подобно тому, как это происходит во всех странах Европы, США, Канады, Индии и др. В этих странах накоплен уже достаточный опыт использования семантических технологий в различных сферах жизнедеятельности, и прежде всего, в образовании. Необходимость развития в одном ритме с ведущими зарубежными университетами требует формировать новые образовательные профили в подготовке специалистов. Продуктивно использованный зарубежный опыт позволит усовершенствовать образовательные учебные планы, создать рабочие программы актуальных дисциплин и, в конечном итоге, сформировать профессиональные компетенции в современном образовании.

Кроме описанных основных направлений предлагаемой концепции построения модели открытого образования на основе идеологии социальной информатики и семантического веба, получен ряд конкретных результатов:

Разработана формализованная модель предметной области «Удобство использования программного обеспечения» в виде OWL-онтологии. Предложена классификация возможных методик анализа и оценки удобства использования на основе представленной онтологии.

Разработана формализованная модель активности пользователей программного обеспечения, основанная на теории последовательных шаблонов для предметной области оценки удобства использования. Данная мо-

дель может быть использована при автоматизированной оценке эффективности удобства использования пользовательских интерфейсов.

Разработана формализованная модель русскоязычного текстового документа для решения задачи автоматического извлечения терминов из текста.

Литература

1. Nikulina Y., Shulga T., Sytnik A., Toropova O. System Analysis of the Process of Determining the Room Category on Explosion and Fire ar d. Domain In: Recent Research in Control Engineering and Decision Making. Studies in Systems, Decision and Control. –2021. – Vol. 337, – P. 125–140. Springer Nature Switzerland AG.
2. Сытник А.А., Шульга Т.Э., Шульга И.И. О проблемах представления данных высшего образования и науки российской федерации с использованием технологий семантического веба // Научно-методический журнал «Информатизация образования и науки». – 2020. – Т. 46, – № 2. – С. 15–29.
3. Shulga T., Sytnik A., Danilov N., Palashevskii D. (2020) Ontology-Based Model of User Activity Data for Cyber-Physical Systems. In: Kravets A., Bolshakov A., Shcherbakov M. (eds) Cyber-Physical Systems: Advances in Design & Modelling. Studies in Systems, Decision and Control. – Vol 259. Springer, Cham DOI: 10.1007/978-3-030-32579-4_16
4. Сытник А.А., Шульга Т.Э., Данилов Н.А., Онтология предметной области "удобство использования программного обеспечения". Труды института системного программирования РАН. – 2018. – Том 30, №-2. Издательство: Институт системного программирования РАН (Москва) ISSN: 2079-8156eISSN: 2220-6426. – С.195–214.
5. Сытник А.А. Восстановление поведения сложных систем. Изд-во СГУ. – 1992. – 192 с.
6. Сытник А.А. Перечислимость при восстановлении поведения автоматов // Доклады РАН. – 1993. – Т. 238, № 1. – С. 25– 26.

РАЗРАБОТКА API ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ КАБИНЕТА СОТРУДНИКА ДЕКАНАТА В СИСТЕМЕ «СЕРВИС БРС»

Татарова А.Д.

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

Цель данной работы — разработка API для улучшения работы сотрудников деканата в системе «Сервис БРС» (СБРС, система выставления и хранения оценок).

В СБРС реализован шаблон проектирования MVC – модель-представление-контроллер, где модель предоставляет данные, методы работы с ними, представление отвечает за получение необходимых данных из моделей и отправку их пользователю, контроллер обеспечивает «связь» между пользователем и системой: направляет данные от пользователя к системе и наоборот. Таким образом, в системе достигается разделение данных приложения, пользовательского интерфейса и управляющей логики на три отдельных компонента, модификация которых может осуществляться независимо, что требуется для работы над большой системой СБРС. Именно это свойство используется в данной работе, т. к. одно из улучшений работы пользователей в СБРС подразумевает добавление нового представления данных, например, для мобильного приложения. Для этого сервис должен иметь еще один контроллер, на роль которого был выбран API, что обеспечит модульное программирование, позволяя использовать интерфейс независимо от реализации и решая новые задачи предоставления необходимых данных для повышения поддержки обслуживания всех групп пользователей.

В работе были рассмотрены ограничения функционала для сотрудников деканата, так как на данный момент выполняемые методы либо медленны, либо требуют много действий для представления необходимой информации, либо представляют информацию в не самом удобном виде. Для улучшения поддержки разработано API для следующих задач:

- работа с загруженными в СБРС рабочими планами (проверка списка дисциплин рабочей программы, проверка закрепления преподавателя за дисциплинами, анализ рабочих планов для группы студентов);

- получение расширенной зачетной книжки студента (получение оценок по всем дисциплинам конкретного студента, с детализацией оценок);
- анализ посещаемости студента по всем дисциплинам.

Помимо разработки самих API-вызовов проведено расширение существующих и добавление новых моделей в СБРС, улучшение существующих и добавление новых функций в базу данных.

Таким образом, API повышает удобство использования системы «Сервис БРС» для пользователей, в частности для сотрудников деканата. При этом СБРС продолжает соответствовать шаблону проектирования MVC, где модели остаются такими же, но с небольшими расширениями, контроллерами выступают веб-интерфейс и API, а представлениями могут быть теперь сторонние программы, которые предоставляют пользователям информацию в разных конфигурациях.

Литература

1. Рогачев С., Обобщенный Model-View-Controller, <http://rsdn.org/article/patterns/generic-mvc.xml> (Дата последнего обращения: 02.04.2021)
2. Andersson E., Greenspun P., Grumet A., Software Engineering for Internet Applications, <http://philip.greenspun.com/seia/> (Дата последнего обращения: 02.04.2021)
3. Руководство пользователя системы «Сервис БРС». <https://grade.sfedu.ru/instructions.pdf> (Дата последнего обращения: 02.04.2021)

ЗАДАЧА О РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАКОПИТЕЛЕЙ В ОРИЕНТИРОВАННОЙ СЕТИ

Тельбухов В.В., Скороходов В.А.
ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
Институт математики, механики и компьютерных наук
им. И.И. Воровича,
г. Ростов-на-Дону
E-mail: Vladimirtel.96@yandex.ru, pdvaskor@yandex.ru

Данное исследование посвящено изучению потоковой задачи в динамических сетях и рассмотрению возможности увеличения максимальной потока динамической сети за счёт добавления новых элементов сетей.

Динамическая сеть $G(X, U, f)$ представляет собой связный ориентированный граф с двумя выделенными вершинами (источником s и стоком d [1]) – такую, что для каждой ее дуги $u \in U$ задана величина пропускной способности $c(u, t) > 0$, где t – момент времени.

Динамическим потоком F в сети $G(X, U, f)$ называется функция, определенная на $U \times T$, принимающая неотрицательные значения и называемая потоком на дугах и удовлетворяющая следующим условиям:

- $F(u, t) \leq c(u, t) \forall t \in N$.
- Для любой промежуточной вершины $x \in X$ и любого t выполнено
$$\sum_{u \in U-x} \mu(u, t) = \sum_{u \in U+x} \mu(u, t+1).$$

Подобные модели были рассмотрены в [2, 3].

В данном исследовании была изучена возможность хранения потока для увеличения максимального суммарного потока сети. Под суммарным потоком понимаем весь исходящий из источника или входящий в сток поток за фиксированный промежуток времени t . Под хранением потока понимаем сохранение потока в узле в течение какого-то промежутка времени.

Для того, чтобы узел имел возможность хранить поток вводим понятия ёмкости узла и накопителя.

Ёмкость узла $v(x) \geq 0$ — это величина потока, больше которой данный узел не может хранить в текущий момент времени t .

Накопитель S — элемент динамической сети $G(X, U, f)$, имеющий величину $c(S) > 0$ и способный переносить поток F в рамках одного узла из начального момента времени t_1 в конечный момент времени t_2 , $t_1, t_2 \in N$. Суммарная ёмкость накопителей не должна превышать некоторую величину, которую будем обозначать k .

При помощи накопителей в динамической сети можно достичь увеличения максимального суммарного потока сети путём переноса потока из

одного момента времени, когда узел не может передать поток больше, чем может принять, в другой момент времени, и последующей передачи сохранённого потока другим узлам, когда такая возможность имеется.

Примером данной модели является дорожная сеть города или любого дорожного участка. Узлами такой сети будут являться «контрольные» пункты (так можно обозначить здания, растительные насаждения, светофоры и другие дорожные объекты), а также перекрёстки дорог. В свою очередь, дуги являются дорогами, имеющими пропускные способности – количество транспортных средств, которые одновременно могут проходить определённый участок на дороге. Пропускная способность дорог регулярно изменяется с течением времени – в зависимости от погодных условий, ремонтных работ, качества дорожного покрытия, загруженности дороги и других факторов.

Остановимся на таком дорожном объекте как светофор. Он является элементом транспортной сети, у которого на какое-то время, а именно на время красного сигнала, означающего запрет движения, происходит «накопление» транспортных средств и, после установленного промежутка времени, все транспортные средства продолжают движение. Без светофоров происходили бы заторы, а дорожное движение было бы затруднено. Т.е. они увеличивают общую проходимость дороги. Попробуем применить этот пример к математической модели сети для того, чтобы воспользоваться увеличением проходимости сети и, как следствие, увеличением максимального потока сети.

Для данной задачи разработан следующий алгоритм, который решает её оптимальным образом.

Алгоритм 1. Нахождение узлов для размещения накопителей и вычисление их величин для увеличения максимального суммарного потока сети.

Первый этап работы алгоритма заключается в том, чтобы предварительно вычислить максимальный поток динамической сети.

В результате работы первого этапа алгоритма имеем значение максимального потока сети, а также значения остаточных пропускных способностей дуг и остаточных ёмкостей узлов.

Второй этап работы алгоритма находит узлы в сети, для которых можно установить накопитель для достижения максимального увеличения максимального потока сети, а также значения этих накопителей.

Для описания алгоритма вводим новые понятия.

Группой путей g на развертке $\phi(X)$ будем называть множество всех путей из источника s в сток d , проходящих через одни и те же наборы узлов, но в разные моменты времени.

Остатком ресурса r узла v в момент времени t будем называть сумму значений остаточных пропускных способностей дуг u , входящих в данный узел.

Второй этап алгоритма начинается с того, чтобы найти группы путей, в которых присутствуют узлы с остатком ресурса больше нуля. Для каждой группы проверяем возможность установки накопителя во всех узлах группы в каждый из моментов времени t , при котором из источника в сток появляется новый путь, по которому возможно пустить поток. Найденный путь будет содержать накопитель с величиной минимальной пропускной способности дуг данного пути. При этом, сумма всех величин накопителей не должна превышать величину k . Если сумма величин накопителей стала равна значению k алгоритм завершает свою работу.

В результате работы второго этапа алгоритма имеем множество накопителей и множество значений этих накопителей, а также значение максимального увеличения максимального суммарного потока динамической сети за фиксированный промежуток времени.

Пример 1.

Сеть, состоящая из 6 вершин в 3 циклических момента времени. $k = 10$.

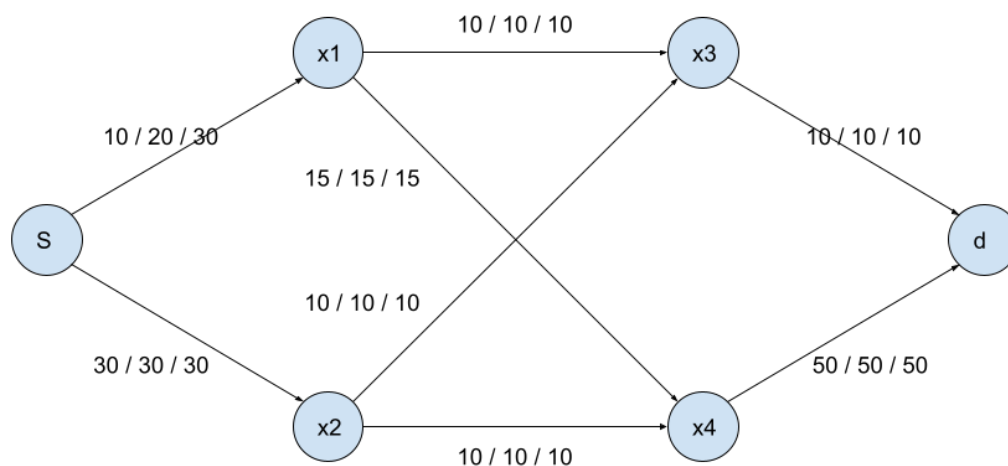


Рис. 1. Сеть с пропускными способностями для каждого момента времени

Данная сеть имеет четыре пути из источника в сток в каждый из трех моментов времени. Максимальная пропускная способность сети равна 100 единицам потока.

После того, как дуги заполнены потоком, становится очевидно, чтобы доставить поток из источника в сток необходимо его передать из узла s в узел $x_1(t_1)$, однако остаточная пропускная способность этой дуги равна нулю. Установим для узла x_1 накопитель, чтобы сохранить поток на этом узле в момент времени t_3 и передать его в момент времени t_1 .

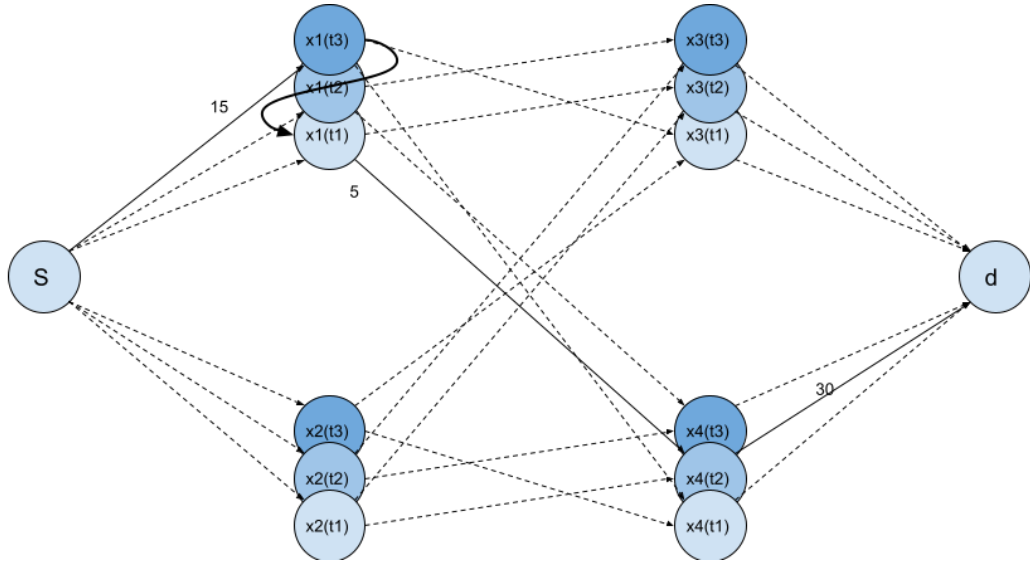


Рис. 2. Развертка сети с накопителем

На данном рисунке сплошной линией указан путь из источника в сток, жирной изогнутой линией указан накопитель, прерывистой линией указаны остальные дуги сети.

Очевидно, минимальная пропускная способность дуг пути, указанного на рисунке сплошными линиями является 5 единиц потока. Соответственно, величина накопителя для узла x_1 составляет 5 единиц. При этом при установке накопителя мы не превысили величину k .

После установки накопителя максимальный поток сети увеличился со значения 100 до значения 105.

Литература

1. Орлов В.В. О заполнении вершин ориентированного графа // Инженерный вестник Дона. – 2017. – №.4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4574.
2. Ерусалимский Я.М., Водолазов Н.Н. Нестационарный поток в сети // Вестн. ДГТУ. – 2009. – Т. 9, – № 3. – С. 402–409.
3. Скороходов В.А. Потoki в сетях с меняющейся длительностью прохождения // Изв. вузов. Северо-Кавказ. регион. Естеств. Науки. – 2011. – № 1. – С. 21–26.

JETPACK COMPOSE ИЛИ БУДУЩЕЕ РАЗРАБОТКИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА В ANDROID

Терещенко В.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: vter@sfedu.ru

В работе рассматриваются возможности и преимущества набора инструментов для создания пользовательского интерфейса Jetpack Compose перед существующим набором инструментов для разработки мобильных приложений на платформе Android.

Благодаря стремительному развитию технологий мобильной разработки произошел не менее стремительный рост требований к интерфейсу приложений со стороны пользователей. На сегодняшний день невозможно представить приложение, не имеющее привлекательного пользовательского интерфейса, включающего анимацию или активные UI-элементы. Существующий набор инструментов разработки UI имеет ряд недостатков, такие как: зависимость от версии платформы, зависимость xml-файлов от классов в приложении и большое количество кода. Чтобы решить проблемы создания современного пользовательского интерфейса Google представила новый инструмент – Jetpack Compose.

Новая технология имеет ряд преимуществ, а именно:

- **Unbundled toolkit:** технология не зависит от конкретных релизов платформы.
- **Kotlin – only:** Вся работа с UI выполняется в одном Kotlin-файле, именно поэтому нет нужды постоянно взаимодействовать с xml-файлами.
- **Unidirectional Data Flow:** Jetpack Compose способен на основе переданной модели данных самостоятельно обработать изменения состояния приложения.
- **Композитный подход:** каждый UI-компонент представляет из себя функцию, использующую специальную аннотацию `Composable` и реализующую определенную возможность приложения.
- **Обратная совместимость:** для использования Jetpack Compose не требуется начинать новый проект, поскольку имеется возможность его внедрения в имеющуюся xml-вёрстку.

Главным преимуществом Jetpack Compose является удачная реализация принципа разделения ответственности. Этот принцип заключается в группировке как можно большего связанного кода, чтобы обеспечить ему

более удобную поддержку и масштабируемость по мере роста приложения. Когда в приложении существуют сильно связанные модули, внесение изменений в одном месте означает необходимость внесения множества изменений в другие модули. Зачастую связь между модулями может быть неявной, в таком случае разработчик может получить исключения во время работы программы в самых неожиданных местах, из-за изменения, которое кажется совершенно не связанным. Поскольку используя Jetpack Compose интерфейс разрабатывается на одном языке – Kotlin, некоторые из зависимостей становятся более явными. Также повышается необходимость регулярного рефакторинга кода, поскольку за счет перемещения модулей увеличивается их согласованность и уменьшается взаимосвязь.

Отдельное внимание стоит обратить на главную особенность Jetpack Compose – декларативный стиль создания UI. Суть такого подхода заключается в описании интерфейса как совокупности функций, использующих специальную аннотацию Composable.

Подводя итог, хочется сказать, что главным недостатком технологии Jetpack Compose является ее статус Beta-версии. Иными словами, разработчики могут опробовать технологию в своих проектах, но использовать ее в реальной разработке не рекомендуется. Но уже сейчас заметно, что Jetpack Compose имеет огромный потенциал, чтобы стать новым стандартом разработки пользовательского интерфейса в Android.

Литература

1. Späth P., Learn Kotlin for Android Development: The Next Generation Language for Modern Android Apps Programming, – Apress, 2019.
2. Документация Jetpack Compose, Kotlin for Compose – URL: <https://developer.android.com/jetpack/compose/kotlin>
3. Документация Jetpack Compose, Graphics – URL: <https://developer.android.com/jetpack/compose/graphics>
4. Документация Jetpack Compose, Lists – URL: <https://developer.android.com/jetpack/compose/lists>
5. Документация Jetpack Compose, Tooling – URL: <https://developer.android.com/jetpack/compose/tooling>
6. Документация Jetpack Compose, Sample Apps – URL: <https://github.com/android/compose-samples>

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МИГРАЦИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ ОТ НАЗЕМНОГО ИСТОЧНИКА

Тимофеев А.Н., Муратова Г.В., Минкина Т.М.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: antimofeev@sfedu.ru, muratova@sfedu.ru, minkina@sfedu.ru

Аннотация

Построена математическая модель переноса примесей тяжелых металлов от наземного источника до нижних границ грунта. Перенос примесей описан нестационарным уравнением диффузии. Скорость распространения среды получена из стандартной k - ε модели. Приведены начальные и граничные условия, необходимые для решения краевой задачи.

Введение

Прогноз распространения загрязнений в почве является важной задачей для получения высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственных культур. В качестве загрязнителей рассматриваются тяжелые металлы (ТМ) – цинк, медь, свинец и др. Источником поступления могут служить как вносимые удобрения, так и примеси атмосферных осадков от наземных источников выброса. Если количество вносимых ТМ при мелиорации заранее известно, то движение примесей сквозь слой грунта, как и поступления из атмосферы, вследствие различных физико-химических процессов, невозможно задать постоянными коэффициентами. Для решения этих задач прибегают к методам математического моделирования.

Способы распространения ТМ в различных средах рассматривается в множестве статей (см., например, работы [1–3]). На основе физики переноса вещества изучаемая область может быть рассмотрена как зона ламинарных [4] или турбулентных [5] потоков воздуха и жидкости, выбор свойств течения основывается на характеристиках области. Перенос ТМ в среде с полученным потоком описан при помощи диффузии в работе [6]. В работах [7, 8] описан вклад химических реакций и их влияние на скорость распространения примесей в грунте.

Совокупность перечисленных процессов позволяет проследить и исследовать перенос ТМ от некоторого наземного источника выброса до нижних границ верхнего слоя почвы. В данной работе приводится способ построения математической модели для расчета концентрации примесей для этой цепочки.

Постановка задачи

Перенос примеси в атмосфере происходит за счет ветра, диффузии и гравитационного оседания, в почве – диффузии и движения влаги. Прочность образуемых соединений определяется через процессы сорбции ТМ гранулами почвы и десорбции. Будем считать, что примесь в атмосфере и почве вне рассматриваемой области можно пренебречь, все оседающие ТМ полностью поглощаются почвой, примеси на границе верхнего слоя почвы выносятся грунтовыми водами в нижние слои. Общая схема показана на рис. 1.

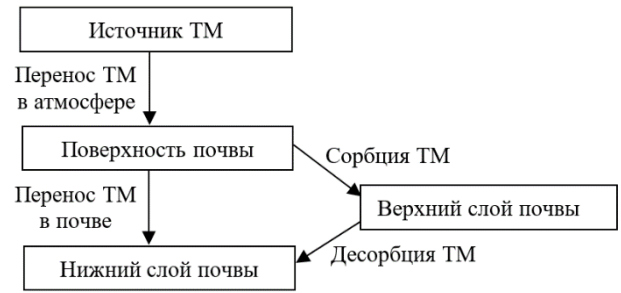


Рис. 1

Для описания потока воздуха в исследуемой области воспользуемся стандартной k - ε моделью [9].

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \\ \frac{\partial}{\partial t} (\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} - \frac{2}{3} \delta_{ij} \frac{\partial u_l}{\partial x_l} \right) \right) + \frac{\partial}{\partial x_j} (-\rho \overline{u'_i u'_j}) \end{array} \right.$$

$$-\rho \overline{u'_i u'_j} = \mu \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \left(\rho k + \mu_t \frac{\partial u_i}{\partial x_i} \right) \delta_{ij},$$

$$\mu_t = \rho C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon},$$

где u – вектор скорости потока воздуха, ρ – плотность среды, p – давление, μ – динамическая вязкость, $\overline{\rho u'_i u'_j}$ – тензор турбулентных напряжений, μ_t – турбулентная вязкость [10]. Система представляет собой осредненные по Рейнальдсу уравнения Навье-Стокса. Турбулентная кинетическая энергия k и скорость диссипации ε задаются уравнениями:

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho k u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right) + G_k + G_b - \rho \varepsilon + S_k,$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \varepsilon) + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho \varepsilon u_i) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right) + C_1 \frac{\varepsilon}{k} (G_k + C_3 G_b) - C_2 \rho \frac{\varepsilon^2}{k} + S_\varepsilon.$$

S_k и S_ε задают свойства источника потока и определяются начальными условиями задачи. C_1, C_2, C_μ – эмпирические константы, σ_k и σ_ε – числа Прандтля для k и ε соответственно:

$$\sigma_k = 1, \sigma_\varepsilon = 1.3, C_\mu = 0.09, C_1 = 1.44, C_2 = 1.92.$$

G_k описывает производство кинетической энергии, G_b – производство кинетической энергии, вызванное плавучестью, C_3 – влияние плавучести на ε :

$$G_k = -\rho \overline{u'_i u'_j} \frac{\partial u_j}{\partial x_i}, G_b = -g \frac{\mu_t}{\rho Pr} \frac{\partial \rho}{\partial y}, C_3 = \tanh \left| \frac{v}{w} \right|,$$

где Pr турбулентное число Прандтля (0.85), v – составляющая u , параллельная вектору ускорения свободного падения, w – перпендикулярная ему.

Определив вектор скорости u , концентрацию переносимого i -го вещества c_i от наземного источника мощностью f_i зададим нестационарным уравнением турбулентной диффузии [11]:

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (u_x c_i) + \frac{\partial}{\partial y} ((u_y - u_g) c_i) + \frac{\partial}{\partial z} (u_z c_i) - \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial c_i}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial c_i}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial c_i}{\partial z} \right) = f_i$$

где u_g – скорость гравитационного оседания ТМ. Коэффициенты горизонтальной диффузии в атмосфере K_x, K_z и коэффициент вертикальной диффузии K_y вычисляются по следующим эмпирическим формулам:

$$K_y = \begin{cases} \frac{y}{h} K_y(h), & y < h \\ K_y(h), & h \leq y \leq H \\ 1 + (K_y(h) - 1) e^{H-y}, & y > H \end{cases},$$

$$K_x, K_z = \varphi^2 \max(0.5, |u|) H,$$

где h – высота приземного атмосферы, H – высота верхней границы пограничного слоя атмосферы, $K_y(h)$ – коэффициент вертикальной диффузии на высоте h , φ – угол горизонтальной флуктуации u . Значения $h, H, K_y(h), \varphi$ зависят от стратификации атмосферы и определяются по таблице 1 [12]:

Таблица 1

Класс атмосферной стабильности	A	B	C	D	E	F	G
φ , рад	25	20	15	10	5	2.5	1.7
H , м	2000	1500	1000	750	300	250	250
h , м	250	250	150	150	150	100	100
$K_y(h)$, м ² /с	160	100	70	15	5	1.5	0.13

Скорость оседания частиц примеси под действием силы тяжести зависит от их размеров и плотности, а также от вязкости и плотности воздуха. Характер движения частиц определяется числом Рейнольдса:

$$Re = \frac{\rho r_p |u|}{\mu},$$

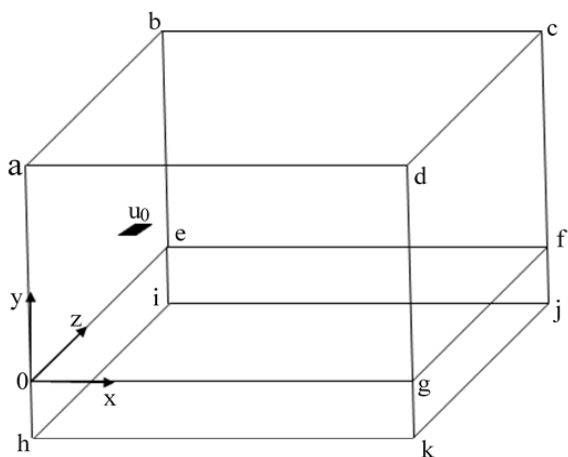
$$u_g = \begin{cases} \frac{(\rho_p - \rho)g}{\mu} r_p^2, & Re < 1 \\ \frac{(\rho_p - \rho)g}{\mu} r_p^2 \left(1 + \frac{3}{16} Re\right), & Re \geq 1 \end{cases},$$

где r_p и ρ_p – радиус и плотность частиц ТМ соответственно.

Процесс переноса ТМ в почве для исследуемой области также можно описать нестационарным уравнением диффузии, но с иными коэффициентами:

$$(\alpha - \gamma) \frac{\partial \tilde{c}_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\tilde{u}_j \tilde{c}_i) - \frac{\partial}{\partial x_j} \left(D_j \frac{\partial \tilde{c}_i}{\partial x_j} \right) = c_i(x, y_0, z, t),$$

где α и γ – эмпирические константы скорости сорбции и десорбции соответственно; \tilde{c}_i – концентрация i -го ТМ в почве, \tilde{u} – вектор скорости движения влаги в почве, D – коэффициент диффузии в почве, $c_i(x, y_0, z, t)$ – функция источника поступления i -го ТМ в почву, определяемая как значение концентрации вещества на нижней границе атмосферы y_0 .



Рассмотрим исследуемую область для определения начальных и граничных условий. Верхний участок $Oefgabcd$ соответствует нижнему слою атмосферы, $Oefghijk$ – верхний слой почвы. Источник атмосферных выбросов u_0 расположен на некоторой высоте y_u . Движение атмосферы происходит от границы Γ_{0abe} до Γ_{gdcf} . Перенос вещества в почве происходит от Γ_{0efg} до Γ_{hijk} . Исследуемый промежуток времени $t \in [0, T]$, с шагом по времени τ .

Начальные условия для уравнений воздушного потока определяют значения u , k и ε следующими соотношениями:

$$k_0 = \left(\frac{\mu}{l_0}\right)^2, \varepsilon_0 = C_\mu \frac{k_0^{3/2}}{l_0}, u = 0,$$

где l_0 выбирается как длина минимально возможного вихря, согласно выбранной расчетной сетке.

Граничные условия для значений u , k и ε на Γ_{0abe} :

$$u = u_0, k = C_{bk}|u|^2, \varepsilon = C_\mu \frac{k_0^{3/2}}{l_0},$$

где эмпирическая константа $C_{bk} \in [0.003, 0.01]$. На Γ_{gdcf} нормы градиентов всех значений приравняются нулю (величины «свободно выходят» за границы исследуемой области):

$$n \cdot [\nabla u + \nabla u^T] = 0, n \cdot \nabla k = 0, n \cdot \nabla \varepsilon = 0.$$

Значение вектора перпендикулярной составляющей u на Γ_{0efg} равно нулю ($n \cdot u = 0$, газ не проникает в твердое тело).

Концентрация ТМ во всей исследуемой области в начальный момент времени может быть приравнена нулю, либо некоторому уже имеющемуся значению. Значение на Γ_{0efg} совпадает (источник поступления ТМ в почву):

$$c = 0, \tilde{c} = \tilde{c}_0, \tilde{c}_0(x, y_0, z, 0) = c(x, y_0, z, 0)$$

На Γ_{gdcf} и Γ_{0efg} нормы градиента c (полное поглощение ТМ почвой), а также Γ_{hijk} норма градиента \tilde{c} (вынос в нижние слои почвы) приравняются нулю:

$$n \cdot \nabla c = 0, n \cdot \nabla \tilde{c} = 0.$$

Заключение

На основе стандартной k - ε модели и уравнения диффузии построена математическая модель переноса примесей ТМ от наземного источника до нижней границы грунта. Приведены начальные и граничные условия, необходимые для численного решения поставленной задачи.

Литература

1. Захаров М.Ю., Семенчин Е.А. Построение приближенного решения краевой задачи, описывающей рассеяние примеси в атмосфере, методом точечных потенциалов // Экологический вестник научных центров ЧЭС. – 2009. – Т. 6, № 4. – С. 20–27.
2. Алоян А.Е. и др. Динамика газовых примесей и аэрозолей в атмосфере с учетом гетерогенных процессов // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2010. – Т.46, № 5. – С. 657–671.
3. Терещенко А.М. Математическое моделирование распространения примесей в атмосфере // Вестник Московской государственной академии делового администрирования. Серия: философские, социальные и естественные науки. – 2012. – № 1 (13). – С. 124–128.
4. Валуева Е.П. Ламинарная смешанная конвекция в вертикальном плоском канале с постоянной плотностью теплового потока на стенке // Теплофизика высоких температур. – 2019. – Т. 57, № 3. – С. 408–415.
5. Kuzmin D., Mierka O. On the implementation of the $k - \varepsilon$ turbulence model in incompressible flow solvers based on a finite element discretization // Int.

- Conference on Boundary and Interior Layers. BAIL 2006. University of Göttingen, Germany, 2006.
6. Федоров А.В. Описание ударной волны в угольном пласте при неравновесной десорбции // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. СО РАН. – 2014. – № 1. – С. 44–48.
 7. Кирейчева Л.В., Тиньгаев А.В. Моделирование миграции тяжелых металлов в почве при использовании органических отходов // Природообустройство. – 2009. – № 3. – С. 29–37.
 8. Bauer T.V. Application of XAFS and XRD methods for describing the copper and zinc adsorption characteristics in hydromorphic soils // Environ Geochem Health. – 2020. – Nov 12. doi: 10.1007/s10653-020-00773-2.
 9. ANSYS Fluent Theory Guide // ANSYS, Inc. Release 2021 R1. Canonsburg, USA, 2021.
 10. Смирнов Е.М. Конспект лекций дисциплины «Течения вязкой жидкости и модели турбулентности: методы расчета турбулентных течений». – СПб.: Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2010.
 11. Муратова Г.В., Глушанин М.В. Исследование процессов переноса, диффузии и трансформации радиоактивных примесей, поступающих в атмосферу при авариях на объектах энергетики // Вычислительные технологии. – 2009. – Т. 2, № 14. – С. 85–97.
 12. Самарская Е.А., Сузан Д.В., Тишкин В.Ф. Построение математической модели распространения загрязнении в атмосфере // Матем. моделирование. – 1997. – Т. 9, № 11. – С. 59–71.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ БЕССВИНЦОВЫХ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКОВ

Тополов В.Ю.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
физический факультет

E-mail: vutopolov@sfedu.ru

Исследования сегнетоэлектриков (СЭ) как важного класса активных диэлектриков с уникальным набором физических свойств начались примерно 100 лет назад, когда Й. Валашек провел ряд экспериментов на кристаллах сегнетовой соли (соли из Ля-Рошели, рошелевой соли) $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Первая работа [1] по СЭ тематике поступила в редакцию журнала “Physical Review” (США) 04.12.1920 г. и опубликована 01.04.1921 г. Интерес к новым физическим свойствам, их связь с пьезо- и пироэлектричеством, а также существование формальных аналогий между поведением ферромагнетиков и СЭ при внешних воздействиях привели к развитию нового научного направления – физика сегнетоэлектрических явлений. В 1930 – 40-е годы впервые синтезированы и успешно исследованы СЭ кристаллы, среди которых выделяются соединения типа KN_2PO_4 и со структурой типа перовскита (BaTiO_3 , KNbO_3 , PbTiO_3 и др.) [2]. Как следует из приведенных выше химических формул, большинство СЭ, исследовавшихся в течение первых десятилетий, относится к бессвинцовым материалам. Среди синтезированных и исследованных СЭ лидирующие позиции заняли оксиды со структурой типа перовскита, причем сегнетокерамики (поликристаллические СЭ) оказались наиболее приемлемыми для практических применений. Свинцосодержащие СЭ вышли на авансцену в 1950-е годы в связи с исследованиями и применениями сегнетокерамик на основе твердых растворов $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ [2, 3], которые обладают в поляризованном состоянии важными пьезо- и пироэлектрическими свойствами. Однако интерес к бессвинцовым СЭ материалам не ослабевает в течение последних десятилетий [4–6]. Несомненно, это является важным фактором, определяющим направления исследований и применений СЭ и родственных материалов в XXI веке.

СЭ материалы, их физические свойства и применения изучаются в рамках следующих дисциплин, программы которых разработаны на физическом факультете ЮФУ: «Физическое материаловедение. Физика конденсированного состояния», «Физика диэлектриков. Мультиферроики: природа, свойства, применения, перспективы», «Твердотельная электроника. Гетерогенные активные материалы» (бакалавриат по направлению «Техническая физика», физфак ЮФУ), «Элементная база пьезоэлектрического при-

боростроения» (магистратура по направлению «Приборостроение», ИВТиПТ ЮФУ) и др. Упомянутые выше дисциплины содержат модули, где рассматриваются СЭ и родственные материалы, их свойства и применения. Ниже перечислим некоторые ресурсы Интернета, позволяющие получить важную информацию о современных бессвинцовых СЭ материалах для дальнейшего использования в учебном процессе, при выполнении НИР и т.д.

1. Базы данных “Scopus” (www.scopus.com) и “Web of Science” (webofknowledge.com). Например, поиск научных публикаций по ключевым словам “lead-free ferroelectric” в базе данных “Scopus” позволяет обнаружить свыше 4,6 тыс. работ. Статистика публикаций показывает высокий уровень активности ученых всего мира в данной области. Например, в 2017 г. опубликованы 395 работ, в 2018 г. – 478, в 2019 г. – 448, в 2020 г. – 476, с начала 2021 г. – около 200 работ, которые проиндексированы в базе данных “Scopus”. Подавляющее большинство этих публикаций посвящено СЭ со структурой типа перовскита. Наряду с “lead-free ferroelectric” в литературе часто встречается словосочетание “lead-free piezoelectric”, которое прежде всего ассоциируется [7, 8] с бессвинцовыми сегнетопьезокерамиками, а их электромеханические свойства представляют интерес для пьезотехнических применений. Однако к бессвинцовым пьезоэлектрическим материалам следует также отнести СЭ кристаллы, поляризованные в определенном направлении, тонкие пленки и композиты на основе бессвинцовых СЭ. Поиск публикаций по ключевым словам “lead-free piezoelectric” в базе данных “Scopus” приводит примерно к 5,7 тыс. работ.

2. Научные обзоры по бессвинцовым СЭ и перспективам исследований (см., например, работы [4, 5], проиндексированные в ведущих научных базах данных).

3. Патентная информация по бессвинцовым СЭ (см., например, www.freepatentsonline.com).

4. База данных “Springer Materials” (materials.springer.com) предлагает подборки библиографических ссылок по конкретным системам бессвинцовых СЭ материалов. Например, по системе твердых растворов с химическими элементами Ва–Bi–Na–O–Ti известны 98 работ, по системе К–Na–Nb–O – 95 работ и т.д.

5. В издательстве «Шпрингер» (www.springer.com) опубликованы первые монографии [6–8] по бессвинцовым пьезоэлектрикам и СЭ. В частности, следует упомянуть работу [6], посвященную бессвинцовым СЭ для актюаторных применений. С 1990 г. в шпрингеровских изданиях опубликовано около 200 глав монографий по проблемам бессвинцовых СЭ, см. веб-с. <https://link.springer.com/search?facet-content-type=%22Chapter%22&query=lead-free+ferroelectrics>

Литература

1. Valasek J. // *Phys. Rev.*– 1921.– Vol. 17.– P.475.
2. Troiler-McKinstry S. 100 years of ferroelectricity. Presented at the FerroTalks Webinar Series, June 2, 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=IsIHKx2psoc>.
3. Пьезоэлектрическое приборостроение / Под ред. А.В. Гориша.– М.: Ред. журн. “Радиотехника”, 1999.
4. Eichel R.-A., Kungl H. // *Funct. Mater. Lett.*– 2010.– Vol. 3.– P. 1.
5. Kumari P., Rai R., Sharma S. et al. // *Adv. Mater. Lett.* – 2015. – Vol. 6. – P. 45.
6. Acosta M. Strain mechanisms in lead-free ferroelectrics for actuators.– Cham: Springer Internat. Publ. Switzerland, 2010.
7. Lead-free piezoelectrics / Eds. S. Priya, S. Nahm.– New York, Dordrecht, Heidelberg, London: Springer, 2012.
8. Wu J. *Advances in lead-free piezoelectric materials.*– Singapore: Springer Nature, 2018.

АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ВИХРЕВЫХ ТЕЧЕНИЙ И ИХ ИЗМЕНЕНИЙ ВО ВРЕМЕНИ

Филимонова А.М., Говорухин В.Н.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: afilimonova@sfedu.ru

Математическая постановка задачи

Рассматриваются плоские течения невязкой несжимаемой жидкости. Эта задача может быть описана уравнениями Эйлера, которые в терминах завихренности $\omega(x, y, t)$ и функции тока $\psi(x, y, t)$ имеет вид:

$$\begin{cases} \omega_t + \psi_y \omega_x - \psi_x \omega_y = 0, \\ -\Delta \psi = \omega, \end{cases} \quad (1)$$

где t – время, x, y – пространственные переменные, $\Delta \psi \equiv \psi_{xx} + \psi_{yy}$ – оператор Лапласа. Первое уравнение системы описывает пассивный перенос завихренности жидкими частицами, а второе – уравнение связи завихренности ω и функции тока ψ .

Исследуются течения в прямоугольной области

$$D = \left\{ (x, y) : -\frac{a}{2} \leq x \leq \frac{a}{2}; -\frac{b}{2} \leq y \leq \frac{b}{2} \right\}$$

при начальных условиях $\omega(x, y, 0) = \omega_0(x, y)$.

Задача рассматривается для двух типов граничных условий.

1. *Периодические по пространству условия.* Отметим, что при таких условиях возникают ограничения для начального условия – интеграл по D от $\omega_0(x, y)$ должен быть равен нулю. Такие граничные условия часто применяются при численном моделировании вихревой динамики на всей плоскости.

$$\psi|_{-a/2} = \psi|_{a/2}, \psi|_{-b/2} = \psi|_{b/2}; \psi_x|_{-a/2} = \psi_x|_{a/2}, \psi_y|_{-b/2} = \psi_y|_{b/2};$$

2. *Заданная скорость течения на границе.* Предполагается наличие протекания жидкости через границу области D с заданной нормальной скоростью. Вся граница области D делится на три части: ∂D^+ (нормальная скорость жидкости направлена внутрь области D , что соответствует входу в область), ∂D^- (нормальная скорость жидкости направлена из области D) и ∂D^0 (твердая граница). При таких условиях скорость течения на границе области ∂D будет определяться как $\psi|_{\partial D} = \psi^{\partial D}$, где $\psi^{\partial D}$ заданная функ-

ция, удовлетворяющая условию равенства суммарного потока жидкости через границу. Кроме того, должно быть задано граничное условие для $\omega(x, y, t)$ на части границы ∂D^+ .

Для решения нестационарной задачи, то есть, расчета динамики вихревых течений во времени, используется спектрально-бессеточный метод частиц в ячейках. В его основе лежат пассивный перенос завихренности ω маркерными частицами и представление функции тока ψ в виде отрезка ряда Фурье. Подробное описание численной схемы см. в [1]–[3].

При обоих типах граничных условий функция тока ψ разыскивается в виде отрезка ряда Фурье по базисным функциям:

$$\psi(x, y) \approx \sum_{i=1}^{k_x} \sum_{j=1}^{k_y} \psi_{ij} g_i(x) h_j(y) \quad (2)$$

Здесь k_x, k_y – количество членов разложения по переменным x и y соответственно; ψ_{ij} – неизвестный коэффициент разложения. Выбор функций $g_i(x), h_j(y)$ определяется видом граничных условий. Для периодических граничных условий:

$$g_i(x): \left\{ \frac{1}{\sqrt{a}}, \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{a}} \sin\left(\frac{2\pi k}{a}\left(x + \frac{a}{2}\right)\right), \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{a}} \cos\left(\frac{2\pi k}{a}\left(x + \frac{a}{2}\right)\right) \right\}, \quad k = 1, \dots, k_x,$$

$$h_j(y): \left\{ \frac{1}{\sqrt{b}}, \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{b}} \sin\left(\frac{2\pi k}{b}\left(y + \frac{b}{2}\right)\right), \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{b}} \cos\left(\frac{2\pi k}{b}\left(y + \frac{b}{2}\right)\right) \right\}, \quad k = 1, \dots, k_y,$$

Для граничных условий при наличии протекания:

$$g_i(x): \left\{ \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{a}} \sin\left(\frac{2\pi k}{a}\left(x + \frac{a}{2}\right)\right) \right\}, \quad k = 1, \dots, k_x \quad h_j(x): \left\{ \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{b}} \sin\left(\frac{2\pi k}{b}\left(y + \frac{b}{2}\right)\right) \right\}, \quad k = 1, \dots, k_y,$$

Коэффициенты ψ_{ij} в (2) находятся в результате решения второго уравнения системы (1) методом Бубнова-Галёркина. После этого динамика маркерных частиц жидкости описывается системой:

$$\begin{aligned} \dot{x} = v_x = \psi_y(x, y) &= \sum_{k=1}^{k_x} \sum_{l=1}^{k_y} \psi_{kl} g_k(x) \frac{\partial h_l(y)}{\partial y} \\ \dot{y} = v_y = -\psi_x(x, y) &= \sum_{k=1}^{k_x} \sum_{l=1}^{k_y} \psi_{kl} \frac{\partial g_k(x)}{\partial x} h_l(y) \end{aligned} \quad (3)$$

Алгоритмы численного анализа динамики вихревой структуры

Известно, что «каркасом» сложного плоского течения, как правило, являются вихревые пятна, которые определяют структуру течения и свойства переноса жидкости. В каждый фиксированный момент времени в центре вихревого пятна скорость жидкости равна нулю. То есть, центр пятна соответствует эллиптической равновесной точке системы (3). Границами вихревых пятен при этом являются сепаратрисы, которые являются устойчивыми и неустойчивыми многообразиями седловых равновесий системы (3). Аналитическое представление функции тока (2) позволяет применять подходы динамических систем для исследования трансформаций течений с помощью изучения перестроек фазовых портретов системы (3). Для этого

необходим алгоритм автоматического построения фазового портрета (3) при заданных значениях коэффициентов ψ_{ij} в (3). Вариант алгоритма предложен в следующем разделе.

Другими методами исследования структуры вихревых течений является анализ траекторий маркерных частиц во времени. Это позволяет изучить процессы переноса жидкости в нестационарных потоках жидкости. Траектории частиц вычисляются в рамках схемы спектрально-вихревого метода. Примеры траекторий сложных течений на плоскости приведены на рисунке 1. Информация об интенсивности массопереноса также может быть получена в результате расчета поля локальных показателей Ляпунова. Эта характеристика также может быть построена при использовании спектрально-вихревого метода без существенных дополнительных усилий. Для расчета используются частицы, расположенные в узлах прямоугольной сетки, см. [4]–[5].

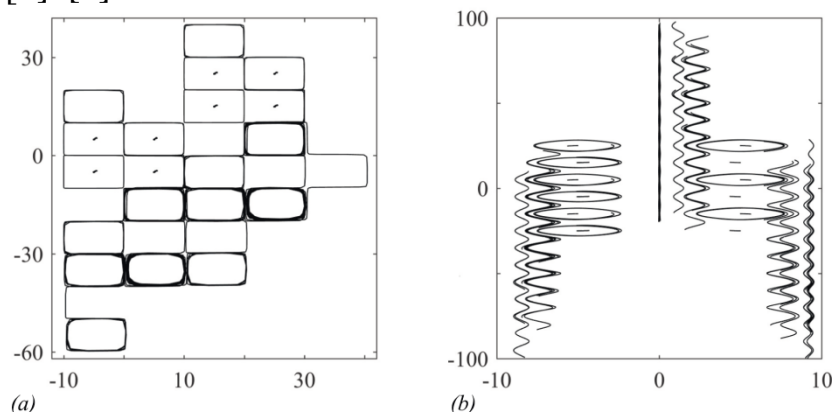


Рис. 1. Траектории жидких частиц на плоскости для двух нестационарных вихревых структур

Алгоритм построения фазового портрета системы (3).

Первый этап алгоритма состоит в поиске *всех* особых точек векторного поля скорости жидких частиц. Для этого необходимо решать систему двух алгебраических уравнений вида:

$$\sum_{k=1}^{k_x} \sum_{l=1}^{k_y} \psi_{kl} g_k(x) \frac{\partial h_l(y)}{\partial y} = 0, \quad \sum_{k=1}^{k_x} \sum_{l=1}^{k_y} \psi_{kl} \frac{\partial g_k(x)}{\partial y} h_l(y) = 0, \quad (4)$$

Для решения (4) естественно использовать метод Ньютона. Обозначим $F = (\psi_y(x, y), -\psi_x(x, y))$; $U = (x, y)$. Расчетная формула метода имеет вид: $U^{k+1} = U^k - J^{-1}(U^k) \cdot F(U^k)$, где J – матрица Якоби системы (4). При удачном начальном приближении метод Ньютона сойдется к одному из решений. Поиск всех решений системы (4) является гораздо более сложной задачей, и в общем случае не решаемой. Для поиска множества особых точек системы (4) можно предложить следующую последовательность действий:

1. Расчетная область D разбивается на прямоугольные ячейки с некоторым шагом h .
2. В качестве начального приближения для метода Ньютона выбирается центр ячейки.
3. Далее вычисляются итерации метода Ньютона. Итерирование для данной ячейки заканчивается в одном из двух случаев: либо рассматриваемая частица вышла за границы ячейки, либо равновесие найдено.
4. Для найденных решений производится анализ устойчивости и классификация особых точек (седловые и эллиптические).
5. Пункты 1-4 алгоритма выполняются с шагом $h/2$. Если число найденных решений не изменилось, алгоритм останавливается.

Второй этап алгоритма состоит в построении устойчивых и неустойчивых многообразий седловых точек. Эти особые траектории и будут определять сепаратрисы вихревых пятен. Необходимо найти собственные векторы, отвечающие положительному (u) и отрицательному (s) собственным значениям для каждой седловой точки U_* . Затем, в прямом времени $t \in [0, T]$ решается система (3) с начальным условием $U_* \pm \delta u$, а в обратном $t \in [-T, 0]$ с начальным условием $U_* \pm \delta v$. Величина T определяется в процессе вычислений. Расчет прекращается при попадании на границу области течения, в окрестность другой особой точки, или при достижении некоторого максимального значения T_{max} .

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 19-29-06013.

Литература

1. Говорухин В.Н., Филимонова А.М.. Расчет плоских геофизических течений невязкой несжимаемой жидкости бессеточно-спектральным методом // Компьютерные исследования и моделирование. – 2019. – Т. 11, – № 3. – С. 413–426.
2. Филимонова А.М. Динамика и адвекция в вихревом паркетe // Известия ВУЗов Прикладная нелинейная динамика. – 2019. – Т. 27, – № 4. – С. 71–84.
3. Говорухин В.Н.. Вариант метода вихрей в ячейках для расчета плоских течений идеальной несжимаемой жидкости // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. – 2011. – Т. 51, № 6. – С. 1133–1147.
4. Shadden S., Lekien F., Marsden J. Definition and properties of Lagrangian coherent structures from finite-time Lyapunov exponents in two-dimensional aperiodic flows // Phys. D: Nonlinear Phenomena. – 2005. – Vol. 212, N 3–4. – P. 271–304.
5. Haller G. Finding finite-time invariant manifolds in two-dimensional velocity fields // Chaos. – 2000. – Vol. 10, N 1. – P. 99–108.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ НАКАЧКИ В РЕКОМБИНАЦИОННЫХ ЛАЗЕРАХ

Чеботарев Г.Д.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
физический факультет

E-mail: gdchebotarev@sfnedu.ru

Рекомбинационные лазеры на парах стронция и кальция излучают в коротковолновом диапазоне спектра ($\lambda=430,5$ нм SrII и $373,7$ нм CaII), имеют высокий уровень мощности генерации и привлекательны для практики [1, 2]. Компьютерное моделирование – один из эффективных методов, позволяющих детально изучать процессы накачки и формирования инверсии населенностей на рабочих уровнях ионов стронция и кальция в плазме импульсно-периодического газового разряда.

В данной работе были численно исследованы рекомбинационные лазеры на парах стронция и кальция при использовании математических моделей [3, 4], включающих описание электронной схемы накачки, разрядной плазмы и излучения лазеров. В частности, моделировались лазеры, работающие в режиме саморазогрева, при вариациях условий возбуждения в широком диапазоне. В ходе численных расчетов были определены зависимости параметров активных сред и характеристик лазерной генерации от давления буферного газа гелия, а также рассчитаны временные характеристики импульсов газоразрядного возбуждения и лазерной генерации (рис. 1). Результаты моделирования показали хорошее согласие с данными экспериментов. Проведенный анализ результатов расчетов позволил установить некоторые закономерности функционирования рекомбинационных лазеров, а также определяющие их физические процессы в плазме активных сред. Результаты, полученные в данной работе, позволяют целенаправленно выбирать условия оптимального возбуждения рекомбинационных лазеров.

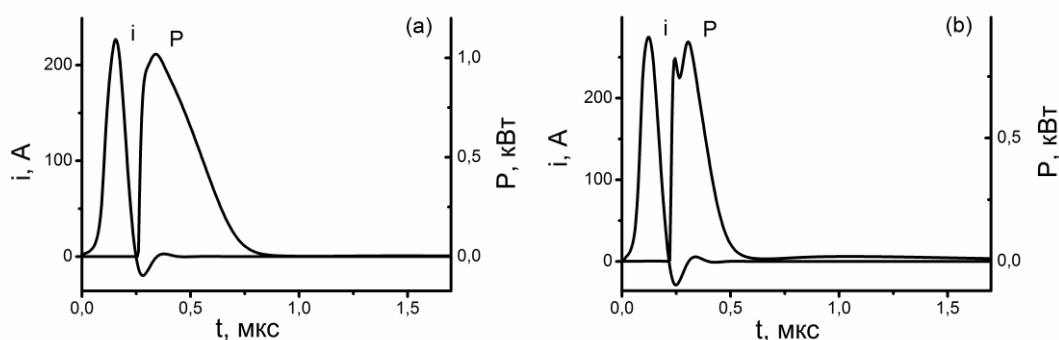


Рис. 1. Импульсы тока, а также генерации на переходах SrII (a) и CaII (b)

Литература

1. Soldatov A.N., Sabotinov N.V., Latush E.L. et al. Strontium and calcium vapour lasers. Vol. I / Eds. A.N. Soldatov, N.V. Sabotinov. – Sofia: Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, 2013. – 293 p.
2. Soldatov A.N., Sabotinov N.V., Latush E.L. et al. Strontium and calcium vapour lasers. Vol. II / Eds. A.N. Soldatov, N.V. Sabotinov. – Sofia: Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, 2014. – 323 p.
3. Chebotarev G.D., Prutsakov O.O., Latush E.L. Mathematical modeling of ion recombination strontium vapour laser // Proc. SPIE. – 2004. – Vol. 5483. – P. 83–103.
4. Чеботарев Г.Д., Пруцаков О.О., Латуш Е.Л. Моделирование ионного рекомбинационного лазера на парах кальция // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2012. – № 6. – С. 51–55.

ВИРТУАЛЬНАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «НЕРАЗЪЕМНОЕ СОЕДИНЕНИЕ ОПТОВОЛОКОН»

Чеботарев Г.Д., Мазурицкий М.И.

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

E-mail: gdchebotarev@sfnedu.ru

Виртуальная лабораторная работа «Неразъемное соединение оптоволокон» разработана кафедрой квантовой радиофизики и лабораторией «ЛАКТОС» и предназначена для использования в учебном процессе при изучении курса «Волоконно-оптическая связь».

Развитие технологии волоконно-оптической связи в значительной степени зависит от качества оптических кабелей. Некоторые из используемых в кабелях одномодовых кварцевых оптоволокон практически достигли предельно низких значений затухания (0,2 дБ/км), что позволяет строить протяженные регенерационные участки линий связи (до 100 км). Однако ограничения на строительные длины оптических кабелей обуславливают необходимость осуществлять неразъемные соединения оптоволокон с очень низким значением затухания в точках соединения. Эта задача успешно решается с использованием технологии дуговой сварки оптоволокон. Современные дуговые сварочные аппараты способны обеспечить соединение оптоволокон со сверхнизким значением затухания в месте соединения (до 0,01 дБ). В процессе сварки происходит автоматическое сближение и центрирование соединяемых оптоволокон, после чего между электродами зажигается электрический разряд, при котором волокна нагреваются и сращиваются. Основными факторами, определяющими затухание после сращивания, являются осевой и радиальный сдвиги оптоволокон, а также различия в диаметрах сердцевины и в числовых апертурах соединяемых волокон.

Лабораторная работа представляет собой интерактивную компьютерную программу, которая позволяет продемонстрировать процесс сращивания оптических волокон с помощью дугового сварочного аппарата и изучить влияние различных факторов (диаметры волокон, их взаимное положение, случайный разброс параметров) на величину потерь в соединении. Работа сопровождается руководством пользователя, а также краткими теоретическими сведениями. Для активного усвоения материала с использованием лабораторной работы студентам предлагается выполнить различные виртуальные эксперименты. Для оценки степени усвоения материала предусматривается выполнение ряда тестовых заданий.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СНИМКОВ, СДЕЛАННЫХ ПРИ НИЗКОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ

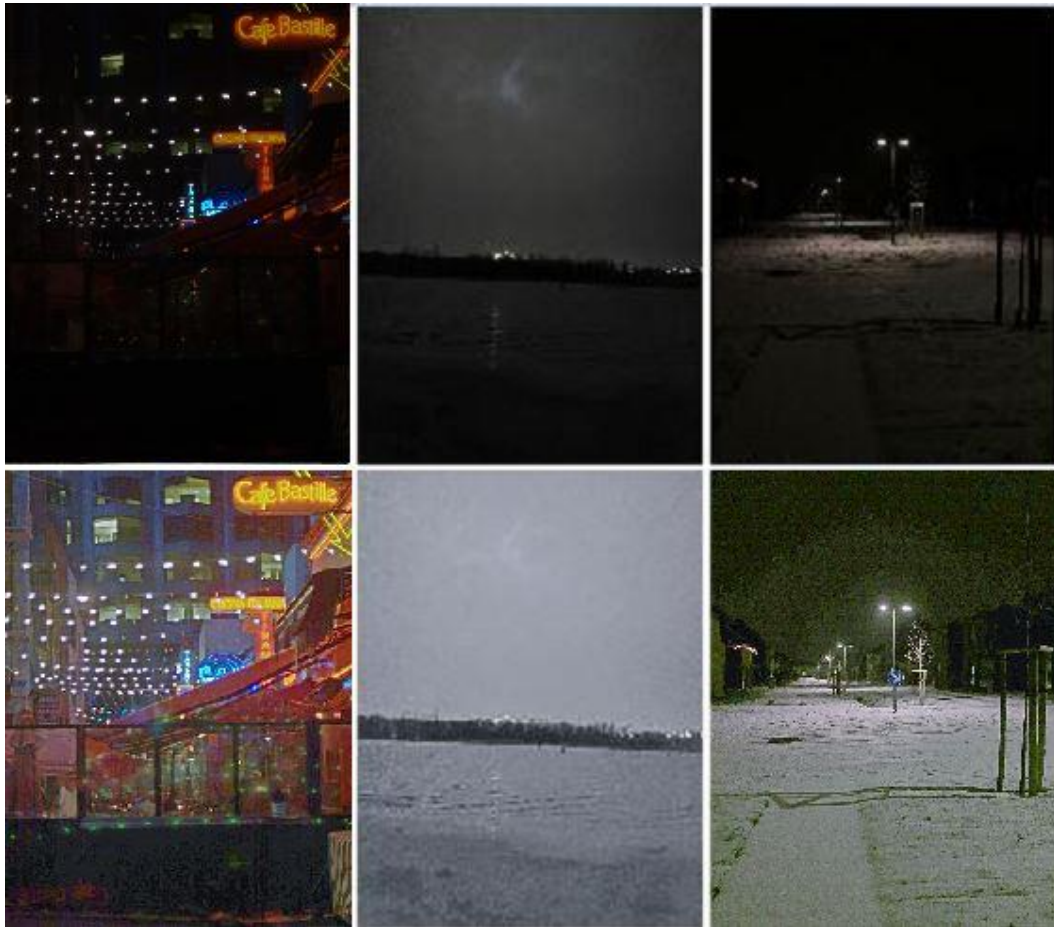
Чухин А.И.

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

В наши дни огромное количество людей имеют в своем распоряжении устройства для создания фотографий, чем часто пользуются. В силу целого ряда причин качество получаемых фотографий оставляет желать лучшего. Для улучшения качества подобных снимков широко используют различные программные методы повышения качества, такие как SRGAN [1] и EDSR [2], позволяющие повысить разрешение снимка, но не его освещенность. Алгоритмы же исправления низкой освещенности, которая вносит значительный негативный вклад, не так широко используются. При этом, очевидно, среднестатистический пользователь фотооборудования не обладает навыками, достаточными для самостоятельного улучшения собственных снимков, и нуждается в интеллектуальной системе с нужным функционалом.

Данная работа посвящена созданию подобной системы. Сразу стоит отметить, что система, как и ее функционал, ориентирована на рядовых пользователей, которые, не имеют в своем распоряжении дорогого оборудования, знаний и навыков как в деле создания фотографий, так и в области применения специализированного программного обеспечения, такого как Adobe Photoshop. Усредненный портрет заинтересованного пользователя может выглядеть как фотолобитель, владеющий смартфоном или фотокамерой между низким и средним ценовыми сегментами.

Сначала, была проведена работа по отбору лучшего существующего метода по улучшению снимков, сделанных при низкой освещенности. В результате, в качестве основы выбран метод Zero-DCE [3], использующий сверточные нейронные сети [4], как наиболее универсальный. Далее, для улучшения результатов работы данного алгоритма был подготовлен расширенный набор данных для дообучения сети. Также проведена серия экспериментов по корректировке параметров архитектуры сети с последующим обучением на расширенном наборе данных. Помимо этого, был создан Telegram-бот в качестве инструмента для взаимодействия с пользователями.



Снимок 1. Примеры работы алгоритма

Литература

1. Ledig C., Theis L., Huszar F. et al. Photo-Realistic Single Image Super-Resolution Using a Generative Adversarial Network. <https://arxiv.org/abs/1609.04802>.
2. Lim B., Son S., Kim H. et al. Enhanced Deep Residual Networks for Single Image Super-Resolution // Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) 2017. https://openaccess.thecvf.com/content_cvpr_2017_workshops/w12/papers/Lim_Enhanced_Deep_Residual_CVPR_2017_paper.pdf.
3. Guo C., Li C., Guo J. et al. Zero-Reference Deep Curve Estimation for Low-Light Image Enhancement. – <https://arxiv.org/abs/2001.06826>.
4. Что такое свёрточная нейронная сеть? – <https://habr.com/ru/post/309508/>.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРИРОДНЫХ ПОЖАРОВ

Шаламов С.И., Евланова А.Г.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: Shalamov@sfedu.ru

В настоящее время геоинформационные технологии используются в качестве инструментальных сред для создания геоинформационных систем (ГИС) и геоинформационных проектов (ГИТ), дающих возможность производить мониторинг различных природных и антропогенных процессов. Одним из актуальных направлений является изучение возможности применения ГИС для мониторинга, оценки последствий и прогнозирования природных пожаров.

Как показывает в своей работе Смагина Т.А. [4], на территории Ростовской области выделяются три зональных типа ландшафта – степной, сухостепной и полупустынный, характеризующиеся уменьшением количества влаги, что соответствующим образом отражается на растительности (большое количество сухостоя) и ведет преобладанию сильных ветров. Все вышеуказанное относится к факторам риска, влияющим на распространение природных пожаров. В период с 2016 по 2020 гг. на территории Ростовской области в летний и осенний период происходили крупномасштабные природные пожары: так, в августе-сентябре 2020 г. общая площадь природных пожаров составила более 520 га (пожар распространялся на территории четырех районов области), в октябре того же года, пожар охватил 347 га. Данные пожары относятся к категории природных пожаров, под которыми понимается неконтролируемый процесс горения/тления растительности, природных материалов (например, торфа), способный к самопроизвольному бесконтрольному распространению из малого очага с увеличением площади возгорания и скорости распространения [1].

Существует несколько видов пожаров, которые характерны для Ростовской области: в большей степени, это степные пожары, которые являются одним из самых опасных видов из-за высокой скорости его распространения (среди причин возникновения на первом месте – поджог сухостоя); на втором месте по частоте возникновения – лесные пожары (бесконтрольный процесс горения древостоя). К последствиям пожаров относят эрозию почвы, загрязнение воды и атмосферы продуктами горения, уничтожение экосистем на значительной территории, экономический ущерб.

Поэтому актуальным направлением является поиск технологий, которые дадут возможность производить учет пожаров, формировать базу знаний об их характеристиках (скорость распространения огня, высота пожара, глубина и площадь выгорания, температура огня и др.), о метеорологических условиях возникновения пожара и пожаротушения (температура воздуха, влажность, количество осадков и др. с поправками на антропогенные факторы воздействия), моделировать и прогнозировать природные пожары (например, учитывая лесопожарные коэффициенты и статистически проверенные данные о времени распространения пожаров, характеристику противопожарных мер, которые были предприняты и др.).

В настоящее время в мире и в России накоплен определённый опыт разработки ГИС на основе данных дистанционного зондирования земли, накопленных сведений о характеристиках пожаров, которые происходили в конкретных регионах.

Наиболее развитые системы мониторинга пожаров и их прогнозирования, разработанные на основе картографического моделирования и представленные в виде геоинформационных проектов (конкретных программных продуктов, созданных в программной среде ГИС и реализуемых через веб-интерфейс и/или через мобильные приложения) существуют в США (система BEHAVE, разработанная NASA система FIRMS (The fire information for Resource Management System), на ее базе в 2010 г. организацией ООН (FAO) создана Global Fire Information Management system (GFIMS)) и Канаде (Fire Behavior Prediction, Fire Weather Maps - <https://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/maps/fw>). Они представляют собой разветвлённые системы прогнозирования пожаров через оценку пожарной опасности - относительного показателя, демонстрирующего, насколько легко воспламенить растительность, насколько трудно контролировать пожар и какой ущерб он может нанести.

Комплексный подход к использованию ГИС отображен в Indian Forest Fire Response and Assessment System (INFFRAS), предусматривающей «предпожарный» режим (контроль за ситуацией, профилактика, тренировки персонала и подготовка ресурсов), режим «во время пожара» (детектирование и мониторинг), «постпожарный» режим (оценка ущерба и прогнозирование миграций видов животных) [6].

В России ГИС активно применяются как для комплексных прикладных исследований, например, для мониторинга лесных пожаров, прогнозирования их поведения, опираясь на базы пирологических знаний (авторский программный комплекс «PGM2» [2]) или прогнозирования последствий пожаров (например, эмиссии углерода), так и для решения прикладных задач, например, для расчета времени следования пожарных расчетов к месту возгорания с опорой на массовые ГИТ (например, на сервис «OpenStreetMap»).

Практически все системы основываются на построении моделей (с использованием в качестве основы спутниковых снимков (например, снятые камерой MODIS со спутников типа Terra и Aqua) или данных, уже накопленных в базах (системы космического мониторинга ИСДМ Рослесхоз и Каскад), дополняя систему слоями, содержащими данные, влияющими на ход пожара – метеорологические факторы (выражающиеся в комплексных показателях: российский комплексный показатель пожарной опасности В.Г. Нестерова, австралийский индекс FFDM, испанский индекс ICONA и итальянские индексы IMP1 и другие), прогноз погоды и другие данные. Для вывода чаще всего используется веб-интерфейс из-за его универсальности, но в настоящее время разрабатываются и мобильные приложения.

Отдельной ветвью развития ГИС, связанных со сбором и представлением данных о пожарах, являются системы поддержки принятия решений (СППР), ориентированные на анализ факторов, связанных с пожарами, с опорой на пространственные данные и использующие карту как способ исследования и как способ визуализации данных для принятия оптимального решения в сложной ситуации.

Показательным примером в данном направлении является разработанная в Китае СППР, основанная на оценке рисков возникновения пожаров, где в качестве средства визуализации применяются ГИС. Эта система учитывает базу данных по идентификации опасностей, производит анализ уязвимости и анализ потенциала реагирования на чрезвычайные ситуации и выстраивает пространственную модель рисков возникновения пожаров [5].

Из всех разработанных в России систем поддержки принятия решений для борьбы с природными пожарами можно выделить «Тайга-Аналитик», которая построена с использованием методов имитационного моделирования пожаров на конкретной территории. Базой для данной программы послужила «Агентно-ориентированная имитационная система «Тайга-3», где основная особенность - моделирование динамики двух видов пожара: свободно распространяющегося пожара и пожара, которому уже оказывают активное противодействие. При применении данной системы нужно ввести только переменные данные (погодные условия, координаты точек возгорания), постоянные данные уже внесены в базу программы [3].

Основываясь на анализе опыта применения ГИС можно сделать вывод о том, что наиболее перспективным направлением применения геоинформационных систем для учета, прогнозирования, поддержки принятия решений в части предотвращения пожаров, выбора методов пожаротушения для Ростовской области является разработка системы принятия решений, учитывающей базы знаний по предыдущим пожарам, по пожарам в аналогичных климатических условиях, принимающей в расчет потенциал про-

тивопожарных мер и ресурсов по пожаротушению в области, использующей ГИС для анализа и для визуализации результатов расчетов. Первым шагом в данном направлении является создание единой базы данных о природных пожарах, что позволит находить нужную информацию быстрее и упростит процесс обмена информации между разными структурами, что, в свою очередь, улучшит скорость и качество работ по предотвращению или ликвидации природных пожаров.

Литература

1. Виды природных пожаров и их характеристики [Электронный ресурс] URL: <https://yandex.ru/turbo/pozharanet.com/s/pozhar/vidy-pozharov/prirodnye-pozhary.html> (Дата обращения: 12.04.2021).
2. Волокитина А.В., Корец М.А. Ретроспективная проверка программы прогноза поведения лесных пожаров // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: сб. материалов IX Всероссийской науч.-практ. конф. – Изд-во ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – С. 34–40.
3. Доррер Г.А. ГИС-ориентированная система для моделирования чрезвычайных ситуаций на поверхности Земли // ИТНОУ: информационные технологии в науке, образовании и управлении. –2019. – № 2 (12). – С. 27–31.
4. Смагина Т.А. Структурно-генетическая классификация ландшафтов Ростовской области // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2009. – № 4. – С. 131–136.
5. Gai C., Weng W., Hongyong Y. GIS-Based Forest Fire Risk Assessment and Mapping // Proceedings 4th International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization, CSO 2011. 1240 - 1244. 10.1109/CSO.2011.140.
6. Gharai B., Badrinath K.V.S., Murthy M.S.R. Forest Fire Monitoring// Remote Sensing Application [Электронный ресурс] URL: https://www.nrsc.gov.in/sites/default/files/pdf/ebooks/Chap_16_ForestFireMonitoring.pdf (Дата обращения 12.04.2021).

МЕТОДИКА ИНДУЦИРОВАННОЙ ИДЕОМОТОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В КОНТУРЕ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСА

Шапошников П.Д.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: pasha_swg@mail.ru

Введение

Несмотря на заметные успехи, наблюдаемые в последнее десятилетие, в области создании систем интерфейсов мозг-компьютер (ИМК), по-прежнему не решена задача широкого распространения нейроинтерфейсов в среде конечных пользователей (end-user), путём вывода технологии из научных лабораторий. Наиболее широко такие системы, как известно, разрабатываются и тестируются в клинической практике, прежде всего, с целью реабилитации и ресоциализации полностью или частично парализованных лиц [3–5]. В течение последних 20 лет количество исследований, демонстрирующих, что нейроинтерфейсы способны обеспечить связь и управление для людей с тяжелыми нарушениями двигательной активности, увеличивалось в геометрической прогрессии.

Разработанные к настоящему времени методы и подходы анализа биоэлектрической активности мозга человека наиболее эффективно обеспечивают автономность функционирования, прежде всего, стимул-зависимых [2] систем мозг-компьютер, наиболее перспективной из которых является система на основе вызванной событийно связанной активности мозга, в том числе, когнитивных потенциалов P300 [6, 7]. ИМК на основе P300 эксплуатируют закономерные ответы мозга на внешние сенсорные раздражители, в том числе зрительные, слуховые, тактильные или полимодальные. Однако такие характеристики нейроинтерфейса как самоиндуцирование человеком паттерна мысленной активности, трансформируемого в команду управления, расширение алфавита мысленных команд, которыми он способен произвольно оперировать, а также улучшение реактивности системы существенно ограничены или вовсе невозможны.

В настоящее время наибольшее исследование и распространение получили системы, рассматривающие в качестве события или команды управления – мысленное выполнение движения или внутренней речи [1, 4, 8, 9, 15, 16]. Актуальной и перспективной, с практической точки зрения, является задача разработки такой процедуры настройки нейроинтерфейса, которая использует произвольно генерируемые пользователем команды управления, сопряжённые с идеомоторными актами – мысленными эквивалентами реальных движений или мысленной речью. Решение указанных проблем видится на пути разработки стимул-

независимых интерфейсов мозг-компьютер, использующих для управления ЭЭГ-паттерны, связанные, в частности, с моторными командами или скрытой вербализацией [10, 11].

Ключевым элементом в реализации автономности и эффективности настройки в полностью стимул-независимого нейроинтерфейса являются методы и алгоритмы выделения из ЭЭГ-паттернов мысленного выполнения движений [12, 13]. Вместе с тем нейросетевой классификатор ЭЭГ и методы предобработки и извлечения опорных признаков должны обеспечивать функционирование нейроинтерфейса с точки зрения распознавания релевантных команд управления на фоне квазистационарной ЭЭГ [14]. При этом, необходимым свойством алгоритмов, лежащих в основе методов выделения идеомоторных актов классификатором, является возможность настройки системы под произвольную сложность анализируемых данных. Такое свойство обеспечивают нейросетевые методы и алгоритмы [13].

Технология нейроинтерфейсов на основе парадигмы индуцированной деятельности, как известно, требует дополнительного обучения и подготовки пользователя с целью развития принципиально новых навыков нейроуправления, которыми человек в повседневной жизни, как правило, не пользуется. Известно, что в популяции наблюдается некоторое число пользователей, не способных к произвольному управлению активностью собственного мозга [17, 18]. С целью обучения пользователей генерации целевых ЭЭГ-паттернов и их адаптации к технологии нейроуправления была разработана методика обучения генерации мысленных эквивалентов реальных движений.

Методика

В процессе регистрации ЭЭГ обследуемым в 30 минут предлагалось пройти 3 серии по 10 минут каждая, в ходе которых выполняются произвольные движения и их мысленные, идеомоторные, эквиваленты. Вначале выполнялись только реальные движения руками и ногами в течение двух секунд на каждое с интервалом 5-10 с. В среднем, по 20 движений каждого типа в серии №1. Во второй серии вслед за каждым реальным движением обследуемым следовало без паузы в течение не более двух секунд выполнить аналогичное (эквивалентное) движение мысленно (серия №2). Наконец, в серии 3 перед каждым реальным движением происходило выполнение его мысленного эквивалента в течение двух секунд. Сигнализировать о начале или окончании мысленного выполнения движения не требовалось. В тестировании методики приняли участие 16 человек в возрасте от 23 до 42 лет (средний возраст 32.5 ± 9.5 года). Произвольные движения рук состояли в сжатии кисти в кулак. Движения ногами представляли собой сгибание и разгибание ступней в вертикальной плоскости.

В течение тестовых обследований ЭЭГ регистрировалась непрерывно как при выполнении реальных и мысленных движений, так и в состоянии оперативного покоя между движениями (ОП) – бодрствования с открытыми глазами во время обследования, а также в покое с открытыми (ОГ) и закрытыми (ЗГ) глазами. Длительность каждой функциональной пробы (ОГ, ЗГ), которые проводились до и по окончании каждого обследования, составляла 60 с. Состояние ОП соответствовало междвигательным интервалам (паузы между движениями), составлявшим от 3 до 8 с. Регистрация ЭЭГ осуществлялась монополярно от 13 стандартных отведений по международной системе «10-20», а именно: F7, F8, F3, Fz, F4, C3, Cz, C4, P3, Pz, P4, O1, O2. Референтными являлись электроды, расположенные на мочках ушей (референт объединенный).

Электромиограмму (ЭМГ) обеих рук регистрировали в области поверхностных сгибателей пальцев (*m. flexor digitorum superficialis*), ног – в области передней большеберцовой мышцы (*m. tibialis anterior*).

Для обнаружения и последующей режекции артефактов, связанных с движением глаз и морганием, регистрировалась горизонтальная и вертикальная электроокулограмма (ЭОГ).

Регистрация ЭЭГ, ЭМГ и ЭОГ осуществлялась при помощи усилителя биопотенциалов «Энцефалан» (элитная версия) производства фирмы «Медиком» (г. Таганрог). Частота дискретизации сигналов при вводе в ЭВМ составляла 250 Гц по каждому отведению. В режиме реального времени электрограммы подвергались цифровой фильтрации с полосой пропускания 1-70 Гц, для удаления сетевой наводки использовался режекторный фильтр 50 Гц.

Электромиограмма верхних и нижних конечностей использовалась для формирования меток-событий, синхронизированных с ЭЭГ. Для этого каждый канал ЭМГ подвергался фильтрации в полосе частот 1-4 Гц с целью формирования низкочастотной огибающей миографического веретена. Пороговая амплитуда на восходящем фронте ЭМГ составляла 10 мкВ по каждому из полиграфических каналов.

Результаты

Анализ результатов классификации произвольно генерируемых паттернов ЭЭГ, сопряжённых с индуцированной идеомоторной деятельностью, показал, что хотя способность обследуемых к генерации различных ЭЭГ-паттернов мысленных движений во многом носит индивидуальный характер, однако значимый прирост правильных ответов нейросетевого классификатора на основе радиально-базисных функций (90% и выше по отношению к средней точности работы) достигается обследуемыми уже к 4 – 5-му тренингу, а в ряде случаев – уже во 2-м тренинге. Следует отметить, что даже в случаях наименее эффективного нейроуправления в пер-

вой половине обучения у 30% обследуемых наблюдался прирост точности классификации, достигавший средних показателей в группе (59,7%), или несколько превышал его.

Многофакторный дисперсионный анализ усреднённых амплитудных характеристик целевых идеомоторных ЭЭГ-паттернов, показал, что имели место Main Effects для фактора «К – Класс» (тип движения) ($F_K(1; 4)=21.36$, $p=0,00$) и его значимое взаимодействие с фактором «Т – Тренинг» ($F_{K-T}(2; 27)=4.64$, $p=0,00$). Указанные различия свидетельствовали о том, что различия между детектируемыми ЭЭГ-паттернами в процессе обучения существенно увеличивались в связи с закреплением новых моторных навыков нейроуправления. Наряду с этим, отмечались достоверные взаимодействия указанных факторов с переменными (О – Отведения) ($F_{O-K}(28; 432)=798.9$, $p=0,000$); ($F_{O-T}(120; 432)=5.07$, $p=0,007$); ($F_{O-K-T}(12; 432)=7.24$, $p=0,02$).

Выводы

В настоящем исследовании разработана оригинальная методика, пригодная для автоматизированного обучения нейросетевых классификаторов с целью детектирования в спонтанной биоэлектрической активности мозга человека специфических, инвариантных паттернов активности, сопряжённых с реализацией человеком произвольной двигательных актов. Показано, что применение сценариев в рамках парадигмы индуцированной деятельности позволяет обеспечить функционирование стимул-независимой модели нейроинтерфейса с модифицируемой архитектурой, прежде всего, в контексте расширения алфавита управляющих команд. Корректность разработанной методики была подтверждена с помощью стандартных средств инструментария как в нейросетевом базисе, так и многомерной статистике в ходе дополнительной валидации на генеральной совокупности исходных данных. Разработанная методика может быть положен в основу нового инструментария для решения прикладных задач нейроуправления в контуре Интерфейсов «Мозг-компьютер» и «Мозг-Мозг», а также повышения общей надёжности функционирования нейроинтерфейсов различного назначения.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантом Российского научного фонда №20-19-00627: «Разработка стимул-независимой модели интерфейса «Мозг-компьютер» для реабилитации людей с ограниченными возможностями».

Литература

1. Kevric J., Subasi, A. Comparison of signal decomposition methods in classification of EEG signals for motor-imagery BCI system // Biomedical Signal Processing and Control. – 2017. – Т. 31. – С. 398–406.

2. Chiu C.Y., Singh A.K., Wang Y.K., King J.T., Lin C.T. A wireless steady state visually evoked potential-based BCI eating assistive system // 2017 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN). – IEEE, 2017. – C. 3003–3007.
3. Birbaumer N., Piccione F., Chaudhary U. Brain-computer interface (BCI) communication in the locked-in // Assessing Pain and Communication in Disorders of Consciousness. – 2015. – C. 104.
4. Soekadar S.R., Witkowski M., Vitiello N., Birbaumer N. An EEG/EOG-based hybrid brain-neural computer interaction (BNCI) system to control an exoskeleton for the paralyzed hand // Biomedical Engineering/Biomedizinische Technik. – 2015. – T. 60. – № 3. – C. 199–205.
5. Chaudhary U., Birbaumer N., Curado, M.R. Brain-machine interface (BMI) in paralysis // Annals of physical and rehabilitation medicine. – 2015. – T. 58. – № 1. – C. 9–13.
6. Chen Y.J., Chen S.C., Zaeni I. A., Wu C.M. Fuzzy tracking and control algorithm for an SSVEP-based BCI system // Applied Sciences. – 2016. – T. 6. – № 10. – C. 270.
7. Abdulhay E., Oweis R., Mohammad A., Ahmad L. Investigation of a wavelet-based neural network learning algorithm applied to P300 based brain-computer interface. – 2018.
8. Aghaei, A.S., Mahanta, M.S., & Plataniotis, K.N. Separable common spatio-spectral patterns for motor imagery BCI systems // IEEE Transactions on Biomedical Engineering. – 2015. – T. 63. – № 1. – C. 15–29.
9. Ang K.K., Chua K.S. G., Phua K.S., Wang C., Chin Z.Y., Kuah C.W.K., Low W., Guan C. A randomized controlled trial of EEG-based motor imagery brain-computer interface robotic rehabilitation for stroke // Clinical EEG and neuroscience. – 2015. – T. 46. – № 4. – C. 310–320.
10. Ma T., Li H., Deng L., Yang H., Lv X., Li P., Zhang R., Liu T., Yao D., Xu P. (2017). The hybrid BCI system for movement control by combining motor imagery and moving onset visual evoked potential // Journal of neural engineering. – 2017. – T. 14. – № 2. – C. 026015.
11. Martin S., Iturrate I., Millán J. D. R., Knight R. T., Pasley B. N. Decoding inner speech using electrocorticography: Progress and challenges toward a speech prosthesis // Frontiers in neuroscience. – 2018. – T. 12. – C. 422.
12. Yu X., Chum P., Sim K.B. Analysis the effect of PCA for feature reduction in non-stationary EEG based motor imagery of BCI system // Optik. – 2014. – T. 125. – № 3. – C. 1498–1502.
13. Nicolas-Alonso L.F., Corralejo R., Gomez-Pilar J., Álvarez D., Hornero R. Adaptive semi-supervised classification to reduce intersession non-stationarity in multiclass motor imagery-based brain-computer interfaces // Neurocomputing. – 2015. – T. 159. – C. 186–196.

14. Qiu Z., Allison B.Z., Jin J., Zhang Y., Wang X., Li W., Cichocki A. Optimized motor imagery paradigm based on imagining Chinese characters writing movement // *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. – 2017. – T. 25. – № 7. – C. 1009–1017.
15. Martin S., Iturrate I., Millán J. D. R., Knight R. T., Pasley B. N. Decoding inner speech using electrocorticography: Progress and challenges toward a speech prosthesis // *Frontiers in neuroscience*. – 2018. – T. 12. – C. 422.
16. Koctúrová M., Juhár J. A Novel Approach to EEG Speech Activity Detection with Visual Stimuli and Mobile BCI // *Applied Sciences*. – 2021. – T. 11. – № 2. – C. 674.
17. Lee M.H., Kwon O.Y., Kim Y.J., Kim H.K., Lee Y.E., Williamson J., Fazli S., Lee S.W. EEG dataset and OpenBMI toolbox for three BCI paradigms: an investigation into BCI illiteracy // *GigaScience*. – 2019. – T. 8. – № 5. – C. giz002.
18. Zhang X., Guo Y., Gao B., Long J. Alpha Frequency Intervention by Electrical Stimulation to Improve Performance in Mu-Based BCI // *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. – 2020. – T. 28. – № 6. – C. 1262–1270.

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ 3D СИМУЛЯЦИИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Штейн О.О.

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

Переход на дистанционное образование, случившийся из-за неблагоприятной эпидемиологической обстановки, произвел неодинаковый эффект на процесс обучения у учащихся различных сфер. Так, студенты, чье образование требует практических экспериментов, оказались лишены некоторых работ, вследствие их непригодности для выполнения во внелабораторных условиях. Поэтому в данной работе рассматривается создание интерактивного симулятора химической лаборатории.

Ожидаемый конечный формат работы — это приложение для персонального компьютера, в котором выполняются отдельные эксперименты и симуляции. Всё управление лабораторией происходит при помощи мыши, например, при нажатии на колбу, она следует за курсором. Также реализована возможность наклона колбы при взаимодействии учащегося с колесиком мыши.

Для создания данного приложения необходимы схема и логика управления, а также набор трехмерных объектов, достаточно точно соответствующих реальным предметам. Например, колбы, штатив, пипетки, набор необходимых для эксперимента реагентов. Также необходимо заранее знать уравнения химических реакций и объемов участвующих в них веществ. Для получения данной информации и повышения реалистичности симуляции были проведены консультации с преподавателями химического факультета.

Данный интерактивный симулятор химической лаборатории создается на платформе Unity 3D с помощью языка программирования C#. Для большего погружения обучающихся в процесс эксперимента использовалась камера от первого лица с возможностью поворотов в разные стороны для подбора наиболее подходящего угла обзора. В качестве первого исследования реализована лабораторная работа по титрованию – аналитическому методу, предназначенному для количественного определения анализируемого компонента, растворенного в образце.

Для проведения данной лабораторной работы студенту предоставляются необходимые материалы, а именно колбы с исходным реагентом(индикатором) и растворенным веществом, ожидающим определения

концентрации. Для достижения максимально точного результата обучающийся должен проделать следующие шаги:

- Набрать исходное вещество в бюретку;
- Прикрепить бюретку к штативу;
- Поставить колбу с раствором для определения концентрации под бюретку;
- Аккуратно добавлять индикатор в раствор.

Задача обучающего состоит в определении максимально точного объема индикатора при котором раствор меняет цвет на требуемый в задании. Далее студент записывает полученное значение в уравнение реакции и отправляет свой результат на проверку системе.

Также во время проведения эксперимента обучающийся должен бережно обращаться с лабораторным оборудованием, то есть не опрокидывать колбы, не отпускать их высоко над рабочей поверхностью, не проливать жидкости и так далее. В противном случае система будет показывать студенту предупреждения и при большом количестве таких замечаний это может влиять на итоговый результат всей работы.

Предложенный метод интерактивного взаимодействия с программой не может в полной мере заменить выполнение лабораторных работ лично, но позволяет проводить первичную подготовку в условиях дистанционного обучения. В отдельных экспериментах, опасных при неосторожном обращении или требующих дорогих и редких реактивов, такая симуляция также может быть востребована. Также данная программа может помочь промоделировать последствия реакций, требующих длительного времени ожидания.

На данном этапе разработаны: модель взаимодействия реактивов на основе уравнений реакций, автоматизированная проверка правильности выполнения лабораторной работы и основные технические подсистемы проекта: пользовательский ввод и механика работы с химическим оборудованием. Дальнейшее развитие проекта предполагает добавление новых лабораторных работ и создание версий симулятора для других платформ, в том числе платформ дополненной и виртуальной реальности.

ОНЛАЙН-КОНФИГУРАТОР БАТАРЕИ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ТЕСТОВ

Щербина Д.Н.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

НИТЦ Нейротехнологий,

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,

факультет биоинженерии и ветеринарной медицины,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: dnsherbina@sfnedu.ru

Онлайн-реализация любого психологического опросника представляет собой приложение с генератором однотипных интерактивных страниц для каждой тестовой единицы и с шаблоном отчета, в котором пользователю предъявляют результаты теста. Если стоит задача организовать сбор результатов тестирования по батарее тестов, конструкция которых во многом сходна, возникает соблазн применить универсальный конфигурактор, который подходил бы для генерации разнообразных интерактивных страниц.

На сайте психологического тестирования НИТЦ Нейротехнологий ЮФУ <http://anketa.neuro.sfnedu.ru> была реализована идея интерактивного конфигурактора для составления опросников без необходимости для пользователя писать программный код. Конфигурация каждого опросника сохранялась в отдельном файле в формате JSON. Популярный текстовый формат для структурированной информации позволил полуавтоматическое создание конфигурации путем конвертации скриптами из текстовых таблиц и списков, а также ручное редактирование. В частности, ручное редактирование доступно пользователю с соответствующими привилегиями непосредственно на сайте.

Типичная конфигурация опросника включала поля “тип” с фиксированным значением ("type": "oprosnik"), “имя”, которое использовалось для идентификации и хранения в репозитории ("name"), заголовок ("title"), описание ("description") и перечень вопросов ("qq") (см. Листинг 1).

Процедура генерации HTML кода для предъявления тестовых единиц поддерживала несколько типов вопросов. Все типы могли включать поле text, содержимое которого представляло собой вопрос, картинку в виде кода HTML или просто инструкцию во вспомогательных страницах опросника.

Для вопросов типа text формировалась форма с текстовыми полями, значения которых сохранялись наряду с ярлыками-подписями – такие вопросы использовались в субтесте Недостающие детали из теста Векслера, а также для сбора анкетных данных.

```

{
  "type": "oprosnik",
  "name": "ams",
  "title": "Академическая мотивация",
  "description": "<p>Шкала академической мотивации (сокр. ШАМ, англ. The Academic Motivation Scale, сокр. AMS) - опросник, предназначенный для измерения выраженности и типа мотивации к учебной деятельности. Разработан Т.О. Гордеевой, О.А. Сычевым и Е.Н. Осиным в 2014 году на основе Шкалы академической мотивации Валлеранда. \n</p>",
  "qq": [
    {
      "name": "intro",
      "text": "<p>Оцените, пожалуйста, насколько Вы согласны или не согласны с приведенными утверждениями.\ ... ",
      "labelNext": "Понятно"
    },
    {
      "name": "ams/1",
      "text": "Мне интересно учиться.",
      "type": "agree"
    },
    {
      "name": "ams/2",
      "text": "Учёба доставляет мне удовольствие, я люблю решать трудные задачи.",
      "type": "agree"
    },
    {...

```

Листинг 1. Пример конфигурации опросника. Многоточиями обозначены вырезанные фрагменты

В батарее из 42 тестов наиболее востребованными были задания типа agree (48%) и scale (26%). Они визуализировались в виде горизонтальной шкалы с бегунком с помощью тега `<input type="range">`, который к 2020 году поддерживался в большинстве веб-браузеров. Интерактивность в виде выбора позиции на шкале кликом мыши, кликом на ярлыке-подписи или же перетаскиванием бегунка обеспечивалась обработчиками событий `onchange` и `oninput`.

Шкала для заданий типа agree, измеряющих степень согласия с утверждением, имела две реперных точки: 0 – "не согласен", 100 – "согла-

сен" и имела градиентную заливку от красного к зеленому. Эта же шкала подошла к тесту Т.П. Скрипкиной, в котором три реперных точки: 0 – "полностью не доверяю", 50 – "частично доверяю", 100 – "полностью доверяю".

Шкала типа scale использовалась для обобщения разных шкал Ликерта, которые условно делят континуум выборов от "нет" до "да", от "никогда" до "очень часто" и т.п. Для заливки использовалась метафора термометра: отрицание – холодно – синий, одобрение – горячо – красный. Там, где надо было измерить боль или трудности – использовалась градиентная заливка от белого к красно-бордовому.

В тестах, где требовалось выбрать одну картинку из 3 – 4 представленных (тест на социальный интеллект Дж. Гилфорда и тест на межполушарные взаимодействия), использовали тип заданий *pick*, в которых можно было сделать выбор, ткнув мышкой в нужную картинку-кнопку.

Также своеобразные типы заданий пришлось разработать для задач скоростного двойного выбора и таблиц Шульте.

Генератор интерактивных заданий также поддерживал функционал случайного перемешивания вариантов ответов, который использовался в задачах на измерение времени реакции (тест Струпа).

Таким образом, конфигуратор тестовых заданий дает широкие возможности по формированию новых версий разнообразных опросников в режиме онлайн, после чего новые версии опросников готовы к проведению группового тестирования приглашенных респондентов.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭРГОНОМИКИ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТЕСТОВЫХ ЕДИНИЦ ДЛЯ ЭКСПЛИЦИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ПСИХОЛОГИИ

Щербина Д.Н.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

НИТЦ Нейротехнологий,

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,

факультет биоинженерии и ветеринарной медицины,

г. Ростов-на-Дону

E-mail: dnsherbina@sfedu.ru

Режим самоизоляции подстегнул практикующих психологов к окончательному переходу от бланковых тестов к онлайн-приложениям для тестирования. Современные онлайн-приложения за счет интерактивности веб-страниц позволяют не только заменить бумажный бланк электронным, но и повысить эргономичность процесса тестирования. В процессе разработки сайта психологического тестирования НИТЦ Нейротехнологий <http://anketa.neuro.sfedu.ru/> было проведено сравнение эффективности взаимодействия пользователей со интерактивными шкалами разного вида на примере теста на эмоциональный интеллект (ЭмИн) Д. Люсина, разработанного на основе MSCEIT (The Mayer-Salovey-Caruso Emotional Intelligence Tests)[Люсин, 2009].

В соответствии с методикой теста ЭмИн нескольким испытуемым было дано задание выразить свое согласие с 46 утверждениями о способностях понимать и управлять своими или чужими эмоциями. Тест с одними и теми же утверждениями повторяли несколько раз. Менялся лишь облик и поведение шкалы. Хотя в практике психологических измерений используют фиксированный авторский псевдослучайный порядок предъявления тестовых единиц, мы для чистоты эксперимента случайно перемешивали порядок вопросов. Для обеспечения возможности пропустить непонятный или неудобный вопрос была добавлена кнопка «Не знаю», а для исправления предыдущего ответа – кнопка «Назад».

Авторский вариант теста на бумажном бланке предполагал четыре градации согласия от «Совсем не согласен» до «Полностью согласен», оцениваемых от 0 до 3 баллов. Прямой перенос в онлайн-форму – это радио-кнопки с текстовыми подписями (рис. 1А). Поскольку градации расположены в порядке возрастания на некоторой шкале, другие варианты представления изображали эту шкалу горизонтально. Отличия касались цветового оформления шкалы. Наиболее близкий к авторскому – с четырьмя фиксированными отметками на шкале (рис. 1Б). Проблема этого варианта в том, что исходное положение бегунка смещено относительно нейтраль-

ного центра. При добавлении возможных промежуточных градаций с шагом 0.01 эту проблему обходили (рис. 1В), но само значение, например, 2.44 не несло определенного смысла. Поэтому в итоговой модификации шкала кодировалась в понятном 100 – балльном диапазоне (рис. 1Г). По субъективным отчетам участников красно-зеленая окраска была приятнее.



Рис. 1. Варианты интерактивных интерфейсов предъявления тестовых единиц, требующих выразить свое согласие с утверждением. А – выбор из списка текстовых меток; Б – шкала с целочисленными кодами; В – шкала с промежуточными градациями; Г – столбальная шкала

Еще один фактор, влияющий на эргономику, необходимость нажатия на кнопку “Далее” после выбора позиции на шкале. В случаях, когда происходил автоматический переход к следующему вопросу проигрывалась анимация для обратной связи, задерживая отправку формы на 1.2 с. Таким образом, автоподтверждение формы не ускоряло прохождение теста, но уменьшало количество необходимых действий пользователя.

Сравнение оценок, полученных при прохождении одного и того же опросника, показало, что более дробная шкала повышает вариативность выбора, что несомненно полезно при выполнении факторного анализа (рис. 2А). При этом разброс оценок индивидуально специфичен: например, респондент 2 из трех, представленных на рисунке, выбирал только слабые формы согласия при предъявлении 4–балльной шкалы, но на 100–балльной

диапазон его оценок варьировал от 10 до 75. Когда мы повторили тестирование с помощью 100-балльной шкалы спустя две недели на той же выборке, то при повторном тестировании оценки у респондента 2 варьировали во всем диапазоне от 0 до 98, корреляция между повторами при этом составила 0.82. У других респондентов, которые часто выбирали крайние оценки 0 или 100 баллов, корреляция между повторами варьировала от 0.5 до 0.7. При этом у всех респондентов было много промежуточных оценок при использовании шкалы с двумя крайними метками (рис. 2Б).

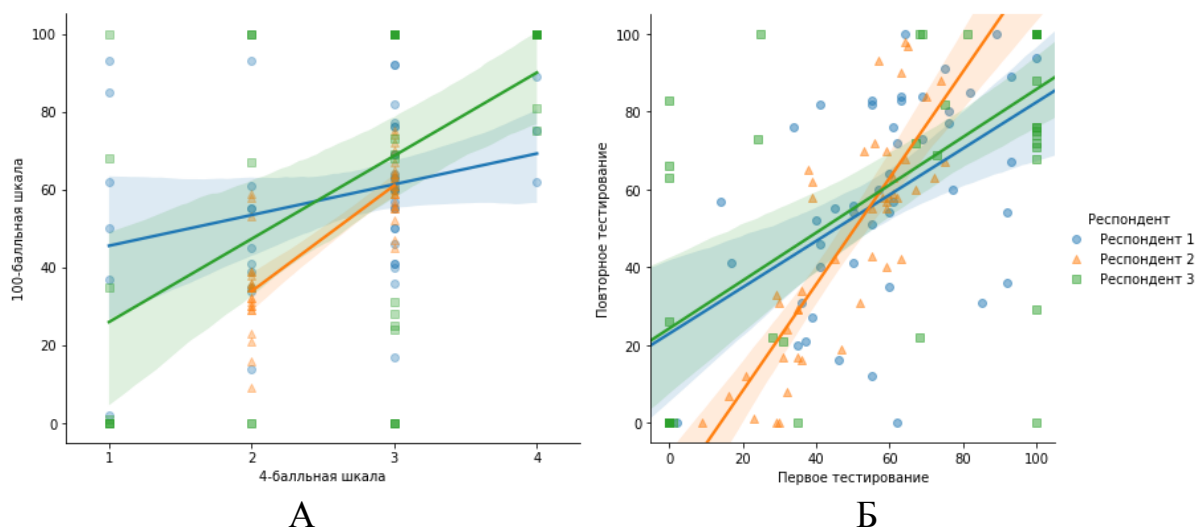


Рис. 2. Соответствие оценок, полученных с использованием разных шкал, на примере отдельных респондентов. Цветные линии – тренд зависимости, полупрозрачный диапазон – 95% доверительный интервал. А. По горизонтали – выбор из 4 текстовых меток, по вертикали – выбор на горизонтальной цветной 100-балльной шкале с крайними метками. Б. Повторяемость результатов спустя две недели

Таким образом, предлагаемый нами интерактивный интерфейс предъявления тестовых единиц в виде горизонтального цветного слайдера дает следующие эргономические улучшения по сравнению с бумажными бланками:

1. Устраняется необходимость сопоставления вопроса по номеру, который указан в бланке.
2. Решения по соседним вопросам не интерферируют друг с другом, тогда как на бланке отметки в единой таблице могут образовывать паттерны, отвлекающие от смысла вопросов.
3. Добавляется цветовой градиент для более точного отражения внутреннего убеждения в диапазоне между крайними позициями.

Литература

Люсин Д.В. Опросник на эмоциональный интеллект ЭМИн: новые психометрические данные, 2009.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ТЕСТОВЫХ ВОПРОСОВ С ПОМОЩЬЮ ITEM RESPONSE THEORY

Щербина Д.Н.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

НИТЦ Нейротехнологий,

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»,

факультет биоинженерии и ветеринарной медицины,

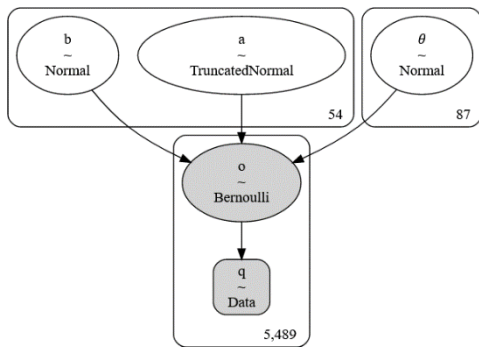
г. Ростов-на-Дону

E-mail: dnsherbina@sfnedu.ru

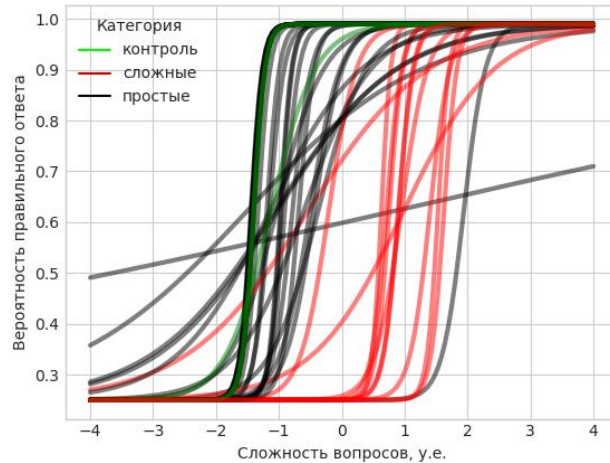
Какое оптимальное время для решения контрольных задач? С одной стороны, подготовленные студенты решают тестовые задания быстрее неподготовленных. С другой стороны – сложные задания требуют большего времени для решения. Если вопросы теста слишком сложные, такие, что у многих в тестовой группе возникают ошибки, то это свидетельствует о том, что времени на решение затрачено недостаточно – по причине спешки или потому что не хватает знаний и оттягивание принятия решения не поможет. Таким образом, при проверке знаний студенты находят компромисс скорости и точности для решения сложных задач. Теория ответов на вопросы (Item Response Theory) утверждает, что существуют латентные/скрытые параметры личности (которые недоступны для непосредственного наблюдения) (Sen, Cohen, 2019). Например, в тесте знаний по предмету – это уровень подготовленности испытуемого и уровень трудности задания.

Мы оценили сложность 54 заданий составного теста, выполненного группой студентов 87 человек, в котором были смешаны простые и сложные вопросы, а также четыре контрольных, которые подразумевали простой готовый ответ. Все задания множественного выбора заключались в выборе одного варианта из четырех предложенных. Параметры угадывания и случайной ошибки фиксировались. Оценку 2PL модели (рис. 1А) производили в пакете rums3 методом Монте-Карло. Для каждого вопроса были получены параметр сложности **b** и дискриминационный коэффициент **a**.

Два вопроса оказались с низкой дискриминационной способностью из-за того, что формулировка вопроса многими воспринималась некорректно (рис. 1Б).



А



Б

Рис. 1. Функции ответа на вопросы для получения оценок сложности в рамках Item Response Theory. А. Графическое отображение 2PL-модели. Б. Характеристические функции для трёх категорий вопросов

Эти два вопроса оказались вне общей зависимости повышения среднего времени выполнения задания с ростом сложности. Чтобы избежать влияния нестандартных вопросов, мы использовали пакет statsmodels для оценки робастной регрессии длительности от сложности (рис. 2). Полученное уравнение средней трудоёмкости задания:

$$d = 27.8 + 11.8b + N(0, 62)$$

где b – безразмерный параметр сложности вопроса.

Данная модель трудоёмкости может быть уточнена с введением в модель индивидуальной скорости выполнения операций, а также учета таких концепций как уверенность и эмоциональная вовлеченность. Для учёта уверенности необходимо внедрять методы гранулярной сегментации времени решения задачи с фиксацией непродуктивных затрат времени на предварительное знакомство с вариантами ответа и проверку (Щербина, 2016). Переход от интеллектуальной системы обучения к аффективной (Hasan et al., 2020) может полностью перевернуть стремление к ускорению образовательного процесса: если целью задания будет увлечь студента на длительное время независимо от корректности ответа, то сложность задания перестанет быть определяющим фактором трудоёмкости, уступив эту роль социально-игровым и физиологическим аспектам.

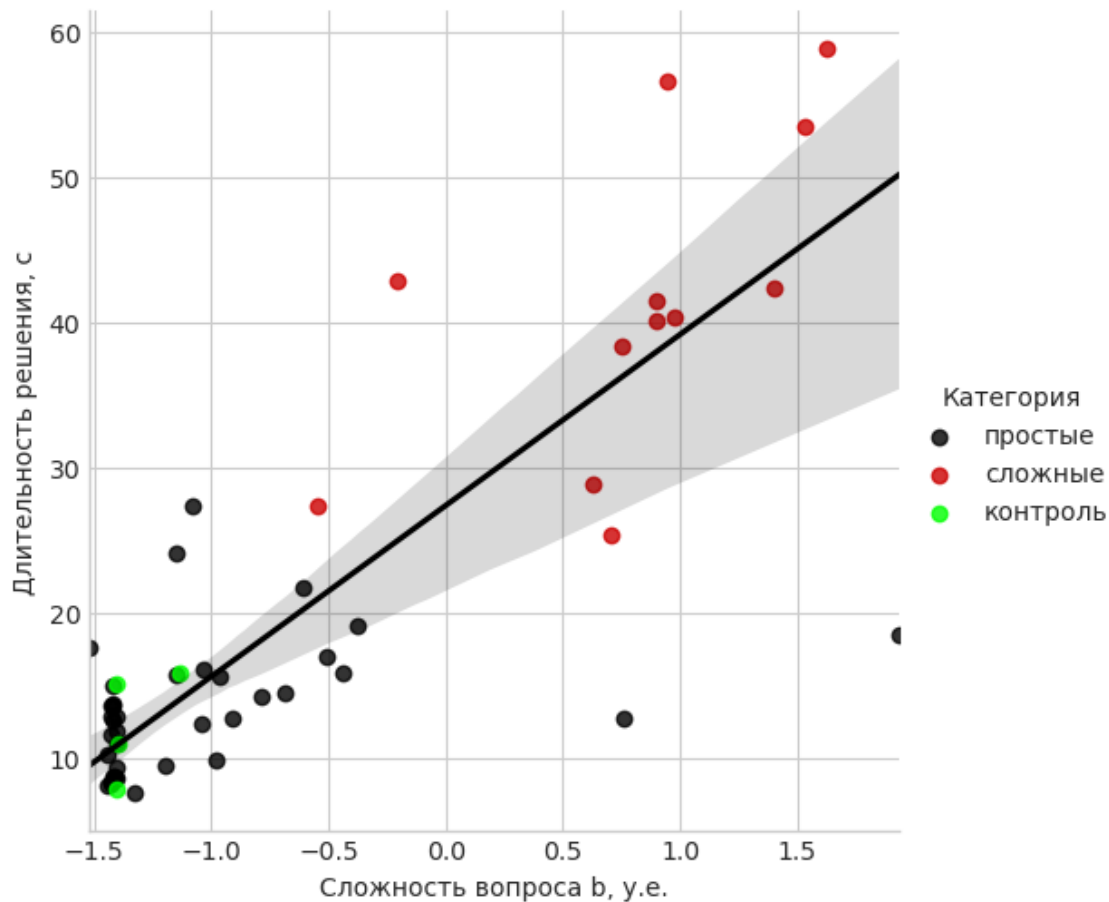


Рис. 2. Зависимость длительности решения заданий от сложности

Литература

1. Sen S., Cohen A.S. Applications of mixture IRT models: a literature review//Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives, 2019, – Т. 17, Applications of mixture IRT models, – N 4, – С. 177–191.
2. Щербина Д.Н. Повышение эффективности контроля знаний студентов на основании анализа последовательности решения тестовых заданий//Образовательные технологии и общество, 2016. – Т. 19, – N 4, – С. 346–363.
3. Hasan M.A., Noor N.F.M., Rahman S.S.B.A., Rahman M.M. The Transition From Intelligent to Affective Tutoring System: A Review and Open Issues//IEEE Access, 2020, – Т. 8, The Transition From Intelligent to Affective Tutoring System, – С. 204612-204638.

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ВОДОСБОРНОГО БАССЕЙНА С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Юрист П.Н., Гордиенко Л.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

г. Таганрог

E-mail: yurist@sfedu.ru, lgordienko@sfedu.ru

Рельеф, как один из компонентов природных комплексов, играет важную роль в формировании гидрологических процессов. Геоинформационные системы (ГИС) дают возможность представления рельефа в форме цифровых моделей рельефа (ЦМР) для решения различных задач, в том числе гидрологических расчетов. Актуальным является гидрологическое моделирование на основе ЦМР.

Под ГИС-моделями рельефа понимаются: ЦМР; продольный профиль русла (ППР); «псевдорельеф» для расчета гидрологических характеристик при отсутствии данных крупного масштаба; упрощенная триангуляционная модель рельефа (TIN) для расчета коэффициента вертикальной расчлененности водосбора. Создание таких моделей должно базироваться на потенциале современных ГИС и использовать, по мере возможности, существующие методические, информационные и программные решения.

Цифровые модели рельефа играют важную роль в гидрологическом и геоморфологическом анализе. Одно из основных приложений ЦМР, позволивших значительно упростить анализ речных систем, – это автоматизированное построение водосборов и расчет их морфометрических характеристик.

Гидрологическое моделирование с использованием ЦМР основывается на следующей идее: моделируемая вода стекает из ячейки с большей высотой в соседнюю ячейку с меньшей высотой. Трассируя поток вниз по склону, можно связывать ячейки ЦМР в так называемые «сети потока» (drainage networks) и определять водосборные площади и границы бассейнов (рис. 1).

Если на модели есть замкнутые локальные понижения, то они выступают как препятствие для распространения стока (рис. 2).

Распространённая практика – удалять замкнутые локальные понижения с ЦМР перед началом собственно гидрологического моделирования. Удалить повышения можно путём увеличения высот внутри них – таким образом понижение либо исчезает, либо перестаёт быть замкнутым.

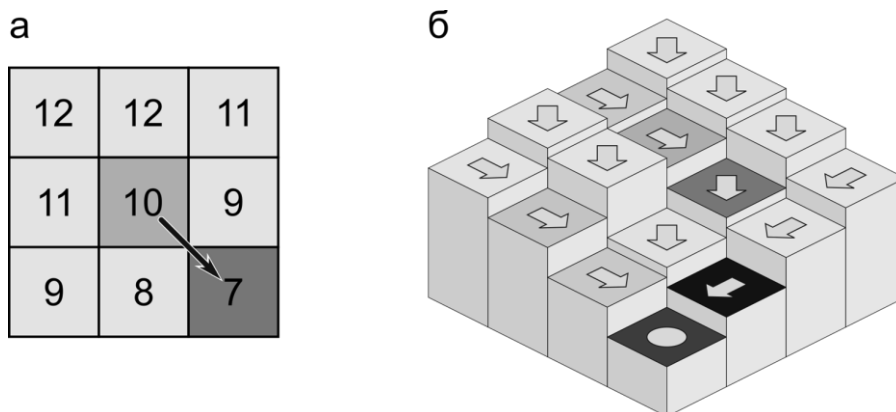


Рис. 1. Модель стока воды

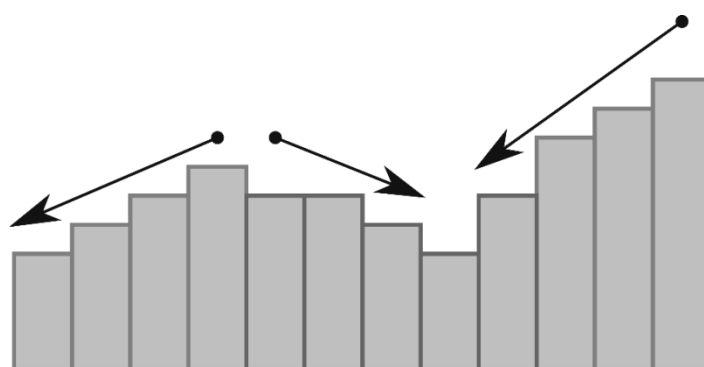


Рис. 2. Модель препятствий для стока

Водосборная площадь в геоморфометрии определяется для каждой точки поверхности так, как если бы точка была замыкающим створом. В регулярно-сеточном анализе водосборная площадь определяется для отдельных ячеек ЦМР и равняется суммарной площади всех ячеек, сток из которых проходит через данную ячейку (по принципу, описанному выше). Вместо площадей ячеек можно использовать какой-нибудь весовой коэффициент. Например, если этот коэффициент представляет слой поверхностного стока, то результирующая величина будет являться объёмом стока для данной ячейки.

Водосборную площадь вместе со всеми другими величинами, которые можно рассчитать по аналогичному принципу, часто называют аккумуляцией потока. Именно так называются инструменты расчёта водосборной площади в большинстве современных ГИС-пакетов (в том числе в SAGA). Однако в QGIS интегрирована старая версия SAGA, и инструмент, который мы будем использовать, называется в ней Catchment Area (рис. 3).

Водосборная площадь при движении вниз по склону увеличивается экспоненциально, поэтому изображение в оттенках серого, которое вы видите, почти чёрное.

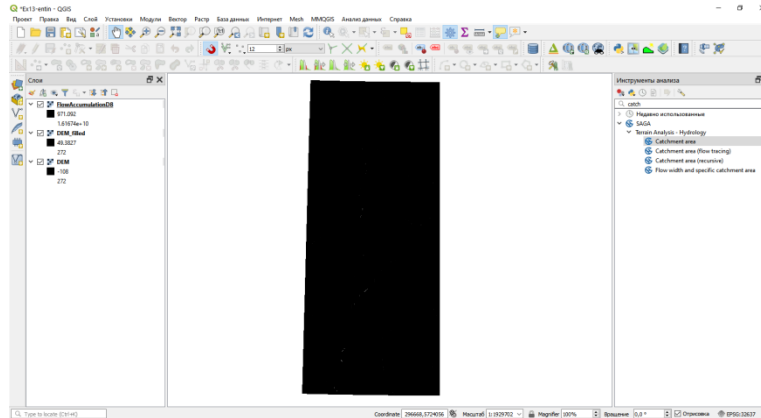


Рис. 3. Водосборная площадь бассейна

Далее используем функции QGIS для гидрологических расчетов, результат векторизации приведен на рис. 4.

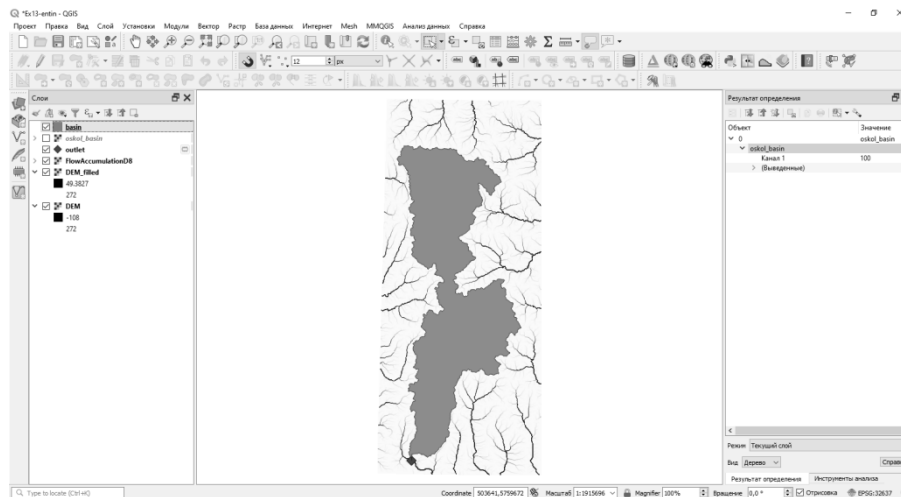


Рис. 4. Границы водосборного бассейна

На базе ГИС с использованием автоматизированных процедур построена карта водосборного бассейна. Описанный в данной работе аппарат моделирования позволяет осуществить построение карт комплексных морфометрических показателей, а также других параметров рельефа.

Литература

1. Яковченко С.Г. Создание и использование цифровых моделей рельефа в гидрологических и геоморфологических исследованиях / С.Г. Яковченко, В.А. Жоров, И.С. Постнова. – Кемерово : Изд-во ИУУ СО РАН, 2004. – 92 с.
2. Погорелов А.В., Салпагаров А.Д., Киселев Е.Н., Куркина Е.В. Геоинформационный метод в практике региональных физико-географических исследований // Тр. / Тебердинский государственный заповедник. Кисловодск, 2007. Вып. 45. 200 с.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВ СБОРА И ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ГЕОДАННЫХ

Юрова Е.С., Левониук С.В.

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,
г. Таганрог

E-mail: svlevoniuk@sfedu.ru

В геоинформационных системах (ГИС), предназначенных для министерства по чрезвычайным ситуациям, железнодорожного транспорта, инженерных коммуникаций, телекоммуникаций, экологического мониторинга, анализа метеоданных, промышленных предприятий, разведки и использования недр, необходимо реализовать функцию сбора информации с использованием информационно-измерительных систем [1].

Необходимость мониторинга непрерывных явлений в режиме реального времени приводит к значительному росту объема и скорости поступления данных для ГИС. Однако часто большая часть входной информации оказывается несущественной (избыточной), поэтому собранная измерительная информация должна быть предварительно обработана с целью сокращения ее избыточности перед сохранением в памяти ГИС. При этом для сокращения избыточности могут быть использованы как методы обратимого сжатия, позволяющие восстанавливать исходные входные сигналы как функции времени с заданной погрешностью, так и методы необратимого сжатия, дающие возможность определить заданные характеристики измерительных сигналов [2].

В данном докладе рассматривается использование среды графического программирования LabVIEW для моделирования и разработки устройств на основе промышленных компьютеров PXI, включающих реконфигурируемые модули, для сбора и предварительной обработки геоданных. Реконфигурируемые модули (модули R-серии) реализуются с использованием программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) и содержат каналы как аналогового, так и цифрового ввода-вывода, что позволяет выполнять ввод и обработку измерительной информации. При этом разработка устройства на основе модуля R-серии сводится только к заданию конфигурации ПЛИС. Программирование ПЛИС осуществляется в среде LabVIEW. При программировании создается виртуальный прибор, который реализуется модулем R-серии [3].

На рис. 1 приведена блок-диаграмма разработанного виртуального прибора для одноканального сбора и обратимого сжатия геоданных на основе экстраполяции нулевого порядка. Входной сигнал поступает на линию AI0 разъема Connector0, сжатые данные (Y) выдаются в порты PORT0 и PORT1 разъема Connector0, а синхроимпульсы готовности данных на выходе устройства – на линию DIO0 разъема Connector1. Для тестирования устройства на этапе моделирования используется генератор синусоидальной функции. Сформированный генератором сигнал выдается на линию AO 0 разъема Connector0 и используется для задания входных данных на этапе тестирования аппаратуры.

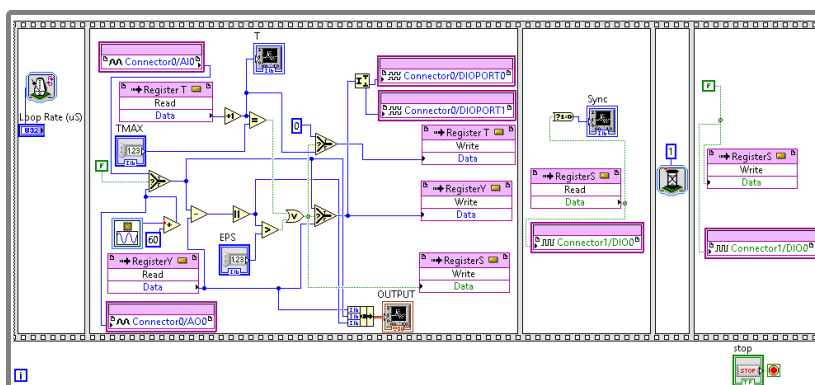


Рис. 1. Блок-диаграмма виртуального прибора для сбора и обратимого сжатия данных

На рис. 2. показана лицевая панель данного виртуального прибора, на которой задается максимальное время между неизбежными отсчетами (T_{max}), погрешность сжатия (EPS) и частота опроса датчика (Loop Rate). На панели отображаются осциллограммы входного сигнала, восстановленного после сжатия сигнала (ступенчатая кривая), погрешности сжатия-восстановления сигнала, сигнала выдачи сжатых данных из реконфигурируемого модуля (Sync), а также величины временного интервала между неизбежными выборками (T).

На рис. 3 приведена блок-диаграмма разработанного виртуального прибора для сбора и необратимого сжатия геоданных на основе допускового контроля, а также на основе определения среднего значения сигнала. Входные сигналы поступают на линии AI 0 и AI 1 разъема Connector0. Результат допускового контроля первого входного сигнала выдается на линию DIO 0 разъема Connector0, усредненное значение второго входного сигнала - в порт DIOPORT1 разъема Connector0, а синхроимпульсы готовности данных на выходе устройства – на линию DIO 1 разъема Connector0. Для тестирования устройства используется генератор синусоидальной функции.

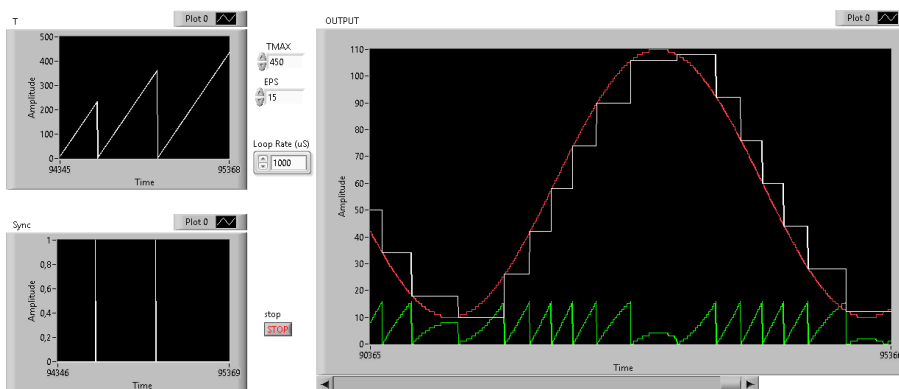


Рис. 2. Лицевая панель виртуального прибора для сбора и обратимого сжатия данных

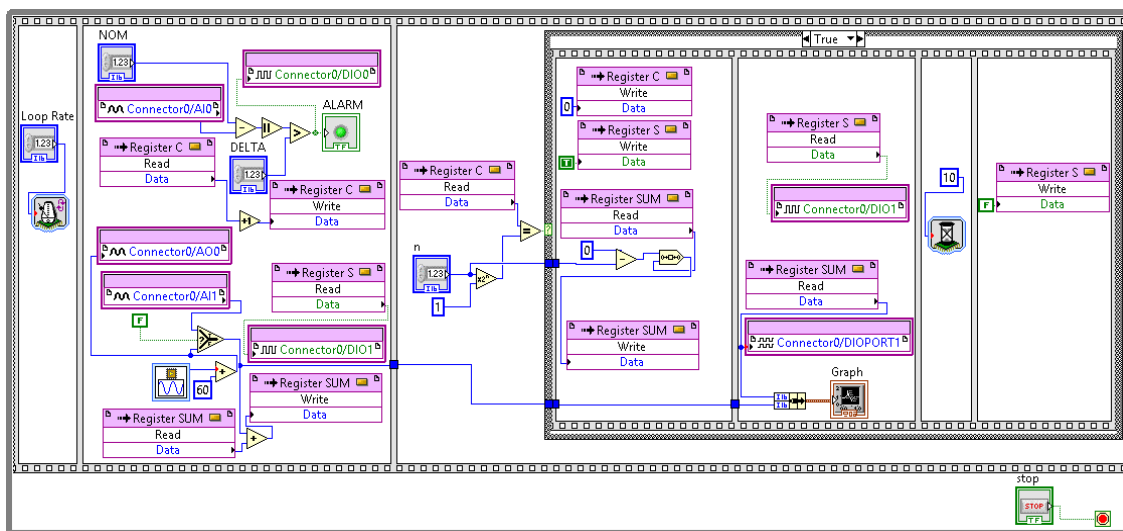


Рис. 3. Блок-диаграмма виртуального прибора для сбора и необратимого сжатия данных

На рис. 4. показана лицевая панель данного виртуального прибора, на которой задаются параметры (NOM и DELTA), определяющие коридор допускового контроля первого входного сигнала; параметр (n), определяющий длительность временного интервала, на котором производится усреднение измеренных значений второго входного сигнала; а также частота опроса датчиков (Loop Rate).

Индикатор ALARM и графопостроитель Graph лицевой панели используются для отображения результатов допускового контроля первого входного сигнала, а также осциллограмм второго входного сигнала и результатов, полученных при его усреднении.

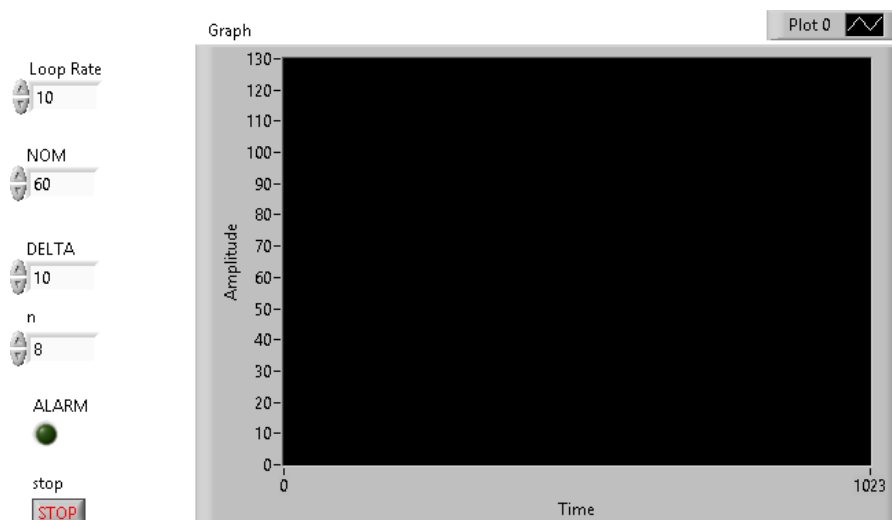


Рис. 4. Лицевая панель виртуального прибора для сбора и необратимого сжатия геоданных

Предложенное в докладе решение позволяет обеспечить работоспособность устройств сбора и предварительной обработки геоданных путем моделирования корректности алгоритмов работы реконфигурируемых модулей, а также путем тестирования данных модулей после конфигурирования ПЛИС. Использование обратимого и необратимого сжатия дает возможность сократить объем памяти ГИС для хранения измерительной информации и снизить требования к пропускной способности канала связи для передачи результатов измерений в ГИС. При этом разработка устройств на основе реконфигурируемых модулей сводится только к задаче конфигурации ПЛИС данных модулей.

Литература

1. Кузнецов О.Л., Никитин А.А, Черемисина Е.Н.. Геоинформатика и геоинформационные системы. М., 2014г., 453 с.
2. Кортман. Сокращение избыточности как практический метод сжатия данных/ ТИИЭР, 1997, – Т. 55, – № 3, – С. 8–20.
3. Баран Е.Д. LabVIEW FPGA. Реконфигурируемые измерительные и управляющие системы/ М.: ДМК-пресс, 2014. – 448 с.

Научное издание

**XXVIII научная конференция
«Современные информационные технологии:
тенденции и перспективы развития»**

Компьютерная верстка: Багдасарян А.Л.

Электронное издание

Подписано к использованию 18.06.2021 г. Заказ № 8061. Тираж 10 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.