

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ВЕБ-ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИИ (WebConf2024)

**Материалы
6-й Международной научно-практической
конференции**

Минск, 15–16 мая 2024 г.

Научное электронное издание

МИНСК, БГУ, 2024

ISBN 978-985-881-593-6

© БГУ, 2024

УДК 004.42:004.738.5(06)
ББК 32.973.202-018.2я431

Редакционная коллегия:

кандидат физико-математических наук, доцент *И. М. Галкин* (гл. ред.);
доктор физико-математических наук, доцент *В. М. Волков*;
кандидат физико-математических наук, доцент *В. С. Романчик*;
кандидат физико-математических наук, доцент *Г. А. Расолько*

Рецензенты:

кандидат физико-математических наук, доцент *П. В. Гляков*;
кандидат физико-математических наук, доцент *В. И. Репников*

Веб-программирование и интернет-технологии (WebConf2024) [Электронный ресурс] : материалы 6-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 15–16 мая 2024 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: *И. М. Галкин* (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2024. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – ISBN 978-985-881-593-6.

Рассмотрены вопросы применения веб-технологий в образовании, экономике, в сферах вычислений и компьютерного моделирования, защиты информации. Проанализированы проблемы, связанные с особенностями разработки веб-приложений.

Минимальные системные требования:

PC, Pentium 4 или выше; RAM 1 Гб; Windows XP/7/10;
Adobe Acrobat

Оригинал-макет подготовлен в программе Microsoft Word

На русском, белорусском и английском языках

В авторской редакции

Ответственный за выпуск *И. М. Галкин*
Компьютерная верстка *Ю. А. Кременя, Г. А. Расолько*

Подписано к использованию 15.05.2024. Объем 1,68 МБ

Белорусский государственный университет.
Управление редакционно-издательской работы.

Пр. Независимости, 4, 220030, Минск.

Телефон: (017) 259-70-70.

e-mail: urir@bsu.by

<http://elib.bsu.by>

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ	10
<i>Игнатенко М. В., Волков В. М., Романчик В. С., Расолько Г. А., Кремень Ю. А.</i> КАФЕДРА ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА БГУ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ	11
<i>Абламейко М. С., Абламейко С. В.</i> КЛАССИФИКАЦИЯ РИСКОВ В СИСТЕМАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	17
<i>Медведев С. В.</i> ПРОГНОЗНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ: СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ	20
<i>Ольховик Е. В., Круглик К. С., Вылегжанин Д. В., Яблонский О. Л.</i> УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ГЕНЕРАЦИИ ОТВЕТОВ В СИСТЕМАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ЗА СЧЕТ ИНТЕГРАЦИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНО НАЙДЕННОЙ РЕЛЕВАНТНОЙ ИНФОРМАЦИИ	23
<i>Романчик В. С., Перез А. Х. Чернов</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РАЗРАБОТКЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ.....	26
<i>Сарна А. Я.</i> РАЗВИТИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: ГЛОБАЛЬНЫЕ ТРЕНДЫ И НОВЫЕ ВЫЗОВЫ	30
<i>Тузииков А. В., Андрианов А. М.</i> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ ПОИСКА КАНДИДАТОВ В ЛЕКАРСТВА ПРОТИВ КОРОНАВИРУСА SARS-COV-2	35
СЕКЦИЯ 1. ВЕБ-ТЕХНОЛОГИИ.....	39
<i>Захаренко А. Д.</i> ШАБЛОН ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ SHARED MODELS.....	40
<i>Королев И. А.</i> АНАЛИЗ ФОТОГРАФИЙ НА ПРЕДМЕТ ПОСТОБРАБОТКИ КАК МЕТОД ВЕРИФИКАЦИИ КОНТЕНТА.....	42
<i>Лукьянович И. Р., Грибовская Е. А.</i> ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ АДАПТИВНОЙ БАННЕРНОЙ РЕКЛАМЫ ДЛЯ ЯНДЕКС ДИРЕКТ И GOOGLE ADS.....	44
<i>Лукьянович И. Р., Хоруженко Д. Д.</i> АДАПТАЦИЯ ГРАФИЧЕСКОГО КОНТЕНТА ДЛЯ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ	49
<i>Рудикова-Фронхёфер Л. В.</i> О ПОДХОДАХ К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ	54
<i>Рудикова-Фронхёфер Л. В., Постник Д. А.</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ И АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ ИСТОРИЧЕСКОЙ И ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ЦЕННОСТИ	60
<i>Сидоренко А. В., Савченко М. К.</i> РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ В ВИДЕ СМАРТ КОНТРАКТА В БЛОКЧЕЙНЕ	66
<i>Сьянов Д. А.</i> ЦИФРОВАЯ ИНФРАСТРУКТУРА СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ: ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РЕДАКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ	68

СЕКЦИЯ 2. МОБИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ.....	72
<i>Бортновская В. В.</i> ОМНИКАНАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ОБЩЕНИЯ БИЗНЕСА С КЛИЕНТАМИ.....	73
<i>Володина У. А., Войтешенко И. С.</i> О ПРОГРАММНОЙ ПОДДЕРЖКЕ НЕКОТОРЫХ ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНОЙ ИНТЕРАКТИВНОЙ РЕКЛАМЫ В ФОРМАТЕ ИГРЫ.....	75
<i>Дерюшев А. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНОВ В МОБИЛЬНОЙ СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА	79
<i>Иванова М. Д., Давидовская М. И.</i> ИНТЕГРАЦИЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОС ANDROID	82
<i>Кондратьев Д. П., Бадак Б. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	86
<i>Кохнович Р. О.</i> РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФРЕЙМВОРКА FLUTTER.....	89
<i>Курочка К. С., Башаримов Ю. С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ТЕПЛИЦЫ	92
<i>Лемачко Ф. Р., Дерюшев А. А.</i> СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОРТАТИВНЫМ КОФЕ-ПРИНТЕРОМ.....	97
<i>Шуть В. Н., Швецова Е. В.</i> ТЕХНОЛОГИИ СКОРОСТНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ НА БАЗЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЭЛЕКТРОКАРОВ	100
СЕКЦИЯ 3. ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ВЕБ-ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ	105
<i>Абрашина-Жадаева Н. Г.</i> КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ В ОБРАЗОВАНИИ.....	106
<i>Азаров Н. А., Голубева Л. Л.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ.....	109
<i>Аленский Н. А.</i> НЕКОТОРЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПРЕПОДАВАНИЯ АЛГОРИТМИЗАЦИИ И ПРОГРАММИРОВАНИЯ	114
<i>Барвенов С. А.</i> РЕВИЗИЯ СОДЕРЖАНИЯ КУРСА "ВЕБ-ПРОГРАММИРОВАНИЕ" НА ПЕРВОМ И ВТОРОМ КУРСАХ ММФ БГУ	117
<i>Вельченко С. А., Медведев Д. Г.</i> ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ ИТ-СПЕЦИАЛИСТОВ В ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ УНИВЕРСИТЕТА	119
<i>Галкин И. М.</i> О ПРЕПОДАВАНИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ СТУДЕНТАМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ.....	123
<i>Кравчук А. С., Кравчук А. И., Кремень Е. В.</i> АДАПТАЦИЯ КУРСОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ НА ПРИМЕРЕ ЯЗЫКА C++.....	125
<i>Лысак В. В., Расолько Г. А.</i> О РАЗРАБОТКАХ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА МИКРОБИОЛОГИЯ.....	128
<i>Митрофанова Т. В., Христофорова А. В., Шалимова П. А.</i> СОЗДАНИЕ UML-ДИАГРАММ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ: АНАЛИЗ ВЕБ-ИНСТРУМЕНТОВ.....	134

<i>Позняк Ю. В., Игнатенко М. В.</i> ПЛАНИРОВАНИЕ ОДНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ЗАНЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРАКТИК	139
<i>Расолько Г. А., Кремень Е. В., Кремень Ю. А.</i> ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КУРСА «УЧЕБНАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА» НА ПЕДАГОГИЧЕСКОМ ПОТОКЕ ММФ БГУ	141
<i>Рафеенко Е. Д., Кондратьева О. М.</i> РАЗВЕРТЫВАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЙ В ОБЛАЧНОМ СЕРВИСЕ В РАМКАХ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ WEB-ПРОГРАММИРОВАНИЕ.....	146
<i>Торган Н. А., Воронич Л. В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ОНЛАЙН-РЕСУРСОВ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ В ПРЕПОДАВАНИИ WEB-ТЕХНОЛОГИЙ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ.....	148
<i>Филимонов Д. В.</i> ТЕОРЕТИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ АНАЛИЗУ СОРТИРУЮЩИХ АЛГОРИТМОВ	152
<i>Черепица Л. С.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ WEB-СТРАНИЦ СРЕДСТВАМИ ЯЗЫКА ГИПЕРТЕКСТОВОЙ РАЗМЕТКИ В ИНДУСТРИИ ТУРИЗМА.....	157
<i>Шибут И. П., Сун Юйцин</i> ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ КИТАЯ.....	161
<i>Шкор О. Н.</i> ГЕЙМИФИКАЦИЯ И ИНКЛЮЗИЯ В ОБРАЗОВАНИИ	165
<i>Шушкевич Г. Ч., Шушкевич С. В.</i> ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В МНОГОСВЯЗНОЙ ОБЛАСТИ С ПОМОЩЬЮ WOLFRAM MATHEMATICA	169
СЕКЦИЯ 4. ВЫЧИСЛЕНИЯ, АЛГОРИТМЫ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	174
<i>Волков В. М., Кочаловская Е. И., Грицель В. Э.</i> ИТЕРАЦИОННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДА ЧЕБЫШЕВА ДЛЯ ТРЕХМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА В ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ОБЛАСТИ.....	175
<i>Volkov V. M. , JingHui Dong , Jiaman Zhu</i> ITERATIVE CHEBESHEV PSEUDO-SPECTRAL SOLVER FOR 2D CONVECTION- DIFFUSION EQUATIONS.....	178
<i>Volkov V. M. , Zhang Jing, Matsuka N. P.</i> SPECTRAL CHEBESHEV COLLOCATION METHOD WITH ARTIFICIAL VISCOSITY FOR SIMULATIONS OF DFB -LASER DYNAMICS.....	181
<i>Игнатенко М. В.</i> О КВАДРАТУРНЫХ ФОРМУЛАХ НАИВЫСШЕЙ АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ СТЕПЕНИ ТОЧНОСТИ ДЛЯ МАТРИЧНОЗНАЧНЫХ ФУНКЦИЙ.....	183
<i>Корзюк В. И., Рудько Я. В.</i> О КЛАССИЧЕСКОМ РЕШЕНИИ ОДНОЙ ЗАДАЧИ ИЗ ТЕОРИИ ИЗГИБА БАЛОК ТИМОШЕНКО.....	190
<i>Люлькин А. Е.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСКРЕТНЫХ УСТРОЙСТВ СРЕДСТВАМИ ЛОГИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ	194
<i>Малыхин Г. С.</i> ПОСТРОЕНИЕ ИНДЕКСА ДАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	197
<i>Михасев Г. И., Ради Э. , Мисник В. В.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ НАНОРАЗМЕРНОГО ПИНЦЕТА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ И ВАН-ДЕР-ВААЛЬСОВЫХ СИЛ.....	201

<i>Нагорный Ю. Е., Политаев Д. Н.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ГРАФЕНА В РАМКАХ МОДЕЛИ ОБЩЕГО ГАРМОНИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ НЕЗАВИСИМОГО КОЭФФИЦИЕНТА ЖЁСТКОСТИ.....	206
<i>Нифагин В. А., Дубровина О. В.</i> КОЭФФИЦИЕНТНАЯ ОБРАТНАЯ НЕЛИНЕЙНАЯ ЗАДАЧА МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ	209
<i>Pilipchuk L. A. , Ramapouski Y. V.</i> SENSOR LOCATION PROBLEM FOR THE BIDIRECTIONAL GRAPH: OPTIMAL SOLUTIONS	213
<i>Расолько Г. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКМ МАТНЕМАТИСА ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛОВ ПО МНОГОЧЛЕНАМ ЧЕБЫШЕВА	219
<i>Руденок А. Е., Василевич М. Н.</i> ПРИМЕНЕНИЕ КОНЕЧНОГО ПОЛЯ ПО МОДУЛЮ ПРОСТОГО ЧИСЛА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ БАЗИСА ГРЁБНЕРА.....	225
<i>Сытова С. Н.</i> ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ И ГЕНЕРАТОРОВ.....	228
<i>Таранчук В. Б.</i> ПРИМЕРЫ ИНТЕГРАЦИИ СРЕДСТВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ WOLFRAM МАТНЕМАТИСА И СИСТЕМЫ ГЕОБАЗАДАННЫХ..	233
<i>Чайковский М. В., Архипенко О. А.</i> ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЛИНЕЙНОГО ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ТИПА ВОЛЬТЕРРА.....	238
<i>Шолтанюк С. В.</i> МЕТОДЫ СОВМЕЩЕНИЯ КАДРОВ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ СЦЕНЫ С ПОМОЩЬЮ ДВИЖУЩЕГОСЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	241
<i>Якименко Т. С.</i> НЕКОРРЕКТНОСТЬ И РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ВЫЧИСЛЕНИЯ СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛОВ В РАВНОМЕРНОЙ МЕТРИКЕ ..	247
СЕКЦИЯ 5. ВЕБ-ТЕХНОЛОГИИ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ	249
<i>Архипова Л. И., Медведева Л. Ф.</i> ТРЕНДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ БИЗНЕСА НА БАЗЕ ИНСТРУМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	250
<i>Блинов И. Н.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЕБ-РАЗРАБОТКИ НА JAVA: КАК ИИ ПОМОГАЕТ СОЗДАВАТЬ ПРИЛОЖЕНИЯ БЫСТРЕЕ	254
<i>Воробей В. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕЙВЛЕТОВ И МЕХАНИЗМА ВНИМАНИЯ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРИЗНАКОВ В НЕЙРОННЫХ СЕТЯХ	256
<i>Aodi Ding , Shuaiyu Zhu</i> MAS MULTI-VIEW ACTION MEGRE 3D	260
<i>Дунец А. П.</i> ПОИСК ПОХОЖИХ ДОКУМЕНТОВ НА ПОРТАЛЕ ЯДЕРНЫХ ЗНАНИЙ BELNET	263
<i>Жемойтяк Н. П., Лаврова О. А.</i> ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ С БИОЛОГИЧЕСКИМИ КЛЕТКАМИ	266
<i>Жиляк Н. А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ CNN ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В АНАЛИЗЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ	271
<i>Легушева П. А.</i> ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ДОКУМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ИИ.....	274
<i>Меркушев М. И.</i> АЛГОРИТМ КЛАСТЕРИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ КОМБИНАТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ.....	278
<i>Тылецкий А. В.</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ БЕЛОРУССКОЙ РЕЧИ.....	282
<i>Чжюань Ли , Абламейко С. В.</i> УЛУЧШЕННАЯ МОДЕЛЬ YOLOV8 ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МЕЛКИХ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ.....	285

СЕКЦИЯ 6. ОБЩЕСТВО, БИЗНЕС И ЭКОНОМИКА	290
<i>Гринянец Р. Б., Венгеров В. Н., Молчан Ж. М., Котов В. И.</i> СПОСОБЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЗНАНИЙ И НАВЫКОВ В ОБЛАСТИ ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ.....	291
<i>Дубров Б. М.</i> МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПУБЛИКАЦИИ В ФОРМАТЕ PDF С УСЛОВИЯМИ РАВНОЙ ДОСТУПНОСТИ.....	296
<i>Колик А. В.</i> КОММУНИКАЦИЯ БЕЛОРУССКИХ БРЕНДОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ	298
<i>Медведева Л. Ф., Архипова Л. И.</i> CUSTOMER DEVELOPMENT В СОЗДАНИИ ЦЕННОСТИ ДЛЯ КЛИЕНТА.....	301
<i>Миско А. О., Яковицкая А. С., Шавалда З. Б., Драгун У. В.</i> КОНТЕКСТНАЯ РЕКЛАМА КАК СПОСОБ ПРОДВИЖЕНИЯ ТОВАРОВ И УСЛУГ НА ЗАРУБЕЖНЫЕ РЫНКИ.....	305
<i>Раловец А. А., Парамонов А. И.</i> ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРИ ТОРГОВЛЕ НА КРИПТОВАЛЮТНОЙ БИРЖЕ.....	308
<i>Юхнюк П. П.</i> ИНФОРМАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ И ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЗАЦИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ЗЕМЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	312
<i>Язханова Х. Д., Абаев Ы. А.</i> СОЗДАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	315
СЕКЦИЯ 7. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ	319
<i>Абрамович М. С., Гарматная Л. В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ЭНТРОПИИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ СЕТЕВОГО ТРАФИКА.....	320
<i>Зайкова С. А.</i> ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ЗАЩИТЫ УНИКАЛЬНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ ПАЦИЕНТОВ МЕДЦЕНТРА	324
<i>Мальцев М. В.</i> МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ.....	326
<i>Палуха В. Ю., Прохорчик Н. А., Харин Ю. С.</i> ОБ ИМИТАЦИИ СЛУЧАЙНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СТАТИСТИЧЕСКИХ ТЕСТОВ В КРИПТОГРАФИИ.....	331
<i>Пицалова Е. Л.</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ БИЗНЕСА: УГРОЗЫ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ	335
<i>Савельева М. Г.</i> МЕТОД СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБЛАСТИ РАСТРИРОВАННОГО ДОКУМЕНТА-КОНТЕЙНЕРА.....	337
<i>Слащенин О. А.</i> МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ И КОММУНИКАЦИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ КИБЕРПРЕСТУПНИКАМИ ДЛЯ КОНСПИРАЦИИ СВОЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	341
<i>Уласевич Н. И.</i> СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ОТОБРАЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В ФОРМАТЕ SVG.....	346
<i>Харин Ю. С., Мальцев М. В., Палуха В. Ю.</i> ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГЕНЕРАТОРОВ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ В СИСТЕМАХ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ.....	348

СЕКЦИЯ 8. ПРОЕКТЫ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ.....	353
<i>Богдан В. А.</i> РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ АДАПТИВНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ БИБЛИОТЕКИ И ЕЁ ПОЛНОЦЕННОЙ МОБИЛЬНОЙ ВЕРСИИ	354
<i>Борисов С. Ю.</i> РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ФИНАНСОВОЙ СТАТИСТИКИ	356
<i>Буримский А. С.</i> РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДЛЯ МЭТЧИНГА ДАТАСЕТОВ	358
<i>Бучилко Т. А., Дмитриева Д. А., Криштопенко Р. А., Ланец Е. С., Цихун А. А., Саевец А. Н. Сверлов А. С.</i> РАЗРАБОТКА БЕЛОРУССКОЙ ИНТЕРНЕТ-ПЛОЩАДКИ «ADING» ДЛЯ МАРКЕТОЛОГОВ: НЕОБХОДИМОСТЬ И ПРЕИМУЩЕСТВА... 360	
<i>Быстрова В. А.</i> ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВИДЕОХОСТИНГА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ФЕДЕРАТИВНЫХ СЕТЯХ.....	365
<i>Вельченко С. А., Лядинский Т. А.</i> РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ АДАПТИВНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ БИЗНЕСА В СФЕРЕ ПОДБОРА КОМПЛЕКТУЮЩИХ.....	367
<i>Веснов Д. А.</i> ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЕ СЕРВИСА АРЕНДЫ АВТОМОБИЛЕЙ....	369
<i>Глинский Н. А., Бадак Б. А.</i> АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ В МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ	371
<i>Глод А. А.</i> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОТЧЕТНОСТИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ В POWER BI.....	374
<i>Гончаренко А. Д.</i> АНАЛИЗ ПОДХОДОВ АВТОМАТИЗАЦИИ НЕПРЕРЫВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ, ДОСТАВКИ, ПРОВЕРКИ КАЧЕСТВА И МОНИТОРИНГА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ.....	377
<i>Гриц А. Ю.</i> МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «КОДЕКСЫ РБ»	382
<i>Досин А. И., Елопов Г. А., Кухарчук Е. О.</i> СРЕДСТВА ВЕКТОРНОЙ ГРАФИКИ В ДИЗАЙНЕ ВЕБ-СТРАНИЦ.....	386
<i>Зайцева А. Л., Гордейчук М. А.</i> РАЗРАБОТКА ИГРЫ В UNREAL ENGINE 5.....	390
<i>Ковалев П. О.</i> АНАЛИЗ ПРЕИМУЩЕСТВ ПРИМЕНЕНИЯ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАНИИ.....	394
<i>Краснов М. А.</i> УПРАВЛЕНИЕ IOT УСТРОЙСТВАМИ С ОТКРЫТЫМ API ЧЕРЕЗ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ	397
<i>Кривицкая Е. Д.</i> ANDROID- ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МЕБЕЛЬНОГО МАГАЗИНА ...	400
<i>Маленков С. В., Бадак Б. А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСКРЕТНОЙ МАТЕМАТИКИ.....	402
<i>Муха А. А.</i> СИСТЕМА СЕГМЕНТАЦИИ СНИМКОВ КТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ	405
<i>Пташук К. А.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УЧЕТА И АНАЛИЗА ПОСЕЩЕНИЙ ЗАНЯТИЙ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ	407
<i>Савеня И. А., Шушкевич Г. Ч.</i> ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ SCIPY.....	410
<i>Скатцова К. В.</i> ГОВОРЯЩАЯ ИГРУШКА НА ANDROID	413

<i>Слизенко Н. В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕЛЕГРАММ-БОТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОФОРМЛЕНИЯ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ В СПИСКЕ ЛИТЕРАТУРЫ.....	415
<i>Старовойтов Н. А.</i> МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «TASTE TROVE»	420
<i>Талатина Д. М.</i> МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА ХАФА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ШТРИХОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯ	423
<i>Цітоў Ц. А.</i> ПРАЕКТ ЛАКАЛІЗАЦЫІ CMS JOOMLA! 5.X НА БЕЛАРУСКУЮ МОВУ	426
<i>Четвериков В. Б.</i> ГЕНЕРАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО ДАТАСЕТА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ТЕКСТА С ИЗОБРАЖЕНИЯ.....	430
<i>Филипенко В. Ю.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ТРАНЗАКЦИЙ ПО МЕЖДУНАРОДНЫМ ПЕРЕВОЗКАМ	433

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

КАФЕДРА ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА БГУ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ

М. В. Игнатенко, В. М. Волков, В. С. Романчик, Г. А. Расолько, Ю. А. Кремень

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, ignatenkomv@bsu.by, volkovvm@bsu.by, romanchik@bsu.by,
rasolka@bsu.by, kremen@bsu.by*

В статье отражена краткая история развития кафедры веб-технологий и компьютерного моделирования механико-математического факультета БГУ: ее прошлое, настоящее и будущее.

Ключевые слова: кафедра веб-технологий и компьютерного моделирования; механико-математический факультет БГУ; специальность «Математика и компьютерные науки».

Прошлое

Кафедра веб-технологий и компьютерного моделирования (до 2010 года – кафедра численных методов и программирования) была создана в сентябре 1973 года при поддержке ректора БГУ профессора Сикорского В.М., академика Крылова В.И. и декана математического факультета Гусака А.А. Заведующим кафедрой был назначен доцент Монастырный П.И., который успешно руководил кафедрой до 2002 года. С 2002 года по 2019 год кафедру возглавлял доцент Романчик В.С., с 2019 по 2023 годы – доцент Волков В.М., в настоящее время кафедрой заведует доцент Игнатенко М.В.

В 2023 г. кафедра отметила 50-летний юбилей. Научные достижения кафедры по вычислительной математике и механике, теории графов, теории алгоритмов, математической кибернетике изложены в книге [1, стр. 206-224], изданной в 2008 г. к 50-летию механико-математического факультета БГУ. Презентация [2] посвящена 50-летней истории развития кафедры. Сотрудниками и выпускниками кафедры защищены 5 докторских и порядка 20 кандидатских диссертаций. Среди выдающихся выпускников кафедры – доктор физико-математических наук заведующий отделом теории параллельных вычислений Института математики НАН Беларуси Лиходед Н.А.; доктор физико-математических наук ведущий научный сотрудник Института математики НАН Беларуси Малютин В.Б.; кандидат физико-математических наук заместитель министра образования Вьетнама Динь Куанг Тхай.

В течение многих лет кафедра специализировала студентов специальности «Математика» по вычислительной математике (научно-производственная деятельность), а также по информатике и компьютерным приложениям (научно-педагогическая деятельность). После 2006 г. была открыта подготовка специалистов по специализациям «Веб-программирование и интернет технологии» и «Программное обеспечение мобильных устройств» направления «Математика и информационные технологии» специальности «Математика».

В 2013 г. кафедра начала подготовку специалистов и магистрантов по специальности «Математика и информационные технологии (по направлениям)» по двум направлениям: «Веб-программирование и интернет-технологии», «Математическое и программное обеспечение мобильных устройств». По этой специальности ежегодно осуществлялся набор и подготовка более 100 студентов и магистрантов дневной и заочной форм обучения.

Для обеспечения учебного процесса сотрудниками кафедры опубликовано порядка 300 монографий, учебников и учебно-методических пособий для студентов и абитуриентов, среди которых следующие книги:

1. Крылов В.И., Бобков В.В., Монастырный П.И. Начала теории вычислительных методов: в 5-ти т. – Мн.: Наука и техника, 1982–1986. – 900 с.

2. Азаров А.И., Булатов В.И., Жук А.И. и др. Математика: Пособие для подготовки к централизованному тестированию. – Минск: Аверсэв, 2004. – 416 с.

3. Блинов И.Н., Романчик В.С. Java: практическое руководство. – Минск: УниверсалПресс, 2005. – 383 с.

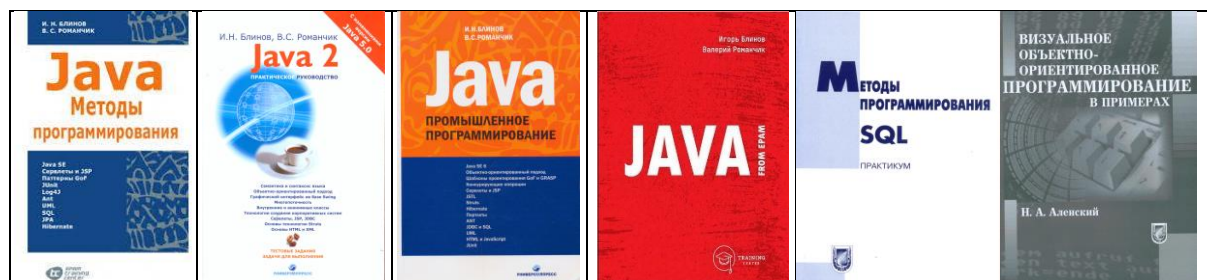
4. Азаров А.И., Басик В.А., Игнатенко М.В. Сборник задач по методам вычислений: учебное пособие / под ред. П.И. Монастырного. – Минск: Издательский центр БГУ, 2007. – 376 с.

5. Расолько Г.А., Кремень Ю.А. Теория и практика программирования на Pascal. – Минск: Вышэйшая школа, 2015. – 446 с.

6. Волков В.М. Численные методы: в 2-х ч. Ч. 1. – Минск: БГУ, 2016. – 88 с.

7. Кремень Е.В., Кремень Ю.А., Расолько Г.А. Численные методы. Практикум в MathCad. Учеб. пособие. – Минск: Вышэйшая школа, 2019. – 256 с.

Многие учебные пособия и монографии размещены в электронной библиотеке БГУ (elib.bsu.by), часть их имеется в розничной продаже.



На кафедре подготовлено несколько тысяч квалифицированных специалистов по численным методам, компьютерному моделированию и информационным технологиям для предприятий, организаций и ИТ-компаний Республики Беларусь. Большое число выпускников работает за рубежом.

Настоящее

Сегодня на кафедре работают 1 заведующий; 3 профессора, среди которых академик НАН Беларуси Абламейко С.В.; 16 доцентов; 11 старших преподавателей; 3 ассистента и 2 специалиста по обеспечению учебного процесса.

Основные научные интересы ППС кафедры связаны с численными и аналитическими методами решения граничных и краевых задач для сеточных, дифференциальных и интегральных уравнений; операторным интерполированием; моделированием сложных систем; информационными и веб-технологиями. В частности, научные достижения кафедры по вычислительной математике представлены в следующих монографиях:

1. Янович Л.А., Игнатенко М.В. Интерполяционные методы аппроксимации операторов, заданных на функциональных пространствах и множествах матриц. – Минск: Беларус. навука, 2020. – 476 с.

2. Расолько Г.А. Спектральный метод решения некоторых сингулярных интегральных и интегро-дифференциальных уравнений [Электронный ресурс]. – Минск: БГУ, 2022. – 126 с.

С 2019 года кафедрой осуществляется обучение магистрантов по специальности «Математика и компьютерные науки» по профилизациям «Веб-программирование и интернет-технологии», «Математическое и программное обеспечение мобильных устройств», в том числе на английском языке преподавания для иностранных магистрантов.

В 2023 г. впервые был открыт набор по одноименной специальности бакалавриата «Математика и компьютерные науки» в рамках тех же профилизаций «Веб-программирование и интернет-технологии» и «Математическое и программное обеспечение мобильных устройств».

Кафедра поддерживает тесные связи с компаниями-резидентами Парка высоких технологий. С 2012 г. на базе ИООО «ЭПАМ Системз» и с 2013 г. на базе СООО «ХайКво Солюшенс» функционируют филиалы кафедры.

Начиная с 2009 года силами преподавателей кафедры каждые три года проводится международная научно-практическая конференция «Веб-программирование и Интернет-технологии (WebConf)». Для участия в ней приглашаются преподаватели высших и средних специальных учебных заведений, сотрудники ИТ-компаний, представители научных и деловых кругов. Бесменным председателем оргкомитета является академик Абламейко С.В., секретарем – Романчик В.С. В рамках 9 секций, включая студенческую, рассматриваются современная ситуация и перспективы развития веб-технологий и сети Интернет. Большое внимание уделяется вопросам преподавания компьютерных наук и ИТ-технологий. В конференциях принимают участие ученые и преподаватели РБ, России, Китая, Туркмении. В 2024 г. проводится 6-я конференция.

Ежегодно кафедра организует и проводит олимпиаду (турнир) по информатике и веб-программированию для учащихся школ, лицеев, гимназий и средних специальных учебных заведений.

За последнее десятилетие создана и развивается дистанционная система обучения в «Школе юных математиков». Под руководством доцента Позняка Ю.В. в разработке материалов приняли участие более тысячи студентов мехмата.

С 2014 г. для школьников и студентов на базе кафедры функционирует «Академия веб-образования».

Будущее

В 2024 г. механико-математический факультет БГУ осуществляет набор на четыре профилизации специальности бакалавриата «Математика и компьютерные науки».



Отличительной чертой данной специальности является сочетание фундаментальной подготовки по классическим и прикладным математическим дисциплинам с овладением востребованными языками и технологиями программирования, а процесса обучения – сотрудничество с ИТ-компаниями, входящими в ПВТ. Выпускникам специальности присваивается квалификация «Математик. Программист».

Основное направление подготовки бакалавров по профилизации «Веб-программирование и интернет-технологии» – проектирование и тестирование информационных систем и веб-сервисов. Учебным планом предусмотрено обучение, включающее широкий спектр языков программирования и компьютерных технологий, среди них

- языки программирования C, C++, Java, C#, Python, R;
- базы данных;
- вычислительная геометрия и компьютерная графика;
- анализ данных и основы машинного обучения;
- системная архитектура и управление проектами;
- веб-программирование;
- облачные технологии;
- маркетинг и поисковая оптимизация и др.

Основным направлением подготовки по профилизации «Математическое и программное обеспечение мобильных устройств» является создание приложений для мобильных устройств. Предполагается изучение компьютерных технологий, среди которых

- веб-программирование, облачные технологии;
- базы данных;
- программирование компьютерной графики;
- разработка приложений для iOS и Android;
- основы виртуальной и дополненной реальностей;
- анализ данных и основы машинного обучения;
- системная архитектура и управление проектами;
- маркетинг и поисковая оптимизация и т.д.

Подготовка бакалавров по профилизации «Математика» сочетает фундаментальное математическое образование с активным применением компьютерных технологий. Среди фундаментальных и специальных дисциплин обучения следующие:

- математический и функциональный анализ;
- алгебра и теория чисел;
- дифференциальные уравнения и уравнения математической физики;
- теория вероятностей и математическая статистика;
- дискретная математика;
- компьютерная математика;

- математические модели физических явлений и процессов и др.

Отличительная черта новой профилизации «Искусственный интеллект и математическая экономика» 2024 года – сочетание курсов современной теоретической экономики с изучением алгоритмов искусственного интеллекта и нейронных сетей, методов обработки и анализа данных.

Основным направлением подготовки является решение естественнонаучных и экономических задач с использованием математического инструментария и технологий искусственного интеллекта. Выпускники смогут работать как в крупных ИТ-компаниях, разрабатывая системы машинного обучения, так и в банках и хедж-фондах, создавая инновационные финансовые стратегии. Учебным планом предполагается изучение дисциплин, среди которых

- методы искусственного интеллекта;
- основы машинного обучения
- глубокое машинное обучение;
- компьютерная математика;
- алгоритмы и структуры данных;
- большие языковые модели;
- теория игр;
- экономико-математические модели;
- исследование операций и т.д.

После окончания ВУЗа выпускник специальности «Математика и компьютерные науки» может продолжить работу по следующим направлениям:

- государственные организации (работа в государственных организациях и конструкторских бюро, где требуется анализ данных и математическое моделирование для принятия решений);

- информационные технологии (работа в компаниях, занимающихся разработкой ПО, созданием мобильных приложений, информационной безопасностью, веб-разработкой и дизайном);

- финансовые организации (работа в банках и финансовых учреждениях, где требуется аналитический подход и знание математики для проведения финансового анализа и прогнозирования);

- наука и образование (работа в ВУЗах и научных организациях, где проводятся исследования в области математики и информационных технологий).

Выпускникам бакалавриата по специальности «Математика и компьютерные науки» предоставляется возможность углубленного обучения в магистратуре механико-математического факультета БГУ. Программа магистратуры по профилизации «Веб-программирование и интернет-технологии» включает изучение таких дисциплин как

- функциональное программирование и Scala-технологии;
- язык Python в промышленном окружении;
- AWS и облачные технологии;
- технологии Java EE;
- компьютерное зрение и графика;
- интеллектуальный анализ данных;
- криптотехнологии и др.

Направления развития кафедры можно обобщить по следующим основным видам деятельности:

- подготовка высококвалифицированных, конкурентоспособных и социально активных кадров, способных обеспечить поступательное и устойчивое развитие РБ на основе интеграции образовательной, научной и социокультурной деятельности кафедры, факультета и университета;

- обеспечение качества образования, позволяющего выпускнику кафедры, факультета и университета быть конкурентоспособным на рынке труда, решать современные задачи общества;
- повышение уровня и расширение спектра фундаментальных и прикладных научных исследований, коммерциализация результатов научной деятельности;
- интернационализация образовательной деятельности кафедры, факультета и университета, развитие международного научного сотрудничества и увеличение экспорта образовательных услуг.

Библиографические ссылки

1. Механико-математический факультет. Вчера, сегодня, завтра. К 50-летию со дня образования / под общ. ред. М.А. Журавкова. Минск: Изд. Центр БГУ. 2008. 224 с.
2. Презентация кафедры 50 лет. [Электронный ресурс] / ММФ БГУ. Минск, 2024. URL: <https://mmf.bsu.by/wp-content/uploads/2016/12/Prezentatsiya-kafedry-50-let-1-1.pdf> (дата обращения: 30.03.2024).

КЛАССИФИКАЦИЯ РИСКОВ В СИСТЕМАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

М. С. Абламейко¹⁾, С. В. Абламейко²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, m.ablameyko@mail.ru

²⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, ablameyko@bsu.by

Вопрос безопасного применения технологий ИИ становится все более важным для их безопасного применения. Это приводит к необходимости создания соответствующих условий, которые с одной стороны будут стимулировать их развитие, а с другой позволят ограничить их распространение в тех случаях, когда их применение способно будет нанести урон интересам личности, общества и государства. В этой связи, в последние годы все больше внимания уделяется анализу рисков применения систем ИИ. Связано это в первую очередь с автономностью их работы. Сбои работы таких систем могут привести к тяжелым последствиям. в данной работе предлагается классификация рисков систем ИИ.

Ключевые слова: искусственный интеллект; системы; риски; правовое регулирование.

Стремительное развитие информационных технологий привело к более широкому их применению во всех сферах жизни. В настоящее время технологии искусственного интеллекта (ИИ) способны принести широкий спектр экономических и социальных выгод как в отраслях экономики, так и в социальной жизни. Вместе с тем, вопрос безопасного применения технологий ИИ становится все более обсуждаемым в мировом сообществе, что в свою очередь приводит к необходимости создания соответствующих условий, которые с одной стороны будут стимулировать их развитие, а с другой позволят ограничить их распространение в тех случаях, когда их применение способно будет нанести урон интересам личности, общества и государства.

В этой связи в последние годы все больше внимания уделяется рискам применения систем ИИ. Связано это в первую очередь с автономностью работы систем ИИ. Сбои работы таких систем могут привести к тяжелым последствиям, в связи с чем обеспечение безопасности функционирования таких систем становится одной из первоочередных задач.

Основания для классификации систем искусственного интеллекта: 1) по степени автономности: автономные системы; встроенные системы; гибридные системы (обладают разной степенью независимости действий от участия человека и возможностей работать без вмешательства человека); 2) по степени автоматизации: автоматизированные системы; автоматические системы; 3) по архитектурному принципу: централизованные системы; распределенные системы; 4) по структуре и процессам обработки знаний: по модели знаний; по управлению знаниями; по методу обучения; 5) по специализации систем искусственного интеллекта: специализированные; универсальные; 6) по методам обработки информации: машинное обучение; глубокое обучение и др.; 7) по функциям управления: системы принятия (поддержки) решений; экспертно-аналитические системы; системы прогнозирования; 8) по степени опасности последствий; 9) по уровню конфиденциальности; 10) по видам деятельности; 11) по степени взаимодействия с человеком-оператором; 12) по степени адаптивности (возможность самообучения, позволяющая системе меняться во время использования). Возможно расширение видов классификации систем искусственного интеллекта. Возможно дополнение классификации как по новым основаниям, так и путем детализации классов по специализированным классификациям.

Классифицировать риски использования систем ИИ можно разными способами. По степени опасности риски систем ИИ классифицируются как: неприемлемый, высокий, ограни-

ченный и минимальный [1]. По степени нанесения вреда субъекту риски систем ИИ классифицируются как: риск причинения вреда человеку, организации, обществу и государству. В зависимости от сферы применения: в управлении, в финансовой сфере, в здравоохранении и системе медицинского обеспечения, в юриспруденции, в сфере образования и др.

В данной работе мы предлагаем классификацию рисков по важнейшим направлениям их использования. Исходя из этого, риски можно классифицировать следующим образом:

1. Социальные и этические риски

- Манипулирование общественным мнением (распространение пропаганды, использование технологии дип-фейков, дезинформация);

- Влияние на рынок труда (автоматизация рабочих мест, оптимизация количества работников и сокращение рабочих мест, необходимость перепрофилирования и обучения работников);

- Социальное неравенство (цифровая безграмотность, обеспечение доступа к технологиям, возрастной барьер);

- Вмешательство в частную жизнь (цифровая слежка, сбор и обработка персональных данных без согласия человека, профилирование);

- Дискриминация (социальный рейтинг);

- Общение с ИИ (тест Тьюринга);

- Зависимость от технологии.

2. Технологические риски

- Бесперебойная работа цифровой экосистемы государства с выявлением возможных внешних и внутренних угроз;

- Выход системы из-под контроля человека;

- Безопасность и приватность данных;

- Интерпретируемость результатов и предвзятость систем ИИ;

- Конфликт интересов (несовпадение целей ИИ и человека в случае постановки некорректной задачи);

- Использование иностранных платформ.

3. Военные риски

1. Автономные системы вооружений;

2. Применение ИИ в кибернетических и информационных операциях;

3. Военные «системы поддержки процесса принятия решений», основанные на ИИ.

Учитывая, что количество рисков применения технологий ИИ постоянно растет, считаем целесообразным подходить к решению данного вопроса комплексно. Безопасное использование технологий ИИ возможно при соблюдении определенных правил и стандартов. С технической точки зрения следует исходить из классификации систем ИИ и учитывать риск-ориентированный подход исходя из сферы применения. Необходимо разрабатывать, постоянно совершенствовать и применять технические стандарты и сертификацию систем ИИ. Также следует необходимо проводить испытания ИИ-систем и оценивать их результаты. Особое внимание следует уделять данным на которых система ИИ обучается.

С правовой точки зрения при принятии нормативных актов, принимаемых в сфере ИИ, должен выстраиваться баланс между инновациями и регулированием, чтобы развитие ИИ не имело негативных последствий от неконтролируемого применения. Полагаем, что на уровне подготовки актов законодательства в сфере ИИ следует фокусироваться на риск-ориентированном подходе, что позволит внести правовую определенность для различных сфер применения ИИ при определении требований для их использования, включая технические НПА, и минимизировать риски для человека, общества и государства. Наряду с принятием законодательных актов, ограничивающих применение ИИ, следует учитывать этические нормы, т.е. применять «мягкое право».

Также следует отметить, что регулирование данной сферы должно не только основываться на международных правилах, но и учитывать национальную специфику, что особенно касается военной сферы.

Таким образом, для преодоления рисков следует уделять внимание: обеспечению кибербезопасности, принятию законодательных актов и этических стандартов, обеспечению социальной поддержки и обучению пользования технологиями ИИ населения, развитие прозрачности в принятии решений ИИ.

Определение четких критериев отнесения системы ИИ к той или иной категории риска предоставит возможность классифицировать системы ИИ и принимать отраслевые стандарты, исходя из общих требований. В качестве критериев оценки рисков, исходя из международного опыта, можно определить следующие: оценка цели и сферы применения системы ИИ; степень автономности системы и механизмы контроля со стороны человека; сложность системы, включая прозрачность и объяснимость; технология, лежащая в основе системы и др.

Библиографические ссылки

1. Абламейко М.С. К вопросу о разработке Кодекса этики искусственного интеллекта. // Динамика правоустановления и правореализации в сфере публично-правовых отношений: сборник научных статей / Национальный центр законодательства и правовых исследований Республики Беларусь; О.И.Чуприс (гл.ред.) [и др.]. Минск: Колорград, 2023. Вып. 5. С.231-237.

ПРОГНОЗНАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ: СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

С. В. Медведев

*Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси
ул. Сурганова, 6, 220012, г. Минск, Беларусь, medv@newman.bas-net.by*

Показана возможность эффективной трансформации сложившихся подходов автоматизированного проектирования технических объектов и систем в новую парадигму прогнозной инженерной деятельности на основе масштабного использования суперкомпьютерных, грид и интернет-технологий.

Ключевые слова: проектирование; суперкомпьютерное моделирование; прогнозная инженерная деятельность; интернет-технологии.

Инженерная практика в машиностроительном комплексе и смежных отраслях прежде всего связана с проектированием и конструированием объектов новой техники. Упомянутые взаимосвязанные процессы выполняются в соответствующих программных продуктах и подчиняются требованиям ГОСТ 22487 Проектирование автоматизированное. Термины и определения, а также ГОСТ 34.003 Информационная технология. Комплекс стандартов на информационные системы.

ГОСТ 22487 – Проектирование – процесс составления описания, необходимого для создания еще не существующего объекта (алгоритма его функционирования или алгоритма процесса), который осуществляется преобразованием первичного описания (технического задания), оптимизацией заданных характеристик объекта и алгоритма его функционирования, устранением некорректности первичного описания и последовательным представлением описаний детализируемого объекта на различных языках для различных этапов проектирования.

В современных информационно-коммуникационных, суперкомпьютерных, облачных и интернет технологиях, по мнению автора, определение и содержание процессов интеллектуального инженерного проектирования требуют корректировки, дополнения и обогащения новыми подходами и парадигмами.

Опыт и знания, полученные в работах [1-10], дают возможность сформулировать новый подход в разработке технических объектов различных производств и технологических переделов: прогнозная инженерная деятельность (ПИД).

ПИД- совокупность взаимосогласованных компьютерных, суперкомпьютерных, грид и WEB-технологий, обеспечивающих в общем случае:

- интерактивно-алгоритмическое конструирование машиностроительных конструкций на обширном поле трехмерных параметризованных моделей функциональных элементов деталей и сборочных единиц;

- технологии количественной оценки уровня технологичности созданной модели перспективной конструкции;

- укрупненное компьютерное моделирование последствий технологических сварки, сборки и механической обработки;

- моделирование взаимодействия предварительно напряженной разрабатываемой конструкции с внешними статическими и динамическими нагрузками при граничных условиях, соответствующих процессам эксплуатации;

- разработка схемы базирования деталей конструкции, выбор рационального пространственного положения изделия при сварке относительно уровня плиты приспособления (стенда);

- интерактивно-алгоритмический синтез приспособления (стенда, кондуктора) на базе обширных библиотек функциональных элементов ведущих мировых производителей (DESTACO, AMF, DEMMELER и др.); объединение функциональных элементов выбранным типом корпуса; оценка с использованием 3d моделей сварочных инструментов доступности и обзорности сварных швов с учетом реальных 3d результатов конструирования варианта сборочно-сварочной оснастки;

- оценка изменений остаточного НДС сварной конструкции с учетом закрепления и теплоотвода в приспособление по сравнению со сваркой в свободном состоянии;

- моделирование взаимодействия внешних нагрузок с внутренним НДС после сборки-сварки в приспособлении; оценка изменений в несущей способности в статике, динамике и ресурсе до разрушения; внесение (при необходимости) изменений в сварную конструкцию, схему базирования, технологию нанесения сварных швов и конструкцию приспособления;

- максимально детализированная полномасштабная виртуальная эксплуатация, по результатам которой вносятся окончательные изменения в чертежную документацию на сварную конструкцию, оснастку и технологический процесс;

- суперкомпьютерные stress-tests в условиях идеального состояния сварных швов, а также с учетом уровня допустимых и недопустимых дефектов швов, околошовных зон и основного металла; дефекты представляются как трехмерные твердотельные объекты, интегрируемые в 3d-модели конструкций и создающие в них соответствующие трещины, подрезы, непровары и пр.;

- обоснование в результате серий вычислительных экспериментов допустимый и/или недопустимый уровень дефектов применительно к экстремальным динамическим условиям виртуальной и реальной эксплуатации.

Основная цель ПИД – не столько спрогнозировать поведение ответственной конструкции в динамических экстремальных условиях эксплуатации, сколько получить новые знания и характеристики поведения конкурентоспособного технического объекта, которые другими известными способами получить не представляется возможным.

Ряд приведенных в докладе положений о ПИД реализованы в научно-исследовательском и образовательном грид-сегменте НАН Беларуси [11]. Автор и его коллеги открыты к взаимовыгодному сотрудничеству в сфере развития и совершенствования прогрессивных подходов прогнозной инженерной деятельности.

Библиографические ссылки

1. Окерблом Н. О. Конструктивно-технологическое проектирование сварных конструкций. М. Л.: Машиностроение, 1964. 420 с.

2. Информационные технологии программы Союзного государства «Триада». Основные результаты и перспективы / Сб. науч. тр.; научные редакторы С.В. Медведев, Г.М. Левин, Б.М. Розин. Минск: ОИПИ НАН Беларуси. 2010. 304 с.

3. Белорусские суперкомпьютеры семейства СКИФ / Н. Н. Парамонов [и др.]; Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси. – Гомель: Вечерний Гомель-Медиа. 2020. 268 с.: ил.– ISBN 976-985-90479-7-8.

4. Medvedev S. V. Computer modeling of residual welding strains in technological design of welded structures // *Welding International*. 2002. vol. 16(1). P.59-65.

5. Denisov L. S., Medvedev S. V. A differentiated approach to the computer design of welded structures // *Welding International*. 2003. vol. 17. №11. P.899-904.

6. Medvedev S. V., Ovsyanko V. A., Petrushina M. V. Elements of Virtual Supercomputer Tests of Welded Structures // 16th International Conference “Computer Technology in Welding and Manufacturing” & 3rd International Conference “Mathematical Modelling and Information Technologies in Welding and Related Processes”. 6-8 June 2006, Kiev, E.O.Paton Electric Welding Institute. 2006. P.103.

7. Klimau Kirill, Medvedev Sergey. Prognosis Supercomputer Modeling of Welded Structures Behaviour under Dynamic Loads // 20th Scientific Slovak-Polish Conference “Machine Modeling and Simulations 2015”

September 7-9, 2015, Terchov, Slovak Republic Trenčín: Alexander Dubček University; Puchov: Faculty of Industrial Technologies, 2015. P. 21-27.

8. Medvedev Sergey, Klimov K.A. Computer and supercomputer technologies for the design and technological design of welded structures // The 4th IIV South East European Welding Congress “Safe Welded Construction by High Quality Welding“ (10-13 October 2018), Belgrade, Serbia. Электронные данные. URL: <http://seeiw2018.duzs.org.rs>.

9. Медведев С. В. Конструктивно-технологическое проектирование и моделирование сварных конструкций в распределенных суперкомпьютерных средах // Сварочное производство. 2022. № 5. С. 24-29.

10. Кожевников М. М., Медведев С. В., Жуковец М. В. Автоматизированное проектирование и компьютерное моделирование компактных сборочно-сварочных систем // XII Международная конференция “Информационные технологии в промышленности, логистике и социальной сфере” (ИТ*2023): тезисы докладов, Минск, 21-22 сентября 2023 г. Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2023. С. 90-93.

11. Чиж О. П., Медведев С. В. О создании, развитии и совершенствовании научно-исследовательского и образовательного грид-сегмента НАН Беларуси // Там же, с. 166-168.

12. Медведев С. В. Элементы технологии суперкомпьютерного моделирования сварных подводных конструкций при взрывных внешних воздействиях // Двенадцатый национальный суперкомпьютерный форум (НСКФ 2023), 28 ноября-1 декабря 2023. Переславль-Залесский: ИПС РАН, Россия, 2023. Электронные данные. URL: <http://2023.nscf.ru/prezentacii>.

13. Медведев С. В., Jing Jang. Суперкомпьютерное моделирование процесса выращивания монокристаллического кремния // Двенадцатый национальный суперкомпьютерный форум (НСКФ 2023), 28 ноября-1 декабря 2023. Переславль-Залесский: ИПС РАН, Россия, 2023. Электронные данные. URL: <http://2023.nscf.ru/prezentacii>

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ГЕНЕРАЦИИ ОТВЕТОВ В СИСТЕМАХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ЗА СЧЕТ ИНТЕГРАЦИИ ДОПОЛНИТЕЛЬНО НАЙДЕННОЙ РЕЛЕВАНТНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Е. В. Ольховик¹⁾, К. С. Круглик²⁾, Д. В. Вылегжанин³⁾, О. Л. Яблонский⁴⁾

¹⁾ СООО “ХайКво Солюшенс”,
ул. Тимирязева, д.67, пом.180, г. Минск, Беларусь, evgeniy.alkhovich@higo-solutions.com

²⁾ СООО “ХайКво Солюшенс”,
ул. Тимирязева, д.67, пом.180, г. Минск, Беларусь, karina.kruglik@higo-solutions.com

³⁾ СООО “ХайКво Солюшенс”,
ул. Тимирязева, д.67, пом.180, г. Минск, Беларусь, denis.vylegzhanin@higo-solutions.com

⁴⁾ СООО “ХайКво Солюшенс”,
ул. Тимирязева, д.67, пом.180, г. Минск, Беларусь, aleh.yablonski@higo-solutions.com

В данной работе рассмотрены различные подходы, используемые в современных системах искусственного интеллекта для генерации ответов, начиная с традиционных методов, основанных на правилах и шаблонах, и заканчивая более продвинутыми техниками, опирающимися на машинное и глубокое обучение. Для наглядности изложенных идей и их практического использования, в работе представлен пример чат-бота, обрабатывающего запросы в рамках корпоративных данных.

Ключевые слова: автоматическая генерация ответа; векторный поиск; большая языковая модель; гибридная система; обработка естественного языка.

В современном мире быстро развивающихся технологий и искусственного интеллекта (ИИ), возрастает потребность в создании высокоэффективных систем автоматической генерации ответов. Это особенно актуально для областей, где требуется моментальная реакция на запросы пользователей, таких как обслуживание клиентов, личные ассистенты и чат-боты. Одной из ключевых задач является повышение релевантности и информативности ответов, что может быть достигнуто за счет интеграции дополнительной информации в процесс генерации ответа.

Обзор существующих подходов к генерации ответов в системах ИИ

Существует несколько основных подходов к генерации ответов в системах ИИ:

1. Правила и шаблоны. Это один из самых ранних подходов, где система использует предопределенные правила и шаблоны для генерации ответов на основе ключевых слов или фраз, встречающихся в запросе пользователя.

2. Извлечение ответов (Retrieval-based). Системы, использующие этот подход, выбирают подходящий ответ из заранее заготовленной базы данных ответов на основе сходства запроса пользователя с имеющимися вопросами, часто используя алгоритмы машинного обучения.

3. Генерация ответов (Generation-based). Подходы, основанные на генерации, используют модели глубокого обучения, такие как рекуррентные нейронные сети или трансформеры, чтобы создавать ответы с нуля. Модели, обученные на больших наборах данных, относятся к категории больших языковых моделей (Large Language Models, LLM); они могут генерировать более разнообразные и естественные ответы благодаря их большому размеру и сложной структуре.

4. Гибридные системы. Гибридные системы сочетают в себе элементы извлечения и генерации ответов, чтобы воспользоваться преимуществами обоих подходов. Они используют извлечение для быстрого нахождения релевантного содержимого, а затем применяют генеративные модели для переформулировки или дополнения ответа. Примером гибридной системы является Retrieval Augmented Generation (RAG) система.

5. *Интерактивное обучение.* Некоторые системы используют подходы, при которых ИИ учится в процессе взаимодействия с пользователями, подстраиваясь под их предпочтения и получая обратную связь для улучшения качества генерации ответов. Этот процесс, известный как обучение с подкреплением, позволяет ИИ оптимизировать свои стратегии ответов на основе вознаграждений, получаемых за успешные взаимодействия [1].

Методы поиска дополнительной информации

Для повышения точности и релевантности ответов, системы ИИ могут интегрировать контекстную информацию и данные из различных источников: внешних и внутренних. Для эффективного поиска данных система ИИ использует разнообразные методы, включая:

- *Использование поисковых движков в интернете.* Этот подход позволяет системе ИИ оперативно интегрировать в свои ответы самые свежие данные, обеспечивая пользователей актуальной информацией из различных открытых источников, таких как Википедия или результаты Google поиска, используя API поисковых систем.

- *Векторный поиск в корпоративных базах данных.* Векторный поиск трансформирует текстовые элементы в многомерные числовые векторы, что позволяет вычислять степень их семантической близости и эффективно находить содержание, наиболее релевантное заданному пользовательскому запросу.

- *Поиск по интернету с использованием специализированных инструментов.* Данный подход представляет собой интеграцию с веб-скрейперами для извлечения данных с веб-страниц и использование API, предоставляемых платформами, для законного извлечения информации о пользователях, например, загрузка профессионального опыта и навыков из LinkedIn или списка репозиторий и вклада в проекты с GitHub.

- *Интеграция с внутренними системами управления знаниями.* В рамках интеграции с внутренними системами управления знаниями осуществляется подключение к корпоративным базам данных. Например, для SQL баз данных при поступлении вопроса от пользователя, система генерирует соответствующий запрос на языке SQL для извлечения актуальных и релевантных данных.

- *Использование графов знаний.* Графы знаний представляют собой сетевую структуру, в которой узлы соответствуют сущностям, таким как объекты, концепции или люди, а рёбра отражают отношения между ними, обеспечивая глубокое понимание их взаимосвязей. Графы знаний улучшают семантическую точность и эффективность анализа систем ИИ за счет моделирования правил и обработки больших объемов данных [2].

Пример реализации чат-бота, использующего корпоративную документацию в виде источника данных

Целью работы являлось создание чат-бота, который в качестве дополнительного источника данных использует корпоративную документацию. Для реализации данного подхода выбрана система RAG (Retrieval Augmented Generation) [3]. Архитектура RAG системы состоит из нескольких ключевых компонентов, которые обеспечивают эффективное и точное взаимодействие с пользователем (см. рисунок).

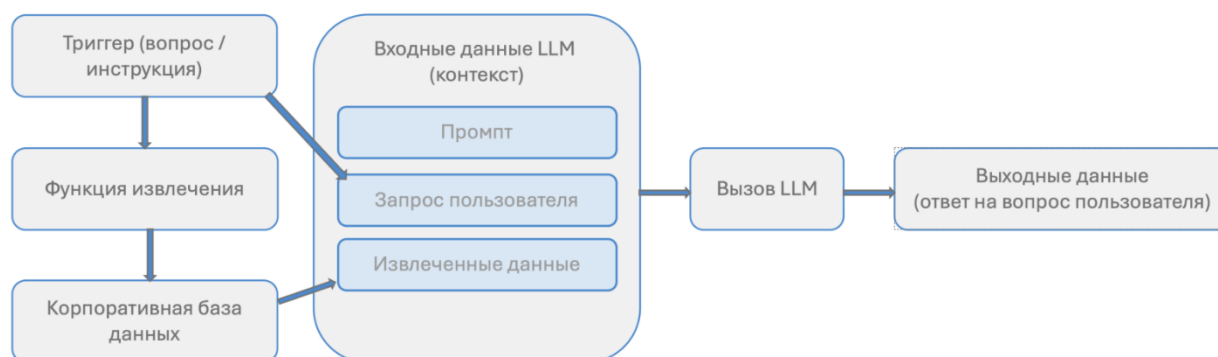


Схема RAG системы

Начальный этап в RAG системе заключается в построении индекса для всей используемой корпоративной документации. Индекс является оптимизированной структурой данных, которая позволяет быстро находить информацию в большом объеме данных. Для обеспечения быстрого и точного поиска используется векторное представление запросов и документов. В результате построения индекса вся корпоративная документация разбивается на фрагменты и каждый фрагмент данных представляется в виде многомерного вектора – эмбединга [4]. Функция извлечения занимается поиском и получением релевантной информации из корпоративной базы данных.

После того как векторный поиск находит наиболее релевантные документы, извлеченная информация передается в большую языковую модель (LLM). Входные данные для LLM включают не только тексты релевантных документов, но также и запрос пользователя, что позволяет модели лучше оценить контекст задачи и формировать ответы, наиболее точно соответствующие намерениям пользователя. Основываясь на знаниях, извлеченных из документов, на выходе LLM генерирует ответ, удовлетворяющий запросу пользователя.

Промпт, или инструкция, выполняет функцию связующего звена между процессом поиска информации и её последующей обработкой, ориентируя LLM на создание ответов, которые максимально точно соответствуют запросу пользователя. Разработка эффективного промпта требует грамотной подготовки и точной формулировки, чтобы языковая модель могла корректно интерпретировать запрос и предоставить релевантный ответ.

Важно также обеспечить защиту от так называемых "промпт инъекций", когда злоумышленник попытается манипулировать моделью, вводя специальным образом сформулированные запросы, чтобы получить непредназначенные для публичного доступа данные или решать не предусмотренные функционалом задачи. Это требует строгих мер безопасности и валидации ввода на всех этапах обработки запросов.

Заключение

Интеграция дополнительно найденной релевантной информации в процесс генерации ответов является ключевым фактором для создания эффективных систем ИИ, способных обеспечить высокий уровень пользовательского сервиса. Развитие алгоритмов поиска и обработки информации, а также улучшение механизмов ее интеграции позволяет достичь высокого уровня взаимодействия между человеком и системой ИИ.

Библиографические ссылки

1. Chen X., Jia S., Xiang Y. A review: Knowledge reasoning over knowledge graph // Expert systems with applications. 2020. Т. 141. С. 112948.
2. Саттон Р. С., Барто Э. Г. Обучение с подкреплением, 2-е изд. : пер. с англ. / А. А. Слинкина. М.: ДМК пресс, 2020. 552 с.
3. Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP Tasks / P. Lewis [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems. 2020. Т. 33. С. 9459-9474.
4. Improving text embeddings with large language models [Electronic resource] / L. Wang [et al.] // arXiv preprint arXiv:2401.00368. 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2401.00368> (date of access: 25.03.2024).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РАЗРАБОТКЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

В. С. Романчик, А. Х. Perez Чернов

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, romanichik@bsu.by, pereztchernov@bsu.by.*

Рассмотрены современные возможности использования искусственного интеллекта для разработки фронтенд и бэкенд частей веб-приложений. Приведены популярные инструменты автоматизации, перечислены возможные механизмы улучшения больших языковых моделей для целей веб-программирования.

Ключевые слова: искусственный интеллект; большие языковые модели; автоматизация; обучение моделей; веб-разработка.

Возможности ИИ для фронтенд-разработки

Веб-разработка по созданию выбранного интернет-сервиса или сайта начинается с анализа требований. Аналитик обычно составляет или уже знаком со словарями доменной области, субъектами (актерами, заинтересованными лицами), их целями, типовыми сценариями взаимодействия с выбранными бизнес-функциями. Рассмотрим, как большие языковые модели типа GPT, далее – ИИ, могут ассистировать или автоматизировать эту работу. При использовании ИИ для целей анализа предметной области необходимо осуществлять преобразование неструктурированных диалогов с клиентом и описаний предметной области в согласованные требования. Для выполнения этих действий на наш взгляд для типовых сценариев достаточно использовать существующие коммерческие чатботы типа Antropic Claudi 3 и OpenAI GPT-4. Важно использовать соответствующие системные инструкции и подсказки в числе которых задание роли для ИИ, предоставление примеров для few-shot обучения, предоставления контекстных материалов до инструкций, задание возможностей ИИ модели брать паузы в размышлениях и действовать пошагово [1]. Дополнительным удобством может быть обработка с помощью Lumentis [2] неструктурированных транскриптов переговоров. Возможно и создание специальных fine-tuned моделей для роли аналитика предметной области, обученных на наборе примеров пользовательских противоречивых или неточных описаний, демонстрации вариативности выделения и приоритизации требований.

Следующим этапом в цепочке работ является дизайн пользовательского опыта. По предложенным ранее требованиям необходимо составить последовательности состояний интерфейса, композицию элементов интерфейса. Для составления списка страниц и более удобной визуализации удобно использовать различные flowchart диаграммы, в частности, в форматах Mermaid. Этот тип диаграммы поддерживается основными ИИ-моделями и способен проиллюстрировать ключевые переходы между состояниями. Часто на уровне дизайна пользовательского опыта может стоять задача создания логической модели данных и самого контента. В большинстве открытых и коммерческих системах задача генерации контента обычно успешно решается. В ряде случаев, если контент связан с последующей индексацией, то процедура становится много шаговой с дополнительными этапами задания ключевых слов [3, 4] и исследованием источников [5]. Возможно и создание специальных мультимодальных fine-tuned моделей для роли дизайнера пользовательского интерфейса, обученных на наборе популярных UX-решений и последовательностей страниц, типовых ошибок использования интерфейсов.

Дальнейшим этапом разработки обычно идет этап визуального дизайна, в частности создание и выбор шрифтов, схемы цветов, ритма размеров, сетки размещения, традиционных компонент, и общей дизайн-системы. Далее идет использование верстки визуального дизайна в набор HTML, CSS и простейшего React (JS) кода для управления состояниями страниц. Здесь же создаются наборы отдельных графических и медиа элементов – аудио, видео, фото, графических элементов для последующего использования на веб-страницах.

Создание визуального контента возможно как с помощью средств общих генеративных инструментов Midjourney, так и нишевых DesignAI, IconifyAI, Magic Studio. Прикладные возможности использования AI активно интегрируются в популярные средства графического моделирования Figma, Adobe или специализированные инструменты Krea AI [6].

Проект автоматизации создания HTML-верстки по дизайн-скриншотам [7, 8] иллюстрирует ключевые аспекты обучения прикладных мультимодальных моделей для целей веб-разработки. А именно, исследователи предоставили около 10 тыс примеров скриншотов веб-страниц и их HTML реализации. Определили набор метрик близости получаемых результатов по цветовой схеме, визуальной композиции, текстам. Предоставили возможность модели просматривать только что созданные страницы и итеративно улучшать результаты. В итоге, генерируемая HTML-верстка признана экспертами допустимой уже более чем в половине случаев. Создание одной HTML-страницы по изображению занимает около 5 минут на видеокarte объемом от 24Gb VRAM.

Интересным примером является демонстрация в рамках проекта OpenUI [9] создания HTML-верстки и одновременного итеративного исправления дизайна с помощью обратной связи от человека-оператора. Похожие сценарии работы сейчас интегрируются в различных визуальных инструментах создания сайтов, в частности, в WIX ADI.

Примером использования ИИ для разработки фронтенда может служить проект React-Agent [10], способный составить React-компоненты с учетом библиотек и проектов TailwindCSS, Typescript, Radix UI, Shadcn UI.

Возможности ИИ для бэкенд-разработки

Разработка бэкенд составляющей интернет-сервисов и сайтов часто сопряжена с большой вариативностью и глубиной прикладной логики. Базовые алгоритмы программирования и стандартизированные композиции элементов в целом решаются с помощью доступных ИИ моделей. В качестве популярных свободных моделей, используемых для генерации кода стоит отметить WizardCoder, CodeLLama, DeepSeek Coder, Mistral Code. Существуют специальные доски анализа существующих моделей для целей программирования [11, 12].

Для упрощения работы целесообразно использовать специальные интеграции ИИ с IDE, в числе которых Amazon CodeWhisperer, OpenAI ChatGPT and IntelliJ CodeGPT, Microsoft Co-Pilot, Replit, Cursor, Sourcegraph Cody, Cognition AI Devin, Pythagora GPT-Pilot.

Моделирование логической моделей данных хранения уже возможно языковыми моделями общего типа или специализированными моделями как SQLCoder [13].

Крупные корпорации уже используют ИИ для улучшения юнит-тестирования программного обеспечения [14]. Использование ИИ для создание полностью автоматического создания юнит-тестов, впрочем, еще требует улучшений [15].

При этом, программная разработка в настоящий момент имеет ряд пока нерешенных проблем, над которым активно работают. В числе них: увеличение размера контекста, которым ИИ модель может оперировать. Предоставление возможности модели выполнять несколько шагов самостоятельно. Взаимодействовать с человеком асинхронно вместо пошагового диалога. Самостоятельно запускать компиляцию и сборку, отслеживать поведение работающего программного модуля. Планировать и выполнять большие цепочки действий.

Часть разрабатываемых улучшений находится и в организации механизма размышлений. В частности, обучение на цепочках принятия решений вида вариативность исходов – действие – результат [16], размышления с поиском по деревьям решений [17], итеративной работы [18],

использовании вероятностного вывода [19], взаимодействия несколько агентов над общей задачей, прямой работы с индексируемыми пользовательскими артефактами кода, управлением вниманием.

Опишем потенциальные концептуализации и возможные примеры для обучения ИИ-моделей для выбранных ролей.

Роль технического архитектора. Данные: библиотеки, схемы взаимодействия систем, деревья эволюции требований, деревья эволюции технологий и бизнес-контекстов. Примеры: конверсия описаний систем и контекста их использования в соответствующие согласованные архитектурные схематизации и описания.

Роль программиста-разработчика. Данные: спецификации библиотек, спецификации лучших практик, описания типовых способов и границ тестирования. Примеры: конвертация описания требуемого изменения в набор согласованных изменений уже разработанного или нового программного обеспечения.

Роль технического лидера. Данные: последовательности работ, описания технических решений, оценки и риски. Примеры: конвертация описаний продуктовых изменений в цепочку декомпозированных работ.

Роль тестировщика. Данные: типовые ошибки, типовые архитектуры, операции отладки и сборки. Примеры: конверсия задач с обнаруженными или скрытыми ошибками в последовательности операций по анализу данных логов, локализации проблем, дебага, замеров производительности.

Заключение

При решении вышеупомянутых задач автоматизации профессия веб-разработчика серьезно изменится. Те специфические навыки, которые были свойственны преимущественно техническим лидерам и проектировщикам программного обеспечения, могут стать обязательными для большинства веб-программистов. Постепенно будет сглаживаться знание конкретных библиотек в сторону опыта координации ИИ над популярными и стандартизированными библиотеками. Возможно, новые инструменты и библиотеки будут создаваться с первоочередной (AI first) интеграцией с ИИ для обучения и настройки. Серьезно возрастут объемы и скорость разработки, и при должном развитии систем дизайна и тестирования – качество программного кода над стандартизированными библиотеками.

Библиографические ссылки

1. Kirkovska A. Claude 2.1 prompt engineering guide [Electronic resource] // Vellum.ai blog. 2023. URL: <https://www.vellum.ai/blog/prompt-engineering-tips-for-claude> (date of access: 31.03.2024).
2. Hrishioa. Lumentis: AI powered one-click comprehensive docs from transcripts and text [Electronic resource] // GitHub repository. 2023. URL: <https://github.com/hrishioa/lumentis> (date of access: 31.03.2024).
3. AJaySi. AI-Blog-Writer: AI Blog Creation and Management Toolkit [Electronic resource] // GitHub repository. 2023. URL: <https://github.com/AJaySi/AI-Blog-Writer> (date of access: 31.03.2024).
4. Gaurav18115. BLOGEN Blog Generation Application [Electronic resource] // GitHub repository. 2023. URL: <https://github.com/gaurav18115/blogen> (date of access: 31.03.2024).
5. Dzhng. Deep-seek: LLM powered retrieval engine [Electronic resource] // GitHub repository. 2023. URL: <https://github.com/dzhng/deep-seek> (date of access: 31.03.2024).
6. KREA.AI [Electronic resource]. 2023. URL: <https://www.krea.ai/home> (date of access: 31.03.2024).
7. NoviSci. Design2Code: How Far Are We From Automating Front-End Engineering? [Electronic resource] // GitHub repository. 2023. URL: <https://github.com/NoviSci/Design2Code> (date of access: 31.03.2024).
8. Design2Code: How Far Are We From Automating Front-End Engineering? [Electronic resource] / C. Si [et al.] // arXiv.org. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2403.03163> (date of access: 31.03.2024).
9. Openui: describe UI using your imagination, then see it rendered live [Electronic resource] / Wandb // GitHub repository. 2023. URL: <https://github.com/wandb/openui> (date of access: 31.03.2024).

10. Eylonmiz. React-agent: The open-source React.js Autonomous LLM Agent [Electronic resource] / Eylonmiz // GitHub repository. 2023. URL: <https://github.com/eylonmiz/react-agent> (date of access: 31.03.2024).
11. Ravkine M. A visual tool to explore the results of CanAiCode [Electronic resource] // Hugging Face. 2023. URL: <https://huggingface.co/spaces/mike-ravkine/can-ai-code-results> (date of access: 31.03.2024)
12. What LLM to use? A perspective from the DevAI space [Electronic resource] / Continuedev // GitHub repository. 2023. URL: <https://github.com/continuedev/what-llm-to-use> (date of access: 31.03.2024).
13. Defog-ai. Sqlcoder: SoTA LLM for converting natural language questions to SQL queries [Electronic resource] // GitHub repository. 2023. URL: <https://github.com/defog-ai/sqlcoder> (date of access: 31.03.2024).
14. Alshahwan N. Automated Unit Test Improvement using Large Language Models at Meta [Electronic resource] // arXiv.org. 2024. URL: <https://arxiv.org/pdf/2402.09171.pdf> (date of access: 31.03.2024).
15. Huang Y. Generative Software Engineering [Electronic resource] // arXiv.org. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2403.02583> (date of access: 31.03.2024).
16. Yin D. Agent Lumos: Unified and Modular Training for Open-Source Language Agents [Electronic resource] // arXiv.org. 2024. URL: <http://arxiv.org/abs/2311.05657> (date of access: 31.03.2024).
17. Feng X. Alphazero-like Tree-Search can Guide Large Language Model Decoding and Training [Electronic resource] // arXiv.org. 2024. URL: <https://arxiv.org/abs/2309.17179> (date of access: 31.03.2024).
18. Zhu Y. KnowAgent: Knowledge-Augmented Planning for LLM-Based Agents [Electronic resource] // arXiv.org. 2024. URL: <http://arxiv.org/abs/2403.03101> (date of access: 31.03.2024).
19. Liu Z. Reason for Future, Act for Now: A Principled Framework for Autonomous LLM Agents with Provable Sample Efficiency [Electronic resource] // arXiv.org. 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2309.17382> (date of access: 31.03.2024).

РАЗВИТИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: ГЛОБАЛЬНЫЕ ТРЕНДЫ И НОВЫЕ ВЫЗОВЫ

А. Я. Сарна

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, alsar.05@mail.ru*

В статье рассматриваются особенности искусственного интеллекта в его сравнении с «естественным» на основе гипотетической возможности прохождения теста А. Тьюринга не только человеком, но и «умным» техническим устройством – системой, способной к рефлексии и обладающей свойствами «квазиличности». Приводится типология глобальных трендов, выделенных российским социологом О. Якимовой и связанных с ускоренным развитием искусственного интеллекта, расширением возможностей его применения в различных общественных сферах, профессиональной деятельности и повседневной жизни. Делается вывод о том, что указанные тренды основаны на взаимосвязи ключевых процессов развития искусственного интеллекта за счет технологических инноваций, стимулирующих появление новых профессиональных компетенций, что приводит к росту социальных изменений и влечет за собой гуманитарные последствия в современном обществе.

Ключевые слова: искусственный интеллект; нейронные сети; квазиличность.

Современный технократический бум, связанный с интенсивным развитием искусственного интеллекта (прежде всего – генеративных нейросетей вроде ChatGPT), несомненно, порождает вопросы о дальнейших перспективах и направлениях развития информационных технологий и их постоянно возрастающей роли в жизни современного общества. Искусственный интеллект (далее – ИИ) сегодня выступает как многозначное понятие, объединяющее в себе комплекс проблем информатики, кибернетики, математического моделирования и программирования, связанных с имитацией человеческого мышления и поведения (от автоматов до роботов), автономии самоорганизующихся информационных систем, которые не требуют специального контроля и вмешательства человека, а также переноса индивидуальных личностных качеств в виртуальную среду для создания «цифрового клона» конкретного человека. Работки в сфере ИИ начали осуществляться с 1960-х гг., взяв за основу образцы автоматических устройств, способных осуществлять массовый сбор данных, их обработку и анализ, репрезентацию различных фрагментов реальности в виде детализированных и все более сложных моделей, применение автоматических систем принятия решений и проработки условий их реализации.

Возможность обучения считается одной из главных преимуществ ИИ перед традиционными алгоритмами, поскольку он не программируется в привычном смысле этого слова, но способен развиваться самостоятельно, без участия со стороны программиста или регулятора систем. При этом сущность обучения ИИ заключена в развитии способности к выявлению, распознаванию и постепенному воспроизведению образов. Это позволяет более или менее детально выявить, спроектировать и воспроизвести общие тенденции и структуры в больших массивах данных, служащих рабочим материалом для разработки модели процессов или событий, а выводимые из этой модели следствия составляют основу для прогнозов с вероятностными оценками. При наличии достаточного количества вычислительных ресурсов, детализированных алгоритмов по извлечению характерных признаков и доступа к достаточно большому количеству образцов система ИИ способна смоделировать даже особенности индивидуальной манеры и творческих особенностей какой-либо выдающейся личности в сфере искусства и создать новые произведения, например, в стиле Рембрандта или Баха. Технологическая основа для развития и совершенствования интеллектуальных систем разработана уже в

достаточной степени, чтобы они могли из практически любого вида человеческих навыков извлечь их неявные правила и переопределить в качестве упражнения по распознаванию и воспроизводству образов – даже таких, которые, казалось бы, в наибольшей степени зависят от «духовности» или интуиции.

Современное состояние интеллектуальных информационных систем и их объединение в едином концептуальном поле по разработке ИИ позволило бы выйти на качественно новый уровень, в бесконечный процесс совершенствования не с целью имитации возможностей человека, но создания чего-то более оригинального в логике постгуманизма. Однако, если автономные системы ИИ разовьют свои собственные критерии для оценок и логики обоснования решений, подключаться к ним и работать с ними не только отдельным людям, но всем социальным институтам и инфраструктурам станет достаточно затруднительно. Как считает футуролог Г. Леонгард, мы уже достигли точки, когда ориентированные на человека политика и стандарты, цифровая этика, социальные контракты и глобальные соглашения о гуманизации этих экспоненциальных технологий столь же важны, как и договоры о нераспространении ядерного оружия. Во многих отношениях это уже актуально, поскольку алгоритмические системы, которые способны непрерывно оптимизироваться в рамках предоставленных им наборов начальных параметров, создают некоторые разработки (например, инженерно-конструкторские и дизайнерские решения) совершенно нетривиальным образом [2].

Так возникает специализация и выделение современных направлений развития технологий ИИ в таких областях, как управление знаниями и «онтологический инжиниринг», Semantic Web, различные логики (четкие, нечеткие, дедуктивные, индуктивные, абдуктивные, дескриптивные, темпоральные, пространственные и т.д.), искусственные нейросети, байесовские сети и генетические алгоритмы (Machine learning в узком смысле), компьютерная лингвистика, семантический анализ текстов естественного языка, image processing как «техническое зрение» (семантический анализ изображений), speech processing – семантический анализ речевых сообщений, многоагентные системы, гибридные интеллектуальные системы и пр.

Особая роль разработчиками ИИ отводится нейронным сетям – автономной интеллектуальной системе, имитирующей работу нервных клеток живого организма на основе модели из соединенных и взаимодействующих между собой искусственных нейронов. Каждый из них обладает набором входов, передающих сигналы разной интенсивности, «телом», состоящим из сумматора и функции активации, и единственным выходом, интенсивность сигнала которого составляет результат обработки входных сигналов. Как правило, искусственные нейросети моделируются из нескольких слоев нейронов, на первый из которых передаются входные данные, затем используется один или несколько скрытых слоев и, наконец, выходной слой показывает результат. Например, для распознавания объекта могут выделяться 100 его отличительных признаков, которым будут соответствовать 100 нейронов входного слоя, затем последуют несколько скрытых слоев нейросети, а выходной слой может содержать лишь 10 нейронов.

Такая схема компоновки упрощенных вычислительных блоков открывает большие возможности для обработки данных, особенно при использовании специальных методов обучения – с «учителем» (образцом для обучения), без него и с подкреплением. В первом случае в сеть на вход подаются данные из некоторого обучающего набора (признаки объекта, которые преобразуются в интенсивность сигналов входных нейронов). Затем сигналы суммируются и активируют скрытые нейроны следующих слоев до тех пор, пока не будет достигнут выходной слой нейросети. Сигналы нейронов можно рассматривать при этом как ответ на определенный вопрос – например, о принадлежности изображения какому-то классу.

Если параметры нейросети подобраны верно, то после обработки достаточного количества обучающих образцов она становится способна классифицировать незнакомые объекты. Обучение без «учителя» строится таким образом, что при поступлении нового набора данных сеть пытается найти наиболее соответствующий ему из ранее обработанных и объединяет свое

представление о целой группе образцов в виде определенного кластера. Идентификация уникального образца потребует создания нового кластера, в котором будут накапливаться данные для последующей обработки, сравнения, выделения уникальных признаков и дальнейшей оценки структуры данных. Подобный способ обучения используется для поиска зависимостей в больших объемах необработанных и несистематизированных данных, как в медицине, где нужно учитывать индивидуальные параметры каждого пациента для постановки диагноза и отслеживания его состояния в связи с приемом определенных лекарств.

Обучение с подкреплением на основе алгоритмов «глубокого обучения» (deep learning) применяется для создания программ «интеллектуальных агентов», способных самостоятельно принимать решения в некотором замкнутом окружении – таких, как автопилоты, системы управления дронами и манипуляторами промышленных роботов, разнообразные боты. Такая сеть учится использовать некоторую функцию «вознаграждения» (quality function), которая отображает параметры среды и возможные действия на некоторую величину «наград». Особенно хорошие результаты агенты показывают в компьютерных играх, где в условиях полностью виртуальной среды они быстро и экономично обучаются, играя сами с собой. В физическом мире выстроить параметры взаимодействия со средой и смоделировать развитие ситуации гораздо сложнее, но прогресс и в этой области уже настолько очевиден, что вызывает беспокойство у многих людей. Например, С. Хокинг считал, что нейросети могут в ближайшем будущем заменить людей во многих сферах деятельности, не связанных с творческим и интеллектуальным трудом, что потребует пересмотра экономического уклада современного общества [3].

Между тем, уже существуют рекуррентные нейросети – особый класс нейросетей, в котором предыдущие состояния системы используются для вычисления следующего за счет знания не только правил преобразования входного сигнала в исходящий, но и эволюции состояний. Использование при этом «краткосрочной» и «долговременной» памяти позволяет в соответствии с состоянием сети применять части «воспоминаний» при последовательной обработке информации. Этот вид сетей может опираться на временную последовательность входных сигналов, находить закономерности на основе полученного опыта, а при возбуждении входного слоя выдавать уже собственную последовательность данных. Так возникает возможность моделирования творческих способностей, аналогичных человеческим – например, в сочинении музыки, написании романов или живописи, причем машине удастся успешно имитировать индивидуальный стиль того или иного художника, писателя или композитора.

Но можно ли считать такой «продвинутый» ИИ аналогичным человеческому и в чем его базовое отличие от «естественного»? Для ответа на этот вопрос в качестве отправной точки можно взять известный тест А. Тьюринга, в котором человеку предлагается определить, взаимодействует ли он с искусственным интеллектом или с другим человеком. В случае успешного прохождения этого теста «умным» механизмом или техническим устройством, способным имитировать свойства человеческого интеллекта, можно считать, что найден важный критерий для оценки работы такого устройства. Однако даже в этом случае вывод, что создана некая «искусственная личность», во многом аналогичная человеческой, будет явно поспешным [5].

В этой связи британским философом и логиком Дж. Сёрлем был введен термин «сильный искусственный интеллект», который обозначает систему, не просто способную пройти тест А. Тьюринга, но и «осознать» используемые ею алгоритмы. В таком случае возникает эффект рефлексии и может сформироваться некая «квазиличность», которая не просто пользуется словами по определенным правилам, реагируя на вопросы, но понимает слова и то, как именно ими пользоваться в соответствии с правилами литературного языка. Однако даже если в тесте А. Тьюринга уже невозможно отличить, кто с нами общается (человек или машина), из этого вовсе не следует, что мы имеем дело с полноценной личностью или носителем разума, аналогичного человеческому.

В итоге российский исследователь И. Ларионов выделяет два критерия, которые могут служить ориентирами как для технических специалистов, так и для гуманитариев при обращении к теме ИИ. В качестве таких критериев выступают: 1) «полноценная автономия (удаленность от разработчика/оператора или эффективное функционирование без постоянного их вмешательства не могут быть критериями автономности); 2) интенциональность (не как психологический феномен воли и/или намерения, но как процесс осознания и оценки ситуации с применением определенной ценностной парадигмы)». Без выполнения данных критериев, по мнению Ларионова, ИИ не может считаться «самостоятельным искусственным агентом», т.е. автономным социальным актором, действующим на основе самостоятельно принятых решений [1].

Однако ускорение процессов развития ИИ сегодня таково, что уже в ближайшем будущем мы можем ожидать прорыва в этой области, позволяющего говорить о появлении нового типа личности как продукта и эффекта социальных и технических инноваций. В связи с этим российский социолог О. Якимова, редактор спецвыпуска издания «Социодиггер», посвященного ИИ, на основе материалов данного выпуска выделила семь развивающихся трендов, связанных с реакцией общества на внедрение эффективных инструментов ИИ в повседневную жизнь и профессиональную деятельность людей [4].

В качестве первого тренда выделено развитие возможностей генеративных нейросетей в области создания осмысленных текстов большого объема и поддержки диалога с человеком на естественном языке благодаря прогрессу функционального ИИ, решающего узкоспециализированные задачи и успешному применению методов обработки сложноструктурированных данных (изображений, видео, текстов).

Вторым трендом названо создание «искусственной социальности» на основе трансформации человеческой деятельности, социальных взаимодействий и повседневности в целом, когда ИИ выступает в качестве субъекта коммуникации и требует от нас соответствующей подготовки – повышения цифровой грамотности, понимания ограничений в использовании ИИ, а также его технических характеристик с целью смягчения последствий неприемлемого применения и злоупотреблений.

Третьим трендом считается смена парадигмы образования, особенно в сфере социально-гуманитарных дисциплин – для оценки получаемой информации (знаний) в пользу обучения и проверки умения мыслить, что требует развития навыков анализа найденных самостоятельно или с помощью инструментов ИИ данных, обучения процессу поиска информации и его уточнению; понимания адекватности получаемых в результате запроса в интернете данных и пр.

Четвертый тренд связан с трансформацией речевых практик и традиций в науке и журналистике, поскольку повсеместное распространение GPT-моделей может привести к подстройке языковых процессов под логику нейросетей, релятивизации научных и публицистических текстов, уменьшению в них числа сильных утверждений, снижению качества логической аргументации и т.п.

Пятый тренд проявляется на рынке труда в связи с изменениями в профессиональной деятельности многих специалистов, для которых важными будут навыки работы в тандеме с ИИ или даже в качестве ассистента для него. Отдать ключевые когнитивные задачи на аутсорсинг ИИ станет возможно в сферах образования, медицины, политики, медиа и индустрии развлечений благодаря прогрессу технологий ИИ, меняющих условия труда, обеспечивающих его цифровизацию и компьютеризацию, способствующих его «программированию» и «модернизации».

Как следствие, проявится шестой тренд в связи с влиянием ИИ на социальное неравенство при увеличении цифрового разрыва (digital divide) в навыках между теми, кто применяет и не применяет ChatGPT при выполнении профессиональных задач, поскольку использование

ИИ серьезно уменьшает время их решения, а также повышает качество работы и удовлетворенность от нее. В итоге научные коллективы, учебные организации или даже целые страны, которые откажутся от использования генеративного ИИ, существенно отстанут от тех, кто будет активно ее использовать.

Наконец, седьмой тренд связан с распространением массовых негативных представлений и стереотипов за счет «порочного круга» обучения нейросети на «массовых представлениях» и генерировании ею еще большего количества представлений по аналогии с массовыми, которые выступают в качестве обучающей основы для нее же на новой итерации. Вследствие этого генеративные нейросети в своих выдачах поддерживают стереотипные образы – в частности, в сфере восприятия некоторых профессий.

Таким образом, указанные тренды основаны на взаимосвязи ключевых процессов развития ИИ за счет, во-первых, технологических инноваций, стимулирующих, во-вторых, появление новых профессиональных компетенций, что приводит к росту, в-третьих, социальных изменений и далее, в-четвертых – гуманитарных последствий в современном обществе и культуре. И это можно рассматривать как новый вызов, с которым столкнулось человечество на очередном витке научно-технического прогресса.

Библиографические ссылки

1. Ларионов И. Нейросети в 2023 году рождение искусственной личности? [Электронный ресурс] // Социодиггер. Т. 4. Вып. 7-8 (27), 2023. URL: <https://sociodigger.ru/articles/articles-page/neiroseti-v-2023-g-rozhdenie-iskusstvennoi-lichnosti> (дата обращения: 27.03.2024).
2. Леонгард Г. Технологии против человека. М.: Издательство АСТ, 2018. 320 с.
3. О'Коннелл М. Искусственный интеллект и будущее человечества. М.: ЭКСМО, 2019. 272 с.
4. Якимова О. Жизнь с ИИ: от взаимодействия к взаимозависимости [Электронный ресурс] // Социодиггер. Т. 4. Вып. 5-6 (26), 2023. URL: https://sociodigger.ru/articles/articles-page/zhizn-s-ii-ot-vzaimodeistvija-k-vzaimozavisimosti?utm_medium=email&utm_source=UniSender&utm_campaign=302232594 (дата обращения: 27.03.2024).
5. Turing A. Computing Machinery and Intelligence // Mind, 1950. Vol. 59. No. 236. P. 433-460.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ГЛУБОКОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ ПОИСКА КАНДИДАТОВ В ЛЕКАРСТВА ПРОТИВ КОРОНАВИРУСА SARS-COV-2

А. В. Тузиков¹⁾, А. М. Андрианов²⁾

¹⁾Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси,
ул. Сурганова, 6, 220012, г. Минск, Беларусь, tuzikov@newman.bas-net.by

²⁾Институт биоорганической химии НАН Беларуси,
ул. ак. Купревича 5/2, 220141 г. Минск, Беларусь, alexandre.andriano@yandex.ru

Содержится обзор результатов, полученных исследовательской группой ОИПИ НАН Беларуси и ИБОХ НАН Беларуси в 2020-2023 гг., по идентификации малых молекул, перспективных для разработки лекарств против коронавируса SARS-CoV-2. Проведенное исследование основано на применении методов компьютерного моделирования и глубокого обучения.

Ключевые слова: коронавирус SARS-CoV-2; компьютерный дизайн лекарств; компьютерное моделирование; глубокое обучение.

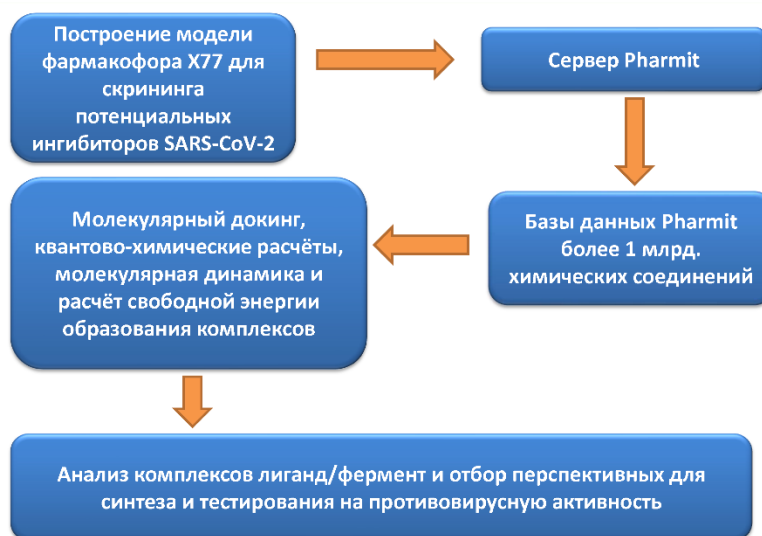
С февраля 2020 года совместная исследовательская команда из ОИПИ и ИБОХ НАН Беларуси начала заниматься задачей поиска малых молекул, которые могут быть перспективными для дальнейших исследований по созданию лекарств против коронавируса SARS-CoV-2.

С помощью технологий компьютерного скрининга и молекулярного моделирования (рис. 1) был проведен анализ структурно-функциональных свойств 213,5 миллионов химических соединений, в результате которого идентифицированы 5 соединений, способных блокировать основную протеазу Mpro коронавируса SARS-CoV-2 (возбудителя COVID-19), критически важную для обеспечения его жизненного цикла. Методами молекулярного докинга, квантовой химии и молекулярной динамики был исследован механизм образования комплексов обнаруженных соединений с SARS-CoV-2 и рассчитаны величины свободной энергии их образования, свидетельствующие о высоком сродстве этих соединений с молекулярной мишенью. На основе полученных данных показано, что идентифицированные соединения формируют перспективные базовые структуры для создания эффективных лекарственных препаратов для терапии коронавирусной инфекции нового типа [1].

К сожалению, на то время не было никакой возможности провести биологическое тестирование идентифицированных соединений. В дальнейшем было решено сформировать библиотеку биологически активных соединений, включающую одобренные лекарства и химические соединения, находящиеся на различных стадиях биомедицинского тестирования против различных патогенов и проводить скрининг этой базы соединений на блокирование молекулярных мишеней коронавируса SARS-CoV-2. Такие исследования относятся к направлению перепрофилирования лекарств.

Был проведен виртуальный скрининг сформированной молекулярной библиотеки биологически активных соединений, содержащей 28860 малых молекул, направленный на идентификацию потенциальных ингибиторов основной протеазы SARS-CoV-2 [2]. Методами молекулярного докинга и молекулярной динамики выполнена оценка энергии связывания этих соединений с каталитическим сайтом фермента, в результате которой идентифицированы шесть молекул, проявляющих высокое химическое сродство к Mpro SARS-CoV-2. Об этом свидетельствуют низкие значения свободной энергии образования комплексов лиганд/Mpro сопоставимые с величиной, предсказанной для мощного нековалентного ингибитора Mpro SARS-

CoV-2 с использованием идентичного вычислительного протокола. На основе полученных данных был сделан вывод о том, что найденные соединения обладают хорошим терапевтическим потенциалом для ингибирования каталитической активности фермента и формируют перспективные базовые структуры для разработки новых эффективных препаратов против COVID-19.



+

Рис. 1. Схема алгоритма виртуального скрининга потенциальных ингибиторов Mpro SARS-CoV-2 [1].

Работы по дальнейшему тестированию и оптимизации идентифицированных соединений выполняются в настоящее время совместно с китайскими партнерами из Шанхайского института лекарственных соединений Китайской академии наук в рамках совместного проекта, финансируемого БРФФИ и НФЕНК.

Учитывая огромные возможности глубокого обучения для решения различных задач, было решено провести исследование архитектур глубоких нейронных сетей для генерации новых химических соединений, ингибирующих основную протеазу коронавируса SARS-CoV-2.

С использованием методов глубокого обучения были разработаны две генеративные модели автоэнкодера для создания новых лекарственных соединений, способных блокировать каталитический сайт основной протеазы коронавируса SARS-CoV-2. Построена архитектура нейронной сети (рис. 2), сформирована виртуальная библиотека потенциальных ингибиторов основной протеазы SARS-CoV-2, выполнен молекулярный докинг всех соединений из этой библиотеки с основной протеазой коронавируса и проведены расчеты значений свободной энергии связывания. Обучение нейронной сети с последующим ее тестированием показали, что она позволяет генерировать низкомолекулярные соединения с приемлемыми противовирусными и фармацевтическими свойствами.

С помощью разработанной генеративной нейронной сети глубокого обучения осуществлен de novo дизайн 95 775 потенциальных лигандов основной протеазы (Mpro) SARS-CoV-2. Методами молекулярного докинга и молекулярной динамики выполнена оценка аффинности связывания этих молекул с каталитическим сайтом фермента. В результате проведенных исследований были отобраны 7 соединений-лидеров, которые характеризуются низкими значениями свободной энергии Гиббса, сопоставимыми с величинами, полученными с помощью идентичного вычислительного протокола для двух мощных нековалентных ингибиторов Mpro SARS-CoV-2, использованных в расчетах в качестве позитивного контроля. Полученные ре-

зультаты свидетельствуют о перспективности использования идентифицированных соединений в работах по созданию новых противовирусных препаратов, терапевтическое действие которых основано на ингибировании каталитической активности Mpro SARS-CoV-2 [3].

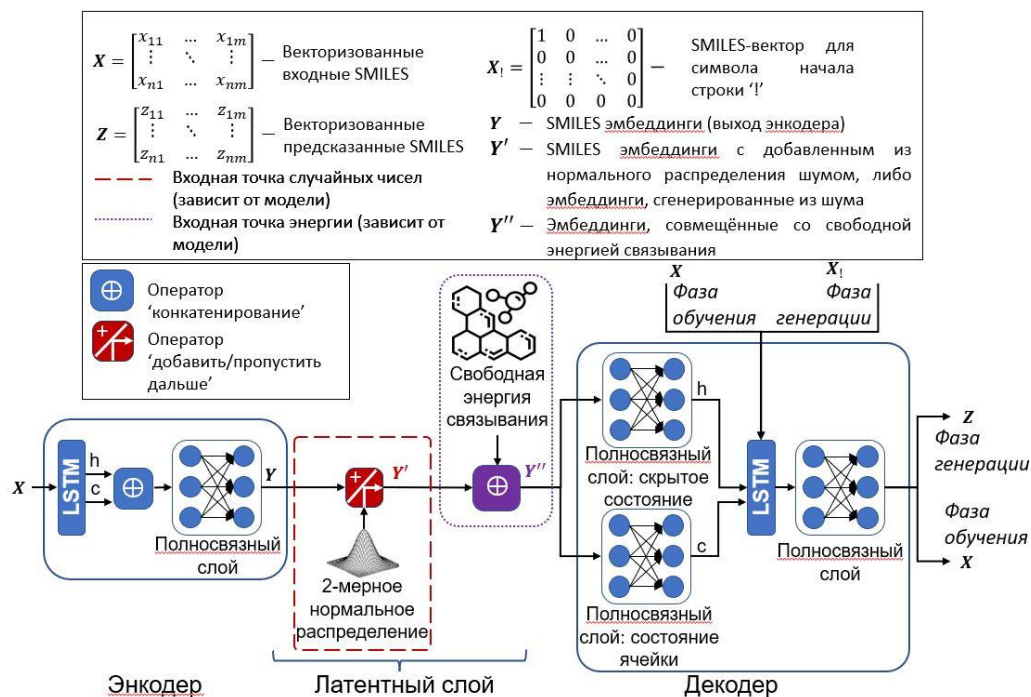


Рис. 2. Высокоуровневая архитектура моделей молекулярного автоэнкодера [3].

Технология перепрофилирования лекарств была реализована также для другой молекулярной мишени коронавируса SARS-CoV-2. Методами молекулярного моделирования идентифицированы 9 молекул, характеризующихся, согласно расчетным данным, высоким сродством к функционально важному консервативному домену HR1 белка S SARS-CoV-2 [4], обеспечивающему проникновение вируса в целевую клетку. В результате биомедицинского тестирования этих молекул, проведенного в Университете Фудань (Шанхай, Китай), обнаружено соединение-лидер – противоопухолевый препарат Навитоклак (рис. 3), который проявляет высокую противовирусную активность по отношению к различным штаммам SARS-CoV-2 и их вариантам, а также к родственным коронавирусам SARS-CoV и MERS-CoV. На моделях *in vitro* показано, что Навитоклак селективно связывается с терапевтической мишенью, блокируя проникновение вируса в клетки хозяина. Поскольку терапевтический потенциал Навитоклакса известен, он может быть использован в качестве базового соединения для создания эффективного и безопасного противовирусного перорального препарата широкого спектра действия.

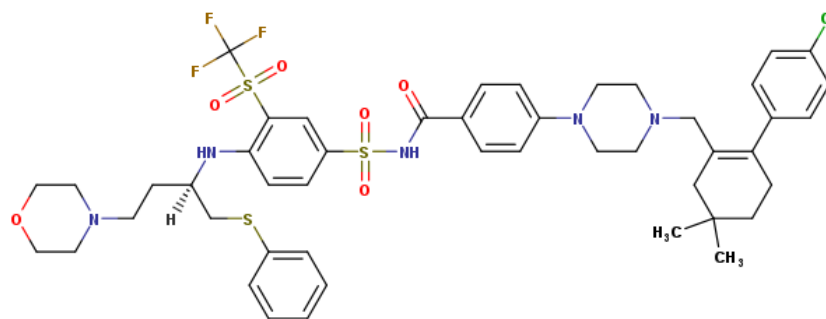


Рис. 3. Химическая структура Навитоклакса

Библиографические ссылки.

1. Computational discovery of small drug-like compounds as potential inhibitors of SARS-CoV-2 main protease / A.M. Andrianov [et al.] // *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, vol. 39, n. 15, 2021, 5779-5791. URL: <https://doi.org/10.1080/07391102.2020.1792989>.

2. Применение технологий виртуального скрининга и молекулярного моделирования для идентификации потенциальных ингибиторов основной протеазы коронавируса SARS-CoV-2 / А.М. Андрианов [и др.] // *Математическая биология и биоинформатика*, Т. 18, № 1, 2023, 15-32.

3. AI-Driven De Novo Design and Molecular Modeling for Discovery of Small-Molecule Compounds as Potential Drug Candidates Targeting SARS-CoV-2 Main Protease / A.M. Andrianov [et al.] // *International Journal of Molecular Sciences*. 2023; 24(9):8083. URL: <https://doi.org/10.3390/ijms24098083>.

4. Repurposing Navitoclax to Block SARS-CoV-2 Fusion and Entry by Targeting Heptapeptide repeat sequence 1 in S2 Protein / Alexander M. Andrianov [et al.] // *J Med Virol*. 2023; 95(10):e29145. doi:10.1002/jmv.29145.

СЕКЦИЯ 1
ВЕБ-ТЕХНОЛОГИИ

ШАБЛОН ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ SHARED MODELS

А. Д. Захаренко

Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, arsen.zaharenko@gmail.com
Научный руководитель: Е. В. Кремень, кандидат физико-математических наук, доцент

Описаны определение, характеристика и особенности использования шаблона проектирования веб-приложений Shared Models. Предлагается новый актуальный подход к решению проблемы консистентности данных в межсервисном взаимодействии. В результате выделены и охарактеризованы принцип работы шаблона, его преимущества и недостатки, а также возможные проблемы при использовании и решения для них.

Ключевые слова: шаблон проектирования; межсервисное взаимодействие; асинхронная коммуникация; консистентность данных; распределенные модели; CQRS; Redis.

Актуальность

Шаблоны проектирования используются для решения типовых проблем, возникающих при разработке веб-приложений, а также для повышения их гибкости, масштабируемости и обслуживаемости, поэтому изучение шаблонов проектирования является актуальным.

В случае сложных веб-систем, состоящих из нескольких сервисов, взаимодействующих между собой, консистентность данных является одной из главных проблем. Поскольку не существует четкого и стандартизированного решения для этой проблемы, предлагается рассмотреть применение шаблона *Shared Models* в качестве интересного подхода к ее решению.

Определение шаблона Shared Models

Shared Models (распределенные модели) – реализация информационного поля, основанная на моделях ORM, несущих в себе функционал передачи своих объектов на другие сервисы при их создании или изменении.

Распределенные модели представлены внутри специального shared-подмодуля, который интегрируется в каждый сервис, использующий такие модели. Использование подмодуля позволяет описать основные свойства моделей, а также базовый принцип передачи объектов в одном месте.

Шаблон *Shared Models* является разновидностью реализации CQRS архитектуры [1], т.к. операции записи и чтения распределенных моделей разделены. Особенность такой реализации в том, что операция записи провоцирует передачу объекта на другие сервисы.

Принцип работы

1. Для передачи данных используется резидентная база данных со своим шаблоном Pub/Sub [2], выступающая в роли брокера сообщений, например, Redis [3];
2. Все сервисы имеют доступ к одной и той же базе данных Redis;
3. Каждый сервис, взаимодействующий с распределенными моделями, имеет свою объектно-реляционную базу данных;
4. Все изменения, записанные в базу данных, связанные с распределенными моделями, должны быть представлены в формате JSON и отправлены в Redis-очередь;
5. Все сервисы должны непрерывно прослушивать привязанные к ним Redis-каналы и записывать все изменения объектов распределенных моделей в свою базу данных.

Преимущества использования

- *Консистентность данных*

Постоянное прослушивание Redis-каналов сервисами обеспечивает актуальность данных на каждом из сервисов и отсутствие конфликтов в будущем.

- *Простота введения*

Для использования в новых сервисах достаточно подключить специальный shared-сабмодуль и использовать распределенные модели, т.к. они уже несут в себе весь необходимый функционал.

- *Повышение производительности*

Асинхронный обмен данными обеспечивает более гибкую и отказоустойчивую архитектуру, где сервисы могут работать независимо друг от друга и обрабатывать сообщения по своему темпу [4].

Недостатки использования

- *Сложность*

Использование брокера сообщений требует дополнительной инфраструктуры, настройки и мониторинга.

- *Уязвимость*

Использование Redis-сервиса для передачи данных является самым уязвимым местом системы, что может потребовать дополнительного тестирования shared-функционала.

Возможные проблемы и их решение

- *Потеря соединения с Redis*

Выход из строя Redis-сервиса означает, что потерян способ передачи данных между сервисами, т.е. остановка работы всей системы. Для предотвращения такого сценария нужно периодически проверять работу Redis-сервиса и иметь в запасе возможность передачи данных через REST API [5].

- *Потеря соединения с одним или несколькими сервисами*

Выход из строя сервиса означает, что он может иметь устаревшую версию данных относительно прочих сервисов. Для предотвращения такого сценария нужно временно сохранять недошедшие сообщения на сервисе-отправителе и отправлять повторно после восстановления принимающего сервиса.

- *Избыточная обработка полей объекта*

При изменении объекта на одном из сервисов лучше отправлять не все данные об объекте, а только измененные поля, т.е. дельту между исходным состоянием и его новым состоянием после редактирования.

Библиографические ссылки

1. CQRS [Electronic resource]. URL: <https://martinfowler.com/bliki/CQRS.html> (date of access: 16.03.2024).

2. Publish-subscribe pattern [Electronic resource]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Publish-subscribe_pattern (date of access: 16.03.2024).

3. Introduction to Redis [Electronic resource]. URL: <https://redis.io/docs/about> (date of access: 16.03.2024).

4. System Design A Comprehensive Guide on Synchronous & Asynchronous Microservice Communication [Electronic resource] URL: <https://medium.com/@systemdesignbychk/system-design-a-comprehensive-guide-on-synchronous-asynchronous-microservice-communication-8bda324943b8> (date of access: 16.03.2024).

5. REST vs Message Brokers: Choosing the Right Communication [Electronic resource] URL: <https://memphis.dev/blog/comparing-rest-and-message-brokers-choosing-the-right-communication> (date of access: 16.03.2024).

АНАЛИЗ ФОТОГРАФИЙ НА ПРЕДМЕТ ПОСТОБРАБОТКИ КАК МЕТОД ВЕРИФИКАЦИИ КОНТЕНТА

И. А. Королев

*Белорусский государственный университет, факультет журналистики,
ул. Кальварийская, 9, 220004, г. Минск, Беларусь. KorolevIA@bsu.by.*

Изложены результаты анализа метода выявления факта постобработки фотографии. На примере инструмента Forensically Beta отражены преимущества и ограничения применения данного метода для выявления поддельных фотографий, что служит повышению качества фотоконтента веб-страниц.

Ключевые слова: верификация; фактчекинг; инструменты верификации; поддельные фотографии.

Для установления достоверности информации журналисты используют различные методы и инструменты. Традиционными для журналистики методами проверки информации остаются: коммуникация с источником информации; поиск первоисточника; подтверждение данных минимум из двух независимых источников; оценка степени заинтересованности источника информации в ее содержании; сопоставление информации с личными наблюдениями и с уже известными ранее сведениями; сопоставление информации с дополнительными данными. Следование приведенным выше методам является основой для профессионального журналиста.

При этом перманентная техническая и социальная медиатизации привела к тому, что сегодня журналисты все чаще сталкиваются с отредактированными фотографиями: достижения в программном обеспечении для редактирования фотографий позволили создавать визуально убедительные подделки, а повсеместное распространение поддельных изображений подрывало наше доверие к фотографии [1, с. 1]. Ввиду этого журналисты вынуждены искать новые методы и инструменты верификации фотоконтента.

Одним из методов установления подлинности фотографий является анализ фотоконтента на предмет редактирования (постобработки). Среди технических инструментов, обеспечивающих определение факта постобработки фотографии, можно выделить сайт Forensically Beta [2]. Инструмент «стремится упростить процесс анализа. Он работает как микроскоп – выделяя артефакты и детали, которые человеческий глаз не в состоянии идентифицировать» [3].

Данный инструмент имеет несколько опций для анализа снимка. Первая из них – «Clone Detection» («детектор клонов») – позволяет распознавать элементы копирования, т.е. находить те области фотографии, которые были скопированы и вставлены один или более раз. Например, подобной обработке могут подвергаться снимки с массовых мероприятий, где количество участников значительно увеличено путем копирования фрагментов фотографии. В то же время необходимо отметить, что, как было установлено автором в ходе тестирования инструмента, данная опция не позволяет определить скопированные элементы Excel-таблиц. Это дает основание полагать, что программа хуже справляется со скопированными элементами, находящимися на белом фоне.

Другая опция инструмента Forensically Beta – «Error Level Analysis» («анализ уровня ошибок») позволяет определить, какие области фотографии подвергались редактированию: «при анализе уровня ошибок любая область, которая светлее или темнее других, свидетельствует о том, что она была изменена» [4]. Для подтверждения данного тезиса автором исследования был проведен эксперимент. В сервис Forensically Beta была загружена оригинальная фотография, затем эта же фотография подверглась редактированию в программе Photoshop: была значительно увеличена яркость и контрастность одной из областей фотографии. Опция «Error

Level Analysis» отчетливо показала, что область, над которой были произведены манипуляции, заметно отличается от остальной фотографии, в частности одним из свидетельств постобработки фотографии являются более контрастные края отредактированной области. Хотя изначально края всех фигур на изображении должны иметь примерно одинаковую яркость.

Следующая опция – «Noise Analysis» («анализ шума»), «основана на алгоритме обратного подавления шума» [4]. Инструмент эффективно проявил себя при анализе предварительно обработанной в Photoshop фотографии, на которой были объединены два снимка. Эффективная работа инструмента становится возможной ввиду того, что каждая фотография имеет свой уникальный уровень шума.

Ограничением опций «Error Level Analysis» и «Noise Analysis», как и других функций, направленных на определение постобработки файла, является тот факт, что данные функции становятся нерелевантными при работе с фотографиями, имеющими низкое разрешение. Другими словами, журналист не сможет проанализировать скачанную из социальных сетей фотографию, для этого ему необходимо будет запросить у загрузившего ее пользователя оригинал в высоком качестве.

Резюмируя, отметим, что в данный момент не существует общепринятого подхода к установлению достоверности визуального контента, а работа над его проверкой представляет собой анализ совокупности доказательств правдивости/ложности рассматриваемого объекта и принятие на их основе решения о публикации/не публикации материала в СМИ.

Библиографические ссылки

1. Kee E., O'brien J. F. Farid H. Exposing Photo Manipulation from Shading and Shadows // ACM Transactions on Graphics. 2014. Vol. 33, iss. 5. P. 1-21.
2. Forensically beta [Electronic resource] // 29a.ch. URL: <https://29a.ch/photo-forensics/> (date of access: 12.02.2023).
3. Tutorial: Using FotoForensics [Electronic resource] // FotoForensics. URL: <https://fotoforensics.com/tutorial-about.php#:~:text=FotoForensics%20provides%20budding%20researchers%20and,evaluate%20a%20picture%20in%20minutes> (date of access: 23.05.2022).
4. Бердецкая О. Как проверить, была ли изменена фотография. Forensically [Электронный ресурс] // Sdelano.media. URL: <https://sdelano.media/forensically/> (дата обращения: 27.03.2023).

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ АДАПТИВНОЙ БАННЕРНОЙ РЕКЛАМЫ ДЛЯ ЯНДЕКС ДИРЕКТ И GOOGLE ADS

И. Р. Лукьянович¹⁾, Е. А. Грибовская²⁾

¹⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, lukianinna12345@gmail.com

²⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, egribovskaya484@gmail.com

Рассмотрены важнейшие характеристики рекламных блоков для адаптивных сайтов, требования Яндекс Директ и Google Ads к баннерной рекламе, а также технологии и инструменты ее реализации, их достоинства, недостатки и особенности.

Ключевые слова: баннерная реклама; адаптивные сайты; текстово-графические объявления; Яндекс Директ; адаптивные медийные объявления; Google Ads; медиазапросы в CSS; баннер HTML5.

Назначение, виды и основные аспекты разработки баннерной рекламы

Баннер – это графический блок веб-страницы, предназначенный для рекламы. Он как правило содержит текст, видео, статичные и анимированные изображения. Клик по баннеру ведет на рекламируемый сайт и монетизируется. Этот блок предназначен для выявления и стимулирования интереса пользователей к определенному продукту с целью развития системы сбыта – лидогенерации [1]. Баннерная реклама также способствует узнаваемости бренда, информирует о новом продукте или услуге, служит привлечению внимания и возникновению положительных эмоций у пользователей.

Благодаря качественным и привлекательным баннерам, рекламодатели могут максимально эффективно достигать своей целевой аудитории и повышать конверсию – процентное соотношение количества посетителей к целевым заявкам [2].

Баннерная реклама запускается через рекламные кабинеты, которые представляют собой инструмент для пользователей, которые хотят использовать эту площадку для рекламы и продвижения своих товаров и услуг. Наибольший интерес для белорусского сектора Интернета представляют рекламные кабинеты соцсетей, myTarget, а также Яндекс Директ и Google Ads. Особенности баннерной рекламы для последних и рассматриваются в этой работе.

Яндекс и Google – два поисковых гиганта, которые предоставляют услуги по размещению медийных баннеров. На Яндексе есть два варианта размещения баннеров – графические и текстово-графические объявления (ТГО). Google Ads также размещает в своей сети два типа рекламных блоков – графические и адаптивные медийные объявления (АМО).

Важнейшими аспектами разработки баннеров являются: определение целевой аудитории [2], создание креативной концепции, выбор подходящих графических элементов, цветовой палитры и шрифтов, использование анимации и пр. К графическим элементам относят фотографии, рендеры (biased и unbiased) [3], векторная графика. Цветовая палитра должна соответствовать фирменному стилю компании, а шрифты удобочитаемыми. Анимация и креативная концепция разрабатываются с учетом направления компании.

Понимание целевой аудитории является критическим фактором при разработке баннера. Необходимо анализировать предпочтения и интересы целевой аудитории, а также учитывать особенности конкретного бренда или продукта, чтобы создать баннер, который максимально соответствует потребностям и ожиданиям рекламодателя [2].

Требования, ограничения и практика создания баннеров для Яндекс Директ

Для размещения рекламного контента в Яндекс Директ и Google Ads существуют требования, в частности, редакционные и технические правила [4]. Практика их применения позволила сформулировать следующие ограничения, правила и приемы разработки баннерной рекламы для Яндекс Директ (см. табл. 1 и 2).

Таблица 1

Правила разработки графических баннеров для Яндекс Директ

Формат файлов	JPEG, PNG, GIF, HTML5 (только медийная компания)
Ограничения	<p>баннер должен иметь непрозрачный фон и обрамление в 1 px цветом, не совпадающим с фоном баннера;</p> <p>добавить логотип;</p> <p>на баннере может быть кнопка с призывом к действию (“Купить”, “Заказать”, “Выбрать” и пр.);</p> <p>текст на баннере должен быть контрастным и легко читаемым;</p> <p>изображение должно быть высокого качества (не размытое и четкое);</p> <p>в GIF-анимации не использовать резко перемещающиеся и мелькающие элементы, мигающий фон;</p> <p>время переключения между кадрами должно быть достаточным для прочтения всего текста;</p> <p>ZIP-архив содержит один HTML-файл и несколько файлов в форматах JS, JSON, CSS, JPG, GIF, PNG, SVG;</p> <p>в архивах игнорируется содержимое папки _MACOSX и файлы .DS_Store;</p> <p>максимальное число файлов – 50</p>
Размеры, КБ	до 150
Размеры, px	240x400; 300x250; 728x90; 300x600; 970x250; 336x280; 640x100; 300x500



Рис. 1. Графические баннеры различных размеров для Яндекс Директ

ТГО – рекламные объявления, которые можно запустить в системе Яндекс Директ. Такие объявления отображаются в поиске Яндекса и на страницах рекламной сети Яндекса и выглядят как текст и изображение к нему [2].

Правила разработки текстово-графических объявлений Яндекс Директ

Формат файлов	JPEG, PNG, GIF (будет использован только первый кадр)
Ограничения	добавить логотип в центре изображения – при показе рекламного объявления оно может быть обрезано; без кнопки; если нужно разместить текст – размещать ближе к центру изображения, текст сокращать до минимума; изображение должно быть высокого качества
Размеры, МБ	до 10
Размеры, px	1080x1080 и 1080x607



Рис. 2. Текстово-графические объявления Яндекс Директ

Особенности реализации баннерной рекламы для Google Ads

Технологические приемы создания графических баннеров для Google Ads [5] аналогичны правилам разработки Яндекс Директ и дополнительно позволяют использовать следующие размеры рекламных блоков (в пикселях): 580x400, 320x50, 640x960, 960x640, 250x250, 468x60, 160x600.

АМО в Google Ads дают возможность показать рекламу почти на любой площадке и в любом рекламном блоке, однако, кроме изложенных в [5], следует соблюдать правила, представленные в табл. 3.

Правила для Google Ads

Формат файлов	JPG, PNG
Ограничения	без логотипа (он добавляется отдельно в объявление) без кнопки и элементов, которые могут напоминать кнопку не более 20% текста на изображении поместите то, что рекламируется в центр изображения высокое качества изображение
Размеры, px	Изображения: 1200x1200 (1:1) 1200x628 (1,91:1) 960x1200 (4:5) Логотипы: 1200x1200 (1:1) 1200x300 (4:1)



Рис. 3. Адаптивные медийные объявления Google Ads

Адаптивный дизайн баннеров

Адаптивный дизайн баннеров с использованием *HTML* и *CSS* позволяет создавать гибкие и привлекательные рекламные материалы, которые эффективно отображаются на различных устройствах. Одним из ключевых аспектов адаптивного дизайна баннеров является использование медиазапросов в *CSS*.

Есть два варианта адаптации рекламных блоков, которые работают по-разному. Первый вариант относится к баннерам, которые сделаны дизайнерами в графических редакторах: на разных устройствах и позициях требуются изображения разных размеров.

Второй вариант – написать баннер на *HTML5* и адаптировать через *CSS*. Используются, например, три изображения разных размеров, а также классы *small*, *medium* и *large* в медиазапросах для задания различных стилей в *CSS* в зависимости от размера экрана устройства.

Иной подход к реализации адаптивных баннеров предоставляют инструменты *HTML 5 CSS 3*. Он, впрочем, единственный для достижения такой же гибкости, как и *HTML5*-разметка. Кроме того, он имеет следующие неоспоримые достоинства: полную доступность *HTML*-рекламы, минимальный размер файла *HTML*-баннера, возможность внесения в баннер изменений уже после его размещения – баннеры могут задействовать динамические сценарии и базы данных на серверной стороне.

Это достигается с помощью следующих приемов работы. Во-первых, баннер создается как резиновая *HTML5*-страница. Во-вторых, такой баннер может быть размещен на любом веб-сайте посредством плавающего фрейма *iframe*. В-третьих, адаптивная верстка требует, чтобы элементы страницы имели переменную ширину, поэтому баннеры тоже должны придерживаться этого соглашения. Высота в адаптивной разметке не столь важна, то есть можно указать любое необходимое значение высоты.

Для сохранения обратной совместимости адаптивные баннеры должны иметь те же значения высоты, что и традиционные. Теоретически можно создать баннеры, работающие с любой шириной/высотой, но их будет излишне сложно конструировать или тестировать. Если требуется, чтобы баннер адаптировался еще и по высоте – достичь этого можно путем изменения размера *iframe*'а при помощи *CSS* медиазапросов.

Важнейшей особенностью *HTML5*-баннеров является возможность обрабатывать их в *Google Analytics* – как и обычный веб-сайт. Фактически, мы получаем намного больше данных, чем от типичной системы показа рекламы. Появляется возможность отследить не только количество показов баннера (*banner impression tracking*), но и рефереров, браузеры, разрешения экранов, мобильные устройства, популярные страны/города и пр.

Заключение

Разработка баннеров для Яндекса и *Google* играет важную роль в создании эффективной рекламной кампании и успешной презентации продукта или услуги. Они обеспечивают широ-

кий охват аудитории, гибкость в выборе формата рекламы, возможность таргетирования и доступ к подробным аналитическим данным для оптимизации результатов размещенной рекламы [2].

Библиографические ссылки

1. Баннер [Электронный ресурс] / Единая платформа для маркетинга и продаж SendPulse. URL: <https://sendpulse.com/ru/support/glossary/banner>. SendPulse Inc 2015-2024 (дата обращения: 31.03.2024).

2. Что такое целевая аудитория [Электронный ресурс] / ТехТерра. Брендформанс-агентство интернет-маркетинга. URL: <https://texterra.ru/blog/tselevaya-auditoriya-zachem-znat-svoego-klienta.html>. ТехТерра 2024 (дата обращения: 31.03.2024).

3. Выбор рендера [Электронный ресурс] / RENDER.RU. / Ресурс по компьютерной графике и анимации. URL: <https://render.ru/ru/articles/post/9943> render.ru 1999-2024 (дата обращения: 31.03.2024).

4. Баннерная реклама. Требования к рекламным материалам Правовые документы. Помощь. URL: https://yandex.by/legal/banner_adv_rules/ ООО «Яндекс» 2015-2024 (дата обращения: 31.03.2024).

5. Объявления и расширения / Редактор Google Рекламы. URL: https://support.google.com/google-ads/editor/topic/2487414?hl=ru&ref_topic=2484471&sjid=365478433693553441-EU Google LLC, 2024 (дата обращения: 31.03.2024).

АДАПТАЦИЯ ГРАФИЧЕСКОГО КОНТЕНТА ДЛЯ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

И. Р. Лукьянович¹⁾, Д. Д. Хоруженко²⁾

¹⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, lukianinna12345@gmail.com

²⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск Беларусь, daha.sunny@mail.ru

Графическая информация размещается в социальных сетях в соответствии с правилами, определяющими формат, размеры и пропорции. Во избежание потери контента, который выкладывается в различные социальные сети, его необходимо адаптировать, создавая несколько макетов по требованиям каждой сети.

Ключевые слова: социальные сети; адаптация графического контента; публикации в ленте; публикации в шапка профиля; полномасштабное изображение; миниатюра обложки; изображения для постов; элементы интерфейса.

Визуальный контент в соцсетях и его адаптация

Социальные сети – не только площадка для общения, позволяющая поделиться своими мыслями, увлечениями и интересами. Они являются важным медийным ресурсом для представления организации, сообщества или личности, развития коммуникации и создания социальных связей. Профессиональные социальные сети, кроме того, организуют общение на профессиональные темы, обмен опытом и информацией, поиск и предложения вакансий, развитие деловых связей. Разработка графического контента социальной сети представляет трудоемкую задачу, ввиду его важности для привлекательности контента, создания нужных акцентов и впечатления. Различают следующие виды визуального контента в соцсетях: фотографии, видео, картинка, мем, инфографика и графика, картинка с цитатой, оцифрованный контент, скриншоты, и пр [1].

Это содержимое, как правило, нуждается в адаптации – изменению, согласно правилам и форматам конкретной сети. Этот аспект адаптации включает в себя приведение к нужным размерам и форматам изображений, видео, типографики, цветовых схем и других визуальных элементов, которые будут использоваться. Адаптация контента под различные платформы также подразумевает учет особенностей взаимодействия пользователей с контентом в каждой социальной сети.

Социальная сеть выставляя обрезающую рамку на предложенном макете позволяет выбрать ту его часть, которая будет размещена (рис. 1). Файлы, размер которых больше разрешенного, не принимаются.

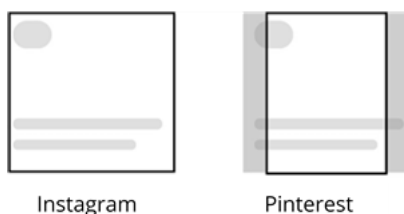


Рис. 1. Обрезающая рамка в Instagram и Pinterest

За адаптацию контента отвечает дизайнер, который должен создать несколько макетов для разных социальных сетей, следуя требованиям каждой из них, во избежание потери контента (рис.1).

Адаптивный дизайн призван решить несколько проблем, вывода изображений: показ меньших изображений на меньших экранах; использование преимуществ плотности экранов; изменение фокуса изображений на разных разрешениях; использование типов файлов, которые не поддерживаются всеми браузерами [2]. Некоторые виды графического контента меняют свой внешний вид в зависимости от разрешения устройства [2]. При выставлении содержимого такого типа следует учитывать, что будет принят один макет, а для меньших разрешений он будет обрезан инструментами визуализации соцсети (рис. 2).

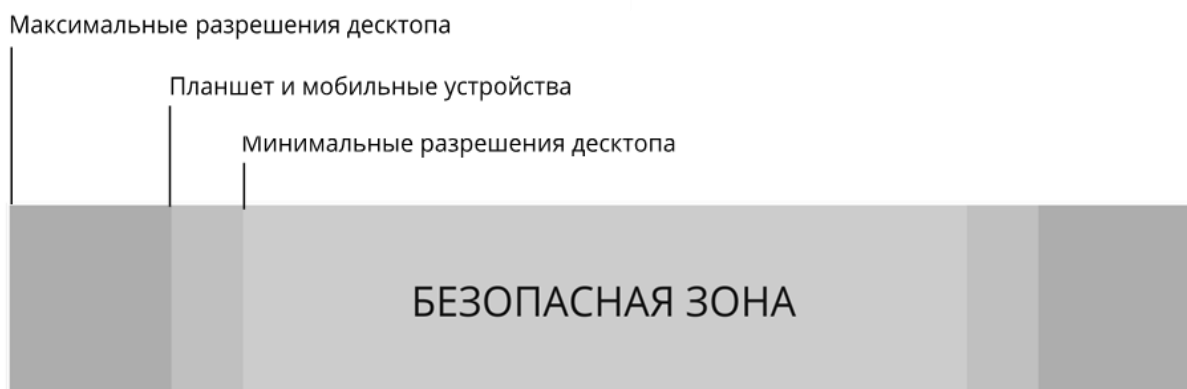


Рис. 2. Ширина макета для различных устройств и разрешений

Большая часть контента в социальных сетях является неадаптивной. Это означает, что дизайнеру не нужно продумывать, как будет выглядеть публикация на различных разрешениях. Она будет отображаться идентично на всех устройствах, лишь пропорционально уменьшаясь или увеличиваясь (рис. 3).

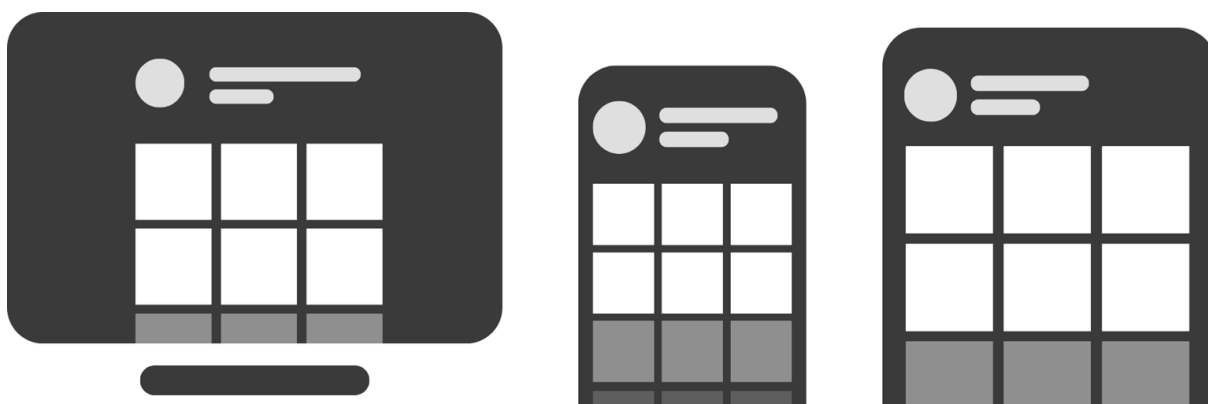


Рис. 3. Отображение неадаптивного графического контента на разных устройствах

Особенности разработки шапки профиля, обложки к видео и публикации

Для разработки практически любого профиля и канала наибольшее значение имеют графика для шапки профиля, обложки к видео и публикации. Рассмотрим основные особенности разработки этих блоков для YouTube, LinkedIn, Instagram и VK.

Шапка профиля YouTube должна иметь форматы jpg или png и разрешение, не менее 2048×1152 px. Размер файла – не более 6 МБ [3].

YouTube работает не с разрешением устройства, а с его типом. В зависимости от типа устройства предоставленный макет кадрируется в соответствии с шаблоном и масштабируется на всем диапазоне разрешений, возможных на устройствах данного типа. Например, на всех компьютерах баннер будет лишь масштабироваться [3].

На рис. 4 представлена схема, которую YouTube предлагает при загрузке баннера. Она иллюстрирует зависимость доступности контента от типа устройства: центральная секция будет отображаться на всех устройствах, линия невидимого контура на компьютерах и телевизорах, наибольшая область – только на телевизорах.

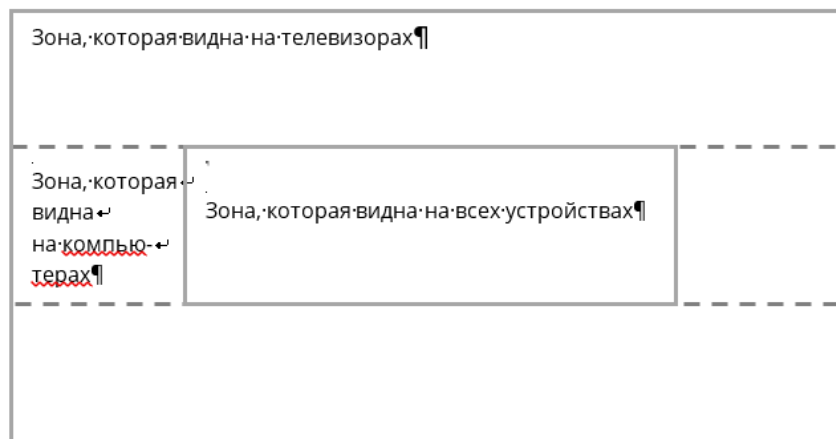


Рис. 4. Отображение шапки профиля YouTube на различных устройствах

Для качественного оформления обложки канала можно рекомендовать размеры – 2560×1440 px, с учетом минимального размера безопасной зоны – 1546×423 px.

Для шапки профиля LinkedIn разрешены форматы файлов jpg, png и gif. Размер файла при этом – не более 8 МБ. Разрешение графики для профиля компании должно быть 1128×191 px, а для личного профиля – 1584 x 396 px.

LinkedIn предоставляет только ограничения по размерам файла. Информации о том, как баннер будет отображаться на различных устройствах нет. Имеется только указание в справке: “Представление изображения может различаться в зависимости от размера окна веб-браузера и разрешения экрана” [4].

Баннер обрезается по краям к центру, поэтому с учетом ширины экрана компьютера и размеров мини-устройства, важный контент следует центрировать (рис. 5).



Рис. 5. Область целостности контента для мини-устройств в LinkedIn

Шапка профиля VK позволяет размещать графику в форматах png, jpg и gif размером не более 6 МБ. Размер шапки – не менее 1590×400 px [5].

В мобильной версии и приложениях отображается только часть обложки размером 1196×400 px. При создании обложки учитываются также элементы интерфейса мобильного телефона – нужно сделать соответствующие отступы – 85 px сверху и 140 px по краям. При несоблюдении пропорций ВКонтакте автоматически обрежет обложку (рис. 6).

Публикации в Instagram. Типами графических файлов для публикации, которые разрешены в этой сети, являются jpg, png, heic/heif [6]. Изображения в Instagram имеют два представления: в профиле и в ленте сообщений. Соотношение сторон в первом случае должно быть 1:1, во втором – от 1,91:1 до 4:5. Размер публикации может быть любым в разрешенном диапазоне – до 30 МБ – однако, при отображении в профиле публикация будет обрезана до соотношения сторон 1:1. Рекомендуемый размер – 320 до 1080 px (рис. 7).

Публикации LinkedIn. Типы файлов, которые принимает сеть – jpg, png. Размер файла: – не более 5 МБ. Диапазон соотношений сторон составляет от 3:1 до 2:3 (рис. 7). Рекомендуемый

размер изображений – не менее 552 x 276 px. Публикации в LinkedIn не меняют своих пропорций в зависимости от места отображения, однако наилучшим размером следует считать: 1200×628 px [7].



Рис. 6. Размеры обложки профиля VK на различных устройствах

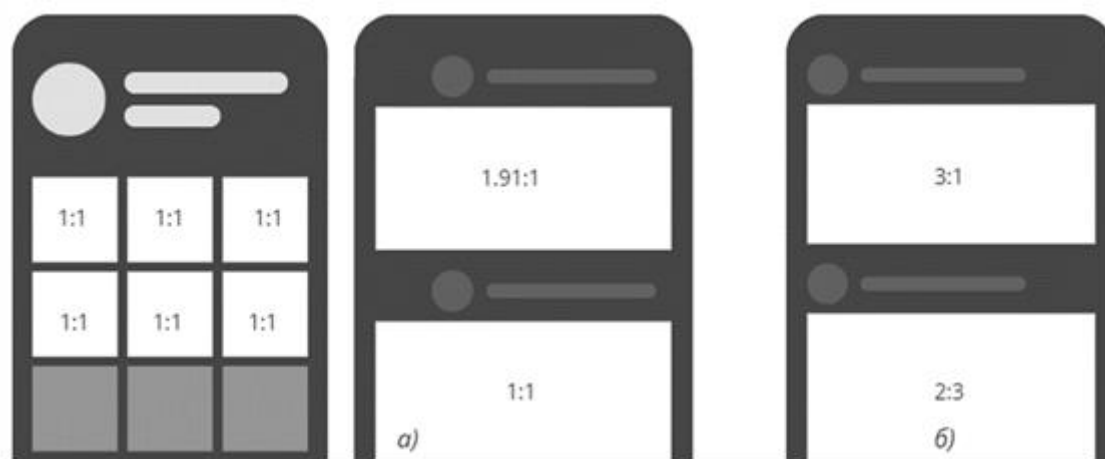


Рис. 7. Пропорции и размещение изображений а) в профиле и в ленте Instagram б) в ленте LinkedIn

В публикации VK графика может быть размещена в форматах png, jpg. Ограничение размеров графики в сторис – 4 ГБ. Минимальное разрешение горизонтальной картинки – 510×300, вертикальной картинки – 700×500. Максимальный размер: 1000×700 px [8].

Обложка к видео в YouTube. Эти обложки размещаются в форматах jpg, gif и png, размером файла не больше 2 МБ [9]. YouTube предоставляет авторам контента возможность загружать обложки перечисленных форматов в разном разрешении. Однако, чтобы изображение хорошо смотрелось на разных экранах, следует выполнить картинку, согласно следующим техническим требованиям: соотношение сторон – 16:9, разрешение – не менее 640 px, по большей стороне, желательно, 1280 × 720 px.

Обложка к видео в Instagram. Instagram Reels предоставляет возможность добавлять к видео обложку и отображать ее на главной странице в форматах jpg и png. Если во вкладке Reel обложки отображаются полномасштабно, то на главной странице они отображаются в формате квадрата, и выбрать часть обложки для основной ленты нельзя – это всегда центральный

квадрат [10]. Поэтому важно сбалансировать дизайн так, чтобы и в полномасштабном отображении обложка смотрелась хорошо, и чтобы в квадратной миниатюре контент не отображался обрезанным. Разрешение картинки должно быть 420 × 654 px, а соотношение сторон – 1:1,55.

Заключение

Правила размещения графического контента для различных блоков соцсетей отличаются в части форматов, размеров, пропорций и особенностей генерирования сетью контента из представленного графического материала. Они требуют детального изучения и неукоснительного выполнения для успешного ведения ресурсов, поскольку без качественной графики невозможно привлечь внимание посетителей соцсети.

Библиографические ссылки

1. Контент-маркетинг: идеи визуального контентного превосходства для соцсетей [Электронный ресурс] / Редакция SMMplanner, Вероника Чурсина SMMplanner 2016-2021. URL: <https://smmplanner.com/blog/kontent-marketing-idei-vizualnogo-prevoshodstva/> (дата обращения: 31.03.2024).
2. Complete Guide to Responsive Images! [Electronic resource] / Elad Shechter Sep 23, 2019. URL: <https://elad.medium.com/a-complete-guide-for-responsive-images-b13db359c6c7> (date of access: 31.03.2024).
3. Баннер канала и фото профиля [Электронный ресурс] /Справочный центр / Сообщество / Советы авторам Google LLC, 2024. URL: <https://support.google.com/youtube/answer/12950272?hl=ru&sjid=6744294766550240333-EU> (дата обращения: 31.03.2024).
4. Как поделиться фотографиями или видеороликами [Электронный ресурс] / In Справка / LinkedIn Corporation © 2024. URL: <https://www.linkedin.com/help/linkedin/answer/a527229?lang=ru> (дата обращения: 31.03.2024).
5. Как добавить обложку в сообщество? [Электронный ресурс] / Список вопросов / ВКонтакте © 2006-2024. URL: <https://vk.com/faq18266?q=%D0%B1%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D1%80> (дата обращения: 31.03.2024).
6. Share a Post [Electronic resource] / Sharing Photos and Videos / Instagram Features / Meta © 2024. URL: https://www.facebook.com/help/instagram/488619974671134/?helpref=hc_fnav (date of access: 31.03.2024).
7. Как поделиться фотографиями или видеороликами [Электронный ресурс] / Справка. LinkedIn Corporation©2024. URL: <https://www.linkedin.com/help/linkedin/answer/a527229?lang=ru> (дата обращения: 31.03.2024).
8. Размеры изображений в соцсетях: актуальный гид на 2020 год [Электронный ресурс] / Интернет-маркетинг от Convert Monster. URL: https://vk.com/@convert_monster-razmery-izobrazhenii-v-socsetyah-aktualnyi-gid-na-2020-god (дата обращения: 31.03.2024)
9. Как сделать превью для YouTube [Электронный ресурс] / © Movavi.ru. URL: <https://www.movavi.ru/learning-portal/youtube-preview.html> (дата обращения: 31.03.2024).
10. Reels [Electronic resource] / Instagram Features © 2024 Meta. URL: https://www.facebook.com/help/instagram/270447560766967/?helpref=hc_fnav (date of access: 31.03.2024).

О ПОДХОДАХ К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Л. В. Рудикова-Фронхёфер

*Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»,
ул. Ожешко, 22, 230022, г. Гродно, Беларусь, rudikowa@gmail.com*

В статье излагаются общие подходы к построению системы накопления и обработки данных городской среды. Для определения составляющих городской среды, а также моделирования отдельных аспектов используется системный подход, который учитывает определенные ограничения и специфику предметной области взаимодействия городской среды и горожан. Кроме того, приводятся рекомендации по реализации универсальной системы данных городской среды на основе технологии складирования данных. Полученные результаты важны для методологии разработки универсальной системы городской среды, а также – расширения формальных описаний для теории урбанистики.

Ключевые слова: городская среда; модель; объекты городской среды; системный анализ; прагматическая модель; архитектура системы; технология складирования данных.

Развитие современных городов – нелинейная и сложная задача, для решения которой следует учитывать большое число средовых, социальных, экономических и экологических аспектов, а также необходимо согласовывать комплекс взаимосвязанных мероприятий, совместно обеспечивающих достижение поставленных целей развития. Сложность управления процессом формирования новых и модификации имеющихся городских территорий определяется количеством различных взаимосвязанных факторов и заинтересованных лиц, требующих учета всех составляющих при планировании мероприятий. Итоговой целью развития современных городов, несомненно, является улучшение качества жизни населения и развития стратегического потенциала города [1-4].

Основная концепция предлагаемой системы для хранения и анализа данных городской среды основана на технологии складирования данных. Разработка системы наряду с транзакционными системами предполагает использованием хранилища данных с учетом того, что, в конечном итоге, универсальная система будет предоставлять большой комплекс услуг соответствующим группам пользователей. Очевидно, что ресурсоемкость системы будет расти по мере того, как система будет наполняться данными и обслуживать все большее количество пользователей. Немаловажную роль в плане определения концепции построения системы также играет необходимость осуществления аналитической обработки поступающих данных, поиска информации, хранение документов, а также предоставление программного интерфейса для доступа к функциональности системы извне [5–8].

Отметим, что формирование архитектурной концепции системы, включающей учет требований к современным городам, основано на понятии прагматической модели города [3, 4].

Формирование прагматической модели городской среды направлено на учет потребительских свойств городской среды с точки зрения объективно выраженных условий жизни горожан. Прагматическая модель строится на концепциях городских инфраструктур-функций-услуг. На рис. 1 представлена основная схема городских инфраструктур, которые можно рассматривать как важные для городской среды. Одни и те же сервисы могут быть включены в разные городские инфраструктуры и одновременно выполнять разные функции. Например, парк может служить как туристическим центром, так и зоной отдыха. По этой причине, в настоящее время один из самых популярных способов описания городской среды является использование онтологического подхода [9]. Созданные онтологии городов предполагают

наиболее полное описание сущностей и компонентов городской среды в целом [10, 11] или в рамках отдельных предметных областей. Например, онтология транспорта [12], онтология Интернета вещей [13].

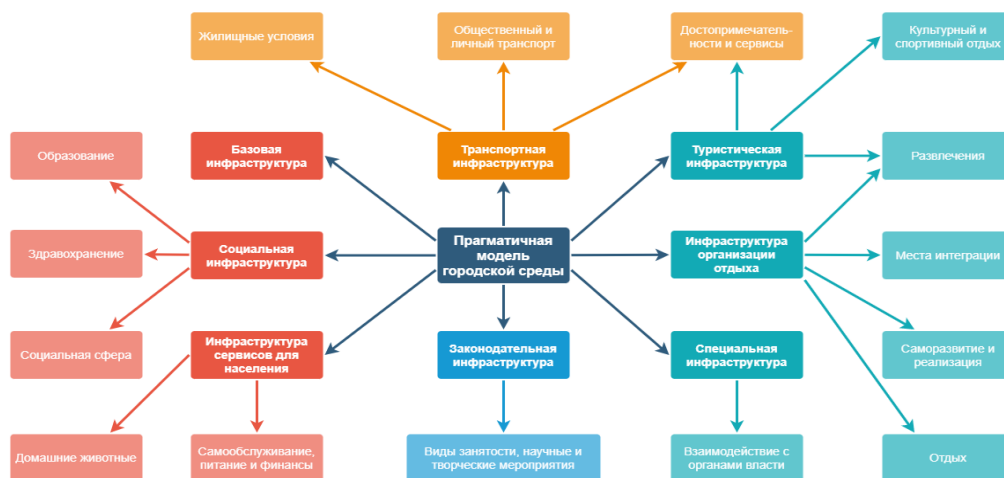


Рис. 1. Схема основных городских инфраструктур

Таким образом, может быть предложена концептуальная модель, где для каждой инфраструктуры $I \in \mathbf{I}$, где \mathbf{I} – конечный набор всех городских инфраструктур, определен состав функций $\{f_1, \dots, f_n\} \in I$, где каждая функция реализуется через конечный набор услуг $\{a_1, \dots, a_m\} \in f_i$.

При построении прагматической модели городской среды учитывается способность инфраструктур, сформированных городскими функциями и услугами, удовлетворять потребности горожан. Предлагается следующая модель, основанная на исследованиях в области оказания услуг горожанам.

Для каждой городской службы учитываются следующие параметры.

Территориальное расположение службы. Этот параметр задается координатами услуги, если она физически расположена в городской среде, или зоной покрытия, если есть возможность получить услугу на заказ.

Мощность услуги P , которая определяет легкость получения услуги для большого количества желающих, или объем потока клиентов, который услуга может обслуживать в единицу времени. В рамках данной статьи дискретное измерение мощности используется на трех уровнях: «1» – соответствует малому бизнесу; «2» – соответствует небольшим сетевым организациям; «3» – крупные центры обслуживания населения.

Сотрудничество $K_{a_1, a_2} = K(a_1, a_2)$ – характеристика, определяющая повышение потребительских свойств услуги при наличии других услуг в непосредственной близости. В этой статье дискретное измерение сотрудничества используется также на трех уровнях: «1» – службы не взаимодействуют друг с другом; «2» – услуги немного повышают привлекательность в сотрудничестве; «3» – значительный рост привлекательности в сотрудничестве.

Безопасность $S \in [0, \dots, 1]$ – характеристика, определяющая возможность получения услуги без вреда для клиента. Значение $S = 0$ соответствует абсолютно безопасному получению услуги, $S = 1$ самому опасному.

Физический комфорт $PC \in [0, \dots, 1]$ – характеристика, определяющая физическую легкость получения услуг клиентами любой социальной группы. $PC = 0$ соответствует худшему значению комфорта, лучшему $PC = 1$.

Эстетический комфорт $VC \in [0, \dots, 1]$ – это характеристика, которая определяет качество дизайна и предоставления услуг, включая окружающий контекст. $VC = 0$ соответствует худшему значению комфорта, $C = 1$ лучшему.

Следует отметить, что этот список не является полным и может быть дополнен или исправлен. Отметим также, что значение параметров P , K , которые определяются на основе свойств услуг, представленных в исходных данных, значение параметров S , PC , VC , определяются на основании данных жалоб обращения населения к конкретным объектам городской среды, реализующим соответствующие услуги.

На рис. 2 представлена диаграмма компонентов для универсальной системы накопления и анализа данных городской среды, которая базируется на технологии складирования данных.

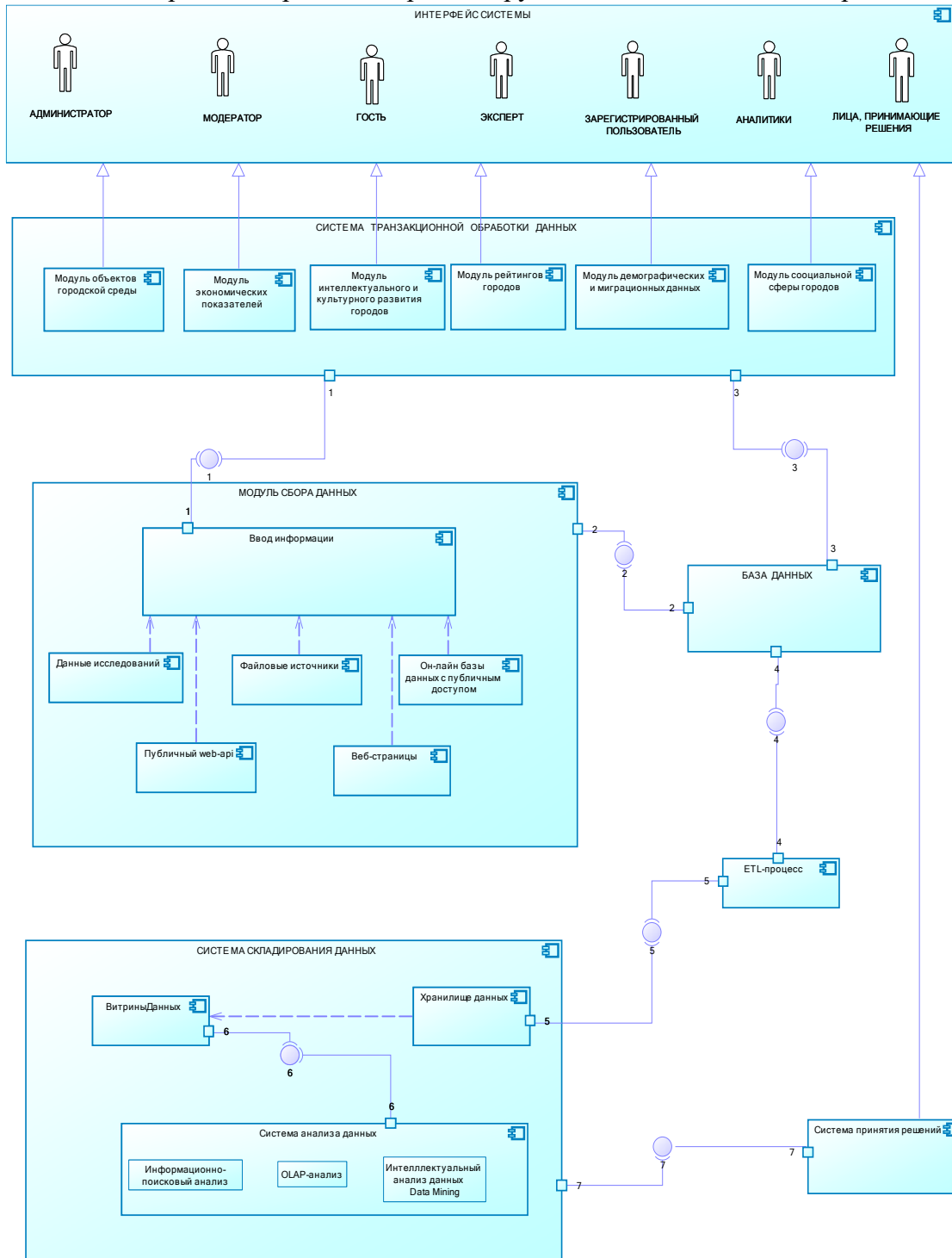


Рис. 2. Диаграмма компонентов для системы городской среды

Основными компонентами системы выступают *Система транзакционной обработки данных, Модуль сбора данных, База данных, Система складирования данных*. Кроме того, важные аспекты связаны также с ETL-процессом и Системой принятия решения.

Основная часть работы с системой приходится на транзакционную обработку данных, т.е. непосредственная работа с реальными данными охватывает обработку данных объектов городской среды, обработку экономических показателей городской среды, работу с расчетом индексов городов, проведение анализа данных текущих данных интеллектуального и культурного развития города, статистическую обработку демографических и миграционных данных, работу с данными социальной сферы.

Данный функционал доступен через единый веб-интерфейс пользователя и поддерживается соответствующим для каждой группы. Отдельно реализуется модуль сбора данных: в нем должен поддерживаться ввод данных через интерфейс, должны добавляться соответствующие данные из файлов исследований, данные из наследуемых файлов, файлов онлайн баз данных, производится сбор данных с веб-страниц и через публичный веб-аpi. Информация Модуля сбора данных доступна через интерфейс обмена данными Системе транзакционной обработки данных, а также Базе данных через соответствующие порты. Естественно, для дальнейшего накопления и обработки данных с использованием OLAP-средств и методов DataMining, предусматривается Система складирования данных, основу которой составляет Хранилище данных.

ETL-процесс поддерживает процесс извлечения информации из Базы данных (в системе возможна распределенная база данных или же совокупность OLTP-систем), ее преобразование в соответствии с требованиями к формату данных в хранилище, и непосредственную загрузку данных в хранилище данных. Для поддержки ETL-процесса применяются программы извлечения данных для чтения записей в исходной базе данных и для подготовки информации, хранящейся в этих записях, к процессу преобразования. Для извлечения данных из исходной базы данных можно поступить следующим образом: разработать собственные программы, выбрать готовое специализированное программное обеспечение для ETL-процесса или же использовать собственное и готовое ПО.

Архитектура области Хранилища данных, как правило, состоит из следующих областей.

Область временного хранения данных (Staging Area) – предназначена для временного хранения данных, извлеченных из систем-источников; является промежуточным слоем между операционными системами компании и хранилищем данных и включает: витрины данных (Data Marts) – тематические наборы данных, хранящиеся в виде пригодном для их анализа; витрины данных ориентированы на поддержку конкретных бизнес-процессов, приложений, подразделений компании, бизнес-целей; интерфейсы обмена данными с другими системами (Data Exchange Interface или Feedback Area) – таблицы базы данных, в которых хранятся подготовленные для передачи в другие информационные системы компании данные из области постоянного хранения данных.

Область постоянного хранения данных включает: детальные данные (System of records) – область хранения детальных данных, приведенных к структуре модели данных корпоративного хранилища, прошедших очистку и обогащение; агрегаты (Summary area) – сгруппированные по времени (чаще просуммированные) детальные данные; метаданные (Metadata) – являются важной частью архитектуры хранилища данных, которые описывают структуры для хранения данных; архивные данные (Archive data) – для длительного хранения данных.

В нашем случае Витрины данных вынесены в отдельный компонент в силу того, что через них будут поступать требуемые данные в Систему анализа данных, причем, нагрузка потоков данных будет достаточно высока.

Как правило, система анализа данных может быть расширяемой и иметь модульную структуру. Основные программно-системные модули, которые добавляются в нашу систему

анализа следующие: подсистема информационно-поискового анализа, включающая информационный поиск, визуальный поиск и семантический поиск; подсистема OLAP-анализа (англ. online analytical processing – интерактивная аналитическая обработка) – технология обработки данных, которая предоставляет итоговую (суммарную, агрегированную) информацию на основе больших массивов данных, структурированных по многомерному принципу; подсистема интеллектуального анализа данных Data Mining – инструмент для обнаружения в накопленных данных знаний, неизвестных ранее, которые могут помочь для принятия решений в аспекте развития городской среды.

Основная функция системы принятия решений (СПР, DSS – Decision Support System) – это вывод рекомендаций на основании изучения исторического и текущего состояния объекта исследования городской среды и сравнения их с информацией, хранящейся в базе знаний системы.

Отметим также, что со стороны Системы принятия решений можно выделить следующие группы пользователей: лица, принимающие решения, аналитики и другие пользователи.

Лица, принимающие решения (ЛПР) – пользователи, которым необходимо принимать решения в следующих случаях: при анализе объективной составляющей (понимание и оценка сложившейся ситуации и ограничений, накладываемых внешней средой); выявлении предпочтений ЛПР (выявление и ранжирование приоритетов), учете неопределенности в оценках ЛПР и формировании его предпочтений; для генерации возможных решений (формирование списка альтернатив); при оценке возможных альтернатив, исходя из предпочтений ЛПР и ограничений, накладываемых внешней средой; для анализа последствий принимаемых решений; для выбора лучшего варианта (с точки зрения ЛПР).

Аналитики – пользователи, которым необходимо сформулировать и проверить конкретные гипотезы, а также создавать требуемые запросы различного плана и подготовить отчеты по конкретным направлениям предметной области.

Другим пользователям, как правило, доступна общая информация, связанная с универсальной системой и для них ограничены возможности по обработке имеющихся данных предлагаемой системы. Однако, стоит помнить, что, в зависимости от целей использования системы, всегда можно определить конкретного пользователя и предоставить ему определенные права на доступ и обработку информации, а также – к отдельным модулям и функционалу системы.

Полученные результаты являются актуальными для специалистов в области ИТ-технологий и обработки данных, которые занимаются разработкой программных комплексов различной сложности, расширением структурной методологии и анализом данных различного профиля. Кроме того, результаты могут быть интересны для государственных и частных структур с целью выработки соответствующей стратегии регулирования развития городов в экономическом, территорияльном и социально-культурных аспектах.

Библиографические ссылки

1. Рудикова Л. В., Жавнерко Е. В. О моделировании данных предметных-областей практико-ориентированной направленности для универсальной системы складирования и обработки данных // Системный анализ и прикладная информатика. Мн.: БНТУ, 2017. №3. С. 12-19.

2. Рудикова, Л.В. Об общей архитектуре универсальной системы хранения и обработки данных практико-ориентированной направленности // Системный анализ и прикладная информатика. Мн.: БНТУ, 2017. № 2. С. 12-19.

3. City Information Modeling: The system Approach for Formation Requirement in Spatial Development / S. Mityagin [et al.] // Procedia Computer Science. 2020. Vol. 178. P. 134-144.

4. City Information Modeling: City Information Modeling: Designing a conceptual data model / S.Mityagin [et al.] // Communications in Computer and Information Science. Vol. 1349. EGOSE 2020. Pp. 219-231.

5. Wrembel R., Koncilia C. Data warehouses and OLAP: concepts, architectures, and solutions // IRM Press. 2007. PP. 1-26.
6. Carr R., Harrington M. Effective Communication Through Visual Design: Tables and Charts. Strategy Institute, 2011. 211 p.
7. Руководство Microsoft по проектированию архитектуры приложения / Patterns&Practices. 2-е издание. Microsoft, 2009. 529 с.
8. Codd E. F., Codd S. B., Salley C. T. Providing OLAP (on-line analytical processing) to user-analysts: An IT mandate // Technical report. 1993. 342 p.
9. A Platform for Urban Analytics and Semantic Data Integration in City Planning / A. Psyllidis [et al.] // Springer, 2015. 1098 p.
10. Simonelli L., Amorim A.L. City Information Modeling: General Aspects and Conceptualization // American Journal of Engineering Research. Issue 10, 2018. Vol. 7. P. 319-324.
11. Malgundkar T., Rao M. Gis driven urban traffic analysis based on ontology, 2012. Т. 4. № 1. С. 15-23.
12. Espinoza-arias P., Poveda-villalón M. Applied sciences Ontological Representation of Smart City Data: From Devices to Cities, 2019. 321 p.
13. Kilov H., Ross J. Information modeling an object-oriented approach // Prentice Hall, 1994. 432 p.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ И АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ ИСТОРИЧЕСКОЙ И ХУДОЖЕСТВЕННОЙ ЦЕННОСТИ

Л. В. Рудикова-Фронхёфер¹⁾, Д. А. Постник²⁾

¹⁾ Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»,
ул. Ожешко, 22, 230022, г. Гродно, Беларусь, rudikowa@gmail.com

²⁾ Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»,
ул. Ожешко, 22, 230022, г. Гродно, Беларусь, d.postnik1@gmail.com

В статье обсуждаются общие подходы к разработке системы для накопления и анализа данных об объектах художественной и исторической ценности. Для определения составляющих этих объектов, а также для моделирования различных аспектов их хранения и использования, используется системный подход. Этот подход учитывает специфику предметной области взаимодействия объектов художественной и исторической ценности и пользователей системы. Кроме того, статья содержит рекомендации по реализации универсальной системы данных для объектов художественной и исторической ценности на основе технологии складирования данных. Полученные результаты и рекомендации важны для методологии разработки универсальной системы управления данными об объектах художественной и исторической ценности. Эти результаты также могут помочь в расширении формальных описаний для теории хранения и анализа данных в области искусства и истории.

Ключевые слова: произведения художественной и исторической ценности, объект исторической ценности, универсальная Интернет-система, структурная методология, анализ данных, архитектура системы, технология складирования данных

В данной работе представлена разработка Интернет-системы сбора и анализа информации об объектах исторической и художественной (культурной) ценности. Главной целью разработки данного ресурса является создание наиболее совершенной, удобной и надежной платформы, которая позволит собирать, систематизировать и обрабатывать всевозможные данные о различных объектах культуры и искусства, таких как исторические памятники архитектуры, высокохудожественные произведения, музейные экспонаты и многое другое. Благодаря использованию ресурса пользователи смогут не только получить доступ к обширнейшей базе данных, содержащей информацию об объектах культурного наследия, но и активно воспользоваться данными в проведении аналитических исследований.

Анализируя предметную область [1–5], можно сформулировать основные требования к разрабатываемому веб-ресурсу. Прежде всего разрабатываемый Интернет-ресурс должен хранить и обрабатывать все данные объектов исторической и культурной значимости, включая расширенную информацию об объектах, известных личностях, связанных с данными объектами, а также необходимый функционал для различного типа пользователей. Таким образом, разрабатываемая система должна поддерживать: хранение, создание, редактирование и удаление данных о пользователях и объектах исторической и культурной значимости; отображать данные об объектах исторической значимости на карте; давать возможность просматривать данные о выбранном пользователе или достопримечательности; осуществлять расширенный поиск объектов исторической значимости с использованием различных фильтров; оставлять отзывы о достопримечательностях; возможность отправку пользователями новых объектов исторической значимости на проверку и их рассмотрение пользователями с соответствующей ролью; показывать места, связанные не только с объектами исторической и культурной значимости, но также и с известными личностями Беларуси; визуализация некоторых статистических данных об объектах; формировать необходимую справку не только об объектах исторической и культурной значимости, но также и о сопутствующей информации.

Предполагается, что система в будущем будет расширяться различными аналитическими сервисами, которые позволят производить не только общий анализ объектов, но и формировать рекомендации, визуализировать обработанные данные и строить визуальные характеристики объектов или групп объектов, что возможно на основе расширения системы до уровня хранилища данных.

Отметим виды пользователей и их основные возможности, которые должны поддерживаться системой. Учитывая, что данные объектов исторической и культурной значимости должны быть достоверными, необходимо выделить следующие группы пользователей (при расширении системы в дальнейшем, пользователи и их функциональные возможности могут быть изменены и/или расширены). Пользователи системы и их основные функции изображены на диаграмме вариантов использования, представленной на рис. 1.

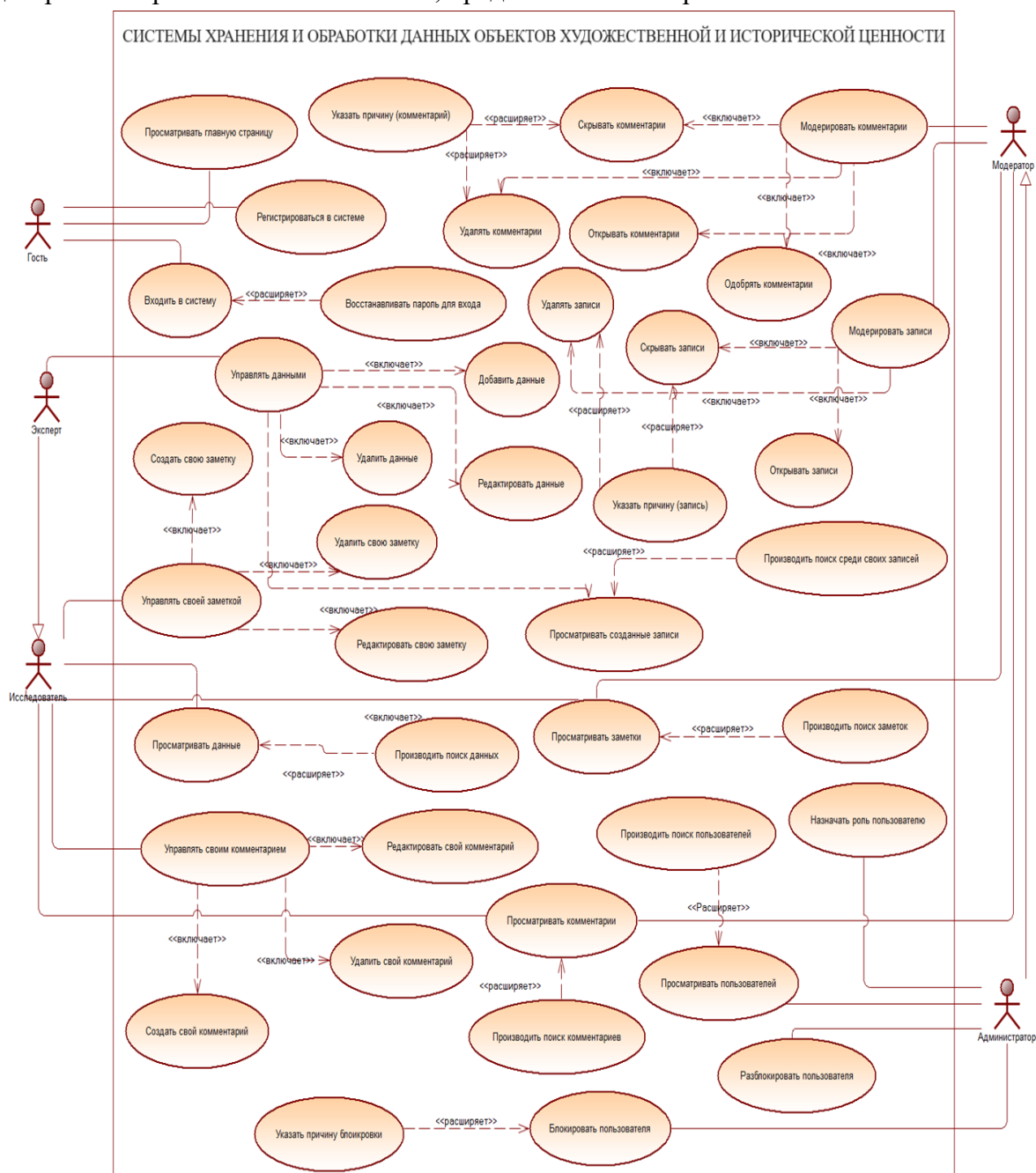


Рис. 1. USE-CASE диаграмма системы хранения и обработки данных объектов художественной ценности и исторической значимости

Пользователям группы Гость доступен следующий функционал: регистрация в системе, предоставляя свой почтовый адрес, имя пользователя и пароль, которые в дальнейшем используются для входа; вход в систему, используя свой логин и пароль; восстановление пароля для входа; просмотр главной страницы системы и её основных функций.

Пользователи группы Исследователь могут: просматривать данные системы; производить поиск данных; просматривать заметки об объектах исторической значимости и художественной ценности; производить поиск заметок; управлять заметками (сами заметки видны лишь пользователю, который их создал) о персоне, событии, историко-культурной ценности; создавать свои заметки; редактировать и удалять заметки; просматривать комментарии и производить поиск комментариев; оставлять комментарии (комментарии видны всем пользователям в системе) о персоне, событии, историко-культурной ценности; создавать свои собственные комментарии (при необходимости); редактировать и удалять свои комментарии. Отметим, что удалённые модератором комментарии редактировать нельзя. Если проверенный комментарий редактируется, он автоматически становится непроверенным и будет проверен модератором ещё раз.

Пользователи группы Эксперт имеют весь функционал пользователей группы Исследователь, а также могут выполнять следующие действия: управлять данными о персонах, событиях, историко-культурных ценностях; проводить искусствоведческую экспертизу; просматривать созданные данным пользователем записи; производить поиск записей; создавать, редактировать и удалять записи. Также отметим, что записи, удалённые модератором, редактировать нельзя. Если проверенная запись редактируется, она автоматически становится непроверенной и будет проверена модератором ещё раз.

Пользователи группы Модератор имеют следующие возможности в системе: просматривать все комментарии ко всем записям; производить поиск комментариев; модерировать комментарии к записям; скрывать комментарии и оставлять причину скрывания комментария; открывать ранее скрытые комментарии; одобрять комментарии; удалять комментарии и оставлять причину удаления комментария; просматривать все записи и производить их расширенный поиск; модерировать записи, созданные экспертами; скрывать записи и указывать причину скрывания записи; открывать ранее скрытые записи; одобрять записи; удалять записи и указывать причину удаления записи.

Пользователи группы Администратор имеют весь функционал пользователей группы Модератор, а также могут выполнять следующие действия: назначать новую роль пользователю (Исследователь, Эксперт или Модератор); просматривать список зарегистрированных в системе пользователей; производить поиск пользователей; просматривать список заблокированных им пользователей; просматривать список пользователей, чьи аккаунты были заблокированы из-за большого количества неудавшихся попыток входа; блокировать пользователей за нарушение правил пользования системой и указывать причину блокировки пользователя; разблокировать пользователей; разблокировать пользователей, чьи аккаунты были заблокированы из-за большого количества неудавшихся попыток входа; разблокировать пользователей, чьи аккаунты были заблокированы пользователями группы Администратор.

Дополнительные требования, которые следует учитывать в дальнейшем при разработке универсальной системы хранения и обработки данных исторической и художественной (культурной) значимости, включают в себя выбор средств и технологий для реализации, а также – следующие аспекты. Простота использования – при проектировании универсальной системы необходимо помнить об одновременном использовании, о простоте приложения и мощной функциональности системы. В силу того, что предполагается использование большого количества объектов и их описания, нецелесообразно хранение всех ресурсов на клиенте. Требуется сократить количество использованной памяти и подгружать необходимые данные с сервера в режиме реального времени. Отображение объектов на карте. Все объекты исторической

и культурной значимости следует расположить на интерактивной карте, с которой будет взаимодействовать пользователь.

Основная архитектура универсальной расширяемой системы для хранения и обработки данных об объектах художественной и исторической ценности предполагает использование технологии складирования данных (см. рис. 2). Это подразумевает, что главным аспектом разработки будет поддержка хранилища данных, учитывая, что в конечном итоге система должна предоставлять широкий спектр услуг для различных групп пользователей. С увеличением накопления данных и количества пользователей система станет более ресурсоемкой. Важную роль в концепции построения системы играет необходимость аналитической обработки данных, поиска информации, хранения документов и предоставления соответствующего программного интерфейса для доступа к функциональности системы извне.

Предложенная универсальная система для хранения и анализа данных о объектах художественной и исторической ценности базируется на расширяемом хранилище данных, согласно обобщенной архитектуре. Эта система предусматривает регулярную загрузку данных в хранилище с периодичностью от нескольких дней до недели или декады, что может вызвать несоответствие актуальности данных с данными в OLTP-системах.

Основными компонентами архитектуры этой системы являются оперативные источники данных, процесс ETL (извлечение, трансформация, загрузка), само хранилище данных, подсистема анализа и пользователи.

Оперативные источники данных могут включать в себя разнообразные документы и информацию, обрабатываемые транзакционными OLTP-системами.

Процесс ETL представляет собой этап извлечения данных из транзакционных систем, их преобразование в формат, подходящий для хранения в хранилище, и непосредственную загрузку в него. Этот процесс может потребовать как специального программного обеспечения, так и разработки собственных инструментов для извлечения, трансформации и загрузки данных.

Архитектура хранилища данных может включать в себя область временного хранения данных (Staging Area) для временного хранения извлеченной информации из OLTP-систем, а также область постоянного хранения данных, включающую детальные, агрегированные, мета-данные и архивные данные. Это обеспечивает эффективное хранение и управление информацией с учетом требований представления и использования данных.

Полученные результаты выполнены с использованием структурной методологии, общих принципов концептуального моделирования, методов обработки данных большого объема и с учетом современных требований разработки информационно-аналитических систем. Эффективность исследования заключается в том, что разрабатываемое программное обеспечение позволит автоматизировать сбор и обработку данных о произведениях художественной и исторической ценности, а также принимать соответствующие решения на различных этапах изучения и сохранения объектов художественных ценностей и историко-культурного наследия.

Полученные результаты будут востребованы и актуальны как для широкого круга исследователей и разработчиков программного обеспечения, так и для специалистов, занимающихся исследованием культурного и исторического наследия Беларуси. Кроме того, результаты исследований также можно использовать в рамках учебного процесса при подготовке специалистов ИТ-профиля.

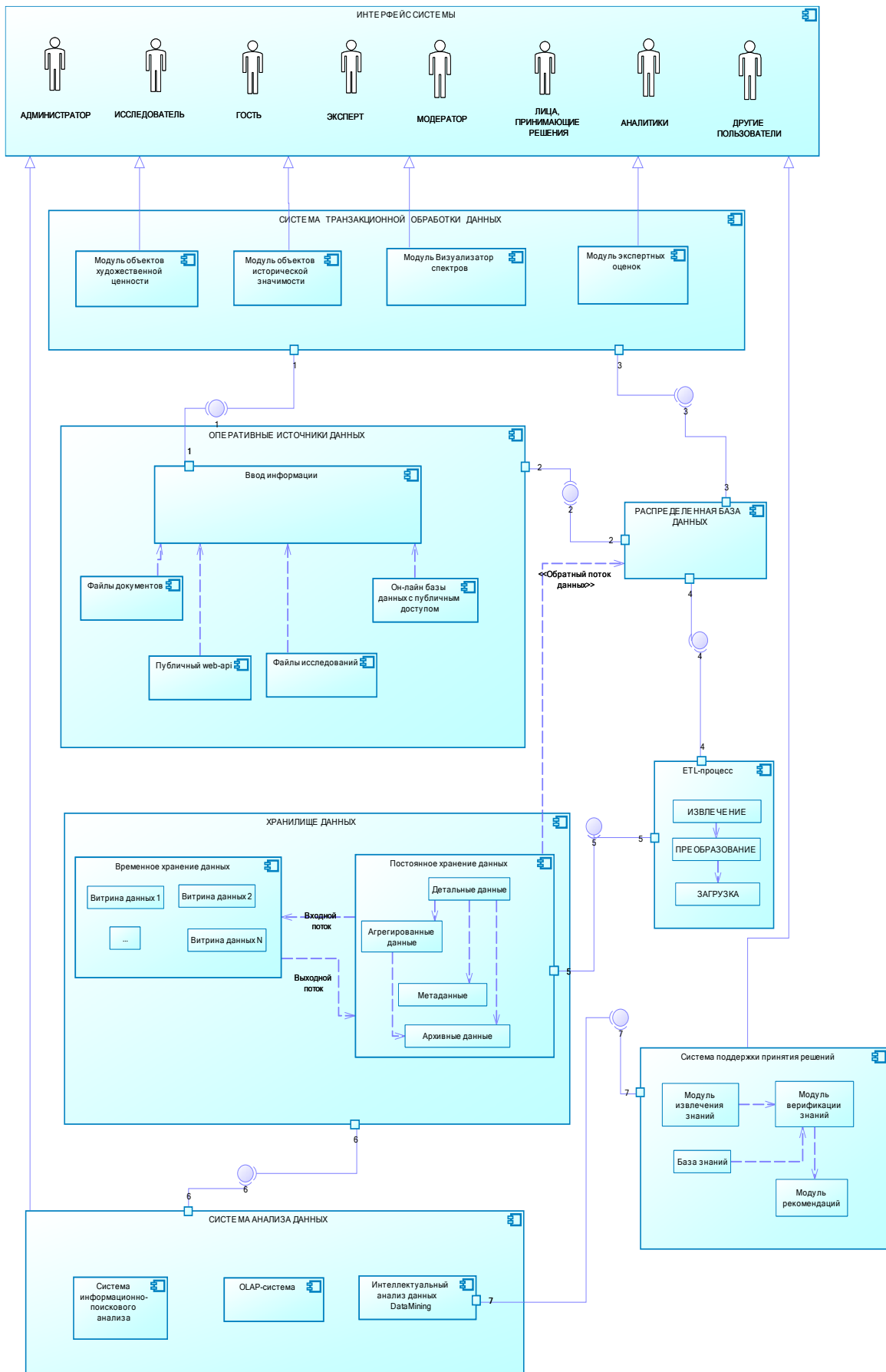


Рис. 2. Диаграмма компонентов универсальной системы для хранения и обработки данных объектов художественной ценности и исторической значимости

Библиографические ссылки

1. Метанит сайт о программировании [Электронный ресурс]. URL: <https://metanit.com> (дата обращения: 15.12.2022).
2. Макконнелл С. Совершенный код. Мастер-класс : «Русская редакция», 2017. 896 с.
3. Рудикова Л.В. О системе обработки данных произведений художественной ценности на основе технологии складирования данных / Веб-программирование и Интернет-технологии WebConf2018: тез. докл. 4-й Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14-18 мая 2018 г. / Белорус. гос. ун-т; редкол.: И.М. Галкин (отв. ред.) [и др.]. Минск: БГУ, 2018. С. 6-8.
4. Рудикова Л. В., Бандысик С. Ю. Использование технологии складирования данных для построения архитектуры системы сбора и анализа данных произведений исторической ценности // Информационные технологии и системы 2018 (ИТС 2018) : материалы международной научной конференции (БГУИР, Минск, Беларусь, 25 октября 2018)=Information Technologies and Systems 2018 (ITS 2018) : Proceeding of the International Conference (BSUIR, Minsk, Belarus, 25th October 2018) / редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. Минск: БГУИР, 2018. С. 188-189.
5. Рудикова Л. В. О системе хранения и обработки информации о произведениях художественной ценности на основе технологии складирования данных // Проблемы современной экономики: глобальный, национальный и региональный контекст: сб. науч. ст./ ГрГУ им. Я. Купалы; редкол.: М. Е. Карпицкая (гл. ред.), С. Е. Витун (зам. гл. ред.) [и др.]. Гродно: ГрГУ, 2021. С. 210-216.

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ В ВИДЕ СМАРТ КОНТРАКТА В БЛОКЧЕЙНЕ

А. В. Сидоренко, М. К. Савченко

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, sidorenkoA@yandex.by*

Для реализации смартконтракта в виде Приложения нами используется специальный программный язык, известный как Solidity для работы с блокчейн платформой Ethereum. Описывается структура и функциональность смартконтракта. Смартконтракты представляют собой уникальные программные средства, функционирующие на основе компьютерной логики, что позволяет автоматизировать и обеспечить прозрачность цифровых соглашений. Проведение тестирования смартконтракта дает возможность оценить корректность работы используемого пользователем интерфейса, проверку функциональности контракта и его надежность.

Ключевые слова: компьютерная программа; смартконтракт; структура; функциональность.

В разнообразных областях, таких как интеллектуальная сфера, финансы, образование и медицина, использование технологии блокчейн играет ключевую роль, а смартконтракты становятся неотъемлемой частью этой системы. Они предоставляют возможность автоматизации и управления множеством процессов за счет децентрализации соглашений, что обеспечивает отсутствие централизованного контроля или возможности манипуляций. Такая инновационная архитектура улучшает прозрачность, безопасность и эффективность операций в сферах применения. В результате это способствует более эффективному функционированию системы и повышению доверия участников.

Смартконтракты представляют собой уникальные программные средства, которые функционируют на основе логики компьютера и позволяют автоматизировать и обеспечивать прозрачность цифровых соглашений. Смартконтракты обладают рядом характеристик и функций, делающих их непревзойденными в мире цифровых технологий.

Смартконтракты основаны на ряде функций и обеспечивают:

- автоматизацию. Смартконтракты автоматически выполняют условия, определенные в их программной логике, без необходимости вмешательства третьей стороны,
- прозрачность. Все события и транзакции, связанные со смартконтрактом, хранятся в блокчейне и доступны для просмотра всем участникам сети, что обеспечивает полную прозрачность,
- надежность. Благодаря своей неизменной и централизованной природе, смартконтракты обеспечивают высокую степень надежности и безопасности,
- гибкость. Смартконтракты могут быть настроены на выполнение широкого спектра функций, а их программная логика может быть адаптирована под конкретные потребности.

Существенное значение при создании Приложения в виде смартконтракта в блокчейне имеют следующие характеристики смартконтрактов:

- программируемость. Смартконтракты могут быть разработаны для выполнения разнообразных задач, начиная от финансовых операций до автоматизации процессов управления активами,
- надежность. Однажды созданные и размещенные в блокчейне смартконтракты становятся неизменными и неподвластными вмешательству,
- децентрализация. Смартконтракты функционируют в децентрализованных средах, где отсутствует единый центр управления, что повышает их надежность и устойчивость к изменениям.

Простым языком смартконтракты представляют собой компьютерные протоколы или код, используемые для внесения всех условий соглашения между сторонами сделки в блокчейн. Эти условия описываются в форме “если - то“ (например, “если Сторона А переводит деньги, то Сторона В передает права на квартиру”) и могут включить участие двух или более сторон, будь то отдельные лица или организации. Как только условия соглашения будут выполнены, смартконтракт автоматически производит соответствующую транзакцию и гарантирует выполнение соглашения без необходимости участия третьих лиц.

Применение современных инновационных технологий таких, как блокчейн с использованием смартконтрактов, имеет ряд преимуществ, к которым следует отнести:

- скорость. Обработка документов вручную отнимает много времени и задерживает выполнение поставленных задач. Смартконтракты предполагают автоматизированный процесс и в большинстве случаев не требуют личного участия, что экономит драгоценное время,

- независимость. Смартконтракты исключают возможность вмешательства третьей стороны. Гарантия на транзакцию – сама программа, которая, в отличие от посредников, не дает основания сомневаться в ее целостности,

- надежность. Данные, записанные в блокчейн, не могут быть изменены или уничтожены. Если одна сторона сделки не выполняет свои обязательства, другая сторона будет защищена условиями интеллектуального договора,

- отсутствие ошибок. Автоматическая система для выполнения транзакций и удаления человеческого фактора обеспечивает высокую точность при выполнении контрактов,

- сбережения. Смартконтракты могут обеспечить значительную экономию за счет устранения расходов для посредников и сокращения операционных расходов, а также возможность для сторон работать вместе на более выгодных условиях.

Для реализации смартконтракта в качестве Приложения нами был использован специальный программный язык, известный как Solidity для работы с блокчейн платформой Ethereum. Solidity обеспечивает разработчикам возможность определения логики контрактов, их функций и методов, а также взаимодействие с другими контрактами и участниками сети Ethereum. С помощью Solidity разрабатываются смартконтракты, которые впоследствии развертываются на блокчейн – сети Ethereum.

При разработке смартконтракта нами используется набор кода, который определяет его структуру, данные и функциональность. Этот код, вместе с соответствующими данными, записывается в блокчейн, что делает смартконтракт доступным для использования всем участникам сети. Когда участники отправляют транзакции на блокчейн, они ожидают вызова смартконтракта. В процессе исполнения кода на всех узлах блокчейна может произойти изменение состояния смартконтракта. В зависимости от вызываемых методов смартконтракта, его состояние может измениться, например, путем изменения значений переменных или записи новых данных в блокчейн. Все изменения состояния смартконтракта регистрируются в блокчейне в виде транзакций. Для того, чтобы эти транзакции стали частью блокчейна, они должны быть подтверждены и добавлены в формируемый блок. Отсутствие подтверждений делает невозможным включение транзакций в блоки и, следовательно, их запись в блокчейн. По завершении выполнения функции смартконтракта полученный результат может быть возвращен участнику сети в виде ответа на транзакцию. Это может быть как результат выполнения операции, так и другая информация, запрашиваемая у контракта. Обеспечение тестирования смартконтракта позволяет оценить корректность работы пользовательского интерфейса, проверку функциональности и его надежность.

Смартконтракты представляют собой мощный инструмент для автоматизации и обеспечения безопасности в различных сферах деятельности. Они помогают создавать децентрализованные и автономные системы, которые улучшают эффективность и прозрачность бизнес-процессов. Однако для успешного использования смартконтрактов необходимо учитывать уязвимости, вызовы и риски, возникающие при передаче информации.

ЦИФРОВАЯ ИНФРАСТРУКТУРА СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ: ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ РЕДАКЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

Д. А. Сьянов

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, syanov@bsu.by*

В статье рассмотрены основные проблемы при проведении научных конференции и внедрении автоматизированной системы, регулирующей редакционные процессы. Определены способы решения указанных задач в электронном ресурсе, смоделированном на основе OJS, и преимущества использования системы проведения научных конференций.

Ключевые слова: научная конференция; автоматизация; редакционные процессы.

Одной из основных целей проведения научных конференций является опубликование новых, качественных, высоко цитируемых научных материалов и повышение наукометрических показателей авторов и организаций при определении публикационной активности. Для этого необходима грамотная организация процесса проведения конференции, который будет включать в себя информирование потенциальных участников о конференции, подачу тезисов (докладов), проверку и анализ поданных работ, рецензирование и редактирование тезисов (докладов), оформление и публикацию программы конференции, публикацию и включение сборника тезисов (докладов) в базы цитирования, долговременное хранение результатов научных исследований. Все указанные процессы в настоящее время могут и должны быть автоматизированы в рамках цифровизации.

Рассмотрим те проблемы, которые стоят перед современной научной конференцией:

- 1) расширение читательской аудитории за счет опубликования научных докладов с ориентацией на развитие предметно-тематических направлений, основанных на разных теоретических базах;
- 2) усовершенствование уровня рецензирования и редактирования информационной базы, привлечение экспертов в различных областях исследования;
- 3) активная работа с авторами в части их обучения правильной работе с библиографическими списками (ссылками) и повышение общей информационной культуры в области использования информационных ресурсов;
- 4) создание инструментов для корректной идентификации и использования публикаций для цитирования в крупнейших базах научных работ;
- 5) использование DOI в качестве уникального идентификатора каждой статьи с регистрацией присвоенных идентификаторов в системе CrossRef;
- 6) повышение качества публикуемых тезисов, увеличение наукометрических показателей статей и докладов;
- 7) создание или повышение качества сайтов конференций за счет представление необходимого объема информации о конференции и публикациях [1].

Данные задачи схожи с проблемным полем развития научных электронных журналов. На научно-практическом семинаре «Международные стандарты издания и представления научных журналов: задачи выполнения с целью продвижения в глобальное информационное пространство» был озвучен основной круг задач, которые стоят перед современными электронными ресурсами по размещению научной информации. Среди озвученных проблем одним из

приоритетных направлений развития информационных ресурсов можно назвать необходимость структурирования контента в соответствии с общепринятыми стандартами в области представления данных. Это предполагает введение в первую очередь обязательных разделов для структуризации контента. Ресурсы, на которых размещаются электронные журналы, должны также содержать в своей структуре некоторые обязательные компоненты и функции, такие как: «электронная редакция, оформление платной подписки, мобильные Международные стандарты издания приложения, интеграция с CrossRef и автоматическое присвоение DOI, поддержка размещения мультимедийных материалов; полный функционал поисковых механизмов (по авторам, дате, ключевым словам и др.); возможность выгрузки полной статистики по любым параметрам (авторам, рецензиям и др.); интегрированное управление подписками журнала» [1, с. 215].

Для решения вышеупомянутых проблем необходимым условием является организация информационной инфраструктуры конференции. Наиболее близка подобная инфраструктура общему функциональному наполнению сайта электронного журнала. В статье «Модули импорта / экспорта и аналитики данных в электронной редакции журнала “Труды СПИИРАН” для автоматизированного взаимодействия с глобальными индексами и агрегаторами» [2] рассмотрены различные сайты российских журналов и используемые электронные системы. Повторный анализ указанных журналов в статье показал, что за промежуток в 5 лет процесс автоматизации проходит достаточно медленно и намного быстрее в гуманитарных науках. Аналогичные результаты показали исследования использования различных систем в сайтах электронных журналов Республики Беларусь. В статье «Средства поддержки проведения научных конференций: обзор и сравнение» А. Е. Гуськова и А. В. Василькова [3], посвященной изучению информационных средств поддержки проведения научных конференций, приводится анализ функционала наиболее популярных платформ. В отличие от опыта российских исследователей в области внедрения электронных систем проведения научных конференций, при организации научных конференций в РБ, за редким исключением, не используются какие-либо системы автоматизации, а взаимодействие происходит по большей части через электронную почту. Такой способ взаимодействия с авторами научных работ представляется нам устаревшим, поскольку при обмене информацией значительные потери времени замедляют процессы сбора данных и опубликования научных исследований.

Автоматизация редакционных процессов при проведении научных конференций обеспечивает обмен и взаимодействие при наличии активной обратной связи оппонентов и авторов, а также упрощает процесс рецензирования статей. При этом внедрение электронной системы проведения научных конференций имеет ряд проблем:

- 1) при разработке системы должны быть предусмотрены дополнительные механизмы хранения и управления метаданными авторов и статей;
- 2) необходима установка плагинов и доработка локализации, т.к. при наличии стандартного набора функций в системе OJS возможна некорректная работа изначальной локализации;
- 3) предполагается обязательный этап устранения побочных эффектов при изменении стандартных настроек системы (например, для исключения дублирования пользователей), что требует знания внутренней архитектуры информационного ресурса и языков программирования;
- 4) создание информационного ресурса с интуитивно понятным и функциональным интерфейсом, который адаптирован под различные устройства;
- 5) необходимость проведения консультаций и инструктирования авторов, редакторов и рецензентов при использовании системы;
- 6) отладка импорта и экспорта данных пользователей и метаданных авторов и статей;
- 7) организация сбора и анализа статистики по ряду критериев при использовании системы, которая может проводиться как инструментами сторонних статистических сервисов,

так и с помощью встраиваемого функционала для анализа и оценки цитируемости сформированного сборника научных публикаций.

Выбранная для электронного ресурса система OJS имеет ряд преимуществ и активно применяется для создания информационных баз при проведении научных конференций. В частности, OJS может работать на любом веб-сервере и позволяет все редакционные процессы контролировать и совершать через интернет. OJS имеет встроенные функции деления пользователей по категориям (автор, редактор, рецензент, читатель, администратор и др.), что позволяет эффективно организовать процесс сбора и обработки информации на каждом из этапов и отладить процессы автоматизированного опубликования программы конференции и сборника научных материалов после проверки статей на соответствие области исследования по наукометрическим показателям. Каждый из процессов редактирования материала (от регистрации доклада до формирования сборника материалов научной конференции) реализуется по заранее заданным настройкам.

Разработанный нами электронный ресурс на базе OJS является универсальной платформой для проведения научных конференций, которая обеспечивает в полной мере программную поддержку и взаимодействие авторов научных статей с редакцией журнала и редколлекцией (в число которой входит также экспертная комиссия, состоящая из компетентных рецензентов). Реализована возможность исключения дубликатов при регистрации доклада и автоматическая коррекция названия докладов в соответствии с требованиями редколлекции конференции. Обратная связь налажена через взаимодействие авторов и редакторов секций (рецензентов) по стандартным редакционным схемам приема и отклонения материала. Важнейшим сервисом является автоматическое формирование программы конференции на основе обрабатываемых системой персональных данных и автоматизированное создание сборника научных материалов. Все улучшения программы повышают скорость обработки и распространения научной информации и способствуют расширению читательской аудитории при организации научных конференций на высоком уровне.

На текущий момент разработанный функционал можно разделить на несколько категорий согласно следующей таблице:

Разработанные модули

Операции с пользователями	Дизайн сайта конференции, с кроссплатформенной версткой и мобильной версией.
	Модуль e-mail рассылки по пользователям по фильтрам.
Редакционные операции	Модуль генерации DOC/XSL на основе метаданных и файлов.
	Отображение user-friendly имен при загрузке всех файлов.
	Модуль проверки докладов (наличие/объем аннотации, наличие/объем списка литературы, и др.).
Операции с объектами документооборота	Дополнительные метаданные у авторов, статей, секций (локализация, председатель, аудитория время, дополнительные места работы, и др.).
	Модуль для взаимодействия с Active Directory университета.
	Модуль локализации и адаптации интерфейса для конференций

Безопасность	Модуль работы с cookies-файлами.
	Модуль исключающий взаимодействие системы с какими-либо внешними ресурсами.
Аналитика	Установлена Google-аналитика для наблюдения за пользователями, позволяющие выявить наиболее посещаемые страницы и анализировать их поведение.
	Модуль сбора статистики по пользователям на основе метаданных авторов.

В рамках исследования разработана математическая модель обработки информации в системе проведения научных конференций. Полученная математическая модель используется для формализации структуры метаданных, их жизненного цикла, оптимизации процессов обработки, взаимодействия и обработки научных материалов с учетом адаптации системы проведения научных конференций под деятельность пользователей при работе с метаданными и научными публикациями. Программная платформа позволяет осуществлять предметно-теоретический анализ процессов обработки научных материалов и метаданных, а также обеспечивать реализацию разработанной модели в алгоритмическом и программном обеспечении.

Библиографические ссылки

1. Парфенова С. Л. Международные стандарты издания и представления научных журналов: задачи выполнения с целью продвижения в глобальное информационное пространство // Управление наукой и наукометрия: Электронный журнал. ISSN 2686-6714 (Online). Т. 11. Вып. 1 (2016). С. 210-215. URL: <https://sie-journal.ru/mezhdunarodnyie-standartyi-izdaniya-i-predstavleniya-nauchnyih-zhurnalov-zadachi-vyipolneniya-s-czelyu-prodvizheniya-v-globalnoe-informacionnoe-prostranstvo> (дата обращения: 02.04.2024).

2. Мирошникова Е. П., Левоневский Д. К., Мотиенко А. И. Модули импорта / экспорта и аналитики данных в электронной редакции журнала “Труды СПИИРАН” для автоматизированного взаимодействия с глобальными индексами и агрегаторами // Проблемы искусственного интеллекта: Электронный журнал. ISSN 2413-7383. 2019. № 3 (14). С. 58-75 (дата обращения: 02.04.2024).

3. Гуськов А. Е., Васильков А. В. Средства поддержки проведения научных конференций: обзор и сравнение // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2010. Том 8. Выпуск 4. Новосибирск, 2010. С. 35-45.

СЕКЦИЯ 2

МОБИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

ОМНИКАНАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ОБЩЕНИЯ БИЗНЕСА С КЛИЕНТАМИ

В. В. Бортновская

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого,
ул. Ильича, 89, 246042, г. Гомель, Беларусь, lbortnovskaya017@gmail.com*

В данной работе рассматривается омниканальная платформа коммуникации, которая предоставляет бизнесу возможность взаимодействия с клиентами через различные каналы, такие как телефон, электронная почта, социальные сети и чаты. Описываются преимущества омниканальной платформы, включая улучшенное клиентское обслуживание, большую доступность, повышение эффективности работы, лучшее понимание клиентов и увеличение их лояльности. Омниканальность помогает бизнесу создать более гибкий и персонализированный опыт обслуживания, а также облегчает управление и координацию коммуникации с клиентами. Итоговым результатом является укрепление связи с клиентами и повышение эффективности бизнеса.

Ключевые слова: омниканальная платформа; коммуникация; клиентское обслуживание; доступность; эффективность; лояльность; персонализация.

Концепция омниканальности в сфере общения бизнеса с клиентами представляет собой подход, который объединяет различные каналы коммуникации в единую платформу. Омниканальность отвечает требованиям современного мира, где клиенты ожидают быстрого и удобного общения с компаниями. Вместо того чтобы ограничиваться одним-двумя каналами связи, омниканальность предоставляет клиентам свободу выбора предпочтительного канала общения, будь то телефон, электронная почта, чат, социальные сети или мобильные приложения.

Традиционные подходы к коммуникации, основанные на отдельных и изолированных каналах, имеют свои недостатки. Когда клиенты вынуждены использовать разные каналы для разных видов общения с бизнесом, возникают неудобства и разрывы в коммуникации. Например, клиент, начав общение по телефону, может позже захотеть продолжить его через чат или электронную почту. В таких случаях клиентам приходится повторно описывать свою проблему или вопрос, что может вызывать раздражение и ухудшать общее впечатление от обслуживания.

Омниканальная платформа решает эти проблемы, позволяя клиентам без проблем переключаться между различными каналами общения. Это создает единое и непрерывное клиентское взаимодействие, сохраняя последовательность и контекст общения. Например, клиент может начать общение с бизнесом через чат на веб-сайте, а затем продолжить его через мобильное приложение, не теряя ни одной детали предыдущего диалога. Это повышает удовлетворенность клиентов и улучшает их опыт общения с компанией.

Омниканальность также позволяет бизнесам собирать и анализировать данные о клиентах с разных каналов в едином хранилище. Это дает компаниям ценные инсайты о предпочтениях и поведении клиентов, что помогает улучшить персонализацию обслуживания и разрабатывать более эффективные стратегии коммуникации.

В целом, омниканальность в сфере общения бизнеса с клиентами играет важную роль в улучшении клиентского опыта, повышении эффективности работы компаний и укреплении их конкурентоспособности. Предоставляя свободу выбора канала общения и обеспечивая непрерывность коммуникации, омниканальная платформа способствует установлению более прочных и доверительных отношений между бизнесом и клиентами.

Одним из главных преимуществ омниканальности для бизнеса является повышение удовлетворенности клиентов. Они получают возможность взаимодействовать с компанией в соответствии со своими предпочтениями, что создает более положительный опыт обслуживания. Кроме того, омниканальная платформа улучшает эффективность работы бизнеса, позволяя сотрудникам легко отслеживать и управлять всеми коммуникационными каналами с помощью единого интерфейса. Разнообразие каналов коммуникации включает в себя различные способы общения между бизнесом и клиентами.

Сегодня существует множество каналов, которые клиенты могут использовать для связи с компаниями, и каждый из них имеет свои особенности и преимущества. Некоторые из наиболее распространенных каналов коммуникации включают:

- телефон. Телефония является одним из наиболее традиционных и широко используемых каналов коммуникации. Клиенты могут звонить в контактные центры или прямо в отделы продаж или поддержки по телефону, чтобы задать вопросы, получить информацию или решить проблемы. Телефон обеспечивает прямое и голосовое взаимодействие между клиентом и представителем компании;

- электронная почта. Электронная почта является популярным каналом коммуникации, который позволяет клиентам отправлять письма или запросы на определенный адрес электронной почты компании. Это удобный способ для клиентов обменяться информацией, задать вопросы или получить консультацию. Коммуникация по электронной почте обычно позволяет сохранять записи и обеспечивает возможность более подробного и продуманного общения;

- социальные сети. Компании используют социальные сети для публикации новостей, акций, ответов на вопросы клиентов и общения с ними через комментарии, личные сообщения или публичные обсуждения. Социальные сети предоставляют возможность быстрого и широкого распространения информации, а также взаимодействия с клиентами в реальном времени;

- чаты. Чаты, как часть веб-сайта или мобильного приложения, позволяют клиентам общаться с представителями компании в режиме реального времени. Чаты обеспечивают быструю и удобную коммуникацию, позволяя клиентам задавать вопросы, получать помощь и решать проблемы непосредственно через текстовые сообщения. Чаты также могут использоваться для автоматизированных чат-ботов, которые могут предоставлять быстрые ответы на типичные вопросы клиентов.

Омниканальность в коммуникации с клиентами – это стратегический подход, который открывает новые горизонты для бизнеса. Она предоставляет компаниям возможность взаимодействовать с клиентами через различные каналы коммуникации.

Этот подход позволяет бизнесу быть присутствующим там, где находятся его клиенты, и обеспечивать им согласованный и единый опыт обслуживания вне зависимости от выбранного канала. Омниканальная стратегия позволяет клиентам выбирать наиболее удобный способ связи с компанией, что способствует повышению уровня удовлетворенности клиентов и укреплению их доверия.

В целом, омниканальность в коммуникации с клиентами становится неотъемлемой частью современных бизнес-стратегий. Она позволяет компаниям оставаться конкурентоспособными, привлекать и удерживать клиентов, а также эффективно реагировать на изменения в их потребностях и предпочтениях.

В заключение, омниканальная платформа коммуникации предоставляет бизнесу ряд преимуществ. Она позволяет улучшить клиентское обслуживание, обеспечить большую доступность, повысить эффективность работы, получить лучшее понимание клиентов и увеличить их лояльность. Омниканальность помогает создать более гибкий и персонализированный опыт обслуживания, а также упрощает управление и координацию коммуникации с клиентами. В итоге, омниканальная платформа способствует укреплению связи с клиентами и повышению эффективности бизнеса.

О ПРОГРАММНОЙ ПОДДЕРЖКЕ НЕКОТОРЫХ ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ МОБИЛЬНОЙ ИНТЕРАКТИВНОЙ РЕКЛАМЫ В ФОРМАТЕ ИГРЫ

У. А. Володина¹⁾, И. С. Войтешенко²⁾

¹⁾ ООО "МРЭИД Девелопмент",
ул. Платонова, 20Б, пом.155А (оф.610), 220005, г.Минск, ulyanavalodzina@gmail.com

²⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, voit@bsu.by

Одним из трудоемких процессов разработки мобильной интерактивной рекламы в формате игры является выгрузка необходимых изображений из psd-файла, предоставленного дизайнерами либо непосредственно заказчиком, с целью последующей верстки экранов рекламного приложения. Практика показывает, что разработчик тратит на это до трети времени. Для ускорения процесса разработки интерактивной рекламы было выбран, протестирован и интегрирован в рабочий процесс разработки psd-парсер. Спроектировано и реализовано приложение, использующее psd-парсер для формирования изображений из слоев psd -файла и создания на их основе рixi-контейнеров. Это приложение было интегрировано в dashboard.mraid.io путем добавления во vue.js проект новых контейнеров и обработчиков, которые вызывают необходимые методы. Этим было значительно сокращено время, затрачиваемое на этапы обработки изображений и создание верстки.

Ключевые слова: интерактивная реклама в формате игры; стандарт MRAID; платформа dashboard.mraid.io; парсер psd -файлов; программная библиотека Pxi.js.

Мобильная интерактивная реклама в формате игры

Рынок рекламных услуг уже довольно давно превратился в отдельный сегмент экономики со значительными объемами и высокими темпами роста. Производство и демонстрация рекламы активно поддерживаются программными средствами и информационно-коммуникационными технологиями, от графических редакторов до искусственного интеллекта.

Мобильная реклама – это форма рекламы, специально разработанная для мобильных устройств, таких как смартфоны и планшеты. Мобильная реклама имеет ряд особенностей по сравнению с рекламой на других платформах: ограниченный экран; высокая плотность контента в течение короткого времени; необходимость и возможность точной настройки на целевую аудиторию; возможности геолокации (определения местоположения пользователя); разнообразие форматов (баннеры, видео, интерактивные объявления и т.д.); разнообразные каналы распространения (мобильные приложения, мобильные сайты, социальные сети и мессенджеры).

Интерактивная реклама в формате игры – разновидность интерактивной рекламы, который дает возможность пользователям сыграть в фрагмент мобильной игры перед ее загрузкой или установкой. Другими словами, это мини-игра, демонстрирующая основные функции игры. Длительность взаимодействия пользователя с такой рекламой в среднем рассчитана на 15-60 секунд.

Интерактивная реклама в формате игры является продуктивным способом привлечения клиентов, так как такая реклама дает возможность на практике познакомиться с рекламируемым продуктом, прежде чем купить рекламируемое приложение или его скачать.

Это, как правило, приводит к более высокому удержанию пользователей и высокому ожидаемому доходу от одного клиента.

Кроме того, поскольку пользователи уже опробовали игру перед ее установкой, игроки, которым она может не понравиться, уже исключены. Это позволяет разработчикам игр сосредоточиться на вовлеченных и заинтересованных пользователях, а также экономить деньги в долгосрочной перспективе.

У интерактивной рекламы в формате игры есть и ряд недостатков: более высокая стоимость разработки; сложность интеграции; увеличение времени на разработку по сравнению со статическими баннерами или видео рекламой.

Стандарт MRAID и платформа dashboard.mraid.io

MRAID (Mobile Rich Media Ad Interface Definitions) – стандарт, разработанный американской организацией рекламного бизнеса Interactive Advertising Bureau (IAB). Он обеспечивает стандартизированный интерфейс между рекламными объявлениями и мобильными приложениями, что упрощает процесс создания, размещения и измерения рекламных кампаний на мобильных устройствах [1].

Стандарт MRAID является важным инструментом для проведения эффективных рекламных кампаний на мобильных устройствах и обеспечения их совместимости с различными устройствами и операционными системами.

Интерфейс, определенный стандартом MRAID, включает в себя следующие основные элементы: контейнер объявления; API MRAID; набор методов для обработки жестов пользователя; расширения MRAID; механизмы для контроля за доступом к данным, собираемым в рекламном объявлении; требования к элементам медиаконтента для их совместимости с мобильными устройствами и приложениями.

Dashboard.mraid.io – платформа для разработки интерактивной мобильной рекламы, которая позволяет создавать объявления, которые могут взаимодействовать с пользователем, такие как рекламные баннеры, раскрывающиеся объявления, рекламные видео и т.д. [2]. Платформа разработана и поддерживается компанией Mraid.io.

Dashboard.mraid.io предоставляет набор инструментов и ресурсов для создания и развертывания рекламных кампаний на мобильных устройствах, включая мониторинг и отчетность о производительности. Платформа поддерживает стандарт MRAID.

Процесс разработки интерактивной мобильной рекламы

Особенности разработки такой рекламы заключаются в нескольких факторах.

Во-первых, рекламное приложение должно достаточно «легковесным», не более 2-5 мегабайтов с учетом изображений, аудио и, возможно, видеоматериалов. Это сильно ограничивает разработчика, вынуждая его увеличивать сжатие изображений, обрезать аудиофайлы, уменьшать частоту кадров в видео и т.д.

Во-вторых, заказчику рекламы обычно необходимы несколько версий рекламного приложения для загрузки их в различные рекламные сети, а у каждой из них могут быть свои требования к загружаемым файлам.

В-третьих, рекламные продукты должны разрабатываться в кратчайшие сроки. Обычное ограничение – не более недели (пяти рабочих дней).

Процесс разработки интерактивной мобильной рекламы может включать в себя несколько шагов:

1. Определение целей и задач, определение целевой аудитории и разработка концепции рекламы. На этом этапе рекламодатель обычно работает с агентством или командой дизайнеров, чтобы определить общее направление и стиль рекламы.

2. Создание макета рекламы в графическом редакторе, таком как Adobe Photoshop или Adobe Illustrator. Макет может содержать изображения, текст, кнопки и другие элементы интерактивности.

3. Разработка кода с использованием HTML, CSS, JavaScript или другие языков программирования.

4. Тестирование на различных мобильных устройствах и браузерах, в том числе с использованием MRAID Validator.

5. Загрузка в рекламную сеть. Рекламодатель может выбрать различные параметры показа рекламы, такие как таргетинг, бюджет и период показа.

Интеграция в программный код изображений и элементов, созданных в графических редакторах, может быть трудоемкой и затратной. Разработчики часто вручную настраивают каждый элемент изображения, чтобы обеспечить его корректное отображение на разных устройствах и разрешениях экранов.

Одним из трудоемких процессов разработки является выгрузка необходимых изображений из psd-файла, предоставленного дизайнерами либо непосредственно заказчиком, с целью последующей верстки экранов рекламного приложения. Практика показывает, что разработчик тратит на это до трети времени. Последовательность его действий такова: выгрузка отдельных слоев с помощью программы Adobe Photoshop в формате .png изображений, переименование всех изображений в одной принятой в компании стилистике, создание рixi-контейнеров [3], которые содержат следующую информацию: название контейнера (уникальное), название изображения, позицию на экране относительно центра – всю эту информацию уже изначально содержит PSD файл. Эти действия могут выполняться программным приложением. Автоматизируя процесс разработки, мы можем минимизировать человеческий фактор в разработке, избавиться от опечаток, а также существенно ускорить процесс разработки.

Приложение разрабатывалось для интеграции в платформу dashboard.mraid.io.

Проектирование и разработка программного приложения

Центральным этапом автоматизированной верстки из макета является парсинг (анализ синтаксической структуры) psd-изображения.

Наиболее известным является парсер psd-файлов компании Adobe [4], который предназначен для использования в проектах на языке Java. Однако он не создает верстку в формате, который используется в интерактивной рекламе. Кроме того, была бы затруднена его интеграция в платформу dashboard.mraid.io.

Поскольку платформа Dashboard.mraid.io разработана с использованием node.js, а его визуальная часть с использованием фреймворка vue.js, нами было обращено внимание на один из парсеров, программный код которого размещен на github.com. Функциональные возможности этого парсера оказалось несложным интегрировать с возможностями библиотеки Pixi.js [3]. Pixi.js – это библиотека для работы с двумерной графикой в браузере. Она позволяет создавать интерактивные и анимированные графические приложения, игры и веб-сайты с использованием языка программирования JavaScript. Pixi.js имеет открытый исходный код и является свободной библиотекой, которая может быть использована как для коммерческих, так и для некоммерческих проектов.

Интеграция psd-парсера и программной библиотеки pixi.js для их совместного использования при верстке рекламы в рамках платформы Dashboard.mraid.io имеет ряд особенностей.

1. При переносе верстки из psd-макета в Pixi.js-контейнеры необходимо учитывать различия в системах координат. В формате psd координаты слоя задаются относительно верхнего левого угла изображения, в то время как в Pixi.js принято использовать центральную точку контейнера как начальную точку координат. Это означает, что координаты слоев и их расположение на сцене могут не соответствовать ожидаемым, если не будет произведено пересчета координат.

2. Порядок слоев в Pixi.js будет отражен в обратном порядке по сравнению с порядком слоев в psd-макете. Это связано с тем, что в формате psd слои располагаются сверху вниз, а в Pixi.js контейнеры создаются в порядке перечисления в коде.

Для переворачивания дерева слоев из формата psd в формат Pixi.js использовался обход слоев psd в глубину, начиная с корневого слоя.

3. Photoshop позволяет создавать слои с одинаковыми названиями в одном документе. Это возможно, так как в psd -файле слои и группы слоев идентифицируются не только по имени, но также по другим свойствам, таким как идентификаторы слоев (layer IDs) и уровень вложенности. Таким образом, даже если в документе есть слои с одинаковыми именами, они все равно будут правильно идентифицироваться.

Однако в Pixi.js контейнеры и объекты идентифицируются только по их имени. Это означает, что если будут созданы два контейнера с одинаковым именем, то второй контейнер заменит первый. Поэтому имена слоев надо было проверять на совпадение с уже извлеченными и при необходимости преобразовывать.

С учетом указанных особенностей было спроектировано и реализовано приложение, использующее psd-парсер для формирования изображений из слоев и создания pixi-контейнеров. Это приложение было интегрировано в dashboard.mraid.io путем добавления во vue.js проект новых контейнеров и обработчиков, которые вызывают необходимые методы.

Заключение

Интерактивная реклама позволяет вовлечь пользователя в более активное взаимодействие с рекламным сообщением и, как следствие, повышает вероятность привлечения внимания и увеличения конверсии. Кроме того, интерактивные элементы могут помочь создать более запоминающийся и креативный образ бренда. В связи с этим, рекламодатели все чаще выбирают интерактивные форматы для своих кампаний.

Разработка интерактивной рекламы требует большого количества времени и трудозатрат, поскольку включает в себя множество этапов, начиная от создания концепции до загрузки рекламы в рекламную сеть. Один из ключевых этапов разработки – это создание дизайна в формате psd. Однако, чтобы использовать изображения и макеты, которые содержатся в psd, разработчикам необходимо вручную извлекать изображения и воссоздавать верстку. Это может занять много времени и создать дополнительные трудности при создании интерактивной рекламы.

Для ускорения процесса разработки интерактивной рекламы было выбран, протестирован и интегрирован в рабочий процесс разработки psd-парсер. Спроектировано и реализовано приложение, использующее psd-парсер для формирования изображений из слоев psd-файла и создания на их основе pixi-контейнеров. Это приложение было интегрировано в dashboard.mraid.io путем добавления во vue.js проект новых контейнеров и обработчиков, которые вызывают необходимые методы. Этим было значительно сокращено время, затрачиваемое на этапы обработки изображений и создание верстки.

Библиографические ссылки

1. Mobile Rich Media Ad Interface Definition (MRAID) Version 3.0 [Electronic resource]. URL: https://www.iab.com/wp-content/uploads/2017/07/MRAID_3.0_FINAL.pdf (date of access: 25.03.2024).
Dashboard Mraid.io [Electronic resource]. URL: <https://mraid.io/#dashboard> (date of access: 25.03.2024).
PixiJS Documentation [Electronic resource]. URL: <https://pixijs.download/dev/docs/index.html> (date of access: 25.03.2024).
PSDParser [Electronic resource]. URL: <https://developer.adobe.com/experience-manager/reference-materials/6-5/javadoc/org/apache/tika/parser/image/PSDParser.html> (date of access: 25.03.2024).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНОВ В МОБИЛЬНОЙ СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА

А. А. Дерюшев

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь*

Рассмотрены особенности использования мобильных телефонов и индивидуальных носимых устройств в качестве трекеров системы мониторинга персонала, показаны необходимые аппаратные и программные составляющие таких устройств.

Ключевые слова: система мониторинга; глобальная система позиционирования; мобильный телефон; персональный трекер; контроль персонала.

Введение

Рациональная организация бизнес-процессов во многих сферах (логистика, транспорт, курьерские услуги, ЖКХ) требует постоянного мониторинга местоположения людей и транспортных средств, при этом необходимо автоматизировать проведение такого мониторинга. Исторически сначала был автоматизирован процесс контроля транспортных средств путем установки в них специальных устройств (трекеров), определяющих положение транспортного средства с помощью GPS приемника и передающего данные на сервер по сети сотовой связи для их последующей обработки [1]. Применение технологии показало значительный экономический эффект при простоте использования, в связи с чем сфера применения технологии значительно расширилась. Так, например, появились курьеры, доставляющие товары не только на машинах, но и на самокатах, велосипедах и пешком. Появилась идея отслеживать работу людей вне офисов, например, дворников, убирающих дворы на определенной территории. При этом трекеры, используемые в машинах, не совсем подходят для этих вариантов использования по следующим причинам:

1. Обладают большим энергопотреблением и малой емкостью встроенной батареи, что ограничивает время их использования;
2. Не защищены от постороннего вмешательства, что не позволяет использовать их персоналом, не заинтересованным в корректной работе.
3. Обладают стоимостью, сопоставимой с ценой мобильного телефона, при этом обеспечивая меньший функционал.

Указанные недостатки привели к идеям отказаться от трекеров и перейти к использованию в качестве трекеров недорогих мобильных телефонов, однако при этом появляется ряд особенностей, изложенных в данной работе.

Использование мобильного телефона в качестве персонального трекера

Использование мобильного телефона в качестве трекера имеет ряд особенностей, связанных с аппаратным и программным обеспечением устройства. Рассмотрим сначала аппаратные особенности.

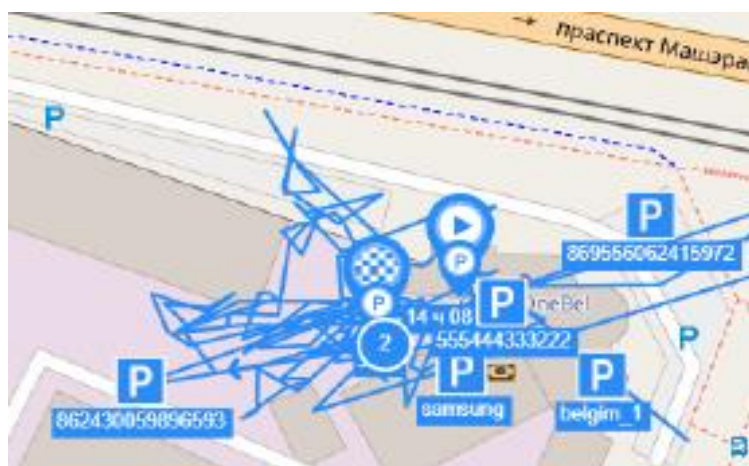
При использовании телефона в качестве персонального трекера работодатель, естественно, хочет минимизировать свои расходы путем покупки недорогих устройств. Однако в недорогих устройствах модуль позиционирования, как правило, использует только одну систему спутников (например, GPS), что уменьшает число одновременно видимых спутников и точность определения местоположения, что особенно актуально в условиях городской за-

стройки. В дорогих телефонах может использоваться несколько систем (GPS, ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou), что значительно увеличивает точность навигационной информации, однако увеличивает расходы при повреждении телефона.

Вторым большим недостатком телефона, по сравнению с аппаратным трекером, является меньшая чувствительность, что связано с желанием производителя телефона минимизировать размер устройства (и размер навигационной антенны). Меньшая чувствительность приводит к неработоспособности телефона в качестве навигатора внутри помещений, в подземных переходах, парковках, во дворах высотных зданий и т.д.

Рассмотрим особенности написания программного обеспечения для телефона. Т.к. в качестве трекеров обычно хотят использовать Android-телефоны (ввиду их меньшей стоимости), то остановимся на них. Информацию о местоположении мы хотим получать постоянно в фоновом режиме, чтобы можно было использовать телефон и по прямому назначению. При написании программного обеспечения для этих целей традиционно использовался класс Service, однако Google существенно ограничил его использование из соображений энергопотребления и обеспечения безопасности персональных данных пользователя; поэтому в настоящее время необходимо использовать Foreground Service. От своего предшественника он отличается тем, что требует показа уведомлений пользователю. С точки зрения индивидуального пользователя, это, безусловно, большой плюс. Однако работодатель не может получать данные о местоположении работника без его ведома, что создает проблему в случаях, когда работник не желает делиться своим местоположением при отклонении от маршрута либо места выполнения работ. В этом случае работник может выключить приложение-трекер и сказать работодателю о пропадании навигационного сигнала. В то же время не представляется рациональным отключать возможность выхода из приложения, т.к., во-первых, нам не нужно получать координаты работника в обеденный перерыв и после окончания рабочего дня, и, во-вторых, использование навигации значительно разряжает батарею телефона. Выходом может быть написание не отдельного приложения-трекера, а кастомизация существующих приложений, использующих навигационные данные, например, приложения Telegram с открытым исходным кодом. Более сложным решением является написание своего сервиса в операционной системе, однако для его внедрения в телефон потребуется также модифицировать и операционную систему телефона.

Второй особенностью, которую необходимо учитывать при написании программного обеспечения, является шум в навигационных данных, который необходимо отфильтровывать. На следующем рисунке приведен сигнал с неподвижного трекера. Видим, что вместо неподвижной точки получается сложная фигура, размер которой зависит от числа видимых спутников и их положения.



Шум трекера

Отметим, что такое поведение не является особенностью только трекера на базе мобильного телефона, оно присуще и аппаратным трекерам. Для борьбы с этим явлением в аппаратных автомобильных трекерах используется акселерометр, служащий для определения факта движения автомобиля; при этом координаты точек стоянок передаются только один раз.

Акселерометр (и даже гироскоп) имеются и в мобильных телефонах, однако при нахождении в кармане пользователя телефон подвергается постоянным ускорениям даже при неизменных координатах пользователя, поэтому его данные не могут служить признаком движения.

Проведенные эксперименты показали, что для детектирования движения можно использовать виртуальный датчик «педометр», определяющий число шагов пользователя. Показания этого датчика формируются на базе «физических» датчиков акселерометра и гироскопа, при этом необходимая фильтрация уже заложена производителем телефона. Более сложные алгоритмы сглаживания строятся на анализе положения последовательных точек, при увеличении числа точек уменьшается число поворотов на треке, но появляются две новые проблемы:

а) появляется временная задержка в передаваемых данных, что не всегда устраивает заказчика;

б) может исказиться картина движения на площади с круговым движением, что ставит ложные вопросы о нарушении правил дорожного движения.

Третьей особенностью является непредсказуемость траектории движения. Если трекер установлен на машине, то предполагается, что автомобиль может двигаться только по дорогам. При этом возможна коррекция текущих полученных координат так, чтобы координаты находились строго на дороге (а не на газоне рядом). В отличие от автомобиля, пеший курьер может двигаться (и двигается) абсолютно свободно, что не позволяет скорректировать его координаты с привязкой к карте.

Заключение

Использование сотового телефона в качестве трекера мобильной системы мониторинга позволяет уменьшить стоимость системы на величину стоимости аппаратного трекера, переложить затраты на его приобретение на рядового сотрудника. При этом, как правило, уменьшается точность получаемых координат за счет худшей точности навигационной системы мобильного телефона по сравнению с аппаратным трекером и уменьшения возможностей фильтрации получаемых данных в реальном времени (при этом остается возможность постобработки треков).

Использование сотового телефона в качестве персонального трекера легко реализуется с помощью соответствующего мобильного приложения при заинтересованности сотрудника в передаче своих текущих координат работодателю, при этом при противодействии сотрудников следует реализовывать аппаратные [2] и аппаратно-программные решения, в том числе путем кастомизации операционной системы и встроенных сервисов мобильного телефона.

Библиографические ссылки

1. Дерюшев А. А. Мобильная система мониторинга транспорта // Веб-программирование и интернет-технологии (WebConf2021) : Тезисы докладов 5-й Международной научно-практической конференции, Минск, 18-21 мая 2021 г. Минск : БГУ, 2021. С. 63-65.

2. Персональные GPS трекеры [Электронный ресурс] / Gadgets shop. Минск, 2024.
URL: <https://gps-tracker.by/shop/category/gps-oborudovanie/personalnae> (дата обращения: 30.03.2024).

ИНТЕГРАЦИЯ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ В МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОС ANDROID

М. Д. Иванова¹⁾, М. И. Давидовская²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, ivanova.mary76@gmail.com

²⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, davidouskaia@bsu.by

Данная работа посвящена интеграции рекомендательной системы в мобильное приложение для операционной системы Android. В работе рассматриваются основные шаги интеграции, целью которых является улучшение пользовательского опыта и повышение эффективности взаимодействия с контентом. Этапы интеграции рассматриваются на примере реализации мобильного приложения для управления книгами. Дополнительно приводится сравнительный анализ различных рекомендательных систем в контексте данного мобильного приложения с использованием среднего значения средней точности в качестве основной метрики. Результаты анализа позволили выявить эффективность различных методов и определить наиболее подходящий алгоритм рекомендаций для конкретного приложения. Исследование имеет практическое значение для разработчиков мобильных приложений, которые стремятся улучшить пользовательский опыт и предоставить более персонализированные рекомендации.

Ключевые слова: мобильное приложение; Android; интеграция; рекомендательные системы; контентная фильтрация; совместная фильтрация; гибридная фильтрация.

В современном цифровом мире, где объем информации постоянно увеличивается, рекомендательные системы становятся неотъемлемой частью пользовательского опыта. В контексте повседневного использования мобильных телефонов, которые стали незаменимым инструментом для доступа к информации, личной и рабочей коммуникации, интеграция рекомендательных систем в мобильные приложения приобретает особую важность. Эти системы помогают пользователям эффективно ориентироваться в огромном количестве предложений и контента, обеспечивая им наиболее подходящие и интересные варианты. В связи с этим рассмотрим интеграцию рекомендательной системы в мобильное приложение для операционной системы Android.

Рекомендательные системы – это программные инструменты, которые анализируют данные о предпочтениях и поведении пользователей, чтобы предложить им наиболее релевантный контент или товары. Их цель – улучшить пользовательский опыт и повысить эффективность взаимодействия с приложениями. С ростом объема информации в сети и увеличением разнообразия предложений, рекомендательные системы становятся ключевым инструментом для пользователей, помогая им ориентироваться в море данных. Важно учитывать, что разные пользователи в разных ситуациях могут иметь различные потребности и предпочтения, поэтому выбор стратегии рекомендаций играет ключевую роль в предоставлении им наиболее подходящих вариантов.

Существует три основных типа рекомендательных систем: фильтрация на основе контента, совместная фильтрация и гибридная [1].

1. Контентная фильтрация основана на анализе описания товаров, их характеристик и профиле интересов пользователя. Она предлагает пользователю элементы, которые наиболее соответствуют его предпочтениям. Так, рекомендательная система будет рекомендовать пользователю те товары или услуги, которые очень похожи на просмотренные пользователем

или понравившиеся ему в прошлом. Другими словами, фильтрация на основе контента фокусируется на свойствах товаров, чтобы предложить пользователю похожие товары в качестве рекомендаций.

2. Совместная фильтрация использует сходство между пользователями для выработки рекомендаций. Идея совместной фильтрации заключается в поиске для конкретного пользователя других пользователей с похожими вкусами и мнениями и рекомендации товаров, которые понравились этим пользователям в прошлом. Другими словами, она основана на анализе поведения и предпочтений группы пользователей для предсказания предпочтений отдельного пользователя.

3. Гибридная фильтрация комбинирует методы контентной и совместной фильтраций для улучшения точности рекомендаций.

Для наглядной демонстрации процесса интеграции рекомендательной системы в мобильное приложение для ОС Android рассмотрим пример реально созданного мобильного приложения для управления книгами. В данном приложении пользователи могут просматривать каталог книг, добавлять их в список избранных, а также оценивать и делиться своими впечатлениями о прочитанных произведениях. Кроме того, приложение предлагает персонализированные рекомендации на основе предпочтений пользователей.

Для реализации рекомендательной системы был создан серверный компонент на языке Python с использованием программного средства разработки FastAPI. Этот сервер обрабатывает запросы от мобильного приложения, анализирует данные о пользовательских предпочтениях, обрабатывает их с помощью алгоритмов машинного обучения и предоставляет рекомендации в формате JSON.

В мобильном приложении, разработанном на языке Java для операционной системы Android, интеграция с сервером реализована с использованием библиотеки Retrofit. Retrofit обеспечивает удобное и эффективное получение данных с сервера посредством HTTP-запросов и обработки полученных данных. После получения рекомендаций от сервера приложение отображает их пользователю и предлагает функции для взаимодействия с рекомендованными книгами.

Таким образом, в процессе интеграции рекомендательной системы в мобильное приложение были реализованы следующие этапы:

1. Анализ требований и выбор алгоритмов. Определение требований к рекомендательной системе и выбор подходящих алгоритмов для предложения персонализированных рекомендаций книг.

2. Разработка серверной части. Создание сервера рекомендаций с использованием FastAPI, который обрабатывает запросы от мобильного приложения и предоставляет рекомендации на основе данных об оценках книг пользователей.

3. Интеграция с мобильным приложением. Использование Retrofit в мобильном приложении для отправки запросов на сервер и получения рекомендаций книг.

4. Тестирование и оптимизация. Проведение тестирования функционала рекомендаций, а также оптимизация производительности системы для обеспечения быстрого и стабильного пользовательского опыта.

Для выбора наиболее подходящей рекомендательной системы для использования в мобильном приложении был проведен сравнительный анализ. В ходе исследования были реализованы и затем проанализированы алгоритмы рекомендаций с контентной фильтрацией, совместной фильтрацией и тремя гибридными подходами: переключаемый ансамбль, взвешенный и каскадный.

Для оценки производительности каждого алгоритма в качестве основной метрики использовалось среднее значение средней точности (MAP; mean average precision). MAP позволяет оценить качество ранжирования рекомендаций и их соответствие ожиданиям пользователей.

$$MAP = \frac{1}{|U|} \sum_{u=1}^{|U|} \frac{1}{m} \sum_{k=1}^N (P(k) \text{ если } k - \text{ый элемент релевантен}),$$

где $|U|$ – количество рассматриваемых пользователей, которым предоставляются рекомендации; m – количество всех релевантных элементов; N – количество элементов, которые нужно порекомендовать пользователю; $P(k)$ – точность, рассчитанная путем рассмотрения подмножества рекомендаций с рангом от 1 до k .

В табл. 1 приведены результаты для рекомендательных систем с контентной и совместной фильтрациями, а в табл. 2 – результаты для гибридных рекомендательных систем.

Таблица 1

MAP рекомендательных систем с контентной и совместной фильтрациями

	Контентная фильтрация	Совместная фильтрация
mean average precision	0,445	0,697

Таблица 2

MAP различных ансамблей рекомендательных систем

	Переключаемый ансамбль	Взвешенный ансамбль	Каскадный ансамбль
mean average precision	0,697	0,492	0,8

Полученные результаты показывают, что различные алгоритмы рекомендаций демонстрируют разную эффективность в контексте данного мобильного приложения для управления книгами. Каждая из рекомендательных систем имеет свои преимущества и недостатки, и выбор конкретного метода зависит от целей и требований конкретной задачи рекомендации.

Низкий показатель MAP у контентной фильтрации указывает на ограниченность подхода, особенно в случае, если контент имеет небольшое разнообразие характеристик или пользователи проявляют интерес к разнообразным жанрам и авторам. Показатель MAP у совместной фильтрации выше, что может указывать на более точное выявление интересов пользователей и более релевантные рекомендации.

Значение MAP у переключаемого ансамбля сравнимо с результатом совместной фильтрации, что указывает на эффективное сочетание обоих методов в определенных ситуациях. Взвешенный же ансамбль показывает более низкие результаты, что может указывать на недостаточно оптимальные коэффициенты взвешивания или несоответствие их реальным предпочтениям пользователей. В данной реализации переключаемый и взвешенный ансамбли могут быть использованы в качестве альтернативных вариантов для рекомендательных систем с совместной и контентной фильтрациями. Кроме того, есть возможность улучшить их производительность за счет подбора более оптимальных параметров.

Каскадный ансамбль демонстрирует самое высокое среднее значение средней точности среди всех методов, превосходя как контентную, так и совместную фильтрации. Это говорит о его потенциальной эффективности в предоставлении точных и релевантных рекомендаций.

Исходя из проведенного сравнительного анализа, было принято решение интегрировать каскадный ансамбль рекомендательных систем в мобильное приложение. Наибольшее значение MAP каскадного ансамбля среди всех рассмотренных систем указывает на релевантность подобранных рекомендаций, а также на меньшее количество предоставляемых нерелевантных рекомендаций.

Рекомендательные системы играют важную роль в улучшении пользовательского опыта и повышении эффективности взаимодействия с мобильными приложениями. В данной работе

были рассмотрены основные этапы процесса интеграции рекомендательной системы в мобильное приложение для операционной системы Android и была продемонстрирована практическая реализация данного процесса на реальном примере приложения для управления книгами. Дополнительно был проведен сравнительный анализ различных подходов к рекомендациям в контексте мобильного приложения для управления книгами. Исследование позволило выявить эффективность различных методов, а также определить наиболее подходящий алгоритм для конкретного приложения. Этот анализ является важным шагом в обеспечении оптимального пользовательского опыта и улучшении функциональности мобильных приложений. Дальнейшие исследования и разработки в области рекомендательных систем будут способствовать развитию этой области и повышению качества услуг, предоставляемых мобильными приложениями.

Библиографические ссылки

1. Recommendation systems and machine learning: approaches and case studies [Electronic resource]. URL: <https://www.itransition.com/machine-learning/recommendation-systems> (date of access: 17.03.2024). Title from the screen.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Д. П. Кондратьев¹⁾, Б. А. Бадак²⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет
пр. Независимости, 65, г. Минск, Беларусь

²⁾Белорусский национальный технический университет,
пр. Независимости, 65, г. Минск, Беларусь, badak.bazhena@bk.ru

Рассмотрены возможности прикладного использования интернета вещей в промышленности, описаны основные направления развития этого инструмента для контроля производства и повышения качества продукции, кратко рассмотрены преимущества и недостатки использования подобного рода систем и устройств.

Ключевые слова: интернет вещей; промышленная безопасность; техническое оснащение предприятий.

Интернет вещей (Internet of Things) – это вычислительные устройства, подключенные к интернету и взаимосвязанные между собой, которые могут собирать, анализировать, обрабатывать и передавать данные по сети без человеческого контроля [2]. Речь идёт не только о смартфонах и компьютерах. Почти все устройства с кнопкой включения и выходом в сеть в теории могут стать частью интернета вещей. К примеру, частью интернета вещей может стать человек с имплантом для мониторинга за состоянием организма, камера, ведущая наблюдение за жизнью диких животных в прибрежных водах или автомобиль со встроенными датчиками, предупреждающими водителя о потенциальных рисках. По сути, это может быть любой объект, которому можно назначить сетевой адрес, способный передавать данные по интернету. Система интернета вещей состоит из датчиков и устройств, взаимодействие которых осуществляется посредством облачного соединения. Как только данные попадают в облако, они обрабатываются программными средствами и принимается решение о выполнении тех или иных действий, например, настройки датчиков и устройств без необходимости ввода данных пользователем или отправки уведомлений.

Выделяют пять главных компонентов системы интернета вещей, а именно пользовательский интерфейс, платформа, средства подключения, датчики устройств и инструменты для обработки данных (рис. 1 и 2).



Рис. 1. Интернет вещей (схема)



Рис. 2. Компоненты интернета вещей

Обеспечение охраны труда и промышленной безопасности – важнейшая задача в современном производстве. Для ее разрешения успешно используются интернет вещей вкуче с дру-

гими цифровыми технологиями [1]. С ростом автоматизации производства многократно снизилось количество людей, находящихся на дежурстве на сменах. С одной стороны, это явно успех в обеспечении безопасности на работе, так как меньшее количество людей в опасных зонах – это то, к чему следует стремиться. Но у этого есть и обратная сторона. Если у сотрудника, оставшегося в одиночку на дежурстве, случится ухудшение самочувствия, то никто не сможет обратить на это внимание и оказать первую помощь. Или, к примеру, сотрудник, осуществляющий контроль за оборудованием на предприятии, упал с лестницы, потеряв сознание. Когда коллеги обратят внимание на то, что его слишком долго нет, и где его искать? И подобных случаев может быть огромное количество. Помимо этого, существуют такие задачи и проблемы, как химическое и радиационное загрязнение на предприятиях, как контроль за различными показателями окружающей среды на предприятии и максимально возможное понижение числа рабочих в наиболее опасных зонах работы завода. Как этого добиться? Тут на помощь и приходит интернет вещей и сопутствующие инструменты.

В первом случае, хорошим решением выглядит отслеживание ударов, падений и других инцидентов при помощи акселерометра, а также дополнение этой информации координатами GPS на улице или iBeacon-маячков в помещении и передача на сервер по беспроводной сети (Wi-Fi, LTE и т.д.). А далее на будет генерироваться оповещение ответственного за контроль сотрудника. Стоит сказать, что устройств, решающих эту задачу, на рынке уже довольно много. Их аккумуляторы спокойно выдерживают длительность средней смены. Решения сопровождаются предварительно разработанным программным обеспечением для оповещений и мониторинга.

Во втором случае, целесообразным выглядит использование средств измерения и оповещения в цехах, где присутствуют опасные компоненты. Применение стека технологий промышленного интернета вещей может снизить затраты на внедрение систем контроля за необходимыми показателями за счет удешевления каналов передачи данных. Необходимые технологии подбираются исходя из требований к частоте замеров в каждом случае. Помимо этого, существует задача контроля параметров экологической обстановки вокруг опасного предприятия. Ее возможное решение – использование передвижных экопостов – автомобилей с измерительной аппаратурой. Передвижные экопосты производят замеры в конкретных точках вокруг и внутри (если требуется) предприятия в необходимое время. Данные обычно "привозят" на завод и "складывают" в базу данных. Применение решений интернета вещей может обеспечить передачу данных в систему мониторинга экологической обстановки предприятия сразу по факту замера. Наиболее передовые предприятия уже строят стационарные экопосты для непрерывного мониторинга экологической обстановки. Они могут быть расположены как вблизи территории завода, так и на удалении, за несколько километров. В такой топологии беспроводная передача является самым естественным способом получения данных от экопостов. В рамках реализации стратегии устойчивого развития многие компании уже пришли к необходимости оснащения конкретных объектов автоматизированными средствами контроля. Наконец, для решения третьей из рассмотренных выше задач можно использовать целый комплекс мер (рис. 3).

1) увеличение времени полезно совершенной работы оборудования посредством более точного контроля агрегатов в режиме онлайн и построения алгоритмов срабатывания автоматизированных сигнализационных систем, предупреждающих о возникновении поломок оборудования на ранних стадиях, что позволит сократить внеплановые остановки работы или вовремя переключаться на резервное оборудование;

2) переход к стратегии обслуживания по состоянию, что позволит увеличить интервалы между ремонтами и обслуживанием и значительно сократить затраты;

3) использование информации, полученной в процессе автоматизации ручного сбора данных, в математических моделях, оптимизирующих технологический процесс.

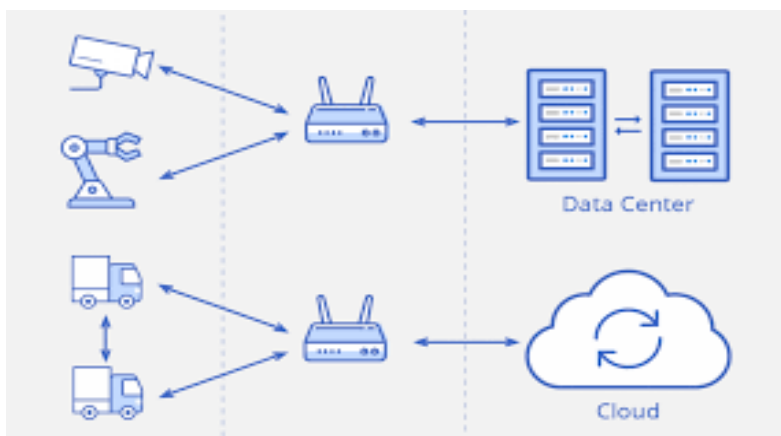


Рис. 3. Структура звеньев интернета вещей в промышленном производстве

Отметим, вышерассмотренные примеры являются лишь малой частью задач, которые действительно можно решить в производственных процессах при помощи технологий интернета вещей. В действительности использование интернета вещей может кардинально изменить промышленность и в разы увеличить эффективность производств. Данная отрасль обещает быть невероятно востребованной в ближайшие годы, что значительно ускорит технологический прогресс и научные достижения человечества в обозримом будущем.

Библиографические ссылки

1. Магомадов В. С. Взгляд на четвертую индустриальную революцию // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Новая промышленная революция в зеркале современной науки». 2018. С. 86-87.

2. Игнатович Д. Промышленный интернет вещей: рассказываем об успешных кейсах [Электронный ресурс] // Хабр. 2019. URL: https://habr.com/ru/company/kauri_iot/blog/471588/ (дата обращения: 23.03.2024).

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФРЕЙМВОРКА FLUTTER

Р. О. Кохнович

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, roma3122001@gmail.com
Научный руководитель: Е. В. Кремень, кандидат физико-математических наук, доцент*

Цель исследования – раскрыть особенности разработки мобильных приложений с использованием фреймворка Flutter. Научная новизна исследования заключается в том, что данный фреймворк является довольно молодым и самым популярным в среде разработки кроссплатформенных приложений. В результате выделены и охарактеризованы основные особенности фреймворка, его преимущества, сравнение с аналогами, а также основные этапы разработки приложения с использованием Flutter.

Ключевые слова: мобильное приложение; кроссплатформенность; Flutter; Dart; Android; IOS; UI.

Актуальность

Разработка мобильных приложений – одна из самых быстрорастущих и востребованных областей программирования. Постоянное распространение смартфонов и планшетов увеличило потребность в создании кроссплатформенных, высокопроизводительных и визуально привлекательных мобильных приложений. Одним из самых популярных фреймворков для решения этих задач является Flutter, разработанный компанией Google.

Flutter: кроссплатформенный фреймворк для создания мобильных приложений

Flutter – это кроссплатформенный фреймворк для разработки мобильных приложений с открытым исходным кодом, который использует единую кодовую базу для создания высокопроизводительных приложений для платформ iOS и Android. Flutter использует язык Dart для написания кода [5]. Ключевыми особенностями Flutter являются следующие:

- **Кроссплатформенность:** С помощью Flutter можно создавать приложения с единым исходным кодом для основных мобильных платформ (iOS и Android). Это значительно сокращает время и стоимость разработки по сравнению с традиционными подходами.
- **Высокая производительность:** Flutter использует собственный графический движок Skia, который обеспечивает плавную анимацию и отзывчивый пользовательский интерфейс даже на низкопроизводительных устройствах.
- **Виджеты:** Flutter основан на концепции виджетов. Это позволяет быстро и эффективно разрабатывать визуально привлекательные и функциональные приложения.
- **Открытость и активное сообщество:** Flutter – это проект с открытым исходным кодом, который поощряет активное развитие и поддержку со стороны растущего сообщества разработчиков [1].

Этапы разработки мобильного приложения на Flutter

Процесс разработки мобильных приложений во Flutter состоит из нескольких основных этапов:

1. **Установка и настройка среды разработки.** Разработчики обычно устанавливают Flutter SDK с помощью интегрированной среды разработки (IDE), такой как Android Studio или Visual Studio Code.

2. Создание нового проекта и проектирование пользовательского интерфейса. На этом этапе разработчики создают новый проект Flutter и начинают проектировать пользовательский интерфейс, используя множество виджетов, предоставляемых фреймворком.

3. Реализация функциональности приложения. Этот этап включает в себя написание кода, отвечающего за основную логику приложения, такую как манипулирование данными, взаимодействие с API и реализация бизнес-правил.

4. Тестирование и отладка приложения. На этом этапе выполняются различные виды тестов (модульные, интеграционные, функциональные) и производится отладка приложения с целью выявления и устранения ошибок.

5. Создание приложения и публикация его в магазине приложений. На заключительном этапе создаются версии приложения для платформ iOS и Android и публикуются в соответствующих магазинах приложений (App Store, Google Play) [2].

Основные архитектурные решения в Flutter

Flutter предоставляет несколько архитектурных паттернов, которые помогают структурировать код и улучшить управление состоянием приложения:

- **Bloc** (компонент бизнес-логики): Этот паттерн улучшает тестируемость и сопровождаемость кода, отделяя бизнес-логику от пользовательского интерфейса [7].
- **Провайдер (Provider)**: Этот пакет предоставляет простой способ управления состоянием приложения, используя концепции поставщика и потребителя состояний.
- **Riverpod**: является более продвинутой версией Provider и предоставляет дополнительные возможности, такие как ленивая загрузка состояния и более гибкие конструкции.
- **Freezed**: этот пакет облегчает создание неизменяемых классов данных.
- **Getit**: инструмент для инъекции зависимостей, который помогает структурировать код и упрощает тестирование [4].

Преимущества использования Flutter

Использование Flutter для разработки мобильных приложений имеет множество преимуществ:

- **Высокая производительность и плавные анимации.** Работающий на собственном графическом движке Skia, Flutter обеспечивает высокую производительность и плавную анимацию пользовательского интерфейса [6].
- **Поскольку Flutter является кроссплатформенным,** приложения для iOS и Android можно создавать на основе единой кодовой базы, что значительно сокращает время и стоимость разработки.
- **Концепция виджетов Flutter упрощает и ускоряет процесс создания** визуально привлекательных и функциональных пользовательских интерфейсов.
- **Открытое и активное сообщество.** Flutter – открытый проект с растущим сообществом разработчиков.
- **Возможность создания высококачественных приложений Flutter** позволяет создавать высококачественные мобильные приложения для различных сфер бизнеса благодаря своим техническим возможностям и широкому набору инструментов [3].

Flutter – это мощный и эффективный фреймворк для разработки мобильных приложений, который становится все более популярным среди разработчиков. Кроссплатформенность, высокая производительность, удобство использования виджетов и открытость делают его привлекательным выбором для многих разработчиков, а Flutter позволяет создавать высококачественные мобильные приложения и сокращать время и стоимость разработки.

Библиографические ссылки

1. Официальный сайт с документацией Flutter. [Электронный ресурс]. URL: flutter.dev (дата обращения: 29.03.2024).

2. Тьяги П., Pragmatic Flutter: создание кроссплатформенных мобильных приложений для Android, iOS, WEB и Desktop. 1-е изд. CRC Press, 2021. 337 с.
3. Что такое Flutter? [Электронный ресурс]. URL: <https://aws.amazon.com/ru/what-is/flutter> (дата обращения: 29.03.2024).
4. Виндмилл Э. Flutter in action. 1-е изд. Manning, 2019. 368 с.
5. Flutter [Электронный ресурс]. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Flutter_\(software\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Flutter_(software)) (дата обращения: 29.03.2024).
6. Flutter & Dart The Complete Guide [2023 Edition]. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.udemy.com/share/1013o4/> (дата обращения: 29.03.2024).
7. Introduction to Flutter Development Using Dart. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.appbrewery.co/p/intro-to-flutter> (дата обращения: 29.03.2024).

ИССЛЕДОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ТЕПЛИЦЫ

К. С. Курочка¹⁾, Ю. С. Башаримов²⁾

¹⁾канд. техн. наук, доцент

Гомельский государственный технический университет,
пр-т Октября, 48, 246746, г. Гомель, Беларусь, : kurochka@gstu.by

²⁾Гомельский государственный технический университет,
пр-т Октября, 48, 246746, г. Гомель, Беларусь, basharymauyury@gmail.com

В статье представлено решение по автоматизации управления микроклиматом в теплицах на основе Интернета вещей (IoT) и современных технологий. Предлагается архитектура системы, включающая сеть беспроводных датчиков, центральный управляющий модуль на базе одноплатного компьютера, исполнительные механизмы и веб-интерфейс. Рассматривается выбор беспроводного протокола для подключения датчиков, сравниваются варианты ZigBee, Bluetooth Low Energy, LoRaWAN и Wi-Fi. Описывается реализация ЦУМ на основе Linux, Python и Flask. Приводятся результаты тестирования экспериментальной системы с использованием BLE и выявленные ограничения. Обосновывается переход на протокол ZigBee для масштабируемой сети датчиков в тепличных хозяйствах.

Ключевые слова: умная теплица; интернет вещей; IoT; автоматизация микроклимата; беспроводные сенсорные сети; ZigBee; BLE; одноплатные компьютеры; Flask; Python; удаленный мониторинг.

Введение

Обеспечение оптимальных условий для выращивания растений в теплицах является ключевым фактором для получения высоких урожаев [1]. Традиционные методы контроля микроклимата часто неэффективны [2] и требуют значительных ресурсов.

Развитие Интернета вещей (IoT) и внедрение современных технологий открывают новые возможности для автоматизации процессов в теплицах. Использование датчиков, исполнительных механизмов и интеллектуальных систем управления позволяет создавать высокоэффективные автоматизированные решения для поддержания оптимального микроклимата.

Внедрение таких систем повысит урожайность, качество продукции, снизит затраты на ресурсы и повысит рентабельность тепличного производства. Разработка инновационных решений на основе IoT и автоматизации управления микроклиматом является актуальной задачей для современного сельского хозяйства.

Предлагаемая архитектура

Предлагается использовать следующую архитектуру (рис. 1).

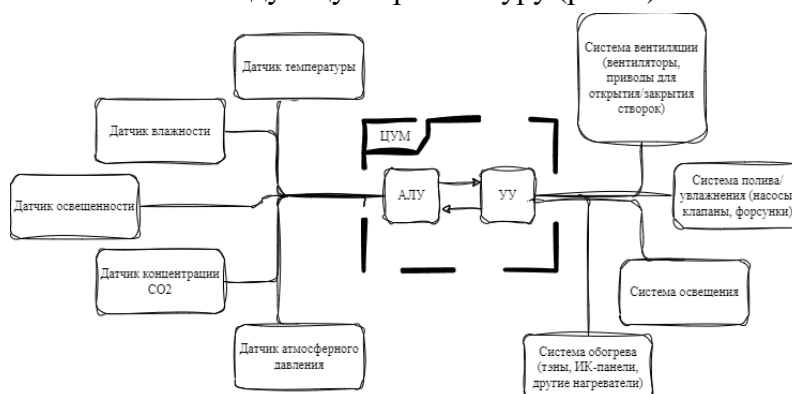


Рис. 1. Предлагаемая архитектура

Система состоит из сети датчиков, распределённых по территории теплиц. Датчики измеряют температуру и влажность воздуха, освещённость, концентрацию CO₂, влажность почвы и атмосферное давление. Данные от датчиков поступают на центральный управляющий модуль (ЦУМ). ЦУМ выполняет функции сбора данных и координации работы сети датчиков. Ключевым компонентом ЦУМ является арифметико-логическое устройство (АЛУ) – программное обеспечение, которое анализирует поступающие данные, сравнивает их с заданными параметрами микроклимата и принимает решения о необходимости изменения этих параметров. В соответствии с решениями АЛУ задействуются исполнительные механизмы через управляющее устройство (УУ): система полива, система обогрева, система вентиляции и система освещения. Исполнительные механизмы непосредственно регулируют параметры микроклимата в теплицах. Пользователь может задавать требуемые параметры микроклимата и настраивать алгоритмы работы системы через пульт управления или веб-интерфейс. Система обеспечивает возможность удалённого доступа и интеграцию с аналитическими инструментами для сбора, хранения и анализа данных.

Протоколы для связи

Выбор беспроводного протокола для связи датчиков является ключевым фактором при разработке системы автоматизированного управления микроклиматом в теплицах, так как от этого зависит выбор других компонентов, таких как ЦУМ и сами датчики.

При разработке такой системы крайне важно учитывать большую площадь теплиц, уже имеющееся большое количество датчиков, а также возможность дальнейшего увеличения их числа в будущем. Эти факторы, сравнения приведены в таблице, диктуют необходимость использования беспроводных протоколов для подключения датчиков, обеспечивающих масштабируемость, энергоэффективность и достаточную скорость передачи данных.

Сравнение протоколов передачи

Протокол	Дальность действия	Скорость передачи данных	Энергопотребление	Масштабируемость
ZigBee	До 100 м в помещении, до 300 м на открытом пространстве	До 250 Кбит/с	Очень низкое	До 65000 устройств в одной сети
BLE	До 50 м в помещении, до 150 м на открытом пространстве	До 1 Мбит/с	Низкое	До 8 устройств
LoRaWAN	В условиях прямой видимости 80-100 км	До 50 Кбит/с	Очень низкое	До 62000 устройств в одной сети
Wi-Fi	До 150 м на открытом пространстве, до 50 м в помещении	До 6,9 Гбит/с	Высокое	До 2000 устройств

Наиболее подходящим беспроводным протоколом для создания масштабируемой сети датчиков в тепличном хозяйстве является ZigBee [3] (IEEE 802.15.4). Он обеспечивает возможность создания самоорганизующихся mesh-сетей, достаточную скорость передачи данных телеметрии, низкое энергопотребление и относительно невысокую стоимость оборудования.

Bluetooth Low Energy (BLE) [4] имеет очень низкое энергопотребление, но ограниченную дальность действия (дальность действия BLE достигает 100 метров, но хорошо работает на расстоянии до 10 метров.) и плохую масштабируемость для больших сетей.

LoRaWAN [5] обеспечивает дальность более 15 км и сверхнизкое энергопотребление, но требует развёртывания инфраструктуры сети и имеет низкие скорости передачи данных.

Wi-Fi [6] характеризуется высоким энергопотреблением, ограниченной дальностью действия (50-150 метров) и подвержен влиянию препятствий.

Одним из ключевых преимуществ ZigBee является его широкое распространение и массовость, что делает его наиболее предпочтительным вариантом для создания систем мониторинга и управления микроклиматом в тепличных хозяйствах.

Центральный управляющий модуль

При проектировании системы автоматизированного управления микроклиматом в теплицах одним из ключевых компонентов является ЦУМ, который выполняет функции сбора данных от беспроводных датчиков и передачи команд исполнительным устройствам. В качестве аппаратной платформы для ЦУМ можно использовать одноплатные компьютеры на базе ARM [7] процессоров. Эти компактные и энергоэффективные устройства обладают достаточной производительностью для обработки данных от множества датчиков и управления исполнительными механизмами.

Для подключения модуля ZigBee к одноплатному компьютеру требуется совместимая плата расширения или модуль, такие как XBee, Digi XTend или решения на базе чипов Silicon Labs или Texas Instruments.

После выбора аппаратной платформы и модуля ZigBee необходимо определиться с операционной системой для ЦУМ. Здесь можно рассмотреть два основных варианта.

Home Assistant – специализированная ОС для «умного дома» и систем Интернета вещей с встроенной поддержкой ZigBee и других популярных протоколов. Преимущества: простота настройки и интеграции различных компонентов, готовый интерфейс для управления и мониторинга. Недостатки: ограниченные возможности расширения, кастомизации и хранения данных (возможна интеграция с InfluxDB для длительного хранения). Для аналитики данных требуется интеграция с сервисами аналитики и визуализации, такими как Google Analytics, Sentry, Grafana.

Другим вариантом является развёртывание Linux с Python на ARM-платформе, что обеспечивает максимальную гибкость, возможность полной кастомизации системы и доступ к обширному выбору библиотек для работы с ZigBee, таких как bellows или zigpy. Возможно построение системы как масштабируемого микросервиса. Однако требует больших усилий для настройки и интеграции отдельных компонентов на начальном этапе.

Кроме того, система может быть построена как микросервис для обеспечения масштабируемости. Однако данный подход требует больше усилий для настройки и интеграции отдельных компонентов системы.

Выбор между Home Assistant и Linux с Python зависит от требований к системе. Home Assistant подходит для создания относительно простой системы управления микроклиматом с базовым функционалом. Для более сложных и кастомизированных систем с расширенными возможностями интеграции и аналитики предпочтительнее вариант с Linux и Python, несмотря на большую сложность начальной настройки.

Тестирование

На этапе тестирования в одной из теплиц была развёрнута экспериментальная система автоматизированного управления микроклиматом (рис 2).

Тестовая система построена на базе одноплатного компьютера ASUS Tinker Board 2S с 6-ядерным процессором Rockchip RK3399 и операционной системой Linux.

Программная часть написана на языке Python с использованием библиотеки bluepy для взаимодействия с беспроводными датчиками. Программа анализирует поступающие данные, сравнивает их с заданными параметрами микроклимата и формирует команды для управления системами полива, обогрева, вентиляции и освещения в теплицах.

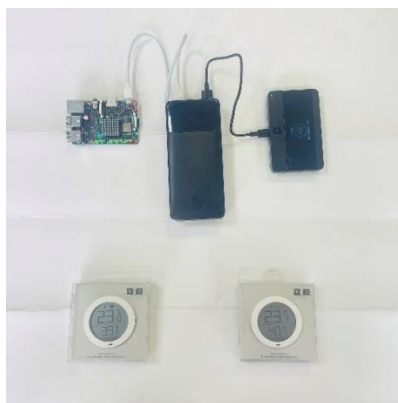


Рис. 2. Экспериментальная система

Через веб-интерфейс на основе Flask пользователь может задавать требуемые параметры микроклимата, просматривать показания датчиков (рис. 3) и статусы исполнительных механизмов.

```
"avg_battery": 0.0,  
"avg_humidity": 39.1531914893617,  
"avg_temperature": 23.02269503546103,  
"is_online": 1,  
"mac": "4c:65:a8:da:a8:91"
```

Рис. 3. Просмотр показаний датчиков

В качестве датчиков использовались устройства Xiaomi LYWSDCGQ/01ZM, которые по протоколу (BLE) передают показания температуры и влажности воздуха.

Для удалённого доступа к системе используется 4G роутер TP-Link M7350, имеющий собственный аккумулятор, обеспечивающий подключение через мобильные сети.

В качестве питания для одноплатного компьютера использовался внешний аккумулятор, позволяющий некоторое время работать автономно, кроме того, модем также поддерживался в состоянии зарядки. Так связка из модема, роутера и внешнего аккумулятора 20 А ёмкости может проработать около 20 часов.

Выводы

В ходе апробации экспериментальной системы автоматизированного управления микроклиматом в теплицах были выявлены ограничения использования беспроводного протокола BLE для подключения датчиков, такие как ограниченная дальность действия, радиопомехи, конфликты при передаче данных и нестабильность соединения, а также меньшее время автономной работы датчиков от батарей.

Для дальнейшего развёртывания систем мониторинга и управления микроклиматом в тепличных хозяйствах рекомендуется использовать беспроводной протокол ZigBee, обеспечивающий большую дальность действия, масштабируемые mesh-сети, низкое энергопотребление и лучшую производительность при одновременной передаче данных от многих устройств.

Остальные компоненты системы, такие как одноплатный компьютер, программирование на Python и Flask, применение 4G роутера и аккумуляторов, продемонстрировали свою эффективность и рекомендуются для дальнейшего использования с переходом на ZigBee для сети датчиков.

Библиографические ссылки

1. Kaur A., Sonawane V., Rosha P. Energy efficiency optimization strategies for greenhouse-based crop cultivation: A review // The Canadian Journal of Chemical Engineering: Ottawa, 1 March 2024 г. / Chemical Institute of Canada. Ottawa, 2024. P. 1051-1065.
2. Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture / R R Shamshiri [et al.] // Int J Agric & Biol Eng, 2018. P. 1-22.
3. Zigbee | Complete IOT Solution CSA-IOT [Electronic resource] / official website, 2024. URL: <https://csa-iot.org/all-solutions/zigbee/> (date of access: 30.03.2024).
4. Bluetooth Technology Overview | Bluetooth® Technology Website [Electronic resource] / official website, 2024. URL: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/tech-overview/> (date of access: 30.03.2024).
5. Semtech LoRa Technology Overview | Semtech [Electronic resource] / official website, 2024. URL: <https://www.semtech.com/lora/> (date of access: 30.03.2024).
6. Wi-Fi Alliance [Electronic resource] / official website, 2024. URL: <https://www.wi-fi.org/> (date of access: 30.03.2024).
7. Kurachka K., Nestsiaenia I. Effective Algorithm for Object Detection in the Video Stream for ARM Architectures // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2019) : материалы международной научно-технической конференции, Минск, 21-23 февраля 2019 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол.: В. В. Голенков (гл. ред.) [и др.]. Минск, 2019. С. 273-276.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПОРТАТИВНЫМ КОФЕ-ПРИНТЕРОМ

Ф. Р. Лемачко¹⁾, А. А. Дерюшев²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

²⁾ Научный руководитель, кандидат технических наук, доцент

Система управления портативным кофе-принтером – комплекс технических решений, реализующих управление устройством, которое позволяет создавать сложные узоры и изображения на кофейной пене. В отличие от известных, разработанная система использует недорогие широко распространённые беспроводные модули на базе ESP32, что позволило снизить габариты и энергопотребление системы при расширении ее функциональных возможностей. Использование кругового вращения подставки позволило увеличить скорость печати и уменьшить число движений приводного механизма

Ключевые слова: портативный кофе-принтер; беспроводные технологии; firmware; мобильное приложение; пищевая печать.

Введение

Печать на пене напитков – это относительно новая технология, позволяющая создавать индивидуальные изображения и узоры на поверхности кофе, коктейлей и других напитков. Данная технология открывает широкие возможности для персонализации и поднятия на новый уровень визуального представления напитков. Однако, несмотря на широкие возможности, существующие решения имеют ряд ограничений, включая высокие затраты на обслуживание, необходимость в постоянной замене расходных материалов и сложности в эксплуатации. Анализ существующих аналогов показывает, что большинство кофе-принтеров используют прямоугольные координаты для перемещения рабочего органа, что, на наш взгляд, не является оптимальным решением для данного случая, поскольку абсолютное большинство чашек и стаканов имеют круглую форму. Кроме того, перемещение по трем координатам обычно осуществляется в верхней части печатающего устройства, что усложняет конструкцию данного блока.

В работе описана разработанная авторами система управления кофе-принтером, имеющая беспроводное подключение к мобильному телефону и реализующая круговое движение чашки с напитком в нижней части принтера, упростившая механику управления рабочим органом при увеличении скорости печати и снижении шума работы. К плюсам такой системы управления можно также отнести экономичность, простоту обслуживания, универсальность и портативность.

Описание системы

Система управления включает в себя микропроцессорный блок управления, шаговые двигатели и датчики положения. Часть логики системы управления реализована в мобильном приложении для операционной системы Android.

Принцип работы блока управления портативного кофе-принтера основывается на взаимодействии мобильного устройства с принтером через WiFi, где микроконтроллер блока управления функционирует как точка доступа. Пользователь может выбрать изображение или нарисовать его непосредственно в мобильном приложении. После этого изображение обрабатывается и переводится в массив собственных команд, наподобие G-code в 3D-принтерах. Отправка данных на блок управления происходит посредством HTTP-протокола через WiFi-соединение. Получив данные, микроконтроллер обрабатывает их, преобразуя изображение из заданной си-

стемы команд в конкретные шаги для шаговых двигателей. Этот процесс включает в себя заполнение массива данных, необходимого для печати. Как только подготовка данных завершена, начинается процесс печати. Микроконтроллер управляет двигателями таким образом, чтобы точно воспроизвести выбранное или созданное изображение на поверхности пены напитка, позволяя создавать детализированные и сложные узоры. Использование WiFi технологии является ключевым элементом системы управления, которая позволяет передавать данные с мобильного устройства на принтер и отслеживать состояние печати в реальном времени. Координаты печати задаются в сферических значениях (азимут, угол, радиус), что расширяет возможности печати по сравнению с традиционными декартовыми системами, так как печать проходит в емкостях округлой формы.

Весь процесс проектирования электрической схемы и печатной платы проводился в системе автоматизированного проектирования (САПР) Altium Designer. При разработке печатной платы для блока управления портативного кофе-принтера использовался комплексный подход, начиная от выбора элементов питания до программирования микроконтроллера. Основой автономной работы устройства стали встроенная литий-ионная аккумуляторная батарея. На плате предусмотрен разъем USB Type-C для удобства зарядки устройства, что позволяет пользователю легко поддерживать работоспособность устройства. На плате предусмотрены такие важные элементы как контроллер заряда литий-ионных аккумуляторных батарей. Также, для повышения точности, качества печати и отслеживания крайних положений каретки, были использованы оптопары в качестве конечных выключателей. Важную роль в точности печати играют шаговые двигатели, управляемые драйверами TMC2209 – эффективные и точные драйверы, обладающие низким энергопотреблением в спящем режиме, что положительно сказывается на продолжительности автономной работы устройства. Драйверы имеют плавное и точное перемещение печатающей головки, что критически важно для создания детализированных изображений. Центральным элементом системы управления является микроконтроллер ESP32-WROOM-32. ESP32-WROOM-32 является мощным Wi-Fi + Bluetooth Low Energy (BLE) модулем, разработанным компанией Espressif Systems. Предназначен для решения для множества IoT (Internet of Things) приложений, отличающихся высокой производительностью, широким набором функций и низким энергопотреблением. Для программирования микроконтроллера был выведен Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (UART)-интерфейс, см. рисунок. Главной проблемой данного микроконтроллера является обеспечение стабильного, непрерывного питания. Для решения этой проблемы был выбран линейный регулятор напряжения NCP187AMT330TAG. NCP187AMT330TAG относится к семейству высокоэффективных, маломощных линейных регуляторов напряжения, предназначен для приложений, требующих стабилизированного выходного напряжения с низким уровнем шума и высокой точностью.

Для программирования блока управления, а именно микроконтроллера ESP32-WROOM-32 была использована среда разработки ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework). Основой для работы с Wi-Fi и HTTP-протоколами послужили стандартные библиотеки ESP-IDF, которые облегчают реализацию сетевых соединений и передачи данных. Для работы с HTTP использовались библиотеки для реализации HTTP-сервера, позволяющего получать запросы и отправлять ответы клиенту, которым в данном случае является мобильное устройство. Также были использованы библиотеки для реализации работы микроконтроллера в качестве точки доступа. Для отладки программы использовалась отладочная плата ESP32 DevKitC. Эта плата предоставляет удобный доступ ко всем GPIO и функциям ESP32, позволяя легко подключать периферийные устройства и мониторить выполнение программы.

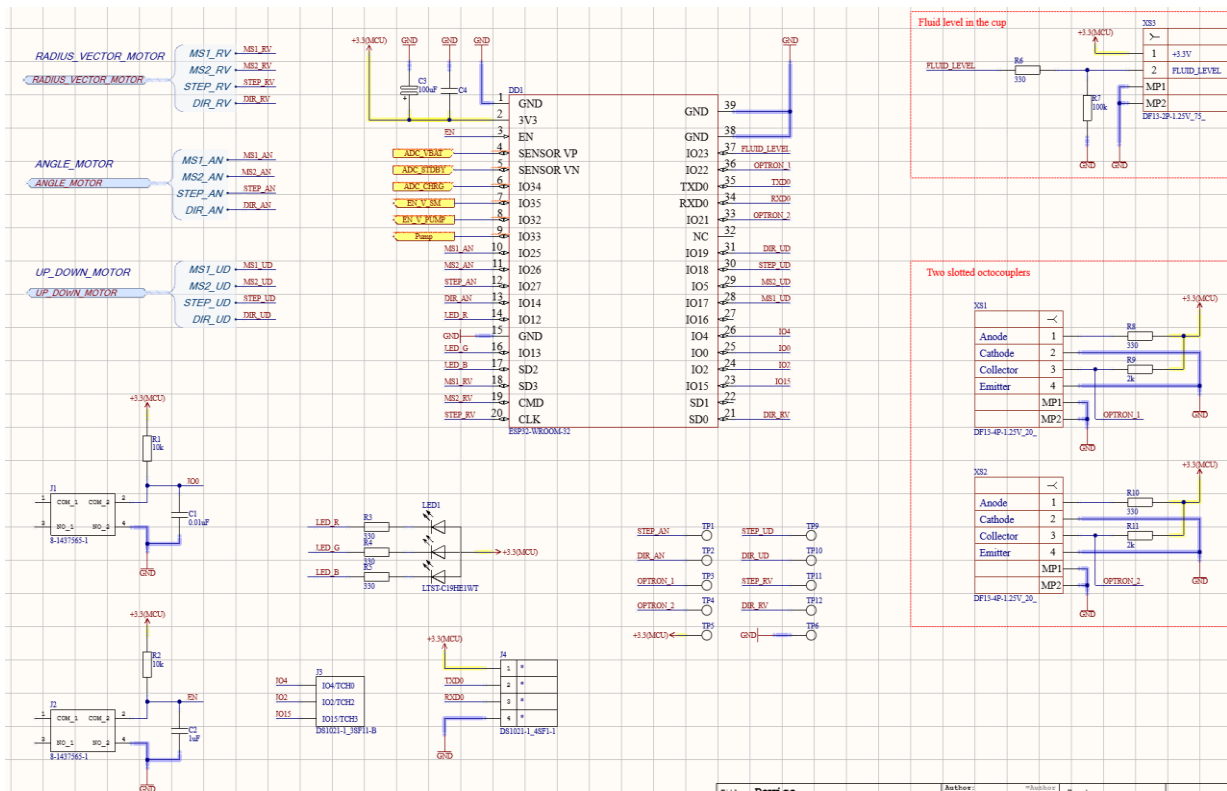


Схема подключения ESP32-WROOM-32 и периферии

Библиографические ссылки

1. Принцип работы принтера для печати на кофе [Электронный ресурс].
URL: <https://coffeefan.info/что-такое-кофейный-принтер.html> (дата обращения: 25.03.2024).
2. ESP32 Series Datasheet [Электронный ресурс].
URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf (дата обращения: 20.03.2024).
3. TMC2209 Datasheet (PDF) TRINAMIC Motion Control [Электронный ресурс]. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1180128/TRINAMIC/TMC2209.html> (дата обращения: 14.03.2024).

ТЕХНОЛОГИИ СКОРОСТНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ НА БАЗЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЭЛЕКТРОКАРОВ

В. Н. Шуть¹⁾, Е. В. Швецова²⁾

¹⁾ Брестский государственный технический университет,
ул. Московская, 267, 224017, г. Брест, Беларусь, lucking@mail.ru

²⁾ Брестский государственный технический университет,
ул. Московская, 267, 224017, г. Брест, Беларусь, helengood@internet.ru

Предложена технология городских пассажирских перевозок в информационно-транспортной системе на основе использования интеллектуальных алгоритмов управления скоростными перевозками и транспорта с разделяющимися частями. Предложенные методы организации перевозки направлены на обеспечение наиболее качественного и своевременного обслуживания пассажиров при максимально эффективном использовании подвижного состава.

Ключевые слова: Интеллектуальная информационная транспортная система; планирование перевозок; организация перевозок; прогнозирование пассажиропотока; план перевозок; матрица корреспонденций; роботизированное транспортное средство; инфобус.

Введение. Глубокое вовлечение информационных, телекоммуникационных и веб технологий в протекающие социальные процессы обеспечивает как возможность сбора данных, так и их анализ для принятия стратегических и оперативных решений. В транспортной сфере на смену классическим подходам грузовых и пассажирских перевозок приходят новые технологии, порождающие новый вид транспортных систем, объединяющие транспортные, информационные и телекоммуникационные потоки в единый бизнес-процесс. Поставленные перед ИТС цели (своевременное удовлетворение спроса на перевозку) могут быть реализованы только при возможности оперативного получения актуальных сведений о дорожно-транспортной обстановке, а также аналитики, сформированной на основе собранных ретроспективных данных.

В данной работе предлагается концептуальная модель перевозок в городской пассажирской информационно-транспортной системе, основанной на беспилотных электрокарах.

Элементы городской пассажирской ИТС на базе беспилотных электрокаров. Подробно модель городской пассажирской ИТС на базе беспилотных транспортных средств и организации перевозок в ней была описана в работах [1-5]. Она включает в себя следующие элементы:

- *Парк беспилотных электрокаров* – совокупность беспилотных транспортных средств малой вместимости (до 30 человек), называемых инфобусами. Каждый инфобус находится под управлением собственной бортовой системы, которая постоянно коммуницирует с единой управляющей системой ИТС, получая от нее управляющее воздействие и отправляя отчеты о выполнении полученных команд [1,2]. Инфобусы осуществляют движение по выделенной линии (рельсы или выделенная полоса) последовательно, без обгонов. Каждый инфобус может двигаться как автономно, так и синхронно с другими инфобусами, образуя при этом кассету – модульное транспортное средство новой вместимости (благодаря кассетам можно сформировать транспортное средство любой вместимости в режиме реального времени), рис. 1а. Еще одной особенностью ИТС является требование к движению инфобусов: оно обязательно должно осуществляться по выделенной линии где инфобусы не будут испытывать при движении помех со стороны других видов транспортных средств. Перекрестки преодолеваются по

подземным туннелям (рис. 1в) или эстакадам (рис. 1б). Данные требования позволят инфобусам при движении развивать более высокую скорость по сравнению с другими видами наземного общественного транспорта;

- *Пассажирские остановки, оснащенные терминалами для сбора заявок на перевозку, рис. 1г. Зарегистрированные через терминалы заявки от пассажиров через средства телекоммуникаций передаются единой управляющей системе ИТС и фиксируется в ней;*



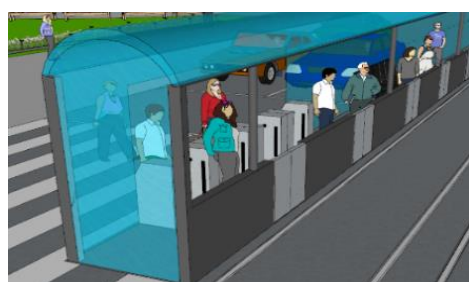
а) Инфобус и кассета инфобусов



б) Движение по эстакадам



в) Движение по подземным туннелям



г) Остановки и терминалы

Рис. 1. Элементы ИТС

- *Регулярный маршрут движения инфобусов, включающий в себя k остановок. На обоих концах маршрута находятся накопители, где инфобусы начинают и заканчивают рейс, осуществляют подзарядку, и ожидают сигналов от управляющей системы ИТС, рис. 2.*

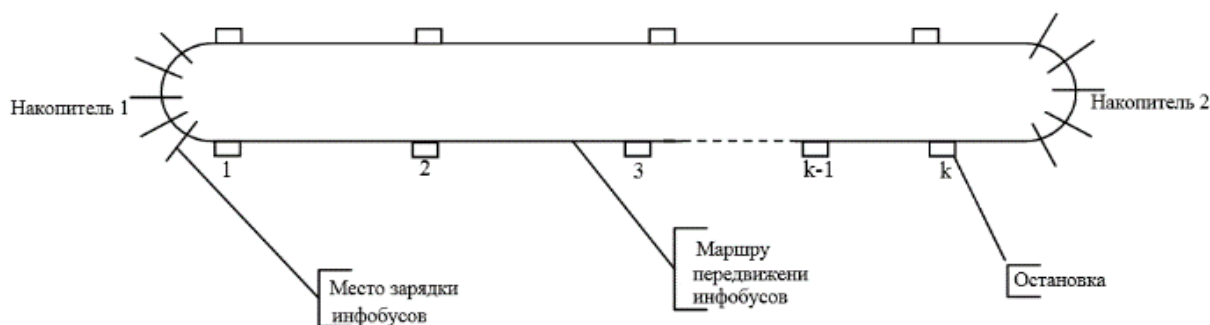


Рис. 2. Маршрут

Информационная структура ИТС. Под информационной структурой ИТС понимается совокупность собираемых данных и элементов, участвующих в их сборе, хранении, обработке и организации перевозки. Информационная структура включает в себя:

- *Метрики заявок, поступающих в систему от пассажиров, рис. 3.*

ID integer	Origin integer	Destination integer	SeatsNumber integer	TimeRequest timestamp without time zone
109122	3	7	1	2021-06-16 00:07:57.07
109130	8	10	1	2021-06-16 00:08:11.08
109131	2	7	1	2021-09-02 10:18:09.18
109135	4	7	1	2021-09-02 10:18:18.18
109137	4	10	1	2021-09-02 10:18:23.18
109141	1	5	1	2021-09-02 10:40:51.4
109142	8	9	1	2021-09-02 10:40:55.4

Рис. 3. Структура метрик заявки

В собираемые метрики заявок входит идентификатор заявки (поле «ID»), номер остановки отправления (поле «Origin»), номер остановки назначения (поле «Destination»), число мест в заявке (поле «SeatsNumber», по умолчанию значение равно 1), время регистрации заявки (поле «TimeRequest»). Данная совокупность метрик позволяет определять такие важные показатели перевозки, как время ожидания каждым пассажиром транспортного средства, продолжительность поездки пассажира, коэффициент сменности за рейс, среднюю длину поездки и т.д.

- *Информационный сервер*, являющийся единой управляющей системой ИТС. Он реализует не только логику работы с данными (сбор, хранение, обработка, анализ), но и логику управления системой (определение алгоритма перевозки, составление планов перевозки). Включает в себя такие подсистемы, как система сбора заявок (ССЗ), системы анализа данных (САД) и системы организации перевозок (СОП). На рис. 4 представлена общая схема потока данных в ИТС.



Рис. 4. Общая схема потока данных

Поступающие с терминалов остановок в ССЗ заявки на перевозки сохраняются в базе данных, которая через заданный интервал (20-30 сек.) сканируется информационным сервером на предмет достаточности их накопления. При выполнении условия достаточности накопления заявок информационный сервер формирует на основе них матрицу корреспонденций, являющуюся информационной основой для дальнейшей организации перевозки;

- *Матрица корреспонденций* – это квадратная матрица размерности $k \times k$, где k – число остановок одного направления маршрута, рис. 5. Каждый элемент $m_{ij}, i = 1, k - 1, j = 2, k$ матрицы несет в себе информацию о запросах на перевозку по корреспонденций ij в текущий момент времени, т.к. определяет количество пассажиров, желающих ехать с остановки $i, i = 1, k - 1$ на

остановку $j, j = \overline{2, k}$. Очевидно, что элементы матрицы на главной диагонали и под главной диагональю равны нулю, т.к. предполагается, что пассажир не может выйти на остановке, на которой сел, и не может ехать назад [1,3].

$$M = \begin{pmatrix} 0 & m_{12} & m_{13} & \dots & \dots & m_{1j} & \dots & m_{1k} \\ 0 & 0 & m_{23} & \dots & \dots & m_{2j} & \dots & m_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & m_{i+1} & \dots & m_{ij} & \dots & m_{ik} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 & m_{k-1k} \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

Рис. 5. Матрица корреспонденций

- *Алгоритмы организации перевозки.* Организация пассажирских перевозок в рассматриваемой ИТС всегда осуществляется в соответствии с одним из используемых в ИТС алгоритмов перевозки [1]. Выбор алгоритма осуществляется по принципу оптимальности в данный момент среди всех использующихся алгоритмов. Для определения наиболее оптимального алгоритма информационный сервер на основе каждого алгоритма и матрицы корреспонденций рассчитывает план перевозки, включающий в себя определение числа используемых транспортных средств, посещаемых остановок маршрута для каждого инфобуса и графиков движения для каждого транспортного средства [1]. Также для каждого алгоритма делается оценка параметров эффективности, на основе которых вычисляется значение целевой функции, минимальное значение которой определяет наиболее оптимальный в данный момент алгоритм перевозки.

- *Целевая функция.* Представляет из себя функцию общих потерь перевозки и является индикатором эффективности перевозки с использованием исследуемого алгоритма. Включает в себя сумму оценок потерь перевозки (коэффициентов), которые предположительно понесут транспортное предприятие и пассажиры (1):

$$P(K_{НВ}, K_{ОСТ}, K_{ОП}, K_{ПП}) = K_{НВ} + K_{ОСТ} + K_{ОП} + K_{ПП} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $K_{НВ}$ – коэффициент неиспользованной пассажироместимости транспортного средства (отражает потери от неиспользованной пассажироместимости транспортного средства во время перевозки), $K_{ОСТ}$ - коэффициент «остановочности» (отражает потери транспортной системы от процесса торможения-разгона во время перевозки), $K_{ОП}$ – коэффициент времени ожидания пассажиром транспортного средства (отражает временные потери пассажира на ожидание транспортного средства), $K_{ПП}$ – коэффициент продолжительности поездки (отражает временные потери пассажира во время поездки). Для текущей перевозки выбирается алгоритм, показавший минимальное значение функции потерь.

Принципы организации перевозки. В зависимости от количества сделанных в пути остановок транспортным средством, перевозка пассажиров может осуществляться в обычном режиме, скоростном или экспрессном [1,8]. Исследования показали, что пропуск некоторых остановок при движении на маршруте влечет за собой прямые экономические выгоды как для перевозчика, так и для пассажиров, но при этом не гарантирует удовлетворение всех заявок на перевозку [1,8]. В то же время перевозка с посещением всех остановок маршрута лишена данного недостатка, но влечет существенное увеличение времени поездки пассажиров, а также расходов транспортного предприятия. Комбинирование способов перевозки позволяет как

удовлетворить все заявки на перевозку, так и добиться снижения потерь как транспортной организации, так и пассажиров [1,8]. Пассажирская перевозка в ИТС построена на использовании комбинированного режима, что является третьей особенностью технологии перевозки в ИТС. Задачей управляющего сервера ИТС является рациональное применение алгоритмов организации перевозки.

Пассажир делает через терминал на остановке либо через приложение заявку на перевозку, которая через средства телекоммуникации передается на сервер ИТС. ИТС производит постоянное сканирование накопленных заявок и при выполнении условия достаточного накопления заявок формирует матрицу корреспонденций, делает расчет оценок эффективности перевозки для каждого используемого в системе алгоритма и выбирает лучший в данный момент, после чего высылает планы перевозки бортовым системам инфобусов для выполнения. После завершения перевозки инфобусы пересылают серверу отчеты о ее выполнении.

Заключение. Появление и развитие информационно-транспортных систем является эволюционным шагом, обусловленным концентрацией населения в городах и слиянием транспортных и информационных технологий. Подавляющее большинство внедренных на данный момент ИТС на постсоветском пространстве представляют собой лишь локальные инфраструктурные сервисы, ориентированные в основном только на сбор данных о наблюдаемом объекте. В работе представлена концепция городской пассажирской информационно-транспортной системы, способной адаптивно без участия человека реагировать на колебания пассажирского спроса на перевозку в режиме реального времени.

Библиографические ссылки

1. Шуть В. Н., Швецова Е. В. Кассетно-конвейерные технологии скоростных систем городских пассажирских перевозок: монография / Брест: БрГТУ, 2023. 208 с.
2. Shuts V., Shviatsova A. Balance Model of Interests of a Transport Company and Passengers in Urban Transportation by Automatic Transport // Creativity in Intelligent Technologies and Data Science : 5th International Conference, CIT&DS 2023, Volgograd, Russia, September 11-15, 2023, Proceedings / eds.: A. G. Kravets, M. V. Shcherbakov, P. P. Groumpos. Cham : Springer, 2023. Vol. 1909 : Communications in Computer and Information Science. P. 538-548.
3. Shviatsova A., Shuts V. The smart urban transport system based on robotic vehicles // Artificial Intelligence. 2019. № 3-4 (85-86). P. 40-49. DOI: <https://doi.org/10.15407/jai2019.03-04.040>
4. Shviatsova A., Shuts V. The cassette method principles of passengers transportation through the intelligent transportation system // Artificial Intelligence. 2020. № 1. P. 14-18. DOI: <https://doi.org/10.15407/jai2020.01.014>
5. Shuts V., Shviatsova A., Prolisko E. Collection and analysis of data for organization of transportation in the city passenger information and transportation system // Applied questions of mathematical modelling. 2021. Т. 4, № 2.1. P. 284-293. DOI: <https://doi.org/10.32782/KNTU2618-0340/2021.4.2.1.30>
6. Швецова Е. В., В. Н. Шуть. О построении графика движения транспортных средств в городской пассажирской транспортной системе // Вестник БелГУТа: Наука и Транспорт. 2021. № 2. С. 21-24.
7. Shuts V., Shviatsova A. The drawing up of the motion schedule in the intelligent urban passenger transport system // Artificial Intelligence. 2021. № 26 (2). P. 104-109. DOI: <https://doi.org/10.15407/jai2021.02.104>.
8. Антошвили М. Е., Либерман С. Ю., Спирин И. В. Оптимизация городских автобусных перевозок. М.: Транспорт, 1985. 102 с.

СЕКЦИЯ 3

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ВЕБ-ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

КИБЕРФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ В ОБРАЗОВАНИИ

Н. Г. Абрашина-Жадаева

г Минск, Беларусь, zhadaeva282@gmail.com

Аннотация. Обсуждается модель в образовании с учетом традиционных и новых подходов, включая цифровизацию, дается оценка полученных результатов. Модель предусматривает возможность каждого педагога выбрать конкретику в своих педагогических технологиях, включая цифровые возможности.

Ключевые слова: цифровые средства обучения; киберфизическая модель обучения.

Введение. На современном этапе развития естественных наук, в том числе физики, математики, технологий производства и самого образования в целом, уже несколько десятилетий рассматривается и внедряется, с опорой на фундаментальное содержание наук, огромные возможности цифровых средств обучения. Цифровое обучение предусматривает возможности усвоения обучающимися предметных знаний, умений, навыков, компетенций с помощью использования компьютеров, мобильных телефонов и гаджетов.

Риски и возможные решения. Цифровые технологии имеют свои плюсы и минусы. Естественен вопрос: как избежать потерь глубины познаний при обучении с использованием всех преимуществ компьютерных возможностей? Чтобы ответить на этот вопрос, надо серьезно взвесить все риски такого подхода и понять, так что же надлежит делать!

В этой связи, мы акцентируем внимание при таком обучении, на наш взгляд, самых важных рисках, на которые обращали внимание многие педагоги, а именно:

1. На непонимании различий таких понятий как знание и информация, поскольку не выработан механизм понимания процесса техногенной составляющей в образовании. А также нет ответа на вопрос, как компьютер способен превращать математические символы в смыслы, а информацию в знание (это надо обсуждать!)

2. На формирование клипового сознания, т.е. деградация мышления, как следствие деградации речи.

Исходя из нашего опыта преподавания на физическом факультете и факультете радиофизики и компьютерных технологий Белорусского государственного университета периода 2002-2022 годов, мы выделяем две формы использования компьютера для обучения, которые на наш взгляд способны избежать эти риски, (см [1-9]). А именно, следующие формы:

1) как репетитор-тренажер, выполняющий определённые функции за преподавателя, при наличии выставленных теоретических, практических и других материалов преподавателем, включая видеофильмы по темам;

2) как устройство, моделирующее определённую среду и действия в ней обучающихся, когда строго определены индивидуальные задания для студентов и указаны инструкции для их выполнения.

Первое: Тренажёрная-репетиторская возможность компьютера, была нами раскрыта для закрепления тем и их расширения при изучении студентами дисциплины по методам математической физики. Такой подход принес существенные результаты, в силу возможности для студентов закрепить и систематизировать умения и навыки, а также проверить свои знания по предмету.

Второе: Моделирование наиболее пригодно, когда учебный материал связан с усвоением методов решения конкретных задач и их визуализацией, при проведении коллоквиумов открытого типа (КОТ), при сдаче экзаменов. Кроме того, наши исследования среди студентов,

участвовавших в выполнении КОТ и сдачи экзаменов по методам математической физики, показало, что данный метод контроля успеваемости является не только эффективным для самообучения студентов, но и способствует углублению и развитию междисциплинарных связей, см, например, [4].

На наш взгляд, следует построить модель с учетом традиционных и новых подходов в образовании, включая цифровизацию, и дать оценку полученных результатов. Причем модель должна допускать возможность каждого педагога выбрать конкретику своих педагогических технологий, включая цифровые возможности.

В этой связи, важно обратить внимание на модель – киберфизическая модель (КФМ), кратко изложенную выше, на которой остановились сотрудники кафедры высшей математики и математической физики физического факультета БГУ. Модель опробована в течении ряда лет (2002-2022). В разработки модели участвовали старшие преподаватели кафедры Игорь Андреевич Тимошенко и Наталья Сергеевна Магонь и студенты физического факультета БГУ. В этой модели особая роль отводится разработке учебных программ как с учетом традиционных образовательных курсов, так и компетентных возможностей цифровых технологий для всестороннего изучения физико-математических дисциплин с новыми подходами в моделировании физических процессов и анализа моделей с помощью пакетов программ и электронных ресурсов согласно [1-9].

Современные подходы. Для наглядной демонстрации теоретических выкладок изложения различных разделов высшей математики используется QR-кодирование. Это дает возможность наглядно продемонстрировать теоретические выкладки. В этом случае, как показывает практика, даже сложные темы могут быть увлекательными и интересными [7]. В обучении QR-кодирование может стать инструментом для создания новых алгоритмов кодирования различной образовательной информации по различным дисциплинам.

Совместно со студентами физического факультета был создан такой тренажерный QR-код [7] для задачи нахождения собственных значений и собственных векторов линейных операторов [8]. Этот QR-код является достаточным элементом для демонстрации наглядности на практических занятиях.

Кроме того, образовательная модель включает в себя электронный онлайн ресурс, дополняющий лекционный конспект и практические занятия. Такой ресурс, разработанный преподавателем, дает возможность студенту быстро получать нужную информацию в комфортной для студента среде. При этом одной из важных форм электронного ресурса, является тестирование. Тесты [7–9] понимаем, как разработку современного технологичного средства контроля и самоконтроля студентов по всем математическим дисциплинам.

Однако, происходящие изменения в учебном процессе в условиях, когда возрастает доля информационных технологий [10] и появляются новые возможности доступа к информации, требует совершенствования и поиска новых методов и форм организации контроля текущей успеваемости, проведения экзаменов и зачетов, а также осуществления поиска новых форм стимулирования самообразования у студентов. Один из возможных подходов связан с чат-ботом (GPT-4), например, целесообразно в КОТ включить задание, в котором студент должен воспользоваться помощью Чат-бота и далее обосновать или опровергнуть, предложенное решение.

Вывод. В результате опроса студентов, которые обучались по киберфизической модели кафедры высшей математики и математической физики на физическом факультете можем с уверенностью сказать, что она высоко оценена и студентами, и преподавателями смежных специальностей [4] и может быть рекомендована для специальностей, где изучается высшая математика [3]. Можно сказать, исходя из анализа результатов опросов, что такой подход показал большую заинтересованность данной формой контроля знаний, которая повышает как способность к самообучению, так и совершенствует ораторское искусство.

В КФМ для дисциплин по высшей математике цифровые технологии не являются дополнением к математически-словесному изложению курсов, а представляют, несомненно, неотъемлемую органическую составную их часть. В цифровой демонстрации студент представляет в своем ответе всякий процесс яснее, чем это сделало бы словесно-математическое описание, и тем самым содействуют более легкому, но более глубокому усвоению понятий и утверждений. При этом, такой подход при хорошо продуманных заданиях, повышает интерес студентов, действуя положительно и на умственную, эмоциональную их сторону, развивает воображение. Кроме того, высказанные достоинства метода обеспечивают формирование квалифицированных специалистов, что является важным аргументом не только для студентов физико-математических специальностей, но и любых других специальностей. Этот метод можно рекомендовать и как новый активный метод в системе высшего образования в процессе аттестации будущих специалистов.

Библиографические ссылки

1. Абрашина-Жадаева Н.Г., Тимощенко И. А. Уравнения математической физики: учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности 1-31 04 08 Компьютерная физика № УД-6823/уч.
2. Абрашина-Жадаева Н.Г., Зеленков В.И. Основы функционального анализа и теории функций: Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальностей: 1-31 04 0 1 Физика (по направлениям) Направление специальности: 1-31 0401-01 Физика (научно-исследовательская деятельность) 1-31 04 06 Ядерная физика и технологии 1-31 04 07 Физика наноматериалов и нанотехнологий УД-8418/уч.
3. Высшая математика. Сборник задач: в 3 ч. / В. К. Ахраменко [и др.]; под. ред. Н.Г. Абрашиной-Жадаевой и В.Н. Русака. Минск, 2013. Ч. 1, (Ч.2, Ч.3).
4. Магонь Н.С., Рушнова И.И., Абрашина-Жадаева Н.Г. Коллоквиум открытого типа как эффективная форма контроля знаний и самообучения студентов // Педагогика и психология образования, 2022. С. 87-104).
5. Абрашина-Жадаева Н. Г., Тимощенко И. А. Основы векторного и тензорного анализа: теория, задачи: учеб. пособие, 2011, С 253.
6. Абрашина-Жадаева Н.Г., Зеленков В.И., Тимощенко И.А. Математическое моделирование физических процессов. РИВШ, 2022. С. 176.
7. QR-кодирование в образовательном процессе при изучении темы «Собственные векторы и собственные значения линейного оператора» / Судник Я.С. [и др.] // Материалы XX Международной научной конференции по дифференциальным уравнениям «Еругинские чтения-2022» С.139-140.
8. Аналитическая геометрия и линейная алгебра. Теория и тесты / Рушнова И.И. [и др.]. Минск: РИВШ, 2023. 232 с.
9. Дифференциальные уравнения: тесты для студентов учреждений высшего образования / Глецевич М.А. [и др.]; БГУ, Физический фак., каф. высшей математики и математической физики. Минск: БГУ, 2023. 109 с.
10. Артамонова Е.В., Артамонов В.А. Проблемы образования в постиндустриальную эпоху // Социальные новации и социальные науки. Москва: ИНИОН РАН, 2021. № 1. С. 65-79.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Н. А. Азаров¹⁾, Л. Л. Голубева²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, mtmf.azarovNA2@bsu.by

²⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, goloubeva@bsu.by

Искусственный интеллект (ИИ) – один из главных трендов развития современного общества. Он активно проникает во многие сферы человеческой жизни, включая образование. Внедрение современных технологий, основанных на ИИ, в образовательный процесс позволяет повысить его качество и эффективность. В статье проанализированы основные подходы практического применения ИИ в обучении.

Ключевые слова: искусственный интеллект; образовательный процесс; обучающие системы; инновации в образовании; информационные технологии.

В настоящее время мировым трендом является искусственный интеллект.

Искусственный интеллект (ИИ) – комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение, поиск решений без заранее заданного алгоритма и достижение инсайта) и получать при выполнении конкретных практически значимых задач обработки данных результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека [1]. Он используется человеком в различных сферах его деятельности: в промышленности, образовании, науке, медицине, политике, экономике и многих других. ИИ уже внедряется в повседневные гаджеты, автомобили, приложения и сайты с рекомендательными системами, медицинских роботов. Свою распространенность ИИ получил благодаря своей многофункциональности и способности изменить все аспекты социального взаимодействия. Основными технологиями ИИ являются: обработка естественного языка, распознавание речи, распознавание и обработка изображений, анализ данных, машинное творчество.

Именно за счет своей многофункциональности ИИ постепенно становится неотъемлемой частью современного образовательного процесса. Внедрение инноваций, основанных на ИИ, в сферу образования пока уступает таким сегментам экономики, как телекоммуникации, финансовый бизнес, торговля. Однако именно образование, которое тесно связано с информацией, особо нуждается во внедрении технологий ИИ.

Интеграция искусственного интеллекта в сферу образования берет начало с 1970-х годов, когда исследователи были увлечены идеей о том, как компьютеры могут обеспечить индивидуальный подход к обучению, наиболее эффективный и в то же время недоступный для большинства людей [2]. С тех пор развитие применения технологий ИИ в образовании шло в нескольких направлениях: ИИ, ориентированный на учащихся (т.е. инструменты, предназначенные для поддержки обучения и выставления оценок), ИИ, ориентированный на учителя (для поддержки процесса обучения), и ИИ, ориентированный на систему (для поддержки управления образовательными учреждениями) [3]. Новый виток развития этой идеи начался с пандемией COVID-19. Стремительное распространение коронавирусной инфекции фактически стало катализатором перемен для всей системы образования. В попытках преодоления возникающих трудностей правительства и профессиональные организации разных стран объединили усилия для выстраивания образовательного процесса при помощи всех доступных средств, в том числе и при помощи искусственного интеллекта [4].

Сейчас перспективными направлениями в области использования ИИ в образовательном процессе являются обучение и оценка успеваемости, предоставление образовательных услуг, управление процессом обучения, расширение возможностей преподавателя [5].

Технологии искусственного интеллекта, созданные для обучающихся

Использование технологий ИИ, которые ориентированы на учащихся, является самой популярной областью исследования и разработки. Её основной задачей является предоставление каждому обучающемуся доступа к качественному и общедоступному образованию, вне зависимости от местонахождения и социального положения.

Рассмотрим некоторые из этих технологий.

Интеллектуальные обучающие системы. Интеллектуальная система обучения (ИСО) – наиболее распространенная и давно применяемая сфера приложения ИИ в образовании. ИСО представляет собой персонализированное учебное пособие, которое организует материал в зависимости от возможностей и потребностей обучающегося. Наиболее удачно такие системы зарекомендовали себя в точных науках как хорошо структурированных областях знания. В основе ИСО лежат три модели: модель области знания (информация об изучаемой дисциплине), модель обучающегося (знания об обучающемся: его предыдущие достижения, информация о трудностях, которые он испытывал), педагогическая модель (знания об эффективных подходах к преподаванию). Алгоритмы ИИ обрабатывают данные трех моделей. Результаты обработки представляются в виде образовательного контента. Как только обучающийся приступает ко взаимодействию с контентом, он оставляет цифровой след, который также анализируется при помощи методов ИИ. Результаты анализа цифрового следа служат основой для обратной связи и для новой адаптации обучающего контента. Сегодня для обучения доступно множество ИСО, включая «ALEKS», «Byjus», «Mathia», «Riiid», «SquirrelAI» и другие [6].

Диалоговые обучающие системы. Диалоговые обучающие системы (ДОС) строятся по аналогичной схеме, что и ИСО. Отличие состоит в том, что они не предоставляют материал для обучения, а имитируют диалог, чтобы побудить обучающихся к совместному исследованию задач для достижения более глубокого понимания вопросов. Для этого в основном используется обработка естественных языков. Примерами ДОС могут являться «AutoTutor» и «Watson Tutor».

Автоматическая оценка письма. Автоматическая оценка письма (АОП) использует обработку естественного языка для обеспечения автоматической проверки письменных работ. В основном технологии с АОП предназначены не для оценивания работ, а для проверки письменных заданий и предоставления обратной связи. Это позволяет обучающимся улучшать навыки письма, а также наряду с ДОС повышает навыки саморегулируемого обучения. АОП представлена такими ресурсами, как WriteToLearn, e-Rater и Turnitin.

Чтение и изучение языков с поддержкой на основе ИИ. Сервисы для чтения и изучения языков все чаще используют ИИ для расширения своего функционала. Распознавание речи используется для сравнения результатов учащихся с образцами записей носителей языка, чтобы помочь учащимся улучшить свое произношение. Также ИИ позволяет обнаружить и автоматически анализировать навыки чтения, чтобы предоставить учащимся индивидуальную обратную связь [5]. Примерами таких приложений являются «AI Teacher», «Amazing English», «Duolingo».

Технологии искусственного интеллекта, ориентированные на поддержку управления

Искусственный интеллект используется и для поддержки управления в сфере образования. Основные разработки направлены на автоматизацию процессов администрирования, такие как составление расписаний, контроль посещаемости, прием обучающихся в учебное заведение.

OUAnalyse – система, основанная на методах машинного обучения, для раннего выявления учащихся, рискующих показать неудовлетворительные результаты. Ежедневно обновляется информация обо всех студентах с указанием риска неудачи при выполнении следующего задания, которая предоставляется преподавателям курсов и группам поддержки студентов для рассмотрения возможности оказания необходимой поддержки [7].

ALP – облачная платформа данных, предназначенная для улучшения результатов обучения за счет масштабируемой обработки сложных потоков данных с использованием алгоритмов машинного обучения. Эти данные формируют универсальный профиль учащегося, позволяя нарисовать картину навыков, интересов и деятельности учащегося [8].

UniTime – образовательная система планирования учебного процесса, которая поддерживает разработку расписаний курсов и экзаменов, управление изменениями в расписаниях, распределение аудиторий и запись студентов на индивидуальные занятия. Система позволяет координировать действия по составлению и изменению расписания нескольких университетов и факультетов в соответствии с их организационными потребностями и свести к минимуму конфликты между студентами. Ее можно использовать самостоятельно или во взаимодействии с существующей информационной системой учащихся [9].

Технологии искусственного интеллекта, созданные для преподавателей

Рабочее время преподавателей увеличивается по мере усложнения потребностей учащихся и увеличения нагрузки. Согласно опросу, проведенному в 2023 году, преподаватели работают в среднем 53 часа в неделю [10]. Существующие технологии могут помочь преподавателям перераспределить от 20 до 40 процентов своего времени на деятельность, способствующую обучению обучающихся. Многие приложения на основе ИИ, предназначенные для преподавателей, призваны помочь педагогам снизить рабочую нагрузку за счет автоматизации различных задач. Например, выставление оценок, обнаружение плагиата, предоставление обратной связи, оказание более эффективной поддержки отдельным учащимся.

MagicSchool – платформа помогает преподавателям составлять планы занятий, давать обратную связь, выставлять отметки, генерировать задания и многое другое. Всего реализовано более 60 функций [11].

Eduaide.AI – платформа, которая использует возможности генеративного искусственного интеллекта и больших языковых моделей, чтобы создавать персонализированные учебные материалы, давать рекомендации по проведению занятий, выставлять отметки, предоставлять обратную связь [12].

Education Copilot помогает учителям с помощью шаблонов, созданных ИИ, создавать планы уроков, раздаточные материалы, презентации и другие учебные материалы [13].

Gradescope – сервис, который помогает преподавателям проводить тестирование, как онлайн, так и в аудиториях, выставлять оценки и предоставлять отзывы, получать четкое представление об успеваемости обучающихся. Он использует компьютерное зрение и машинное обучение для сканирования, оценки и группировки работ учащихся [14].

Задачи и риски внедрения ИИ в образовательный процесс

Одной из ключевых тенденций развития экономики и промышленности в современных условиях стала цифровая трансформация промышленного производства, основанная на внедрении в хозяйственную деятельность цифровых технологий.

Современное развитие цифровой экономики тесно связано с достижениями в области ИИ. В последние годы мировая экономика переходит на пятый технологический уклад (Индустрия 5.0), связанный с технологиями человеко-машинного взаимодействия на основе систем ИИ и машинного обучения. Ближайшее будущее будет построено на системах цифрового обмена данными между участниками процесса, что в свою очередь активизирует дальнейшее развитие нейросетей и систем ИИ [15].

Расширение применения ИИ в экономике, промышленности, бизнес-процессах предъявляет новые требования к знаниям, умениям, навыкам, которыми должен обладать будущий специалист.

В Государственной программе «Цифровое развитие Беларуси» на 2021-2025 годы, целью которой «является обеспечение внедрения информационно-коммуникационных и передовых производственных технологий в отрасли национальной экономики и сферы жизнедеятельности общества» [16], в качестве одной из ключевых поставлена задача «обеспечения доступности образования, основанного на применении современных информационных технологий как для повышения качества образовательного процесса, так и для подготовки граждан к жизни и работе в условиях цифровой экономики» [16].

Система высшего образования должна постоянно совершенствоваться, чтобы соответствовать стремительно возрастающим требованиям. Задача системы высшего образования в рассматриваемом аспекте – научить студентов понимать «логику мышления» ИИ и его возможности, разрабатывать системы ИИ, эффективно использовать ИИ для достижения поставленных целей в обучении и будущей профессии.

Анализ учебного процесса подготовки по специальности «Компьютерная математика и системный анализ» механико-математического факультета БГУ показывает устойчивый рост интереса студентов к дисциплинам и исследованиям в области ИИ. Так, в 2023-2024 учебном году 58% дипломных работ и 67% магистерских диссертаций выполняются студентами и магистрантами данной специальности по направлениям, связанным с ИИ, машинным обучением, нейросетевым моделированием.

Отсюда вытекает важная задача подготовки современных преподавателей, способных разрабатывать и преподавать дисциплины по ИИ. В настоящее время учебный план специальности 6-05-0533-08 «Компьютерная математика и системный анализ» (бакалавриат) содержит такие дисциплины как: Нейронные сети и генетические алгоритмы, Основы машинного обучения, Анализ данных, Компьютерное зрение (д/в), Обработка естественного языка (д/в), Анализ данных в приложениях (д/в). Магистранты, обучающиеся по специальности 7-06-0533-04 «Математика и компьютерные науки» (магистратура), профилизации «Компьютерная математика и системный анализ» углубленно изучают дисциплины: Математика машинного обучения, Интеллектуальный анализ данных, Эволюционные алгоритмы и др.

Следующие две актуальные задачи – подготовка современных преподавателей, способных совместить классическую традиционную методику преподавания с новыми технологиями, готовых квалифицированно и грамотно, с пользой для обучения использовать ИИ как инструмент образовательного процесса, и одновременно подготовка будущих специалистов-разработчиков, способных создавать системы ИИ для образовательной среды с учетом ее специфики.

Заключение

Несомненно, внедрение искусственного интеллекта в образование открывает новые возможности для учебного процесса и позволяет гораздо эффективнее решать разнообразные задачи в области образования. С его помощью можно создавать учебную среду, которая будет учитывать индивидуальные потребности человека в обучении и сделает его более эффективным, разнообразить и ускорять учебные процессы, сокращать рутинную работу. Акцент переносится на инновационную подготовку и развитие специалистов. При этом само образование должно носить опережающий характер, ориентируясь не только на прошлое и настоящее, но и на будущее. И здесь можно говорить о модели опережающего образования, которая формирует у обучаемых мобильность и адаптивность к быстро меняющимся экономическим, производственным и социальным требованиям.

Но развитие технологий и внедрение искусственного интеллекта влечет за собой целый ряд нравственно-этических, правовых и юридических проблем, связанных с конфиденциальностью и безопасностью сбора, правомерностью использования и распространения персональных данных, соблюдением норм личной безопасности

Искусственный интеллект изменяет правила и подходы к преподаванию и обучению, его внедрение в образовательный процесс должно происходить с учетом целей и потребностей обучающихся, а преподаватель должен стать экспертом не только в своем предмете, но и в использовании современных инструментов и технологий.

Библиографические ссылки

1. Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта: ГОСТ Р 59277-2020. Введ. 23.12.20. Москва: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации, 2020. 11 с.

2. Bloom B. S. The 2 Sigma Problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring // Educational Researcher. 1984. Vol. 13, №. 6, P. 4-16.

3. Baker T., Smith L., Anissa N. Educ-AI-tion Rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges // NESTA [Электронный ресурс]. London, 2023.

URL: <https://www.nesta.org.uk/report/education-rebooted> (дата обращения: 02.11.2023)

4. Зенков А. Р. Образование в условиях пандемии: возможности и ограничения цифрового обучения. Анализ и прогноз // ИМЭМО РАН 2020. № 3. С. 51-64.

5. Технологии искусственного интеллекта в образовании / Х. Жунхуай [и др.]. Париж: ЮНЕСКО, 2021. 51 с.

6. Курганов Д., Юрченков В. EduTech. СберУниверситет, 2022. 59 с.

7. OUAlyse [Электронный ресурс]. URL: <https://analyse.kmi.open.ac.uk/> (дата обращения: 17.02.2024).

8. kidaptive [Электронный ресурс]. URL: <https://www-staging.kidaptive.com/alp/features/> (дата обращения: 18.02.2024).

9. UniTime [Электронный ресурс]. URL: <https://www.unitime.org> (дата обращения: 25.02.2024)

10. Will M. Teachers Work 50-Plus Hours a Week-And Other Findings From a New Survey on Teacher Pay // EducationWeek [Электронный ресурс]. 2023. URL: <https://www.edweek.org/teaching-learning/teachers-work-50-plus-hours-a-week-and-other-findings-from-a-new-survey-on-teacher-pay/2023/09> (дата обращения: 14.01.2024).

11. MagicSchool [Электронный ресурс]. URL: <https://www.magicschool.ai/> (дата обращения: 25.02.2024).

12. Eduaide.Ai [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eduaide.ai/> (дата обращения: 26.02.2024).

13. Copilot [Электронный ресурс]. URL: <https://educationcopilot.com/> (дата обращения: 25.02.2024).

14. Gradescope [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gradescope.com> (дата обращения: 25.02.2024).

15. Баринова Н.В., Баринов В.Р. Цифровая экономика, искусственный интеллект, Индустрия 5.0: вызовы современности // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. 2022;(5):23-34. [Электронный ресурс]. URL: <https://doi.org/10.21686/2413-2829-2022-5-23-34> (дата обращения: 25.02.2024).

16. Государственная программа «Цифровое развитие Беларуси» на 2021 2025 годы. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mpt.gov.by/ru/gosudarstvennaya-programma-cifrovoe-razvitiye-belarusi-na-2021-2025-gody> (дата обращения: 15.03.2024).

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПРЕПОДАВАНИЯ АЛГОРИТМИЗАЦИИ И ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Н. А. Аленский

Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, alensky@bsu.by

Основываясь на многолетнем опыте чтения лекций и проведения различных видов практики на механико-математическом факультете Белгосуниверситета и других учебных заведениях, на конкретных примерах предлагаются следующие методические принципы преподавания алгоритмизации и методов программирования: многоуровневости, сравнения, параллельности, предварительной мотивации и повторения.

Ключевые слова: методы программирования; обучение программированию; методика обучения; принципы обучения.

Несмотря на то, что тематическая линия «Основы алгоритмизации и программирования» школьного предмета «Информатика» изучается шесть лет и изданы хорошие учебники и (или) электронные материалы для них, университетскую дисциплину «Методы программирования» большинство студентов осваивают с трудом. В докладе предлагаются некоторые проверенные на практике преподавания методические принципы, которые позволяют студентам первого курса эффективнее осваивать эту дисциплину.

Принцип многоуровневости связан с тем, что в алгоритмизации и программировании все темы, элементы языка тесно переплетены между собой. Поэтому некоторую трудность представляет определение порядка изучения понятий и конструкций языка, приёмов и методов программирования. Ряд учебников построен таким образом, что сначала рассматриваются элементы выбранного языка программирования (переменные, **все** их типы и операции над ними, правила построения выражений и т. д.), а потом последовательно изучаются операторы и **все** их возможности, методы и технологии программирования. При этом, как правило, сразу в одном параграфе приводятся **все** возможности изучаемого элемента языка, например, все строковые или графические функции, хотя некоторые из них редко используются или сложные, и на начальном этапе можно изучить часто используемые и более простые возможности, которых достаточно для решения обширного класса задач.

Усовершенствование такой общепринятой методики покажу на примере изучения **функций** языка программирования C++, без которых невозможно освоить современное объектно-ориентированное и визуальное программирование. Студентам эта тема в первом семестре дается нелегко, так как в школьной информатике ограничиваются только использованием стандартных встроенных процедур и функций на базовом уровне, а разрабатывать их по учебному плану должны учить только на повышенном уровне в старших классах, что пока мало где реализовано.

На **начальном этапе** (основы, введение в функции) изучения этого вопроса, используя **принцип сравнения**, по аналогии с учебным школьным языком Паскаль основное внимание надо обратить на то, чтобы студенты поняли, чем отличается написание и вызов функции, отличной от *void* (функция на Паскале) и функции типа *void* (процедура на Паскале). Для этого надо ответить на следующие вопросы; назначение функции; что дано (входные параметры); результат функции, то есть выходные параметры, которых может не быть; в зависимости от этого, как записать заголовок; алгоритм и особенности текста функции; как вызвать функцию. Результаты функции типа *void* возвращаем с помощью параметров ссылочного типа, которые

для студентов легче, чем параметры-указатели. На старте желательно ограничиться одной функцией (частью программы) в проекте, и предлагается оформлять её без прототипа, как встроенную. Для того, чтобы больше внимания уделить функциям, эти вопросы предлагается изучать раньше, начиная, например, с третьей недели, а операции, операторы и некоторые другие более простые вопросы можно рассматривать одновременно с функциями, используя **принцип параллельности** изучения тем.

После приобретения простых навыков написания и использования функций можно осваивать **второй, более сложный уровень (основной)**. На этом этапе изучаем правила описания функций с прототипом и сравниваем их со встроенными; показываем, как функцию с несколькими результатами оформить как отличную от *void*; как в одном проекте составить и использовать несколько функций, которые вызываются не обязательно из *main*; а также такие возможности функций, как их перегрузка, параметры по умолчанию, простые рекурсивные алгоритмы и сравнение их с не рекурсивными, запрограммированными с помощью циклов. Все эти вопросы можно изучать во второй половине первого семестра.

На **третьем уровне** во втором семестре параллельно с другими темами продолжаем изучать следующие профессиональные сложные для студентов вопросы функций: параметры-указатели; как функцию для работы с одномерным массивом использовать при работе с динамической (обе размерности – константы), частично динамической (одна размерность – константа) и динамической матрицей; как одномерный и двумерный массивы, строки, структуры, объекты и их поля передать в функцию и (или) вернуть из неё; указатели на функции и их использование; сложная рекурсия.

В докладе использование этого принципа рассматривается и на примере изучения других объемных и сложных тем, таких, как указатели, двумерные массивы, классы и некоторые другие.

Принцип **многоуровневости** можно использовать и при подготовке и выдачи вариантов заданий разного уровня сложности как для различных видов практики, так и для контроля и оценки знаний [2].

Многолетний опыт чтения лекций и проведения различных видов практики показал, что в качестве основного принципа изучения алгоритмизации и программирования эффективно использовать **принцип предварительной мотивации** элементов выбранного языка программирования. Это означает, что почти любую тему за редким исключением лучше изучать «от частного к общему», а не наоборот, по следующей схеме:

1. Наглядная простая задача, которая требует для своего решения введения этого элемента, т. е. показывается необходимость изучаемого элемента.
2. Пример использования нового элемента при решении этой задачи.
3. Общий вид конструкции, её формальное описание.
4. Общие примеры на закрепление.
5. Выполнение упражнений и индивидуальных заданий для отладки программ [1].

При этом пункты с первого по третий лучше рассмотреть в форме лекции, а четвертый и пятый – на практических занятиях. При этом простые теоретические сведения желательно давать в сокращённом виде и основные методы, приёмы программирования должны изучаться на простых наглядных примерах. Теоретические вопросы более подробно излагаются в электронном виде, например, в образовательном портале *Moodle*. Следуя этому принципу, не обязательно всегда соблюдать одинаковый порядок форм занятий: лекция – практические занятия – лабораторные работы. При изучении некоторых тем, например, ввод-вывод данных, эффективнее сначала решить задачу с использованием компьютера или выполнить упражнения без ЭВМ, а потом на лекции обобщить, подвести итоги, обратив особое внимание на наиболее сложные вопросы и объяснить новые дополнительные возможности.

При изучении многих тем следует руководствоваться классическим **принципом сравнения**, который предполагает анализ различных алгоритмов и (или) методов программирования

решения одной и той же задачи, выбор из них наилучшего. Этот же принцип можно использовать также для того, чтобы показать необходимость той или иной конструкции языка, быстрее и лучше её понять. Для этого можно записать несколько вариантов некоторого фрагмента программы решения одной и той же задачи, используя разные элементы. При изучении многих систем программирования можно привести такого рода элементы, которые имеет смысл сравнивать:

1. Представление положительных и отрицательных целых чисел в памяти компьютера.
2. Логические операции «&&» (and) и «||» (or).
3. Логические и соответствующие битовые операции.
4. Полная и сокращенная формы оператора if.
5. Оператор if и оператор выбора (switch или case).
6. Операторы цикла while и for, while и repeat, while и do ... while.
7. Процедуры и функции, функции типа void и отличные от void.
8. Встроенные функции и функции с прототипом.
9. Операторы break и return.
10. Параметры-указатели и параметры-ссылки в функциях C++.
11. Динамические и нединамические одномерные и двумерные массивы.
12. Структуры и классы.
13. Бинарные и текстовые файлы.

и т. д. Как видим, этот принцип можно эффективно применять при изучении почти любой темы независимо от используемого языка программирования. Один из вариантов, как правило, «красивее» и, возможно, легче для изучения. С помощью принципа сравнения объективнее можно проверить и оценить знания обучаемого. Одно дело, в экзаменационный билет включить один вопрос из перечисленных выше пар, и совсем другое, если попросить сравнить два каких-нибудь элемента.

Благодаря такому методическому приёму реализуется на практике **принцип повторения**. Один из сравниваемых элементов изучается обычно раньше (например, оператор «if»). Повторение при изучении основ алгоритмизации и программирования в большей степени, чем в математике, играет важную роль. Это связано с тем, что при изучении новой конструкции языка или нового метода программирования, при написании программ по новой теме надо знать много ранее изученных вопросов. Например, операции и выражения, операторы ветвления и цикла, ввода-вывода, а позднее функции будут использоваться при написании программ по любой новой теме.

В докладе рассматриваются также некоторые другие менее важные методические принципы изучения алгоритмизации и программирования.

Библиографические ссылки

1. Аленский Н. А., Травин В. В. Методика преподавания информатики. Уч.-мет. пособие с грифом УМО вузов РБ по естественно-научному образованию. Минск, «Адукацыя і выхаванне». 2019. 104 с.
2. Аленский Н.А., Травин В. В., Филимонов Д. В. Методы программирования [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие с грифом УМО вузов РБ по естественно-научному образованию. Минск: БГУ, 2023. 1 электрон. опт. Диск (CD-ROM). ISBN 978-985-881-408-3. 192 с. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/300305>

РЕВИЗИЯ СОДЕРЖАНИЯ КУРСА "ВЕБ-ПРОГРАММИРОВАНИЕ" НА ПЕРВОМ И ВТОРОМ КУРСАХ ММФ БГУ

С. А. Барвенов

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, bars@bsu.by*

Основанные на обратной связи от выпускников и студентов изменения курса "Веб-программирование" направлены на более актуальное обучение веб-разработке. Особое внимание уделено интеграции практически значимых тем, обучению основ JavaScript и новым методам преподавания. Курс ставит перед собой цель подготовить студентов к успешной карьере в сфере веб-разработки.

Ключевые слова: качество образования; результаты обучения; обратная связь; структура курса.

Курс "Веб-программирование" на Механико-математическом факультете БГУ введен в учебную программу около 10 лет назад. За это время веб-разработка во многом изменилась. И наш курс постоянно совершенствуется, особенно последние 2 года. Регулярно вносятся изменения в программу курса и о некоторых из них мы хотим рассказать.

Ключевым фактором в улучшении содержания курса была полученная обратная связь от сотрудников компаний, где работают наши выпускники, а также отзывы самих студентов. Мы выявили не только те темы, которые вызывают затруднения у студентов, но и те, которым стоит уделить больше внимания.

Например, некоторые концепции, такие как асинхронное программирование и работа с REST API, потребовали дополнительного объяснения и практических примеров. На эти темы в учебном плане было дано больше практических заданий и проектов для закрепления материала студентами.

Для того чтобы реагировать на изменения в индустрии и соответствовать текущим потребностям рынка, мы ежегодно обновляем некоторые задания в программе курса. В частности, мы пересмотрели состав заданий, убрав те, которые редко встречаются в реальной разработке, и добавив новые, более практически значимые чтобы студенты приобретали востребованные навыки. Например, алгоритмические задачи, не имеющие прямого отношения к веб-разработке, были заменены на задачи, близкие к реальным проектам, чтобы лучше подготовить студентов к требованиям индустрии.

Особое внимание теперь мы уделяем тому, чтобы студенты первого курса уверенно понимали базовые концепции JavaScript и имели навыки решения стандартных задач. Особенно это важно на втором курсе, когда мы начинаем изучение React. Мы увеличили количество задач по JavaScript, которые помогут студентам более глубоко понять основы этого языка и лучше подготовиться к изучению современных библиотек и фреймворков.

Наше сотрудничество с предприятиями и постоянный диалог со студентами позволяют нам быть в курсе последних тенденций и изменений в сфере веб-разработки. Мы надеемся, что такой подход делает наш курс максимально релевантным и эффективным для будущих специалистов в области веб-программирования.

Интеграция новых методов преподавания и создание интересных заданий стимулируют активное вовлечение студентов в учебный процесс и повышают их уровень подготовки. Мы также активно анализируем результаты выполнения заданий и предоставляем видео-разборы кода, написанного студентами, чтобы помочь им в освоении материала. Все работы принимаются на портале дистанционного обучения edummf.bsu.by, а на втором курсе – на classroom.google.com. Ранее автор описывал другие способы сдачи работ [1, 2]

После завершения курса мы проводим анкетирование студентов, которое показывает, что для них очень удобно, что помимо лекций и лабораторных занятий есть видео-разборы кода студентов и видео процесса выполнения домашних заданий. Это позволяет студенту в индивидуальном ритме изучить каждую тему. Также студенты отмечают то, что преподаватели отвечают на все возникающие вопросы в онлайн режиме в популярных мессенджерах, что способствует активному вовлечению студентов и повышению их уровня подготовки.

Современное образование признает важность персонализированного подхода, учитывающего индивидуальные особенности каждого студента. Такой подход позволяет эффективнее преодолевать трудности в усвоении материала и максимально раскрывать потенциал каждого обучающегося. В контексте курса "Веб-программирование" это означает создание разнообразных методов обучения, адаптированных под различные стили обучения, интересы и уровень подготовки студентов. Персонализированный подход способствует более глубокому пониманию материала и повышению мотивации к обучению, что в итоге способствует формированию квалифицированных специалистов в области веб-программирования.

Сейчас траектория изучения веб-программирования в рамках нашего курса выглядит так: основы синтаксиса js, типы данных-функции, замыкания, модули – ООП: классы, объекты-Асинхронность: коллбэки, промисы – внешние API, fetch – SPA – основы библиотеки React – роутинг – Redux – серверные технологии (Node.JS, PHP)

Наша цель состоит в обеспечении студентов не только теоретическими знаниями, но и практическими навыками, которые будут востребованы на рынке труда. Мы стремимся к тому, чтобы наши выпускники были готовы к собеседованию на должность junior frontend разработчика и дальнейшей успешной карьере в сфере веб-разработки, способными принимать вызовы современной индустрии.

Библиографические ссылки

1. Барвенков С.А. Использование системы moodle и пакета discord при проведении дистанционного обучения на мехмате БГУ // Веб-программирование и интернет технологии Webconf-2021: материалы 5-й Междунар. науч.-практ. конф., 18-21 мая 2021 г. Минск: БГУ, 2021. С. 236.

URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/259432> (дата обращения 12/12/2021)

2. Барвенков, С.А., Станкевич А.А. Опыт использования git и github при проведении занятий со студентами // Веб-программирование и интернет технологии Webconf-2015: материалы 3-й Междунар. науч.-практ. конф., 12-14 мая 2015 г. Минск: Изд. центр БГУ, 2015. С. 44-46.

URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/115098>

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ ИТ-СПЕЦИАЛИСТОВ В ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ УНИВЕРСИТЕТА

С. А. Вельченко¹⁾, Д. Г. Медведев²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, semmi.vall@gmail.com

²⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, medvedev@bsu.by

Рассмотрены особенности подготовки будущих ИТ-специалистов в информационно-образовательной среде университета. Особое внимание уделено вычислительным и производственным практикам, выполнению курсовых и дипломных проектов. Рассмотрены вопросы выявления и развития тимлидов.

Ключевые слова: информационно-образовательная среда; вычислительная и производственная практика; курсов и дипломное проектирование; практическая реализация полученных компетенций; тимлид.

Подготовка ИТ-специалистов на механико-математическом факультете БГУ отвечает запросам современной науки и производства, чему способствует информационно-образовательная среда (ИОС), созданная на факультете. ИОС механико-математического факультета – специально организованная образовательная система телеономного характера, направленная на усвоение обучающимися определенных знаний, умений, навыков, а также обретения опыта эмоционально-ценностного отношения к обучению и саморазвитию, как составляющих академических, профессиональных и социально-личностных компетенций в рамках определенной специальности и в условиях конкретного учебного заведения. Все это позволяет формировать и развивать в процессе обучения ИТ-специалистов субъект-субъектный тип образовательных отношений между преподавателем и студентом.

Сегодня всем очевиден тот факт, что при качественной подготовке ИТ-специалистов необходимо предоставить обучающимся все возможности ИОС вуза для превращения получаемых теоретических знаний в конкретные ИТ-продукты с возможностью их последующей реализации. Существенное место в этом процессе отведено вычислительным и производственным практикам, курсовому и дипломному проектированию.

В соответствии с учебными планами специальности «Математика и компьютерные науки» учебная вычислительная практика проводится два раза: во 2 семестре – «Вычислительная 1», в 4 семестре – «Вычислительная 2». Продолжительность каждой практики составляет 2 недели (108 часов), трудоемкость – 3 зачетные единицы.

Основными задачами учебной вычислительной практики на первом курсе являются:

- формирование у студентов практических умений и навыков по изучаемым учебным дисциплинам математического и компьютерного циклов;
- приобщение студентов к практической деятельности, формирование у них профессиональных навыков;
- закрепление теоретических знаний;
- освоение первичных практических навыков по избранной специальности;
- ознакомление студентов с современным состоянием вычислительной техники, её программного и математического обеспечения;
- изучение и использование на практике новых информационных технологий.

На втором курсе задачами учебной вычислительной практики являются:

– исследование и разработка моделей, алгоритмов, методов, программных решений, инструментальных средств, применяемых в программировании и при разработке научно-исследовательских проектов;

– развитие способности реализации алгоритмов на языках программирования C++ и Java, а также языках и инструментах разработки Веб-сайтов и Веб-приложений;

– совершенствование навыков работы в команде.

На втором курсе практика может проходить в форме работы над проектом в команде. Руководитель практики назначает директоров команд (тимлидов), как правило, из числа студентов с наиболее высоким средним баллом. Тимлиды набирают в свои команды сотрудников из студентов группы. В командах могут быть следующие позиции:

– тимлид;

– системный аналитик;

– математик;

– программист;

– тестировщик;

– другая позиция на усмотрение директора.

Команда, как правило, состоит из 4-6 человек [3]. Тимлид координирует деятельность команды разработчиков, распределяет сферы ответственности, взаимодействует с заказчиком, планирует и организует обучение специалистов. Тимлид – это своего рода директор в IT-сфере. Такая многоуровневая деятельность требует разнообразных высокоразвитых профессиональных, социальных, эмоциональных компетенций. Основные компетенции тимлида, который выполняет менеджерские функции:

- заключение договора с клиентом;

- ведение документации;

- оценка объемов, бюджета и планирование сроков работ;

- планирование приоритетов задач и подзадач;

- правильное делегирование полномочий внутри команды для обеспечения максимальной эффективности работы;

- планирование релизов и их выпуск;

- продюсерские функции по управлению проектом – дизайн, маркетинг, разработка;

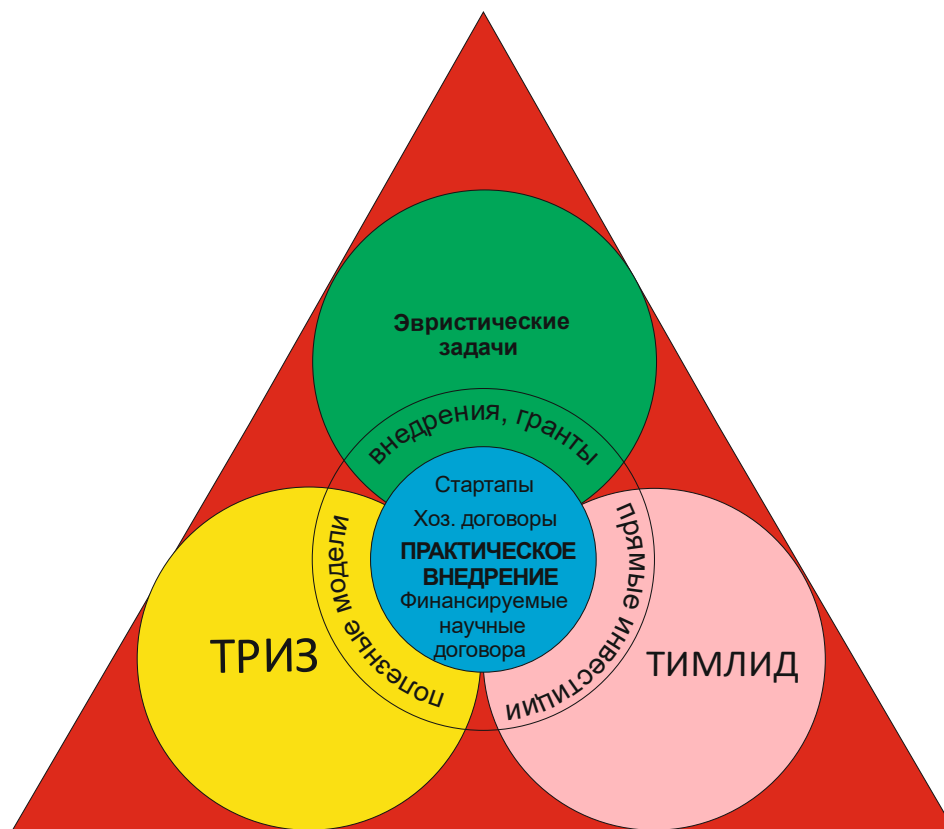
- профессиональный рост каждого сотрудника в команде.

И самый ключевой момент, без которого невозможен никакой рабочий процесс, – мотивация команды на успех, умение вдохновлять личным примером. Так, например, при создании программных продуктов в виде стартапов или усовершенствованных моделей готовых программных решений (например, усовершенствование и доработка, обновление готового проекта технически, изменение дизайна, добавление новых функций и т.д.) целесообразно применение командной работы. Завершающим и важным этапом этой работы является практическое внедрение ее результатов: продажа готовых программных продуктов для различных проектах или на предприятиях.

Такая организация проведения практики позволяет выявлять студентов с соответствующими качествами, дает им возможность развивать и совершенствовать свои способности, знания, эмоционально-личностные характеристики и в последующем трудоустроиться по специальности и быть высокоэффективными на рынке труда.

Вопросы разработки и практического внедрения проектов целесообразно рассматривать и в рамках курсового и дипломного проектирования. Для этого мы предлагаем следующие варианты реализации: через постановку и разбор эвристических задач [1]; через систему ТРИЗ (теория решения изобретательских задач) [2]; работа команды во главе с тимлидом [4]. Общим для каждого из вышеперечисленных вариантов реализации являются получение грантов, за-

ключение финансируемых договоров, привлечение прямых инвестиций. И, наконец, желаемым итогом является практическое внедрение с последующей монетизацией. На следующем рисунке представлена предлагаемая нами вариативная модель описанных процессов.



Практическое внедрение проектов

В современных условиях создание IT-продуктов – это командная работа. Соответственно члены команды должны иметь не только теоретическую подготовку, но и владеть коммуникативными навыками, которые формируются под руководством преподавателя в рамках вычислительной и производственной практик, курсового и дипломного проектирования.

Эффективность и результативность командной работы существенно зависит от ее самоорганизации, системообразующим элементом которой является тимлид. Выявление студентов, обладающих лидерскими задатками, и работа с ними с целью развития их интеллектуальных, коммуникативных и организаторских компетенций – одна из задач разработанной ИОС факультета.

Особенности работы программистов состоят не только в умении программировать поставленную задачу, но и корректировать ее в процессе общения с заказчиком, что, как правило, делает тимлид. Он координирует работу команды, мотивирует, обеспечивает своевременное выполнение всех этапов работы. На факультетских учебной и производственной практиках этому уделяется особое внимание.

В рамках курсового проектирования, подготовки дипломных и магистерских работ студентам необходимо создавать инновационные, достаточно креативные, как по функционалу, так и по дизайну программные продукты, основанные, в том числе, на параллельных алгоритмах. Целесообразно формировать у студентов различные компетенции, которые помогут им в дальнейшем создавать эти программные продукты с применением эвристических задач, системы ТРИЗ.

Рассмотренные выше варианты проведения практик и реализации курсового и дипломного проектирования – важнейшие элементы ИОС.

Библиографические ссылки

1. Вельченко С. А. Формирование технической ит-компетенции при обучении студентов дисциплине «Параллельное программирование» University Pedagogical Journal. Университетский педагогический журнал. Изд. БГУ 2022; ч.2. С. 66-72.
2. Альтшуллер Г. С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. Новосибирск: Наука; 1986. 208 с.
3. Романчик В. С., Вельченко С.А. Программа учебной вычислительной практики для специальности 1-31 03 08 Математика и информационные технологии (по направлениям), направления: 1-31 03 08-01 Математика и информационные технологии (Веб-программирование и интернет-технологии), 1-31 03 08-02 Математика и информационные технологии (Математическое и программное обеспечение мобильных устройств). № 10759/п. ЭБ БГУ::ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТОЧНЫЕ НАУКИ::Математика 23-дек-2021. Минск : БГУ.
4. Перескокова М. Мама, я тимлид! Практические советы по руководству IT-командой. Москва: Альпина Паблицер, 2021. 228 с.

О ПРЕПОДАВАНИИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ СТУДЕНТАМ МАТЕМАТИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

И. М. Галкин

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, galkin@bsu.by*

Рассматриваются вопросы начального обучения программированию студентов математических специальностей как будущему для многих из них виду профессиональной деятельности. Анализируются особенности данного вида обучения. Приводятся соображения и рекомендации по выбору языков программирования и организации учебного процесса.

Ключевые слова: обучение программированию; языки программирования; методика обучения; управление обучением; система Moodle.

Опыт преподавания предмета “Методы программирования” на первом курсе механико-математического факультета Белорусского государственного университета свидетельствует о недостаточной базовой алгоритмической подготовке значительной части недавних абитуриентов, которая часто контрастирует с их высокими школьными оценками по математике и информатике. Хотя на момент поступления какое-то число студентов-первокурсников имеет определенную программно-алгоритмическую подготовку, полученную в школе или на специальных курсах, достаточно неплохой ее уровень только у небольшой части из них. Кроме того, изучавшиеся ими ранее языки программирования в общем случае различны и для реализации задач обучения необходимо приведение ситуации к общему языковому “знаменателю”.

Использование языка С++ в качестве базового, используемого на первом году обучения, сегодня по-прежнему представляется наиболее подходящим решением. Оно позволяет вначале полноценно познакомить новичков с основами классического процедурного программирования (основными операторами, типами данных, функциями), а впоследствии в рамках того же языка перейти к основам объектно-ориентированного программирования. Знакомство с синтаксисом С++ закладывает базу для понимания многих других современных профессиональных языков программирования. Реализация в С++ удобного, визуально легко принимаемого новичками, объектно-ориентированного консольного ввода-вывода позволяет не углубляться во второстепенные детали, концентрируясь на алгоритмических аспектах решения задач, что особенно важно на первом этапе обучения. Представляется целесообразным отказ от применения в обучении функций ввода-вывода языка С, поскольку они вызывают много отвлекающих от сути дела вопросов, особенно в начале обучения. Объяснения же возможностей форматирования при использовании объектно-ориентированного ввода-вывода можно отложить до более позднего времени, совместив его с изучением общих основ объектно-ориентированного подхода.

Возможность работы с адресами (указателями), присущая языку С++, является своеобразным “мостиком” к уровню машинно-ориентированных языков ассемблерного типа, что в общем случае может способствовать развитию более полного общего представления о процессе реализации алгоритмов в виде программ. Вместе с тем, именно эта полезная развивающая возможность часто вызывает у части студентов затруднения в изучении, что необходимо учитывать при расстановке акцентов в процессе обучения.

Язык С/С++ постоянно входит в число 3-4 наиболее популярных языков программирования в авторитетных мировых рейтингах. Этот язык широко применим в электронике, задачах

системного программирования, машинного обучения, в Интернете вещей, создании компьютерных игр и многих других предметных областях. Знакомство с этим языком, даже достаточно общее, является полезным базисом в развитии профессиональной карьеры, а его отсутствие может ограничить сферу применения сил будущего IT-специалиста.

Дальнейшее профессиональное развитие студентов-математиков должно предусматривать (и предусматривает) изучение и других языков программирования из лидирующей группы – Java, C#, Python, естественно вместе со связанными с ними технологиями и платформами. Отдельно о безоговорочном лидере последних лет – языке Python. Этот язык безусловно обладает многими достоинствами, в первую очередь, развитыми библиотеками и связанной с их наличием относительной универсальностью применения. Однако часто декларируемая лёгкость изучения этого языка для новичков явно преувеличена. Python действительно обладает определенным количеством элегантных решений, но эти решения можно оценить именно в сравнении с другими, уже знакомыми и ранее усвоенными распространенными решениями. По опыту, связка “C++ – Python” представляется более предпочтительной и эффективнее реализуемой в обучении, чем связка “Python – C++”.

Тем не менее следует отметить факт, что реализация новых стандартов C++ в последние 10-15 лет, увеличив, несомненно, профессионально-функциональные возможности языка, значительно расширила также сам язык и его библиотеки, чем несколько усложнила учебное применение языка. Во многих аспектах языковые версии C++98 или C++2003 больше подходили для роли базового языка для обучения. Наличие в Интернете большого числа решений с использованием появившихся новых возможностей, понятные и полезные для искушенных пользователей языка, часто сбивают новичков с толку, “размывают” их постепенно формируемые представления, а также усложняют работу преподавателей, затрудняя последовательное развитие навыков у обучаемых и контроль самостоятельности их решений.

Результативность обучения может быть повышена при условии использования эффективных автоматических средств его поддержки. В Белорусском государственном университете эти функции выполняет образовательный портал, поддерживающий различные виды обучающей деятельности. В основу его реализации положена система управления обучением Moodle – одно из наиболее распространенных сегодня средств компьютерной поддержки образовательного процесса.

Система Moodle предоставляет преподавателям достаточно развитый набор элементов и ресурсов, поддерживающих потребности дистанционного обучения. Однако она может использоваться и в режиме традиционных аудиторных занятий как достаточно эффективное средство поддержки учебного процесса, позволяющее обеспечить лабораторные занятия полезными текущими материалами и ссылками на нужные ресурсы, облегчить учет посещаемости, провести контрольные тесты для проверки знаний обучающихся, дать информацию студентам для работы в аудитории и дома, а также обеспечить отложенный контроль выполнения аудиторных заданий. Опыт использования системы Moodle в течение нескольких последних лет показал, что, несмотря на отдельные имеющиеся недостатки, на данный момент времени она, несомненно, представляет собой серьезное современное и своевременное подспорье в решении многочисленных традиционных и возникающих вопросов обучения.

Еще один нюанс в обучении программированию студентов-математиков, который необходимо учитывать, – изначально разная расположенность обучающихся к собственно написанию программ. Следует основываться на понимании того, что не все обучаемые станут разработчиками. Вместе с тем получение математической подготовки в сочетании с наличием базовых программно-алгоритмических навыков позволят большинству из них в дальнейшем успешно проявить себя в IT-сфере.

АДАПТАЦИЯ КУРСОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТОВ НА ПРИМЕРЕ ЯЗЫКА C++

А. С. Кравчук¹⁾, А. И. Кравчук²⁾, Е. В. Кремень³⁾

¹⁾Белорусский государственный экономический университет,
пр. Партизанский, 26, 220070, г. Минск, Беларусь, ask_belarus@inbox.ru

²⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, anzhelika.kravchuk@gmail.com

³⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, kremenev@gmail.com

Разработанный краткий курс программирования на C++ на основе созданного авторами полного курса может стать прочным фундаментом для успешного начала функционирования программы по подготовке программистов на базе экономических и гуманитарных специальностей университетов. При этом опыт преподавания программирования в БГЭУ свидетельствуют о том, что для качественной подготовки специалистов на базе БГЭУ, помимо применения уже подготовленных материалов, необходимо увеличить не только время, выделяемое на изучение предметов по программированию, но и количество предметов в учебном плане.

Ключевые слова: обучение программированию; экономические специальности; адаптация курса по языку C++.

В связи с интенсивным развитием информационных технологий и значительным увеличением инвестиций в данную сферу в 2010-ых годах в Республике Беларусь стало возможным обеспечить работой в ИТ-сфере дополнительный контингент молодых специалистов. В частности, ускоренный приток квалифицированных кадров в эту отрасль можно было обеспечить, не расширяя наборов на естественнонаучные и технические факультеты, а на основе экономических, и даже гуманитарных специальностей университетов.

Для успешного решения этой задачи требуется выбрать из учебных программ профильных специальностей по 1-2 подходящих предмета из государственного компонента и 3-4 предмета из компонента ВУЗа. После этого следует внедрить выбранные предметы в образовательные программы экономических и гуманитарных специальностей, с аналогичным количеством часов учебной нагрузки.

Останется лишь решить проблему наполненности учебных занятий соответствующим материалом. Важно отметить, что финансирование передачи учебных материалов может быть обеспечено через научные гранты в области педагогики. В рамках таких грантов исполнитель обязуется передать свои опубликованные учебные материалы экономическому или гуманитарному университету, а также внедрять их в учебный процесс, предоставляя консультативную поддержку преподавателям.

Отметим, что обычно основные курсы (кроме курсов «Высшая математика» и «Информационные технологии») в экономических и гуманитарных университетах по своей длительности не превышают один семестр (17 лекций и 17 занятий в подгруппах). В связи с этим, к большому сожалению, на текущий момент непосредственное перенесение курсов из учебных программ программистов в программы специальностей экономического или гуманитарного профиля невозможно.

Поэтому для демонстрации возможностей адаптации учебных курсов на примере обучения программированию на языке C++ коллективу авторов пришлось пойти другим путем, а именно разбить последовательность действий на два этапа:

- на первом этапе создать годовой базовый курс для профильной специальности;

- на втором этапе после оценки значимости тем и их наполнения сократить базовый курс до краткого, включающего в себя 17 лекций и 17 занятий в подгруппах.

При выполнении первого этапа коллектив авторов не только разработал, но и опубликовал лекционный курс по программированию на языке C++ для специальности 6-05-0533-07 «Математика и компьютерные науки (по профилизациям)» [1-2], а также подготовил сборник заданий для занятий в подгруппах [3]. Помимо этого, были созданы учебно-методические материалы, включающие в себя дополнительные темы и вопросы для тестирования.

Безусловно, при адаптации этого курса к возможностям учебного процесса в БГЭУ из него было удалена значительная часть исключительно важного материала:

- удален материал, касающийся систем счисления и представления информации в памяти компьютера;
- сокращено общее количество примеров;
- значительно сокращен материал по:
 - преобразованию программы в исполняемый код и директивам препроцессора;
 - указателям (оставлены только сведения необходимые для понимания операции индексирования);
- удалены сведения по основам численных методов;
- значительно сокращен материал по работе со списками;
- удалены темы:
 - по конструкторам преобразования;
 - по классам `enum`, объединениям, битовым полям;
 - по лямбда-функциям, по исключениям, по файлам.
- значительно сокращен материал по STL (исключены функторы и алгоритмы).

В результате этого вынужденного сокращения студенты специальности 6-05-0311-05 «Экономическая информатика» в рамках курса «Алгоритмизация и программирование» в БГЭУ в основном получают знания по языку C++ в виде некоторого «скелета» без обсуждения деталей, чего невозможно избежать в связи с доминированием, как уже отмечалось, односеместровых курсов в учебных планах экономических специальностей.

Поскольку программирование – это больше практический навык чем теоретический (по сути, при достаточном количестве времени, проведенного студентом за разработкой кода, он автоматически «руками» запоминает синтаксические конструкции и логику их применения), то огромное значение для подготовки будущих программистов имеет количество занятий в подгруппах.

Поэтому при разработке краткого курса для специальности 6-05-0311-05 «Экономическая информатика» самым негативным было сокращение в два раза количества занятий в подгруппах, т.к. студенты не успевают освоить на практике необходимый материал.

Однако несмотря на все изложенные трудности разработки и внедрения в учебный процесс созданный краткий курс программирования на C++ на основе полного курса [1-3] является огромным скачком вперед для экономических специальностей и станет прочным фундаментом для успешного начала функционирования программы по подготовке программистов на базе экономических и гуманитарных специальностей университетов. При этом опыт преподавания программирования в БГЭУ свидетельствуют о том, что для качественной подготовки специалистов на базе БГЭУ, помимо подготовленных материалов, необходимо увеличить не только время, выделяемое на изучение предметов по программированию, но и количество предметов в учебном плане.

Библиографические ссылки

1. Кравчук А.С., Кравчук А.И., Кремень Е.В. Язык C++. Императивное программирование: учебные материалы для студентов специальности: 6-05-0533-07 «Математика и компьютерные науки (по

профилизациям)» / БГУ, Механико-математический фак., каф. веб-технологий и компьютерного моделирования. 2-е изд., с изм. и доп. Минск: БГУ, 2024. 389 с. № 002728022024, деп. в БГУ 28.02.2024. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/309869> (дата обращения: 14.03.2024).

2. Кравчук А.С., Кравчук А.И., Кремень Е.В. Язык С++. Объектно-ориентированное программирование. Библиотека STL : учебные материалы для студентов специальности: 6-05-0533-07 «Математика и компьютерные науки (по профилизациям)» / БГУ, Механико-математический фак., каф. веб-технологий и компьютерного моделирования. 2-е изд., с изм. и доп. Минск: БГУ, 2024. 291 с. № 002828022024, деп. в БГУ 28.02.2024. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/309870> (дата обращения: 14.03.2024).

3. Кравчук А.С., Кравчук А.И., Кремень Е.В. Язык С++. Сборник тематических заданий и примеров программ: учебные материалы для студентов специальности: 6-05-0533-07 «Математика и компьютерные науки (по профилизациям)». БГУ, Механико-математический фак., каф. веб-технологий и компьютерного моделирования. Минск: БГУ, 2024. 147 с.: № 002928022024, деп. в БГУ 28.02.2024. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/309875> (дата обращения: 14.03.2024).

О РАЗРАБОТКАХ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ПРЕПОДАВАНИЯ КУРСА МИКРОБИОЛОГИЯ

В. В. Лысак, Г. А. Расолько

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, Lysak@bsu.by; rasolko@bsu.by*

Наибольшую актуальность в теории и методике обучения приобретают разработки, которые предусматривают создание электронных средств обучения на основе содержания биологических дисциплин, а также с возможностью выстраивания студентом (совместно с преподавателем) индивидуальной образовательной траектории, включающей функцию обратной связи и компьютерного контроля знаний.

Ключевые слова: использование LMS Moodle; тестирование биологических курсов; информационные технологии в образовании; микробиология и тестирование.

В условиях развития информационно-образовательной среды современного университета актуальной становится задача по использованию возможностей, которые предоставляют сегодня компьютерные технологии (КТ), с которыми преподаватели, напрямую не связанные с ними, ознакомлены и владеют достаточно поверхностно.

На биологическом факультете около 10 лет тому назад в рамках пилотного проекта была внедрена обучающая платформа edubio.bsu.by, использующая LMS Moodle. Moodle (модульная объектно-ориентированная динамическая учебная среда) – это веб-система для организации дистанционного обучения и управления им. Т. к. основные задачи данной онлайн-платформы – это предоставление преподавателям инструментов для создания предметных курсов, наполнения обучающей площадки теоретическими и методическими материалами, практическими заданиями, контроля успеваемости, консультирования, причем в достаточно простом и понятном дизайне, то преподаватели приступили к разработке обучающих и контролируемых онлайн курсов.

Нами первоначально были разработаны следующие онлайн-курсы:

<https://edubio.bsu.by/course/view.php?id=32> – Микробиология;

<https://edubio.bsu.by/course/view.php?id=33> – Систематика микроорганизмов;

<https://edubio.bsu.by/course/view.php?id=33> – Физиология микроорганизмов.

На их платформе были выложены ссылки на учебную программу и учебные пособия [1, 2], HTML страницы теоретического материала, предварительно структурированного в соответствии с учебной программой, некоторые презентации лекций, график контроля самостоятельной работы, примерные варианты тестов, вопросы к экзаменам, тематика лабораторных занятий, темы реферативных работ и т.п.

Поскольку использование КТ позволяет одновременно контролировать усвоение студентами большого объема информации (такие разделы учебной дисциплины «Микробиология», как «Морфология и структурная организация бактериальной клетки (14 часов)», «Метаболизм микроорганизмов (14 часов)» и «Генетика прокариот (16 часов)»), что было бы невозможно при проведении устного опроса, написания рефератов или эссе, приступили к разработке банка вопросов для создания тестов.

Тестирование в педагогике выполняет важнейшие функции: *обучающую, диагностическую и воспитательную.*

Наиболее значимой при осуществлении компьютерного тестирования является *диагностическая функция*, способствующая определению качества знаний обучающихся. При этом

в течение ограниченного времени испытания становится реальным не только выявление уровня усвоения пройденного материала, но и возможностей студентов к быстрому анализу предложенных вариантов ответов на четко сформулированные вопросы. Следовательно, реализуя диагностическую функцию тестирования, можно одновременно оценивать прилежание, усердие и аналитические способности учащихся.

Использования тестов для оценки знаний применялось давно, когда тесты были на бумажных носителях. Проверка результатов тестирования на больших потоках (а это около 160 человек) представляла определенную трудозатратность. С появлением возможности компьютерного тестирования, начиная с e-University система тестов приспособилась к среде тестирования. Далее в LMS Moodle при создании банка вопросов начали применяться различные категории вопросов: множественный выбор (позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка), верно/неверно (простая форма вопроса «множественный выбор»), предполагающая только два варианта ответа: «верно» или «неверно»), числовой ответ и многие другие. В нашем случае оптимальными оказались первые три.

Вследствие ограничения времени работы за компьютером, к началу тестирования студенты должны быть максимально подготовлены. В процессе тестирования все студенты находятся в одинаковых условиях, установленных равнозначными тестовыми заданиями и общими критериями оценки знаний, исключая субъективный подход. Это способствует установлению стабильного психоэмоционального состояния обучающихся, снижению их нервного напряжения и улучшению самочувствия, что, в свою очередь, определяет возможность получения объективных результатов.

Тестируются студенты дистанционно, но преподаватель имеет возможность контролировать процесс, следя за текущим выполнением теста, заходя на любую страничку студента. После завершения выполнения теста виден результат тестирования, например, как на рис. 1. Здесь отмечено кроме времени, затраченного на тест, полученная оценка и как оценен каждый вопрос.

Состояние	Тест		Затраченное время	Оценка/ 9,00	В. 1 /0,64	В. 2 /0,64	В. 3 /1,29	В. 4 /1,29	В. 5 /1,29	В. 6 /0,64	В. 7 /0,64	В. 8 /0,64	В. 9 /0,64	В. 10 /0,64	В. 11 /0,64
	начат	Завершено													
Завершены	11 Март 2024 09:52	11 Март 2024 10:22	30 мин. 48 сек.	9,00	✓ 0,64	✓ 0,64	✓ 1,29	✓ 1,29	✓ 1,29	✓ 0,64	✓ 0,64	✓ 0,64	✓ 0,64	✓ 0,64	✓ 0,64
Завершены	11 Март 2024 09:52	11 Март 2024 10:37	45 мин.	7,07	✗ 0,00	✓ 0,64	✓ 1,29	✓ 1,29	✓ 1,29	✓ 0,64	✓ 0,64	✗ 0,00	✓ 0,64	✓ 0,64	✗ 0,00
Завершены	11 Март 2024 09:52	11 Март 2024 10:26	34 мин. 34 сек.	7,07	✓ 0,64	✓ 0,64	✗ 0,00	✓ 1,29	✓ 1,29	✓ 0,64	✓ 0,64	✓ 0,64	✓ 0,64	✗ 0,00	✓ 0,64

Рис. 1. Пример результата тестирования

По такой информации можно оценить и качество вопросов в тесте, и если много по данному вопросу неверных ответов, то можно пересмотреть их формулировку, вплоть до удаления. Кроме этого Moodle выводит диаграммы, которые дают много информации преподавателю по текущей успеваемости, например, к экзамену.

Рассмотрим некоторые уже статистические данные текущего года обучения. По предмету Микробиология (58 лекционных и 24 лабораторных часов) обучалось 118 студентов на первом потоке и 48 на втором.

Сдавался тест по УСР «Морфология и структурная организация бактериальной клетки», вопросов в тесте 50, 118 участников (группы 41, 42, 51, 52, 53). Ограничение по времени 50 минут. Очевидно, что рыскать по просторам интернета большой возможности нет. Статистика

по оценкам отражена на диаграмме как «График количества студентов, получивших оценки в диапазонах» (рис. 2):

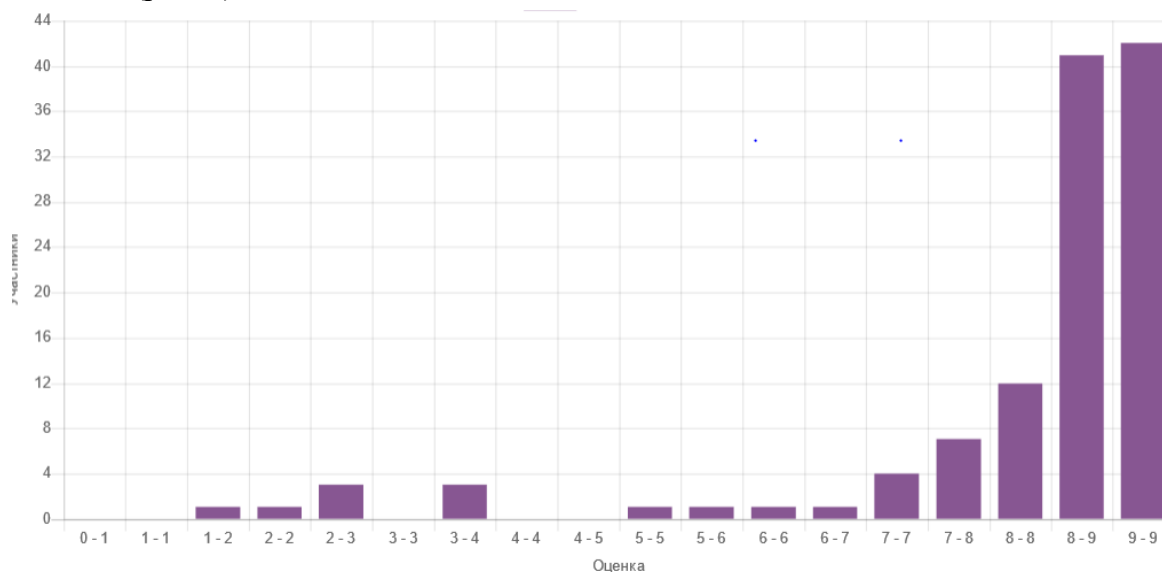


Рис. 2. Статистика тестирования по УСР «Морфология и структурная организация бактериальной клетки», первый поток

На другом потоке 47 студентов (группы 43, 44, 45) такая статистика (рис. 3):

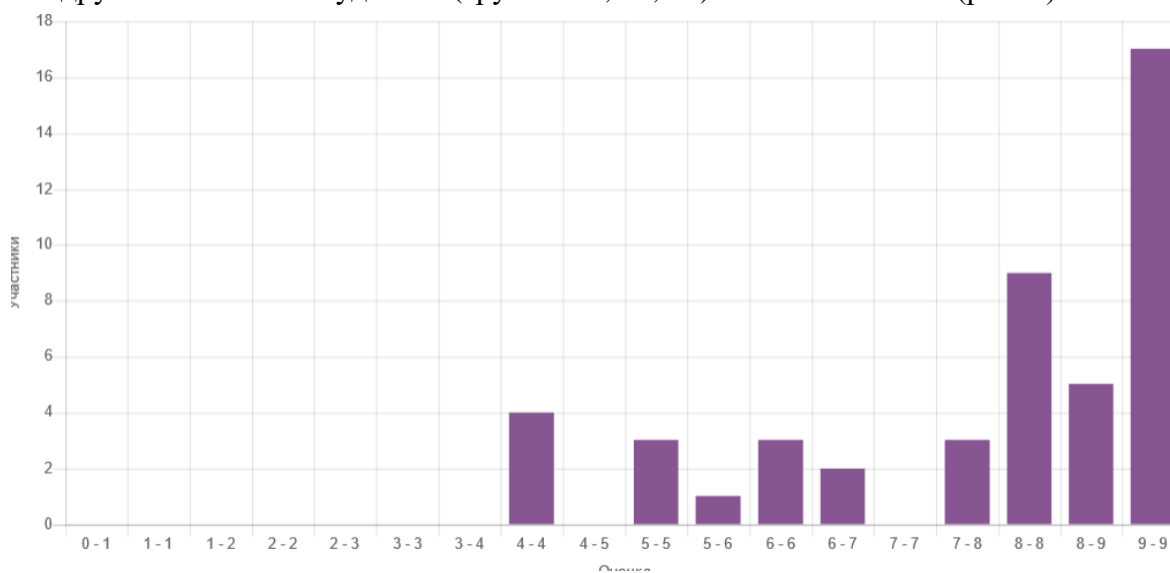


Рис. 3. Статистика тестирования по УСР «Морфология и структурная организация бактериальной клетки», другой поток

УСР «Метаболизм микроорганизмов» (41, 42, 51, 52, 53 группы). Вопросы в тесте 45. Время 40 минут. Попыток: 117 (рис.4):

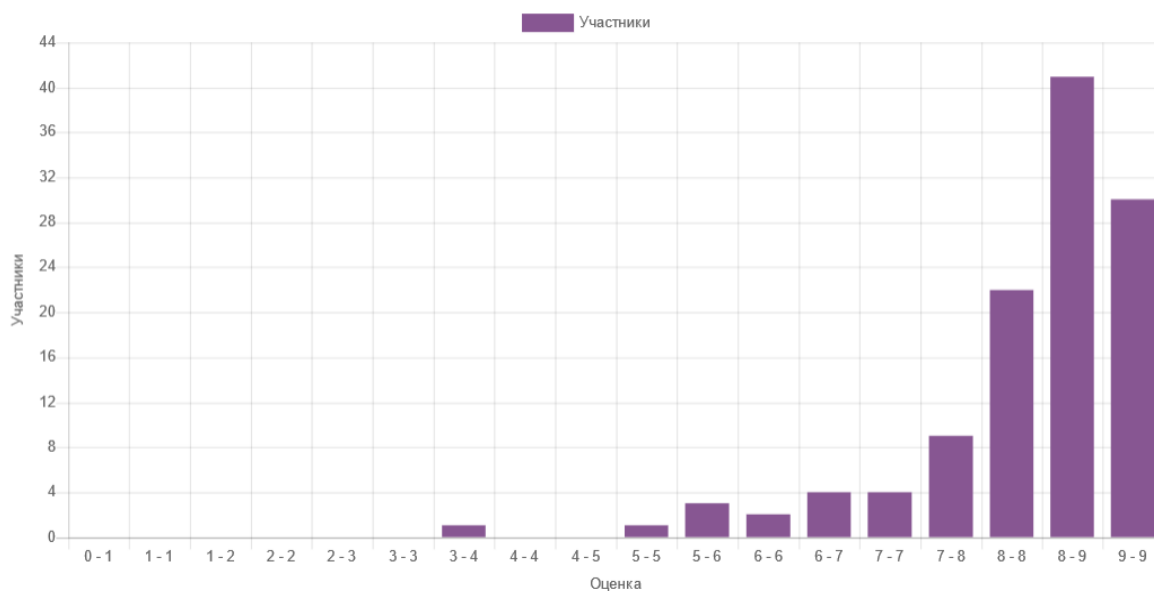


Рис. 4. Статистика тестирования по УСП «Метаболизм микроорганизмов», первый поток

На другом потоке 47 студентов (группы 43, 44, 45) такая статистика (рис. 5):

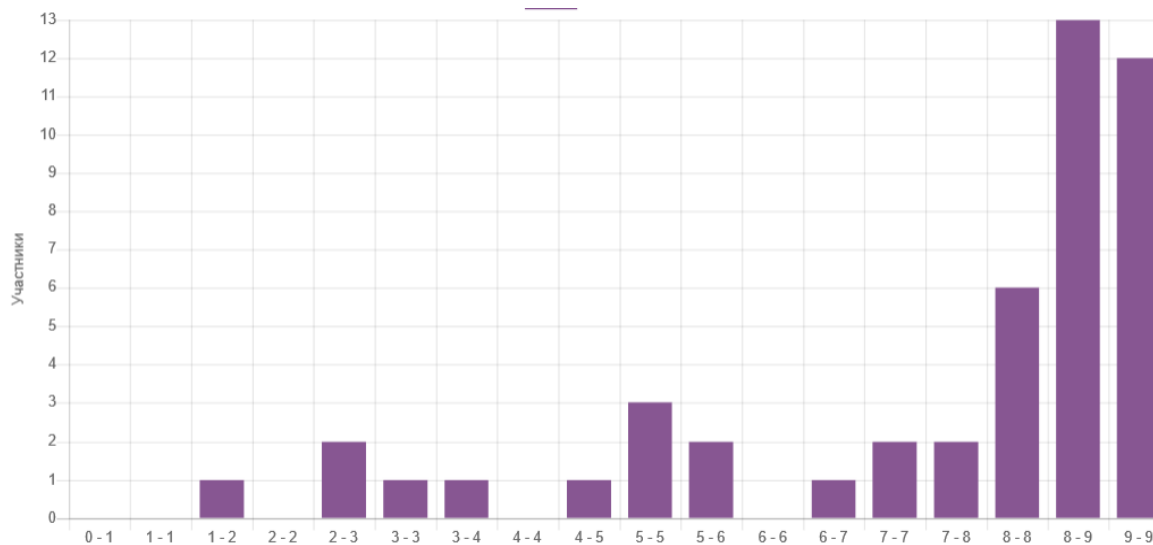


Рис.5. Статистика тестирования по УСП «Метаболизм микроорганизмов», другой поток

УСП «Генетика прокариот» (41, 42, 51, 52, 53 группы). Время 50 минут. Вопросов 60. Попыток 118 (рис. 6).

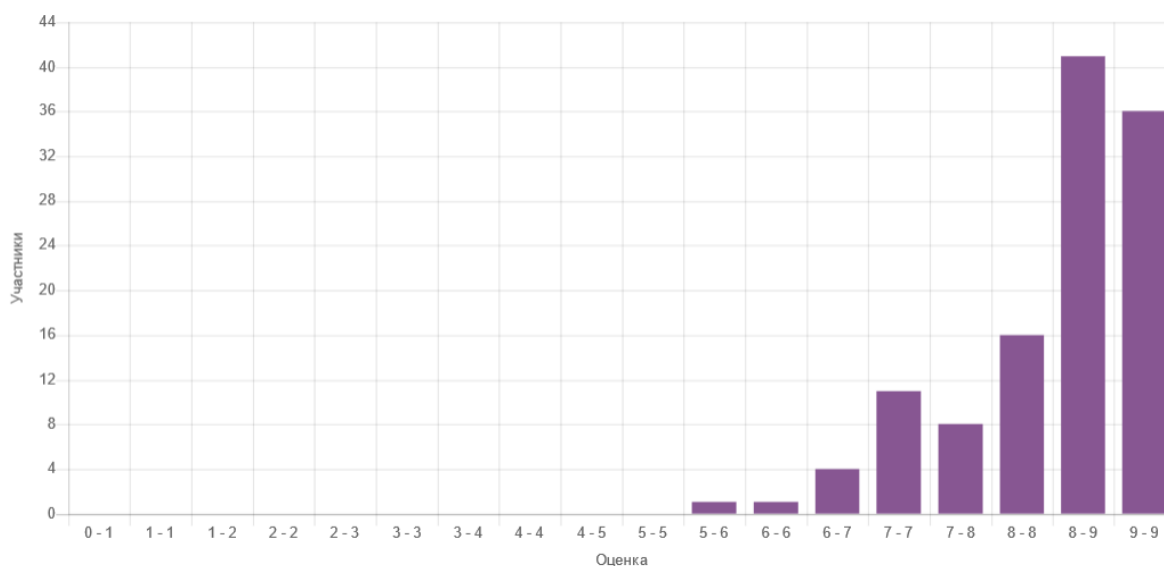


Рис.6. Статистика тестирования по УСР «Генетика прокариот», первый поток

На другом потоке 47 студентов (группы 43, 44, 45) такая статистика (рис. 7):

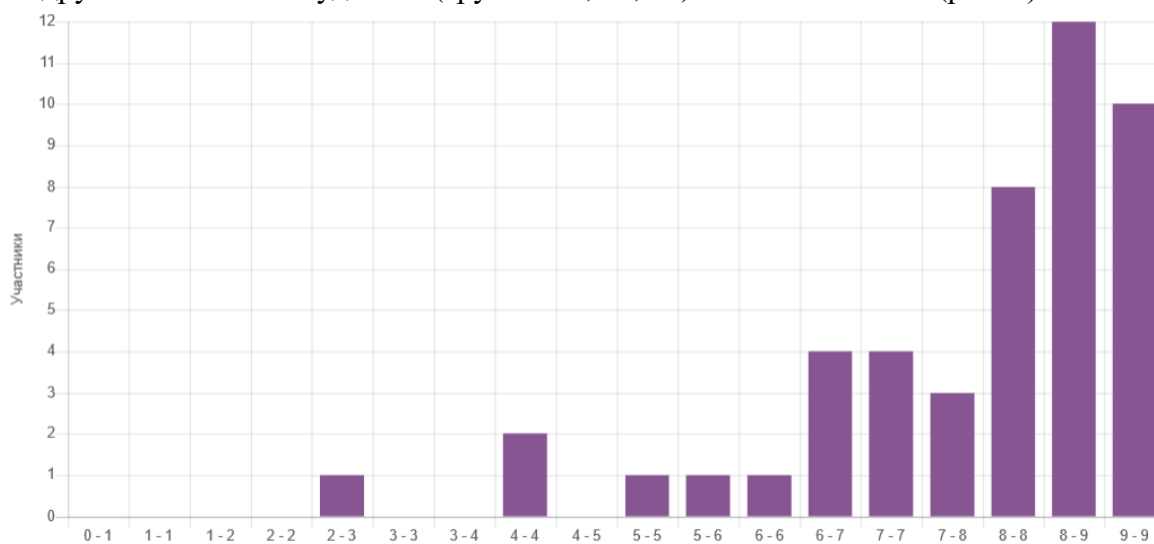


Рис.7. Статистика тестирования по УСР «Генетика прокариот», другой поток

Результаты по всем УСР ожидаемые, так как контингент студентов первого потока имеет за предыдущую сессию средний балл выше. Низкие оценки, как правило, получают студенты с плохой посещаемостью.

По результатам УСР и с учетом оценок по лабораторным занятиям достаточно объективно составляется таблица текущей успеваемости. Данные из таблицы на экзамене составляют 40% итоговой оценки. Экзаменационная оценка (60%) состоит из оценки итогового теста и устного опроса.

Итоговый тест, включающий 80 случайных вопросов из разных разделов курса, не только теоретических, но и по методам лабораторных исследований, рассчитан на 70 минут. Его сдавали по группам всего 166 студентов. Максимальная оценка в итоговом тесте была 10 баллов, а в УСР – 9 баллов. Из следующей диаграммы очевидно, что результаты итогового тестирования коррелирует с предыдущими текущими результатами.



Рис.8. Статистика итогового тестирования

Отметим далее, что обеспечение *обучающей* функции компьютерного тестирования заключается в мотивации студентов наиболее эффективно прорабатывать и усваивать предлагаемый учебный материал. Этому всемерно способствует наличие у обучающихся пособий [1, 2], ЭУМК [3], презентаций курса лекций, находящихся в свободном режиме доступа, вопросов для самостоятельной подготовки к тестированию, значительного количества примерных вариантов тестов, решая которые студенты могут оценить качество собственной подготовки, и обязательного итогового рассмотрения результатов тестирования с целью выявления наиболее сложных для восприятия вопросов.

В процессе подготовки к компьютерному тестированию также реализуется и *воспитательная* функция, заключающаяся в понимании обязательности регулярного контроля знаний, организующем и дисциплинирующем студентов.

Библиографические ссылки

1. Лысак В.В. Микробиология: учеб. пособие. Минск: БГУ, 2008. 427 с.
2. Лысак В.В., Желдакова Р.А., Фомина О.В. Микробиология. Практикум: пособие. Минск: БГУ, 2015. 115 с.
3. Лысак В.В., Мямин В.Е., Василенко С.Л. Микробиология: электронный учебно-методический комплекс для специальностей: 6-05-0511-06 «Биотехнология», 1-31 01 04 «Биоинженерия и биоинформатика»; БГУ, биологический фак., каф. микробиологии. Минск: БГУ, 2024. 301 с.: ил. Библиогр.: с. 300-301. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/308813>

СОЗДАНИЕ UML-ДИАГРАММ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ: АНАЛИЗ ВЕБ-ИНСТРУМЕНТОВ

Т. В. Митрофанова¹⁾, А. В. Христофорова²⁾, П. А. Шалимова³⁾

¹⁾ Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,
Московский пр., 15, г. Чебоксары, Россия, mitrofanova_tv@mail.ru

²⁾ Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,
Московский пр., 15, г. Чебоксары, Россия, dlya.nastenki@mail.ru

³⁾ Чебоксарский филиал РАНХиГС,
пр. Максима Горького, 5, 428001, г. Чебоксары, Россия, shalimova-pa@ranepa.ru

В статье рассмотрены инструменты UML для построения диаграмм последовательности PlantUML, SequenceDiagram.org и Mermaid, а также основные различия между ними. Перечисленные в статье веб-инструменты UML позволяют быстро и легко создавать диаграммы последовательности UML с использованием декларативных языков. Текстовая обработка позволяет легко редактировать их, проверять в системе управления версиями и манипулировать ими в существующих IDE.

Ключевые слова: диаграмма последовательности; UML; моделирование; информационная система; PlantUML; SequenceDiagram.org; Mermaid.

UML – это универсальный визуальный язык, который используется для моделирования программной системы [1]. В индустрии программного обеспечения мнения относительно использования UML-диаграмм разделились. В то время как некоторые рассматривают его как неотъемлемую часть программных систем и разработки, есть значительное количество людей, которые считают его совершенно ненужным.

Студенты Чувашского государственного университета на 3 курсе знакомятся с данным языком графического описания для объектного моделирования в области разработки программного обеспечения в рамках дисциплины «Проектирование информационно-вычислительных систем». Для обучения построению диаграмм было принято решение использовать веб-инструменты за счет их доступности и простоты использования.

Хотя существует 14 различных типов UML-диаграмм для моделирования приложений, используется только три или четыре для документирования программной системы. Диаграммы классов, диаграммы последовательностей и диаграммы вариантов использования остаются наиболее популярными. Из них диаграммы последовательности являются одними из наиболее часто используемых в современной программной инженерии и чаще всего вызывает затруднения [2].

Разнообразие инструментов UML – одна из важнейших причин, по которой UML так широко используется. Существует множество универсальных инструментов для создания диаграмм, которые можно использовать для разработки программного обеспечения: Diagrams.net, Visual Paradigm и др. Эти универсальные инструменты обеспечивают большую гибкость, но в конечном счёте тратится больше времени на перетаскивание фигур, изменение размера, копирование и вставку, перетаскивание стрелок, их перестановку, а также перестановку всех элементов, потому что они больше не помещаются на холсте.

Подход, набирающий популярность, заключается в использовании инструментов, которые позволяют использовать «диаграммы как код» [4]. Таким образом, диаграмма описывается с помощью кода, а инструменты заботятся о визуальном рендеринге. Дополнительным преимуществом является то, что вы можете управлять исходным кодом своих диаграмм и периодически проверять изменения.

Онлайн-редакторы UML:

- Kkeisuke редактор (<https://plantuml-editor.kkeisuke.com/>);
- Planttext редактор (<https://www.planttext.com/>);

Оригинальный редактор

(<http://www.plantuml.com/plantuml/uml/SyfFKj2rKt3CoKnELR1Io4ZDoSa70000>) и др.

Диаграмма последовательности (sequence diagram) – диаграмма, на которой показаны взаимодействия объектов, упорядоченные по времени их проявления [3].

Диаграммы последовательностей эффективны для:

- более подробного объяснения сценариев использования перед началом кодирования;
- предоставления четких рекомендаций разработчикам;
- моделирования сложной операции, функции или рабочего процесса;
- демонстрации объектов, компонентов и их взаимосвязей в последовательности.

Рассмотрим диаграммы последовательности в различных популярных инструментах типа «диаграммы как код».

PlantUML является бесплатным, с открытым исходным кодом (на основе Java) по GNU General Public License.

Характеристики:

- создание графических изображений в формате ASCII для диаграмм последовательностей;
- пользовательский стиль с использованием таблиц стилей CSS;
- обширная настройка наконечников стрелок, плавных линий, действующих лиц и значков;
- экспорт в PNG, SVG, EPS, PDF, VDX, XMI, TXT, Latex и HTML.

На рис. 1 представлена схема взаимодействия в оригинальном редакторе PlantUML.

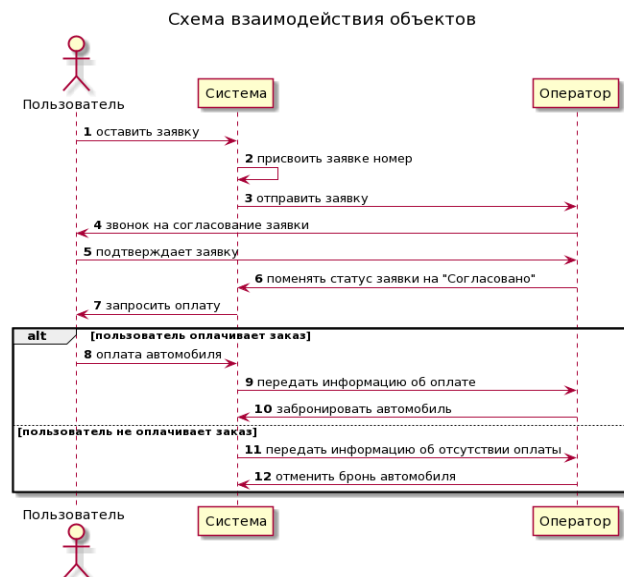


Рис. 1. Схема взаимодействия в PlantUML

Скрипт PlantUML для этой диаграммы:

```

@startuml
autonumber
title Схема взаимодействия объектов
actor Пользователь
participant Система
participant Оператор
Пользователь-> Система: оставить заявку
  
```

```

Система-> Система: присвоить заявке номер
Система-> Оператор: отправить заявку
Оператор-> Пользователь: звонок на согласование заявки
Пользователь-> Оператор: подтверждает заявку
Оператор-> Система: поменять статус заявки на "Согласовано"
Система-> Пользователь: запросить оплату
alt пользователь оплачивает заказ
Пользователь-> Система: оплата автомобиля
Система-> Оператор: передать информацию об оплате
Оператор-> Система: забронировать автомобиль
else пользователь не оплачивает заказ
Система-> Оператор: передать информацию об отсутствии оплаты
Оператор-> Система: отменить бронь автомобиля
end
@enduml

```

Рассмотрим онлайн-инструмент для построения диаграмм последовательностей – сайт SequenceDiagram.org (<https://sequencediagram.org/>). Для него характерны понятный простой интерфейс и быстрая обработка на стороне клиента.

Инструмент является бесплатным для базового проектирования диаграмм последовательности и платным для таких функций, как история изменений, брендинг, параллельные потоки и совместная работа.

Характеристики:

- множество предустановленных вариантов оформления на выбор;
- автоматическое сохранение и история изменений;
- возможность включать и повторно использовать текст из других диаграмм;
- REST API для плагинов и расширений;
- экспорт в PNG, PDF, SVG, текст и URL.

На рис. 2 представлена схема взаимодействия в инструменте SequenceDiagram.org.

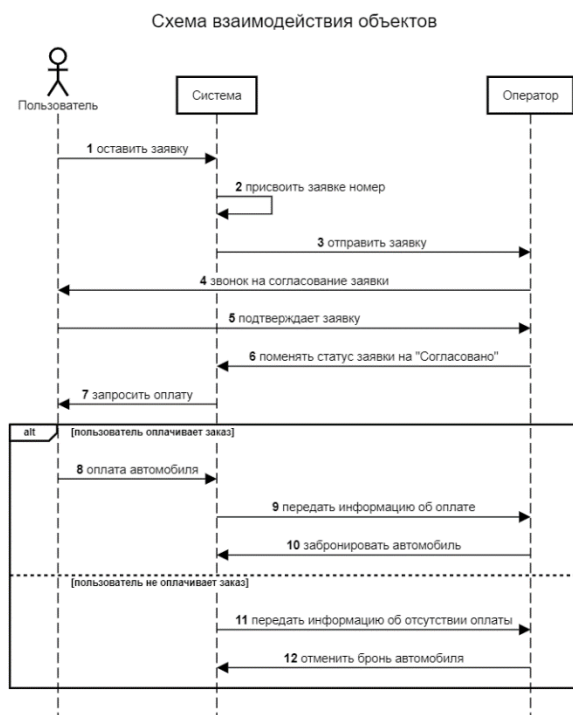


Рис. 2. Схема взаимодействия в SequenceDiagram.org

Для диаграмм последовательности синтаксис PlantUML и SequenceDiagram.org аналогичны, визуализированное изображение незначительно отличается.

Рассмотрим еще один инструмент для построения диаграмм на основе JavaScript, который использует текстовые определения в стиле Markdown и средство визуализации для создания и изменения сложных диаграмм – Mermaid.

Mermaid является бесплатным, с открытым исходным кодом по лицензии MIT. Его диаграммы GitHub отобразит в файлах Markdown. Mermaid поддерживается сообществом разработчиков с открытым исходным кодом, он поддерживает сообщения, заметки, альты, циклы, параллели, разрывы и подсветку фона, а также выполнит настройку и стилизацию с использованием таблиц стилей CSS.

На рис. 3 представлена схема взаимодействия в Mermaid (для работы онлайн используется mermaid.live).

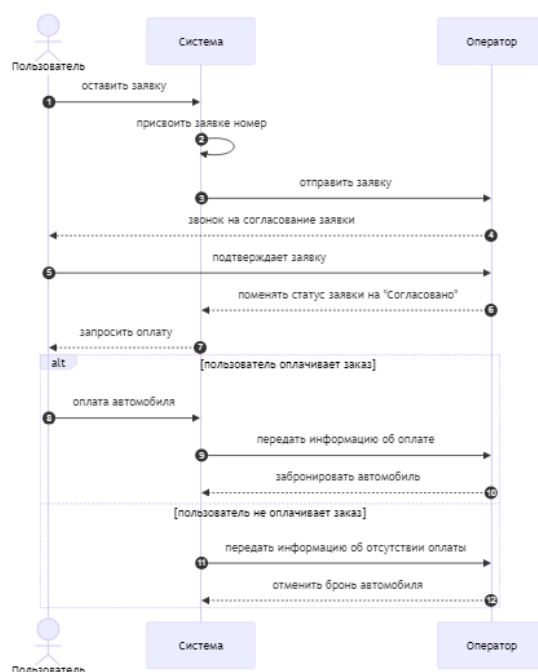


Рис. 3. Схема взаимодействия в Mermaid

Скрипт Mermaid для этой диаграммы:

```

sequenceDiagram
autonumber
actor Пользователь
participant Система
participant Оператор
Пользователь->>Система:оставить заявку
Система->>Система:присвоить заявке номер
Система->>Оператор:отправить заявку
Оператор-->>Пользователь:звонок на согласование заявки
Пользователь->>Оператор:подтверждает заявку
Оператор-->>Система:поменять статус заявки на "Согласовано"
Система->>Пользователь:запросить оплату
Alt пользователь оплачивает заказ
    Пользователь->>Система:оплата автомобиля
    Система->>Оператор:передать информацию об оплате
    Оператор->>Система:забронировать автомобиль
else пользователь не оплачивает заказ
    Система->>Пользователь:передать информацию об отсутствии оплаты
    Оператор->>Система:отменить бронь автомобиля
end
  
```

```

Система->>Оператор:передать информацию об оплате
Оператор-->>Система:забронировать автомобиль
else пользователь не оплачивает заказ
Система->>Оператор:передать информацию об отсутствии оплаты
Оператор-->>Система:отменить бронь автомобиля
end

```

Синтаксис немного отличается от PlantUML, SequenceDiagram.org, визуализированное изображение отличается незначительно.

Таким образом, мы рассмотрели инструменты UML для построения диаграмм последовательности: PlantUML, SequenceDiagram.org и Mermaid, а также основные различия между ними. Большая часть синтаксиса у них схожа, но Mermaid, как правило, немного лучше справляется с визуализацией более привлекательной диаграммы.

Библиографические ссылки

1. П-Yeol S. Developing Sequence Diagrams in UML. In: S.Kunii H., Jajodia, S. Sølvberg A. (eds) Conceptual Modeling ER 2001 [Electronic resource]// Lecture Notes in Computer Science, vol 2224. Springer, Berlin, Heidelberg. URL: https://doi.org/10.1007/3-540-45581-7_28.
2. Вичугова А. Как построить UML-диаграмму последовательности: практический пример [Электронный ресурс] // BABOKSCHOOL. Школа прикладного бизнес-анализа. URL: <https://babok-school.ru/blogs/uml-sequence-diagram-example/>
3. Диаграмма последовательности (sequencediagrams) [Электронный ресурс] // Техноблог. О технологиях, бизнесе и интернете/. URL: https://itonboard.ru/analysis/394-diagramma_posledovatelnosti_sequence_diagrams_uml/.
4. Овзак А. Plantuml в работе системного аналитика. Пиши uml диаграммы текстом, чтобы сэкономить время [Электронный ресурс] // Хабр. URL: <https://habr.com/ru/articles/661931/>

ПЛАНИРОВАНИЕ ОДНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ЗАНЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРАКТИК

Ю. В. Позняк¹⁾, М. В. Игнатенко²⁾

¹⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, Минск, Беларусь, razniak@bsu.by

²⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, Минск, Беларусь, ignatenkomv@bsu.by

Предложен вариант организации и проведения одного лабораторного занятия, на котором студенты приобретают навыки работы с актуальным математическим контентом, создавая проект- «кирпичик» для современного электронного образовательного ресурса.

Ключевые слова: лабораторное занятие; метод проектов; цифровая трансформация; планирование занятия; сетевой курс; образовательный портал.

В настоящем сообщении речь идет о развитии метода проектов в рамках учебной дисциплины «Введение в компьютерные математические системы» [1] в условиях цифровой трансформации образовательных математических практик.

Ранее обсуждались вопросы создания сетевого образовательного контента по методу проектов в рамках одной учебной дисциплины [2]. Здесь попытаемся детально разобрать одно лабораторное занятие, в рамках которого студенты получают современные навыки работы с актуальным математическим образовательным контентом, создавая оригинальный проект, интегрируемый затем в сетевой курс.

В учебную программу дисциплины «Введение в компьютерные математические системы» [1] включена тема «Структура документа компьютерной математической системы (КМС). Виды документов. Понятие о ячейках. Манипуляции с ячейками. Операции форматирования ячеек. Утонченное управление стилем документов. Опции». На эту тему отводится 1 лекция и 3 лабораторные работы. Для изучения и закрепления навыков работы с ячейками запланирована одна лабораторная работа.

Цель этой лабораторной работы можно сформулировать так: на основе предложенного контента, содержащего текст и формулы в формате PDF, создать документ КМС.

В качестве контента было решено взять курс лекций «Методы вычислений. Интерполирование и интегрирование» [3]. Это курс лекций содержит подходящий для обработки контент с 9 по 114 страницы. Количество студентов на потоке – 83. Поэтому каждому студенту необходимо оцифровать около 4/3 страницы. Анализ целевого контента показал, что его физическое разделение поровну между студентами приведет к путанице. Поэтому было решено распределить задание студентам, придерживаясь параграфов. После разбиения целевого контента в соответствующий раздел электронного курса на образовательном портале были размещены списки групп с указанием параграфов для каждого студента. Для коммуникаций со студентами был создан модуль активности типа «Задание».

Потребовалось определенное время для разработки указаний к лабораторной работе, которые в конечном варианте получились такими:

- 1) скачать курс лекций из электронной библиотеки и 3 присоединенных файла (образцы и стиливой);
- 2) создать в КМС новый документ с именем "фамилия_номер раздела в списке";
- 3) набор текста и формул своих страниц производить только в текстовые ячейки;

4) форматировать текст в соответствии со стилем, который определен в файле Style_math (основные разделы): глава – Title, параграф – Subtitle, пункт параграфа – Section, определение – Definition, теорема – Theorem, пример – Example, упражнение – Task, текст – Text;

5) детали форматирования уточнять, пользуясь образцами;

6) после выполнения задания отправить файл на проверку;

7) сохранить файл в формате ".pdf" с именем "фамилия_номер страницы.pdf" и отправить на проверку.

Требование файла в формате ".pdf" позволяет показать студенту допущенные ошибки и указать пути их устранения. Сделанные замечания доступны студентам.

В процессе выполнения задания студенты копируют в буфер обмена содержимое заданного фрагмента и вставляют его в ячейку документа. Это исключает ошибки, которые могут быть допущены при наборе текстов при помощи клавиатуры. А дальше начинается работа по оформлению математических символов и формул. Так как ранее студенты не сталкивались с такой работой, то приходится подробно объяснять правила пользования шаблонами математических символов. Достаточно часто студенты ошибаются в использовании букв греческого алфавита.

Особенностью этой лабораторной работы является то, что студент создает оригинальный контент, не имея возможности позаимствовать математические объекты из других источников. Объекты оцифровки каждый год разные и не повторяются.

Следует отметить, что реалии жизни существенно влияют на сроки выполнения этой работы. Большая часть студентов укладывается в установленные сроки. Объективной причиной нарушения сроков выполнения является сезонные эпидемии простудных заболеваний. В качестве субъективной причины можно назвать неумение студентов правильно организовать свою работу. На момент написания тезисов еще 6 студентов из 83 не отчитались по этой лабораторной работе.

Таким образом, в рамках одной лабораторной работы студенты одного потока создают проекты-«кирпичики» для интерактивного учебного пособия, работа над которым у одного преподавателя может занять годы. Созданием иллюстративных материалов можно озадачить в рамках курсовой работы.

Наличие цифрового варианта учебного пособия открывает путь к созданию инновационного [4] комплекса цифровых материалов на образовательном портале.

Библиографические ссылки

1. Введение в компьютерные математические системы. Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности 6-05 0533-07 Математика и компьютерные науки. № УД-300/б. / Позняк Ю. В. // [Электронный ресурс].

URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/304691> (дата обращения: 01.04.2024).

2. Позняк Ю.В. Дидактическое проектирование в подготовке студентов механико-математического факультета. Университетский педагогический журнал.2023;2:41-43. EDN: НТТХМІ

3. Игнатенко М.В. Методы вычислений. Интерполирование и интегрирование: курс лекций // [Электронный ресурс]. URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/9182> (дата обращения: 01.04.2024).

4. Возможности использования компьютерных математических систем для инновационных образовательных практик. [Электронный ресурс] / Галынский В.М. [и др].

URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/7138> (дата обращения: 01.04.2024).

ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КУРСА «УЧЕБНАЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ПРАКТИКА» НА ПЕДАГОГИЧЕСКОМ ПОТОКЕ ММФ БГУ

Г. А. Расолько, Е. В. Кремень, Ю. А. Кремень

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, Минск, Беларусь, Rasolka@bsu.by, KremenEV@bsu.by, Kremen@bsu.by*

Приводится краткая характеристика методического обеспечения дисциплины «Учебная вычислительная практика» на ММФ БГУ, описываются причины его трансформации. Анонсируются учебно-методические пособия для проведения практики, которые могут быть полезны как для студентов, так и для тех, кто хотел бы научиться приемом программирования стандартных и нестандартных задач

Ключевые слова: вычислительная практика; методическое обеспечение; LMS Moodle.

Учебная дисциплина «Учебная вычислительная практика» традиционно присутствует в программе обучения математиков педагогического направления и является важной обязательной частью подготовки специалистов, видом учебной деятельности, направленной на формирование, закрепление, развитие практических навыков и компетенций в процессе выполнения определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью. Практика является продолжением дисциплин «Методы программирования», которая изучается в первом и втором семестрах и «Технологии программирования», изучаемой в третьем и четвертом семестрах в форме поточных лекций и лабораторных занятий.

В соответствии с учебными планами специальности учебная вычислительная практика проводится дважды, во 2-ом и 4-ом семестрах. Продолжительность каждой практики составляет 108 часов.

Основной целью учебной вычислительной практики является развитие профессиональных компетенций, предусматривающее углубление и закрепление теоретических знаний, практических умений и навыков, освоение первичных навыков по избранной специальности, используя в качестве основных методов решение конкретных индивидуальных заданий, связанных со специальностью, формирование навыков решения практических задач с использованием современных информационных технологий и изучение инженерии программного обеспечения.

Основными задачами учебной вычислительной практики являются:

- формирование у студентов практических умений и навыков по изучаемым учебным дисциплинам математического и компьютерного циклов;
- приобщение студентов к практической деятельности, формирование у них профессиональных навыков, необходимых для успешного осуществления учебно-воспитательной работы;
- закрепление теоретических знаний;
- освоение первичных практических навыков по избранной специальности;
- ознакомление студентов с современным состоянием вычислительной техники, ее программного и математического обеспечения;
- изучение и использование на практике новых информационных технологий.

В результате прохождения практики студент должен *знать*:

- основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации;
- современные информационные технологии;
- методы решения научно-технических и информационных задач;

- идеологию и основные принципы работы с системой компьютерной математики MathCAD; принципы построения математических и компьютерных моделей
- компьютерный пакет подготовки электронных научных документов MS Word;
- инструмент для создания и редактирования презентаций MS PowerPoint;

уметь:

- применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач;
- работать самостоятельно;
- учиться, повышать свою квалификацию;
- работать на современных вычислительных средствах;
- решать типовые задачи математики и информатики;
- правильно документировать код;
- готовить доклады, материалы к презентациям;

владеть:

- практическими навыками и умениями для профессиональной деятельности по получаемой специальности;
- навыками, связанными с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером;
- навыками устной и письменной коммуникаций, способностью к межличностным коммуникациям.

Практику студенты проходят в компьютерных классах факультета, как правило, под руководством преподавателей кафедры.

Основной формой обучения при прохождении практики является самостоятельная работа студента, которая состоит из следующих этапов:

- изучение теоретического материала;
- выполнение конкретных заданий;
- проведение исследований и вычислительных экспериментов;
- формулировка выводов и рекомендаций;
- публичная защита полученных результатов.

Во время прохождения практики каждый студент получает индивидуальные задания, содержащие расширенный спектр задач по обработке различных данных, написанию процедур, функций, модулей с учетом методологий разработки больших программ.

При выполнении каждого задания студент должен: изучить соответствующий метод и разработать алгоритм решения полученной задачи; написать, отладить и протестировать программный продукт для решения поставленной задачи; оформить отчет, в котором отразить описанные выше этапы решения поставленной задачи, представить результаты работы в виде презентации.

Много лет учебная вычислительная практика проводилась в течении семестра. Занятия проходили согласованно с лекционными и лабораторными занятиями по «Методам программирования» на первом курсе и «Технологиям программирования» на втором курсе. Широко известно, что успешность изучения предметов программистского цикла напрямую связана с количеством часов, которые обучаемый посвящает непосредственно практике программирования. Недостаточно знать теорию, надо уметь грамотно и эффективно применять её на практике. При проведении учебной вычислительной практики в течении семестра задания подбирались таким образом, чтобы они гармонично согласовывались с теоретическим материалом, параллельно преподаваемом на лекциях по программированию. Это давало студенту возможность не только закрепить лекционный материал на лабораторных занятиях, но самостоятельно решить свою индивидуальную задачу по теме на учебной вычислительной практике.

С 2022-2023 года учебная вычислительная практика проводится компактно в конце семестра в течении двух недель. Такая трансформация графика преподавания дисциплины потребовала радикального пересмотра методических подходов к её преподаванию. Когда дисциплина преподавалась в течении семестра, то при выполнении очередного задания студент обладал лишь тем багажом знаний, который ему к тому моменту успели начитать на лекциях. По новому плану, ко времени прохождения студентом практики в конце учебного года, он уже должен изучить весь теоретический материал дисциплины, на которую опирается учебная вычислительная практика. Кроме того, когда в течении семестра студенту выдавалось одно задание на одну-две недели, у него было достаточно времени, чтобы обдумать задачу, при необходимости что-то подучить и поднять свой теоретический уровень, возможно успеть запрограммировать несколько версий решения, если первое оказалось не эффективным или ошибочным. В итоге студент находился в привычных ему и достаточно комфортных условиях проведения учебного процесса.

Если учебная вычислительная практика проводится компактно, это многое меняет, и в первую очередь для обучающегося. Во-первых, студент оказывается в условиях в некотором роде приближенных к реальным условиям, в которые он попадет после поступления на работу. Он обладает неким багажом знаний и ему ставят задачи, которые он обязан выполнить в соответствии с требованиями за ограниченный промежуток времени. Фактически две недели он занимается программированием полный рабочий день. Ему требуется самостоятельно составить для себя техническое задание для каждой задачи, распределить время, требуемое лично ему на решение той или иной задачи, построить график своего рабочего процесса таким образом, чтобы хватило времени не только на её обдумывание и реализацию, но и на тестирование результатов и составление отчета. Конечно, нечто отдаленно подобное лучшие студенты делают и на лабораторных занятиях. Но для многих в конце первого курса это оказывается первым опытом такого масштаба и некоторым шоком.

Учебная вычислительная практика интересна ещё в том плане, что в ходе её проведения можно и нужно студентов разбивать на группы для решения определенных задач. Это позволяет сформировать у обучающихся навык работы в команде, а кроме того приобрести опыт и наглядно показать, как нужно структурировать задачу, чтобы её решение, во-первых, можно было разбить на части и поручить их реализацию разным членам команды, а, во-вторых, писать код, чтобы он был легко читаемым и воспринимаемым другими членами команды.

Новые условия проведения учебной вычислительной практики требуют трансформации методического обеспечения курса. Организация и проведение лабораторных и практических занятий по всем дисциплинам, преподаваемыми авторами, проводится с использованием образовательного портала БГУ <https://edummf.bsu.by>. В том числе на данном портале в системе Moodle внедрены, используются и регулярно корректируются online ресурсы для проведения практики [1, 2]. Авторами был обновлен лекционный материал [3-6], а также разработаны два учебно-методических пособия, содержащие всю необходимую информацию: общие требования, примерный план разработки алгоритмов и программ, пример оформления отчета по заданию, рекомендации по использованию определенного стиля программирования, сведения о создании эффективного кода, информацию о различных концепциях разработки алгоритмов, список рекомендуемой литературы.

В первой части [7] приведен необходимый теоретический материал и подобраны индивидуальные задания по темам:

- табулирование непрерывной функции;
- выстрел в мишень;
- задачи целочисленной арифметики;
- обработка динамических массивов и множества;
- обработка динамических матриц;
- арифметика многократной точности;

- рекурсивные алгоритмы;
- работа с типизированными файлами и модули; файлы.

Во второй части [8] рассматриваются темы:

- методы разработки алгоритмов (перебор и алгоритмы с возвратом, конструктивные фракталы, алгебраические фракталы, сортировка данных);
- абстракция данных (динамические структуры данных);
- технологии программирования,
- объектно-ориентированное программирование (работа с абстрактными типами данных, алгоритмы сортировки данных, движение графических изображений, работа с динамическими векторами и матрицами методами ООП);
- математическое моделирование (численные методы решения дифференциальных уравнений, решение систем линейных алгебраических уравнений);
- работа в MS Excel;
- работа в MS Word.

Задачи в пособиях не ориентированы на конкретный алгоритмический язык. Материалы предназначены для студентов, но будут полезны всем, кто хотел бы научиться приемом программирования стандартных и нестандартных задач.

Процесс образования на сегодняшний день строится на активном использовании современных технологий, которые облегчают доступ к образовательным ресурсам и создают новые возможности для обучения и самообучения. Большой акцент делается на доступности образовательных материалов в интернете в качестве источников информации, в частности, онлайн-курсов и электронных учебников. Дисциплина «Учебная вычислительная практика» на ММФ БГУ, по нашему мнению, достаточно представлена и методически обеспечена в цифровом виде. Только всё в комплексе: наличие курсов на образовательном портале edummf.bsu.by в системе Moodle [1, 2], учебно-методических пособий с теоретическим материалом [3-6] в электронной библиотеке, учебно-методических пособий по вычислительной практике [7, 8], работа преподавателя в аудитории позволяет полноценно организовать проведение практики так, чтобы был весомый результат.

Библиографические ссылки

1. Расолько Г.А. Вычислительная практика 1 курс. Специальность Математика (научно-педагогическая деятельность). Курс 1. Семестр 1-2. Группа 3 [Электронный ресурс] / Образовательный портал БГУ. URL: <https://edummf.bsu.by/course/view.php?id=6> (дата обращения: 10.04.2024).
2. Расолько Г.А. Вычислительная практика. Специальность Математика (научно-педагогическая деятельность). Курс 2. Семестр 3-4. Группа 3 [Электронный ресурс] / Образовательный портал БГУ. URL: <https://edummf.bsu.by/course/view.php?id=7>. (дата обращения: 10.04.2024).
3. Расолько Г.А., Кремень Е.В., Кремень Ю.А. Методы программирования [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие. В 2 ч. Ч. 1. Основы теории и практики программирования на Pascal. Минск : БГУ, 2022, 154 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-985-881-163-1. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/277935>.
4. Расолько Г.А., Кремень Е.В., Кремень Ю.А. Методы программирования [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие. В 2 ч. Ч. 2. Теория и практика программирования на Pascal. Минск: БГУ, 2022, 136 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-985-881-166-2. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/277937>.
5. Расолько Г.А., Кремень Е.В., Кремень Ю.А. Технологии программирования [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие. В 2 ч. Ч. 1. Технологии реализации алгоритмов и обработка структур данных. Минск : БГУ, 2022, 157 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-985-881-165-5. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/277931>.
6. Расолько Г.А., Кремень Е.В., Кремень Ю.А. Технологии программирования [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие. В 2 ч. Ч. 2. Методы разработки алгоритмов и среды программирования

языка Pascal / Минск : БГУ, 2022, 143 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-985-881-164-8. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/277933>.

7. Вычислительная практика [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие. В 2 ч. Ч. 1. Методы программирования / Расолько Г. А [и др.]. Минск : БГУ, 2023. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-985-881-480-9. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/299467>.

8. Расолько Г.А., Кремень Е.В., Кремень Ю.А. Вычислительная практика [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие. В 2 ч. Ч. 2. Технологии программирования. Минск : БГУ, 2023. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-985-881-481-6. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/299469>.

РАЗВЕРТЫВАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЙ В ОБЛАЧНОМ СЕРВИСЕ В РАМКАХ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ WEB-ПРОГРАММИРОВАНИЕ

Е. Д. Рафеенко, О. М. Кондратьева

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости 4, г. Минск, Беларусь, rafeenko@bsu.by, kondratjeva@bsu.by*

Рассматриваются особенности развертывания JavaScript и Angular приложений в облачном сервисе Firebase и использование в приложениях NoSQL базы данных Firestore. Данная задача актуальна при изучении дисциплины Web-программирование, так как позволяет обучающимся понять принципы работы приложения в глобальной сети.

Ключевые слова: облачная платформа; FireBase; FireStore.

При изучении дисциплины Web-программирование важным является умение запустить и протестировать приложение на внешнем хостинге. Для целей обучения хорошо подходила облачная PaaS (platform as a service) платформа Heroku, поддерживающая ряд языков программирования, в том числе Java [1]. Однако компания – владелец данного сервиса – отказалась от бесплатных тарифных планов. Поэтому пришлось выбрать другую платформу – FireBase, хотя она и не подходит для развертывания полноценного backend-а.

Firebase – облачная платформа [2], поддерживающая ряд языков программирования, в том числе, JavaScript. Firebase имеет бесплатные сервисы, такие как:

- хостинг для хранения статических файлов (таких как CSS, HTML, JavaScript) с использованием кода на стороне клиента;
- облачную СУБД класса NoSQL, позволяющую разработчикам приложений хранить данные и синхронизировать их между несколькими клиентами.

Чтобы добавить поддержку Firebase в JavaScript или Angular web-приложение, необходимо после регистрации на сайте Firebase (например, через Google account) создать проект в Firebase консоли. Затем можно зарегистрировать свое web-приложение в этом проекте. Для этого нужно ввести nickname приложения (nickname является внутренним идентификатором и виден только разработчику в консоли Firebase) и добавить Firebase хостинг для приложения, отметив соответствующий переключатель.

Следующим шагом является установка SDK и инициализация Firebase в web-приложении. На этом этапе используется node package manager (npm) и сборщик модулей webpack. На локальном компьютере в корне приложения необходимо и выполнить команду:

```
npm install firebase
```

Также для удобства разработки стоит установить утилиту Firebase CLI [2], которая позволяет выполнять команды Firebase в командной строке своего компьютера. Для установки используется команда:

```
npm install -g firebase-tools
```

Прежде, чем развертывать приложение на Firebase, его необходимо собрать сборщиком модулей, например, webpack [3]. Если будет разворачиваться Angular приложение, то для его сборки нужно в корне приложения выполнить команду:

```
ng build
```

После сборки в папке развертывания появятся статические файлы приложения – html, css, js, ts и др. По умолчанию для приложения Angular используется папка «dist\<имя приложения>».

Далее можно перейти непосредственно к развертыванию приложения, для чего в Firebase CLI необходимо выполнить команды:

```
firebase login
firebase init
firebase deploy
```

В результате выполнения команды `init` в корне проекта будет создан файл `firebase.json`, в который будут записаны все настройки, выполненные на этапе инициализации. В результате успешного развертывания в командной строке появится ссылка, по которой доступно приложение.

Взаимодействие с NoSQL базой данных Firestore

Cloud Firestore – это гибкая, масштабируемая NoSQL база данных для разработки web-приложений и серверов от Firebase и Google Cloud [4]. Для работы с ней необходимо в Firebase консоли в разделе `Firebase products and features` создать базу данных Cloud Firestore, которая состоит из коллекций и документов в коллекциях.

Инициализировать Firestore в Angular приложении можно в командной строке своего компьютера в корне приложения с помощью команды:

```
ng add @angular/fire
```

В результате выполнения данной команды в файл корневого модуля Angular приложения – `app.module.ts` – будет добавлен нужный импорт из модуля `@angular/fire/app`, а также добавлен код инициализации Firebase приложения:

```
provideFirebaseApp(() => initializeApp(environment.firebase)),
provideFirestore(() => getFirestore())
```

В файлы `environment.ts` и `environment.prod.ts` будет записана конфигурация Firestore базы данных.

Пример получения «снимка» (snapshot) документов коллекции и извлечения из него списка с данными:

```
db=inject(Firestore);
const q=query(collection(this.db, this.dbPath), orderBy("id"));
const querySnapshot=await getDocs(q);
const dataList=querySnapshot.docs.map(doc=>doc.data());
```

В статье рассмотрены возможности для хостинга web-приложений в облачном сервисе. Описанные подходы могут быть использованы в рамках лабораторного практикума по дисциплине Web-программирование.

Библиографические ссылки

1. Heroku DevCenter [Electronic resource]. URL: <https://devcenter.heroku.com> (date of access: 21.02.2024).

2. Developer documentation for Firebase [Electronic resource]. URL: <https://firebase.google.com/doc> (date of access: 21.02.2024).

3. Webpack concepts [Electronic resource]. URL: <https://webpack.js.org/concepts> (date of access: 18.01.2024).

4. Google Cloud Storage [Electronic resource]. URL: <https://cloud.google.com> (date of access: 16.01.2024).

ПРИМЕНЕНИЕ ОНЛАЙН-РЕСУРСОВ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ В ПРЕПОДАВАНИИ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Н. А. Торган¹⁾, Л. В. Воронич²⁾

¹⁾ *Белорусский национальный технический университет
пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Беларусь, nik.torgan@mail.ru*

²⁾ *Белорусский национальный технический университет
пр. Независимости, 65, 220013, г. Минск, Беларусь lidia.voronich@gmail.com*

В статье рассматриваются основные преимущества и недостатки применения веб-ресурсов и онлайн-платформ в процессе преподавания веб-технологий. В настоящее время интернет становится все более доступным, а онлайн-обучение – популярным, обучение с сопровождением веб-технологий существенно упрощается; описываются преимущества веб-технологий: гибкость взаимодействия, доступность лучших образовательных материалов и возможность дистанционного обучения.

Ключевые слова: онлайн-ресурсы; образовательные платформы; веб-технологии; преподавание; перспективы; ограничения.

Онлайн-платформы позволяют преподавателям и обучающимся взаимодействовать с большей гибкостью. Это может включать онлайн-конференции, дискуссионные форумы, чаты и другие инструменты для активного обмена знаниями и опытом.

Благодаря множеству качественных онлайн-ресурсов и курсов по веб-технологиям, доступных на крупных образовательных платформах, таких как Coursera, Udemy, Codecademy, Khan Academy и других, такие ресурсы преподаются ведущими экспертами в этой области, и они часто обновляются, чтобы идти в ногу со временем, с последними тенденциями и технологическими достижениями.

Онлайн-курсы позволяют студентам изучать материалы из любой географической точки, что особенно полезно для студентов, у которых нет доступа к традиционным учебным заведениям или тех, кто живет в отдаленных районах. В то же время следует учитывать и ограничения такого подхода.

Например, некоторые студенты могут испытывать затруднения с самоорганизацией и мотивацией в условиях дистанционного обучения. Более того, наличие качественного подключения к Интернету может представлять особую проблему.

Тем не менее с развитием веб-технологий очень сильно упростилась возможность дополнительного получения знаний, которую можно совмещать с основным видом обучения, изучая дополнительную литературу, пользуясь интернет-источниками [1, с. 40].

Существуют различные системы управления учебным процессом, построенные на основе веб-приложений, которые используют студенты различных вузов.

Такие системы обычно позволяют грамотно организовать взаимодействия преподавателя со студентами, как и в учебное время, так и вне его [3, с.128].

Обычно системы хранят различные ЭУМК, связанные с отдельными предметами, указания к курсовым и лабораторным работам. Учтена возможность ведения успеваемости студентов, сроков сдачи работ, учет посещения студентов, все вышеперечисленные функции реализованы в системе “Educats”, разработанной на базе факультета информационных технологий и робототехники Белорусского национального технического университета.

Нельзя забывать про общепринятые онлайн-ресурсы, которые уже используются в обучении. Microsoft Teams, Telegram, Discord, Zoom – приложения, которые активно используются в веб-образовании. Все эти ресурсы имеют, как и браузерную, так и настольную версию, что

не требует обязательной установки приложения, рассмотрим каждую из этих программ подробнее:

1. **Zoom** – это популярная платформа для видеоконференций и виртуальных встреч, которая стала особенно востребованной для образования, работы и общения.

Программа предлагает понятный интерфейс, который легко освоить как для организаторов встреч, так и для участников, также имеется весь необходимый функционал, для организации вебинаров, различных видеоконференций [6].

Из минусов выделяется ограниченный функционал бесплатной версии приложения, включая ограничение по времени встречи, что для некоторых пользователей может стать существенной проблемой. Также проблемой может стать ограничение участников, что для больших лекционных занятий, тоже является существенным недостатком

Хотя Zoom имеет свои ограничения, он остается одной из наиболее популярных и широко используемых платформ для виртуальных встреч и обучения.

2. **Microsoft Teams** – корпоративная платформа, которая была разработана Microsoft, объединяющая в рабочем пространстве чат, встречи, заметки и вложения. Имеет интеграцию со Skype и предоставляет большой ряд возможностей для обучения.

Функционал приложения очень схож с Zoom, но решены проблемы с количеством участников в конференции и временем звонка, внедрены сервисы “Office 365” и облачное хранилище данных прямо в приложении [5].

Главный недостаток приложения заключается в сложности освоения интерфейса, что требует от пользователя продвинутых навыков пользования подобными ресурсами. Так как приложение имеет большой охват аудитории, могут возникнуть проблемы с серверами, вернее их перегрузка, что тоже негативно влияет на опыт использования, случаются вылеты приложения.

3. **Discord** – кроссплатформенная система обмена сообщениями с поддержкой видеоконференций, предназначенная для использования различными сообществами по интересам.

Программа распространяется абсолютно бесплатно. Она позволяет создавать разные каналы по интересам, если рассматривать приложение в нашем контексте, то мы можем легко создать канал для определенного предмета. В каналах создаются чаты, для обсуждения пользователями различных вопросов, связанных с предметом.

Отличительной чертой приложения является полностью ролевое управление. Руководитель может легко назначать роли для каждого участника, что позволяет отделить преподавателя от студента, ограничить каналы для студентов и руководящего состава.

Данная функция позволяет избежать несанкционированного доступа студента к управляющему каналу.

Голосовые и видеозвонки безлимитные и абсолютно бесплатны, также очень дружелюбный и понятный интерфейс, огромный спектр возможности обмена информацией.

Недостатком является большая чувствительность к интернет-соединению, а именно к скорости, поэтому пользователю нужно обладать хорошей скоростью, чтобы комфортно участвовать в видеозвонке [4].

4. **Telegram** – кроссплатформенная система мгновенного обмена сообщениями (мессенджер) с функциями VoIP, позволяющая обмениваться текстовыми, голосовыми и видеосообщениями, стикерами и фотографиями, файлами многих форматов. Также можно совершать видео и аудио звонки, организовывать конференции, многопользовательские группы и каналы.

Основную популярность мессенджер заработал благодаря своему быстрдействию и возможности написания и подключения различных ботов, которые позволяют упростить процесс обучения.

Примером полезного телеграмм-бота для учебы является бот-расписание, в котором удобно можно ориентироваться между учебными занятиями всего в пару кликов.

У приложения есть, как браузерная, так и мобильная и настольная версия, что позволяет его использовать почти в любом месте и в любое время [7].

Почти все эти сервисы активно используют облачные технологии, наиболее популярные из них это облачные хранилища.

Эти технологии основаны на распределенной обработке данных, позволяют пользователям получить доступ к компьютерным ресурсам через интернет-сервис. Одним из преимуществ облачных технологий является возможность эффективно использовать учебные площади и сократить расходы на создание традиционных компьютерных классов.

Кроме того, облачные технологии обеспечивают гибкость в подключении сервисов, разделение ресурсов и обратную связь с преподавателем. Оценка работы, выполненной с использованием выбранных образовательных технологий, может быть предоставлена преподавателем. В основном, облачные технологии позволяют быстро создавать продукты (презентации, документы, таблицы и другие) и вносить изменения в них благодаря коллективной работе [2].

Во-первых, они обеспечивают доступ к данным в любом месте, где есть интернет. Это означает, что пользователь может получить доступ к своим файлам с любого устройства, будь то компьютер, смартфон или планшет.

Во-вторых, облачные хранилища не ограничивают объем памяти, что является важным преимуществом по сравнению с жесткими дисками, где возможно быстро исчерпать свободное пространство.

Третье преимущество – это малая вероятность потери данных. В отличие от локального хранения, информация в облаке защищена от сбоев жесткого диска или других технических проблем, так как реплицируется на серверах различных физических местоположений. И наконец, использование облачных хранилищ экономит место на жестком диске компьютера, благодаря переносу данных в облако.

Однако, следует также учесть и недостатки такой системы хранения информации. Во-первых, при передаче данных возможна угроза хищения информации, что является серьезным заблуждением для защиты конфиденциальности. Во-вторых, без доступа к интернету пользователь не сможет получить доступ к своим файлам, поэтому наличие постоянного подключения к сети является необходимым условием.

На рынке существует множество облачных хранилищ данных, но можно выделить четыре основных игрока в этой области.

Первым из них является "Google Drive" – облачная система, которая позволяет хранить файлы в интернете и на жестком диске, обеспечивая доступ к ним с любого устройства при наличии подключения к сети. Кроме того, он предоставляет возможность редактирования файлов непосредственно в облаке.

Вторым вариантом является "SkyDrive" – популярный облачный сервис от компании Microsoft. Его использование аналогично работе с обычными файлами и папками на компьютере, за исключением того, что файлы фактически хранятся в интернете.

Облачные хранилища данных предоставляют возможности для удобного хранения и доступа к информации в условиях современного мира, но при этом следует учитывать их особенности и потенциальные угрозы для безопасности данных [2, с.14].

Проведя анализ веб-технологий, мы можем выделить их основные перспективы и ограничения на данный момент.

Перспективами являются: гибкость обучения, доступность лучших образовательных материалов, возможность дистанционного обучения.

Ограничения: необходимость высокоскоростного интернет-соединения, ограничения в доступе к техническим ресурсам.

Эти возможности и ограничения помогают уловить как преимущества, так и трудности, с которыми сталкиваются студенты и преподаватели при обращении к онлайн-ресурсам и образовательным платформам для изучения веб-технологий.

Библиографические ссылки

1. Полат Е. С. Теория и практика дистанционного обучения // Информатика и образование. 2001. № 5. С. 37-43.
2. Кутовенко А. А., Сидорик В. В., Соломахо В. Л. Практическая реализация образовательной деятельности кафедры на платформе облачных технологий // Профессиональное образование. 2016. № 3. С. 12-21.
3. Кечиев Л. Н., Алешин А. В. Дистанционное обучение в сети Интернет // Внешкольник. 2001. № 11. С. 19-21.
4. Discord [Электронный ресурс] // Wikipedia. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Discord>.
5. Microsoft Teams [Электронный ресурс] // Wikipedia.
URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Teams.
6. Zoom [Электронный ресурс] // Офф.сайт Zoom. URL: <https://zoom.us/>.
7. Telegram [Электронный ресурс] //Wikipedia. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Telegram>.

ТЕОРЕТИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПОДХОД ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ АНАЛИЗУ СОРТИРУЮЩИХ АЛГОРИТМОВ

Д. В. Филимонов

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 2203030, г. Минск, Беларусь, dzfilimonau@gmail.com*

В рамках обучения дисциплинам «Построение и анализ алгоритмов» и «Алгоритмы и структуры данных» предложен междисциплинарный подход, значительная роль в описываемых задачах отведена применению основополагающих сведений из теории вероятностей и математической статистики.

Ключевые слова: качество образования; анализ алгоритмов; теория вероятностей; математическая статистика.

Введение

Вопросам организации методов индексирования и анализа информации отведена одна из ключевых ролей в компьютерных науках, так как не представляется возможным решать многие тривиальные задачи, не обладая данными, содержащимися в упорядоченной последовательности.

Эффективность алгоритмов, использующихся с целью хранения и обработки информации, может быть оценена, исходя из расчета количества операций, требующихся для выполнения следующих действий:

- добавление нового элемента в структуру;
- достижение элемента, имеющего заданный индекс или ключ в структуре;
- поиск позиции элемента по значению;
- выполнение вспомогательных операций для завершения шага алгоритма.

При обучении методам программирования и алгоритмике, тем не менее, часто опускается вопрос об источнике данных, то есть законе, по которому информация возникает некоторым естественным образом – поэтому на модельных задачах часто предлагаются значения, сгенерированные с помощью датчика случайных чисел. Такое упрощение, конечно, позволяет быстро приступить к реализации некоего алгоритма, познакомить с базовой концепцией и идеей, стоящей за подходом.

Однако, после быстрого ознакомления с основами, дальнейшие исследования, предлагаемые студентам, обязаны преподносить более фундаментальные математические сведения, которыми ранее требовалось пренебречь: настоящие данные, с которыми в дальнейшем могут работать молодые специалисты, часто наделены характерными особенностями, которые возникают в условиях реальных процессов. В свою очередь, нельзя и не говорить о том, что эти данные, даже если не являются сгенерированными (как, например, датасеты, сведения которых отражают реальные наблюдения и служат прекрасным средством для обучения, так как результаты их исследований давно известны и опубликованы), то все так же могут быть рассмотрены как случайные.

К моменту более детального изучения алгоритмов студенты либо уже осведомлены о различных типах случайных величин, либо получают представления о них в процессе изучения теории вероятностей. Большой ошибкой будет рассказать подробности технического характера, касающиеся реализации алгоритмов, упорядочивающих (сортирующих) всевозможные данные, не затронув математических предпосылок для подобного рода вопросов. Таким образом, важность изучения данных понятий именно в курсе алгоритмов обуславливается тем, что

данная дисциплина, по сути, является одной из немногих, что естественным образом связывает компьютерные науки и теорию вероятностей, тем самым выполняя роль связующего звена, ведущего к анализу данных.

Корректность и применимость теоретико-вероятностного подхода

Программное обеспечение позволяет с легкостью генерировать сотни тысяч случайных значений, что и позволяет во многих случаях пренебречь значительным числом законов распределения. Тем не менее, характер, который носят именно неучтенные законы, обладает определенной ценностью именно в задачах исследовательского рода, направленных на оптимизацию алгоритмов сортировок.

Так как сами сортируемые наборы могут и не иметь десятков тысяч элементов, а процессы, на основе которых были получены данные, приводят к зависимости между величинами, условия центральных предельных теорем могут не выполняться. Следовательно, приближенное определение законов распределения может повысить эффективность алгоритмов. То же самое касается и категории, использующей «эталонный» (барьерный, *pivotal*) элемент – в терминологии теории вероятностей ему будет соответствовать одна из метрик (медиана, среднее арифметическое и т.д.). Исходя из данных заключений, можно выделить ряд математических понятий, которые необходимо ввести в рассмотрение при изучении данной темы, чтобы преподнести обучающимся более полное понимание явлений и причин, влияющих на внесение модификаций в предполагаемые решения (такие как выбор определенного сортирующего алгоритма или предложение собственного с учетом имеющихся данных).

Важно также понимать, что исследуемые данные на практике могут обладать свойствами, затрудняющими работу конкретного алгоритма. Этот факт дополнительно показывает, что не существует универсального алгоритма сортировки, и требуется комбинировать различные подходы, чтобы приходиться к приемлемому времени работы и компенсировать недостатки самих алгоритмов. Проблемная задача, предлагающая обучающимся обработать данные такого рода, возникает естественным образом. Ее формулировка достаточно проста, а сама задача присутствует в любом курсе, посвященном алгоритмам:

Задача 0 («Эталон», *Benchmark*). Предлагается сравнить все изученные ранее сортировки, определив их затратность на массивах объемом 50 тыс. и 250 тыс. элементов. Массивы заполняются двумя способами: случайными равномерно распределенными (стандарт большинства языков) значениями от 1 до размерности массива; случайными значениями из промежутка от 1 до максимального целого значения, которое может поддерживать архитектура данного компьютера.

Такая задача возникает уже при первом знакомстве с сортирующими алгоритмами во время обучения дисциплине «Методы программирования» на первом курсе. К моменту более детального изучения сортировок Задача 0 является также своеобразным «бенчмарком» не только для исследуемых алгоритмов, но и для группы обучающихся: ею преподаватель может воспользоваться как инструментом диагностики, чтобы определить дальнейшие перспективы по изложению курса, отталкиваясь от уровня студентов. Ключевой подзадачей в данном случае является сравнение: формулировка, кроющаяся здесь, достаточно размыта, о пользе чего будет сказано ниже.

Наиболее важными результатами, которые могут быть выявлены при корректном проведении диагностики, являются:

- определение уровня математической подготовки обучающихся;
- выявление студентов, обладающих более развитым умением осуществления логического анализа. Обучающиеся с хорошей математической подготовкой трактуют «сравнение», придерживаясь составления шкалы «качества» данных. Обычно в понятие качества вкладывается разделение результатов выполнения на наибольшее время выполнения, наименьшее и результат, усредненный по остальным. При этом стоит отметить, что студенты-«математики» и

студенты-«аналитики», вообще говоря, могут прибегать к обоим методам, но тенденция, о которой здесь идет речь, сохраняется;

– оценка общего уровня подготовки студентов как программистов. Под данным понятием имеется в виду совокупность ЗУН и компетенций, позволяющих обучающимся быстро и эффективно описывать алгоритмы с учетом технических особенностей сред разработки и используемых языков.

Таким образом, преподаватель может оценить, насколько целесообразно в конкретной группе проводить занятия в классической форме или прибегать к другим подходам, например, Agile.

В случае, если проектная модель обучения применима в данной группе, каждая выделенная подгруппа должна получить собственные подзадачи в рамках общего проекта, помимо контроля качества разработки решения с позиций своего «отдела». Важную роль здесь и играют математические (в случае сортировок – чаще упомянутые теоретико-вероятностные) сведения, преподносимые на данном этапе обучения как факты, позволяющие углубить понимание реальных процессов и их математических моделей.

Постановка задач

Сообщить и обобщить все ранее упомянутые данные, учитывая специфику специальностей, можно последовательно, выстраивая «цепочки» взаимосвязанных задач, решение которых иллюстрирует важность учета математических соотношений и свойств, зачастую играющих определяющую роль в оптимальности алгоритма.

Возможность такого подхода обоснована характером задач, которые могут быть предложены к изучению: так, даже первый блок алгоритмических курсов, посвященный сортировкам, позволяет предложить задачи, решения которых могут быть неочевидными для студентов по причине различий в распределениях сортируемых величин. Приведем пример цепочки таких междисциплинарных задач:

Задача 1. Гибридной называется сортировка, которая упорядочивает набор данных, выбирая разделительный элемент для набора и затем сортируя элементы до него одним алгоритмом, а после – другим. Стоит задача: реализовав несколько гибридных сортировок, основанных на наиболее известных алгоритмах, отсортировать два массива вещественных чисел, предложенных преподавателем, и подсчитать количество элементарных операций (операций, которые компьютер выполняет за одно действие), произведенных реализациями.

Сами сортировки и отдельные их свойства изучаются на 1-2 курсе, в то время как дисциплины по анализу алгоритмов в целом преподаются на 3 курсе. Следовательно, обычная задача о сортировке уже не может представлять интерес для студентов. В то же время, введение в рассмотрение параметров, о которых ранее ничего не было известно (а именно: распределения случайных величин), создает проблему и мотивирует поисковую деятельность. В ее процессе студенты знакомятся с некоторыми понятиями высшей математики, являющимися фундаментальными в реальных задачах.

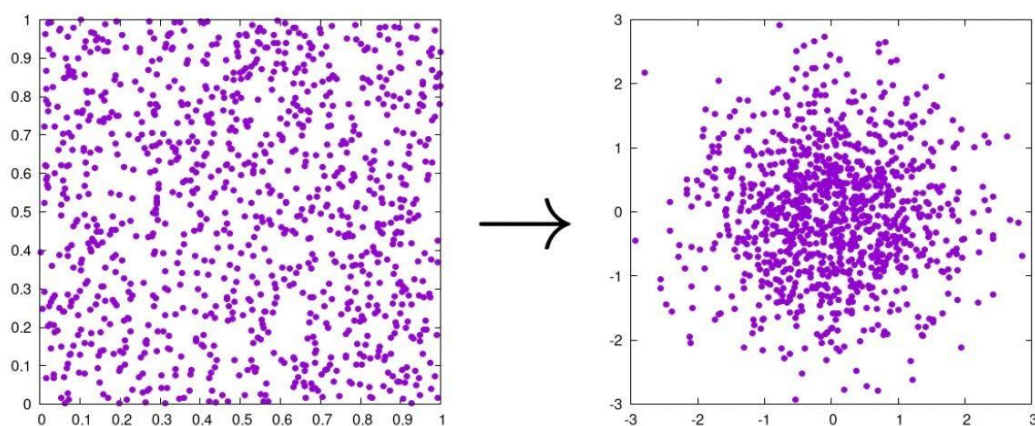
Говоря о результатах, важно отметить, что, во-первых, такая задача позволяет оценить лучшие, худшие и средние случаи для алгоритмов. Во-вторых, массивы, используемые для оценки, представляют собой наборы случайных величин, имеющих различные распределения – например, нормальное и равномерное. В ходе занятия студенты могут построить гистограммы, чтобы визуализировать причины таких различий в подсчетах, проведенных алгоритмами. Это приведет их к открытию важности определения характера распределения – одной из основополагающих задач Data Science, которая обычно возлагается на компьютер. Возможно также, что студенты смогут установить, что не на все сортировки влияет характер распределения случайных величин (например, такой является QuickSort).

Задача 2. Алгоритм быстрой сортировки одинаково хорошо справляется с данными, имеющими различные распределения. Требуется сравнить его модификации на данных двух случайных массивов – теперь уже генерируемых самой программой. Один из них использует

стандартную случайную генерацию (с равномерным распределением), другой – генерацию нормально распределенных величин (если язык или пакет не имеет такой возможности – реализовать преобразование Бокса-Мюллера).

В ходе решения задания студенты знакомятся с некоторыми математическими преобразованиями, позволяющими получать случайные величины иным образом, нежели это делает компьютер в обычном режиме. Таким образом, не только углубляется знание о принципах, заложенных в вычислительные машины (например, о том, что в действительности они работают с псевдослучайными числами), но и о математических моделях, описывающих случайности и причины, по которым применяется несколько распределений.

При выполнении этой задачи студенты обнаружат, что некоторые особенности результатов работы алгоритмов они обосновать не могут. В свою очередь, преподавателю предлагается предоставить теоретико-вероятностные доказательства или хотя бы обоснования для этих результатов. Данная задача является одной из наиболее важных в данном цикле с точки зрения фундаментальной математики и ее приложений. Желательно и полезно сопроводить ее решение дополнительными средствами визуализации.



Точки, координаты которых – равномерно (слева) и нормально распределенные случайные числа (получены преобразованием Бокса-Мюллера). Важно отметить, что преобразование тем лучше генерирует большие последовательности, чем выше точность (32-битная архитектура не так эффективна, как 64-битная)

Задача 3. Сравнить наиболее эффективный из алгоритмов сортировки, определенных в предыдущих двух задачах и наиболее эффективную реализацию быстрой сортировки, с карманной сортировкой (BucketSort), использующей быструю в качестве вспомогательной, с сортировкой кучей (HeapSort) или с сортирующим деревом. Массивы генерируются, как в Задаче 2, и сливаются в один (набор равномерно распределенных следует за набором нормально распределенных).

Данная задача ставит важный вопрос о выборе целесообразной конкретной задаче структуры для хранения данных: хотя Heap и Tree/List возникают в дисциплинах-пререквизитах, курс «Алгоритмы и структуры данных» позволяет оценить их эффективность в условиях большого объема значений. Оценивается так же, как и в случае сортирующих алгоритмов, количество операций, необходимых для работы с динамической памятью. Таким образом, задачу можно рассматривать и как опережающую в контексте компонента компьютерных наук для данной дисциплины: в курсах-пререквизитах структура Tree обычно не используется для реализации сортировок, но может быть имплементирована для достижения поиска значений с высокой скоростью. В свою очередь, Tree найдет другие применения далее в этом разделе.

Из всей цепочки предложенных задач эта является менее остальных нацеленной на математическое моделирование явлений, это компенсируется алгоритмической составляющей. Так

или иначе, причина снижения эффективности на равномерно распределенных величинах кроется в том, «карманы» какой вместимости создает BucketSort.

В качестве диагностической задачи для завершения темы можно предложить Задачу 4.

Задача 4. Используя данные из некоторого открытого источника (например, датасеты из репозитория Kaggle) создать набор экземпляров структуры, описываемой различными полями значений. Провести сортировку полученных моделей явления по всем доступным полям и подсчеты производительности (число элементарных операций, затраты памяти)

Важность поставленной задачи состоит, во-первых, в переходе к комбинированным типам данных – студенты знакомы с ними с изучения ООП, но ранее в этом курсе такие типы были необязательны. Хотя обычно поставленную проблему решают, применяя базы данных, не всегда присутствует явное обоснование преимущества именно индексированных структур над структурами случайного или последовательного доступа. Во-вторых, свобода выбора любого набора данных позволяет преподавателю использовать Задачу 4 в том числе для диагностики аналогично Задаче 0. Кроме того, если рассматривать в качестве источников датасеты, очень удобно в дальнейшем проводить проверку, так как большинство доступных наборов данных подвергались исследованиям специалистами, все особенности данных могут быть подробно задокументированы. Тем не менее, важно иметь в виду, что Задача 4 не подается как введение в машинное обучение или анализ больших данных: ее роль заключается в моделировании определенных условий для алгоритмов.

Выводы

Таким образом, говоря о математическом содержании темы сортировок, можно выделить понятия и концепции, содержание которых в полной мере будет раскрыто только в курсе теории вероятностей и статистики, однако их включение в данную дисциплину позволяет строить более точные модели. К данным сведениям относятся:

- неединственность закона распределения и их отличительные особенности;
- расширение понятия метрик для последовательностей (от средних величин до моды и медианы);
- существование преобразований, позволяющих изменить закон распределения;
- понятие степени выраженности зависимости (корреляции) случайных величин;
- обоснование сходимости различных непрерывных распределений со слабой корреляцией величин к нормальному (в силу центральной предельной теоремы);

Библиографические ссылки

1. Филимонов Д.В., Бровка Н.В. О междисциплинарных задачах и их роли в модернизации курса «Построение и анализ алгоритмов» // Математические методы в технологиях и технике. 2023. № 12. С. 93-97.
2. Филимонов Д.В. О развитии вычислительного мышления и Agile-практиках в образовательном процессе учреждений высшего образования // Университетский педагогический журнал. 2022. № 2. С. 61-65.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ WEB-СТРАНИЦ СРЕДСТВАМИ ЯЗЫКА ГИПЕРТЕКСТОВОЙ РАЗМЕТКИ В ИНДУСТРИИ ТУРИЗМА

Л. С. Черепица

*Белорусский государственный экономический университет,
пр. Ванеева, 30, г. Минск, Беларусь, lovov.cherepitsa@gmail.com*

Рассмотрена актуальность развития индустрии туризма в Республике Беларусь. В связи с этим, перед учреждениями образования важным является совершенствование системы подготовки кадров в индустрии туризма и гостеприимства. В соавторстве разработана учебная программа «Информационное обеспечение в индустрии туризма и гостеприимства». К одной из изучаемых тем относится проектирование Web-страниц средствами языка гипертекстовой разметки HTML. Данная тема содержит общие сведения и терминологию, структуру HTML-документа, основные тэги тела документа Body, создание таблиц, гипертекстовых ссылок, форматирование документа и т.д. При изучении данной темы автором разработаны задания трех уровней: базовые, углубленные креативные, которые позволяют повысить эффективность усвоения материала.

Ключевые слова: индустрия туризма; язык разметки гипертекста; базовые задания; углубленные задания; креативные задания.

Развитие индустрии туризма является одним из приоритетных направлений социально – экономического развития Республики Беларусь. Индустрия туризма – это вид деятельности, направленный на организацию активного отдыха населения в путешествии, ознакомлении с историей, культурой, обычаями, духовными и религиозными ценностями различных стран и народов, гармонично сочетающий физическое воспитание, элементы спорта.

Главная цель Государственной программы «Беларусь гостеприимная» на 2021-2025 годы состоит в формировании и подъеме современного рентабельного туристического комплекса, увеличения вклада туризма в развитие экономики страны. К задачам в сфере туризма относятся создание конкурентоспособных туров и туристических маршрутов; продвижение национальных туров и экскурсий по Беларуси на мировом и внутреннем туристических рынках; развитие объектов туристической индустрии; повышение качества туристических и сопутствующих услуг, их реализация по конкурентным ценам [1, 2].

В Белорусском государственном экономическом университете для студентов специальности 6-05-0311-02 «Экономика и управление», профилизация: «Экономика и управление туристическим бизнесом» в соавторстве разработана учебная программа «Информационное обеспечение индустрии туризма и гостеприимства» [3]. В современных условиях эта программа должна быть неотъемлемой частью образования специалиста данного профиля и дальнейшей работы на должностях в туристических организациях разного уровня, гостиницах, ресторанах и других организациях, а также для ведения собственного бизнеса в этих направлениях.

Актуальность изучения данной учебной дисциплины вызвана необходимостью качественной и всесторонней подготовкой профессиональных кадров в сфере туризма и гостеприимства на основе применения компьютерных информационных технологий.

Освоение данной дисциплины позволяет сформировать у студентов знания, которые будут необходимы им в дальнейшей профессиональной деятельности.

Учебная дисциплина «Информационное обеспечение индустрии туризма и гостеприимства» относится к числу специальных дисциплин, в области компьютерных информационных технологий, изучаемых студентами экономических специальностей.

Методика преподавания учебной дисциплины строится на сочетании теоретических и лабораторных занятий. Закрепление теоретических знаний и практических навыков, а также развитие исследовательских и познавательных способностей реализуется в рамках выполнения управляемой самостоятельной работы студентов (УСРС) и разработкой проекта.

Изучение каждой темы, предполагает применение основных и дополнительных литературных источников, материалов тематических изданий и информационных ресурсов Internet.

Оценка усвоения содержания учебной дисциплины, проводится через компьютерные тесты, две контрольные работы и защиту проекта, выполняемого в течение семестра.

Учебная дисциплина «Информационное обеспечение индустрии туризма и гостеприимства» является одной из основополагающих дисциплин, формирующих у обучающихся систему знаний, умений и навыков, определяющих их компетентность, как специалистов в индустрии туризма и гостеприимства. Данная учебная дисциплина позволяет приобретать навыки по:

- работе с программными продуктами в сфере туризма и гостеприимства;
- созданию туристского продукта на основе применения компьютерных информационных технологий;
- самостоятельному нахождению, применению различных электронных источников информации по разработке проекта туристского продукта, технологий обработки и анализа информации;
- грамотному представлению результатов работы.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен знать:

- возможности информационных технологий в обслуживании потребителей туристическими товарами и услугами;
- возможности применения геоинформационных систем в индустрии туризма и гостеприимства;
- сущность и назначение информационных технологий, и их влияние на индустрию туризма и гостеприимства;
- основные виды и характеристики прикладного программного обеспечения (ПО) в индустрии туризма и гостеприимства;
- правовые основы в индустрии туризма и гостеприимства; выполнять обработку и анализ данных;
- программные продукты в индустрии туризма и гостеприимства;
- возможности мультимедиа в индустрии туризма и гостеприимства;
- мобильные технологии информационного взаимодействия агентов туристического бизнеса.

Кроме этого, студент должен уметь:

- применять системы автоматизации управления гостиницами; программными продуктами в сфере организации туризма;
- работать с сервисами Internet для решения задач в индустрии туризма и гостеприимства;
- разрабатывать структуру, наполнять и публиковать сайты по тематике индустрии туризма и гостеприимства;
- применять сетевые технологии в сфере индустрии туризма и гостеприимства;
- выполнять поиск, анализ и обработку научно-технической информации с использованием информационных технологий;
- применять информационные технологии в глобальных системах бронирования и резервирования;
- применять системы управления знаниями в практической деятельности.

А также, для студента, а далее специалиста, владеть:

- навыками автоматизированной обработки данных, создании документов;
- технологиями работы в глобальных системах бронирования и резервирования;
- методами разработки сайта по туристической тематике;
- прикладными программными продуктами по эффективному обеспечению проектирования и организации туров, их рекламы и продвижения в глобальном информационном поле и т.д.

К одной из тем при изучении данной учебной дисциплины относиться «Проектирование Web-страниц средствами языка гипертекстовой разметки HTML». Язык гипертекстовой разметки HTML (от англ. Hyper Text Markup Language) предназначен для создания Web-страниц и их просмотра в Web-браузере. HTML является стандартом для обмена документами между различными платформами. Web-браузеры получают HTML документ от сервера по протоколам HTTP/HTTPS или открывают с локального диска, далее интерпретируют код в интерфейс, который отображается на экране монитора.

Язык гипертекстовой разметки HTML разработан британским учёным Тимом Бернерсом-Ли в Женеве, в Швейцарии в 1986–1991 годах. HTML создавался как язык для обмена научной и технической документацией [4, 5].

HTML включает набор структурных и семантических элементов – дескрипторов. Дескрипторы также часто называют тегами. Теги (дескрипторы) HTML – это команды, которые выполняет Web-браузер.

Создавать файлы HTML можно с помощью обычных текстовых редакторов, таких как, например, Блокнот (Notepad), Far Editor, Norton Editor. HTML-документ включает:

- текстовое содержимое страницы;
- структуру и формат страницы;
- мультимедийные объекты;
- гиперссылки.

С помощью HTML можно создать относительно простой, но функционально оформленный документ. Помимо упрощения структуры документа, в HTML внесена поддержка гипертекста. Мультимедийные возможности были добавлены позже.

Любой документ на языке HTML представляет собой одинаковую базовую структуру, которая включает набор элементов. Начало и конец каждого элемента обозначается тегами (открывающий и закрывающий). Теги записываются в угловых скобках <Тег>, для закрывающего тега характерно наличие символа слеш (/). Теги подразделяются на:

- *Парные* теги:
<Тег> фрагмент текста </Тег>
- *Непарные* теги:
<Тег>

Каждый файл начинается открывающим тегом <HTML> и заканчивается закрывающим тегом </HTML>. Внутри этого тега заключены два другие: <HEAD> и <BODY>. <HEAD> содержит заголовочную информацию о документе, <BODY> – содержимое документа. Внутри тега <HEAD> может содержаться дополнительный тег <TITLE>. Тег <TITLE> содержит название документа, отображаемое в заголовке окна браузера.

Теги могут включать атрибуты. Атрибуты (параметры) уточняют действия тегов. Атрибуты указывают в открывающем теге. Каждый тег содержит свой набор допустимых атрибутов. Для парных тегов атрибуты указывают в открывающем теге. Атрибуту присваивается заданное или произвольное значение:

При изучении языка гипертекстовой разметки автором разработаны задания, которые по степени сложности состоят из трех уровней:

- базовые;
- углубленные;

- креативные.

Базовые задания направлены на формирование основных знаний, умений и навыков при изучении языка разметки гипертекста. Базовые задания сформированы на основе что нужно сделать и в пошаговом алгоритме выполнения, как это сделать. Однозначность полученного результата сопровождается экранной копией. Для заданий данного типа характерно формирование базового уровня знаний и предполагают воспроизведение содержания. Наличие рекомендаций по выполнению заданий и экранных форм к лабораторным работам позволяет считать данное учебное пособие достаточным для освоения учебной дисциплины.

Углубленные задания предполагают знания расширенного курса, которые включают выполнение работы по образцу: макет, отчет, сценарий, анализ, проект, схема, для них характерно применение аналитико-рефлексивных умений и навыков, предполагают несколько вариантов решения в соответствии с установленными правилами, алгоритмами, инструкциями.

Креативный уровень включает задания проблемного характера, направлен на систематизацию и структурирование учебного материала, определение областей применения полученных знаний, самостоятельный поиск способа выполнения задания. Задания направлены на самостоятельное обобщение и оценку учебного материала, использование межпредметных связей, объяснение проблемной ситуации, обоснование полученных выводов, всестороннюю оценку проекта, макета, действия. Данные задачи относятся к интеллектуально-поисковому типу, требуют от обучаемого не только знания алгоритма решения задачи, но и умения создать свой алгоритм или найти нетрадиционное творческое решение.

Разработка и внедрение таких заданий, при изучении базовых возможностей языка HTML, позволила интенсифицировать познавательную деятельность обучаемых, формирование аналитического мышления, повысить усвоение учебного материала, познавательную творческую активности и увеличить эффективность образовательного процесса, что подтверждают результаты тестирования.

Библиографические ссылки

1. Государственная программа «Беларусь гостеприимная» на 2021-2025 гг. // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. 2021. № 58.
2. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 07.04.2006 г. № 471 «Об утверждении Правил гостиничного обслуживания в Республике Беларусь».
3. Информационное обеспечение индустрии туризма и гостеприимства: учеб. программа учреждения высш. образования по учеб. дисциплине для специальностей 1-25 01 13 «Экономика и управление туристской индустрией» / Черепица Л.С. [и др.] // Минск, БГЭУ, 2023г., 15 с.
4. Дронов В. HTML5, CSS 3 и Web 2.0. Разработка современных Web-сайтов. Спб.: БХВ-С.Петербург, 2010. 416 с.
5. Лоусон Б., Шарп Р. Изучаем HTML5. Библиотека специалиста. Спб.: Питер, 2012. 304 с.

ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ КИТАЯ

И. П. Шибут¹⁾, Сун Юйцин²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет,
ул. Кальварийская, 9, 220004, г. Минск, Беларусь, shybut.iryuna@gmail.com

²⁾ Белорусский государственный университет,
ул. Кальварийская, 9, 220004, г. Минск, Беларусь, 482474925@qq.com

В статье речь идет об использовании информационных интернет-технологий в университетском образовании Китая, об использовании преимуществ информационных технологий для обеспечения онлайн-обучения и академического управления, персонализации обучения студентов и интеграции сертификации степеней и квалификаций, о систематизации университетского образования, о состоянии развития онлайн-образования в китайских университетах.

Ключевые слова: информационно-коммуникационные технологии; университетское образование Китая; интернет-технологии; персонализация обучения; информатизация образования; онлайн-платформы.

С середины XX века высшее образование постепенно перешло от этапа развития элитного образования для университетов и студентов, направленного на воспитание лучших инновационных талантов, к этапу массового образования. Это расширило возможности обычных граждан получить высшее образование, но неравенство в доступе к высококачественным ресурсам высшего образования по-прежнему сохраняется. Основные принципы утвержденной на 19-м съезде коммунистической партии Китая стратегии «Модернизация образования в Китае до 2035 г.» следующие: руководство КПК, сохранение китайской специфики, приоритетность интенсивного развития, удовлетворение запросов всех слоев общества, внедрение инноваций, строгое следование законам Китая [1]. Ключевые концептуальные требования к модернизации сводятся к тому, что необходимо уделять больше внимания всестороннему, в том числе духовному, развитию студентов, предлагать обучение людям с разными способностями и в любом возрасте, отдавать приоритет практическим знаниям, содействовать обмену опытом как с зарубежными, так и между университетами внутри страны. Согласно официальному заявлению на сайте ЦК КПК к 2035 г. Китай планирует значительно повысить уровень образования в стране и обеспечить конкурентоспособность китайских университетов. Стратегия «Модернизация образования в Китае до 2035 г.» фокусируется на стратегических задачах, касающихся всех уровней образования (дошкольного, школьного, профессионального, высшего и последиplomного).

Современное образование претерпевает значительные изменения под влиянием информационно-коммуникационных технологий. Суть образования заключается в распространении знаний и информации. Как носитель информации интернет имеет то же значение, поэтому интеграция «интернет+образование» неизбежна. С исторической точки зрения онлайн-обучение прошло путь от этапа записи занятий до этапа бурного развития онлайн-образования, суть которого заключается в достижении цели передачи знаний, а не технической формы их существования. Большинство университетов могут сегодня осуществлять онлайн-обучение с технической точки зрения. Однако конечной целью должно стать создание открытой системы образовательных услуг. Речь идет не только о создании онлайн-контента, но и об использовании преимуществ информационных технологий для обеспечения онлайн-обучения и академического управления, персонализации обучения студентов и интеграции сертификации степеней

и квалификаций, что представляет собой систематизацию всего университетского образования. С точки зрения информационных технологий «интернет+образование» может оказать влияние на существующие образовательные концепции и системы, дать полную свободу научному, независимому, визуальному, основанному на данных и персонализированному образованию, эффект обучения может быть постоянным, оптимизированным, вызывая технологическую революцию и далеко идущие последствия в обучении, преподавании и организации учебного процесса [2, с. 85].

Экономические инвестиции Китая в образование всегда поддерживали его активное развитие и рост, обеспечивая прочную и надежную финансовую основу для начинаний Китая, связанных с высшим образованием. Согласно статистическим данным Министерства образования и Министерства финансов в 2023 году инвестиции Китая в образование превысили 5 триллионов юаней. С 2012 года доля финансирования образования в ВВП Китая превышает 4% и постепенно превратилась в стандарт количественной оценки и политическую цель для инвестиций Китая в соответствующие фонды образования. Это базовый уровень для измерения уровня образования в стране. Учитывая большую базу ВВП Китая и быстрый рост, достижение этой цели полностью демонстрирует настойчивость долгосрочной политики страны и упор на развитие образования [3, с. 1]. Развитие информационных интернет-технологий создало важную экологическую среду для университетского онлайн-образования Китая, а развитие информатизации образования создало благоприятные условия для создания инфраструктуры, необходимой университетам для осуществления обучения. Информатизация образования названа Китаем основным индикатором текущего строительства и развития государства. В 21 веке информационное построение китайских университетов воплощается в постоянном обогащении и разнообразии университетских учебных ресурсов, постоянном обновлении и развитии средств, связанных с информационными технологиями, а также в относительно сильной информационной атмосфере обучения.

По состоянию на конец 2023 года более 2000 китайских университетов использовали *CERNET* для доступа к сети, охватывая в общей сложности более 20 городов. Проект *CERNET* – первая общенациональная образовательная и исследовательская компьютерная сеть в Китае, финансируется правительством Китая и напрямую управляется Министерством образования Китая. Этот проект построен и управляется Университетом Цинхуа и другими ведущими китайскими университетами, предоставляет сетевую инфраструктуру для реализации университетского онлайн-образования, а также играет положительную роль в информатизации китайских университетов.

В настоящее время большинство колледжей и университетов Китая в основном завершили разработку информатизации преподавания, включая автоматизацию делопроизводства, кампусную карту, оптимизированное преподавание предметных курсов, цифровые библиотеки и т. д. По развитию информатизации видно, что развитие онлайн-образования в китайских университетах постепенно вышло за рамки цифровых кампусов и кампусных сетей и постепенно перешло в сторону умных кампусов.

XuetangX Online – это платформа, запущенная Университетом Цинхуа в октябре 2013 года [4]. Платформа *XuetangX Online MOOC* добилась интернационализации платформы и развития китайской локализации, а это означает, что *XuetangX Online* стала важной частью платформы с открытым исходным кодом и может лучше обслуживать китайских пользователей. Университет Цинхуа делится высококачественными ресурсами посредством создания платформ, открывает пути для высококачественных курсов и обмена ресурсами между китайскими и зарубежными университетами, а также создает сервисный мост для совместного международного создания высококачественных курсов. Функции *XuetangX Online* включают полнотекстовый поиск, автоматическую оценку, онлайн-экзамен, анализ поведения пользователей в обучении и другие функции, а также приложения для мобильных устройств.

В 2018 году был запущен интеллектуальный помощник обучения *Xiaomi*, который помогает учащимся выбирать курсы, формировать планы обучения, а также отслеживать прогресс учащихся. Будущие инновации *XuetangX Online* будут сосредоточены на персонализированных услугах обучения больших данных, интерактивных механизмах обучения социальных сетей, интеллектуальных системах вопросов и ответов, расширении применения новых технологий, таких как искусственный интеллект, и стремлении стать мировым лидером в крупных областях.

По состоянию на март 2024 года *XuetangX Online* предлагает более 3000 высококачественных курсов от китайских и зарубежных университетов, таких как Университет Цинхуа, Пекинский университет, Университет Фудань, Китайский университет науки и технологий и Массачусетский технологический институт – всего 13 университетов. Совокупное количество зарегистрированных пользователей *Xuetang* превышает 64 миллиона, а общее количество регистраций на курсах превышает 295 миллионов.

Интеллектуальный инструмент обучения *Rain Classroom* осуществляет запись всего процесса и обратную связь в режиме реального времени на основе больших данных об учебном поведении учащихся. У него есть несравненные преимущества: программное обеспечение доступное, звук чистый, а демонстрация работы программного обеспечения интуитивно понятна; анонимное взаимодействие снижает психологическую нагрузку на студентов, и студенты могут читать материалы занятий по своему желанию после занятий. Весной 2016 года *Rain Classroom* был запущен онлайн и сегодня бесплатно доступен всем [5]. Менее чем за три месяца тысячи колледжей и университетов внедрили модель обучения *Rain Classroom*, что позволило десяткам тысяч преподавателей войти в эпоху интеллектуального обучения. В начале 2020 года разразилась эпидемия *COVID-19*, которая в той или иной степени повлияла на обычные планы обучения и порядок преподавания в китайских университетах. С помощью *Rain Classroom* миллион преподавателей из 825 китайских университетов успешно внедрили онлайн-обучение, обеспечив непрерывность и качество обучения и принеся пользу более чем 18 миллионам студентов, в том числе 350 000 иностранных студентов. *Rain Classroom* завоевал одобрение пользователей в стране и за рубежом за удобство занятий, инновационное взаимодействие и как всеобъемлющий накопитель данных. В настоящее время он охватывает 6,07 миллиона курсов и имеет более 44 миллионов зарегистрированных пользователей.

Университет Цинхуа, который подчиняется Министерству образования, с 1978 года является одним из ключевых национальных университетов Китая, комплексным исследовательским центром и участником национальных проектов, активно продвигает пилотные проекты гибридного обучения, используя интерактивное обучение, которое сочетает в себе традиционное обучение с преподаванием на платформе *Xuetang Online MOOC*, играя решающую роль в реформировании и инновациях моделей обучения. Весной 2015 года Университет Цинхуа разработал в общей сложности 24 курса с использованием смешанного обучения. В июле того же года был официально открыт семинар по инновационному обучению от университета Цинхуа. Преподаватели регулярно собираются, чтобы делиться и обмениваться различными методами смешанного обучения, проблемами в процессе практического использования. На основе модели смешанного обучения расширяется глубина обучения студентов, улучшаются их способности к обучению и критическое мышление.

В июне 2018 года Университет Цинхуа запустил проект онлайн-сертификации обучения *MOOC* через онлайн-платформу *XuetangX*. После изучения профессиональных курсов государственного управления и науки о данных, выполнения онлайн-заданий и сдачи экзаменов можно получить сертификат, выданный учреждением. Помимо повышения уровня знаний учащихся, данный проект также оказывает помощь обладателям сертификатов в стажировке и трудоустройстве. Кроме того, *XuetangX Online* совместно с Чжэцзянским технологическим университетом, Чжэцзянским университетом финансов и экономики, Пекинским институтом технологий моды и другими университетами запустил микрокурсы *IBA*, чтобы предоставить

студентам, окончившим курсы, сертификацию дипломов. К концу 2018 года университет Цинхуа опробовал гибридное преподавание почти на 2000 курсах [6, с. 156].

В условиях эпидемии *COVID-19* в 2020 году Университет Цинхуа запустил общесистемное онлайн-обучение. Было открыто более 4400 онлайн-курсов обучения, занятия посещали более 2,6 миллиона преподавателей и студентов. Кроме того, онлайн-образование университета Цинхуа предполагает социальную ответственность в духе открытости и делится курсами с другими университетами через *Rain Classroom*, обеспечивая 19 курсов бакалавриата и 13 курсов магистратуры для Хуачжунского университета науки и технологий, Хуачжунского сельскохозяйственного университета и Уханьского университета.

Приоритетными направлениями модернизации образования в Китае является внедрение информационных технологий на всех ступенях, создание интегрированной интеллектуальной платформы, обеспечение условий для индивидуального обучения и повышения квалификации специалистов, в том числе на онлайн-платформах, развитие электронного обучения, широкое использование цифровых технологий в управлении высшим образованием. При поддержке всех слоев общества и национальной политики онлайн-образование в китайских университетах продолжает развиваться. Информатизация образования занимает важное место в стратегии развития Китая в благополучное общество во всех отношениях. Это в полной мере отражает то большое значение, которое Китай придает информатизации. Генеральный секретарь КПК Си Цзиньпин отметил важность модернизации образования на современном этапе и подчеркнул, что она не будет достигнута без информационных и коммуникационных технологий.

Библиографические ссылки

1. Xie Sayin. [The impact of the modernisation of education on the reform of the teaching of ideological and political courses in colleges and universities]. *Modern management of education*. 2021;1:45-52. Chinese. DOI: 10.16697/j.16745485.2021.01.007.

2. 李梁. 信息通信技术与教育的深度整合研究[D]. 上海: 上海大学, 2021(8):85-101. Ли Лян, Исследования глубокой интеграции информационных технологий и образования. Шанхай: Шанхайский университет, 2021 (8): 85-101.

3. 吕逸新. 信息技术与课堂教学深度整合中的教学模式改革[J]. *宁波教育学院学报*, 2021(2):1-5. Лу Исинь, Реформа модели преподавания в условиях глубокой интеграции информационных технологий и классного обучения [J], *Журнал Института образования Нинбо*, 2021(2):1-5.

4. XuetangX: Online Courses from Top Universities [Electronic resource]. URL: <https://www.xuetangx.com/> (дата обращения: 22.03.2024).

5. Rain Classroom 雨课堂 [Electronic resource]. URL: <https://www.yuketang.cn/en> (дата обращения: 22.03.2024).

6. Донецкая С.С., Бин Ван. Высшее образование в Китае: особенности системы управления в ведущих вузах страны // *Вестник РУДН*. 2022. Серия: Социология. Т. 22. № 1. С. 150-167.

ГЕЙМИФИКАЦИЯ И ИНКЛЮЗИЯ В ОБРАЗОВАНИИ

О. Н. Шкор

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. П.Бровки, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, shkor@bsuir.by*

Рассмотрены проблемы и перспективы, связанные с использованием геймификации в образовании, вовлечения в образовательный процесс людей разных возрастов и возможностей через обучающие игры, а также использование нейросетей для создания игровых механик, способствующих инклюзии в образование людей с ограниченными возможностями. Приведена статистика и примеры использования искусственного интеллекта в игровой индустрии.

Ключевые слова: геймификация; инклюзивность; нейросети; игровые механики в образовании; обучающие игры; социальная ответственность бизнеса.

Почему мы так любим игры? Почему это слово так популярно как у детей, так и у пожилых, как у серьезных бизнесменов, так и у студентов-первокурсников? Главная причина – в особенностях человеческого мозга. С первобытных времен он требует для себя пищу в виде «нарезки», упорядочивания реальности. Когда человек попадает в новую, незнакомую ситуацию, поначалу кажущуюся хаосом, мозг стремится упорядочить её, найти в ней свои закономерности, «паттерны», отбрасывая всё незначительное. Именно эта черта стала фундаментальной для выживания человечества как вида, она же лежит в основе всех процессов обучения [1].

Именно поэтому в настоящее время у игровой индустрии появился новый вызов. Это использование искусственного интеллекта для создания обучающих игр и инклюзии в них людей, независимо от возраста и свойств мозга. В последние годы игровая индустрия сделала огромные шаги в направлении инклюзивности. Это не только важно для игроков с ограниченными возможностями, но и способствует созданию более разнообразных и интересных игр для всех. По данным ВОЗ, около 1 млрд (или 15% населения Земли) людей в мире имеет инвалидность, более 100 млн из них – дети. Путь к инклюзивности в геймификации [2]:

1. Репрезентация и разнообразие: Игровые компании осознают важность репрезентации разных социокультурных групп. Опросы среди игроков показывают, что аудитория игр становится все более разнообразной. Команды разработчиков стремятся создавать персонажей, которые отражают эту многообразную аудиторию.

2. Адаптивный геймплей: Игры становятся более доступными благодаря адаптивным контроллерам, режимам помощи и настройкам сложности. Это позволяет играть даже тем, кто имеет физические ограничения.

3. Обучение и общение: Компании проводят обучающие мероприятия для своих сотрудников, чтобы они лучше понимали потребности разных групп игроков. Открытая коммуникация с сообществом также играет важную роль.

Надо отметить, что нейросети уже проявили себя для решения целого ряда прикладных задач. Их функции помогают сохранять время и силы, а также автоматизируют некоторые рутинные процессы. Учитывая, что все доступные сейчас сервисы уже работают неплохо, мы можем наблюдать за их прогрессом и успевать внедрять инструменты, которые они предлагают. Мы стали свидетелями, как активно внедряется не только в бизнес, но и в повседневную жизнь. Ответы на сообщения, ответы на финансовые вопросы, планирование маршрутов путешествий и публикация контента в социальных сетях стали наиболее популярными вариантами применения ИИ в 2023 году [3].

В игровой индустрии их, в основном, используют для отрисовки изображений и концепт-артов: с помощью генеративных нейросетей Midjourney и Stable Diffusion студии снижают расходы на создание артов к играм, снимают с художников рутинные и трудозатратные задачи и делают ремастеринг старых игр. Они неплохо составляют простые викторины и тесты, но с разгадкой логических ребусов пока справляются слабо.

И в этой связи, хотелось бы увидеть их в направлении геймификации образования. Геймификация или игрофикация – это внедрение игровых механик в повседневную жизнь. Игровой подход в работе или учёбе помогает разнообразить рутину и повысить интерес и мотивацию к делу.

Исследование учёных из Афинского политехнического университета и финского Университета Тампере показало, что студенты, которые повторяли материал с использованием игровых механик, закрепили знания на 34% лучше, чем те, кто просто перечитал текст по теме лекции [4].

Многие приложения используют геймификацию для вовлечения пользователей. Например, сервис для изучения иностранных языков Duolingo предлагает копить внутреннюю валюту, чтобы обменивать на бонусы, начисляет баллы и даёт значки достижений за выполнение заданий.

Писатель и технический философ Том Чатфилд приводит шесть составляющих геймификации [5]:

1. Шкала прогресса. Помогает визуализировать, как далеко пользователь продвинулся и как далеко ещё нужно пройти.

2. Долгосрочные и краткосрочные цели. Прохождение миссий для достижения результата. Например, чтобы добиться большой цели нужно выполнить ряд небольших заданий.

3. Награды за усилия. За каждое успешно выполненное задание пользователь получает вознаграждение.

4. Быстрая обратная связь. Пользователь сразу понимает прошёл он задание или провалил его.

5. Элемент неопределенности. Пользователь до конца не знает, что будет дальше. Это интригует и мотивирует продолжать игру.

6. Другие люди. Возможность взаимодействия или соперничества с другими пользователями и персонажами.

Все эти факторы влияют на выделение дофамина – гормона, который мотивирует к действию и последующему получению удовольствия от его выполнения. Эти же элементы игры вы можете внедрить в свою жизнь, чтобы быстро и эффективно обучаться новому.

Основное отличие компьютерных игр и стандартного образования – это отношение к ошибкам. В школе за ошибки всегда наказывают, но редко когда учителя хвалят за правильные ответы или решения. Поэтому ученики знают только то, что они сделали неправильно. Это приводит к тому, что ученики концентрируются только на оценках, но никак на самих знаниях и содержании.

Другим значимым фактором такого формата обучения является командная работа. В классе школы, в аудитории университета учащийся должен быть сам за себя. Также он самостоятельно должен выполнять домашние задания дома. Но есть простая причина, почему он этого не делает. Потому что делать это одному скучно. Совсем другое дело работа в команде. Как компьютерные игры учат нас командному взаимодействию, так и решение проектных задач в команде больше мотивирует учащихся. Они будут более включенными в изучение материала и будут заинтересованными процессом.

Как ни странно, но в классическом образовании забывают об очень простой, но безгранично значимой вещи – о том, что то, что мы делаем должно приносить нам радость и веселье. Это делает игры такими захватывающими. И этого так не хватает в процессе обучения.

Назовем факторы, почему именно игровая форма обучения считается наиболее эффективной.

Конечно, удовольствие. Основная идея игры заключается в том, что вы получаете удовольствие в результате решения игровых задач и приобретении опыта в конкретной игре. Получается, что игра удовлетворяет одну из важных врожденных психологических потребностей человека: уверенность в своих знаниях и опыте; в том, что мы что-то делаем лучше других. Поэтому утомительное изучение теории на тренингах или просмотр бесконечных презентаций для многих учащихся очень тяжелый и мучительный процесс, не приносит никакой радости и положительных эмоций. Запоминаемость образовательного материала при этом близится к нулю. На что стоит обратить внимание при создании обучающих игр?

Например, мотивация. Игру нужно не просто создать, но и продумать ее мотивационную структуру. Все задачи, выполняемые по ходу игры, должны продвигать игрока на следующий уровень, таким образом, чтобы он видел свой статус и достижения. Здесь же важным фактором является обратная связь, помогающая понять игроку, как улучшить свой успех.

Очень важный фактор – право на ошибку. Психологические исследования утверждают, что такое “учение на ошибках” довольно эффективно. Ведь страх и стресс из-за проваленного теста при стандартном тестировании демотивируют ученика и ведут к тому, что обучающийся будет избегать обучения или материал не будет усваиваться.

Один из основных обучающих методов игры при воплощении геймификации в обучении – создание и развитие игроком стратегий, как обойти, избежать и исправить ошибки. Кроме того, в игре все неудачи позиционируются в развлекательном разрезе, так как никаких серьезных последствий они не влекут.

Однако, как и любая методика, у нее есть свои недостатки:

1. Снижение восприятия традиционных форм обучения: Ученики, привыкшие к игровому обучению, могут испытывать трудности с концентрацией внимания на предмете, если его не представить в игровой форме.

2. Атмосфера в аудитории: Внедрение геймификации может привести к конкуренции и агрессии среди учащихся, выходящей за рамки университетской обстановки.

3. Снижение мотивации: Некоторые дети могут потерять интерес к заданиям, которые не связаны с заработком баллов или достижениями.

4. Ориентация на игры: Слишком сильное внимание к игровым элементам может отвлечь учащихся от глубокого понимания учебного материала.

5. Риск создания конкурентной среды: Геймификация может привести к чрезмерной конкуренции, что не всегда способствует позитивному обучению.

Важно учитывать эти недостатки и балансировать применение геймификации с другими методами обучения, чтобы достичь наилучших результатов.

Геймификация в образовании должна двигаться в следующем направлении:

- 1) побуждать к размышлению;
- 2) наталкивать на открытия;
- 3) способствовать улучшению жизни общества;
- 4) заставлять нас пересматривать свои предположения;
- 5) каждый раз дарить нам новый опыт;
- 6) допускать использование индивидуальной тактики;
- 7) позволять делать ошибки (до известной степени это даже приветствуется);
- 8) не ставить жёстких ограничений;
- 9) захватывать нас и менять наше мировосприятие.

Геймификация в обучении одним из ключевых факторов признает необходимость видеть свой прогресс – вот тогда и приходит чувство удовольствия и удовлетворения от игры. При создании игр для любых возрастов, для людей с ограниченными возможностями мы двигаемся

в сторону инклюзивности образования, что создает возможности роста игровой индустрии как социально ответственного бизнеса.

Библиографические ссылки

1. Костер Р. Разработка игр и теория развлечений М., 2018. 270 с.

2. Информационный бюллетень ВОЗ. Инвалидность. [Электронный ресурс]

URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health> (дата обращения: 27.03.2024).

3. Шкор О.Н. Искусственный интеллект и чат-боты в образовании и бизнесе Материалы МНМК "Инженерное образование в цифровом обществе". Часть 1, стр.42-43, Республика Беларусь, Минск, 2024.

4. Теплица социальных технологий. [Электронный ресурс]. URL: <https://te-st.org/tag/coursea/> (дата обращения: 25.03.2024).

5. Ассоциация развития талантов. [Электронный ресурс].

URL: <https://www.td.org/Publications/Magazines/TD/TD-Archive/2013/07/Gameful-Design-for-Learning> (дата обращения: 23.03.2024).

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В МНОГОСВЯЗНОЙ ОБЛАСТИ С ПОМОЩЬЮ WOLFRAM MATHEMATICA

Г. Ч. Шушкевич¹⁾, С. В. Шушкевич²⁾

¹⁾ УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»,
ул. Ожешко, 22, 230023, г. Гродно, Беларусь, gsys@grsu.by

²⁾ УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»,
ул. Ожешко, 22, 230023, г. Гродно, Беларусь, shushkevich_sv@grsu.by

В докладе обсуждается численное решение задачи электростатики в многосвязной области с использованием системы компьютерной математики Wolfram Mathematica и визуализация потенциала электростатического поля, эквипотенциалей и векторного поля.

Ключевые слова: системы компьютерной математики; потенциал электростатического поля; online-сервисы; Wolfram Mathematica.

Системы компьютерной математики (СКМ) – это программное обеспечение, которое выполняют численные вычисления и аналитические (символьные) преобразования различных математических выражений, имеют собственный язык программирования, средства графики, пользовательский интерфейс для ввода и отображения математических формул [1]. В некоторые СКМ встроены модули решения задач прикладной математики в естествознании. В [2] приведен сравнительный анализ и возможности различных систем компьютерной математики.

СКМ являются одним из основных вычислительных инструментов компьютерного моделирования и находят применение в различных областях науки и техники. Они также открывают новые возможности для преподавания многих учебных дисциплин, таких как алгебра и геометрия, дифференциальные уравнения, уравнения математической физики [3-7]. Применение СКМ существенно повышает производительность труда научного работника, преподавателей вуза, учителей школ.

В последние годы стали активно развиваться online-сервисы СКМ, поскольку наблюдается рост количества пользователей СКМ, ориентированных на «облака» и web-сервисы [8]. Среди СКМ подобный сервис предоставляют, например, СКМ Maple, Mathematica, SMathStudio, Yacas, Sage, обеспечивая доступ как к справочной информации, но и возможность проведения аналитических и численных вычислений, визуализацию и хранение данных. В этом случае пользователь бесплатно или за небольшую плату получает онлайн-сервис с полным или ограниченным доступом к функциональным возможностям требуемого программного продукта.

Проектирование различных устройств, отдельных элементов электронно-измерительной, телевизионной, электронно-оптической аппаратуры связано с определением потенциала электростатического поля и построением эквипотенциалей. Использование СКМ для численного решения прикладных задач в многосвязной области реализует современный подход в компьютерном моделировании явлений и процессов, при котором упрощается процесс создания компьютерной модели и визуализации результатов вычислительного эксперимента [9-11]. Рассмотрим применение облачного сервиса Wolfram Cloud для численного решения задачи электростатики в многосвязной области и визуализации результатов решения.

Для численного решения задачи в многосвязной области используем функцию NDSolveValue:

$$\text{NDSolveValue}[\{\text{eqns}, \text{expr}\}, \text{fun}, \{x, y\} \in \mathbb{R}],$$

где eqns – уравнение или система уравнений в частных производных, exgr – граничные и начальные условия для рассматриваемой задачи, fun – неизвестная функция, x, y, – аргументы неизвестной функции, изменяющиеся в области R.

Задача. Найти распределение потенциала электростатического поля внутри тонкой прямоугольной пластинки, расположенной в области $-a \leq x \leq a$, $-b \leq y \leq b$, с ромбовидным вырезом $|x| + |y| = c$. Потенциалы на границах пластинки $|x| = a$ равны нулю, а на границах $y = -b - 2 - 0,5x^2$ В и $y = b - 0,4 - 0,1x^2$ В. На границах ромба поддерживается единичный потенциал. Получить численное решение задачи при $a = 0,02$ м, $b = 0,03$ м, $c = 0,01$ м и выполнить его визуализацию.

Mathematica – Документ.

1. Построение и визуализация многосвязной области.

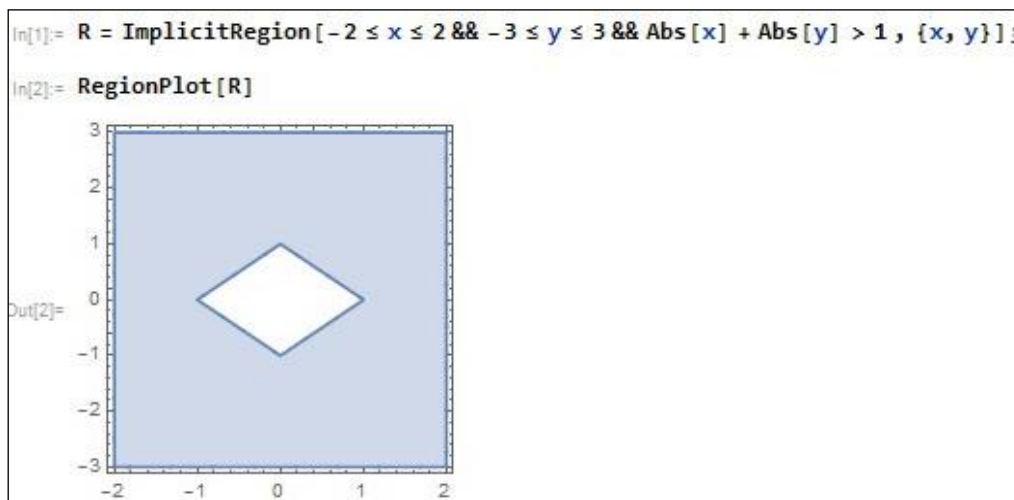


Рис. 1. Изображение прямоугольной пластинки с вырезом

2. Задание граничных условий. Численное решение задачи.

```

n[3]:= bc0 = DirichletCondition[u[x, y] == 1, Abs[x] + Abs[y] == 1];
n[4]:= bc = {DirichletCondition[u[x, y] == 0, Abs[x] == 2],
             DirichletCondition[u[x, y] == -0.1 * x^2 + 0.4, y == 3]};
             bc1 = DirichletCondition[u[x, y] == -0.5 * x^2 + 2, y == -3];
n[5]:= Eqn = Laplacian[u[x, y], {x, y}] == 0;
n[7]:= Sol = NDSolveValue[{Eqn, bc, bc0, bc1}, u, {x, y} ∈ R];

```

3. Визуализация решения задачи в 3D.

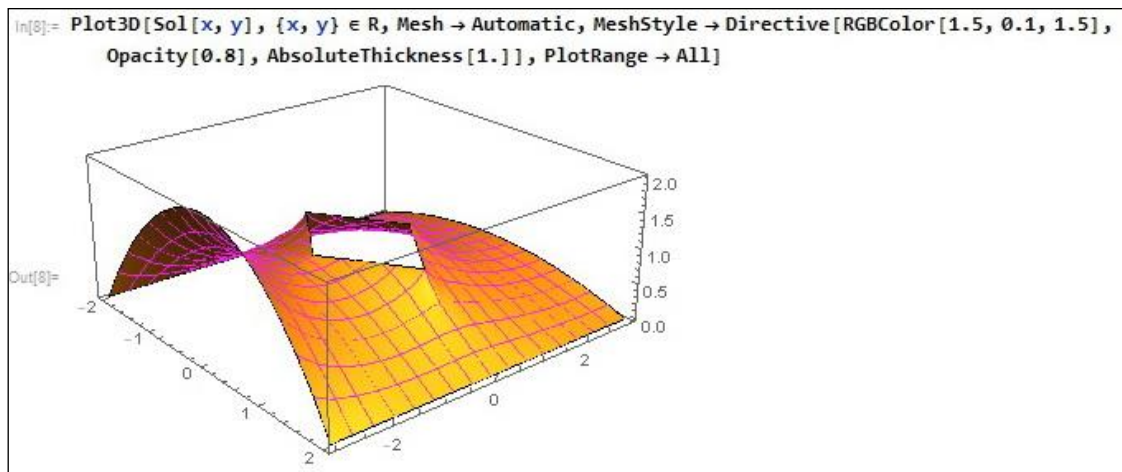


Рис. 2. График решения электростатической задачи

4. Динамическая визуализация потенциала электростатического поля для некоторых фиксированных значений y .

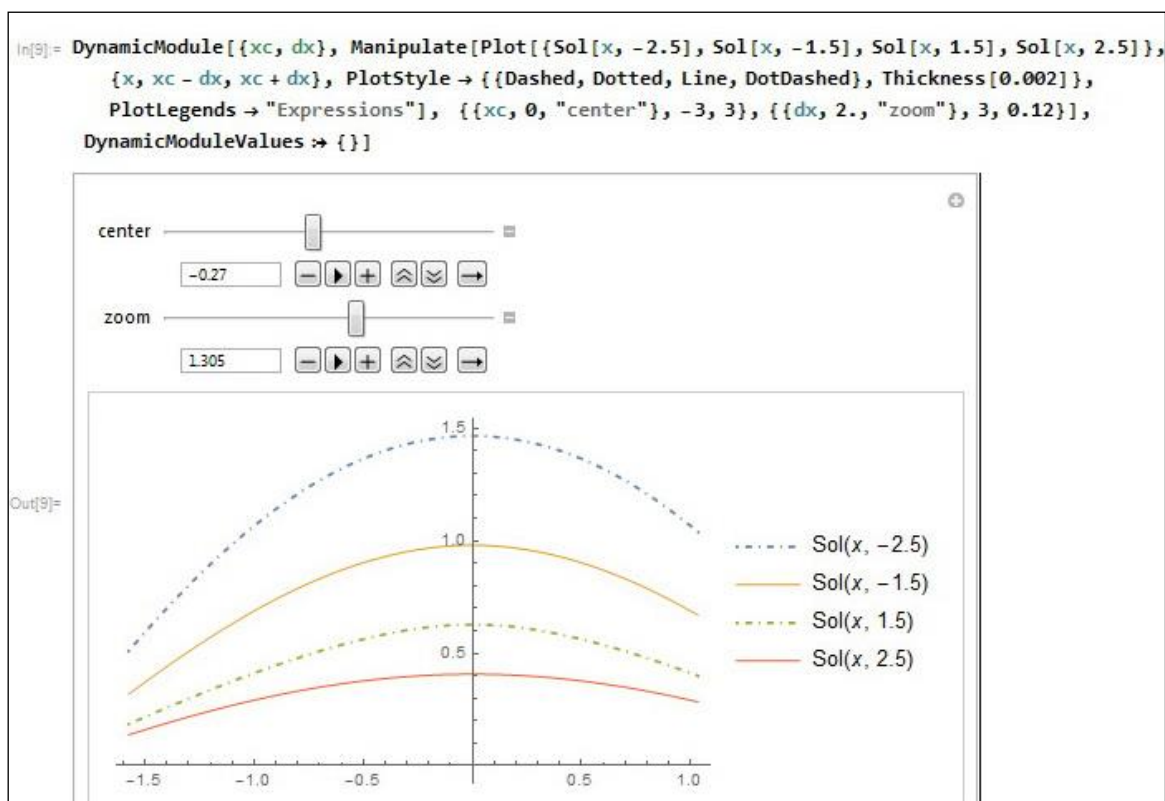


Рис. 3. Визуализация решения электростатической задачи при фиксированных значениях переменной y

5. Визуализация потенциала электростатического поля для некоторых фиксированных значений x .

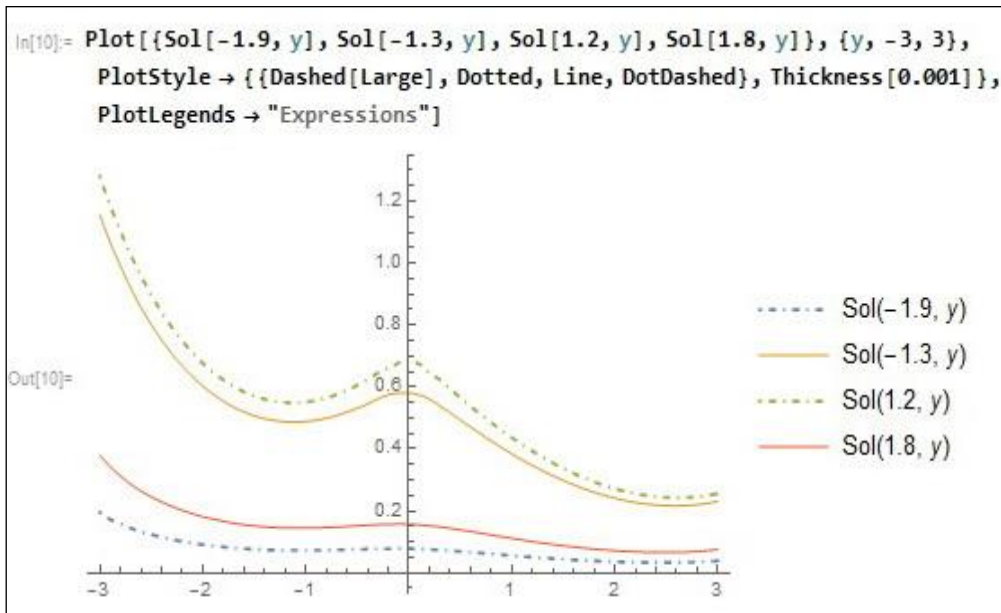


Рис. 4. Визуализация решения электростатической задачи при фиксированных значениях переменной x

6. Построение эквипотенциалей и векторного поля.

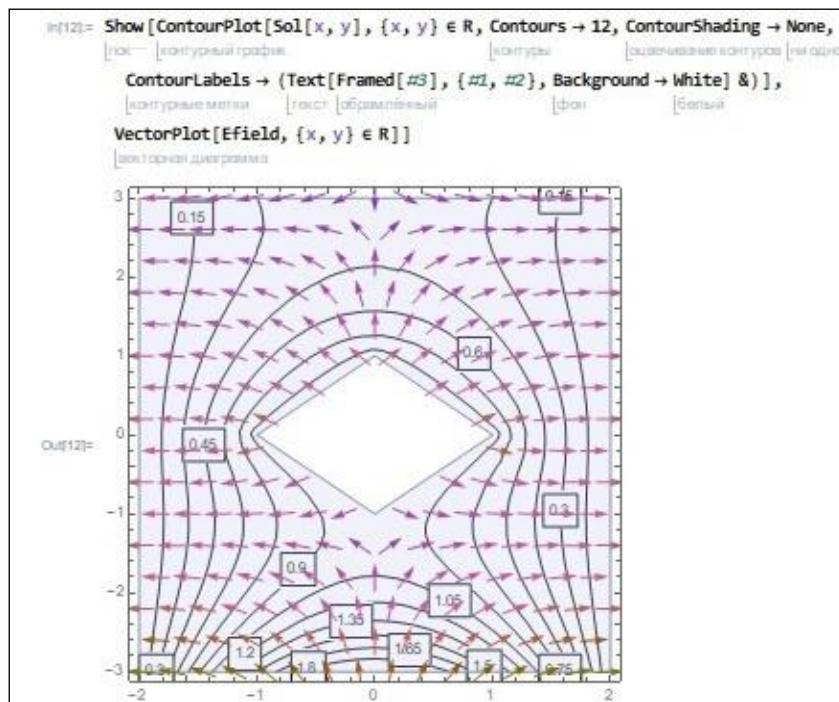


Рис. 5. Графики эквипотенциальных линий и векторного поля

Библиографические ссылки

1. Computer algebra system [Electronic resource].
URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_algebra_system (date of access: 25.03.2024).
2. List of computer algebra systems [Electronic resource].
URL: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_computer_algebra_systems (date of access: 25.03.2024).
3. Шушкевич Г.Ч., Шушкевич С.В. Компьютерные технологии в математике. Система Mathcad 14: учебное пособие в 2 ч. / Минск: Изд-во Гревцова, 2012. Ч.2. 256 с.

4. Голоскоков Д.П., Кныш Т.П. Системы компьютерной математики в образовании. Журнал университета водных коммуникаций. 2010, № 3. С.63-68.
5. Шушкевич Г.Ч., Шушкевич С.В. Компьютерное моделирование физических процессов с использованием системы Mathematica / Инновационные технологии в современном образовании: сб. тр. по материалам V Междунар. науч.-практ. интернет-конф., Научоград Королев, 15 дек. 2017 г. М., 2018. С.525-530.
6. Горский, А.В. О возможностях использования систем компьютерной математики в учебном процессе. Вестник ЧГПУ. 2017, № 3(95), Ч.1. С.90-99.
7. Расолько Г.А., Кремень Е.В., Кремень Ю.А. Технологии программирования: математическое моделирование и система компьютерной математики MathCad [сайт]. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/277920> (дата обращения 25.03.2024).
8. Cloud computing [Electronic resource]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing (date of access: 25.03.2024).
9. Гарнавский, Г.А. Технология облачных вычислений в математическом моделировании // Инф. тех. и выч. систем. 2010. № 4. С.66-76.
10. Шушкевич, Г.Ч., Шушкевич С.В. Об опыте применения системы Mathcad в компьютерном моделировании / Математическое моделирование и дифференциальные уравнения: материалы IV Междунар. науч. конф., Гродно, 17-20 дек 2019 г. Гродно, ГрГУ, 2019. С.131-132.
11. Computer simulation [Electronic resource] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Computer_simulation (date of access: 25.03.2024).

СЕКЦИЯ 4

ВЫЧИСЛЕНИЯ, АЛГОРИТМЫ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ИТЕРАЦИОННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНОГО МЕТОДА ЧЕБЫШЕВА ДЛЯ ТРЕХМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ПУАССОНА В ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ОБЛАСТИ

В. М. Волков¹⁾, Е. И. Кочаловская²⁾, В. Э. Грицель¹⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, volkovvm@bsu.by
²⁾ Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина\
бул. Космонавтов, 21, 224016, г. Брест, Беларусь, katerina.kulgun@gmail.com

Рассмотрен итерационный алгоритм реализации спектрального метода коллокации Чебышева для трехмерного уравнения Пуассона. Алгоритм основан на двухкомпонентной схеме переменных направлений 1D+2D, в которой для обработки двумерной компоненты использован алгоритм Бартельса – Стюарта. Представленные результаты численных экспериментов демонстрируют высокую эффективность алгоритма, вычислительная сложность которого близка к оптимальной.

Ключевые слова: спектральный метод Чебышева; уравнение Пуассона; метод переменных направлений.

Спектральные методы коллокации на основе полиномов Чебышева в последние годы завоевывают все большую популярность в качестве эффективного, высокоточного инструмента решения дифференциальных краевых задач [1]. В случае многомерных уравнений эллиптического типа одной из актуальных задач является разработка эффективных алгоритмов реализации спектральных моделей. Для двумерных задач весьма перспективные результаты демонстрируют итерационные методы переменных направлений [2]. Среди обобщений данного подхода на случай трехмерных задач можно отметить многокомпонентный вариант данной техники [3], в рамках которой, однако, до настоящего времени не решена в полной мере задача выбора оптимального набора итерационных параметров. В работе [4] для трехмерной задачи рассмотрена двухкомпонентная схема переменных направлений 1D+2D, в которой для реализации двумерной компоненты использован дополнительный внутренний итерационный метод переменных направлений (МПН) с оптимальным набором итерационных параметров. Вычислительная сложность методики [4] близка к оптимальной и оценивается величиной $O(n^3 \log n)$, где n – количество узлов сетки по каждому пространственному направлению. Тем не менее, реальные вычислительные затраты для методики [4] составляют десятки минут при $n \geq 50$.

Ниже представлена модифицированная версия алгоритма [4], которая сохраняет близкую к оптимальной вычислительную сложность и при этом позволяет многократно сократить время решения задачи.

Итак, рассмотрим задачу Дирихле для уравнения Пуассона в кубической области:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = -q(x, y), \quad (x, y, z) \in \Omega = (-1; 1) \times (-1; 1) \times (-1; 1), \quad (1)$$

$$u(x = \pm 1, y, z) = u(x, y = \pm 1, z) = u(x, y, z = \pm 1) = 0. \quad (2)$$

Спектральный метод коллокации для приближенного решения задачи (1), (2) на сетке Чебышевских узлов строится путем замены производных уравнения (1) на соответствующие матрицы спектрального дифференцирования с учетом краевых условий (2) [1]. Двухкомпонентный итерационный метод переменных направлений для реализации спектральной схемы решения (1), (2) представим в виде:

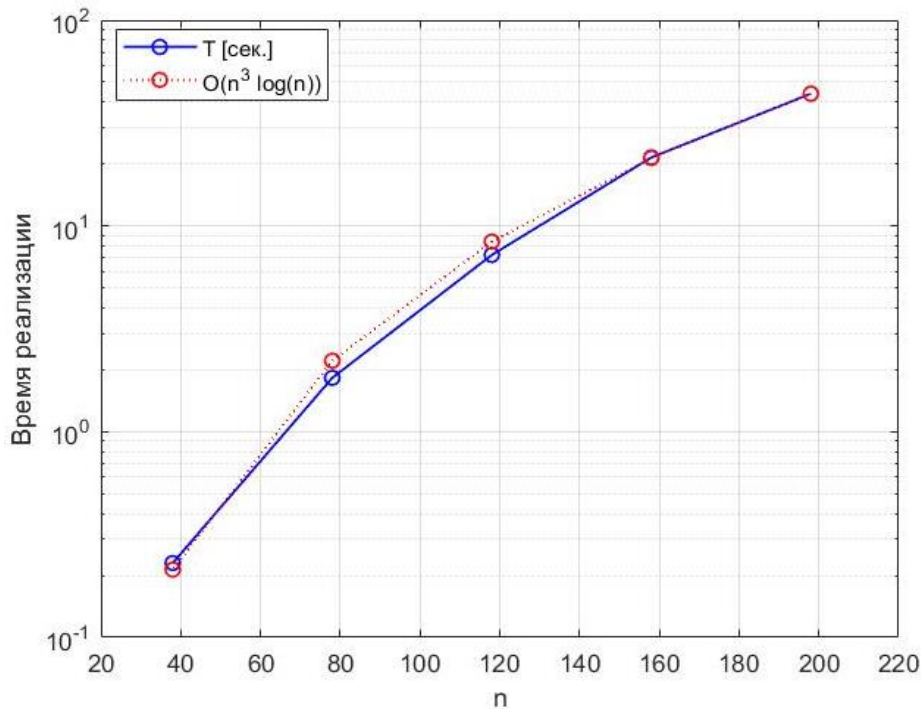
$$S_{m,1-} U^{m+1/2} = \omega_1^{m+1} U^m + DU_{21}^m + DU_{31}^m - F_1, \quad D_x U = DU^{m+1/2}, \quad (3)$$

$$S_{m,2-} U^{m+1} + U_{i,\dots}^{m+1} S_{m,2-}^T = S_{m,2+} U_{i,\dots}^{m+1/2} + U_{i,\dots}^{m+1/2} S_{m,2+}^T + DU_{i,\dots}^m + \omega_2^{m+1} U_{i,\dots}^{m+1.2} - F_{i,\dots}.$$

Здесь $U^{m+1/2} \in R^{(n-2) \times (n-2)^2}$, $S_{m,1\pm} = \omega_1^{m+1} E \pm D$, $S_{m,2\pm} = 2^{(-1\pm 1)/2} \omega_2^{m+1} E \pm D$, ω_1^{m+1} и ω_2^{m+1} — оптимальный набор итерационных параметров [4], $m = \overline{0, K}$, $E, D \in R^{(n-2) \times (n-2)}$ — единичная матрица и матрица дифференцирования Чебышева второго порядка, в которой для учета краевых условий (2) удалены первые и последние строки и столбцы [1], $U_{i,\dots}^{m+1} \in R^{(n-2) \times (n-2)}$ — двумерные массивы приближенного решения в плоскости (y, z) с координатой $x = x_i$, $i = \overline{2, n-1}$. Для вычисления производных по переменной x — DU_{21}^m (аналогично по z — DU_{31}^m) в трехмерном массиве приближенных решений задачи во внутренних узлах сетки $U \in R^{(n-2) \times (n-2) \times (n-2)}$ производится перестановка местами первой и второй (первой и третьей) размерностей массивов, затем производится преобразование массива к размерности $U \in R^{(n-2) \times (n-2)^2}$ и умножение слева на матрицу второй спектральной производной D . Далее массив приводится трехмерному виду с исходной последовательностью размерностей и преобразуется к двумерному виду $U \in R^{(n-2) \times (n-2)^2}$.

Несложно видеть, что уравнения для второй двумерной компоненты (3) имеет вид матричных уравнений Ляпунова. В отличие от [4], для обработки данной двумерной компоненты вместо МПН использован алгоритм Бартельса – Стюарта [5] с предвычисленным разложением Шура матриц $S_{m,2-}$.

Результаты численных экспериментов по оценке эффективности предложенного алгоритма (3) представлены на следующем рисунке.



Зависимость времени реализации алгоритма от размерности сетки

Вычислительной сложности МПН (3), как для одномерной, так и для двумерной компоненты с использованием алгоритма Бартельса – Стюарта, имеет порядок $O(n^4 \log n)$. В частно-

сти, вычислительная сложность реализация одномерной компоненты определяется необходимостью решения на каждой итерации n^2 систем линейных алгебраических уравнений с одинаковой полной матрицей размерности $n \times n$, минимальные вычислительные затраты на каждую составляют порядка $O(n^2)$ арифметических операций. При реализации двумерной компоненты требуется решение n матричных систем Ляпунова с затратой порядка $O(n^3)$ операций [5]. Векторизация алгоритма позволила оптимизировать временные затраты и по результатам численных экспериментов, фактическое время реализации (3) в зависимости от размерности сетки близко к оптимальным характеристикам и имеет порядок $O(n^3 \log n)$. При размерности сетки $200 \times 200 \times 200$ время решения задачи (1), (2) не превосходит 45 секунд, что более чем на два порядка быстрее, по сравнению с алгоритмом, предложенным в работе [4]. Реализация двумерной компоненты (3) примерно в три раза превосходит по времени реализацию одномерной компоненты. В этом сказывается возможность более полной векторизации операций для одномерной компоненты.

Количество итераций для достижения относительной нормы невязки решения $\varepsilon = 10^{-11}$ при размерности сетки $n = 40 \div 200$ составляет $K = 33 \div 51$. Этим обусловлен дополнительный логарифмический рост вычислительных затрат с ростом размерности сетки.

Аналогично результатам [6], предложенная методика может быть использована для реализации трехмерных эллиптических задач с переменными коэффициентами в качестве алгоритма обработки переобусловливателя итерационного метода би-сопряженных градиентов.

Библиографические ссылки

1. Trefethen L.N. Spectral methods in MATLAB. Society for industrial and applied mathematics, 2000.
2. Peaceman D. W., Rachford, Jr H. H. The numerical solution of parabolic and elliptic differential equations // Journal of the Society for industrial and Applied Mathematics. 1955. Т. 3. №. 1. Р. 28-41.
3. Абрашин В. Н. Многокомпонентные итерационные методы переменных направлений // Математическое моделирование. 2000. Т. 12. №. 2. С. 45-58.
4. Fortunato D., Townsend A. Fast Poisson solvers for spectral methods // IMA Journal of Numerical Analysis. 2020. Т. 40. №. 3. Р. 1994-2018.
5. Bartels R. H., Stewart G. W. Algorithm 432 [C2]: solution of the matrix equation $AX + XB = C$ [F4] // Communications of the ACM. 1972. Т. 15. №. 9. Р. 820-826.
6. Волков В. М., Качаловская Е. И. Итерационная реализация спектрального метода Чебышева для двумерных эллиптических уравнений с переменными коэффициентами // Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика. 2023. №. 3. С. 53-62.

ITERATIVE CHEBESHEV PSEUDO-SPECTRAL SOLVER FOR 2D CONVECTION- DIFFUSION EQUATIONS

V. M. Volkov¹⁾, Dong JingHui¹⁾, Zhu Jiaman¹⁾

¹⁾ Belarus state university,
Nezavisimosti ave., 4, 220030, Minsk, Belarus, volkovvm@bsu.by

Iterative implementation of the Chebyshev spectral collocation method as applied to solving 2D convection-diffusion equation is investigated. It is shown that the stabilized biCG iterative methods with preconditioner on the base the finite difference approximation of the Laplace operator implemented by means of the Bartels-Stuart algorithm has rapid convergence but its performance degrades at high Peclet numbers. In the case of iLu preconditioner the convergence suffer from increasing grid size but stable at high Peclet numbers.

Key words: Chebyshev Method; bi-conjugate gradient; iLU-decomposition; Bartels-Stuart algorithm.

Let us consider the boundary value problem for the stationary convection–diffusion equation in a rectangular domain Ω with the boundary $\partial\Omega$:

$$v_x \frac{\partial u}{\partial x} + v_y \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{1}{Pe} \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) = f(x, y), \quad (x, y) \in \Omega, \quad (1)$$

$$v_x = 4x(1-x)(1-2y), \quad v_y = -4y(1-2x)(1-y), \quad u(x, y) = 0, \quad (x, y) \in \partial\Omega, \quad (2)$$

where Pe is the Peclet number.

The spectral Chebyshev collocation method, in spite of deep theoretical backgrounds, can be represented by a few simple transparent ideas [1, 2]. The approximate solution of differential problem (1), (2) is looked for on the Chebyshev grid

$$\omega_h = \left\{ (x_k, y_m) \quad x_k = \cos \frac{(k-1)\pi}{N_x-1}, \quad k = \overline{1, N_x}, \quad y_m = \cos \frac{(m-1)\pi}{N_y-1}, \quad m = \overline{1, N_y} \right\}. \quad (3)$$

as a solution of the linear equation system

$$A\mathbf{u} = \mathbf{f} \quad (4)$$

where, for simplicity $N_x = N_y = N$, $\mathbf{u} = (u_{2,2}, u_{3,2}, \dots, u_{N-1,2}, u_{2,3}, u_{3,3}, \dots, u_{N-1,3}, \dots, u_{N-1,N-1})^T$ is the vector of the approximate solution at the inner grid pints (3),

$$A = V_x D_x^{(1)} + V_y D_y^{(1)} + \nu (D_x^{(2)} + D_y^{(2)}), \quad (5)$$

$$V_{x,y} = \text{diag} (v_{2,2}, v_{3,2}, \dots, v_{N-1,2}, v_{2,3}, v_{3,3}, \dots, v_{N-1,3}, \dots, v_{N-1,N-1})_{x,y}, \quad v_{k,m} = v_{x,y}(x_k, y_m), \quad (6)$$

$$D_x^{(n)} = I \otimes D^{(n)}, \quad D_y^{(n)} = D^{(n)} \otimes I, \quad (7)$$

I is the identity matrix, $D^{(n)} \in R^{(N-2) \times (N-2)}$ is n - order Chebyshev differentiation matrix [1] with eliminated firsts and last rows and columns in order to satisfy zero boundary conditions.

For solving system (5) the stabilized version of biCG [3] with two kinds of preconditions were used. The first kind of precondition is the couple of incomplete LU decomposition components (iLU). As an alternative approach we used also discrete finite-difference version of the Laplace operator Λ weighted with its hermitian part:

$$P = \Lambda + \frac{1}{\sigma} (\Lambda + \Lambda^T), \quad \Lambda = I \otimes D_{FD}^{(2)} + D_{FD}^{(2)} \otimes I, \quad (8)$$

where $D_{FD}^{(2)} \in R^{(N-2)(N-2)}$ is the second order finite-difference derivative on the non uniform Chebyshev grid. For solving equations system with matrix P , this system is transferred into the Lyapunov matrix equation

$$D_{FD}^{(2)}U + UD_{FD}^{(2)T} = F, \quad (9)$$

where $U, F \in R^{(N-2)(N-2)}$ are the solution and the right hand side of the system represented in the matrix form. For solving equation (9) the Bartels-Stuart (B-S) algorithm was used and as follows we refer this preconditioner type to as B-S. Numerical experiments shown that more rapid iterations convergence is observed at $\sigma \cong 1.5$.

An example of problem (1), (2) solution is presented in Fig. 1.

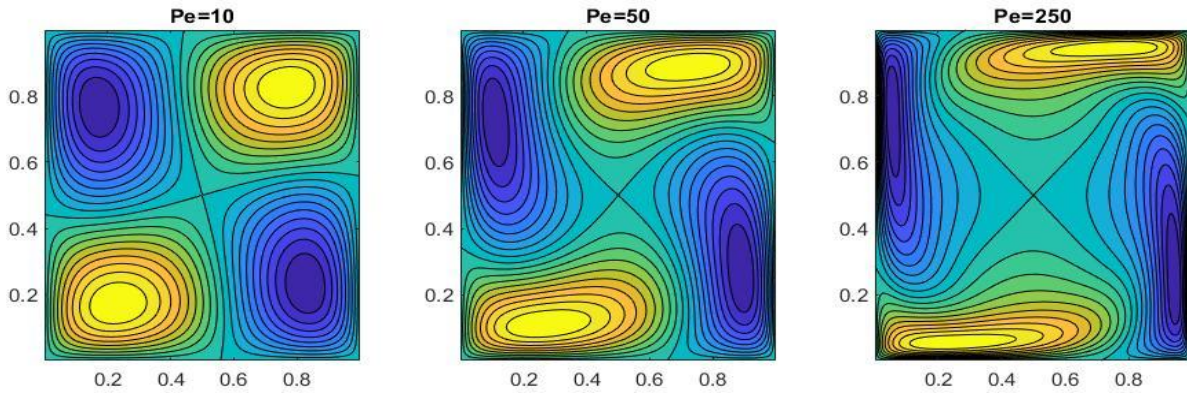


Fig. 1. Solutions of problem (1), (2) with $f(x, y) = \cos(\pi x)\cos(\pi y)$ at different values Pe

One of the interesting question is performance of the iterative methods in dependence on the grid size N and Peclet number when $Pe \gg 1$. Simulations results are presented in Fig.1 and Fig.2.

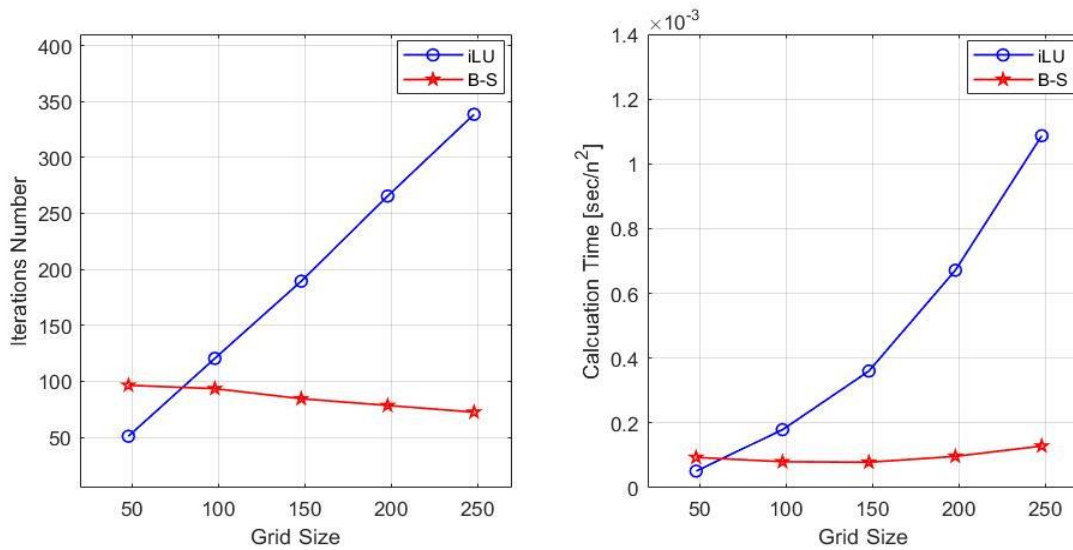


Fig. 2. Performance characteristics of the iterative methods in dependence on the grid size. $Pe=100$.

It can be seen in Fig. 1 (left), the number of the BiCG iterations to convergence in the case of iLU preconditioner linearly grows with increasing grid size. At the same time, for the B-S preconditioner, the convergence rate is practically independent on the grid points number. As a result, the normalized calculations time in the last case is practically independent of the grid size (see Fig. 1 (right)).

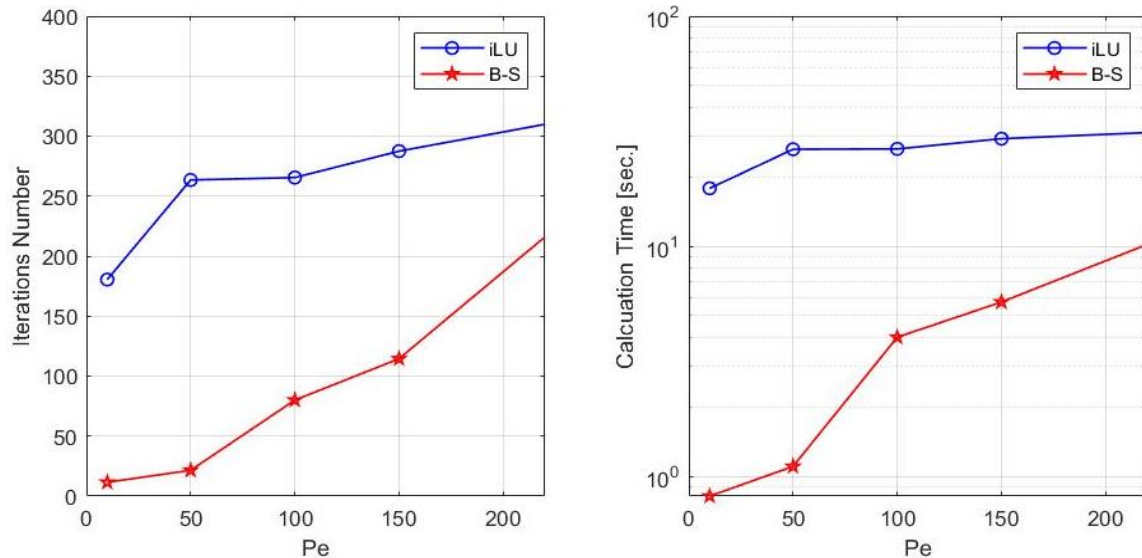


Fig. 3. Performance characteristics of the iterative methods in dependence on the Peclet number. $N=200$

Convergence of the biCG with iLU preconditioner is more stable at high Peclet numbers but this approach suffers from increasing grid size. It is expected that advantages of the B-S can be observed only at relatively low Peclet number $Pe \leq 300$. Most probably, discrete Laplace type preconditioner is commonly inappropriate for iterative implementation of numerical methods for convection-diffusion equations in the case of big Peclet numbers. Similar peculiarities of such preconditioners were discussed earlier applying to finite-difference methods [4].

So, the proposed iterative technic solves the problem only partly and further investigation in development of an appropriate preconditioner for the case of big Peclet numbers is still required.

References

1. Trefethen L. N. Spectral methods in MATLAB. Society for industrial and applied mathematics, 2000.
2. Weideman J. A., Reddy S. C. A MATLAB differentiation matrix suite //ACM transactions on mathematical software (TOMS). 2000. T. 26. №. 4. P. 465-519.
3. Van der Vorst, H.A., "BI-CGSTAB: A fast and smoothly converging variant of BI-CG for the solution of nonsymmetric linear systems," SIAM J. Sci. Stat. Comput., March 1992, Vol. 13, No. 2, pp. 631-644).
4. Volkov V. M., Lehtikov S. N. Multicomponent iterative methods of decomposition type for two-dimensional stationary problems of dissipative transfer //Differentsial'nye Uravneniya. 1997. T. 33. №. 7. P. 927-933.

SPECTRAL CHEBESHEV COLLOCATION METHOD WITH ARTIFICIAL VISCOSITY FOR SIMULATIONS OF DFB-LASER DYNAMICS

V. M. Volkov¹⁾, Zhang Jing¹⁾, N. P. Matsuka²⁾

¹⁾ Belarus state university,

Nezavisimosti ave., 4, 220030, Minsk, Belarus, volkovvm@bsu.by

²⁾Institute of Mathematics, National Academy of Sciences \

Surganov str., 11, 220072, Minsk, Belarus, matsuka@im.bas-net.by

To analyze the system of laser equations, a numerical technique based on a combination of the Chebyshev spectral method with artificial viscosity and the fourth order Runge-Kutta method are represented. On the example of the amplitude-frequency response of the DFB structure simulations, it is shown that the proposed technique significantly exceeds the effectiveness of standard difference method traditionally used for the considered class of problems.

Key words: Chebyshev Method; Artificial Viscosity; FDB-Lasers.

For simulations of the semiconductor DFB lasers dynamics taking into account the spatial hole burning effects, a system of two coupled first-order differential hyperbolic equations together with material ODE equations are used [1]:

$$\begin{aligned} \frac{1}{v_g} \frac{\partial E_{\pm}}{\partial t} \pm \frac{\partial E_{\pm}}{\partial z} &= G(N, E)(1 - i\alpha)E_{\pm} - \frac{\gamma}{2}E_{\pm} + i\kappa E_{\mp} + F_{\pm}(z, t), \\ \frac{dN}{dt} &= \frac{J}{e \cdot d} - BN^2 - CN^3 - \frac{v_g g_N (N - N_0) P}{1 + \varepsilon P} + F_N(z, t), \quad P = |E_+|^2 + |E_-|^2, \\ G(N, E) &= \frac{\Gamma g_N (N - N_0)}{2(1 + \varepsilon P)} \end{aligned} \quad (1)$$

Here E_{\pm} are complex envelopes of the light fields, v_g is the group velocity, N_0 is the carrier number at transparency g_n and δ are the amplification and the frequency detuning coefficients respectively, κ is the coupling coefficient J is the injection current, $F_{\pm}(z, t)$ represent the spontaneous emission noise (see ref. [1] for more details.).

For the numerical analysis of Eqs. (1), the finite difference methods of the characteristic type including splitting methods [1], TLLM (transmission - line laser model) [2] are used. As shown in [3], to solve stationary problems of counter propagating waves interaction of the form (1), the use of the spectral Chebyshev methods seems to be very effective.

To construct the spectral method for solving the non-stationary problem (1), we used the approximation of spatial derivatives using the Chebyshev spectral differentiation matrix, similarly to [3]. As a result, the original partial differential equations (1) are reduced to the Cauchy problem for a system of ordinary differential equations of dimension $2N$ where N is the number of spatial grid nodes. For the numerical analysis of the resulting system, the Runge-Kutta method of 4th accuracy order was used. Additionally, an artificial viscosity term in the form of second spatial derivative with the small parameter, $\nu \partial^2 E_{\pm} / \partial z^2$ was included in the right hand side of the field equations (1).

To show advantages of the proposed approach the following simplified coupling wave equations model with artificial viscosity where used

$$\frac{\partial E_{\pm}}{\partial t} \pm \frac{\partial E_{\pm}}{\partial z} = \nu \frac{\partial^2 E_{\pm}}{\partial z^2} + i\kappa E_{\mp}, \quad z \in [-L/2, L/2], \quad t \in [0, T], \quad (2)$$

$$E_{\pm}(z, 0) = 0, \quad E_{+}(-L, t) = \delta(t).$$

For the accuracy estimation, the exact frequency dependence of the reflection coefficient [3] was used

$$\frac{|E_{-}(\Delta f, -L/2)|}{|E_{+}(\Delta f, -L/2)|} = R(\Delta f) = \frac{\sinh(\alpha)}{\sqrt{\cosh(\alpha^2 - \eta^2)}}, \quad \alpha = \sqrt{\kappa^2 - \Delta f^2}, \quad \eta = \Delta f / \kappa, \quad (3)$$

Simulation results for the problem (2), (3) using the finite difference and the spectral Chebyshev methods are presented in Fig. 1. The calculation time is defined the spatial grid size which is varied in the limits from N=13 to N=41 for the spectral methods and from N=25 to 1601 for the finite difference method.

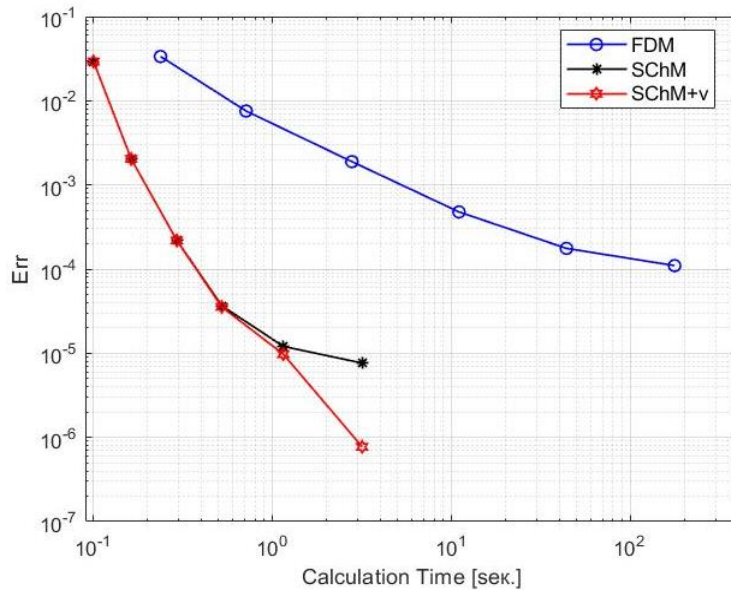


Fig. 1. Dependence of the accuracy on the calculation time

It can be seen in Fig. 1, the finite-difference methods provides the specified accuracy with sufficiently greater calculation time (about to hundred factor) in comparison with the spectral Chebyshev method. Moreover, introducing the artificial viscosity improve the spectral method accuracy about then times on the fine numerical grid.

References

1. Kim B. S., Chung Y., Lee J. S. An efficient split-step time-domain dynamic modeling of DFB/DBR laser diodes // IEEE journal of quantum electronics. 2000. T. 36. №. 7. P. 787-794.
2. Lowery A. J. Transmission-line modelling of semiconductor lasers: The transmission-line laser model //International Journal of Numerical Modelling: Electronic Networks, Devices and Fields. 1989. T. 2. №. 4. P. 249-265.
3. Buyalskaya Yu.V., Volkov V.M. Chebyshev's spectral method for numerical modeling of counter-interaction of optical waves in nonlinear media // Journal of the Belarusian State University. Mathematics. Computer science. 2018, No. 3. P.75-81.
4. Vinogradova M. B., Rudenko O. V., Sukhorukov A. P. Wave Theory M. 1979 (In Russian).

О КВАДРАТУРНЫХ ФОРМУЛАХ НАИВЫСШЕЙ АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ СТЕПЕНИ ТОЧНОСТИ ДЛЯ МАТРИЧНОЗНАЧНЫХ ФУНКЦИЙ

М. В. Игнатенко

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, ignatenkomv@bsu.by*

Рассматривается проблема приближенного вычисления интегралов от функциональных матриц: вопросы построения и исследования квадратурных формул наивысшей алгебраической степени точности для матричнозначных функций, которые являлись бы обобщениями соответствующих квадратурных правил (типа Гаусса) в случае скалярных функций. Получены квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности в различной форме для приближенного интегрирования матричнозначных функций второго и произвольного порядка. Рассмотрен частный случай квадратурных правил, когда в качестве веса выступает диагональная функциональная матрица. Исследована сходимость предложенного квадратурного процесса к точному значению матричного интеграла. Представленные результаты основаны на применении отдельных известных фактов теории интерполирования и приближенного интегрирования скалярных функций.

Ключевые слова: интерполяционная квадратурная формула; алгебраическая степень точности; квадратуры типа Гаусса; матричнозначная функция; матричный алгебраический многочлен.

Введение

Исследования в области матричного анализа вызывают интерес с точки зрения развития его теории и приложений. Квадратурные правила для вычисления интегралов от функций находят широкое применение при построении приближенных методов решения различных классов задач (например, решение интегральных уравнений). Одним из обобщений задачи приближенного интегрирования функций является задача аппроксимации матричных интегралов. Основные вопросы, которые здесь возникают, – это разрешимость самой задачи, построение формул приближенного интегрирования матричнозначных функций, изучение их погрешностей, сходимости к точному значению матричного интеграла и другие. Как и в скалярном случае, важным классом квадратурных формул для интегралов от функциональных матриц являются правила наивысшей алгебраической степени точности.

Цель работы состоит в построении квадратурных формул наивысшей алгебраической степени точности для приближенного вычисления матричных интегралов, которые являлись бы обобщением соответствующих гауссовских квадратурных правил, известных для скалярного случая. Построены квадратурные формулы наивысшей алгебраической степени точности в различной форме для приближенного интегрирования матричнозначных функций второго и произвольного порядка. Рассмотрен частный случай квадратурных правил, когда в качестве веса выступает диагональная функциональная матрица. Исследована сходимость предложенного квадратурного процесса к точному значению матричного интеграла. Полученные результаты базируются на применении известных фактов теории приближенного интегрирования скалярных функций, понятия ортогональных матричных полиномов и обобщают класс квадратурных правил типа Гаусса, известных для скалярного случая

Квадратуры гауссова типа в случае диагональной весовой матрицы

Рассмотрим построение квадратурных формул вида

$$\int_a^b p(x)F(x)dx \approx \sum_{k=1}^n A_k F(x_k), \quad (1)$$

$$\int_a^b F(x)p(x)dx \approx \sum_{k=1}^n A_k F(x_k), \quad (2)$$

где весовая функция $p(x) = \text{diag}[p_1(x), p_2(x), \dots, p_m(x)]$ и ее элементы $\delta_i(\delta)$ удовлетворяют условиям $\delta_i(\delta) \geq 0$, $x \in [a, b]$, $\int_a^b p_i(x)dx > 0$ ($i = 1, 2, \dots, m$).

Заметим, что в левой части правила (1) произведение $p(x)F(x)$ – матрица с элементами $\delta_i(x)f_{ij}(x)$, а в левой части равенства (2) произведение $F(x)p(x)$ – матрица с элементами $\delta_j(x)f_{ij}(x)$, поэтому

$$\int_a^b p(x)F(x)dx = \left[\int_a^b p_i(x)f_{ij}(x)dx \right], \quad \int_a^b F(x)p(x)dx = \left[\int_a^b p_j(x)f_{ij}(x)dx \right].$$

Через $P_{nv}(x)$ обозначим алгебраический многочлен степени n , ортогональный относительно веса $p_\nu(x)$ на отрезке $[a, b]$ ко всем алгебраическим многочленам низшей степени, т.е. $\int_a^b p_\nu(x)P_{nv}(x)x^i dx = 0$ для значений $i = 0, 1, \dots, n-1$ и $\nu = 1, 2, \dots, \delta$.

Корни многочлена $P_{nv}(x)$ различны, и мы будем обозначать их через $x_k^{(\nu)}$ ($k = 1, 2, \dots, n$). Для скалярных функций $f(x)$ квадратурная формула вида

$$\int_a^b p_\nu(x)f(x)dx \approx \sum_{k=1}^n A_k^{(\nu)} f(x_k^{(\nu)}), \quad (3)$$

где квадратурные коэффициенты

$$A_k^{(\nu)} = \int_a^b p_\nu(x) \frac{\omega_{n\nu}(x)}{(x-x_k^{(\nu)})\omega'_{n\nu}(x_k^{(\nu)})} dx, \quad \omega_{n\nu}(x) = (x-x_1^{(\nu)})(x-x_2^{(\nu)})\dots(x-x_n^{(\nu)}),$$

будет точна, если $f(x)$ – алгебраический многочлен степени не выше $2n-1$. Следовательно,

$$\int_a^b p(x)F(x)dx = \left[\int_a^b p_i(x)f_{ij}(x)dx \right] \approx \left[\sum_{k=1}^n A_k^{(i)} f_{ij}(x_k^{(i)}) \right], \quad (4)$$

$$\int_a^b F(x)p(x)dx \approx \left[\sum_{k=1}^n A_k^{(j)} f_{ij}(x_k^{(j)}) \right]. \quad (5)$$

Заметим, что в развёрнутом виде матрица $\left[\sum_{k=1}^n A_k^{(i)} f_{ij}(x_k^{(i)}) \right]$ в правой части приближенного равенства (4) имеет вид \approx

$$\sum_{k=1}^n \begin{bmatrix} A_k^{(1)} f_{11}(x_k^{(1)}) & A_k^{(1)} f_{12}(x_k^{(1)}) & \dots & A_k^{(1)} f_{1m}(x_k^{(1)}) \\ A_k^{(2)} f_{21}(x_k^{(2)}) & A_k^{(2)} f_{22}(x_k^{(2)}) & \dots & A_k^{(2)} f_{2m}(x_k^{(2)}) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_k^{(m)} f_{m1}(x_k^{(m)}) & A_k^{(m)} f_{m2}(x_k^{(m)}) & \dots & A_k^{(m)} f_{mm}(x_k^{(m)}) \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Через A_k обозначим диагональную матрицу с элементами $A_k^{(1)}, A_k^{(2)}, \dots, A_k^{(m)}$, а через $\tilde{F}(x_k)$ – матрицу, полученную подстановкой корня $x_k^{(i)}$ в i -ю строку матрицы $F(x)$ вместо аргумента x . Тогда матрицу (6) запишем в виде $\sum_{k=1}^n A_k \tilde{F}(x_k)$ и получим квадратурную формулу

$$\int_a^b p(x)F(x)dx \approx \sum_{k=1}^n A_k \tilde{F}(x_k), \quad (7)$$

которая точна для полиномиальных матриц $F(x)$ степени не выше $2n-1$. Этим же свойством обладает квадратурная формула $\int_a^b F(x)p(x)dx \approx \sum_{k=1}^n \tilde{F}(x_k)A_k$ для вычисления интеграла в левой части приближенного равенства (5).

Квадратуры наивысшей алгебраической степени точности другой структуры

Ограничимся случаем функциональных матриц второго порядка

$$F(x) = \begin{bmatrix} f_{11}(x) & f_{12}(x) \\ f_{21}(x) & f_{22}(x) \end{bmatrix}, \quad p(x) = \begin{bmatrix} p_1(x) & 0 \\ 0 & p_2(x) \end{bmatrix}.$$

Для ортогональных относительно весов $p_1(x)$ и $p_2(x)$ на отрезке $[a, b]$ алгебраических многочленов $P_{n1}(x)$ и $P_{n2}(x)$ степени n к алгебраическим многочленам низшей степени соответственно выполняются равенства

$$\int_a^b p_1(x)P_{n1}(x)x^i dx = \int_a^b p_2(x)P_{n2}(x)x^i dx = 0 \quad (i = 0, 1, \dots, n-1).$$

Будем считать, что они ортонормированные, т.е.

$$\int_a^b p_1(x)P_{n1}^2(x)x^i dx = \int_a^b p_2(x)P_{n2}^2(x)x^i dx = 1.$$

Положим $P_n(x) = \begin{bmatrix} P_{n1}(x) & 0 \\ 0 & P_{n2}(x) \end{bmatrix}$. Тогда $\int_a^b p(x)P_n(x)Q_{n-1}(x)dx = 0$, где $Q_{n-1}(x)$ – произ-

вольная матрица вида $Q_{n-1}(x) = \begin{bmatrix} q_{11}(x) & q_{12}(x) \\ q_{21}(x) & q_{22}(x) \end{bmatrix}$, $q_{ij}(x)$ ($i, j = 1, 2$) – алгебраические многочлены степени не выше $i-1$.

В этом случае формула (7) в поэлементной записи имеет вид

$$\begin{aligned}
\int_a^b p(x)F(x)dx &= \int_a^b \begin{bmatrix} p_1(x)f_{11}(x) & p_1(x)f_{12}(x) \\ p_2(x)f_{21}(x) & p_2(x)f_{22}(x) \end{bmatrix} dx \approx \sum_{k=1}^n \begin{bmatrix} A_k^{(1)}f_{11}(x_k^{(1)}) & A_k^{(1)}f_{12}(x_k^{(1)}) \\ A_k^{(2)}f_{21}(x_k^{(2)}) & A_k^{(2)}f_{22}(x_k^{(2)}) \end{bmatrix} = \\
&= \sum_{k=1}^n A_k^{(1)} \begin{bmatrix} f_{11}(x_k^{(1)}) & f_{12}(x_k^{(1)}) \\ 0 & 0 \end{bmatrix} + \sum_{k=1}^n A_k^{(2)} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ f_{21}(x_k^{(2)}) & f_{22}(x_k^{(2)}) \end{bmatrix} = \\
&= \sum_{k=1}^n A_k^{(1)} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{11}(x_k^{(1)}) & f_{12}(x_k^{(1)}) \\ f_{21}(x_k^{(1)}) & f_{22}(x_k^{(1)}) \end{bmatrix} + \sum_{k=1}^n A_k^{(2)} \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{11}(x_k^{(2)}) & f_{12}(x_k^{(2)}) \\ f_{21}(x_k^{(2)}) & f_{22}(x_k^{(2)}) \end{bmatrix} = \\
&= \sum_{k=1}^n A_k^{(1)} E_1 F(x_k^{(1)}) + \sum_{k=1}^n A_k^{(2)} E_2 F(x_k^{(2)}),
\end{aligned}$$

где $E_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$, $E_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$.

Введя обозначения $A_{k1} = A_k^{(1)} E_1 = \begin{bmatrix} A_k^{(1)} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$, $A_{k2} = A_k^{(2)} E_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & A_k^{(2)} \end{bmatrix}$, придем к формуле

$$\int_a^b p(x)F(x)dx \approx \sum_{k=1}^n \left[A_{k1} F(x_k^{(1)}) + A_{k2} F(x_k^{(2)}) \right]. \quad (8)$$

Аналогично формуле (8) для интеграла (2) имеем

$$\int_a^b F(x)p(x)dx \approx \sum_{k=1}^n \left[F(x_k^{(1)})A_{k1} + F(x_k^{(2)})A_{k2} \right].$$

Обобщим результаты по построению квадратурных формул с диагональными весовыми матрицами второго порядка на случай общего интеграла

$$\int_a^b F(x)p(x)G(x)dx,$$

где $p(x)$ – как и ранее, диагональная матрица с элементами $p_1(x)$ и $p_2(x)$, ее элементы $\delta_i(\vec{\delta})$

удовлетворяют условиям $\delta_i(\vec{\delta}) \geq 0$, $x \in [a, b]$, $\int_a^b p_i(x)dx > 0$ ($i=1,2$), а $F(x)$ и $G(x)$ – произвольные полиномиальные матрицы второго порядка:

$$F(x) = \begin{bmatrix} f_{11}(x) & f_{12}(x) \\ f_{21}(x) & f_{22}(x) \end{bmatrix}, \quad G(x) = \begin{bmatrix} g_{11}(x) & g_{12}(x) \\ g_{21}(x) & g_{22}(x) \end{bmatrix}.$$

В этом случае имеем

$$\int_a^b F(x)p(x)G(x)dx = \sum_{s=1}^2 \sum_{t=1}^2 \left[\int_a^b f_{is}(x)p_{st}(x)g_{tj}(x)dx \right],$$

при этом элементы $\delta_{12}(x) = \delta_{21}(x) = 0$, а функции $\delta_{11}(x) = \delta_1(x)$, $\delta_{22}(x) = \delta_2(x)$. Поэтому

$$\int_a^b F(x)p(x)G(x)dx = I_1 + I_2,$$

где интегралы I_1 и I_2 определены следующими правилами:

$$\begin{aligned} I_1 &= \int_a^b p_1(x) \begin{bmatrix} f_{11}(x)g_{11}(x) & f_{11}(x)g_{12}(x) \\ f_{21}(x)g_{11}(x) & f_{21}(x)g_{12}(x) \end{bmatrix} dx, \\ I_2 &= \int_a^b p_2(x) \begin{bmatrix} f_{12}(x)g_{21}(x) & f_{12}(x)g_{22}(x) \\ f_{22}(x)g_{21}(x) & f_{22}(x)g_{22}(x) \end{bmatrix} dx. \end{aligned} \quad (9)$$

Заметим, что в равенствах (9) подынтегральные множители $p_1(x)$ и $p_2(x)$ – скалярные функции, и, следовательно, для вычисления интегралов I_1 и I_2 можно воспользоваться соответствующими квадратурными формулами наивысшей степени точности.

Через $F_1(x)$ обозначим матрицу, стоящую под знаком интеграла I_1 , а через $F_2(x)$ – матрицу под знаком интеграла I_2 в формулах (9). Если $x_k^{(1)}$ и $x_k^{(2)}$ ($k=1, 2, \dots, n$) – корни алгебраических многочленов $P_{n1}(x)$ и $P_{n2}(x)$ степени n , ортогональных относительно весов $p_1(x)$ и $p_2(x)$ на отрезке $[a, b]$ к алгебраическим многочленам низшей степени соответственно, то следующая квадратурная формула будет иметь наивысшую алгебраическую степень точности, равную $2n-1$:

$$\int_a^b F(x)p(x)G(x)dx \approx \sum_{k=1}^n A_k^{(1)} F_1(x_k^{(1)}) + \sum_{k=1}^n A_k^{(2)} F_2(x_k^{(2)}), \quad (10)$$

где коэффициенты $A_k^{(1)}$ и $A_k^{(2)}$ такие, как в формуле (3) при $v=1$ и $v=2$.

Далее перепишем формулу (8) в несколько ином виде. Для этого $x_k^{(1)}$ и $x_k^{(2)}$ обозначим через $\tilde{\alpha}_k$ и $\tilde{\alpha}_{n+k}$ ($k=1, 2, \dots, n$), а матрицы $A_k^{(1)}$ и $A_k^{(2)}$ – через Λ_k и Λ_{n+k} ($k=1, 2, \dots, n$), соответственно. Тогда формула (8) примет вид

$$\int_a^b p(x)F(x)dx \approx \sum_{k=1}^{2n} \Lambda_k F(x_k).$$

Запишем формулу (10) также в другом виде. Для этого воспользуемся равенством

$$\begin{aligned} F(x)p(x)G(x) &= F(x) \begin{bmatrix} p_1(x) & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} G(x) + F(x) \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & p_2(x) \end{bmatrix} G(x) = \\ &= p_1(x)F(x)G_1(x) + p_2(x)F(x)G_2(x), \end{aligned}$$

где $G_1(x) = \begin{bmatrix} g_{11}(x) & g_{12}(x) \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$, $G_2(x) = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ g_{21}(x) & g_{22}(x) \end{bmatrix}$. Здесь $p_1(x)$ и $p_2(x)$ – скалярные веса, поэтому искомая формула наивысшей степени точности будет иметь вид

$$\begin{aligned} \int_a^b F(x)p(x)G(x)dx &\approx \sum_{k=1}^n A_k^{(1)} F(x_k^{(1)})G_1(x_k^{(1)}) + \sum_{k=1}^n A_k^{(2)} F(x_k^{(2)})G_2(x_k^{(2)}) = \\ &= \sum_{k=1}^n F(x_k^{(1)})A_{k1}G(x_k^{(1)}) + \sum_{k=1}^n F(x_k^{(2)})A_{k2}G(x_k^{(2)}). \end{aligned}$$

Пусть матрица $\Lambda_k = A_{k1}$, а $\Lambda_{n+k} = A_{k2}$ для $k = 1, 2, \dots, n$. Напомним, что $A_{k1} = \begin{bmatrix} A_k^{(1)} & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$,

$A_{k2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & A_k^{(2)} \end{bmatrix}$, где $A_k^{(1)}$ и $A_k^{(2)}$ – квадратурные коэффициенты формулы (3), для произволь-

ного натурального числа i и значений $\nu = 1, \nu = 2$.

Последовательность корней $(x_1^{(1)}, x_2^{(1)}, \dots, x_n^{(1)}, x_1^{(2)}, x_2^{(2)}, \dots, x_n^{(2)})$ будем обозначать $(x_1, x_2, \dots, x_n, x_{n+1}, \dots, x_{2n})$. Тогда формулу (10) можно записать в виде

$$\int_a^b F(x)p(x)G(x)dx \approx \sum_{k=1}^{2n} F(x_k)\Lambda_k G(x_k). \quad (11)$$

Итак, доказана следующая теорема.

Теорема 1. Пусть $p(x)$ – диагональная матрица с элементами $\delta_i(\delta)$, удовлетворяю-

щими условиям $\delta_i(\delta) \geq 0$, $x \in [a, b]$, $\int_a^b p_i(x)dx > 0$ ($i = 1, 2$). Если $\tilde{\delta}_k$ и x_{n+k} ($k = 1, 2, \dots, n$) –

корни алгебраических многочленов $P_{n1}(x)$ и $P_{n2}(x)$ степени n , ортогональных относительно весов $p_1(x)$ и $p_2(x)$ на отрезке $[a, b]$ к алгебраическим многочленам низшей степени

соответственно, тогда формула (11), в которой квадратурные коэффициенты Λ_k задаются равенствами $\Lambda_k = A_{k1}$, $\Lambda_{n+k} = A_{k2}$ ($k = 1, 2, \dots, n$), имеет наивысшую алгебраическую степень точности, равную $2n - 1$.

О сходимости квадратурных процессов типа Гаусса

Обозначим через

$$r_n = \int_a^b F(x)p(x)G(x)dx - \sum_{k=1}^{2n} F(x_k)\Lambda_k G(x_k)$$

матрицу погрешности квадратурной формулы (11).

С учетом известного [1] для скалярного случая факта, согласно которому квадратурная сумма в формулах типа Гаусса сходится к точному значению интеграла при условии, что интегрируемая функция непрерывна, приходим к следующей теореме.

Теорема 2. Если матрицы $F(x)$ и $G(x)$ непрерывны на $[a, b]$, то погрешность r_n сходится к нулевой матрице при $i \rightarrow \infty$.

Заключение

В заключение отметим, что квадратуры наивысшей алгебраической степени точности другой структуры для матричнозначных функций с матричной весовой функцией, отличной от диагональной, построены в работе [2]. Достаточно полная теория интерполирования операторов, заданных на множествах функций и матриц, изложены в монографии [3], в которой в том числе исследуются вопросы интерполирования для матричнозначных и операторнозначных функций.

Библиографические ссылки

1. Крылов В.И. Приближенное вычисление интегралов. М.: Наука, 1967. 500 с.
2. Sinap A., Walter Van Assche. Polynomial interpolation and gaussian quadrature for matrix-valued functions // *Linear algebra and its applications*, 1994. Vol. 207. P. 71-114.
3. Янович Л.А., Игнатенко М.В. Интерполяционные методы аппроксимации операторов, заданных на функциональных пространствах и множествах матриц. Минск: Беларус. навука, 2020. 476 с.

О КЛАССИЧЕСКОМ РЕШЕНИИ ОДНОЙ ЗАДАЧИ ИЗ ТЕОРИИ ИЗГИБА БАЛОК ТИМОШЕНКО

В. И. Корзюк^{1,2)}, Я. В. Рудько¹⁾

¹⁾ Институт математики НАН Беларуси,
ул. Сурганова, 11, 220072, г. Минск, Беларусь
²⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Для нелинейного строго гиперболического биволнового уравнения, заданного в первом квадранте, рассматривается смешанная задача, в которой на пространственной полуоси задаются условия Коши, а на временной полуоси задаются условия Дирихле и Вентцеля. Решение строится методом характеристик в неявном аналитическом виде как решение некоторых интегро-дифференциальных уравнений. С помощью метода продолжения по параметру и априорных оценок проводится исследование разрешимости этих уравнений, а также зависимости от начальных данных и гладкости их решений. Для рассматриваемой задачи устанавливаются условия, при выполнении которых её классическое решение существует, единственно и непрерывно зависит от начальных и граничных данных.

Ключевые слова: нелинейное биволновое уравнение; смешанная задача; классическое решение; метод характеристик; априорные оценки; метод продолжения по параметру; балка Тимошенко.

Постановка задачи

В области $Q = (0, \infty) \times (0, \infty)$ двух независимых переменных $(t, x) \in \bar{Q} \subset \mathbb{R}^2$ рассматривается нелинейное уравнение

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - a^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2}\right) \left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - b^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2}\right) u(t, x) = \mathcal{F}[u](t, x) := f\left(t, x, u(t, x), \frac{\partial u}{\partial t}(t, x), \frac{\partial u}{\partial x}(t, x), \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}(t, x), \frac{\partial^2 u}{\partial t \partial x}(t, x), \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}(t, x), \frac{\partial^3 u}{\partial t^3}(t, x), \frac{\partial^3 u}{\partial t^2 \partial x}(t, x), \frac{\partial^3 u}{\partial t \partial x^2}(t, x), \frac{\partial^3 u}{\partial x^3}(t, x)\right), \quad (1)$$

где f – функция, заданная на множестве $[0, \infty) \times [0, \infty) \times \mathbb{R}^{10}$, и a и b – заданные положительные действительные числа, такие что $0 < a < b$. К уравнению (1) присоединяются начальные

$$u(0, x) = \varphi_0(x), \quad \partial_t u(0, x) = \varphi_1(x), \quad \partial_t^2 u(0, x) = \varphi_2(x), \quad \partial_t^3 u(0, x) = \varphi_3(x), \quad x \in [0, \infty), \quad (2)$$

и граничные

$$u(t, 0) = \mu_0(t), \quad \partial_x^2 u(t, 0) = \mu_1(t), \quad t \in [0, \infty), \quad (3)$$

условия, где $\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \mu_0$ и μ_1 – функции, заданные на полуоси $[0, \infty)$.

Уравнения вида (1) используются при моделировании балок Тимошенко [1] (в этом случае однородные граничные условия $u(t, 0) = \partial_x^2 u(t, 0) = 0$ соответствуют свободно опертой балке), при исследовании физических полей [2, 3], в теории управления [4].

Симметричный анализ уравнения (1) был проведен В. И. Фушичем и др. в работах [2, 3].

Задача Коши (1), (2) была рассмотрена нами в работе [5] в случае

$$\mathcal{F}[u](t, x) := g(t, x, u(t, x)),$$

где было доказано существование и единственность глобального классического решения, если функция g удовлетворяет условию $|g(t, x, u) - g(t, x, z)| \leq k(t, x)|u - z|$, где k – измеримая функция, квадрат которой локально суммируем. В той же работе было показано, что задача допускает взрывное решение в случае полиномиальных нелинейностей.

В работе [6] было доказано существование единственного ограниченного глобального слабого непрерывного решения задачи Коши для уравнения (1) с потенциальным оператором \mathcal{M} , задающим нелинейность по формуле

$$\mathcal{F}[u](t, x) = \mathcal{M} \left[\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) u \right] (t, x),$$

где $a < c < b$, при достаточно малых начальных данных и некоторых ограничениях на потенциал оператора \mathcal{M} . В той же работе установлены существование и единственность решения задачи Коши для уравнения (1), если нелинейность f не зависит от производных третьего порядка и удовлетворяет некоторым дополнительным условиям. Эти результаты были обобщены в работе [7] на случай

$$\mathcal{F}[u](t, x) = \left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - c_2^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) u(t, x) + \mathcal{M} \left[\left(\frac{\partial^2}{\partial t^2} - c_1^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} \right) u \right] (t, x).$$

В линейном случае

$$\mathcal{F}[u] = m \frac{\partial^2 u}{\partial t^2},$$

формальное решение задачи (1) – (3) при однородных условиях Коши

$$\varphi_0 \equiv \varphi_1 \equiv \varphi_2 \equiv \varphi_3 \equiv 0$$

было выписано в работе [1], используя метод отражений, преобразование Лапласа и фундаментальные решения. Теоремы существования и единственности классических решений для линейных начальных и смешанных задач для уравнений вида (1) были установлены в работах [8–10].

Построение решения

Интегрирование уравнения (1) с условиями (2) – (3) проводится следующим образом:

1. По схеме, изложенной в работе [11], выводятся необходимые условия согласования начальных и граничных данных, а также правой части.

2. Методом характеристик выписывается формальное решение линейной задачи (1) – (3) при $\mathcal{F}[u](t, x) = 0$.

3. Методом Дюамеля формально строится решение линейной задачи (1) – (3) при $\mathcal{F}[u](t, x) = f(t, x)$.

4. Устанавливается, что полученное ранее решение линейной задачи (1) – (3) при $\mathcal{F}[u](t, x) = f(t, x)$ является в самом деле классическим; доказывается его единственность.

5. Используя подход из книги [12], ранее примененный нами в работах [13, 14], решение уравнения (1) с условиями (2) и (3) сводится к решению некоторых эквивалентных интегро-дифференциальных уравнений. На этом этапе существенно используются ранее полученные нами результаты для линейного случая.

6. С помощью метода продолжения по параметру [15, 16] доказываются существование и единственность решений, непрерывно зависящих от начальных и граничных данных, интегро-дифференциальных уравнений, полученных на предыдущем шаге.

Таким образом, по данной схеме, на последнем шаге мы получаем решения некоторых интегро-дифференциальных уравнений, которые оказываются решением смешанной задачи (1) – (3). При этом данный подход оказывается конструктивным, поскольку он позволяет искать решение задачи (1) – (3) приближенно, используя метод последовательных приближений.

Классическое решение

Основной результат доклада сформулируем в виде теоремы.

Теорема 3. Пусть выполняются условия гладкости

$$\varphi_0 \in C^4([0, \infty)), \varphi_1 \in C^3([0, \infty)), \varphi_2 \in C^2([0, \infty)), \varphi_3 \in C^1([0, \infty)), \\ f \in C^1(\bar{Q} \times \mathbb{R}^{10}), \mu_0 \in C^4([0, \infty)), \mu_1 \in C^2([0, \infty)),$$

и пусть функция f удовлетворяет условию Липшица

$$|f(t, x, \mathbf{u}_1) - f(t, x, \mathbf{u}_2)| \leq L(t, x) \|\mathbf{u}_1 - \mathbf{u}_2\|_1,$$

где L – функция класса $C(\bar{Q})$. Тогда смешанная задача (1) – (3) имеет в классе $C^4(\bar{Q})$ единственное решение u тогда и только тогда, когда выполняются условия

$$\begin{aligned} \mu_0(0) &= \varphi_0(0), D\mu_0(0) = \varphi_1(0), D^2\mu_0(0) = \varphi_2(0), D^3\mu_0(0) = \varphi_3(0), \\ \mu_1(0) &= D^2\varphi_0(0), D\mu_1(0) = D^2\varphi_1(0), D^2\mu_1(0) = D^2\varphi_2(0), \\ D^4\mu_0(0) &= 2(a^2 + b^2) D^2\varphi_2(0) - a^2b^2 D^4\varphi_2(x) + f(0, 0, \varphi_0(0), \varphi_1(0), D\varphi_0(0), \\ &\varphi_2(0), D\varphi_1(0), D^2\varphi_0(0), \varphi_3(0), D\varphi_2(0), D^2\varphi_1(0), D^3\varphi_0(0)). \end{aligned}$$

Это решение непрерывно зависит от начальных и граничных данных и может быть найдено методом последовательных приближений.

Заключение

В статье получены необходимые и достаточные условия, при выполнении которых для нелинейного биволнового уравнения существует единственное классическое решение смешанной задачи с условиями Дирихле и Вентцеля в четверти плоскости. Установлена зависимость гладкости решения от гладкости начальных функций. Показано, что нарушение условий согласования приводит к невозможности построения классического решения во всей четверти плоскости.

Библиографические ссылки

1. Ortner N., Wagner P. Solution of the Initial-Boundary Value Problem for the Simply Supported Semi-infinite Timoshenko Beam // Journal of Elasticity. 1996. V. 42. P. 217-241.
2. Fushchych W.I., Roman O.V., Zhdanov R.Z. Symmetry and Some Exact Solutions of Non-Linear Polywave Equations // Europhysics Letters. 1995. V. 31, № 2. P. 75-79.
3. Fushchych W.I., Roman O.V., Zhdanov R.Z. Symmetry reduction and some exact solutions of nonlinear biwave equations // Reports on Mathematical Physics. 1996. V. 37, № 2. P. 267-281.
4. Arosio A. On the Nonlinear Timoshenko-Kirchhoff Beam Equation // Chinese Annals of Mathematics. 1999. V. 20. P. 495-506.
5. Корзюк В.И., Рудько Я.В. Классическое решение задачи Коши для полулинейного гиперболического уравнения в случае двух независимых переменных // Известия высших учебных заведений. Математика. 2024. № 3. С. 50-63.
6. Panizzi S. Abstract Nonlinear Timoshenko Beam Equation // Rendiconti del Seminario Matematico della Università di Padova. 1991. V. 86. P. 193-205.
7. Arosio A., Panizzi S. Global Bounded Weak Solutions for an Abstract Nonlinear Timoshenko Beam Equation with Four Propagation Speeds // Funkcialaj Ekvacioj. 1993. V. 36. P. 109-121.
8. Корзюк В.И., Винь Н.В. Классические решения смешанных задач для одномерного биволнового уравнения // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-математических наук. 2016. № 1. С. 69-79.
9. Корзюк В.И., Винь Н.В. Решение задачи для нестрого гиперболического уравнения четвертого порядка с двукратными характеристиками // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-математических наук. 2017. № 1. С. 38-52.
10. Korzyuk V.I., Vinh N.V. Mixed Problem with an Integral Condition for the One-Dimensional Biwave Equation // Differential Equations. 2018. V. 54, № 6. P. 799-810.
11. Korzyuk V.I., Rudzko J.V. Classical Solution of the First Mixed Problem for the Telegraph Equation with a Nonlinear Potential in a Curvilinear Quadrant // Differential Equations. 2023. V. 59, № 8. P. 1075-1089.
12. Evans L.C. Partial Differential Equations. Providence: Am. Math. Soc., 2016.
13. Korzyuk V.I., Rudzko J.V. Classical Solution of the Initial-Value Problem for a One-Dimensional Quasilinear Wave Equation // Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus. 2023. V. 67, № 1. P.14-19.

14. Korzyuk V.I., Rudzko J.V. Mixed Problem with a Directional Derivative for the Telegraph Equation with a Nonlinear Potential // Современные проблемы теории функций и их приложения: материалы 22-й международной Саратовской зимней школы, посвященной 300-летию РАН (Саратов, 28-31 января 2024 г.). Саратов: Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, 2024. С. 124-127.
15. Треногин В.А. Глобальная обратимость нелинейных операторов и метод продолжения по параметру // Докл. РАН. 1996. Т. 350, № 4. С. 455-457.
16. Trenogin V.A. Invertibility of Nonlinear Operators and Parameter Continuation Method // Spectral and Scattering Theory. Boston: Springer, 1998. P. 189-197.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИСКРЕТНЫХ УСТРОЙСТВ СРЕДСТВАМИ ЛОГИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

А. Е. Люлькин

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220040, г. Минск, Беларусь, lulkin@bsu.by*

Рассматриваются вопросы использования логического программирования как средства решения различных задач с применением методов искусственного интеллекта. Приводится пример применения логического программирования для решения задач анализа и тестирования дискретных устройств.

Ключевые слова: логическое программирование; Visual Prolog; дискретное устройство; логическая схема; логическое моделирование.

Логическое программирование и созданные на его основе системы программирования, в частности Turbo Prolog, Visual Prolog и др., находят все более широкое применение как инструментальное средство для решения различных задач с использованием идей и методов теории искусственного интеллекта (ИИ) [1-7]. Логическое программирование позволяет избежать трудоемкой процедуры представления решения задачи в алгоритмической форме на языке программирования, как это делается в процедурном программировании. В этом случае решение задачи сводится к логическому выводу из описания исходной задачи в рамках некоторого логического исчисления. Процедура логического вывода реализуется в соответствующих системах программирования. Однако непосредственное применение логического программирования в ряде случаев затруднено, так как предполагает предварительное описание задачи в рамках исчисления предикатов, причем с ограничениями, присущими конкретной системе логического программирования. Такое описание позволяет определить искомое решение (цель) также в предикатной форме и свести решение к логическому выводу.

Применение логического программирования при решении ряда задач позволяет в десятки раз сократить длину программы по сравнению с процедурным программированием и избежать непосредственной реализации такой трудоемкой процедуры как перебор с возвратом.

Приведем некоторые новые возможности логического программирования, появившиеся в Visual Prolog [1]:

- реализована концепция объектно-ориентированного программирования, что облегчает создание сложных программных систем;
- имеются обширные библиотеки предикатов, реализующих математические функции, средства системного программирования, средства для создания графических интерфейсов пользователя и др.;
- интегрированная среда разработки включает средства визуального программирования;
- возможность создания и эффективной работы с собственными базами данных;
- средства для работы с внешними базами данных, имеющими различную архитектуру;
- средства для создания распределенных приложений типа клиент/сервер.

Отметим также, что применение логического программирования позволяет быстро создавать прототипы систем различного назначения для экспериментального исследования и получения качественных оценок предлагаемых решений. В докладе рассматриваются вопросы использования логического программирования для решения задач моделирования и тестирования дискретных устройств (ДУ), представленных на уровне логических схем.

Построим предикатное описание логической схемы как объекта анализа и тестирования и на его базе будем решать различные задачи анализа и диагностики логических схем. Предикатное описание формулируется с учетом возможности его реализации на языке ПРОЛОГ. Используемая модель, в отличие от таких распространенных описаний ДУ, как булевы функции, конечные автоматы, логические схемы и др., позволяет одинаково эффективно описывать функциональные элементы различной сложности на языке, близком к тому, который используется разработчиками цифровой аппаратуры.

Под конечным предикатом $P(x_1, \dots, x_n)$ будем понимать функцию с областью значений $\{1, 0\}$ (или "истина" и "ложь"), а области значений аргументов функции представляют собой конечные множества X_1, \dots, X_n , где $x_i \in X_i$, $i=1, \dots, n$, т.е. область определения предиката описывается декартовым произведением $X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$.

Пусть $V_r = \{v_1, \dots, v_r\}$ – алфавит, в котором описываются сигналы в линиях логической схемы. Если некоторый логический элемент схемы реализует функцию $y=f(x_1, \dots, x_m)$, заданную в алфавите V_r , то функционирование данного элемента можно описать предикатом $p(x_1, \dots, x_m, y)$ следующим образом:

$$\begin{aligned} p(x_1, \dots, x_m, y) = 1 &\Leftrightarrow y = f(x_1, \dots, x_m), \\ p(x_1, \dots, x_m, y) = 0 &\Leftrightarrow y \neq f(x_1, \dots, x_m). \end{aligned}$$

Пусть входам схемы приписаны переменные x_1, \dots, x_n , внутренним узлам – переменные y_1, \dots, y_r . Тогда логическую схему можно представить в виде совокупности взаимосвязанных уравнений $y_i = f_i(x_{j1}, \dots, x_{jki}, y_{11}, \dots, y_{li})$, где f_i – функция, реализуемая i -м элементом; $\{x_{j1}, \dots, x_{jki}\} \subseteq \{x_1, \dots, x_n\}$, $\{y_{11}, \dots, y_{li}\} \subseteq \{y_1, \dots, y_r\}$ – переменные, описывающие значения сигналов на входах i -го элемента. Заменив функции $f_i(x_{j1}, \dots, x_{jki}, y_{11}, \dots, y_{li})$ предикатами $p_i(x_{j1}, \dots, x_{jki}, y_{11}, \dots, y_{li}, y_i)$ так, как было указано выше, мы получим описание логической схемы в виде совокупности предикатов.

Можно использовать также предикаты, описывающие зависимость значения сигнала в заданном узле схемы от значений сигналов на входах схемы, т.е. предикаты вида $p_{yi}(x_1, \dots, x_n, y_i)$, которые описывают функции $y_i = \varphi_i(x_1, \dots, x_n)$, реализуемые в узлах схемы. Легко видеть, что данные предикаты можно выразить через предикаты, описывающие функции, реализуемые элементами схемы.

Приведенный способ описания логической схемы совокупностью предикатов отличается от описаний, предложенных автором ранее [4,5], компактностью (ранее для представления функции, реализуемой логическим элементом, использовались r предикатов, где r – мощность алфавита моделирования; в приведенном описании каждая функция задается одним предикатом), а также возможностью эффективного решения проблемы локальности переменных при задании условий истинности предикатов.

Аналогично может быть выполнено предикатное описание логических элементов с возможностью внесения константных неисправностей. Как известно, для представления значения сигнала в некоторой линии, которой соответствует переменная y_i , с возможностью внесения константных неисправностей в данную линию можно использовать обобщенную переменную y_i^* . При этом переменная y_i^* вычисляется следующим образом: $y_i^* = y_i \varphi_i^0 \vee \varphi_i^1$. Здесь булевы переменные φ_i^0 и φ_i^1 используются для внесения неисправностей "константа 0" и "константа 1", соответственно; $\varphi_i^0 = 0$, если вносится неисправность "константа 0", иначе $\varphi_i^0 = 1$; $\varphi_i^1 = 1$, если вносится неисправность "константа 1", иначе $\varphi_i^1 = 0$. Не допускается, чтобы одновременно $\varphi_i^0 = 0$ и $\varphi_i^1 = 1$.

Если некоторый логический элемент реализует функцию $y=f(x_1, \dots, x_m)$, то функцию, описывающую данный элемент с возможностью внесения константных неисправностей на входы и выходы элемента, можно представить в следующем виде:

$$y = f(x_1 \varphi_1^0 \vee \varphi_1^1, \dots, x_m \varphi_m^0 \vee \varphi_m^1) \varphi_y^0 \vee \varphi_y^1,$$

где переменные x_1, \dots, x_m заменены обобщенными переменными $x_i^0 = x_i \varphi_i^0 \vee \varphi_i^1, \dots, x_m^0 = x_m \varphi_m^0 \vee \varphi_m^1$, а переменные φ_y^0 и φ_y^1 используются для внесения константных неисправностей на выход элемента. Так же, как и в случае функции, реализуемой логическим элементом в исправном состоянии, опишем функцию $y = f(x_1, \dots, x_m, \varphi_1^0, \dots, \varphi_m^0, \varphi_1^1, \dots, \varphi_m^1, \varphi_y^0, \varphi_y^1)$, реализуемую элементом с неисправностью, предикатом $P(x_1, \dots, x_m, \varphi_1^0, \dots, \varphi_m^0, \varphi_1^1, \dots, \varphi_m^1, \varphi_y^0, \varphi_y^1, y)$. Предикатное описание логической схемы с возможностью внесения константных неисправностей на входы схемы, входы и выходы логических элементов представляет собой совокупность предикатов, описывающих входы схемы и логические элементы с возможностью внесения неисправностей. Отметим здесь, что переменные φ_i^0 и φ_i^1 можно ставить в соответствие только тем входам логических элементов, которые непосредственно следуют после разветвления питающих их входов схемы или выходов других элементов. Если разветвление отсутствует, то, очевидно, достаточно рассматривать неисправности лишь на соответствующем входе схемы или выходе логического элемента.

В докладе приводится пример предикатного описания заданной схемы. Найдены и обоснованы условия, которым должны удовлетворять описания предикатов, поставленных в соответствие функциональным элементам, при которых исключаются повторяющиеся решения.

Библиографические ссылки

1. Адаменко А., Кучуков А. Логическое программирование и Visual Prolog / СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 992 с.
2. Братко И. Алгоритмы искусственного интеллекта на языке PROLOG. М. : Вильямс, 2004. 640 с.
3. Стерлинг Л., Шапиро Э. Искусство программирования на языке Пролог. М. : Мир, 1990. 580 с.
4. Люлькин А.Е. Моделирование и построение тестов дискретных устройств на основе методов искусственного интеллекта // Автоматика и вычислительная техника. 1995. № 6. С. 36-44.
5. Люлькин А.Е. Анализ и диагностика логических схем с использованием языка ПРОЛОГ // Автоматика и вычислительная техника. 1997. № 4. С.42-51.
6. Люлькин А.Е. Моделирование последовательностных схем с использованием логического программирования // Автоматика и вычислительная техника. 1999. № 2. С. 51-59.
7. Люлькин А. Е. Асинхронное моделирование КМОП-структур на переключательном уровне средствами логического программирования // Известия РАН. Теория и системы управления. 2001. № 5. С. 799-804.

ПОСТРОЕНИЕ ИНДЕКСА ДАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Г. С. Малыхин

¹⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, *german.malykhin@gmail.com*,
Научный руководитель: Л. Л. Голубева, кандидат физико-математических наук, доцент

Рассмотрена динамика изменения состояния динамической системы, разделенной на две части, наблюдаемую и воздействующую дополняющую. Указаны инерциальный вклад в динамику и вклад внешнего вмешательства. Определено понятие давления на исследуемую подсистему. Введено понятие текущего состояния баланса и предложен метод оценки давления в контексте динамики относительно состояния баланса. Построен индекс давления на исследуемую подсистему. Произведена оценка давления по предложенному методу на примере динамики основных официальных курсов белорусского рубля.

Ключевые слова: динамическая система; давление; индекс давления.

Существует ряд задач, в которых требуется оценить воздействие внешних условий или регуляторных мер на развитие некоторой системы показателей. К таким задачам можно отнести, например, оценку эффективности стратегии управления, оценку давления на рынок со стороны внешних факторов. В подобных случаях можно рассматривать ситуацию со стороны теории динамических систем, строение которых эффективно отражает взаимосвязи показателей. Известны попытки построения индексов давления, погруженных, однако, в контекст рассматриваемой системы.

Задача: оценить «давление» на состояние и динамику некоторой системы показателей. Данная система определена и наблюдаема. Факторы, оказывающие «давление», могут быть как наблюдаемыми, определенными, так и необозначенными. Полагается, что часть из них являются специальными регулирующими, часть из них не поддается прямому регулированию, а прочие неизвестны, неявны. Будем считать, что вся совокупность исследуемых и внешних показателей образует одну общую динамическую систему. Эта идея отражает их взаимное воздействие.

Представим общую систему в виде прямой суммы двух частей: X_1 – исследуемая, давление на которую оценивается; X_2 – внешняя, потенциально оказывающая давление. Для общей системы не установлены размерность и выражение эволюции, а подсистема X_1 наблюдаема.

$$\frac{dX}{dt} = f(X), \quad \begin{cases} \frac{dX_1}{dt} = f_1(X_1, X_2) \\ \frac{dX_2}{dt} = f_2(X_1, X_2) \end{cases} \quad (1)$$

Начальное состояние системы неизвестно, поэтому попытки дать описание состояния системы на продолжительном временном диапазоне не дадут достоверного результата. В связи с этим давление должно будет определяться точно, для фиксированного момента времени.

Кроме того, стоит разделить понятия давления и его результата. К результату давления, предшествующего выбранному моменту времени, будем относить наблюдаемую динамику X_1 , включая выбранный момент, а для оценки текущего давления будем рассматривать изменения этой динамики.

$$df_1 = \frac{\partial f_1}{\partial X_1^T} dX_1 + \frac{\partial f_1}{\partial X_2^T} dX_2 \quad (2)$$

Именно на этом уровне дифференцирования явно проявляется вмешательство внешней части системы. Таким образом движение исследуемой подсистемы в ее фазовом подпространстве можно представить как результат действия суммы двух ускорений: собственного движения исследуемой подсистемы и вмешательства внешней части. Индекс давления будет построен на основании вклада слагаемого, содержащего dX_2 , в текущее изменение динамики наблюдаемой подсистемы X_1 .

Оценить вмешательство внешней части системы не представляется возможным напрямую, так как выражение эволюции неизвестно. Требуются дополнительные конструкции, позволяющие выделить эту величину и, следовательно, оценить давление.

С другой стороны, без дополнительных условий понятие давления – и его отсутствия – не определены. Невозможно сказать, находится ли некоторая подсистема под давлением внешней части, без определяющих условий.

Для определения давления введем понятие текущего состояния баланса, содержащего представления о текущем положении системы и ее текущей динамике, соответствующих ситуации отсутствия давления в данный момент времени. За этим мы получаем дополнительный инструмент исследования давления – метрику расстояния между текущим действительным состоянием системы и текущим состоянием баланса.

В контексте данных понятий сущность давления привязывается к движению системы относительно состояния баланса. Появляется возможность считать положительным давлением вмешательство, отодвигающее систему дальше от состояния баланса, и отрицательным – приближающее к нему.

Давление (на фрагмент динамической системы) – воздействие на исследуемую подсистему со стороны дополняющей подсистемы динамической системы, выражающееся в отличии реальной текущей эволюции исследуемой подсистемы от собственной (инерционной) текущей эволюции.

В данном исследовании для простоты определим, что для действительного состояния S системы текущее состояние баланса \hat{S} определяется сбалансированным положением наблюдаемой подсистемы \hat{X}_1 и ее текущей сбалансированной динамикой $d\hat{X}_1/dt$.

$$\rho = \rho(X_1, \hat{X}_1) \quad (3)$$

Исследуем динамику метрики в данный момент времени с целью выделить требуемое воздействие:

$$d\rho = \frac{\partial \rho}{\partial X_1^T} dX_1 + \frac{\partial \rho}{\partial \hat{X}_1^T} d\hat{X}_1 \quad (4)$$

$$\begin{aligned} d \frac{d\rho}{dt} = & \left(\frac{dX_1^T}{dt} \frac{\partial^2 \rho}{\partial X_1^2} + \frac{d\hat{X}_1^T}{dt} \frac{\partial^2 \rho}{\partial \hat{X}_1^T \partial X_1} \right) dX_1 + \left(\frac{dX_1^T}{dt} \frac{\partial^2 \rho}{\partial X_1^T \partial \hat{X}_1} + \frac{d\hat{X}_1^T}{dt} \frac{\partial^2 \rho}{\partial \hat{X}_1^2} \right) d\hat{X}_1 + \\ & + \frac{\partial \rho}{\partial X_1^T} d \frac{dX_1}{dt} + \frac{\partial \rho}{\partial \hat{X}_1^T} d \frac{d\hat{X}_1}{dt} \end{aligned} \quad (5)$$

Аналогично ситуации выше, воздействие X_2 проявляется явно на втором порядке дифференцирования.

$$d \frac{dX_1}{dt} = \frac{\partial f_1}{\partial X_1} dX_1 + \frac{\partial f_1}{\partial X_2} dX_2 \quad (6)$$

$$\begin{aligned} d \frac{d\rho}{dt} = & \left(\frac{dX_1^T}{dt} \frac{\partial^2 \rho}{\partial X_1^2} + \frac{d\hat{X}_1^T}{dt} \frac{\partial^2 \rho}{\partial \hat{X}_1^T \partial X_1} \right) dX_1 + \left(\frac{dX_1^T}{dt} \frac{\partial^2 \rho}{\partial X_1^T \partial \hat{X}_1} + \frac{d\hat{X}_1^T}{dt} \frac{\partial^2 \rho}{\partial \hat{X}_1^2} \right) d\hat{X}_1 + \\ & + \frac{\partial \rho}{\partial X_1^T} \frac{\partial f_1}{\partial X_1} dX_1 + \frac{\partial \rho}{\partial X_1^T} \frac{\partial f_1}{\partial X_2} dX_2 + \frac{\partial \rho}{\partial \hat{X}_1^T} d \frac{d\hat{X}_1}{dt} \end{aligned} \quad (7)$$

Используем два предположения. Первое связано со строением метрики: предположим, что расстояние между действительным и сбалансированным состояниями определяется разностью векторов положений исследуемой подсистемы:

$$\rho = \rho(X_1 - \widehat{X}_1) \quad (8)$$

Таким свойством обладает евклидова метрика. Далее будем считать, что

$$\rho(X_1, \widehat{X}_1) = \sqrt{(X_1 - \widehat{X}_1)^2} \quad (9)$$

Второе предположение связано с поведением состояния баланса системы. В продолжение понятия состояния баланса будем, считать, что изменение динамики при отсутствии давления совпадает с собственным вкладом исследуемой системы в изменение своей динамики:

$$d^2 \widehat{X}_1 = d_{\widehat{X}_1}^2 X_1 = \frac{\partial f_1}{\partial X_1} dX_1 \quad (10)$$

С учетом этих предположений имеем

$$d \frac{d\rho}{dt} = \frac{d(X_1 - \widehat{X}_1)^T}{dt} \frac{\partial^2 \rho}{\partial X_1^2} d(X_1 - \widehat{X}_1) + \frac{\partial \rho}{\partial X_1^T} \frac{\partial f_1}{\partial X_2} dX_2 \quad (11)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial X_1^T} \frac{\partial f_1}{\partial X_2} dX_2 = d \frac{d\rho}{dt} - \frac{d(X_1 - \widehat{X}_1)^T}{dt} \frac{\partial^2 \rho}{\partial X_1^2} d(X_1 - \widehat{X}_1) \quad (12)$$

– проекция вектора вмешательства на направление к текущему состоянию баланса. Заметим, что давление вмешательства, сдвигающего состояние системы в направлении перпендикулярном движению к состоянию баланса, разумно считать нулевым.

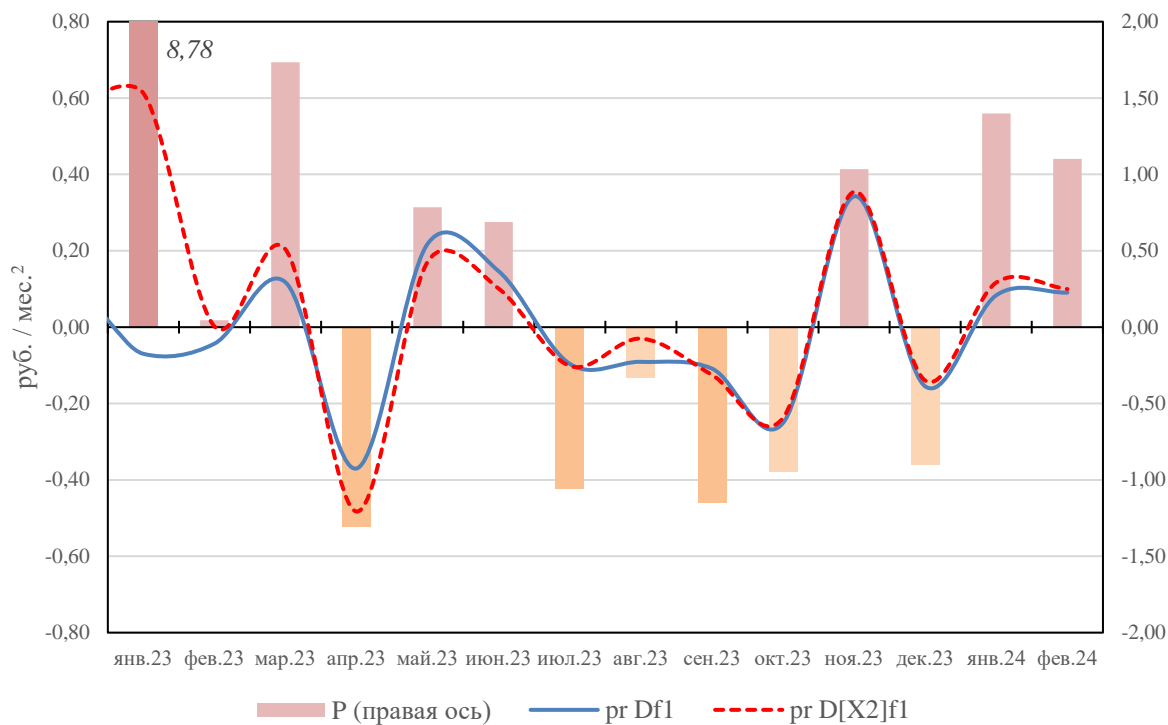
Наконец, определим индекс давления следующим образом:

$$p = \frac{\text{pr}_{X_1 - \widehat{X}_1} d_{X_2} f_1}{|\text{pr}_{X_1 - \widehat{X}_1} df_1|} = \left| \frac{\partial \rho}{\partial X_1^T} \frac{d^2 X_1}{dt^2} \right|^{-1} \left(\frac{d^2 \rho}{dt^2} - \frac{d(X_1 - \widehat{X}_1)^T}{dt} \frac{\partial^2 \rho}{\partial X_1^2} \frac{d(X_1 - \widehat{X}_1)}{dt} \right) \quad (13)$$

что соответствует относительному вкладу вмешательства внешней части в изменение текущей динамики исследуемой подсистемы в контексте движения относительно текущего состояния баланса. Положительное значение соответствует смещению по направлению от состояния баланса, отрицательное – к состоянию баланса, нулевое – перпендикулярно этому направлению в фазовом пространстве или отсутствию вмешательства.

В качестве примера рассмотрим динамику основных официальных курсов белорусского рубля – по отношению к доллару США, евро, 100 российским рублям и 10 китайским юаням. Будем рассматривать среднемесячные (арифметически) курсы в 2023 – 2024 гг., всего – 14 значений, X_1 – набор из 4 среднемесячных основных курсов, за \widehat{X}_1 примем скользящее среднее (арифметическое) значение курсов за 12 предшествующих месяцев. Применение описанного метода дает следующий график. На нем представлены оценки $\text{pr}_{X_1 - \widehat{X}_1}(df_1/dt)$ (синяя кривая) и $\text{pr}_{X_1 - \widehat{X}_1}(d_{X_2} f_1/dt)$ (красная пунктирная кривая), а также соответствующие значения индекса давления P . Оранжевым цветом отмечено положительное, негативное давление на динамику, а зеленым – позитивное «отрицательное давление», способствующее изменению по направлению к балансу.

Теперь, в соответствии с описанным методом и выбранными оценками баланса, о динамике основных официальных курсов можно сказать, например, что в январе 2023 г. она находилась под существенным положительным внешним давлением, отдаляющим ее от баланса, а в сентябре – декабре 2023 г. определялась внешними вмешательствами.



Динамика индекса давления на основные официальные курсы валют

Библиографические ссылки

1. Официальные курсы белорусского рубля по отношению к иностранным валютам, устанавливаемые Национальным банком Республики Беларусь ежедневно [Электронный ресурс] / Национальный банк Республики Беларусь. URL: <https://www.nbrb.by/statistics/rates/ratesdaily> (дата обращения: 30.03.2024).

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ НАНОРАЗМЕРНОГО ПИНЦЕТА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ И ВАН-ДЕР-ВААЛЬСОВЫХ СИЛ

Г. И. Михасев¹⁾, Э. Ради²⁾, В. В. Мисник³⁾

¹⁾Харбинский политехнический университет,
ул. Вест Дажу, 92, 150001, г. Харбин, Китай, mikhasev@hit.edu.cn

²⁾Университет Модены и Реджо Эмилии,
ул. Амэндола, 2, г. Реджо Эмилия, Италия, eradi@unimore.it

³⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, slava.misnik@mail.ru

Моделируется явление взаимного втягивания двух консольных параллельно ориентированных электродов как элементов наноразмерного пинцета под действием электростатических и Ван-дер-Ваальсовых сил. Деформирование наноконсолей описываются нелинейным интегро-дифференциальным уравнением четвертого порядка, учитывающим пограничные эффекты в рамках двухфазной нелокальной теории упругости Эрингена. Предлагаются линейные и нелинейные модели аппроксимации результирующей силы, действующей на наноконсоли, а также ядро типа Гельмгольца в законе физического состояния, позволяющие свести нелинейное интегро-дифференциальное уравнение к дифференциальному уравнению шестого порядка. Изучено влияние сил ван-дер-Ваальса на критическое напряжение, приводящее к критическому втягиванию консолей и касанию их концов.

Ключевые слова: нанопинцет; консоль; электростатические силы; межмолекулярные силы; нелокальная теория упругости; неустойчивость.

Введение

Нанопинцетом называется крошечное наноразмерное устройство, используемое для захвата и позиционирования наноразмерных биологических объектов, наночастиц, нанопроволоки и др. [1]. Нанопинцет состоит из двух гибких консольных электродов (см. рис. 1). Под воздействием приложенных электростатических сил, а также сил Ван-дер-Ваальса (ВДВ), электроды деформируются, в результате чего происходит захват нанообъекта. Точное моделирование поведения нанопинцета под действием электростатической и ВДВ сил с учетом размерных эффектов чрезвычайно важно для обеспечения высокой точности и контроля над движениями нанопинцета. В статье предлагается математическая модель деформирования нанопинцета, а также явления неустойчивости, заключающееся во внезапном втягивании наноконсолей и касании их концов. Особенностью модели является учет размерных эффектов в рамках нелокальной теории упругости Эрингена [2], а также наличие сильной нелинейности электростатической и Ван-дер-Ваальсовых сил как функций прогиба наноконсолей.

Постановка задачи

Рассматривается наноразмерный пинцет, состоящий из двух параллельно ориентированных электродов в виде консольных нанотрубок длиной L , радиуса r и толщиной t , разделенных начальной брешью g , см. рис. 1. При подаче напряжения V электроды притягиваются друг к другу и при достижении критической величины V^* имеет место потеря устойчивости, заключающаяся во внезапном касании свободных концов наноконсолей.

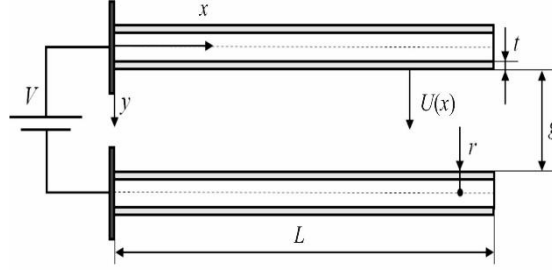


Рис. 1. Схематическое строение и геометрические параметры нанопинцета

Предлагается математическая модель деформирования электродов, основанная на использовании двухфазной нелокальной теории упругости Эрингена и учете электростатических и Ван-дер-Ваальсовых сил, действующих между электродами. Последние моделируются наноразмерными балками типа Бернулли-Эйлера с геометрическими характеристиками, обеспечивающими эквивалентность момента инерции поперечного сечения моменту инерции нанотрубки.

С учетом симметрии нанопинцета деформирование каждой нанобалки описывается одним и тем же интегро-дифференциальным уравнением четвертого порядка [3]:

$$EI \frac{d^2}{dx^2} \left(\xi_1 \frac{d^2 U}{dx^2} + \xi_2 \int_0^L K(|x - \hat{x}|, \kappa) \frac{d^2 U}{d\hat{x}^2} d\hat{x} \right) = q(U), \quad (1)$$

где $U(x)$ - перемещение наноконсоли, E – эффективный модуль юнга нанотрубки, I – момент инерции ее поперечного сечения, ξ_1 , ξ_2 - локальная и нелокальная доли в двухфазной модели нелокальной упругости такие что $\xi_1 + \xi_2 = 1$, K и κ - ядро и параметр нелокальности, соответственно, в законе физического состояния Эрингена [2], а $q(U)$ - равнодействующая электростатической и Ван-дер-Ваальсовых сил, нелинейным образом зависящая от перемещения $U(x)$.

Рассматривая ядро Гельмгольца $K = \frac{1}{2\kappa} \exp\left(-\frac{|x-x'|}{\kappa}\right)$, уравнение (1) можно свести к «эквивалентному» дифференциальному уравнению шестого порядка [4], которое в безразмерном виде принимает форму:

$$\mu^2 \xi_1 \frac{d^6 w}{ds^6} - \frac{d^4 w}{ds^4} = \mu^2 \frac{d^2 f(w)}{ds^2} - f(w), \quad (2)$$

где w – безразмерный прогиб, $s = x/L$, $\mu = \kappa/L$ – малый параметр, а f – безразмерная результирующая электростатической и Ван-дер-Ваальсовой сил, определяемая соотношением [3]

$$f = \frac{\alpha}{(1-w)^{5/2}} + \frac{\beta}{\sqrt{(1-w)(1-w+2/k)} [\ln(1+k(1-w)+k\sqrt{(1-w)(1-w+2/k)})]^2}. \quad (3)$$

Здесь

$$k = \frac{g}{r}, \quad \alpha = \frac{3At^2L^4}{128 EIr^{3/2}g^{7/2}}, \quad \beta = \frac{2\varepsilon_0\pi V^2L^4}{EIg^2}, \quad (4)$$

где A – постоянная Гамакера, а ε_0 - диэлектрическая проницаемость вакуума.

Граничные условия на краях наноконсоли имеют вид [3]:

$$\begin{aligned} w(0) = w'(0) = 0, \\ \mu^3 \xi w^V(0) - \mu^2 \xi w^{IV}(0) - (1 - \xi)[\mu w'''(0) - w''(0)] = -\mu^2 f(0) + \mu^3 f'_s(0), \\ \mu^2 \xi w^{IV}(1) - w''(1) = \mu^2 f(w_T), \\ \mu^2 \xi w^{IV}(1) + \mu \xi w'''(1) - (1 - \xi)w''(1) = \mu^2 f(w_T), \\ \mu^3 \xi w^V(1) + \mu^2 \xi w^{IV}(1) - (1 - \xi)[\mu w'''(1) + w''(1)] = -\mu^2 f(w_T) + \mu^3 f'_s(w_T), \end{aligned} \quad (5)$$

где $w_T = w(1)$ – прогиб кончика консоли, а $f'_s = \frac{df}{ds} = \frac{df}{dw} w'$.

Мы имеем краевую задачу (2)-(5), которая заключается в определении критического значения β^* удовлетворяющего условию [5]

$$\frac{d\beta}{dw_T} = 0, \quad (6)$$

при котором происходит внезапное необратимое втягивание наноконсолей с последующим касанием их кончиков.

Метод решения

Для решения поставленной выше задачи мы используем хорошо зарекомендовавший подход, согласно которому безразмерная результирующая сила аппроксимируется линейной, либо квадратной функцией [3,5] осевой координаты

$$f = f_n(s) = f_0 + (f_T - f_0)s^n, \quad n = 1, 2, \quad (7)$$

где

$$f_0 = f(0), \quad f_T = f(1) = f(w_T). \quad (8)$$

Использование линейной аппроксимации (ЛА) показало хорошее совпадение наших результатов [5] с данными атомистического моделирования при исследовании неустойчивости нановыключателя.

Приняв силу f в виде (7), легко получить общее решение уравнения (2):

$$w = \sum_{j=0}^6 c_j s^j + a_4 e^{\frac{s}{\mu\sqrt{\xi}}} + a_5 e^{-\frac{s}{\mu\sqrt{\xi}}}, \quad (9)$$

где семь констант c_j определенным образом выражаются через шесть констант a_i , $i = 0, 1, \dots, 5$. В частности, для квадратичной аппроксимации (КА), т.е. при $n=2$ имеем:

$$\begin{aligned} c_0 &= \mu^4 \xi (\xi - 1) (f_T - f_0) - \mu^2 \xi a_2 - a_0, \quad c_1 = -\mu^2 \xi a_3 - a_1, \\ c_2 &= \mu^2 (\xi - 1) (f_T - f_0) - \frac{1}{2} a_2, \quad c_3 = -\frac{1}{6} a_3, \\ c_4 &= \frac{\mu^2}{12} (\xi - 1) (f_T - f_0), \quad c_5 = 0, \quad c_6 = \frac{1}{360} (f_T - f_0). \end{aligned} \quad (10)$$

Обозначим через $w(s; a_i, f_T)$ общее решение уравнения (2) независимо от аппроксимации (7). Шесть констант a_i легко находятся из граничных условий (5). Пусть $w^*(s; f_T)$ – решение краевой задачи (2)-(5). Тогда перемещение кончика консоли равно

$$w_T = w^*(1, f_T). \quad (11)$$

Подставив (8) в (11), приходим к соотношению

$$w^*[1, f_T(w_T; \alpha, \beta)] = w_T, \quad (12)$$

которое служит уравнением для определения параметра α (если $\beta = 0$) или параметра β при фиксированном Ван-дер-Ваальсовом параметре α . Решая уравнение (12) и удовлетворяя условию (6), находим искомое критическое значение β^* и соответствующий критический прогиб w_T^* , при которых происходит касание кончиков нанопинцета.

Критическое напряжение

Для начала, с целью верификации нашей модели, основанной на аппроксимации силы f , выполним расчеты без учета нелокальных эффектов, полагая $\mu = 0$, $\xi = 1$. На рис. 2 приведены критические значения параметра электрического напряжения β^* как функции критического перемещения кончика пинцета w_T^* , найденные как методом пристрелки [6], так и на основе квадратичной и линейной аппроксимаций безразмерной силы f при различных значениях Ван-дер-Ваальсова параметра α . Как видно, модель,

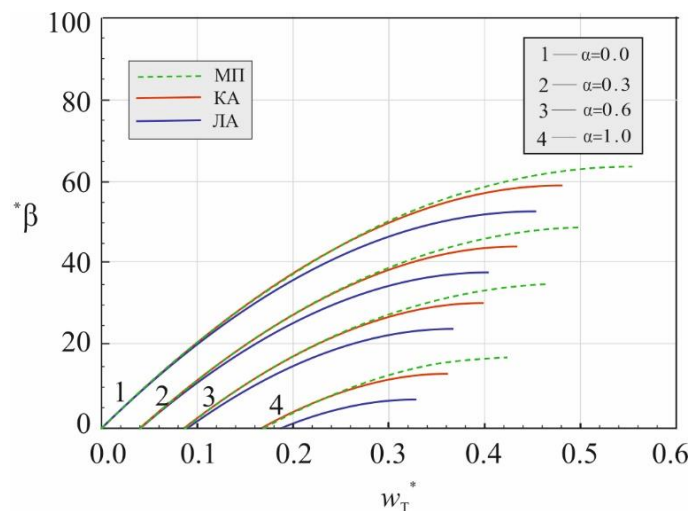


Рис.2. Критическое значение параметра напряжения β^* как функция критического перемещения кончика пинцета w_T^* , найденное методом пристрелки (МП), а также на основе квадратичной и линейной аппроксимаций (КА и ЛА) результирующей силы f при различных значениях безразмерного параметра Ван-дер-Ваальса α .

основанная на квадратичной аппроксимации (КА) результирующей силы f , дает наиболее близкие значения критического электрического напряжения к значениям, полученным альтернативным методом [6] решения нелинейного. Использование модели (2) на основе ЛА приводит к заниженным значениям критического напряжения по сравнению с квадратичной моделью.

Влияние локальной объемной доли ξ в двухфазном законе физического состояния Эрингена на критическое значение параметра электрического напряжения β^* при различных значениях безразмерного Ван-дер-Ваальсова параметра α приведено на рис. 3.

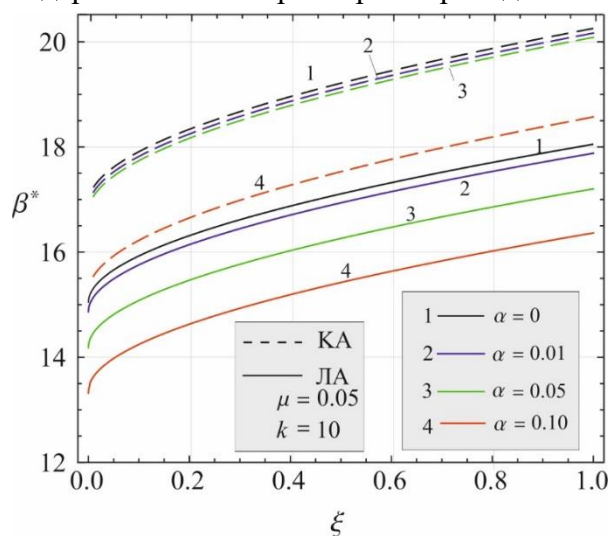


Рис.3. Критическое значение параметра напряжения β^* как функция локальной объемной доли ξ двухфазной нелокальной теории упругости, найденные на основе квадратичной и линейной аппроксимаций (КА и ЛА) результирующей силы f при $\mu = 0.05$, $k = 10$ и различных значениях безразмерного параметра Ван-дер-Ваальса α .

Расчеты выполнялись при фиксированных значениях параметров $\mu = 0.05$, $k = 10$ с использованием двух способов аппроксимации силы f . Как и выше, использование линейной аппроксимации (ЛА) дает заниженные значения критического электрического напряжения по сравнению с квадратичной аппроксимацией (КА). Заметим, что значения β^* , найденные при

$\xi = 1$ не учитывает нелокальные эффекты, то есть отвечают классической теории упругости, в то время как значения β^* , полученные при $\xi = 0$, соответствуют чисто нелокальной теории упругости. Основным выводом анализа кривых, представленных на Рис. 3, заключается в следующем: учет нелокальной доли в двухфазной теории Эрингена приводит к значительному снижению критического значения электрического напряжения; при этом, по мере уменьшения локальной доли, то есть при $\xi \rightarrow 0$, критическое значение β^* уменьшается. Второй и ожидаемый вывод состоит в том, что с ростом безразмерного Ван-дер-Ваальсова параметра α (или с уменьшением зазора между наноконсолями) потеря устойчивости наноконсолей, сопровождающаяся касанием их кончиков, происходит при меньших значениях приложенного электрического напряжения.

Заключение

Рассмотрена задача о потере устойчивости параллельно ориентированных подвижных электродов нанопинцета под действием электростатических и Ван-дер-Ваальсовых сил с учетом размерных эффектов. Электроды моделируются наноразмерными консольными упругими балками в рамках нелокальной теории упругости Эрингена. Для ядра Гельмгольца в законе физического состояния выведены нелинейное дифференциальное уравнение и граничные условия, учитывающие нелокальные краевые эффекты. Предложены два подхода решения поставленной нелинейной краевой задачи, заключающиеся в аппроксимации нелинейных сил, действующих на электроды, в виде линейной и квадратичной функций осевой координаты. Исследовано влияние нелокальной доли в двухфазном законе Эрингена на критическое электрическое напряжение, вызывающее потерю устойчивости нанопинцета. В частности показано, что увеличение нелокальной составляющей в законе Эрингена, а также уменьшение зазора между электродами приводит к снижению критического электрического напряжения.

Библиографические ссылки

1. Kim P., Lieber C. M. Nanotube nanotweezers // *Science*. 1999.-Vol. 286 (5447). P. 2148-2150.
2. Eringen A.C. *Nonlocal Continuum Field Theories*. New York: Springer Science & Business Media, 2002. 376 p.
3. Mikhasev G.I., Radi E., Misnik V.V. Modeling pull-in instability of CNT nanotweezers under electrostatic and van der Waals attractions based on the nonlocal theory of elasticity // *International Journal of Engineering Science*. 2024. Vol. 195. P.104012.
4. Mikhasev G., Nobili A. On the solution of the purely nonlocal theory of beam elasticity as a limiting case of the two-phase theory // *International Journal of Solids and Structures*. 2020. Vol. 190. P. 47-57.
5. Mikhasev G., Radi E., Misnik V. Pull-in instability of a nanocantilever based on two-phase nonlocal theory of elasticity // *Journal of Applied and Computational Mechanics*. 2022. Vol. 8(4). P. 1456-1466.
6. Electrostatic pull-in instability for tweezer architectures / G. Bianchi [et al.] // *Meccanica*. 2022. Vol. 57. P.1767-1781.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГИХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ГРАФЕНА В РАМКАХ МОДЕЛИ ОБЩЕГО ГАРМОНИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ НЕЗАВИСИМОГО КОЭФФИЦИЕНТА ЖЁСТКОСТИ

Ю. Е. Нагорный¹, Д. Н. Политаев²

Белорусский государственный университет, пр. Независимости 4, Минск, Республика Беларусь,

¹ Nagorny@bsu.by, ² Politaev@bsu.by

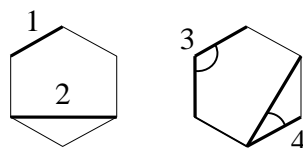
Аннотация. Представлены результаты применения модели общего гармонического поля для численного моделирования механических свойств наноструктур графена. Проведён расчёт коэффициентов жёсткости элементов для этой модели на основе жёсткостей пары базовых через собственные частоты колебаний трёхузлового фрагмента. Приведены зависимости упругих модулей от линейных размеров образцов.

Ключевые слова: общее гармоническое поле; графен; упругие коэффициенты; собственные частоты колебаний; модуль Юнга; коэффициент Пуассона.

Графеном называется двумерная аллотропная модификация углерода, представляющая слой толщиной в один атом углерода. Графен является объектом наноструктур размером от 1 до 100 нанометров. Такая структура углерода состоит из ячеек в виде шестиугольников, в вершинах которых располагаются атомы.

В настоящее время потребность в знаниях о графене является весьма актуальной. Ввиду малости размеров данной модификации углерода практически невозможно выполнить механические испытания, а также сложно получить бездефектные структуры. Поэтому проведение численного моделирования состояния графена представляется наиболее эффективным и целесообразным. В молекулярной структуре имеет место взаимодействие всех атомов со всеми, такое предположение является моделью общего гармонического поля [1]. Так как сила взаимодействия резко уменьшается с ростом расстояния между атомами, то рассматривать все связи не целесообразно. Учитывая, что минимальное расстояние действия сил равно длине валентной связи, то в качестве базовой модели рассматривается структура из атома в центре и окружающих его трёх атомов, на расстоянии равном длине валентной связи [2].

Структурный элемент соответствует такому набору взаимодействующих атомов. Его матрица жесткости состоит из матриц жёсткости четырёх отдельных типов элементов (см. рисунок): упругих отрезков, моделирующих валентную связь – тип 1 и силу Ван-дер-Ваальса – тип 2; а также два угловых элемента между парой валентных связей, исходящих из одного атома – тип 3, и угловой элемент между валентной связью и связью Ван-дер-Ваальса – тип 4, причем у каждого элемента своя жёсткость. Коэффициенты для матриц жёсткости этих четырёх элементов получены пересчётом, через собственные частоты колебаний трёхузловых фрагментов графена. Данные фрагменты применяются для моделирования системы из атома и двух его ближайших соседей.



Образцы связей.

Решается матричное уравнение для вычисления частот [2]:

$$\det([K] - \omega^2[M]) = 0, \quad (1)$$

где $[K]$ – матрица жёсткости системы, $[M]$ – диагональная матрица, содержащая на главной диагонали массы атомов углерода $m_c = 2,00824 \cdot 10^{-26}$ кг, ω – собственная частота колебаний структуры.

В качестве базовой модели графена, рассматривается система из двух линейных упругих отрезков, моделирующих валентные связи, и упругого угла с жёсткостью соответственно $k_1 = 938$ ккал·моль⁻¹·Å⁻², $k_\gamma = 126$ ккал·моль⁻¹·рад⁻² [3]. Полученный с их помощью набор из трёх частот подставляется в (1) и получается система из трёх уравнений. При этом в ней используется $[K]$ – матрица жёсткости трёхузлового фрагмента в рамках модели общего гармонического поля, которая содержит в себе 4 коэффициента. После решения системы получается решение, в котором три коэффициента зависят от четвёртого. Конкретнее, через $k_{2(GHF)}$ – жёсткость элемента, моделирующего силы Ван-дер-Ваальса связи, выражаются $k_{1(GHF)}$ – жёсткость валентной связи, $k_{\gamma 1(GHF)}$ и $k_{\gamma 2(GHF)}$ – жёсткости угловых элементов типа 3 и 4.

Пределы изменения $k_{2(GHF)}$, при котором получаются действительные значения зависящих от него коэффициентов составляют:

$$-123,413 \leq k_{2(GHF)} \leq 521,782 \text{ Дж/м}^2 \quad (2)$$

Варьируя значение $k_{2(GHF)}$ в указанных пределах, можно получить набор значений остальных коэффициентов.

Рассчитаем набор коэффициентов для графена, взяв значения на краях допустимого множества, и близкое к середине допустимых значений. В этом случае получаем три набора коэффициентов:

1. $k_{2(GHF)} = -100$ Дж·м⁻², $k_{1(GHF)} = 619$ Дж·м⁻², $k_{\gamma 1(GHF)} = 8,78 \cdot 10^{-19}$ Дж·м⁻², $k_{\gamma 2(GHF)} = 2,01 \cdot 10^{-19}$ Дж·рад⁻².

2. $k_{2(GHF)} = 200$ Дж·м⁻², $k_{1(GHF)} = 521$ Дж·м⁻², $k_{\gamma 1(GHF)} = -3,91 \cdot 10^{-18}$ Дж·м⁻², $k_{\gamma 2(GHF)} = 7,93 \cdot 10^{-18}$ Дж·рад⁻².

3. $k_{2(GHF)} = 500$ Дж·м⁻², $k_{1(GHF)} = 15,0$ Дж·м⁻², $k_{\gamma 1(GHF)} = -1,86 \cdot 10^{-17}$ Дж·м⁻², $k_{\gamma 2(GHF)} = 3,85 \cdot 10^{-17}$ Дж·рад⁻².

Наличие отрицательных жёсткостей во всех трёх наборах допустимо, т.к. работает система, содержащая все элементы в совокупности.

Моделирование выполняем для фрагментов графена, имеющих прямоугольную форму максимальным размером $4 \cdot 10^{-9}$ м шириной и $4 \cdot 10^{-9}$ м длиной. Граничные условия предполагают равномерное растяжение за вершины шестиугольников границы «зигзаг».

Матрица жёсткости системы формируется из матриц отдельных элементов. Затем в ней и в столбце нагрузок учитываются граничные условия. В результате получаем следующую систему линейных алгебраических уравнений:

$$[K] \cdot \bar{U} = \bar{F} \quad (3)$$

где \bar{U} – вектор перемещений, \bar{F} – вектор усилий.

Относительные деформации получаем на основе полученного решения:

$$\varepsilon_Y = \frac{\Delta l_Y}{l_Y}, \quad \varepsilon_X = \frac{\Delta l_X}{l_X} \quad (4)$$

где Δl_Y – среднее арифметическое смещения узлов верхней грани вдоль оси OY , а l_Y – размер образца вдоль оси OY , Δl_X – разность средних арифметическое смещения узлов правой и левой грани вдоль оси OX , l_X – размер образца по ширине.

Напряжение в образцах вычисляется по формуле:

$$\sigma = \frac{\sum F_i}{S}, \quad \varepsilon_X = \frac{\Delta l_X}{l_X} \quad (5)$$

где $\sum F_i$ – сумма всех приложенных усилий на верхней грани вдоль оси OY , а $S = l_X \cdot l_Z$ – площадь сечения образца. Для графена берётся $l_Z = 0,34$ нм, что равно межслоевому расстоянию в графите.

Из формулы

$$E \cdot \varepsilon_Y = \sigma \quad (6)$$

получим значение продольного модуля упругости E .

Вычисляем коэффициенты поперечной деформации:

$$\nu_X = -\frac{\varepsilon_X}{\varepsilon_Y} \quad (7)$$

где ε_X – относительная деформация вдоль оси OX , ε_Y – относительная деформация вдоль оси OY .

Сравнения значений модуля продольной упругости позволяет прийти к следующим выводам. Во всех случаях наблюдается выход на асимптоту с ростом длины образца. Только в первом случае происходит падение модуля, в отличие от роста в двух других. При этом обнаружена очень слабая зависимость от ширины образца. Абсолютные значения модуля продольной упругости находятся в пределах: $0,083 < E < 0,44$ ТПа, $0,66 < E < 1,49$ ТПа и $1,71 < E < 3,72$ ТПа для 1, 2 и 3 набора данных соответственно.

Поведение коэффициента поперечной деформации для образцов графена для разного набора жёсткостей также имеет как качественные, так и количественные отличия. Общим является его уменьшение с ростом ширины образцов наноструктур с выходом значения на асимптоту. Увеличение же длины образцов даёт качественно отличные результаты: для первого набора снижение данного показателя, а у остальных его рост, во всех случаях с выходом на асимптоту. Абсолютные значения лежат в пределах: $-0,83 < \nu < -0,06$, $0,31 < \nu < 0,58$ и $0,14 < \nu < 0,34$. При первом наборе коэффициентов наблюдается сужение образца при его растяжении, что не подтверждается опытами. При втором наборе максимальное значение коэффициента превышает теоретически допустимое равное 0,5 и только третий набор даёт приемлемые значения.

Библиографический список

1. Грибов Л. А. Колебания молекул. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. 544 с.
2. Zhuravkov M. A., Nagornyi Yu.E., Repchenkov V. I. Finite element modeling of nanoscale structures // *Nanotechnologies in Russia*. 2011. V. 6. № 9-10. P. 597-606. DOI: 10.1134/S1995078011050168.
3. Li C., Chou T.-W. A structural mechanics approach for the analysis of carbon nanotubes// *International Journal of Solids and Structures*. 2003. V. 40. I. 10. P. 2487-2499. DOI: 10.1016/S0020-7683(03)00056-8.

КОЭФФИЦИЕНТНАЯ ОБРАТНАЯ НЕЛИНЕЙНАЯ ЗАДАЧА МЕХАНИКИ РАЗРУШЕНИЯ

В. А. Нифагин¹⁾, О. В. Дубровина²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет
ул. Курчатова, 5, 220054, г. Минск, Беларусь, VladNifagin@bsu.by

²⁾ Белорусский государственный университет
ул. Курчатова, 5, 220054, г. Минск, Беларусь, DoubrovinaOV@bsu.by

Излагаются новые общие подходы в постановке и решении в теории обратных задач математической теории пластичности. Для эффективного использования, полученного решения прямой задачи, необходимо знать параметры среды, значения которых оценить часто затруднительно. Из-за этого на первый план выходят формулировки и методы решения обратных задач. Представлено решение обратной коэффициентной плоской задачи теории трещин для квазистатического случая. Обсуждается методика решения обратной задачи на основе восстановления механических параметров среды с помощью глубокой нейронной сети, которая обучается на данных решения прямой задачи, полученного в работе авторов. Обучение осуществляется путем оптимизации функции потерь по норме разницы между предсказанными и наблюдаемыми значениями параметров при выполнении граничных условий задачи.

Ключевые слова: краевая задача; неголономная пластичность; квазистатическая трещина; теория течения с упрочнением; обратная коэффициентная задача; нейронная сеть.

Решения прямых задач для уравнений механики гиперболического типа уравнений могут иметь разрывы, сингулярные компоненты сложной структуры и т.п. В этом смысле чем устойчивее оператор прямой задачи, тем сложнее его «обращать». С физико-механической точки зрения это можно объяснить тем, что волны, проникая внутрь сканируемого объекта, выносят на поверхность достаточно много информации о его строении и свойствах. Поэтому спектр применяемых методов в обратных задачах для гиперболических уравнений существенно шире. Это метод отображений Неймана-Дирихле, лучевые постановки, методы редукции размерности и нейросетевые подходы [1-4].

В прямой задаче для оценки НДС в окрестности вершины трещины принимаются следующие допущения: материал считается упрочняющимся по степенному закону, несжимаемым и плоскодеформируемым. Декартову систему координат относим к вершине трещины. Оси ξ_i ($i = 1, 2$) расположим таким образом, что ось ξ_1 ориентирована вдоль трещины в направлении ее конца. Будем считать, что состояние вблизи вершины контролируется параметром нагружения K , который будет интерпретироваться в качестве коэффициента интенсивности напряжений в упругой области, окружающей зону пластического деформирования. Единственным независимым параметром задачи с размерностью длины является величина K^2/G^2 , поэтому искомые функции задачи зависят от нагрузки только посредством безразмерных переменных

$$x_i = \xi_i G^2 / K^2 (i = 1, 2), r = \sqrt{x_1^2 + x_2^2}; \phi = \arctg \frac{x_2}{x_1}.$$

Совмещенная (O, r, ϕ) – подвижная полярная система координат с полюсом в конце трещины, причем $r = \rho/2\ell$ – безразмерный радиус – отношение величины радиус-вектора точки к длине трещины 2ℓ . При страгивании вершина трещины перемещается вместе с сопутствующей системой координат (O, r_1, φ_1) . При этом ориентация площадки, на которой рассматривается изменение напряжений, остается фиксированной и координаты вектора нормали к этой площадке не изменяются при перемещении начала координат вместе с вершиной трещины.

Однако координаты вектора нормали к этой площадке меняются при перемещении полюса O в точку O_1 , т.е. являются функцией длины трещины. Этот факт необходимо учитывать при выборе представлений разложений напряжений и перемещений, когда произвольная функция $f(l, r, \varphi)$ неявно зависит от длины, а ее производная представима

$$\dot{f}(r(l), \varphi(l)) = -\frac{\partial f}{\partial r} \cos(\varphi) + \frac{\partial f}{\partial \varphi} \frac{\sin(\varphi)}{r}.$$

Разрешающие уравнения, включающие уравнения равновесия, соотношения Коши и определяющие соотношения теории течения с упрочнением при условиях несжимаемости материала в полярной системе координат в производных имеют вид

$$\begin{aligned} \dot{\sigma}_{rr,r} + (\dot{\sigma}_{rr} - \dot{\sigma}_{\phi\phi})/r + \dot{\sigma}_{r\phi,\phi}/r &= 0, \quad \dot{\sigma}_{r\phi,r} + 2\dot{\sigma}_{r\phi}/r + \dot{\sigma}_{\phi\phi,\phi}/r = 0, \\ \dot{\varepsilon}_{rr} = \dot{u}_{r,r}, \quad \dot{\varepsilon}_{\phi\phi} = \dot{u}_{\phi,\phi}/r + \dot{u}_r/r, \quad \dot{\varepsilon}_{r\phi} &= \frac{1}{2}(\dot{u}_{\phi,r} + \dot{u}_{r,\phi}/r - \dot{u}_{\phi}/r), \\ \dot{s}_{ij} = \dot{e}_{ij} - \kappa \dot{\Phi}(\Gamma) e_{ij}, \quad i, j = r, \phi, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\dot{\sigma}_{ij}, \dot{\varepsilon}_{ij}, \dot{u}_i$ – производные напряжений, деформаций и перемещений, $\dot{S}_{ij}, \dot{e}_{ij}$ – производные девиаторов напряжений и деформаций, κ – параметр упрочнения, разделяющий зоны активного нагружения и разгрузки, $\Phi(\Gamma) = \sum_{k \geq 1} B_{2k} \Gamma^{2k}$ – функция интенсивности касательных деформаций, $\Gamma = \sqrt{\frac{2}{3} e_{ij} e_{ij}}$, G, B_{2k} – постоянные материала.

В указанных уравнениях применяются безразмерные отнесенные напряжения $\sigma_{ij} = \frac{1}{G} \sigma^*_{ij}$, $u_i = u^*_i/2l$ – вектор перемещений, отнесенный к длине трещины.

Для несжимаемого материала при плоской деформации выполняются стандартные соотношения между компонентами тензоров и девиаторов напряжений и деформаций.

Нагрузки на кромках трещины равны нулю. Отсюда следуют граничные условия задачи:

$$\dot{\sigma}_{r\phi}|_{\varphi=\pm\pi} = \chi(r), \quad \dot{\sigma}_{\phi\phi}|_{\varphi=\pm\pi} = \psi(r). \quad (2)$$

Таким образом, уравнения (1) с условиями (2) доставляют математическую формулировку прямой краевой задачи о докритическом росте для трещины нормального отрыва при плоской деформации.

Неголономность разрешающих уравнений (1) математической теории пластичности с упрочнением и учет представлений для приращений деформаций и напряжений, отвечающих увеличению параметра K (однопараметрическое активное нагружение)

$$\delta e_{ij} = e_{ij,K} \delta K = e_{ij,r} \cdot \delta r, \quad s_{ij,K} \delta s_{ij} = s_{ij,r} \delta r \quad (3)$$

позволяют искать решение задачи (1), (2), (3) в перемещениях $u_r(r, \varphi); u_\phi(r, \varphi)$.

В обратной задаче требуется определить механические параметры среды $\varepsilon = B \frac{\sigma_s}{G \cdot \gamma_*}$ и $d_* = \frac{d \cdot \sigma_s^2}{K^2}$, где первый параметр выражает т.н. «обратное число нелинейности» диаграммы деформирования и зависит от диаметра пластических зон различного уровня. Коэффициент K имеет смысл коэффициента интенсивности напряжений в упругой области, окружающей малую пластическую зону (тонкая структура) или, в более общем случае, аналогичного коэффициента для сверхтонкой структуры. При этом требуется определить параметры задачи ε и d_* по следу решения прямой задачи (1), (3) и значениям краевых условий (2) на берегах разреза.

Предположим, что у нас есть набор наблюдений $u(r_i, \varphi_j)$ для заданных точек в окрестности вершины трещины, а также заданы граничные условия.

Для решения обратной задачи, то есть восстановления параметров ε и d_* можно использовать методы Deep PDE. Строим глубокую нейронную сеть, которая принимает на вход r_i и φ_j и выдает оценку ε и d_* . Обучение сети может производиться путем минимизации функции потерь, которая измеряет разницу между предсказанными и наблюдаемыми значениями параметров и удовлетворяет граничным условиям.

Нейронная сеть с подкреплением обучалась с помощью данных решения прямой задачи, полученного методом асимптотических разложений [6] на основе программного модуля, созданного инструментами фреймворка PyTorch [7,8].

Пример псевдокода обучения сети выглядит следующим образом (рис. 1):

```
python Copy code  
  
# Генерация обучающих данных  
X_train, y_train = generate_training_data()  
  
# Определение архитектуры нейронной сети  
model = define_model()  
  
# Компиляция модели с выбранной функцией потерь  
model.compile(loss='mse', optimizer='adam')  
  
# Обучение модели  
model.fit(X_train, y_train, epochs=100, batch_size=32)
```

Рис. 1. Пример псевдокода для обучения нейронной сети

Здесь метод `generate_training_data` генерирует обучающие данные, содержащие координаты r и φ и соответствующие им значения смещений $u(r, \varphi)$ для заданных граничных условий. Метод `define_model` определяет архитектуру нейронной сети, которая будет использоваться для оценки механических коэффициентов среды.

Выводы. Из решения обратной задачи для трещины нормального отрыва в окрестности вершины при изотропном неголономном упрочнении заключаем:

1. Для случая кубического упрочнения при сетке $r \in (0.01, 0.99)$, $\varphi \in (-3.12, 3.12)$ с шагом $h_r = 0.01$ и $h_\varphi = 0.05$ соответственно значения диаметра пластической зоны около вершины (тонкая структура) $d \in (0.1137, 0.01384)$ для основных конструкционных материалов (сталь, медные и алюминиевые сплавы).

2. Относительная погрешность при кубическом упрочнении в малой пластической зоне (сверхтонкая структура) имеет на ее границе диапазон параметра $\varepsilon \in (0.06537, 0.006549)$.

3. Величина диаметра пластической зоны возле вершины трещины с поправками для сверхтонкой структуры будет $d' = d/(1 + \varepsilon)^4$, $(d - d')/d = \varepsilon^4$. Причем последние формулы верны лишь при малых значениях параметра $\varepsilon = 0.1$.

4. Указанные значения параметров свидетельствуют о совпадении главных (сингулярных) асимптотических разложений около вершины при монотонном нагружении (тонкая структура) для теории течения и деформационной теории, в случае правильных частей разложений (второй и последующие члены рядов) это не имеет места.

5. Используя указанное решение, получают дальнейшие оценки для материалов с низкой физической нелинейностью ε и d , что свидетельствует об эффективности метода асимптотических разложений для анализа не только сверхтонкой, но и промежуточной структур упругопластических решений. В частности, соответствующие оценки погрешностей могут быть получены при использовании прямых численных методов.

6. Полученное решение обратной задачи хорошо коррелирует с известными асимптотическими и численными решениями прямых задач.

7. Диапазоны изменения параметров обратной задачи представлены на рис. 2.

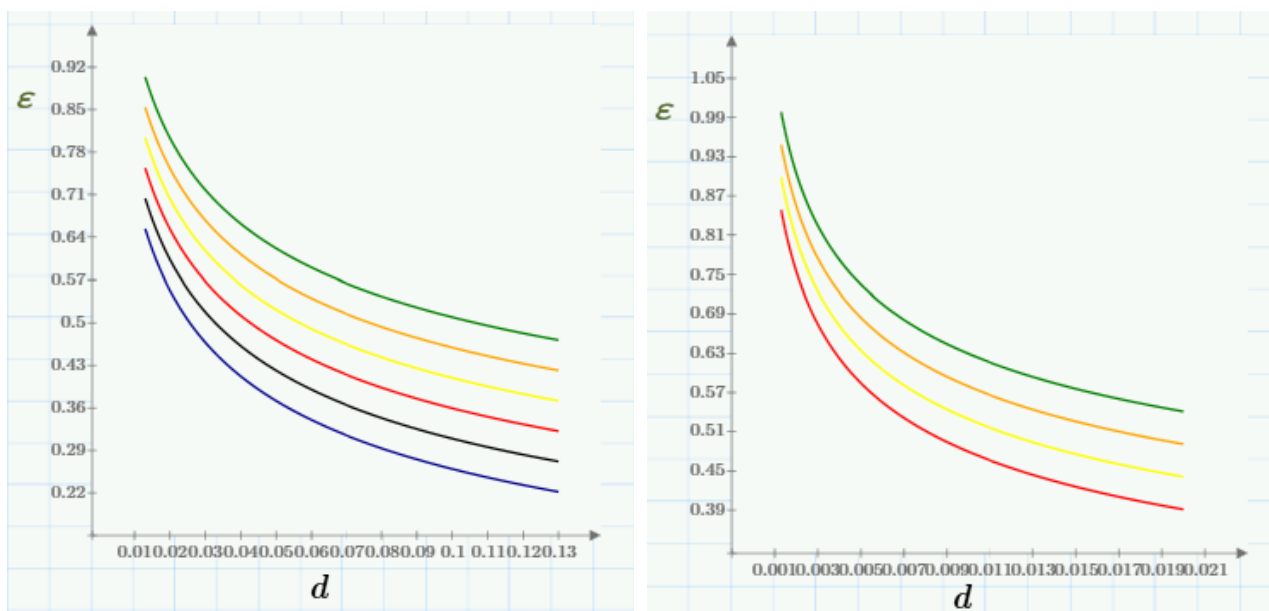


Рис. 2. Решение обратной коэффициентной задачи в окрестности вершины (слева – тонкая структура, справа – сверхтонкая структура)

Библиографические ссылки

1. Алифанов О. М., Артюхин Е. А., Румянцев С. В. Экстремальные методы решения некорректных задач. М.; Наука, 1988. 288 с.
2. Бакушинский А. Б., Гончарский А. В. Некорректные задачи, М.: МГУ, 1989. 199 с.
3. Бухгейм А. Л. Введение в теорию обратных задач. Новосибирск: Наука, 1988. 184 с.
4. Ватульян А. О. Интегральные уравнения в обратных задачах определения коэффициентов дифференциальных операторов теории упругости // Докл. РАН. 2005. Т. 405, № 3. С. 343-345.
5. Нифагин В.А. Обратные задачи многомерной интегральной геометрии // Трансформация механико-математического и ИТ-образования в условиях цифровизации = Transformation of the mechanical-mathematical and IT-education in the context of digitalization : материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию мех.-мат. фак., Респ. Беларусь, Минск, 26-27 апр. 2023 г. В 2 ч. Ч. 2 / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Н. В. Бровка (гл. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2023. С. 211-218.
6. Нифагин В. А., Бубич М. А. Метод асимптотических разложений в теории упругопластических трещин // Вести НАН РБ. Сер. физ.-мат. наук. 2011. № 4. С. 60-66.
7. DeepXDE: A Deep Learning Library for Solving Differential Equations // Lu L. [et al.] // SIAM Review. 2021. 63:1. pp. 208-228. 14.09.2005. URL: <https://epubs.siam.org/doi/epdf/10.1137/19M1274067> (date of access: 27.03.2024).
8. Raissi M., Perdikaris P., Karniadakis G.E. Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations // J. of Comp. Physics. 2019. V. 378. pp. 686-707.

SENSOR LOCATION PROBLEM FOR THE BIDIRECTIONAL GRAPH: OPTIMAL SOLUTIONS

L. A. Pilipchuk¹⁾, Y. V. Ramanouski²⁾

¹⁾ Belarusian State University, Minsk, Belarus, pilipchuk@bsu.by

²⁾ Progress Technologies LLC, Saint Petersburg, Russia, yuriy_v_romanovskiy@mail.ru.

Combining the recent achievements of sparse matrix and network analysis, graph theory, and theoretical computer science, we propose a new approach to the construction of numerical methods for finding optimal solutions to the sensor location problem for a bidirectional graph.

Keywords: NP-complete problem; transport network analysis; traffic sensor location; sparse underdetermined system.

The problem of minimizing the set M of monitored nodes being the locations of sensors that collect the necessary information about the network flow [1, 2] is NP-complete [3]. A brute-force search for the optimal solution (the minimum set of monitored nodes), is associated with huge computational costs [3, 4].

Consider a finite connected oriented bidirectional graph (network) $G = (I, U)$, where the set of arcs U is defined on the direct product $I \times I$, $|I| < \infty$, $|U| < \infty$. Let x_{ij} be the unknown flow on the arc $(i, j) \in U$. A bidirectional graph G has the following property: if there exists an arc $(i, j) \in U$ with a flow x_{ij} then the corresponding arc $(j, i) \in U$ with some flow x_{ji} also exists. The flow function $x: U \rightarrow \mathbb{R}$ satisfies the following system:

$$\sum_{j \in I_i^+(U)} x_{ij} - \sum_{j \in I_i^-(U)} x_{ji} = \begin{cases} 0, & i \in I \setminus I^*, \\ x_i, & i \in I^*, \end{cases} \quad (1)$$

where x_i is the external flow into the node $i \in I^* \subseteq I$, x_{ij} is the flow on the arc $(i, j) \in U$, $I_i^+(U) = \{j \in I : (i, j) \in U\}$, $I_i^-(U) = \{j \in I : (j, i) \in U\}$. For external flows, the following condition holds: $\sum_{i \in I^*} x_i = 0$. For each arc $(i, j) \in U$ one knows the fraction $p_{ij} \in (0, 1]$ of x_{ij} in the total outgoing flow $\sum_{j \in I_i^+(U)} x_{ij}$ from the node i . Suppose for each node $i \in I$ there exists a *canonical* arc

$(i, k) \in U$, where $k \in I_i^+(U)$ and $x_{ik} \neq 0$. Using special programmable devices (sensors) we monitor the nodes $M \subseteq I$ and get the following data:

$$\begin{aligned} x_{ij} &= f_{ij}, \quad j \in I_i^+(U); \quad x_{ji} = f_{ji}, \quad j \in I_i^-(U); \\ x_i &= f_i, \quad i \in M \cap I^*; \end{aligned} \quad (2)$$

$$x_{ij} = \beta_{ij} f_{ik}, \quad \beta_{ij} = \frac{p_{ij}}{p_{ik}}, \quad j \in I_i^+(U) \setminus \{k\}, \quad i \in I_i^-(U), \quad k \in M. \quad (3)$$

Note that in the equation (3) we have $|I_i^+(U) \setminus \{k\}| \geq 1$.

Given the set $M \subseteq I$ of monitored nodes of the graph G we build the graph $\bar{G} = (\bar{I}, \bar{U})$ being the unobserved part of G . Let us remove the arcs and nodes with the known flows (2)–(3) from the graph G . Then the system of equations to get the unknown flows x_{ij} , $(i, j) \in \bar{U}$, x_i , $i \in \bar{I}^* = \bar{I} \cap I^*$, has the form

$$\sum_{j \in I_i^+(\bar{U})} x_{ij} - \sum_{j \in I_i^-(\bar{U})} x_{ji} = \begin{cases} a_i, & i \in \bar{I} \setminus \bar{I}^*, \\ x_i + a_i, & i \in \bar{I}^*, \end{cases} \quad (4)$$

$$x_{ij} = \beta_{ij} f_{ik}, \quad \beta_{ij} = \frac{p_{ij}}{p_{ik}}, \quad j \in I_i^+(U) \setminus \{k\}, \quad |I_i^+(U)| > 1, \quad i \in \bar{I}. \quad (5)$$

where a_i , $i \in \bar{I}$, are constants obtained from the system (1) using the a priori information (2)–(3) and $(i, k) \in \bar{U}$ are the canonical arcs of the nodes $i \in \bar{I}$.

The sparse system of equations (4)–(5), uniquely determined by the set $M \subseteq I$ of the graph G , connects the unknown arc flows x_{ij} , $(i, j) \in \bar{U}$ and external flows x_i , $i \in \bar{I}^*$, of the unmonitored part \bar{G} of the network and can be: 1) *underdetermined*; 2) *overdetermined*; 3) *exactly determined*. In [5], a constructive theory of decomposition of basis graphs for solving the sparse underdetermined systems (4)–(5) is developed. In cases 1) and 2) one should rebuild the set of monitored nodes M , the unmonitored part $\bar{G} = (\bar{I}, \bar{U})$ and the system (4)–(5). The rebuild is finished when the matrix of the system (4)–(5) has rank equal to the number of unknowns. In case 3) the set of monitored nodes M of the graph G is suitable for finding the unknown flows of the unmonitored part $\bar{G} = (\bar{I}, \bar{U})$ from the system (4)–(5). The graph $\bar{G} = (\bar{I}, \bar{U})$, i.e. the unmonitored part of $G = (I, U)$, may be disconnected. Some connectivity components of graph G may not contain nodes from the set \bar{I}^* with non-zero external flow. The basis graph of such a component is a spanning tree. For those connectivity components that have some nodes from the set \bar{I}^* the basis graph is a forest with the properties described in [4].

Example. Optimal solution. Fig. 1 shows the finite connected bidirectional graph $G = (I, U)$, $I = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$, $U = \{(1, 2), (1, 3), (2, 1), (2, 4), (2, 6), (3, 1), (3, 5), (4, 2), (4, 5), (4, 6), (5, 3), (5, 4), (5, 6), (6, 2), (6, 4), (6, 5)\}$, and the set of nodes with non-zero external flow $I^* = \{2, 4, 5, 6\}$.

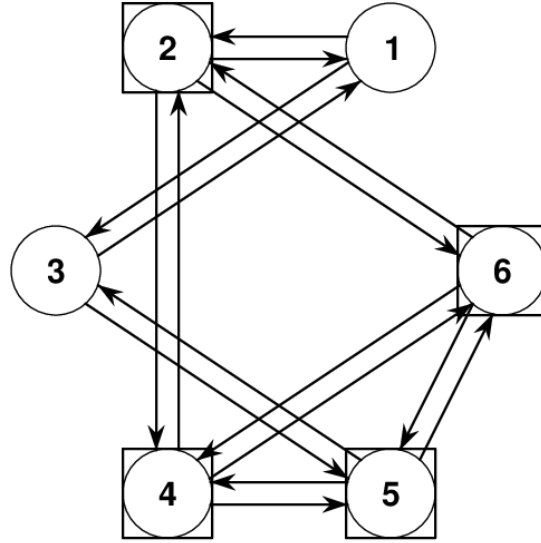


Fig. 1. Initial graph G

For the given graph the system of equations (1) has the form

$$\begin{aligned}
 x_{1,2} + x_{1,3} - x_{2,1} - x_{3,1} &= 0, \\
 x_{2,1} + x_{2,4} + x_{2,6} - x_{1,2} - x_{4,2} - x_{6,2} &= x_2, \\
 x_{3,1} + x_{3,5} - x_{1,3} - x_{5,3} &= 0, \\
 x_{4,2} + x_{4,5} + x_{4,6} - x_{2,4} - x_{5,4} - x_{6,4} &= x_4, \\
 x_{5,3} + x_{5,4} + x_{5,6} - x_{3,5} - x_{4,5} - x_{6,5} &= x_5, \\
 x_{6,2} + x_{6,4} + x_{6,5} - x_{2,6} - x_{4,6} - x_{5,6} &= x_6.
 \end{aligned} \tag{6}$$

Suppose the set of monitored nodes for the graph G shown in Fig. 1 is $M = \{2\}$. Consider the cut of the network G with the source set M (and the sink set $I \setminus M$). Let $CS(M)$ be the cut-set (of arcs) and $I(CS(M))$ be the set of nodes incident to the edges of $CS(M)$. We form the sets $M^+ = I(CS(M)) \setminus M = \{1, 4, 6\}$, $M^* = M \cup M^+ = \{1, 2, 4, 6\}$, $I \setminus M^* = \{3, 5\}$.

In sensor location problem (SLP) the flows on every incoming and outgoing arc for each node $i \in M$ (M is the set of monitored nodes) are known as well as the external flows $x_i = f_i$, $i \in M \cap I^*$:

$$\begin{aligned}
 x_{1,2} &= f_{1,2}, \quad x_{2,1} = f_{2,1}, \quad x_{2,4} = f_{2,4}, \\
 x_{4,2} &= f_{4,2}, \quad x_{2,6} = f_{2,6}, \quad x_{6,2} = f_{6,2}, \quad x_2 = f_2.
 \end{aligned} \tag{7}$$

We substitute the known values of the variables (7) into the system of equations (6) and remove the arcs $CS(M)$ and the only monitored node 2 from the graph G . The resulting graph G' is shown in Fig. 2. The rest of the flows for the outgoing arcs of the nodes $M^+ = I(CS(M)) \setminus M = \{1, 4, 6\}$ can be expressed by the following equations:

$$x_{1,3} = \frac{P_{1,3}}{P_{1,2}} f_{1,2},$$

$$\begin{aligned}
x_{4,5} &= \frac{p_{4,5}}{p_{4,2}} f_{4,2}, \\
x_{4,6} &= \frac{p_{4,6}}{p_{4,2}} f_{4,2}, \\
x_{6,4} &= \frac{p_{6,4}}{p_{6,2}} f_{6,2}, \\
x_{6,5} &= \frac{p_{6,5}}{p_{6,2}} f_{6,2}.
\end{aligned} \tag{8}$$

Let us substitute (7) and (8) into the system of equations (6) and remove the arc with known flows (8) from the graph G' . The resulting graph $\bar{G} = (\bar{I}, \bar{U})$ is shown in Fig. 3. And the system of equations (6) takes the following form:

$$\begin{aligned}
f_{1,2} + \frac{p_{1,3}}{p_{1,2}} f_{1,2} - f_{2,1} - x_{3,1} &= 0, \\
f_{2,1} + f_{2,4} + f_{2,6} - f_{1,2} - f_{4,2} - f_{6,2} &= f_2, \\
x_{3,1} + x_{3,5} - \frac{p_{1,3}}{p_{1,2}} f_{1,2} - x_{5,3} &= 0, \\
f_{4,2} + \frac{p_{4,5}}{p_{4,2}} f_{4,2} + \frac{p_{4,6}}{p_{4,2}} f_{4,2} - x_{2,4} - x_{5,4} - \frac{p_{6,4}}{p_{6,2}} f_{6,2} &= x_4, \\
x_{5,3} + x_{5,4} + x_{5,6} - x_{3,5} - \frac{p_{4,5}}{p_{4,2}} f_{4,2} - \frac{p_{6,5}}{p_{6,2}} f_{6,2} &= x_5, \\
f_{6,2} + \frac{p_{6,4}}{p_{6,2}} f_{6,2} + \frac{p_{6,5}}{p_{6,2}} f_{6,2} - f_{2,6} - \frac{p_{5,6}}{p_{4,2}} f_{4,2} - x_{5,6} &= x_6.
\end{aligned} \tag{9}$$

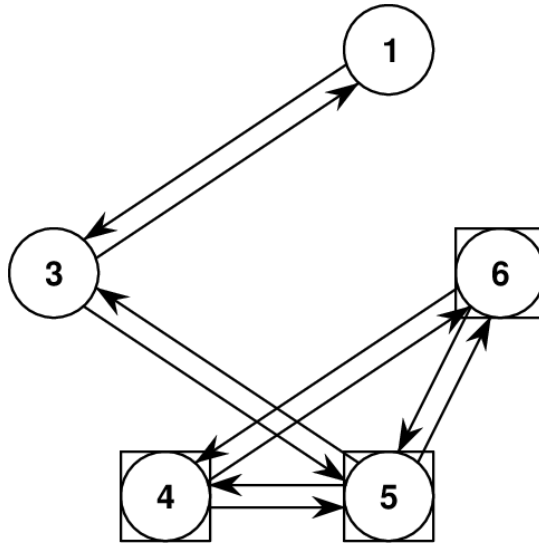


Fig. 2. Graph G'

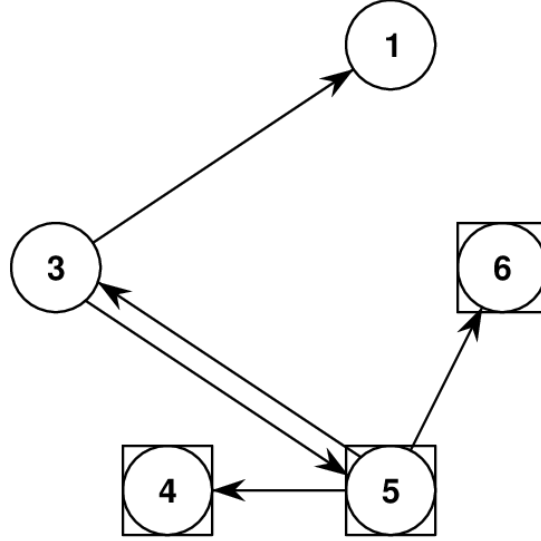


Fig. 3. Graph $\bar{G} = (\bar{I}, \bar{U})$

The flows $x_{i,j}$, $(i,j) \in \bar{U}$, on the arcs outgoing from the nodes $I \setminus M^* = \{3,5\}$ are unknown. So we form the additional equations of type (5):

Thus, the additional equations are

$$\begin{aligned} x_{3,1} &= \frac{p_{3,1}}{p_{3,5}} x_{3,5}, \\ x_{5,3} &= \frac{p_{5,3}}{p_{5,6}} x_{5,6}, \\ x_{5,4} &= \frac{p_{5,4}}{p_{5,6}} x_{5,6}. \end{aligned} \tag{10}$$

Suppose the sensors are ideal, so that the second equation of the system (9) is consistent though degenerate, and rewrite the system (9)–(10) omitting the degenerate equation:

$$\begin{aligned} x_{3,1} &= f_{1,2} + \frac{p_{1,3}}{p_{1,2}} f_{1,2} - f_{2,1}, \\ x_{3,1} + x_{3,5} - x_{5,3} &= \frac{p_{1,3}}{p_{1,2}} f_{1,2}, \\ x_{2,4} + x_{5,4} + x_4 &= f_{4,2} + \frac{p_{4,5}}{p_{4,2}} f_{4,2} + \frac{p_{4,6}}{p_{4,2}} f_{4,6} - \frac{p_{6,4}}{p_{6,2}} f_{6,2}, \\ x_{5,3} + x_{5,4} + x_{5,6} - x_{3,5} - x_5 &= \frac{p_{4,5}}{p_{4,2}} f_{4,2} + \frac{p_{6,5}}{p_{6,2}} f_{6,5}, \\ x_{5,6} + x_6 &= f_{6,2} + \frac{p_{6,4}}{p_{6,2}} f_{6,2} + \frac{p_{6,5}}{p_{6,2}} f_{6,2} - f_{2,6} - \frac{p_{5,6}}{p_{4,2}} f_{4,2}, \\ x_{3,1} - \frac{p_{3,1}}{p_{3,5}} x_{3,5} &= 0, \end{aligned} \tag{11}$$

$$x_{5,3} - \frac{p_{5,3}}{p_{5,6}} x_{5,6} = 0,$$

$$x_{5,4} - \frac{p_{5,4}}{p_{5,6}} x_{5,6} = 0.$$

The number of both equations and unknowns in the system (11) is 8.

We compute the rank of the matrix of the system (11). If the matrix is of full rank, then the system (11) has a unique solution.

References

1. Gentili M., Mirchandani P. Locating active sensors on traffic networks // *Annals of Operation Research*. 2005. Vol. 136, No. 1. P. 229-257.
2. Bianco L., Confessore G., Gentili M. Combinatorial Aspects of the Sensor Location Problem // *Annals of Operation Research*. 2006. Vol. 144, No. 1. P. 201-234.
3. Bianco L., Confessore G., Reverberi P. A network based model for traffic sensor location with implications on O/D matrix estimates // *Transportation Science*. 2001. Vol. 35, No. 1. P. 50-60.
4. Identification of sensory configuration and flow control / L.A. Pilipchuk [et al.] // *Journal of the Belarusian State University. Mathematics. Computer science*. 2018. No. 2. P. 67-76 (in Russian).
5. Algorithms of Solving Large Sparse Underdetermined Linear Systems with Embedded Network Structure / L.A. Pilipchuk [et al.] // *East-West J. of Mathematics*. 2002. Vol. 4. No. 2. P. 191-201.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКМ MATHEMATICA ПРИ РАЗЛОЖЕНИИ СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛОВ ПО МНОГОЧЛЕНАМ ЧЕБЫШЕВА

Г. А. Расолько

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, rasolko@bsu.by*

В данной работе на примере разложения сингулярного интеграла со степенно-логарифмической особенностью показано, как использование СКМ Mathematica позволило перейти от общих формул к сильно упрощенным. Полученные формулы дают возможность построить методом ортогональных многочленов вычислительные схемы приближенного решения как простейшего сингулярного интегрального уравнения первого рода со специальной правой частью, так и полного.

Ключевые слова: численный анализ; использование многочленов Чебышева; разложение сингулярного интеграла; метод ортогональных многочленов.

Метод ортогональных многочленов базируется на замечательном свойстве классических многочленов, которые в большинстве случаев являются собственными функциями многих интегральных операторов и этим позволяют получить спектральные соотношения для интегралов, входящих в уравнение. Наличие спектрального соотношения позволяет легко построить явное решение интегрального уравнения. Для численного решения некоторых сингулярных интегральных уравнений метод ортогональных многочленов применяется давно. Значительный вклад в его разработку внесли М. А. Golberg, А. В. Джишкариани и Г. Я. Попов. Отметим, что с появлением первых ЭВМ началось широкое внедрение в численный анализ многочленов Чебышева.

Известно, что в СКМ нет ресурсов по вычислению сингулярных интегралов, а также по решению сингулярных интегральных уравнений. Поэтому приходится прибегать не только к разработке вычислительных схем, но и к программированию их в виде стандартных функций.

Характерной особенностью численного решения интегральных уравнений является их дискретизация, т.е. получение тем или иным способом системы линейных алгебраических уравнений. Если требуется получить решение с высокой степенью точности, то целесообразно разыскивать его в виде линейной комбинации ортогональных многочленов, например, многочленов Чебышева.

Для численного решения многих сингулярных интегральных уравнений метод ортогональных многочленов применяется давно. Основной идеей данного метода является использование спектральных соотношений для входящих в уравнение интегралов. Например, известно, что

$$\begin{aligned} \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{T_n(t)}{\sqrt{1-t^2}} \frac{dt}{t-x} &= U_{n-1}(x), \\ \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \sqrt{1-t^2} U_{n-1}(t) \frac{dt}{t-x} &= -T_n(x), \quad -1 < x < 1, \quad n = 1, 2, 3, \dots, \end{aligned} \quad (1)$$

где $T_n(x)$, $U_{n-1}(x)$ – многочлены Чебышёва первого и второго рода соответственно.

Формулы (1) дают возможность построить вычислительные схемы приближенного решения как простейшего сингулярного интегрального уравнения первого рода

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \varphi(t) \frac{dt}{t-x} = f(x), \quad -1 < x < 1.$$

так и полного

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{\varphi(t)}{t-x} dt + \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 k(x,t) \varphi(t) dt = f(x), \quad -1 < x < 1.$$

Здесь $k(x,t)$, $f(x)$ – заданные функции, непрерывные по Гельдеру, $\varphi(x)$ – искомая.

Укажем возможность получить подобные представления для интегралов, встречающихся в других уравнениях, а именно, для сингулярных интегралов со степенно-логарифмической особенностью вида

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \ln \frac{1-t}{1+t} p(t) f(t) \frac{dt}{t-x}, \quad -1 < x < 1,$$

где $p(x) = (1-x)^\alpha (1+x)^\beta$, $|\alpha| = |\beta| = 0,5$.

На их основании построены вычислительные схемы приближенного решения как простейшего сингулярного интегрального уравнения первого рода со специальной правой частью

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \varphi(t) \frac{dt}{t-x} = \ln \frac{1-x}{1+x} f(x), \quad -1 < x < 1.$$

так и полного

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{\varphi(t)}{t-x} dt + \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 k(x,t) \varphi(t) dt = \ln \frac{1-x}{1+x} f(x) + g(x), \quad -1 < x < 1.$$

Здесь $k(x,t)$, $f(x)$, $g(x)$ – заданные функции, непрерывные по Гельдеру, $\varphi(x)$ – искомая.

Чтобы их получить, вначале нужно было вывести разложения сингулярных интегралов со степенно-логарифмической особенностью и ядром Коши в виде комбинации многочленов Чебышева первого и/или второго рода.

После того, как были получены такие разложения (см. [1], стр. 115) удалось их упростить при некоторых значениях α , β , используя возможности СКМ Mathematica Wolfram Research. Приведем некоторые результаты.

Теорема 1. Для $x \in (-1, 1)$ и α, β таких, что $|\alpha| = |\beta| = 0,5$, справедлива формула

$$\begin{aligned} & \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 (1-t)^\alpha (1+t)^\beta \ln \frac{1-t}{1+t} U_k(t) \frac{dt}{t-x} = \\ & = -\pi (1-x)^\alpha (1+x)^\beta U_k(x) + \sum_{j=0}^{k+\alpha+\beta-1} \gamma_j^{(k)} U_j(x), \quad k = 0, 1, \dots, \end{aligned} \quad (2)$$

где

$$\begin{aligned} \gamma_j^{(k)} &= Q_{k-j-1} + Q_{k+j+1} + 2A_{jk}, \quad j = \overline{0, k+\alpha+\beta-1}, \\ A_{jk} &= \int_{-1}^1 \sqrt{1-\tau^2} (1-\tau)^\alpha (1+\tau)^\beta U_j(\tau) U_k(\tau) d\tau, \quad 0 \leq j \leq k+\alpha+\beta-1, \end{aligned}$$

$$Q_M = \frac{1}{\sin \alpha \pi} \begin{cases} \sum_{k=0}^J b_k^{(M)} c_{\left[\frac{M+\alpha+\beta}{2}\right]-k}^{(1)}, & M + \alpha + \beta - \text{четное}, \\ 0, & M = -1, \\ \sum_{k=0}^L b_k^{(M)} c_{\left[\frac{M-1+\alpha+\beta}{2}\right]-k}^{(2)}, & M + \alpha + \beta - \text{нечетное}. \end{cases}$$

$$b_0^{(n-1)} = 2^{n-1}, \quad b_k^{(n-1)} = -\frac{(n-2k)(n-2k+1)}{4k(n-k)} b_{k-1}^{(n-1)}, \quad k = 1, 2, \dots, \left[\frac{n-1}{2}\right],$$

$$c_p^{(1)} = \sum_{n=0}^p \frac{2\mu_{2n}}{2p-2n+1}, \quad c_p^{(2)} = \sum_{n=0}^p \frac{2\mu_{2n+1}}{2p-2n+1}, \quad p = 0, 1, \dots,$$

$$\mu_k = \sum_{j=0}^k g_j v_{k-j}, \quad g_0 = v_0 = 1, \quad g_{j+1} = g_j \frac{j-\alpha}{j+1}, \quad v_{j+1} = v_j \frac{\beta-j}{j+1}, \quad j = 0, 1, \dots,$$

$$J = \min \left\{ \left[\frac{M}{2} \right], \left[\frac{M + \alpha + \beta}{2} \right] \right\}, \quad L = \min \left\{ \left[\frac{M}{2} \right], \left[\frac{M - 1 + \alpha + \beta}{2} \right] \right\}.$$

Запрограммировав в СКМ Mathematica вычисления по формуле (2), удалось получить следующие результаты для разных значений $|\alpha| = |\beta| = 0,5$:

alpha=	$\frac{1}{2}$	beta=	$\frac{1}{2}$
k=0	{2}		
k=1	{0, 2}		
k=2	$\left\{-\frac{4}{3}, 0, 2\right\}$		
k=3	$\left\{0, -\frac{4}{3}, 0, 2\right\}$		
k=4	$\left\{-\frac{4}{15}, 0, -\frac{4}{3}, 0, 2\right\}$		
k=5	$\left\{0, -\frac{4}{15}, 0, -\frac{4}{3}, 0, 2\right\}$		
k=6	$\left\{-\frac{4}{35}, 0, -\frac{4}{15}, 0, -\frac{4}{3}, 0, 2\right\}$		

$$\alpha = -\frac{1}{2} \quad \beta = -\frac{1}{2}$$

$k=1$ $\{ \}$
 $k=2$ $\{-8\}$
 $k=3$ $\{0, -8\}$
 $k=4$ $\left\{-\frac{32}{3}, 0, -8\right\}$
 $k=5$ $\left\{0, -\frac{32}{3}, 0, -8\right\}$
 $k=6$ $\left\{-\frac{184}{15}, 0, -\frac{32}{3}, 0, -8\right\}$

$$\alpha = \frac{1}{2} \quad \beta = -\frac{1}{2}$$

$k=1$ $\{4\}$
 $k=2$ $\{-8, 4\}$
 $k=3$ $\left\{\frac{28}{3}, -8, 4\right\}$
 $k=4$ $\left\{-\frac{32}{3}, \frac{28}{3}, -8, 4\right\}$
 $k=5$ $\left\{\frac{172}{15}, -\frac{32}{3}, \frac{28}{3}, -8, 4\right\}$
 $k=6$ $\left\{-\frac{184}{15}, \frac{172}{15}, -\frac{32}{3}, \frac{28}{3}, -8, 4\right\}$
 $k=7$ $\left\{\frac{1348}{105}, -\frac{184}{15}, \frac{172}{15}, -\frac{32}{3}, \frac{28}{3}, -8, 4\right\}$

$$\alpha = -\frac{1}{2} \quad \beta = \frac{1}{2}$$

$k=1$ $\{-4\}$
 $k=2$ $\{-8, -4\}$
 $k=3$ $\left\{-\frac{28}{3}, -8, -4\right\}$
 $k=4$ $\left\{-\frac{32}{3}, -\frac{28}{3}, -8, -4\right\}$
 $k=5$ $\left\{-\frac{172}{15}, -\frac{32}{3}, -\frac{28}{3}, -8, -4\right\}$
 $k=6$ $\left\{-\frac{184}{15}, -\frac{172}{15}, -\frac{32}{3}, -\frac{28}{3}, -8, -4\right\}$
 $k=7$ $\left\{-\frac{1348}{105}, -\frac{184}{15}, -\frac{172}{15}, -\frac{32}{3}, -\frac{28}{3}, -8, -4\right\}$

После получения данных серий коэффициентов начался этап осмысления. Удалось увидеть следующие закономерности, а именно:

Теорема 2. Для $x \in (-1, 1)$ и $k \geq 0$ справедливы равенства

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} \ln \frac{1-t}{1+t} \frac{U_k(t)}{t-x} dt = -\frac{\pi}{\sqrt{1-x^2}} U_k(x) - 8 \sum_{j=0}^{\lfloor \frac{k-2}{2} \rfloor} \sum_{m=0}^j \frac{1}{2m+1} U_{k-2-2j}(x), \quad (3)$$

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \sqrt{1-t^2} \ln \frac{1-t}{1+t} \frac{U_k(t)}{t-x} dt = -\pi \sqrt{1-x^2} U_k(x) + 2U_k(x) - 4 \sum_{j=1}^{\lfloor \frac{k}{2} \rfloor} \frac{1}{4j^2-1} U_{k-2j}(x), \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \sqrt{\frac{1+t}{1-t}} \ln \frac{1-t}{1+t} \frac{U_k(t)}{t-x} dt = & -\pi \sqrt{\frac{1+x}{1-x}} U_k(x) - 4U_{k-1}(x) - \\ & - \sum_{j=1}^{\lfloor \frac{k}{2} \rfloor} \sum_{m=0}^{j-1} \frac{8}{2m+1} U_{k-2j}(x) - \sum_{j=1}^{\lfloor \frac{k-1}{2} \rfloor} \left(\sum_{m=0}^j \frac{8}{2m+1} - \frac{4}{2j+1} \right) U_{k-1-2j}(x), \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \sqrt{\frac{1-t}{1+t}} \ln \frac{1-t}{1+t} \frac{U_k(t)}{t-x} dt = & -\pi \sqrt{\frac{1-x}{1+x}} U_k(x) + 4U_{k-1}(x) + \\ & + \sum_{j=1}^{\lfloor \frac{k}{2} \rfloor} \sum_{m=0}^{j-1} \frac{-8}{2m+1} U_{k-2j}(x) + \sum_{j=1}^{\lfloor \frac{k-1}{2} \rfloor} \left(\sum_{m=0}^j \frac{8}{2m+1} - \frac{4}{2j+1} \right) U_{k-1-2j}(x). \end{aligned} \quad (6)$$

Подобно предыдущему получены и следующие разложения, а вообще их всех 16.

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} \ln \frac{1-t}{1+t} \frac{T_k(t)}{t-x} dt = -\frac{\pi}{\sqrt{1-x^2}} T_k(x) - 8 \sum_{j=0}^{\lfloor \frac{k-2}{2} \rfloor} \sum_{m=0}^j \frac{1}{2m+1} T_{k-2-2j}(x), \quad (7)$$

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \frac{1}{\sqrt{1-t^2}} \ln \frac{1-t}{1+t} \frac{T_k(t)}{t-x} dt = -\frac{\pi}{\sqrt{1-x^2}} T_k(x) - 4 \sum_{j=0}^{\lfloor \frac{k-2}{2} \rfloor} \frac{1}{2j+1} T_{k-2-2j}(x), \quad (8)$$

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \sqrt{1-t^2} \ln \frac{1-t}{1+t} \frac{T_k(t)}{t-x} dt = -\pi \sqrt{1-x^2} T_k(x) + 2T_k(x) - 4 \sum_{j=1}^{\lfloor \frac{k}{2} \rfloor} \frac{1}{4j^2-1} T_{k-2j}(x), \quad (9)$$

$$\frac{1}{\pi} \int_{-1}^1 \sqrt{1-t^2} \ln \frac{1-t}{1+t} \frac{T_k(t)}{t-x} dt = -\pi \sqrt{1-x^2} T_k(x) + \sum_{j=0}^{\lfloor \frac{k}{2} \rfloor} \beta_j^{(k)} U_{k-2j}(x), \quad (10)$$

$$\beta_0^{(0)} = 2, \quad \beta_0^{(1)} = 1, \quad \beta_0^{(k)} = 1, \quad \beta_1^{(k)} = -\frac{5}{3}, \quad \beta_j^{(k)} = \frac{8}{(2j-3)(4j^2-1)}, \quad j = 2, \left\lfloor \frac{k}{2} \right\rfloor, \quad k \geq 2.$$

где $\sum_{j=0}^m \rho_j T_{m-j} \equiv \rho_0 T_m + \rho_1 T_{m-1} + \dots + \rho_{m-1} T_1 + \frac{1}{2} \rho_m T_0$.

Утверждения (3) – (10) доказываются методом математической индукции.

Подчеркнем, что на их основании строятся эффективные вычислительные схемы приближенного решения СИУ [1]. А это всё благодаря возможностям СКМ Mathematica проводить символьные вычисления и отображать результат в нужном формате!

Полученные разложения использовались при построении вычислительных схем для сингулярного интегрального уравнения с двукратными ядрами Коши

$$\frac{1}{\pi^2} \iint_{D^2} \frac{\varphi(t, \tau)}{(t-x)(\tau-y)} dt d\tau = f(x, y) \ln \frac{1-x}{1+x} \ln \frac{1-y}{1+y}, \quad (x, y) \in D^2,$$

где $D^2 = (-1,1) \times (-1,1)$, f – заданная непрерывная по Гельдеру функции в \bar{D} , φ – искомая функция. Уравнение применяется в аэроупругости.

Полную версию данного доклада можно найти в [1]. Эти упрощения не только существенно сокращает время по их вычислению, но и визуализирует результаты.

Библиографические ссылки

1. Расолько, Г.А. Приближенное решение сингулярных интегральных уравнений с ядрами Коши методом ортогональных многочленов [Электронный ресурс]. Минск: БГУ, 2015. 262 с. URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/118113>

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЕЧНОГО ПОЛЯ ПО МОДУЛЮ ПРОСТОГО ЧИСЛА ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ БАЗИСА ГРЁБНЕРА

А. Е. Руденко¹⁾, М. Н. Василевич²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, roudenok@bsu.by

²⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, vasilmn@bsu.by

Рассматривается идеал фокусных величин системы дифференциальных уравнений, называемой системой Куклеса. Для нахождения многообразия этого идеала вычисляется его базис Грёбнера. Вычисление этого базиса в кольце многочленов над полем вещественных чисел представляет большие вычислительные трудности. Показано, как их можно преодолеть, используя вместо кольца многочленов $R[x]$ кольцо многочленов $Z_p[x]$, где Z_p – конечное поле, p – простое число.

Ключевые слова: система Куклеса; идеал ляпуновских величин; базис Грёбнера; конечное поле; модульная арифметика.

Система Куклеса [1] представляет собой систему вида

$$\dot{x} = -y, \quad \dot{y} = x(1 - Ax - Kx^2) - 3xy(B + Lx) + (A - U - Mx)y^2 - Ny^3, \quad (1)$$

где A, B, C, K, L, M, N – вещественные константы.

С 1944 года в течение шестидесяти лет стояла проблема о различении центра и фокуса особой точки $O(0,0)$ этой системы. Для решения этой задачи строится идеал из многочленов над полем рациональных чисел. Эти многочлены называются ляпуновскими величинами [2, с.108]. После их построения находится многообразие этого идеала, которое называется многообразием центра. Это многообразие можно найти, например, вычислением результатов многочленов, составляющих идеал. Этот способ применялся на ранних этапах развития информационных технологий. Современный уровень информационных технологий позволил применять для решения этой задачи базисы Грёбнера, которые были известны с 1965 года [3], но практически не применялись вплоть до 1988 года (версия Wolfram Mathematica 1.0).

Решение задачи о различении центра и фокуса для системы Куклеса было дано независимо Ллойдом и Пирсоном [4] и Садовским [5, 6] с использованием различных методов.

В работе [4] многообразие центра было получено вычислением результатов ляпуновских величин и с использованием суперкомпьютеров Cray-2 вычислительных центров Manchester Computing Centre и Minnesota Supercomputer Center.

В статье [6] приведена программа для ляпуновских величин в пакете Mathematica 4.1. Следует заметить, что в [5] эта программа приведена с опечатками, которые нами исправлены.

```
{z1,z2}={-y, x-A x^2-K x^3-3 B x y-3 L x^2 y+A y^2-U y^2-M x y^2-N y^3};
u=x^2+y^2+Sum[Sum[p[j,i-j]*x^j*y^(i-j),{j,0,i}],{i,3,16}];
D[u,x]*z1+D [u,y]*z2-Sum[g[i-1] (x^2+y^2)^i,{i,2,8}];
CoefficientList[%/.{x->x*s,y->y*s},s];
Do[w[i]=%[[i+1]],{i,3,16}]
Do[w[i]=CoefficientList[w[i],y]/.x->1,{i,3,16}]
Do[t[2*i+1]=Solve[Table[w[2*i+1][[j]]==0,{j,1,2*i+2}],Table[p[j,2*i+1-j],
{j,0,2*i+1}]]][[1]],{i,1,7}]
```

```

Do[t[2*i+2]=Solve[Table[w[2*i+2][[j]]==0,{j,1,2*i+3}],Union[Table[p[j,2*i+2-j],
{j,1,2*i+2}],{g[i]}][[1]],{i,1,7}]
Do[p[0,2*j]=0,{j,2,7}]
Do[Do[g[i]=Expand[g[i]/.t[2*i+3-j]],{j,1,2*i}],{i,1,7}]
Do[g[i]=Factor[g[i]],{i,1,7}]

```

Используя эту программу А.П. Садовский вычислил первые шесть ляпуновских величин системы Куклеса. Многообразие идеала, образованное этими многочленами он нашел с помощью результатов. Необходимо отметить сложность вычислений этих результатов, степени которых достигали 996.

Во всех этих работах авторам не удалось найти базис Грёбнера идеала. Впервые его вычислил А.Е. Руденко (см. монографию [2], с. 138). В монографии [2] А.П. Садовский построил идеал, образующие которого состоят из 7 ляпуновских величин. Сам базис Гребнера содержит 57 многочленов. Громоздкость этого базиса не позволила найти непосредственно из него многообразие центра.

Ниже мы приведем идеал J , образованный из первых шести ляпуновских величин системы (1) [7]. Первые три члена идеала J состоят из полиномов:

$$1) ABK - ABM - 6B^2N - 3KN - MN + 2A^2BU + 6B^3U + 7BKU + 3BMU - 2ANU + 3ABU^2 - 3NU^2;$$

$$2) 6A^3BK + 15AB^3K + 11ABK^2 - 6A^3BM - 15AB^3M - 3ABKM - 6ABM^2 - 36A^2B^2N - 90B^4N - 14A^2KN - 93B^2KN - 12K^2N - 2A^2MN - 45B^2MN - 11KMN - 3M^2N + 6ABN^2 - 6N^3 + 12A^4BU + 66A^2B^3U + 90B^5U + 54A^2BKU + 153B^3KU + 56BK^2U + 32A^2BMU + 75B^3MU + 47BKMU + 15BM^2U - 12A^3NU - 6AB^2NU + 10AKNU + 12AMNU + 96BN^2U + 8A^3BU^2 + 15AB^3U^2 - 22ABKU^2 - 15ABMU^2 - 8A^2NU^2 - 135B^2NU^2 - 59KNU^2 - 30MNU^2 - 30A^2BU^3 + 15BKU^3 + 30ANU^3;$$

$$3) 45A^5BK + 240A^3B^3K + 315AB^5K + 158A^3BK^2 + 450AB^3K^2 + 159ABK^3 - 45A^5BM - 240A^3B^3M - 315AB^5M - 35A^3BKM - 150AB^3KM + 20ABK^2M - 101A^3BM^2 - 240AB^3M^2 - 74ABKM^2 - 45ABM^3 - 270A^4B^2N - 1440A^2B^4N - 1890B^6N - 91A^4KN - 1290A^2B^2KN - 3105B^4KN - 157A^2K^2N - 1350B^2K^2N - 99K^3N - A^4MN - 720A^2B^2MN - 1575B^4MN - 155A^2KMN - 1200B^2KMN - 114K^2MN - 46A^2M^2N - 360B^2M^2N - 64KM^2N - 15M^3N + 66A^3BN^2 - 180AB^3N^2 - 21ABKN^2 - 255ABMN^2 - 42A^2N^3 - 990B^2N^3 - 153KN^3 - 75MN^3 + 90A^6BU + 750A^4B^3U + 2070A^2B^5U + 1890B^7U + 499A^4BKU + 2970A^2B^3KU + 4365B^5KU + 1004A^2BK^2U + 3150B^3K^2U + 735BK^3U + 381A^4BMU + 1860A^2B^3MU + 2205B^5MU + 985A^2BKMU + 2760B^3KMU + 824BK^2MU + 479A^2BM^2U + 840B^3M^2U + 416BKM^2U + 105BM^3U - 90A^5NU + 36A^3B^2NU + 810AB^4NU + 86A^3KNU + 624AB^2KNU - 44AK^2NU + 68A^3MNU + 1740AB^2MNU + 502AKMNU + 240AM^2NU + 1098A^2BN^2U + 6030B^3N^2U + 3237BKN^2U + 1635BMN^2U + 90AN^3U - 19A^5BU^2 - 162A^3B^3U^2 - 315AB^5U^2 - 420A^3BKU^2 - 1098AB^3KU^2 - 266ABK^2U^2 - 387A^3BMU^2 - 1260AB^3MU^2 - 873ABKMU^2 - 420ABM^2U^2 + 19A^4NU^2 - 1836A^2B^2NU^2 - 5985B^4NU^2 - 1053A^2KNU^2 - 6204B^2KNU^2 - 916K^2NU^2 - 618A^2MNU^2 - 3150B^2MNU^2 - 972KMNU^2 - 315M^2NU^2 - 1335ABN^2U^2 - 495N^3U^2 - 386A^4BU^3 - 1050A^2B^3U^3 + 65A^2BKU^3 + 420B^3KU^3 - 59BK^2U^3 - 210A^2BMU^3 + 386A^3NU^3 + 1890AB^2NU^3 + 1184AKNU^3 + 840AMNU^3 + 1260BN^2U^3 + 315A^3BU^4 - 525ABKU^4 - 315A^2NU^4 + 210KNU^4.$$

Остальные три образующих идеала J мы не приводим из-за их громоздкости, в частности, степень шестого члена идеала равна $\{6, 6, 7, 7, 12, 13\}$ по переменным $\{K, M, N, U, A, B\}$ соответственно и состоит из 9097 слагаемых.

Мы вычисляли базис Грёбнера этого идеала в кольце многочленов над полем вещественных чисел. Даже использование процессора Intel 14-го поколения (5.6 ГГц) и пакета Mathematica 14 потребовали длительных вычислений (12 дней). Можно преодолеть эти трудности,

используя вместо кольца многочленов $R[x]$ кольцо многочленов $Z_p[x]$, где Z_p – конечное поле, p – простое число. Мы использовали $p = 100003$. Удивительно, что вычисление базиса Грёбнера таким способом заняло 3 часа. Первый член вычисленного базиса в кольце многочленов $Z_p[x]$ имеет вид:

$$A^5U^6(100002N+BU)(A^2+25003B^2)(A+14241B)^3(A+85762B)^3 \times \\ \times (A^3B^3+2AB^5+100000A^2B^2N+99999B^4N+3ABN^2+100002N^3) \times \\ \times (A^5+4A^3B^2+4AB^4+2A^4U+12A^2B^2U+16B^4U+A^3U^2)$$

Для восстановления базиса в кольце многочленов $R[x]$ мы использовали алгоритм [8, 9], который восстанавливает числа из модульной арифметики в обычную арифметику:

Algorithm Rational Reconstruction (RR).

Input: Integers m, u, N, D with $m > u \geq 0$, $N, D > 0$ and $2ND < m$.

Output: Either $n, d \in \mathbb{Z}$ s.t. $|n| \leq N$, $0 < d \leq D$, $\gcd(n, d) = 1$, and $n/d \equiv u \pmod{m}$, or FAIL implying no such rational n/d exists.

Set $(r_0, t_0) = (m, 0)$.

Set $(r_1, t_1) = (u, 1)$.

While $r_1 > N$ do

 Set $q = [r_0/r_1]$

 Set $(r_0, r_1) = (r_1, r_0 - q r_1)$.

 Set $(t_0, t_1) = (t_1, t_0 - q t_1)$.

Set $(n, d) = (r_1, t_1)$.

If $d < 0$ then set $(n, d) = (-n, -d)$.

If $d \leq D$ and $\gcd(n, d) = 1$ then output (n, d) .

Otherwise output FAIL.

Восстановленный с помощью этого алгоритма первый член базиса в кольце многочленов $R[x]$ имеет вид:

$$A^5U^6(-N+BU)(A^2+9/4B^2)(A+21/316B)^3(A-21/316B)^3 \times \\ \times (A^3B^3+2AB^5-3A^2B^2N-4B^4N+3ABN^2-N^3) \times \\ \times (A^5+4A^3B^2+4AB^4+2A^4U+12A^2B^2U+16B^4U+A^3U^2)$$

Библиографические ссылки

1. Куклес И.С. О некоторых случаях отличия фокуса от центра // Докл. АН СССР. 1944. Т. 42. № 5. С. 208-211.
2. Садовский А.П. Полиномиальные идеалы и многообразия. Минск: БГУ, 2008.
3. Buchberger В. Ein Algorithmus zum auffinden der Basiselemente des Restklassenringes nach einem nulldimensionalen Polynomideal. PhD thesis. Innsbruck, 1965.
4. Lloyd N. G., Pearson J. M. Computing centre conditions for certain cubic systems // J. Comp. Appl. Math. 1992. V. 40. № 3. P. 323-336.
5. Садовский А. П. Решение проблемы центра и фокуса для кубической системы нелинейных колебаний // Дифференц. уравнения. 1997. Т. 33. № 2. С. 236-244.
6. Садовский А. П. Кубические системы нелинейных колебаний с семью предельными циклами // Дифференц. уравнения. 2003. Т. 39. № 4. С. 472-481.
7. Руденок А. Е., Василевич М. Н. О базисе Грёбнера идеала ляпуновских величин системы Куклеса // Дифференц. уравнения. 2023. Т. 59. № 2. С. 170-182.
8. Wang P. S., Guy M. J. T., Davenport J. H. P-adic Reconstruction of Rational Numbers. SIGSAM Bulletin. 1982. V. 16. № 2. P. 2-3.
9. Monagan M. B. Maximal quotient rational reconstruction: an almost optimal algorithm for rational reconstruction // Proceedings of the 2004 International Symposium on Symbolic and Algebraic Computation. 2004. P. 243-249.

ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ И ГЕНЕРАТОРОВ

С. Н. Сытова

*Институт ядерных проблем Белорусского государственного университета,
ул. Бобруйская 11, 220006, Минск, Беларусь, sytova@inp.bsu.by*

Рассматриваются проблемы, возникающие при широком использовании в математическом моделировании различных физических процессов и явлений готовых пакетов прикладных программ. Данная тематика важна для студентов и аспирантов физического и математического профилей, которые в будущем планируют связать свою деятельность с математическим моделированием разнообразных физических явлений и приборов, а также для научных сотрудников, в задачу которых входит исследование методами математического моделирования различных физических закономерностей. Проблемы рассмотрены на примере моделирования различных электронных усилителей и генераторов, включая объемные лазеры на свободных электронах. Однако приведенные рассуждения справедливы и для других областей математического моделирования физических процессов.

Ключевые слова: математическое моделирование; пакеты прикладных программ; электронные приборы; математические модели; системы дифференциальных уравнений.

История развития методов математического моделирования разнообразных физических явлений и устройств выявила следующие необходимые этапы проведения математического моделирования: построение на основе феноменологических физических моделей адекватных математических моделей рассматриваемых физических процессов, выбор среди существующих либо разработку собственных численных методов и алгоритмов для их решения, выбор либо разработку собственных компьютерных программ, реализующих данные алгоритмы, а также собственно сами полученные численные результаты и их анализ с возможным последующим уточнением как феноменологических, так и математических моделей, алгоритмов и программ [1, 2].

Начиная с середины двадцатого века и до сегодняшних дней наблюдается бурное развитие исследований в области нелинейных процессов генерации электромагнитного излучения, происходящих в различных типах электронных усилителей и генераторов. Их производительность и надежность в настоящее время обеспечивается использованием сложных электромагнитных структур на основе новых материалов и передовых технологий. Широкое применение таких приборов в разнообразных приложениях (в системах спутниковой связи, телерадиовещании, различных микроволновых устройствах нагрева для промышленного и бытового использования, в научных исследованиях, в том числе – в ускорителях частиц высоких энергий, нагреве плазмы для управляемого термоядерного синтеза, а также в медицинских системах и т. д.) требует надежной работы при высокой мощности и эффективности, а также низкой стоимости [3].

Назовем наиболее распространенные в настоящее время и использующие в своем функционировании достаточно близкие физические принципы электронные усилители и генераторы – лампы бегущей волны (ЛБВ), лампы обратной волны (ЛОВ), карсинотроны и карсинотроды, многоволновые черенковские генераторы (МВЧГ), лазеры на свободных электронах (ЛСЭ), гиротроны и мазеры на свободных электронах (МСЭ), виркаторы, оротроны, различные варианты черенковских и смит-парселовских ЛСЭ [4–6], объемные лазеры на свободных электронах (ОЛСЭ) [7].

Основа их функционирования заключается в генерации электромагнитного излучения пучками заряженных частиц, в которых эти частицы сгруппированы в сгустки (банчи) и взаимодействуют в резонаторе (замедляющей системе) с замедленными электромагнитными волнами.

Системы уравнений для моделирования ЛОВ, ЛБВ, ЛСЭ и других электронных приборов могут быть найдены в [5, 6] и др. Для их решения используются численные методы [8] и в целом – методы математического моделирования [1, 2].

Для математического моделирования рассматриваемых электронных усилителей и генераторов создан целый ряд компьютерных программ [9], в том числе КАРАТ [10], ООПИС (англ. – Object Oriented PIC) [11], MAGIC [12], PARMELA [13], Genesis 1.3 [14]. Постоянно появляются новые. Следует упомянуть мощный коммерческий программный пакет CST (англ. – Computer Simulation Technology) [15], который позволяет проводить 3D-моделирование электромагнитного поля для проектирования, анализа и оптимизации разнообразных электромагнитных компонентов и систем.

Также в настоящее время в силу экспоненциального возрастания сложности и объема счета большое внимание уделяется проблемам распараллеливания, эффективного использования суперкомпьютеров и распределенных вычислений на массивах компьютеров.

Многие из указанных выше программных продуктов являются коммерческими и имеют высокую стоимость. Но даже если используются свободно распространяемые пакеты программ, в силу их сложности и недостаточной гибкости зачастую требуются значительные усилия по настройке входных параметров данных кодов для получения адекватных результатов моделирования требуемых конкретных установок. Часто исследователи, использующие такие сложные пакеты программ, пытаются обходиться вообще без формулирования систем уравнений, описывающих физические процессы, которые они моделируют, доверяясь разработчикам программ. Это может привести к получению нефизических результатов [16].

Кроме того, не все ученые имеют доступ к суперкомпьютерным вычислениям, которые являются достаточно дорогими. Но и суперкомпьютер не выдаст численный результат мгновенно. Приведем примерную оценку необходимых затрат. При моделировании таких ускорительных систем как, например, ЛСЭ решение системы полных трехмерных уравнений Максвелла разностными методами на сетках и моделирование методом частиц пучка заряженных частиц, толкаемых в электромагнитном поле силой Лоренца, предполагает моделирование до 10^{10} частиц на примерно 500^3 ячейках разностной сетки за большое (как минимум несколько сотен) число шагов по времени. Для этого может потребоваться оперативная память порядка 0,5 ТБ, а время выполнения даже на хорошем суперкомпьютере может занять от нескольких часов до месяцев работы. При этом для хранения полученных численных данных может потребоваться до 1 ТБ памяти на жестком диске. Понятно, что для создания, например, многомиллионных ускорительных комплексов и установок, а также для проведения экспериментальных исследований на них такое моделирование должно быть выполнено, невзирая на материальные затраты. Также очевидно, что предварительно следует выполнить экспресс-расчеты по одномерным программам с целью сужения и уточнения параметров для последующего эффективного полноценного моделирования.

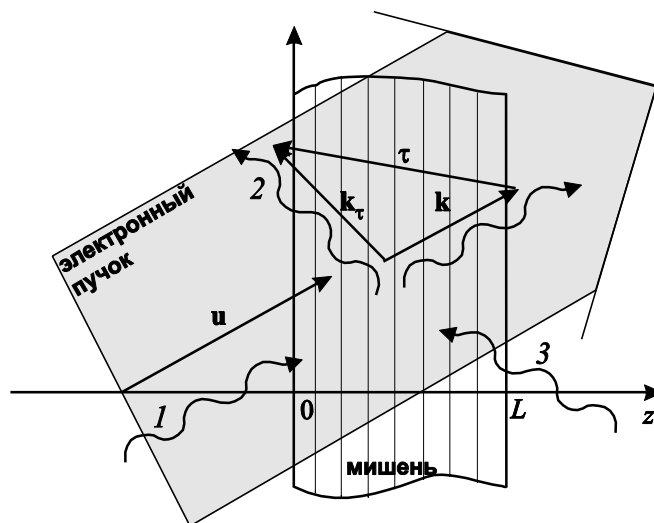
Именно поэтому многие исследователи используют программные коды собственного производства, более того, активно развиваются не просто собственные программы, но и экспресс-коды (не трехмерные полные «тяжелые» коды, а быстрые и «легкие» 1D- и 2D-коды) [17, 18].

В качестве примера такого экспресс-кода для моделирования ОЛСЭ разработан комплекс программ VOLC («VOLume Code») [19, 20]. Он позволяет осуществить математическое моделирование во времени рассматриваемых физических процессов в ОЛСЭ для одного (1D) и двух (2D) пространственных измерений. В первом случае мы имеем одно пространственное

измерение для электромагнитных полей и два измерения (пространственное и фаза) для электронного пучка + время. Простая схема двухволнового ОЛСЭ приведена на рисунке.

Второй случай касается ОЛСЭ с объемными дифракционными решетками, где используются два пространственных измерения (z и x) для электромагнитных полей и функций распределения пучка электронов [21]. Это т. н. поверхностный квазичеренковский ОЛСЭ (surface quasi-Cherenkov FEL). Такие схемы реализуемы в оптическом и терагерцовом диапазонах [22].

Рассмотрим простейшую математическую модель двухволнового ОЛСЭ в объемной геометрии (см. рисунок). Пусть электронный пучок со скоростью \mathbf{u} и плотностью j_e «падает» под некоторым углом на полубесконечную трехмерную пространственно-периодическую мишень (резонатор) толщиной L . Здесь он находится в синхронизме с одной из электромагнитных волн, образующихся в системе вследствие динамической дифракции. Это означает выполнение известных условий Вавилова-Черенкова для пучка.



Объемная схема ОЛСЭ в геометрии Брэгга

Одновременно на мишень может падать плоская электромагнитная волна с частотой ω и волновым вектором \mathbf{k} (волна 1 на рисунке). Если эта волна находится в условиях дифракции, то в мишени образуется дифрагированная волна с волновым вектором $\mathbf{k}_\tau = \mathbf{k} + \boldsymbol{\tau}$ (волна 2 на рисунке).

В результате аккуратного учета условий объемной распределенной обратной связи в ОЛСЭ и фаз электронов в пучке, компьютерный код VOLC позволяет моделировать сложную трехмерную динамику электронного пучка и распространение электромагнитных волн в трехмерном резонаторе ОЛСЭ. Такая программа подходит для быстрого моделирования, не требуя больших мощностей компьютера. Она позволяет проверить все основные физические законы, лежащие в основе ОЛСЭ, провести быстрый предрасчет условий эксперимента, который затем может быть с большей точностью промоделирован с помощью «тяжелых» компьютерных кодов (рассмотренных выше) на суперкомпьютерной технике (при ее наличии). Таким образом, комплекс программ VOLC предназначен для экспресс-моделирования работы различных типов ОЛСЭ, в том числе экспериментальных физических установок ОЛСЭ НИИ ЯП БГУ.

Компьютерный код VOLC предоставляет возможность моделировать:

1) динамическую дифракцию электромагнитных волн в геометрии Брэгга и Лауэ в различных типах резонаторов, включая естественные кристаллы (рентгеновский диапазон), сеточные и фольговые резонаторы (СВЧ-диапазон) для двух- и трехволнового случая дифракции, различных дифракционных структур (с учетом отраженных волн в оптическом диапазоне длин волн);

2) проверку условий дифракции в системе;

- 3) вычисление значений коэффициентов разложения диэлектрической проницаемости среды в ряд по векторам обратной решетки;
- 4) режимы усиления и генерации, включая режим SASE – Self-amplified spontaneous emission;
- 5) эффекты, обусловленные наличием внешних зеркал;
- 6) эффекты дисперсии электромагнитных волн в системе;
- 7) процессы, учитывающие формы внешнего импульса электромагнитного излучения и пространственной формы пучка электронов, падающих на мишень;
- 8) динамику пучка электронов при прохождении резонатора при моделировании фаз электронов и функций распределения;
- 9) взаимодействие одного и двух пучков электронов с электромагнитными волнами в условиях дифракции;
- 10) циклы по нескольким входным параметрам (параметры внешнего импульса электромагнитного излучения, длина резонатора, плотность тока пучка электронов, форма его импульса, геометрические параметры дифракции, отстройка от точного выполнения черенковского условия, параметры фотонного кристалла и др.) для формирования параметрических карт перехода к хаосу в системе.

Входными данными VOLC являются длина волны, плотность тока пучка и его Лоренц-фактор, размеры резонатора, время процесса, фактор асимметрии, параметры геометрии, отклонение от точного выполнения условия Черенкова, значения разложения диэлектрической проницаемости в ряд по векторам обратной решетки, параметры отражения при наличии внешних зеркал и др. Наборы параметров варьируются в зависимости от версии программы (двухволновая геометрия, трехволновая и т.д.).

В качестве выходных данных в файлы выводятся распределения амплитуд электромагнитных волн и пучка электронов в каждый момент времени на концах резонатора, а также соответствующие им фурье-компоненты. Возможен вывод этих данных в зависимости от пространственных координат в каждый момент времени.

VOLC всесторонне протестирован, в том числе путем сравнения численных результатов моделирования и известных аналитических решений. Полученные численные результаты имеют хорошее согласие с теоретическими и экспериментальными физическими результатами. Математическое моделирование с использованием VOLC подтвердило все основные физические закономерности и принципы работы ОЛСЭ, получены пороги генерации для установок ОЛСЭ, эксперименты на которых проводились в НИИ ЯП БГУ. Показано, что для эффективной генерации существует оптимальный набор параметров системы.

Применимость использованных в VOLC разностных алгоритмов и достоверность решения методами математического моделирования ОЛСЭ подтверждается использованием принятых в научном мире исходных уравнений, корректностью использованных приближений, многочисленными положительными примерами валидации и верификации разработанного программного обеспечения – комплекса программ VOLC. Также достоверность полученных результатов подтверждается их соответствием современным физическим представлениям и согласованностью с существующими аналитическими оценками.

Библиографические ссылки

1. Бэдсел Ч., Лэнгдон А. Физика плазмы и численное моделирование. М.: Энергоатомиздат, 1989. 452 с.
2. Хокни Р., Иствуд Дж. Численное моделирование методом частиц. М.: Мир, 1987. 640 с.
3. Benford J., Swegle J. A., Schamiloglu E. High power microwave. Boca Raton: CRC Press, 2016. 446 p.
4. Freund H. P., Antonsen Jr T. M. Principles of free electron lasers. Springer, 2018. 716 p.
5. Вайнштейн Л. А., Солнцев В. А. Лекции по сверхвысокочастотной электронике СВЧ. М.: Сов. Радио, 1973. 399 с.

6. Трубецков Д. И., Храмов А. Е. Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков: в 2 т., М: ФИЗМАТЛИТ, 2003. Т. 1. 496 с.; Т. 2. 648 с.
7. Baryshevsky V. G. High-energy nuclear optics of polarized particles. Singapore: World Scientific Publishing Company, 2012. 640 p.
8. Калиткин Н. Н. Численные методы. М.: Наука, 1978. 512 с.
9. Reiche, S. FEL simulations: history, status and outlook // The 32st Int. Free Electron Laser Conference: Proceedings of FEL2010, Malmö, Sweden, 23-27 August 2010. Malmö, 2010. P. 134-137.
10. Tarakanov V. P. Code KARAT in simulations of power microwave sources including Cherenkov plasma devices, vircators, orotron, E-field sensor, calorimeter etc. // EPJ Web of Conferences. 2017. Vol. 149. № art. 04024.
11. Verboncoeur J. P., Langdon A. B., Gladd N. T. An object-oriented electromagnetic PIC code // Computer Physics Communications. 1995. Vol. 87. P. 199-211.
12. User-configurable MAGIC for electromagnetic PIC calculations / B. Goplen [et al.] // Computer Physics Communications. 1995. Volume 87, Issues 1-2. P. 54-86.
13. Young L., Billen J. The particle tracking code PARMELA // Proceedings of the 2003 Particle Accelerator Conference, Portland, Oregon, USA, May 12-16, 2003. IEEE, 2003. P. 3521-3523.
14. Reiche S. GENESIS 1. 3: a fully 3D time-dependent FEL simulation code // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1999. Vol. 429. P. 243-248.
15. CST Studio Suite 2017 offers EM simulation on every scale // Microwave Journal. 2017. February. 2 p.
16. Моделирование неустойчивостей в релятивистском электронном потоке в среде CST Particle Studio / С. А. Куркин [и др.] // Математическое Моделирование. 2017. Т. 29, № 7. С. 109-122.
17. Cyclotron auto resonance maser and free electron laser devices: a unified point of view / E. Di Palma [et al.] // J. Plasma Phys. 2017. Vol. 83. № art. 905830102
18. Optimization of volume free electron laser with photonic crystal foil grid structure for operation in sub-terahertz range / A. Badarin [et al.] // 44th Int. Conf. on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves (IRMMW-THz). 2019. 2 p.
19. Сытова С. Н. Компьютерное моделирование объемных лазеров на свободных электронах с помощью компьютерной программы VOLC // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Веб-программирование и интернет-технологии» (WebConf09). 8-10 июня 2009 г. Минск, 2009. Часть 2. С. 59-60.
20. Sytova S. Simulation Techniques for Vacuum Electronic Devices // Nonlinear Phenomena in Complex Systems. 2022. Vol. 25, No 2. P. 168-176.
21. Сытова С. Н. Модели объемных лазеров на свободных электронах // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2012. Т. 20, № 6. С. 124-135.
22. Visible surface quasi-Cherenkov FEL / V. G. Baryshevsky [et al.] // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. 1995. Vol. A358. P. 508-511.
23. Shintake T. Review of the worldwide SASE FEL development // Proc. PAC07, Albuquerque, New Mexico, USA. 2007. № art. MOZBAB01. P. 89-93.

ПРИМЕРЫ ИНТЕГРАЦИИ СРЕДСТВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ WOLFRAM MATHEMATICA И СИСТЕМЫ ГЕОБАЗАДАННЫХ

В. Б. Таранчук

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, taranchuk@bsu.by*

Обсуждаются методические и технические решения интеграции модулей интеллектуальных вычислений системы *Wolfram Mathematica* и инструментов программного комплекса ГеоБазаДанных в задачах формирования, интерпретации, обработки, визуализации цифровых полей при компьютерном моделировании объектов геологии, геоэкологии. Предложена модификация типового способа кластеризации, расчетами на представительных данных подтверждены преимущества.

Ключевые слова: система ГеоБазаДанных; компьютерная модель; цифровые поля; интерактивная визуализация; интеллектуальная адаптация; система *Wolfram Mathematica*; кластеризация.

Введение

Компьютерное моделирование включает развитие математических методов и алгоритмов; разработку программных средств, проведение вычислительных экспериментов. Одной из важнейших составляющих при разработке и внедрении, в частности, постоянно действующих компьютерных геологических, геоэкологических моделей является задача оценки адекватности и точности предлагаемых цифровых описаний. Ключевыми являются вопросы автоматизации формирования, адаптации моделей с учетом постоянно поступающих дополнительных данных, а также ревизии результатов обработки исходной информации на основе новых интерпретаций. Актуально повышать качество предобработки, интерпретации исходных данных и получаемых разными способами результатов, причем, из-за их все возрастающего объема принципиально важно автоматизировать все этапы анализа, обработки, визуализации информации, внедрять компьютерные интеллектуальные инструменты. При этом интеллектуальный анализ данных не исключает человеческое участие в обработке и анализе. Соответственно, программное обеспечение должно быть интерактивным, интерфейсы программ дружелюбными и предсказательными – тогда реально значительно ускорить процессы обоснования экспертных заключений, делая их содержание и рекомендации доступными для широкого круга аналитиков, не являющихся специалистами в статистике, математике или программировании.

Ряд вопросов по анализу, оценкам качества пространственных данных можно эффективно решать с использованием компьютерного комплекса ГеоБазаДанных [1]. Ниже упомянуты возможные варианты, методические решения и программные инструменты, которые позволяют с использованием средств искусственного интеллекта подтвердить обоснованность интерпретаций, а также визуализировать и получить числовые значения погрешностей, рассчитываемых разными методами результатов обработки данных, включаемых и используемых в компьютерных геологических, геоэкологических моделях. Для иллюстраций выбрана ключевая задача подготовки цифровых полей, используемых в компьютерных моделях. В частности, обсуждаются предложенные, апробированные при решении разных прикладных задач методы, реализованные в интерактивном компьютерном комплексе ГеоБазаДанных авторские алгоритмы расчета аппроксимирующих цифровых полей.

Общие сведения о комплексе ГеоБазаДанных

ГеоБазаДанных – комплекс интеллектуальных компьютерных подсистем, математического, алгоритмического и программного обеспечения наполнения, сопровождения и визуализации

зации данных для имитационных и математических моделей, средств обеспечения вычислительных экспериментов, алгоритмических и программных средств создания постоянно действующих компьютерных моделей. В ГеоБазаДанных можно формировать и визуализировать цифровые описания пространственных распределений; графически иллюстрировать решения задач, описывающих динамические процессы многофазной фильтрации, миграции флюидов, переноса тепла, влаги, минеральных водорастворимых соединений в толщах пород; конструировать и реализовывать интерактивные сценарии визуализации и обработки результатов вычислительных экспериментов. Подсистемы ГеоБазаДанных позволяют рассчитывать и выполнять в разных приближениях экспертные оценки локальных и интегральных характеристик экосистем; создавать постоянно действующие модели объектов нефтедобычи; формировать и выводить на твердые копии тематические карты. Основные компоненты, примеры применения ГеоБазаДанных описаны в [1].

Последние годы активность использования инструментов искусственного интеллекта при решении задач геологии, геоэкологии стремительно повышается. В частности, по рассматриваемым в настоящей работе алгоритмам и методам кластерного анализа каждый год публикуются десятки статей. В некоторых приводятся решения практических задач, изложены методы предобработки и интерпретации геофизических данных, анализа результатов, экспертные заключения (например, [2, 3].)

Ниже отмечены основные дополнения комплекса ГеоБазаДанных, включающие методические аспекты и программные компоненты, реализованные с использованием инструментов искусственного интеллекта. При этом, чтобы было понимание этапов разработки и взаимосвязи составных частей, приведены ссылки основных публикаций с примерами использования обновленных компонент комплекса.

Так, в [4, 5] опубликованы методические и технические решения, описаны программные инструменты, результаты и примеры обработки данных типичных для геофизических методов изучения геологических объектов на профилях наблюдений. Показаны, подтверждены примерами эффективность применения искусственных нейронных сетей для устранения в результатах замеров шумов и искажений, выполнения необходимой для математических моделей предобработки данных сглаживанием с целью подготовки регулярных цифровых распределений.

В [6] рассмотрены и приведены примеры интерактивного формирования в вычислительных экспериментах цифровых моделей геологических, геоэкологических объектов, отвечающих интуитивным требованиям эксперта. Отмечены методические и алгоритмические решения эффективные при обработке данных дистанционного экологического мониторинга, специальные инструменты системы ГеоБазаДанных, приведены результаты интерактивной адаптации, сопоставления с типовыми эталонными решениями в подсистеме «Генератор геологической модели залежи». Рассматриваются и поясняются результаты разных способов аппроксимации и воспроизведения цифрового поля, его интерактивной адаптации. В частности, отмечено, что эффективным является метод восстановления цифровых полей на регулярную сетку по данным замеров из нерегулярно расположенных пунктов наблюдений (рассеянного множества точек), если применяется методика ГеоБазаДанных “выделено”. В примерах показано, что так можно значительно повысить качество, адекватность цифрового описания. Но нужно понимать, что на том этапе состояния алгоритмического и программного обеспечения комплекса ГеоБазаДанных само выделение реализуется по интуитивным предложениям эксперта.

Вопросы автоматического определения участков типа “выделено” с использованием интегрированных в систему ГеоБазаДанных инструментов кластерного анализа обсуждались на приведенных конференциях, в научных трудах [7, 8] опубликованы некоторые положительные результаты. В частности, представлены иллюстрирующие эффекты выбора и подтверждения лучших алгоритмов кластеризации результаты, сопоставлены варианты использования разных методов кластеризации, причем, для разных способов задания метрического расстояния.

В упомянутых опубликованных материалах, наряду с положительными, отмечены недостатки описанных программных реализаций. Новые дополнения в комплекс ГеоБазаДанных, уточнения настроек инструментов системы *Wolfram Mathematica* для кластеризации данных апробированы в расчетах, описаны и обсуждаются.

Исходные данные для вычислительных экспериментов

Результаты представляемого исследования являются показательными и адекватными благодаря правилам их подготовки. С одной стороны, исходные данные формируются генераторами случайных чисел и уточняются экспертом с целью придать им характер подобных данным природных наблюдений в практике геофизических методов изучения геологических, геоэкологических объектов. С другой стороны, для значений замеров в наблюдениях используются принятые математические выражения. По факту, для каждого конкретного алгоритма обработки известно, можно рассчитать с нужной точностью базовое (эталонное) цифровое распределение – сопоставляя расчеты с эталоном можно судить о достоинствах и недостатках используемого метода. Ниже эталонное распределение (в принятой ГеоБазаДанных терминологии – поверхность) несколько отличается от рассмотренного в [7], изменены местоположение фрагментов возмущений и у некоторых их форма и размеры. Вообще говоря, необходимость изменений отсутствовала, т.к. комплект фрагментов типовых элементов рельефа в [7] был достаточно представительным, но специально расчеты выполнялись для эталонной поверхности другой формы и масштаба, чтобы убедиться в устойчивом воспроизведении получаемых результатов. Все описанные ниже варианты расчетов были выполнены для всех эталонных распределений упомянутых публикаций, они подтвердили, что параметры точности одинаковы, не меняются при вариациях размеров, положения, ориентации возмущений. Приведенные в этой работе результаты получены с использованием рассчитываемых по формуле (1) числовых значений отметок уровней (эталонной) поверхности (возмущения $fHillN$ всегда типовые):

$$zSurfH[x_, y_] = fOriginF[x, y] + 400 * fHill6[0.005 * (x - 250), 0.007 * (y - 400) + 600 * fHill3[0.01 * (x - 150), 0.01 * (y - 150) - 200 * fHill[0.01 * (x - 880), 0.015 * (y - 500) - 150 * fHill[0.02 * (x - 920), 0.004 * (y - 100) + 200 * fHill5[0.006 * (x - 450), 0.01 * (y - 150); \quad (1)$$

Визуализация эталонной поверхности $zSurfH$ приведена на рис. 1 и 2. Показаны виды 3D в вариантах поверхность и объем; на рис. 3 приведена карта изолиний, на ней дополнительно в изображение добавлены (в скобках синим цветом) номера фрагментов возмущений.

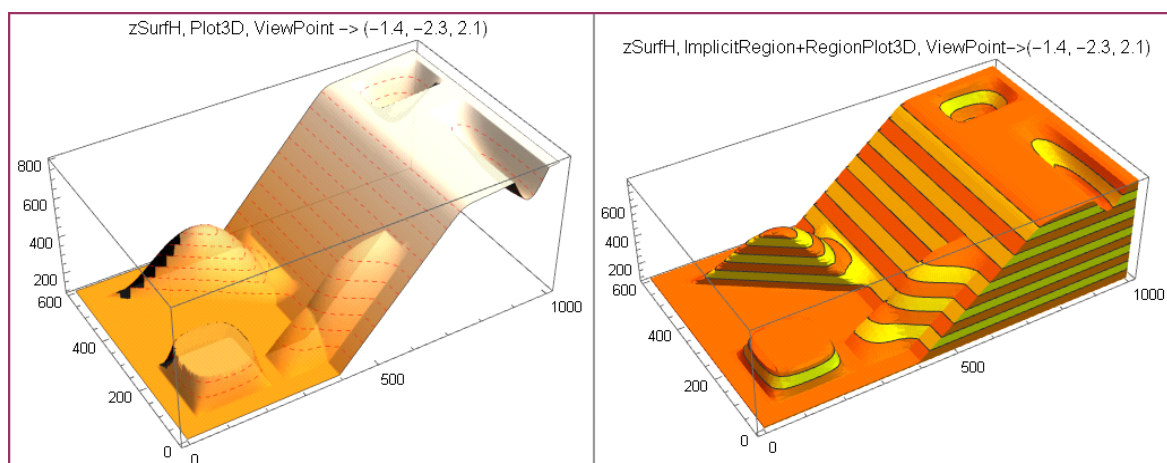


Рис. 1. 3D виды эталонной поверхности $zSurfH$

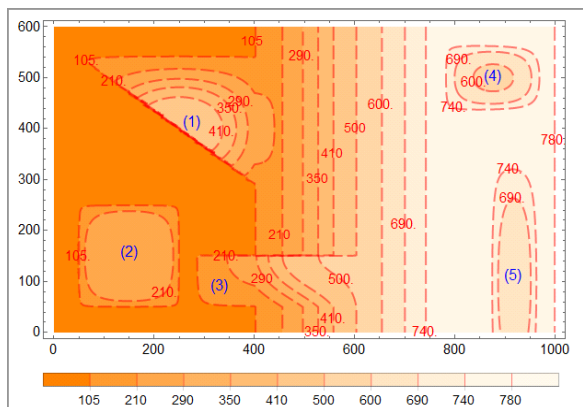


Рис. 2. Карта изолиний эталонной поверхности zSurfH

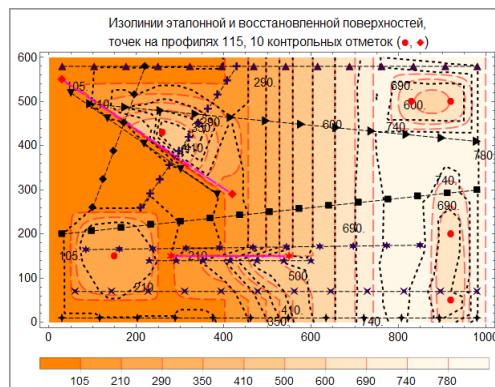


Рис. 3. Схема точек замеров уровней, карта изолиний эталонной и восстановленной поверхностей

Исходные данные для оценок в этом исследовании методов и алгоритмов кластеризации получены с использованием генератора случайных чисел. Задавались: число профилей наблюдений, точек на каждом профиле, и в указанных диапазонах значений генерировались координаты начала и конца профиля. Значения в точках на профилях рассчитывались по формуле (1) – имитация замеров уровня восстанавливаемой поверхности. Заметим, что по факту имеем рассеянное множество точек. Итоговая, принятая к обработке схема размещения точек с замерами уровня показана на рис. 3, где также даны изолинии эталонной поверхности и восстановленной в *Wolfram Mathematica* (метод *Interpolation*, *InterpolationOrder* = 1). Заметим, что на карте изолиний рис. 3 четко видны участки, где нет воспроизведения эталона, что объясняется отсутствием замеров. Понятно, что на частях площади, где восстановленное цифровое поле отлично от эталона классификация / привязка к фрагменту-возмущению маловероятна, и не следует ожидать пользы от кластеризации.

Иллюстрации результатов уточняемых методов кластеризации

Кластерный анализ допускает много различных типов методов/алгоритмов кластеризации. Отметим развитие, новый способ обработки, представления. Не вдаваясь в детали алгоритмической, программной реализации, напомним, что в [7, 8] кластеризация выполнялась по двум параметрам, группировка осуществлялась по критерию близости точек с замерами. В представляемых уточненных результатах группировка выполняется по совокупности трех значений – для каждой точки учитываются их координаты и значение уровня поверхности.

Приведем несколько интерпретаций представленных на рис. 4 результатов расчетов с использованием функции *Mathematica FindClusters*, поясним иллюстрации.

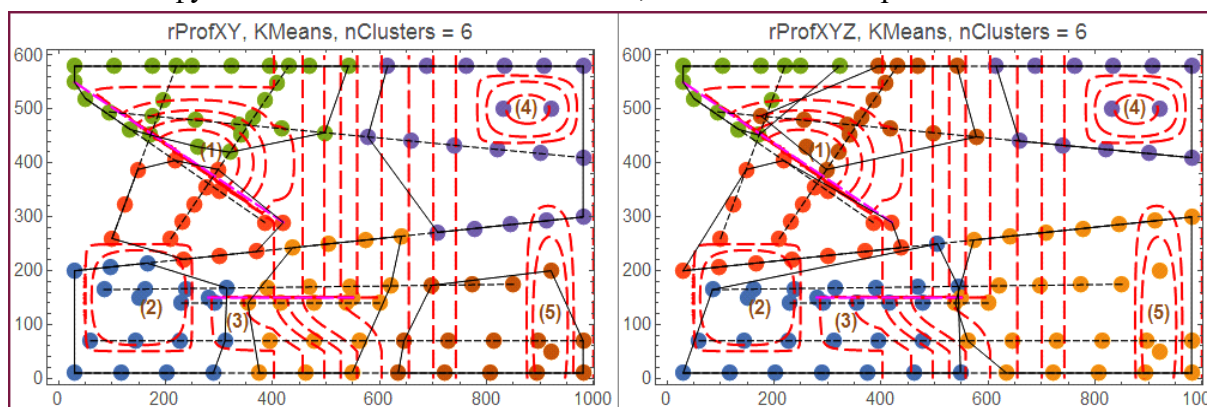


Рис. 4. Результаты кластеризации по двум (rProfXY) и трем (rProfXYZ) параметрам

На рис. 4 показаны результаты кластеризации методом KMeans, слева – по двум параметрам (rProfXY), справа – по трем (rProfXYZ). Левая иллюстрация – результаты расчетов с настройками, как в работе [8]. Предлагаемый метод кластеризации по трем параметрам явно предпочтительней метода по двум, очевидно в части локализации фрагментов 1, 4 и 5. Результаты вблизи фрагментов 2 и 3 не являются показательными из-за разрывного распределения с разных сторон от горизонтальной пунктирной пурпурной линии (в геологии – «разлом»). Подобные разрывы вовсе не идентифицируются в обычных системах восстановления цифровых полей без специальных априорных дополнительных условий. В ГеоБазаДанных такие условия воспроизводятся, корректируя интерактивно исходную информацию на карте ([1]).

Отметим, что приведены результаты варианта, когда задано число кластеров равное 6. Почему. Определение количества кластеров – это одна из важнейших проблем сегментации. В более широком смысле – это проблема инициализации алгоритма. Рассчитывались и сопоставлялись результаты для числа кластеров от 4 до 9. Предпочтительным по итогам сравнения представляется вариант 6 кластеров, и объяснением может быть то, что воспроизводится распределение, когда есть базовая непрерывная поверхность-лента и 5 фрагментов-возмущений, т.е. 6 разных форм.

При обсуждении результатов в докладе предполагается демонстрация коллекции полученных результатов (28 карт) методами: Automatic, Agglomerate, DBSCAN, GaussianMixture, JarvisPatrick, KMeans, KMedoids, MeanShift, NeighborhoodContraction, Optimize, SpanningTree, Spectral с интерпретациями и сопоставлением кластеров для предпочтительных из них, когда в методе сопоставляются и оцениваются эффекты метрик – апробированы: EuclideanDistance, NormalizedSquaredEuclideanDistance, SquaredEuclideanDistance, BinaryDistance, BrayCurtisDistance, CanberraDistance, CanonicalWarpingDistance, ChessboardDistance, CorrelationDistance, CosineDistance, ManhattanDistance, WarpingDistance.

Библиографические ссылки

1. Таранчук В.Б. Компьютерные модели подземной гидродинамики. Минск : БГУ, 2020. 235 с.
2. Abdideh M., Ameri A. Cluster Analysis of Petrophysical and Geological Parameters for Separating the Electrofacies of a Gas Carbonate Reservoir Sequence // Nat Resour Res 2020. N 29, P. 1843-1856. URL: <https://doi.org/10.1007/s11053-019-09533-1>
3. Ткаченко М. А., Карелина Е. В. Кластерный анализ как метод выявления потенциального хромитового оруденения в пределах Войкаро-Сыньинского массива // Международный научно-исследовательский журнал. 2023. №10 (136). С. 1-7.
4. Таранчук В. Б. Методы и примеры интеллектуальной обработки данных для геологических моделей // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2019. № 3 том 46. С. 511-522.
5. Taranchuk V. Tools and examples of intelligent processing, visualization and interpretation of GEODATA // Modelling and Methods of Structural Analysis. IOP Publishing. IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series Vol. 1425 (2020) 012160. P. 9. doi:10.1088/1742-6596/1425/1/012160
6. Taranchuk V. B. Interactive Adaptation of Digital Fields in the System GeoBazaDannych // Communications in Computer and Information Science. Book series Springer (CCIS, volume 1282): 2020. P. 222-233. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60447-9_14
7. Taranchuk V. Methodological and Technical Solutions for the Implementation of Clustering Algorithms in the GeoBazaDannych System // Communications in Computer and Information Science // 2022, vol 1625. Springer, P. 1-13
8. Taranchuk V. B. Features and examples of clustering in the system GeoBazaDannych // AIP Conference Proceedings 2497, 030025 (2023): Volume 2497, Issue 1, 2023, P. 1-9. doi: <https://doi.org/10.1063/5.0103603>.

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ЛИНЕЙНОГО ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ТИПА ВОЛЬТЕРРА

М. В. Чайковский¹⁾, О. А. Архипенко²⁾

¹⁾ Белорусский государственный технологический университет,
ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Беларусь, tchaikovski@belstu.by

²⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, arhipenkoa@bsu.by

Рассматривается один алгоритм численного решения задачи Коши для линейного интегро-дифференциального уравнения первого порядка сведением его к интегральному уравнению Вольтерра второго рода и последующему его численному решению.

Ключевые слова: задача Коши; интегро-дифференциальное уравнение; уравнение Вольтерра; итерационный метод; погрешность.

Рассмотрим задачу Коши для линейного интегро-дифференциального уравнения первого порядка

$$\begin{cases} x'(\tau) + q(\tau)x(\tau) = \int_0^{\tau} k_1(\tau-t)x(t)dt + \int_0^{\tau} k_2(\tau-t)x'(t)dt + f(\tau), \\ x(0) = x_0, \end{cases} \quad (1)$$

где $x(\tau)$ есть искомая функция, $x'(\tau)$ – ее производная, $q(\tau)$, $f(\tau)$ – заданные функции, $k_v(\tau-s)$ ($v=1, 2$) – известные ядра интегрального оператора. Предполагается существование и единственность решения данной задачи Коши, а также наличие необходимой гладкости функций, входящих в уравнение (1), обеспечивающей возможность проводимых в дальнейшем преобразований.

Интегро-дифференциальные уравнения такого вида возникают при решении некоторых практических задач. Точный метод решения такого рода задач с постоянными коэффициентами в дифференциальном операторе уравнения (1), то есть $q(\tau) = q = const$, возможен с помощью применения аппарата преобразования Лапласа. В случае, если в дифференциальном операторе коэффициенты не являются постоянными величинами, то возникнут трудности нахождения как прямого, так и обратного преобразования Лапласа. Кроме того, часть функций или все функции, входящие в уравнение, могут быть получены из эксперимента (заданы таблично).

Большинство приближенных методов решения интегро-дифференциальных уравнений сводит исходное уравнение к дифференциальному и численному решению последнего. В предлагаемом методе строится алгоритм численного решения задачи Коши (1) сведением её к интегральному уравнению Вольтерра и последующему его приближенному решению.

Используя формулу Ньютона-Лейбница, искомая функция выражается через свою производную следующим образом

$$x(\tau) = x_0 + \int_0^{\tau} x'(t)dt \quad (2)$$

Подставим в (1) вместо $x(\tau)$ правую часть равенства (2)

$$x'(\tau) + q(\tau)[x_0 + \int_0^\tau x'(t)dt] = \int_0^\tau k_1(\tau-t)[x_0 + \int_0^t x'(s)ds]dt + \int_0^\tau k_2(\tau-s)x'(s)ds + f(\tau).$$

Сделав замену порядка интегрирования в получающемся двойном интеграле

$$\int_0^\tau k_1(\tau-t) \left[\int_0^t x'(s)ds \right] dt = \int_0^\tau \left[\int_s^\tau k_1(\tau-t)dt \right] x'(s)ds$$

и обозначив $x'(\tau) = y(\tau)$ придем к интегральному уравнению

$$y(\tau) = \int_0^\tau R(\tau, s)y(s)ds + \Phi(\tau), \quad (3)$$

где

$$\Phi(\tau) = -x_0q(\tau) + f(\tau) + x_0 \int_0^\tau k_1(\tau-t)dt,$$

а ядро полученного интегрального уравнения Вольтерра имеет вид

$$R(\tau, s) = \int_s^\tau k_1(\tau-t)dt - q(\tau) + k_2(\tau-s).$$

Будем искать приближенные значения решения $y_j = y(\tau_j)$ интегрального уравнения в равноотстоящих точках $\tau_j = jh$, ($h = \text{const}$) некоторого отрезка $[0, T]$: $0 = \tau_0 < \tau_1 < \dots < \tau_j < \tau_{j+1} < \dots < \tau_N = T$. Применим алгоритм последовательного повышения порядка точности, идея которого изложена статье [1]. Предварительно отметим, что значение $y(0) = \Phi(0) = -x_0q(0) + f(0)$. Если применить к интегралу в (3) формулу левых прямоугольников

$$\int_0^\tau R(\tau, s)y(s)ds \approx \tau R(\tau, 0)y(0),$$

то нулевое приближение к решению (в точке $0 \leq \tau \leq h$) равно

$$y^{(0)}(\tau) = \tau R(\tau, 0)y(0) + \Phi(\tau),$$

то есть может быть вычислено по имеющимся данным. Точность его не очень велика, но оно позволяет найти значение в точке τ используя, например, квадратурную формулу трапеции. Тогда первое приближение решения интегрального уравнения

$$y^{(1)}(\tau) = \frac{h}{2} \left[R(\tau, 0)y(0) + R(\tau, \tau)y^{(0)}(\tau) \right] + \Phi(\tau).$$

Для последовательного повышения порядка точности можно повторить эту процедуру, но использовать при этом уже имеющееся первое приближение решения интегрального уравнения:

$$y^{(2)}(\tau) = \frac{h}{2} \left[R(\tau, 0)y(0) + R(\tau, \tau)y^{(1)}(\tau) \right] + \Phi(\tau). \quad (4)$$

Если достаточно вычислительных ресурсов, то можно проводить эту итерационную процедуру до того момента, пока $\|y^{(i+1)}(\tau) - y^{(i)}(\tau)\| \leq \varepsilon$, где ε – заданная точность вычисления. Здесь неравенство рассматривается по любой допустимой норме в заданных условия задачи.

Если гладкость используемых функций достаточна, то можно применить и квадратурные формулы более высокого порядка точности, например, Симпсона.

Если вместо τ в формулу (4) подставить $\tau = h$, то получим приближение решения интегрального уравнения в точке $\tau_1 = h$

$$y^{(2)}(h) = \frac{h}{2} \left[R(h, 0)y(0) + R(h, h)y^{(1)}(h) \right] + \Phi(h), \quad (5)$$

то есть найдем приближенное решение уравнения (3) в точке $\tau_1 = 1 \cdot h$. Продолжая итерационную процедуру (5) по формуле

$$y^{(i)}(h) = \frac{h}{2} \left[R(h, 0)y(0) + R(h, h)y^{(i-1)}(h) \right] + \Phi(h), \quad i = 1, 2, 3, \dots$$

до выполнения условия $\left| y^{(i+1)}(h) - y^{(i)}(h) \right| \leq \varepsilon$, принимаем, что

$$y_1 = y(h) \approx y^{(i)}(h)$$

и переходим к процедуре вычисления приближенного решения на следующем шаге. Используя свойство аддитивности определенного интеграла для $h \leq \tau \leq 2h$

$$y(\tau) = \int_0^{\tau_1} R(\tau, s)y(s)ds + \int_{\tau_1}^{\tau} R(\tau, s)y(s)ds + \Phi(\tau) \quad (6)$$

и вышеприведенный алгоритм к этому уравнению, на втором шаге получим итерационный процесс

$$y^{(i)}(2h) = \frac{h}{2} \left[R(2h, 0)y(0) + R(2h, h)y_1 \right] + \frac{h}{2} \left[R(2h, h)y_1 + R(2h, 2h)y^{(i-1)}(2h) \right] + 2\Phi(2h), \quad i = 1, 2, 3, \dots$$

для нахождения $y_2 = y(2h) \approx y^{(i)}(2h)$. И так далее, что позволит найти все приближенные решения уравнения (3) $y_0, y_1, y_2, \dots, y_N$. Когда получен массив значений производных искомого решения, можно найти приближенные значения $x_k \approx x(\tau_k)$ ($\tau_k = k \cdot h$, $k = \overline{1, N}$) решения задачи Коши (1) в заданных точках

$$x(\tau_k) = x_0 + \int_0^{\tau_k} x'(t)dt = x_0 + \sum_{j=0}^{k-1} \int_{\tau_j}^{\tau_{j+1}} x'(t)dt \approx x_0 + \frac{h}{2} \sum_{j=0}^{k-1} [y_j + y_{j+1}],$$

что и требовалось. Реализуя данный алгоритм, целесообразно анализировать свойства ядер интегрального оператора задачи (1). Например, в случае их быстрого стремления к нулю (то есть ноль начиная с некоторого шага, что характерно для реальных задач после выхода процесса на стационарный режим) нужно учитывать данный факт в программной реализации. Этот подход, в частности, был реализован в [2] при численном решении задачи Коши для линейного интегро-дифференциального уравнения аэроупругости.

Библиографические ссылки

1. Янович Л. А. Об одном численном методе четвертого порядка для решения системы линейных интегро-дифференциальных уравнений вольтерровского типа // Докл. АН БССР. – 1984. – Т. 28, № 4. – С. 293–296.
2. Денисенко Н. В., Ложечник Ф. Д., Чайковский М. В. Об одном алгоритме численного решения интегро-дифференциальных уравнений аэроупругости, учитывающем особенности ядер интегрального оператора // Весці АН БССР. Сер. фіз.-мат. навук. – 1990. – № 4. – С. 3–10.

МЕТОДЫ СОВМЕЩЕНИЯ КАДРОВ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ СЦЕНЫ С ПОМОЩЬЮ ДВИЖУЩЕГОСЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

С. В. Шолтанюк

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, ssholtanyuk@bsu.by*

В данной статье сравниваются методы совмещения кадров при наблюдении сцены с помощью движущегося летательного аппарата. Для этого сформулирована формальная постановка задачи совмещения двух кадров, рассмотрены и применены некоторые численные и статистические методы её решения. Проведено сравнение этих методов по точности и времени их работы.

Ключевые слова: обработка видеопоследовательностей; компьютерное зрение; совмещение кадров; спутниковые снимки; геонаблюдение.

Введение. Постановка задачи

В современном мире использование беспилотных летательных аппаратов (дронов) для наблюдения за окружающей средой становится все более распространенным [1, 2]. Однако одним из основных вызовов при таком наблюдении является объединение видеоданных с различных камер, установленных на летательном аппарате, для создания цельной и информативной картины сцены. В этом контексте исследователи активно разрабатывают методы и алгоритмы для эффективного совмещения кадров, полученных с помощью дронов. Кроме того, зачастую требуется обработка видеопоследовательностей с целью анализа сцены, за которой невозможно наблюдать при помощи неподвижной камеры или при различных эффектах, вызывающих нежелательное движение камеры [3].

Основными ситуациями, требующими совмещения кадров видеопоследовательности, являются различные движения камеры, например, смещение в сторону (рис. 1), приближение и отдаление (рис. 2), поворот (рис. 3). Геометрические преобразования сцены, продемонстрированные на рис. 1 и 2, обычно имеют место при наблюдении сцены летательными аппаратами, на рис. 3 – при наблюдении со спутников, «висящих» над фиксированной точкой Земли.

Формально задача совмещения двух кадров может быть поставлена следующим образом. Для заданных изображений I_1 и I_2 необходимо найти преобразование φ , минимизирующее ошибку



Рис. 1. Наблюдение сцены при смещении камеры

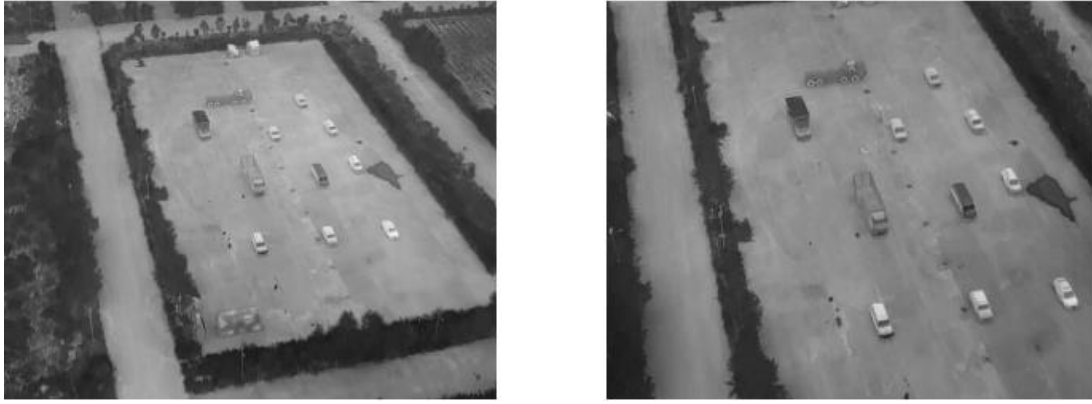


Рис. 2. Наблюдение сцены при приближении камеры

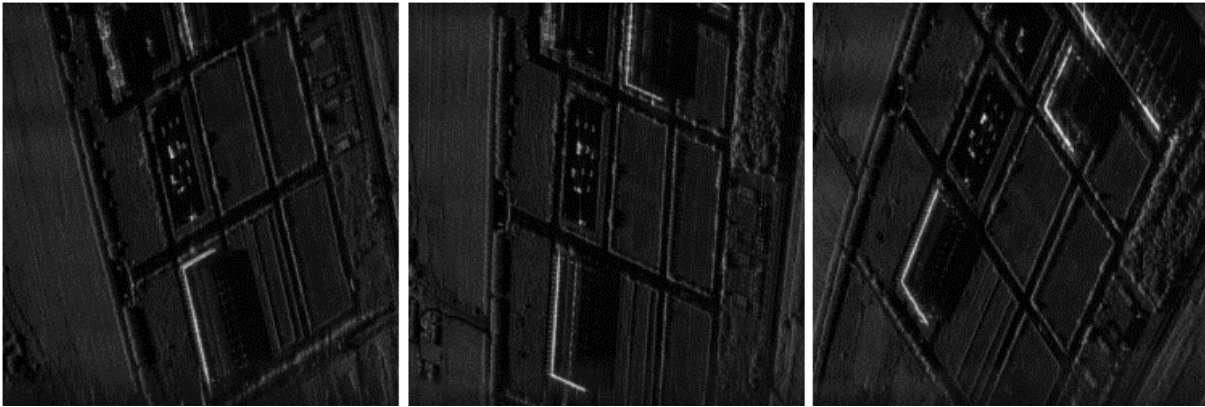


Рис. 3. Наблюдение сцены при повороте камеры

$$\varepsilon = E(\varphi(I_2), I_1),$$

где E – некоторая функция ошибки, которая вычисляется путём сравнения положений одних и тех же объектов на изображениях $\varphi(I_2)$ и I_1 . Обычно искомое преобразование φ выражается некоторой матрицей $\Phi \in \mathbb{R}_{3,3}$ и действует на точку с координатами $(x, y) \in \mathbb{R}^2$ по следующей формуле:

$$\Phi \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \omega x' \\ \omega y' \\ \omega \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{pmatrix},$$

$$\varphi(x, y) = (x', y').$$

Матрица Φ восстанавливается с точностью до коэффициента по четырём точкам (x_i, y_i) , не лежащим на одной прямой, и их образам (x'_i, y'_i) при преобразовании φ :

$$\begin{pmatrix} \varphi_{11} & \varphi_{12} & \varphi_{13} \\ \varphi_{21} & \varphi_{22} & \varphi_{23} \\ \varphi_{31} & \varphi_{32} & \varphi_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & x_4 \\ y_1 & y_2 & y_3 & y_4 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \omega_1 x'_1 & \omega_2 x'_2 & \omega_3 x'_3 & \omega_4 x'_4 \\ \omega_1 y'_1 & \omega_2 y'_2 & \omega_3 y'_3 & \omega_4 y'_4 \\ \omega_1 & \omega_2 & \omega_3 & \omega_4 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Полагая в уравнении (1) $\varphi_{33} = 1$, получаем, что его можно переписать в виде системы двенадцати линейных алгебраических уравнений относительно двенадцати неизвестных: φ_{ij} , $(i, j) \in \{1, 2, 3\}^2 \setminus \{(3, 3)\}$, ω_i , $i = \overline{1, 4}$. В общем случае она имеет не более одного решения. Следовательно, задача совмещения двух кадров не имеет точного решения и обычно решается численными и статистическими методами.

Вычислительный эксперимент и результаты

В рамках эксперимента рассмотрены четыре монохромные видеопоследовательности, полученные при съёмке местности с летательного аппарата (рис. 1 и 2). Для каждой из них в результате совмещения первого кадра со всеми остальными получены видеопоследовательности с выделенными на них зонами видимости камеры (рис. 4).

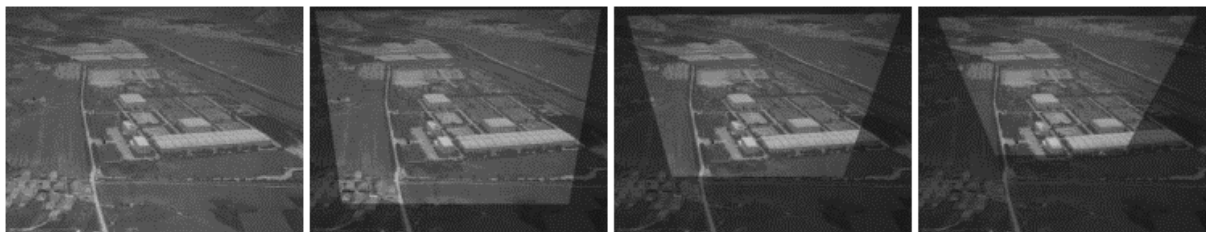


Рис. 4. Визуализация изменения зоны видимости камеры при наблюдении сцены с помощью подвижного летательного аппарата

Для сравнения использовались следующие методы:

- RANSAC [4],
- решение матричного уравнения (1) на основе сингулярного разложения матрицы (SVD),
- решение матричного уравнения (1) на основе метода градиентного спуска (GD),
- совмещение кадров по ключевым точкам SURF [5].

При помощи этих методов минимизировалась *средняя абсолютная ошибка выравнивания*:

$$E(\varphi(I_2), I_1) = \frac{1}{wh} \sum_{\substack{i=1,h \\ j=1,w}} \|\varphi(i, j) - \hat{I}_1(i, j)\|_2, \quad (2)$$

где w – ширина кадра, h – его высота, $\varphi(i, j)$ – позиция пикселя изображения I_2 после применения к нему преобразования φ , $\hat{I}_1(i, j)$ – истинная позиция этого же пикселя на изображении I_1 .

На рис. 5 представлена зависимость ошибок (2) (вертикальная ось, на которой отмечены логарифмы ошибок) от номера кадра, совмещаемого с первым (горизонтальная ось) при использовании каждого из четырёх методов для одной из видеопоследовательностей. Результаты совмещения некоторых кадров с первым для каждого из методов приведены на рис. 6 (каждая строка соответствует конкретному кадру исходной видеопоследовательности).

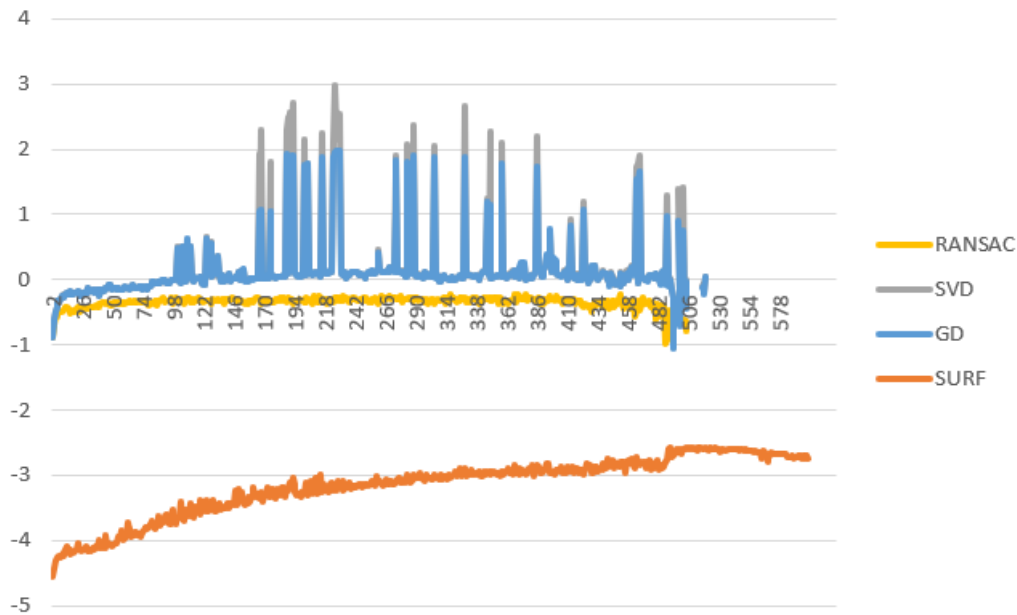


Рис. 5. Сравнение ошибок совмещения кадров при использовании разных методов *

Из графика на рис. 5 видно, что совмещение кадров по ключевым точкам даёт наиболее точные результаты. Большие невязки, полученные при использовании методов SVD и GD, приводят к неадекватному наложению кадров (рис. 6б и 6в, 3-я строка). Кроме того, для большинства кадров, начиная с кадра 495, все методы, кроме SURF, оказались не способны совместить их с исходным кадром, что выражено на графике с рис. 5 отсутствием данных. Это объясняется тем, что зона видимости камеры для последующих кадров слишком мала по сравнению с первым кадром вследствие приближения летательного аппарата к данному участку сцены. Примечательно то, что для этих же кадров совмещение по ключевым точкам также показало неадекватные результаты (рис. 6г, последняя строка).

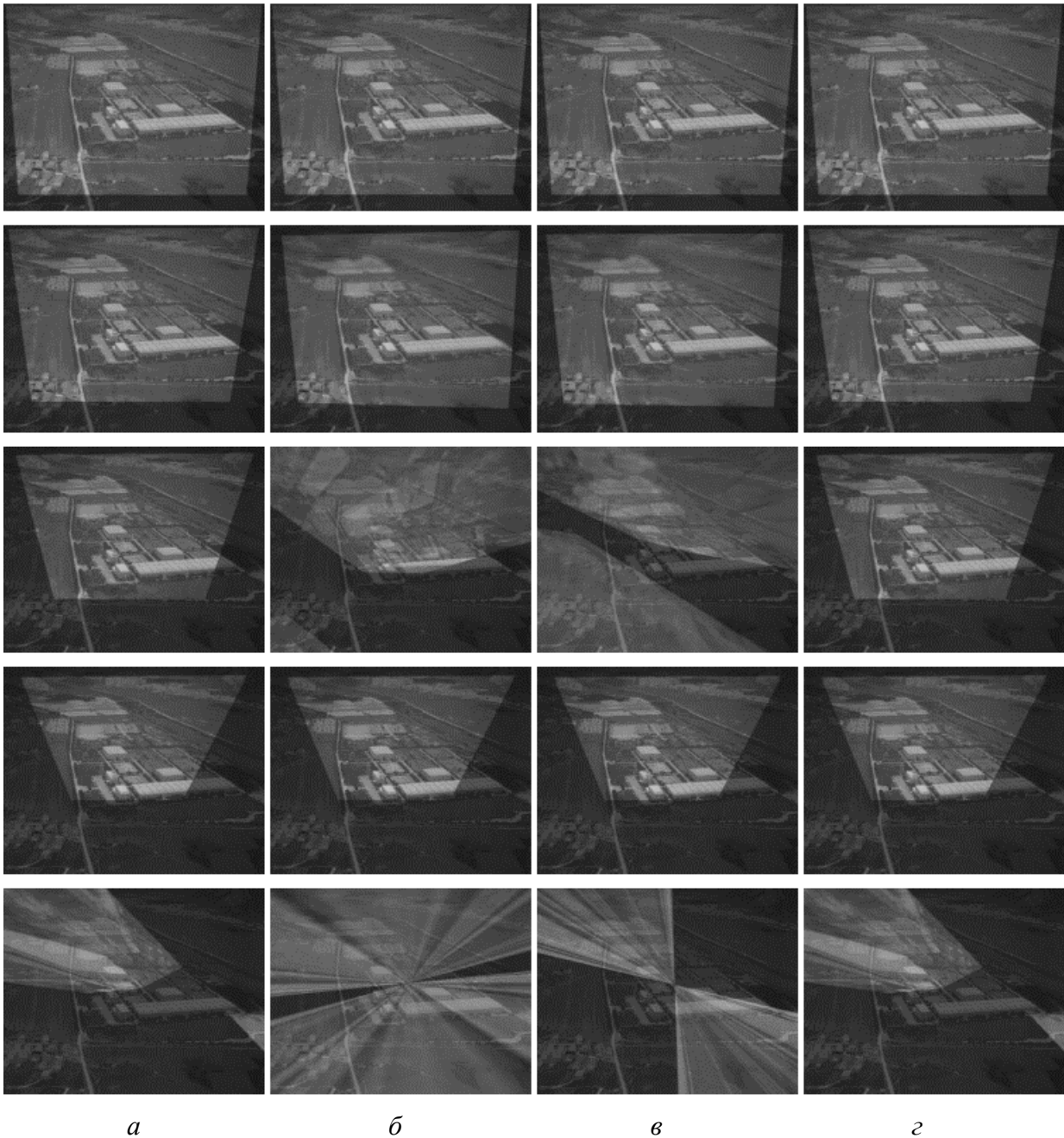


Рис. 6. Результаты совмещения разных кадров видеопоследовательностей с исходным (а – методом RANSAC, б – при помощи сингулярного разложения матрицы, в – методом градиентного спуска, г – при помощи ключевых точек)

Из рис. 6 видно, что в целом методы SVD и GD демонстрируют неадекватное наложение кадров чаще, чем RANSAC и SURF. Кроме того, можно отметить, что результаты при использовании методов RANSAC и SURF несмотря на значимую разницу между ошибками практически не отличаются друг от друга.

Рассмотренные методы показали следующее среднее время совмещения одной пары кадров (в секундах): SURF – 1,45, RANSAC – 0,80, GD – 0,55, SVD – 0,51. С учётом отмеченного выше, таким образом, можно сделать вывод, что для решения задачи совмещения кадров видеопоследовательности наиболее подходящим является RANSAC, который, будучи не самым времязатратным, демонстрирует адекватные результаты. Вместе с тем более медленный метод

с использованием ключевых точек может быть использован для уточнения совмещения отдельных кадров.

Библиографические ссылки

1. Коротяев А.А, Новопашин Л.А. Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга сельскохозяйственных угодий и посевных площадей в аграрном секторе // Аграрный вестник Урала. 2015. №12 (142). С. 38-42.

2. Аскеров Э.С., Абдулаева А.А., Ухумаалиева А.М. Перспективы использования беспилотных летательных аппаратов при обследовании земель и земельном надзоре // Аграрное и земельное право. 2022. №2 (206). С. 108-111. DOI: 10.47643/1815-1329_2022_2_108.

3. Буряченко, В.В. Пространственно-ориентированная стабилизация изображений // DSPA: вопросы применения цифровой обработки сигналов. 2016. Т. 6, № 4. С. 763-767.

4. Fischer M. A., Bolles R. C. Random Sample Consensus: A Paradigm for Model Fitting with Applications to Image Analysis and Automated Cartography // Comm. Of the ACM. 1981. Vol. 24. P. 381-395. DOI: 10.1145/358669.358692.

5. Bay H., Tuytelaars T., Van Gool L. SURF: Speeded Up Robust Features // Computer Vision ECCV 2006 : proceedings of the 9th European Conference on Computer Vision, Graz, Austria, May 7-13, 2006 / eds.: A. Leonardis, H. Bischof, A. Pinz. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006. P. 404-417. DOI: 10.1007/11744023_32.

НЕКОРРЕКТНОСТЬ И РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ВЫЧИСЛЕНИЯ СИНГУЛЯРНЫХ ИНТЕГРАЛОВ В РАВНОМЕРНОЙ МЕТРИКЕ

Т. С. Якименко

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, yakimenkot@bsu.by*

Для сингулярных интегралов с ядрами Коши и логарифмическими, а также степенно-логарифмическими особенностями предложены квадратурные формулы, обладающие регуляризирующими свойствами в равномерной метрике при определённом согласовании погрешности в задании плотности с числом узлов квадратурных правил. Достигается это сглаживающими свойствами операторов восстановления плотности, а именно, полиномов Бернштейна и интерполяционных полиномов Лагранжа с чебышевскими узлами.

Ключевые слова: сингулярные интегральные уравнения; СИУ; сингулярные интегралы; ядра Коши; квадратурные формулы; регуляризация Карлемана-Векуа; Гёльдерово пространство; равномерная метрика.

Многие теоретические и прикладные задачи математической физики и механики приводят к сингулярным интегральным и интегродифференциальным уравнениям. Традиционно они использовались в теории упругости и гидродинамике, затем появились в таких науках как аэродинамика, теория рассеяния света, физика элементарных частиц, квантовая теория поля, теория автоматического контроля.

Общая теория сингулярных интегральных уравнений (СИУ) в значительной степени разработана, однако приложения диктуют необходимость развития приближённых методов их решения, так как абсолютное большинство интегральных уравнений, а тем более сингулярных, в замкнутом виде решается лишь в редких частных случаях.

Все известные алгоритмы решения СИУ можно разбить на две группы. В первой группе исходное сингулярное уравнение приводится методом равносильной регуляризации (или регуляризация Карлемана-Векуа) к равносильному уравнению Фредгольма второго рода с последующим его решением. При таком подходе значительно усложняется ядро регуляризованного уравнения или регуляризация невозможна. Во второй группе алгоритмов, в так называемых прямых методах, минуя процесс регуляризации, исходные уравнения приводятся к конечным системам линейных алгебраических уравнений путём замены интегралов, входящих в СИУ, соответствующими квадратурными формулами. При численном решении сингулярных интегральных уравнений необходимы квадратурные формулы приближённого вычисления сингулярных интегралов, обладающие регуляризирующими свойствами в равномерной метрике, наиболее естественной при численном решении. Если задача вычисления сингулярного интеграла в пространстве H (гёльдерово) или L_p является корректной, т.е. при малых изменениях плотности в H или L_p значение сингулярного интеграла в соответствующих метриках изменится мало, то в пространстве C оператор сингулярного интеграла неограничен, а значит задача его вычисления является некорректной.

В настоящем докладе предложены квадратурные формулы, обладающие регуляризирующими свойствами в равномерной метрике, для сингулярных интегралов с ядрами Коши и логарифмическими, а также степенно-логарифмическими особенностями [1, 2].

Методом регуляризации по А.Н. Тихонову [3] можно строить устойчивые алгоритмы вычисления сингулярных интегралов с плотностью из Гёльдерова пространства, но известной приближённо в метрике C .

В.П. Масловым показано [4], что некоторая модификация регуляризации А.Н. Тихонова, разработанная им для ограниченных операторов, применима и к сингулярным интегральным операторам, неограниченным в метрике C .

Однако можно применить наиболее простой способ регуляризации, не использующий явного построения регуляризирующего оператора.

Показано, что построенные квадратурные формулы [1, 2] обладают регуляризирующими свойствами в равномерной метрике при определённом согласовании погрешности в задании плотности с числом узлов квадратурных правил. Достигается это сглаживающими свойствами операторов восстановления плотности.

Определение. Для заданного неограниченного оператора $S: C \rightarrow C$ оператор с параметрами $G_\gamma: C \rightarrow H(\lambda) \subset C$ называется сглаживающим, если выполнены условия:

1) Существует значение параметра $\gamma = \gamma(\varepsilon)$ такое, что $\|G_{\gamma(\varepsilon)}\tilde{\varphi}_\varepsilon - \varphi\|_C \rightarrow 0$,

$$\|\tilde{\varphi}_\varepsilon - \varphi\|_C \leq \varepsilon, \tilde{\varphi}_\varepsilon, \varphi \in C, \varepsilon \rightarrow 0;$$

2) $\|SG_{\gamma(\varepsilon)}\tilde{\varphi}_\varepsilon - S\varphi\|_C \rightarrow 0, \varepsilon \rightarrow 0$.

В нашем случае роль параметра γ играет число n узлов квадратуры.

Библиографические ссылки

1. Якименко Т.С. Полиномы Бернштейна в задаче вычисления сингулярных интегралов с логарифмическими особенностями в конечных точках отрезка. // Известия НАН Беларуси. Серия физ.-мат. наук, 2012, №4. С. 5-9.

2. Якименко Т.С. Интерполяционные квадратурные формулы для сингулярных интегралов с ядром Коши и степенно-логарифмической особенностью. // Известия НАН Беларуси. Серия физ.-мат. наук, 2012, №3. С. 31-36.

3. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. М.: Наука, 1979. 288 с.

4. Маслов В.П. Регуляризация некорректных задач для СИУ. // ДАН СССР. 1967. Т.176. №5. С. 1012-1014.

СЕКЦИЯ 5

**ВЕБ-ТЕХНОЛОГИИ И ИСКУССТВЕННЫЙ
ИНТЕЛЛЕКТ**

ТРЕНДЫ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ БИЗНЕСА НА БАЗЕ ИНСТРУМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Л. И. Архипова¹⁾, Л. Ф. Медведева²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: l.arkhipova@gmail.com

²⁾ Академия управления при Президенте Республики Беларусь,
г. Минск, Беларусь, medvedevaL15@mail.ru

Аннотация: GenAI создает качественно новые возможности, как для организаций, так и для потребителей. Инструменты GenAI помогают повысить эффективность бизнес-операций, улучшить качество обслуживания клиентов, сократить временные и финансовые затраты на выполнение рутинных задач. В статье отмечается, что планирование и внедрение инструментов ИИ должно учитывать несколько областей его влияния на бизнес-результаты, а именно: управление инструментами ИИ, обеспечение надежности, эффективности и защиты данных.

Ключевые слова: генеративный искусственный интеллект (GenAI); клиентский опыт; возможности и риски ИИ; управление инструментами ИИ.

Технологии генеративного искусственного интеллекта (GenAI) – это не просто сложные алгоритмы и инструменты. Сегодня ИИ рассматривается как инструмент, который является активным помощником в бизнесе и имеет ряд преимуществ: работает круглосуточно, знает и понимает конкретный бизнес, анализирует большой объем данных, оптимизирует сложные бизнес-процессы, а также автоматизирует рутинные функции и процессы. По итогам социологического исследования, самым популярным словом в России в 2023 году стало слово «нейросеть» [1].

Развитие искусственного интеллекта напрямую влияет на понимание и совершенствование клиентского опыта через глубокую сегментацию, таргетинг, персонализацию и построение CJM. Все контакты с брендом формируют уникальный клиентский опыт – Customer Experience (CX).

Управление взаимоотношениями с клиентами совмещает в себе управление коммуникациями, управление бизнес-процессами, управление данными, управление продуктами и сервисами, управление отчетностью – все они сегодня поддерживаются технологиями искусственного интеллекта и фокусируются на клиенте, формируя клиентоцентричность управления с единым взглядом на клиента. Реализацией клиентоцентричного подхода и созданием корпоративной культуры, нацеленной на клиента, должны заниматься сотрудники на всех уровнях управления, включая маркетинг и продажи.

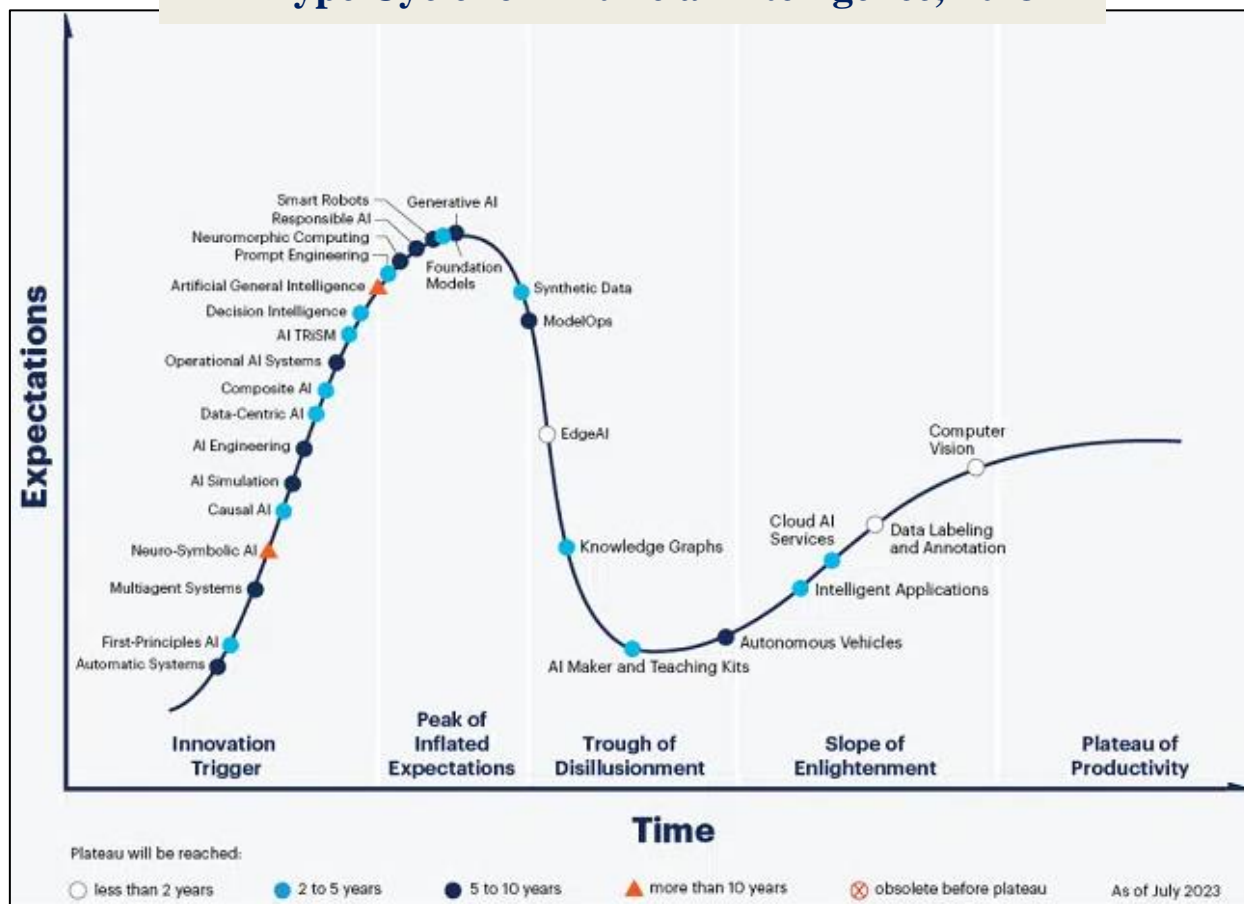
Консалтинговая компания Gartner обозначает положение генеративного искусственного интеллекта (GenAI) на пике кривой Hype Cycle (рисунок ниже) [2]:

Afraz Jaffri (директор-аналитик Gartner), специализирующийся на искусственном интеллекте, аналитике и науке о данных, интерпретирует ситуацию для бизнеса следующим образом [3]:

– базовые модели в течение двух-пяти лет достигнут «плато продуктивности» – то есть, от 30% до 70% компаний, практически, начнут повсеместно применять их в бизнесе;

– для GenAI понадобится более длительный период для применений в областях, которые существенно изменят ландшафт бизнеса.

Hype Cycle for Artificial Intelligence, 2023



Gartner Hype Cycle – развитие технологий искусственного интеллекта (прогноз: июль 2023)

Отдельными предприятиями (лидерами и не только) реальное внедрение будет достигнуто в короткие сроки (до одного года), но большинство организаций (различных отраслей и уровней) преимущественно будут внедрять GenAI в форме «готовых» пакетных приложений. Предполагается, что в каждом программном обеспечении будут присутствовать отдельные генеративные функции искусственного интеллекта. Популярными в бизнесе станут не только большие языковые модели, но и модели изображений и видео. Реальный прирост производительности и других *измеряемых* выгод от внедрения этих функций в бизнес-процессы можно будет оценить во времени, а не сразу после внедрения.

Возможности использования ИИ в бизнесе, описанные различными агентствами и специалистами, систематизированы и представлены в таблице ниже [4].

То есть, происходит движение от рутинного применения ИИ во внутренних и внешних взаимодействиях к системному использованию ИИ в областях, которые изменяют бизнес, доводя до состояния *autonomous business*. Планирование и внедрение инструментов ИИ должно учитывать следующие конструктивы, реализуемые для бизнеса:

Первое – приложения с поддержкой GenAI или инструменты, помогающие решать повседневные задачи, а также ускорить достижение поставленных целей благодаря автоматизации рутинных процессов. GenAI становится незаменимым помощником для извлечения нужных данных и поиска информации, помогает генерировать новый контент, улучшать качество цифровых изображений, редактировать материалы и создавать прототипы для производства.

Возможности использования ИИ в бизнесе

Рутинное использование ИИ	Внешняя работа с клиентами (External customer-facing)		Использование ИИ в областях, которые изменяют ландшафт бизнеса
	Front-офис	Продукт/ Сервисы	
	Клиентский опыт (CX) Продажи Маркетинг	ИИ (улучшенные версии инструментов) Ценностное предложение	
			
Внутренние операции (Internal operations)			
Бэк-офис	Основные возможности		
Администрирование. HR (человеческий ресурс). Нормативно-правовые аспекты бизнеса. Финансовые аспекты. Использование IT.	R&D. Цепочки поставок. Операционная деятельность.		
Примеры нейросетей для использования в бизнесе			
-текстовые нейросети: ChatGPT, YandexGPT, Gemini, Giga Chat; -графические и видео нейросети: Midjourney, Stable Diffusion, Kandinsky.			

Второе – базовые модели или масштабные ИИ-модели, предварительно обученные на больших объемах данных. К ним относятся большие языковые модели (LLM) специально ориентированные на выполнение таких задач, как обобщение, генерация текста, классификация, формирование ответов на вопросы и др. Большие языковые модели, такие как ChatGPT, можно использовать для повышения производительности при выполнении множества различных типов задач в различных отраслях и приложениях.

Третье – управление доверием, рисками и безопасностью (AI TRiSM: Trust/доверие; Risk/риск; Security Management/безопасность).

Эти три аспекта являются важной основой для создания «ответственного» ИИ. Речь идет об *управлении инструментами ИИ*, обеспечении надежности, эффективности и защиты данных. Кроме того, должны соблюдаться этические нормы и конфиденциальность пользователей. Важнейшими элементами влияния на бизнес-результаты, в данном контексте, являются возможности и ограничения ИИ, а также риски внедрения.

Возможности ИИ (или амбиции) отражают выгоды, которые бизнес ожидает получить от ИИ, они определяются, соответственно, внутренними операциями или деятельностью, связанной с формированием взаимоотношений с клиентами. Технологии генеративного искусственного интеллекта позволят бизнесу оптимизировать процессы, увеличить продуктивность работы персонала (KPI), минимизировать количество рутинных задач, соответственно, сокращая расходы.

Риск использования функций ИИ проявляется в различных формах, включая ненадежные или непрозрачные результаты, риски интеллектуальной собственности, проблемы конфиденциальности данных и киберугрозы. В настоящее время не решены (и, практически, не решаются) регуляторные риски, связанные с правилами и ограничениями, которые различные юрисдикции могут налагать на ИИ, в том числе, связанные с авторским правом. Организациям необходимо также определить склонность к риску в отношении степени автоматизации и прозрачности. Для решения перечисленных проблем создается новое направление деятельности – prompt engineering, где одной из задач будет конструирование и декомпозиция запросов.

Таким образом, внедряя GenAI, бизнес приобретает помощника, который работает круглосуточно; понимает ваш бизнес; создает контент; анализирует и оптимизирует процессы и

данные, предлагая улучшения на стратегическом и тактическом уровнях. Однако, стоит еще раз подчеркнуть, что доступные технологии на базе ИИ далеки от совершенства – они способны генерировать ложную информацию (галлюцинировать) и представлять ее как факт. Поэтому управленческий подход к новым технологиям GenAI должен базироваться на навыках критического мышления.

Библиографические ссылки

1. Какое слово стало главным в 2023 году? [Электронный ресурс]. URL: https://aif.ru/society/education/kakoe_slovo_stalo_glavnym_slovom_v_2023_godu/ (дата обращения: 25.02.2024).

2. What's new in Artificial Intelligence from the 2023 Gartner Hype Cycle [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gartner.com/en/articles/what-s-new-in-artificial-intelligence-from-the-2023-gartner-hype-cycle/> (дата обращения: 25.02.2024).

3. The Real Impact of AI on Development: Threat or Opportunity for Developers? [Электронный ресурс]. URL: https://www.linkedin.com/posts/taap_gartner-recent-hype-cycle-2024-digital-activity-7097531485137629184_gJO/ (дата обращения: 25.02.2024).

4. Get AI Ready What IT Leaders Need to Know and Do [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gartner.com/en/information-technology/topics/ai-readiness/> (дата обращения: 25.02.2024).

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЕБ-РАЗРАБОТКИ НА JAVA: КАК ИИ ПОМОГАЕТ СОЗДАВАТЬ ПРИЛОЖЕНИЯ БЫСТРЕЕ

И. Н. Блинов

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, blinov@gmail.com*

Обосновано применение искусственного интеллекта при создании веб-приложений на Java. Перечислены инструменты на основе ИИ, применяющиеся в процессе разработки, наиболее значимые примеры их использования и обозначены перспективы этих технологий, как важного инструмент для автоматизации, сокращения затрат и повышения качества веб-разработки.

Ключевые слова: веб-приложений на Java; искусственный интеллект; инструменты и технологии на основе искусственного интеллекта; автоматизация разработки веб-ресурсов.

Ограничения традиционных методов веб-разработки

Разработка веб-приложений часто предполагает выполнение утомительных и повторяющихся задач, таких как написание шаблонного кода, тестирование и отладка. Разработчики могут совершать ошибки, что приводит к задержкам и проблемам с качеством. Разработка сложных веб-приложений требует глубоких знаний и опыта, что ограничивает возможности многих компаний. Традиционные методы разработки веб-приложений могут быть трудоемкими и занимать много времени.

Потенциал искусственного интеллекта (ИИ) при решении задач веб-разработки включает следующие аспекты. Во-первых, ИИ способен автоматизировать рутинные задачи, такие как генерация кода, тестирование и исправление ошибок. Это позволяет разработчикам сосредоточиться на более творческих и сложных аспектах проекта. Во-вторых, ИИ способен повысить качество кода, помогая разработчикам писать более чистый и оптимизированный код, а также унифицировать стиль программирования в команде. Это способствует повышению производительности и снижению вероятности возникновения ошибок. В-третьих, ИИ может использоваться для создания новых возможностей веб-приложений. Например, с помощью ИИ можно реализовать чат-ботов, персонализированный интерфейс и функции машинного обучения. Это позволяет предоставлять уникальный и инновационный опыт пользователям. Наконец, ИИ способен ускорить процесс разработки веб-приложений. Благодаря автоматизации и оптимизации задач с помощью ИИ, компании могут сократить время, необходимое для разработки приложений, и быстрее представить свои продукты на рынке. В целом, ИИ имеет огромный потенциал для автоматизации и улучшения различных аспектов веб-разработки, что способствует более эффективному и инновационному процессу создания веб-приложений.

Использование ИИ в веб-разработке на Java может помочь компаниям:

- Создавать веб-приложения быстрее и дешевле.
- Повышать качество и надежность веб-приложений.
- Реализовывать сложные функции и возможности.
- Быть более конкурентоспособными на рынке.

Применение ИИ предоставляет ряд преимуществ, включающих: повышение скорости разработки благодаря автоматизации рутинных задач, включая генерацию кода и проведение тестирования. Это позволяет разработчикам сосредоточиться на более сложных и творческих аспектах проекта. ИИ способствует улучшению качества кода. Он помогает унифицировать стиль программирования, исправлять ошибки и оптимизировать производительность приложений. Это приводит к созданию более надежного и эффективного кода. Использование ИИ

позволяет сократить время разработки, уменьшить количество ошибок и повысить эффективность работы команды разработчиков. Это приводит к экономии ресурсов и улучшению бизнес-результатов. Использование ИИ открывает новые возможности в разработке. Он позволяет реализовать сложные функции, которые иначе были бы трудно осуществимыми, и использовать передовые технологии, такие как машинное обучение и анализ данных. В целом, ИИ приносит значительные преимущества, включая повышение скорости разработки, улучшение качества кода, снижение затрат и создание новых возможностей. Это делает ИИ важным инструментом в современной разработке программного обеспечения и приводит к достижению более высоких результатов в различных сферах деятельности.

Примеры использования ИИ:

- Автоматизация генерации кода: создание интерфейсов, API, бизнес-логики.
- Умное тестирование: автоматическое генерирование тестовых сценариев, выявление ошибок.
- Оптимизация производительности: анализ кода, рекомендации по улучшению.
- Создание чат-ботов: автоматизация взаимодействия с пользователями.
- Персонализация интерфейса: адаптация веб-приложения под нужды пользователя.

Инструменты на основе ИИ:

- GitHub Copilot: генерация кода и подсказок на основе контекста.
- DeepCode: анализ кода, выявление ошибок и потенциальных проблем.
- Applitools: автоматическое тестирование веб-приложений.
- Katalon Studio: автоматизация тестирования API.
- TensorFlow Lite: использование машинного обучения в веб-приложениях.

Будущее веб-разработки:

- Роль ИИ как составной части веб-разработки.
- Появление новых инструментов и технологий на основе ИИ.
- Создание более сложных и функциональных веб-приложений.

Заключение:

- ИИ – серьезный инструмент для автоматизации веб-разработки на Java.
- Использование ИИ позволяет создавать приложения быстрее, качественнее и с меньшими затратами.
- Будущее веб-разработки за ИИ-инструментами и технологиями.

Следует отметить, что ИИ не заменяет Java-разработчиков, а дополняет их. ИИ помогает разработчикам быть более продуктивными и создавать более совершенные веб-приложения.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЕЙВЛЕТОВ И МЕХАНИЗМА ВНИМАНИЯ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРИЗНАКОВ В НЕЙРОННЫХ СЕТЯХ

В. А. Воробей

Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, v.vorobey.edu@gmail.com
Научный руководитель: А. Э. Малевич, кандидат физико-математических наук, доцент

На основе дискретного вейвлет-преобразования и модели трансформера реализованы несколько сверточных блоков механизма внимания для улучшения извлечения признаков из входных данных при уменьшении размерности. Полученный блок встроен в модель MobileNetV2. Исходная и обновленные модели протестированы на наборе данных LSUN.

Ключевые слова: нейронные сети; дискретное вейвлет-преобразование; механизм внимания; глубокое обучение; компьютерное зрение.

Структура модели

В существующих моделях компьютерного зрения необходимо несколько раз уменьшать размерность входного изображения. Зачастую для этого используются весьма простые слои: субдискретизация по максимальному или среднему значению или же свертка с шагом 2. Предлагается заменить данные слои блоками уменьшения размерности на основе вейвлетов и механизма внимания.

В качестве вейвлетов было решено использовать семейство CDF-9/7 [1], поскольку оно находит широкое применение в области анализа изображений. В частности, используется для сжатия картинок в формате JPEG 2000.

Для механизма внимания выбор был сделан в пользу блоков, которые используются в модели SWin Transformer V2 [2].

Для проведения экспериментов была выбрана модель MobileNetV2 [3], поскольку в настоящее время она является популярным выбором в разработке на мобильных устройствах, показывая высокое быстродействие и уровень качества. В ней 5 блоков уменьшения размерности, причем все для этого используют сверточный слой с шагом 2. Первый блок оставался неизменным, а остальные 4 были заменены. Замена проводилась следующим образом: слой свертки с шагом 2 заменялся на предложенный вариант блока внимания, а после него применялся сверточный слой с шагом 1. Данная схема приведена на рис. 1.

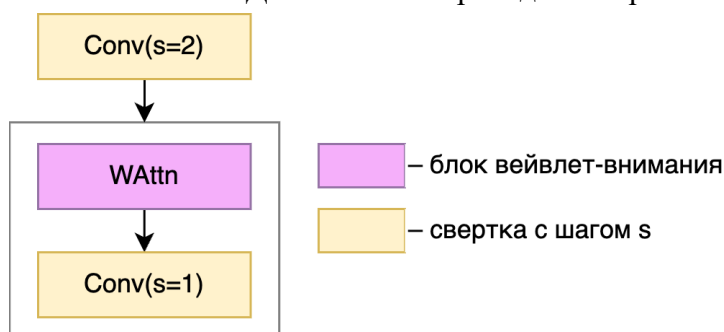


Рис. 1. Схема встраивания блоков WAttn

Было реализовано 2 варианта блока внимания: первый использует низкочастотную компоненту DWT-разложения и блок SWinV2Attn, а второй к выходу первого блока добавляет карту внимания, построенную по высокочастотным компонентам DWT-разложения. Блок

SWinV2Attn использует следующие параметры: глубина – 2, внутренняя размерность скрытого состояния – 72, количество голов – 3, размер окна – 2, размер патча – 4, масштабирующий фактор перцептрона – 4. Для приведения его выхода к нужному размеру применяются слои с транспонированной сверткой с размером ядра 1×1 . Также перед блоком SWinV2Attn входной сигнал проходит через несколько уровней DWT-разложения. Таким образом, механизм влияния применяется на карте существенно меньшего разрешения, что значительно увеличивает вычислительную эффективность. Входной сигнал раскладывается до тех пор, пока одна из сторон не будет меньше 16 пикселей. Полученная карта внимания восстанавливается в исходный размер при помощи обратного вейвлет преобразования: на каждом шаге используется обновленная низкочастотная компонента, в то время как высокочастотные компоненты не меняются. Схема блоков представлена на рис. 2.

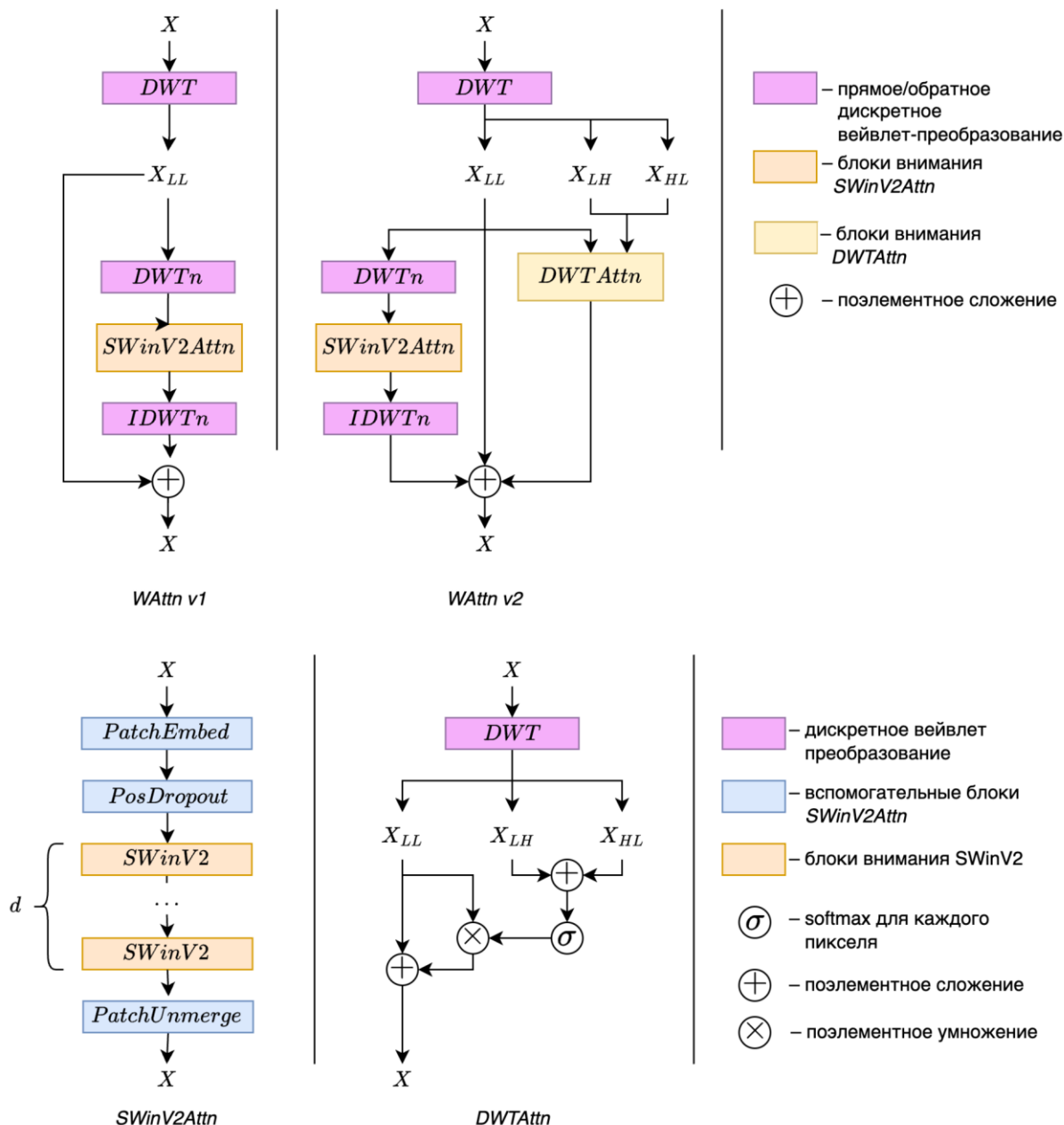


Рис. 2. Схема блоков WAttn v1 и WAttn v2

Описание набора данных

Для тестирования модели использовались данные из набора LSUN. Было выбрано 5 категорий (самолет, корабль, автобус, автомобиль, мотоцикл), для каждой из которых было подготовлено одинаковое количество изображений. Для тренировочных данных брались первые 10 000 изображений из каждой категории, а для тестирования первые 10 000 изображений, начиная со 100 000. Тренировочные данные делились на 2 группы: те, на которых модель непосредственно обучается (85% из каждой категории), и те, на которых проверяется промежуточное качество (15% из каждой категории, валидационный набор). Таким образом, общее количество данных для тренировки, валидации и тестирования составляло 42 500, 7 500 и 50 000 изображений соответственно. Примеры данных для каждой категории представлены на рис. 3.

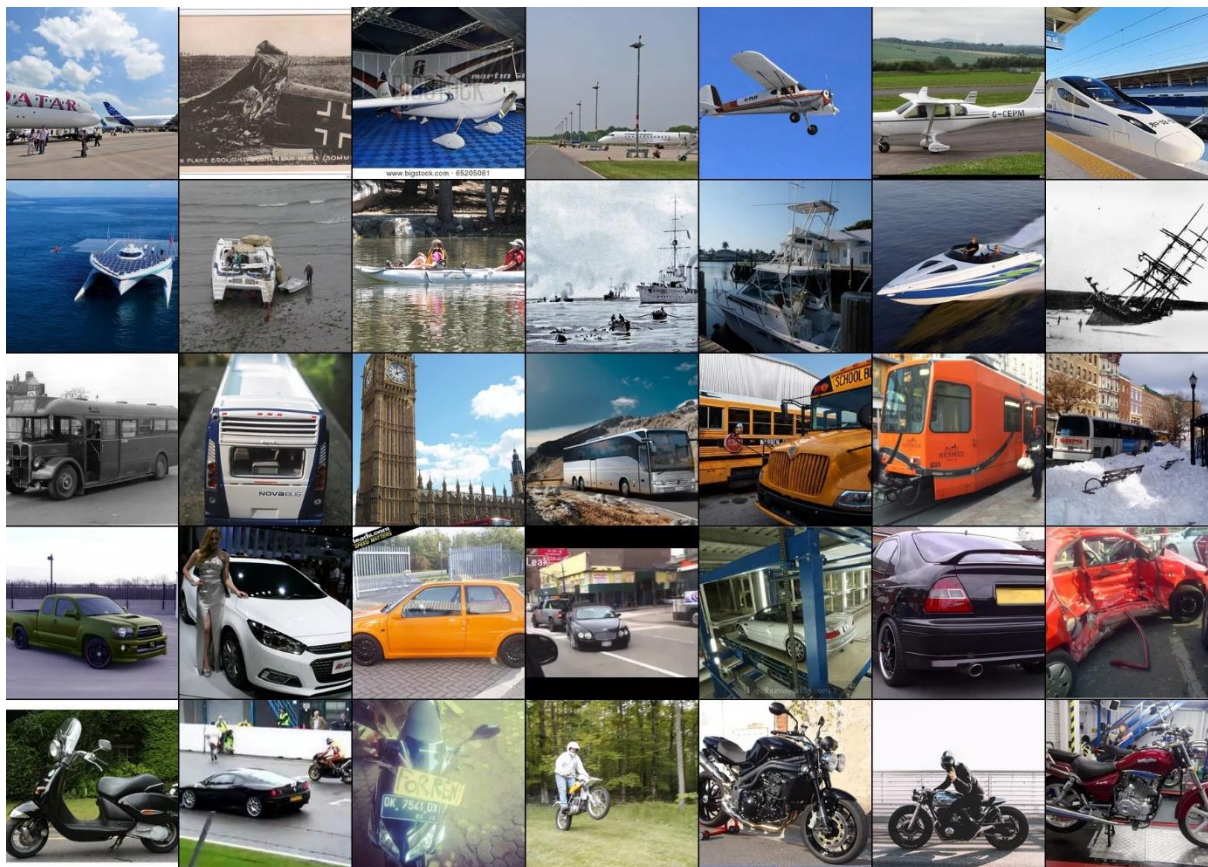


Рис. 3. Примеры изображений из набора данных LSUN

Все изображения заранее приводились к размеру 256x256.

Для тренировочных образцов использовались следующие преобразования: изображения с вероятностью $p=0.5$ зеркально отражались относительно вертикальной оси, а также с каждой стороны на 15% от ее размера дополнялись нулями, после чего брался случайный патч размером 256×256 пикселей. При проверке качества на валидационном и тестовом наборах данные преобразования отключались.

Результаты

Все модели обучались на протяжении 100 эпох с возможностью ранней остановки, если функция потерь на валидационном наборе не уменьшалась на протяжении 15 эпох.

В следующей таблице приведены результаты для базовой и модифицированных моделей.

Сравнение результатов

Модель	Кол-во параметров (М)	Кол-во операций (ГФЛОПС)	Видеопамять (тренировка, МБ)	Метрика (тест)
MobileNetV2	1,580	0,324	2452	0,9336
MobileNetV2 + WAttn v1	2,316	0,295	2304	0,9206
MobileNetV2 + WAttn v2	2,316	0,295	2368	0,9243

На основании полученных результатов, можно сделать вывод, что существующие варианты блоков уменьшения размерности (например, сверточный слой с шагом 2), показывают весьма хорошую эффективность как по качеству, так и по скорости обучения, превзойти которые не удалось, даже значительно увеличив количество параметров в модели в соответствующих блоках.

Библиографические ссылки

1. Wavelet CDF 9/7 Implementation [Electronic resource] // Getreuer: On Wavelet Implementation, 1997. URL: <https://getreuer.info/posts/waveletcdf97/index.html> (date of access: 21.10.2023).
2. Swin Transformer V2: Scaling Up Capacity and Resolution / Z. Lie [et al.] // 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2111.09883>.
3. MobileNetV2: Interested Residuals and Linear Bottlenecks / M. Sandler [et al.] // 2019. URL: <https://arxiv.org/abs/1801.04381>.
4. LSUN: Construction of a Large-scale Image Dataset using Deep Learning with Humans in the Loop / F. Yu [et al.] // 2015. URL: <https://arxiv.org/abs/1506.03365>.

MAS MULTI-VIEW ACTION MEGRE 3D

Ding Aodi¹⁾, Zhu Shuaiyu²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, aodiding541@gmail.com

²⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, zhushuaiyu1001@gmail.com

In this experiment, the 2D human skeleton is detected from various viewpoints by reading in the data of athletes in 2D motion; then the geometric relationship is used to calculate the distance and match the human body from multiple viewpoints; finally, the 3D coordinates are calculated by using the 2D coordinates of the multiple viewpoints and the parameters of the camera, and the diffusion model trained on the 2D data using the MAS only requires multiple sets of different viewpoints to faster and more accurately build up the human body's motion image without any dead angle. The human motion image is constructed without any dead angle by using the diffusion model trained by MAS on 2D data.

Key words: 3D pose; MAS; human action image; multiple viewpoints; geometric.

Modelling principles and methods

Data preparation

HumanML3D is a 3D human movement language dataset derived from a combination of HumanAct12 and Amass datasets. It covers a wide range of human behaviours, such as daily activities, sports, acrobatics and artistic performances), the HumanML3D dataset consists of RGB images and spatial coordinates of human joints points, the dataset can be classified into a single-frame image dataset and a continuous frame video dataset according to whether the images are consecutive or not, and the dataset contains the joint vector data of the human motion sequences, the HumanML3D data follows the SMPL skeleton structure with 22 joints [6].

Principles of MAS Modelling

We learn a 2D motion diffusion model from a set of videos, and then use the MAS algorithm to efficiently sample 3D motion from the learnt model. We extract valid 3D motion samples from the model. Our approach is based on the standard denoising cycle of ancestor sampling from diffusion models[5]. MAS extends this concept to generate 3D motion by denoising multiple diffusion models simultaneously. Describing it. At each diffusion denoising step, all views are triangulated into individual 3D motions, which are then projected back to each view. This ensures multi-view consistency throughout the denoising process while conforming to a priori predictions. We further promote multi-view consistency by projecting 3D noise to each view whenever sampling from a 2D Gaussian distribution. We further encourage multi-view consistency by projecting a three-dimensional noise to each view whenever sampling from a Gaussian distribution during the two-dimensional ancestor sampling process [2].

The formula below models the projected motion prediction of X for all views, with the 2D sample X₁ to X_v datasets denoised using G_{2D}. At each iteration, we predict (P(X, 1), ..., P(X, V)) as multi-view consistent motion [4].

$$X = \arg \min \sum_{v=1}^V || P(X', V) - X_0^V ||_2^2 \quad (1)$$

From the above equation we can see that an upsampling optimization x needs to be employed in order to speed up the convergence of the equation 3 Results of the experiment [1].

The following figure shows the three generated action animation software package puts the data sequence through the form of pictures to visualize the action, by filtering out the representative action behavior display.

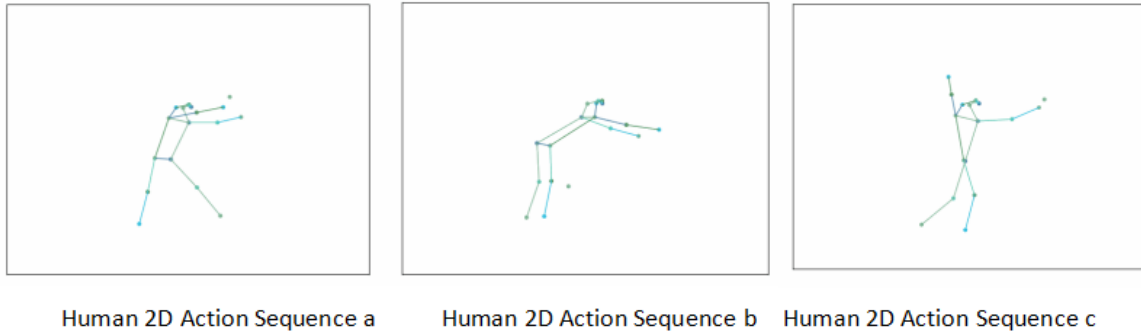


Fig. 1. Examples of three angles of gymnastic movement

From Figure 1, we can see three pictures of gymnastic movement examples, which record the coordinates of the gymnast's movements through different angles, and serve as the basic data for the next 3D movement synthesis using the MAS model.

The Figure2 below shows the results of the 3D motion sequences synthesized using the MAS model after removing the noise [3]. By looking at the results, it was found that the gymnast was in a full view of the 3D motion sequence showing the performance of the movement data from all angles.

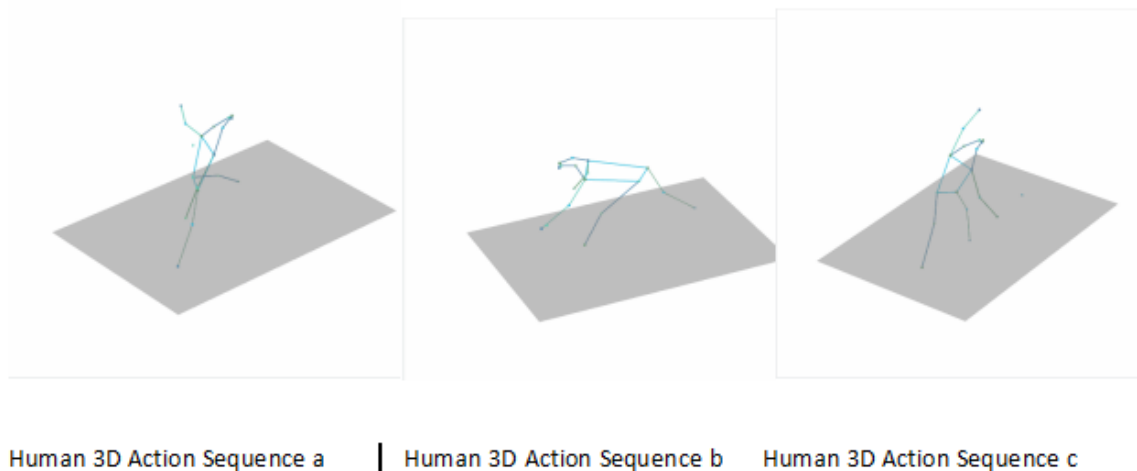


Fig. 2. 3D sequences after MAS modelling

From Figure 2 you can see the 3D video sequences generated by denoising the MAS model to complete the synthesized 3D video sequences, in order to show the video sequences I took three screenshots corresponding to the three angles of the example samples respectively [7].

Comparison of model results

In order to detect the MAS multi-angle synthesis 3D results, I added two additional models MotionBert and ElePose iterations performed 500 times, red represents this experimental research model MAS, green represents model ElePose model, blue model represents MotionBert, MotionBert is mostly used for human motion analysis, it is composed of a unified pre training phase and a task-specific optimization phase, which has recently been successfully practiced in natural language and computer vision.

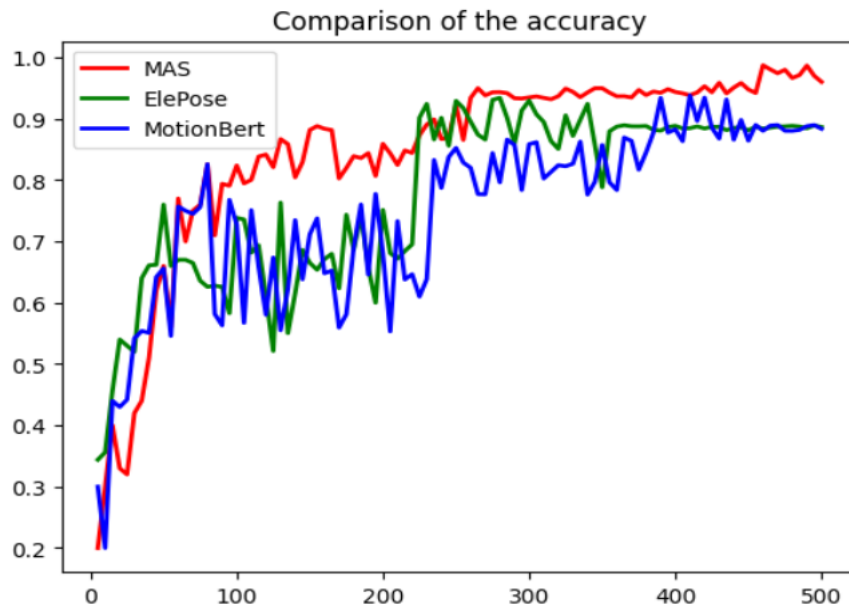


Fig. 3. Comparison of the accuracy of the three models

Figure 3, the red line segment MAS is in a stable state at iterations 300-500, with an accuracy of up to 97%, exceeding the models MotionBert and ElePose, so this experiment succeeded in achieving the task of synthesizing 3D motion from multiple angles quickly and with high accuracy.

Conclusion

In this experiment a generation method for 3D motion synthesis by MAS using multi-view 2D data is presented. By sampling multiple viewpoint diffusion models and denoising each viewpoint motion helps to generate 3D motion sequences quickly and accurately, and finally using a unique animation package to present a coherent video motion showing the results through text data. This experiment is based on the MAS method and developed an image data processing method, through the combination of 3D data animation and 2D data animation, cleverly achieve a three-dimensional and planar conversion, which focuses on the convergence of 3D sequences and 2D sequences processing and noise reduction processing. Provide an efficient and smooth method to achieve the combination of stereoscopic and planar video.

Reference

1. Learning diverse stochastic human-action generators by learning smooth latent transitions / Z. Wang [et al.] // Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, v. 34, pp. 12281-12288, 2020. 2
2. Yamada T., Matsunaga H., Ogata T. Paired recurrent autoencoders for bidirectional translation between robot actions and linguistic descriptions. IEEE Robotics and Automation Letters, 3(4): pp. 3441-3448, 2018. 1, 2
3. Structure-aware human-action generation / P. Yu [et al.] // In European Conference on Computer Vision, pp. 18-34. Springer, 2020. 2
4. Memory-oriented decoder for light field salient object detection / M. Zhang [et al.] // NeurIPS, pp. 896-906, 2019. 2
5. On the continuity of rotation representations in neural networks / Y. Zhou [et al.] // Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 5745-5753, 2019. 6
6. Kim Jh., Kim Js., Choi S. Flame: Freeform language-based motion synthesis & editing. arXiv preprint arXiv:2209.00349, 2022. 2
7. Zero-1-to-3: Zero-shot one image to 3d object / R. Liu [et al.]. 2023. 3

ПОИСК ПОХОЖИХ ДОКУМЕНТОВ НА ПОРТАЛЕ ЯДЕРНЫХ ЗНАНИЙ BELNET

А. П. Дунец

*Институт ядерных проблем Белорусского государственного университета,
Бобруйская 11, Минск, 220006, Беларусь, E-mail: dunets@gmail.com*

В статье рассматривается метод автоматического поиска похожих текстов в системе управления контентом портала. Предложен алгоритм поиска, который основан на вычислении статистических метрик текстов с последующим представлением набора слов в виде числовых векторов. Сравнение текстов по степени похожести производится применением критерия косинусной близости.

Ключевые слова: тезаурус; глоссарий; классификатор; классификация текстов.

Введение

Любая система управления контентом должна обеспечивать средства удобной навигации по множеству документов, которые в эту систему загружены. Во многих существующих решениях эта задача целиком ложится на пользователя. Он должен принять решение в какой раздел разместить документ и какие ключевые слова ему присвоить. На практике это требует от пользователя определенных усилий и чревато ошибками и лишними затратами времени. НИИ Ядерных проблем Белгосуниверситета развивается портал ядерных знаний BelNET (Belarusian Nuclear Education and Training Portal, <https://belnet.by/>) [1]. При разработке портала активно используется подход, основанный на семантических технологиях [2]. В работе [2] рассматриваются понятия «глоссарий» и «тезаурус» и показано как эти элементы семантической теории могут быть применены на практике при создании реальной информационной системы. В то же время в указанной статье конкретные алгоритмы не раскрыты. Данная статья устраняет этот пробел. Рассматривается алгоритм семантической обработки текстов: классификация текстов по степени похожести на основе векторного представления текстов.

1. Векторное представление текстов

Как показывает реальная практика обработки текстов напрямую сравнивать текстовые данные невозможно. Мешает разбиение текста на абзацы, наличие знаков препинания и переноса, наличие разных форм у одного и того же слова. Поэтому необходимо очистить текст от незначимой информации, затем выполнить несколько преобразований полученных данных что бы можно было провести сравнение математическими алгоритмами.

В данной работе использовалась последовательность из следующих преобразований:

1. разделение текста на слова с удалением знаков препинания;
2. преобразование всех слов в нижний регистр;
3. лемматизация слов;
4. расчет частот вхождения слов в тексте;
5. векторизация частотного представления.

Шаги 1 и 2 элементарны и не вызывают вопросов. Остановимся немного подробнее на шагах с 3 по 5.

Шаг 3 лемматизация – преобразование словоформ в нормальную (словарную) форму. Использовались словари библиотеки RHPMorphy [3] и для слов, не найденных в словаре алгоритм Snowball [4].

Шаг 4. Для полученной цепочки слов-лемм вычислялась относительная частота вхождения слов в тексте: отношение числа вхождений слова в тексте к общему числу слов в документе.

Шаг 5. Векторизация. Составлялся словарь лемм для всего корпуса (набора) текстов и для каждого текста формировался вектор частот вхождения лемм из словаря в данный текст.

На простейшем примере это выглядит так. Для двух текстов «Мама мыла раму» и «Раму моют» получаем в результате лемматизации цепочки лемм «мама мыть мама» и «рама мыть» и осуществляем векторизацию, результат которой приведен в табл. 1.

Таблица 1

Простой пример преобразования текста

	Мама	мыть	рама
Текст 1	0,33	0,33	0,33
Текст 2	0	0,55	0,55

Такие числовые представления текстов уже можно обрабатывать математическими алгоритмами.

2. Сравнение текстов по схожести

Современные семантические технологии предлагают множество критериев сравнения векторных представлений текстов. Хорошее сравнение 14 различных метрик приводится в работе [5]. Так же в указанной работе рекомендуется использовать косинусную близость: скалярное произведение векторов.

Для оценки эффективности алгоритма, основанного на критерии косинусной близости, был собран корпус текстов, соответствующий тематике ядерных знаний BelNET. За основу были взяты учебные тексты сайта «Ядерная физика в интернете» [6], нормативные документы сайта Департамента по ядерной и радиационной безопасности МЧС Республики Беларусь [7], материалы BelNET и несколько статей из Википедии по атомной тематике. Всего было проанализировано в сравнении между собой 14 текстов различного размера из одной предметной области и разных источников. Этого оказалось достаточно для вывода о применимости алгоритма.

По оценке алгоритма статьи, из разных источников по одинаковой теме похожи в источнике, но не похожи между источниками. В табл. 2 приведены результаты расчета скалярного произведения векторов для статей «Атом» и «Ядро» сайтов BelNET и Википедия.

Таблица 2

Сравнение статей «Атом» и «Ядро» из разных источников

	BelNET «Атом»	BelNET «Ядро»	Википедия «Атом»	Википедия «Ядро»
BelNET «Атом»	1	0,594	0,071	0,081
BelNET «Ядро»	0,594	1	0,053	0,108
Википедия «Атом»	0,071	0,053	1	0,989
Википедия «Ядро»	0,081	0,108	0,989	1

Глубина и стилистика подачи материала делает тексты очень сильно различными при расчете лингвистических характеристик. Статьи в Википедии написаны для широкого круга пользователей сети интернет, в то же время соответствующие статьи BelNET ориентированы на профильных студентов соответствующих специальностей университета – уровень подачи и стиль материала (насыщенность терминами) существенно отличаются. Это приводит к сильному различию в критерии.

Для текстов с близкими лингвистическими особенностями результаты значительно лучше. Например, если сравнивать текст «Технический кодекс установившейся практики» с текстами «Пояснительная записка к техническому кодексу» и «Постановление МЧС о радиоактивных элементах» получим в первом случае скалярное произведение равное 0.781 во втором случае 0.439. Стилистика документов практически одинакова и уровень подачи одинаков – документы можно сравнивать.

3. Выводы

1. Приведенный в статье алгоритм по результатам тестов показал свою применимость для сравнения текстов по степени схожести.

2. Может использоваться как начальная точка для решения более сложной задачи – классификации текстов. Идея состоит в том, что если какие-то тексты уже размещены на портале и отнесены к определенным разделам, то по результатам сравнения с ними похожий текст так же может быть отнесен к соответствующему разделу.

3. Алгоритм сравнения можно улучшить, добавив шаг удаления шумовых (незначащих) слов из текста. Как правило это предлоги, союзы и т.п. подобные слова. Но составление подобного списка с учетом специфики предметной области является отдельной задачей.

Библиографические ссылки

1. Сытова С.Н. Система управления ядерными знаниями в Республике Беларусь. Журнал БГУ. Физика. 2022. № 2. С. 87-98. DOI: 10.33581/2520-2243-2022-2-87-98.

2. Использование семантических технологий для развития портала ядерных знаний BelNET / С.Н. Сытова [и др.] // Информационные системы и технологии: материалы междунар. науч. конгресса по информатике. В 3 ч. Ч. 3, Респ. Беларусь, Минск, 27-28 окт. 2022 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: С. В. Абламейко (гл. ред.). Минск: БГУ, 2022. С. 193-198.

3. phpMorphy morphological analyzer library for Russian, English, German and Ukrainian languages [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/cijic/phpmorphy> (дата обращения: 29.03.2024).

4. Snowball Stemmers [Электронный ресурс]. URL: <http://snowballstem.org/> (дата обращения: 29.03.2024).

5. Bullinaria J. A., Levy J. P. Extracting Semantic Representations from Word Co-occurrence Statistics: A Computational Study, 2007 Behavior Research Methods, vol. 39, pp. 510-526.

6. Ядерная физика в интернете [Электронный ресурс]. URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/index.html> (дата обращения: 29.03.2024).

7. Департамент по ядерной и радиационной безопасности МЧС [Электронный ресурс]. URL: <https://gosatomnadzor.mchs.gov.by/> (дата обращения: 29.03.2024).

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ С БИОЛОГИЧЕСКИМИ КЛЕТКАМИ

Н. П. Жемойтяк¹⁾, О. А. Лаврова²⁾

¹⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, natalliazhamaitsiak@gmail.com

²⁾ Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, lavrovaoa@bsu.by
Научный руководитель: О. А. Лаврова, кандидат физико-математических наук

Целью данного исследования является обработка изображений для выделения биологических клеток и последующего анализа их геометрических характеристик. В работе представлены способы сегментации контуров клеток с помощью статистических методов библиотеки OpenCV, а также с глубокими сверточными сетями. В качестве геометрических характеристик для классификации клеток на больные и здоровые рассматриваются площадь клетки и ее выпуклость.

Ключевые слова: Компьютерное зрение; классификация; сегментация; биологические клетки.

Изображения биологических клеток являются важным инструментом для понимания клеточной биологии, диагностики заболеваний и разработки методов лечения. Однако, анализ этих изображений представляет собой сложную задачу, требующую передовых методов обработки изображений и анализа данных. С развитием медицинской технологии объем и разнообразие доступных изображений клеток значительно увеличился, что создает потребность в эффективных методах автоматизированного анализа и интерпретации этих данных. В данной статье описан подход к анализу изображений с биологическими клетками с помощью сегментации клеток и вычисления их геометрических характеристик.



Рис. 1. Пример изображения с биологическими клетками [1]

Сегментация клеток

Сегментация изображений представляет собой процесс разделения изображения на отдельные части или объекты. В контексте биологических клеток, сегментация позволяет выделить каждую клетку на изображении, что является важным шагом для дальнейшего анализа и классификации.

Один из подходов к сегментации клеток включает использование библиотеки компьютерного зрения OpenCV. В этом методе обычно применяются классические алгоритмы обработки

изображений, такие как фильтры, пороговая обработка и операции морфологического преобразования. Например, для сегментации клеток можно использовать адаптивную пороговую обработку для выделения контуров клеток, а затем применить морфологические операции для удаления шума и объединения близко расположенных контуров. На рис. 2 видно, что подход OpenCV не самый подходящий, потому что выделяет шум и не разграничивает клетки.

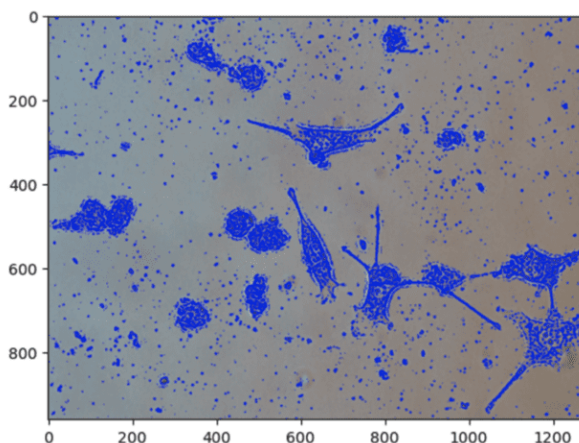


Рис. 2. Результат сегментации с помощью библиотеки OpenCV[4]

Другой подход к сегментации клеток основан на использовании нейронных сетей. Современные глубокие нейронные сети, такие как сверточные нейронные сети (CNN), демонстрируют высокую эффективность в сегментации изображений. В этом подходе сначала происходит обучение нейронной сети на большом наборе размеченных изображений, где каждая клетка на изображении имеет свой сегментированный контур. Затем обученная нейронная сеть может быть применена к новым изображениям для автоматической сегментации клеток.

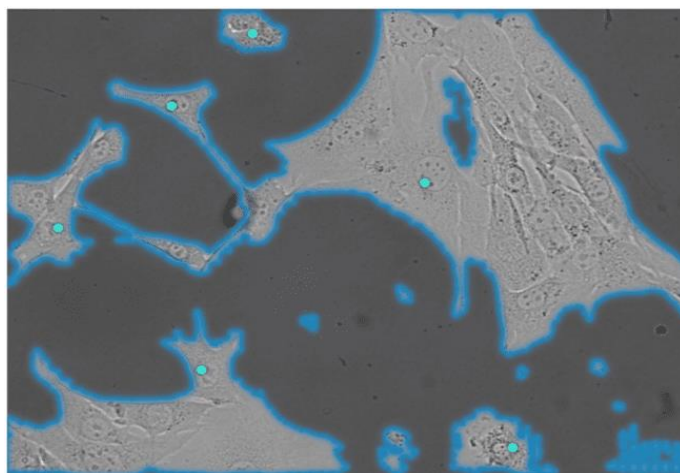


Рис. 3. Результат сегментации с помощью модели Segment Anything(SAM)[5]

Классификация клеток методом анализа их геометрических характеристик

Задача классификации заключается в присвоении метки целевому объекту. В данном случае целевым объектом является биологическая клетка, которая может быть больной или здоровой, см. рис. 3.

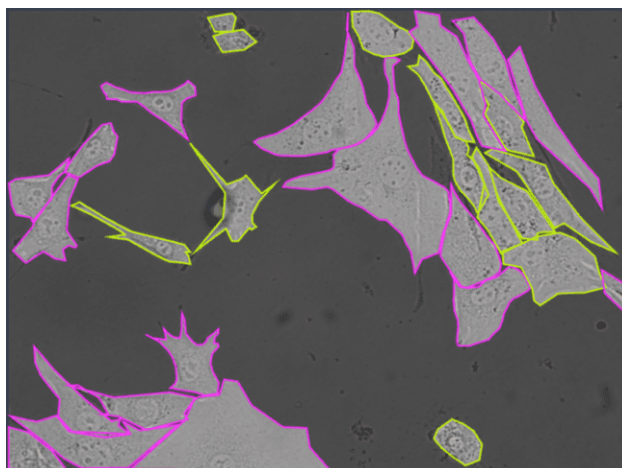


Рис. 4. Больные клетки обозначены желтым контуром, здоровые – розовым.

На рис. 4 видно, что клетки различаются по геометрическим характеристикам. Некоторые из них больше остальных по площади, некоторые же более выпуклые по форме. Исследуем несколько базовых геометрических характеристик и посмотрим на распределение значений характеристик по двум классам больных и здоровых клеток. Клетки каждого класса были выделены на изображениях вручную на основании экспертных знаний биологов [1].

Вычисление площади клетки

Расчет площади клетки осуществляется с помощью построения триангуляции многоугольной области клетки с последующим суммированием площадей всех треугольников сетки. В статье [2] было описано, как использовать библиотеку MeshPy на Python [3] для разбиения трехмерных областей на тетраэдры. Для двумерных областей будем использовать похожий подход. Пример триангуляции области клетки представлен на рис. 5.

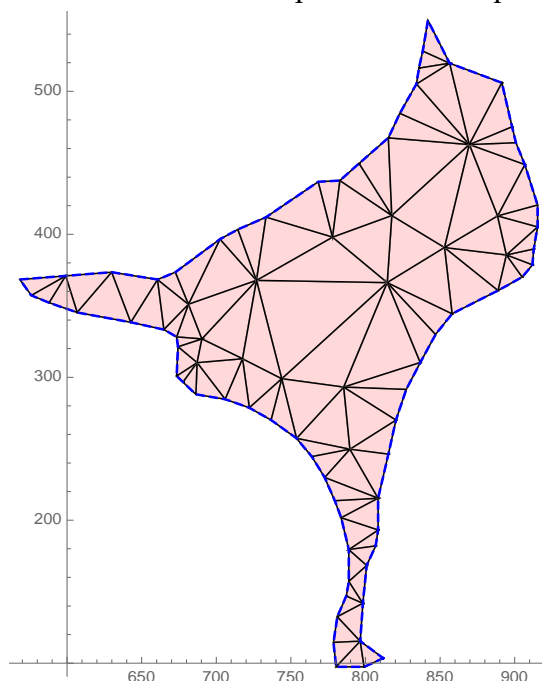


Рис. 5. Триангуляция области клетки

Классификация клеток по площади

Первая геометрическая характеристика, которую рассмотрим для классификации клеток на больные и здоровые, это площадь клетки. Вычислим площадь всех клеток и построим гистограмму распределения больных и здоровых клеток, см. рис. 6. По распределению площади на рис. 6 видно, что больные клетки, в основном, меньше по площади, чем здоровые клетки. При этом есть диапазоны совпадения площади больных и здоровых клеток. Можно сделать вывод, что площадь, как одна из геометрических характеристик клетки, не является достаточным критерием для разделения клеток на два класса.



Рис. 6. Гистограмма распределения площади больных и здоровых клеток

Классификация клеток по выпуклости

Еще одна геометрическая характеристика для классификации клеток на больные и здоровые – это оценка выпуклости формы клетки.

Введем оценку выпуклости по следующей формуле:

$$\overline{\text{convexity}} = \frac{\overline{\text{Area}_{\text{Cell}}}}{\overline{\text{Area}_{\text{ConvexHull}}}}$$

где $\overline{\text{Area}_{\text{Cell}}}$ – это площадь клетки, а $\overline{\text{Area}_{\text{ConvexHull}}}$ – площадь выпуклой оболочки для области клетки. Если клетка представлена выпуклой областью, то ее площадь будет совпадать с площадью выпуклой оболочки и оценка выпуклости будет равна 1. В противном случае оценка выпуклости принимает значения из промежутка (0,1). Для вычисления площади выпуклой оболочки воспользуемся функцией ConvexHull из библиотеки openCV на Python [4]. Эта функция возвращает список вершин, которые задают оболочку. Очевидно, что выпуклая оболочка является многоугольником и поэтому ее площадь можно посчитать с помощью триангуляции области.

Гистограмма на рис. 7 построена с использованием данных о площади клеток из рис. 6. По гистограмме на рис. 7 видно, что большое количество больных клеток является выпуклым, тогда как здоровые клетки, в основном, не являются выпуклыми. Однако такое различие в распределении больных и здоровых клеток не является достаточным для четкого разделения всех клеток на два класса.

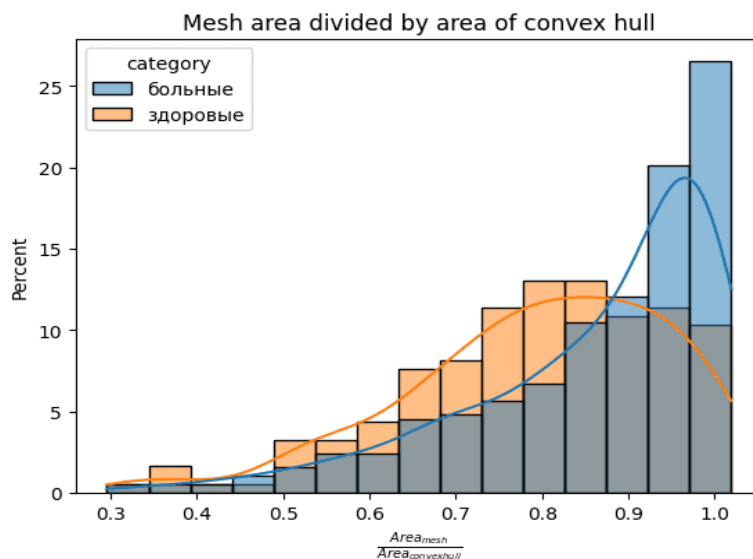


Рис. 7. Гистограмма распределения выпуклости больных и здоровых клеток

Библиографические ссылки

1. Mathematical prediction of polydopamine-coated silica-embedded SPIONs biocompatibility / V. Goranov [et al.] // Pisen: EUICЗBCB, 2023. 4 p. (принято к опубликованию).
2. Жемойтяк Н. Математическое моделирование процессов цитотоксичности клеток / Дипломная работа, Минск, 2023.
3. MeshPy Documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://documen.tician.de/meshpy/> (дата обращения: 05.12.2023).
4. OpenCV Documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.opencv.org/4.x/index.html/> (дата обращения: 05.12.2023).
5. Segment Anything / A Kirillov [et al.] // New York: Meta AI Research, 2023. 30 p.

ПРИМЕНЕНИЕ CNN ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В АНАЛИЗЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Н. А. Жилияк

Белорусский государственный технологический университет,
ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Беларусь, gznadya@gmail.com

Описывается проблема работы с многомерными сейсмическими данными, а также способы оптимизации процесса обучения моделей машинного обучения на сложных данных. Предлагается алгоритм анализа и классификации контента изображений, которые позволят работать с многомерными графическими данными.

Ключевые слова: нейронная сеть; алгоритм; сейсмическая амплитуда; датасет; метод обучения.

Один из распространенных способов использования CNN в анализе изображений – это создание полностью новых сегментированных изображений.

Однако есть некоторые практические ограничения при работе с сейсмическими данными.

Данные часто являются трехмерными или даже 5-мерными для данных, прошедших предварительную обработку, что требует большого объема памяти на GPU. Это ограничивает максимальный размер ввода. В этом исследовании на входе выбираются подкубы сейсмических данных (амплитуд) размером $65 \times 65 \times 65$. Задача определяется как классификация центрального пикселя в этом районе. Для данного размера куба потребуется меньшая сеть по сравнению с тем, когда входными данными является полноразмерный seismic cube (который может быть в десятки и даже сотни раз больше представленных размеров).

Особенности данных:

- в исследовании будем использовать Volve DataSet;
- модель сети была частично вдохновлена работой Андерса У. Вальделанда, который показал, что он научился успешно классифицировать salt facies с использованием многомерных сверточных сетей;
- сеть умеет считывает стандартную 3D SGY/SEG Y. Выходной результат записывается в виде seismic куба SGY/SEG Y с тем же размеры как входной куб;
- в настоящее время реализована многомерная сверточная нейронная сеть с использованием пяти сверточных слоев, что обусловлено входной размерность данных (требует улучшений, предположительно грамотное увеличение количества слоев и использование современных CNN backbones даст лучший результат).

Обобщенная схема архитектуры CNN, использованной в этом исследовании представлена на рис. 1.

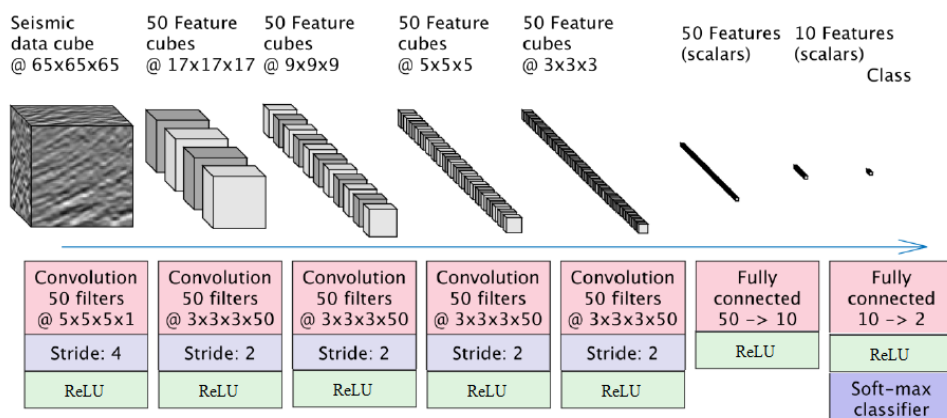


Рис. 1. Обобщенная схема архитектуры CNN

Первый сверточный слой сокращают входной куб до меньшего набора атрибутов, которые содержат релевантную информацию о структуре в этом месте. После чего последовательно извлекаем более высокоуровневые шаблоны при помощи следующих сверточных слоев. Вместо операции MaxPooling описанных выше в этой сети было принято решение использовать операции Dropout. После каждого слоя сверки используем операции Dropout(0.2), что означает прореживание. Операция Dropout похожа на MaxPooling по своему предназначению, однако она не уменьшает размерность данных, а просто отключает некоторый процент нейронов в сети, что позволяет сэкономить на памяти.

Обучение глубоких нейронных сетей с десятками слоев является сложной задачей, поскольку они могут быть чувствительны к начальным случайным весам и конфигурации алгоритма обучения.

Одна из возможных причин этой трудности заключается в том, что распределение входных данных по слоям в глубине сети может изменяться после каждого обучающего пакета данных, т.е. при обновлении весов. Это может заставить алгоритм обучения постоянно преследовать движущуюся цель.

Batch Normalization – это метод обучения очень глубоких нейронных сетей, который стандартизирует входные данные слоя для каждого мини-пакета. Это дает эффект стабилизации процесса обучения и резкого сокращения количества эпох обучения, необходимых для обучения глубоких сетей.

Добавляя операция Batch Normalization между сверточными слоями, тренировочный процесс проходит быстрее, а риск переобучения снижается.

Нелинейная функция выбрана ReLU. Несколько полносвязных слоев (обычные слои нейронной сети) добавляются в конце, чтобы предсказать класс на основе атрибутов. Некоторые части сети подбирались экспериментальным путем.

После обработки входных данных и работы алгоритма нейронной сети можно выделить ключевые слои для классификации цифрового контента, для последующей обработки их классификатором (рис. 2.).

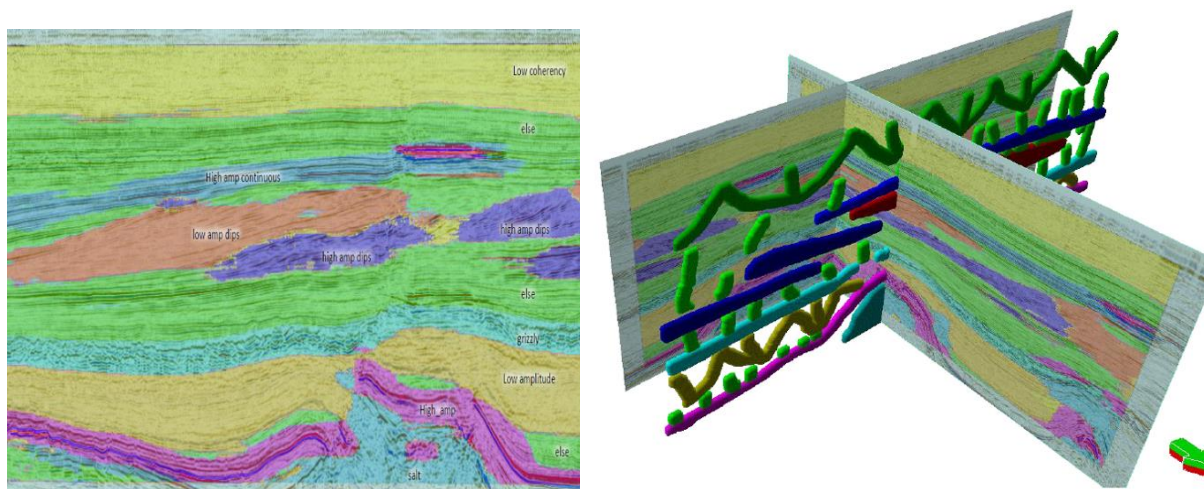


Рис. 2. Примеры работы нейронной сети

Для сравнения результатов уже существующих алгоритмов и представленного использовалась существующая модель нейросети UNET, архитектура которой изображена на рис. 3.

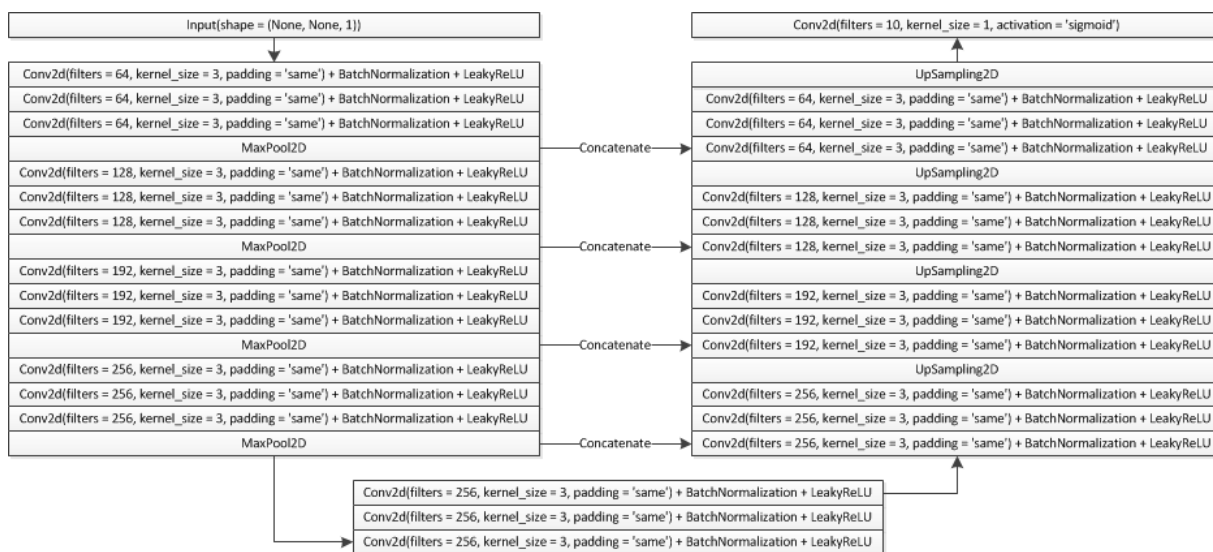


Рис 3. Архитектура нейронной сети UNET

Теперь сравним результаты с прогнозами, полученными при обучении сети UNET и разработанного алгоритма нейронной сети на малом и на большом объеме данных (рис. 4).

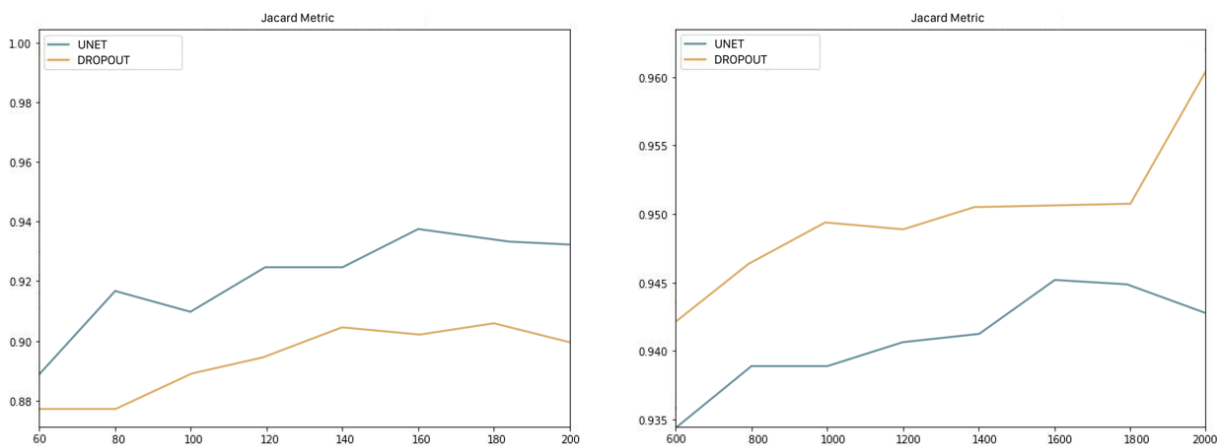


Рис. 4. Сравнение результатов сети UNET и представленной нейронной сети

Как видно из графиков на рис. 4, на малом объеме данных разработанный алгоритм нейронной сети работает хуже, это можно объяснить операцией dropout, но на больших объемах картина обстоит иначе. Так же, на больших объемах у представленной нейронной сети меньше шансов на переобучение, тем самым можно достичь более стабильной работы и лучшего выделения ключевых слоев для классификации.

В ходе исследования и работы в представленном направлении рассмотрены принципы построения глубоких нейронных сетей для обработки многомерных графических данных.

Разработан алгоритм нейронной сети для классификации цифрового контента при работе с многомерными графическими данными. Проведена оптимизация моделей глубокого обучения, что позволило существенно снизить затраты по объему GPU памяти. Таким образом получилось достичь снижение фактической стоимости процесса обучения без явных потерь в качестве.

Библиографические ссылки

1. Громовой Н. С., Павлюкевич С Г., Усик В. Ю. Алгоритмы обеспечения безопасности клиент-серверных приложений // Научно-практический журнал «Энигма» / Раздел «Технические науки» Минск, январь 2022 г. 10 с.

WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ДОКУМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ИИ

П. А. Легушева

Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, polina.leg2003@gmail.com

Разработано WEB-приложение для очистки цифровых документов от загрязнений и шумов, а также для распознавания текста с помощью фреймворка *Flask* и искусственного интеллекта. Был изучен материал о современных подходах распознавания текста и «деноизинга» (*denoising*) изображений, реализованы модели с помощью сверточных и рекуррентных нейронных сетей, и оценены благодаря метрикам качества. Полученные модели были встроены в приложение. Также была реализована авторизация и запись в базу данных имя, электронной почты, пароля и количества выполненных вычислений с документами пользователя.

Ключевые слова: WEB-приложение; фреймворк *Flask*; «деноизинг» изображений; распознавание текста; сверточные нейронные сети; автокодировщик; рекуррентные нейронные сети; метрики качества.

Современные методы распознавания текста включают в себя использование глубокого обучения и нейронных сетей. Большая часть подходов строится на:

- Сверточных нейронных сетях (CNN): этот метод используется для изучения признаков текста на изображениях и его структуры.
- Рекуррентных нейронных сетях (RNN): они учитывают контекст и последовательность символов или слов при распознавании текста.
- Сочетании различных алгоритмов: некоторые современные методы объединяют в себе CNN и RNN для повышения точности распознавания текста.

Ниже приведены примеры популярных и высококачественных инструментов для распознавания текста.

Tesseract – это библиотека оптического распознавания символов (OCR), разработанная *Google*. Она предоставляет возможности распознавания текста на изображениях с использованием методов машинного обучения. *Tesseract* способен обрабатывать текст на различных языках и работать с различными типами шрифтов, что делает его универсальным инструментом для распознавания текста на изображениях и отсканированных документах.

EasyOCR – еще одна библиотека OCR, предоставляющая простой и понятный API для распознавания текста на изображениях. Она обеспечивает возможность работы с различными языками и типами текста, а также поддерживает распознавание текста на многоязычных изображениях. *EasyOCR* удобен для быстрой и эффективной обработки текста на изображениях, что делает его популярным среди разработчиков и исследователей.

Было создано приложение, в котором были разработаны следующие этапы:

- Создание маршрутов и шаблонов для управления навигацией пользователей по веб-приложению.
- Создание форм регистрации и входа для создания учетных записей пользователей и входа в систему.
- Настройка базы данных для хранения информации о пользователях и вывода сообщений об ошибках.
- Защита страницы от доступа неавторизованных пользователей и перенаправления на страницу входа.

- Загрузка загрязненных изображений, их очистки с использованием встроенных моделей и распознавания текста.

- Отображение информации о пользователе на странице профиля, включая имя и количество проведенных вычислений.

Далее представлены эксперименты и результаты технологии *Tesseract* для распознавания текста очищенного и зашумленного изображений:

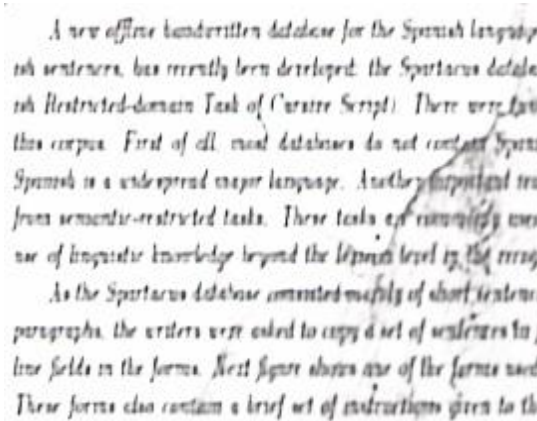


Рис. 1. Очищенное моделью изображение

A sev offre bestertien detcene Jor th Spruah Lrepaty
wh aeatescre ben rrraty een detlopr the Spurtaren dete
l Retr ever Del of Cre Sng) Drew
len corpue Fart of ll cal dealnacy ds et l
Spcaed ow enderpread cnepr language, Aneta
frees emvendwcrtrrvted tasks There teal
tae of baste rele lepeed the Up elt 04 rg

Anh Stare dor sand ly of a at
ongraghe the eras vem ed toa dito wars
lee foe th force. est fn aaen ane of he ore sed

Theme fren cao vont to th

et of tudratign

Рис. 2. Результат распознавания текста на очищенном изображении с помощью технологии Tesseract

Хорошо показано, что есть неточности в распознавании из-за размытости изображения.

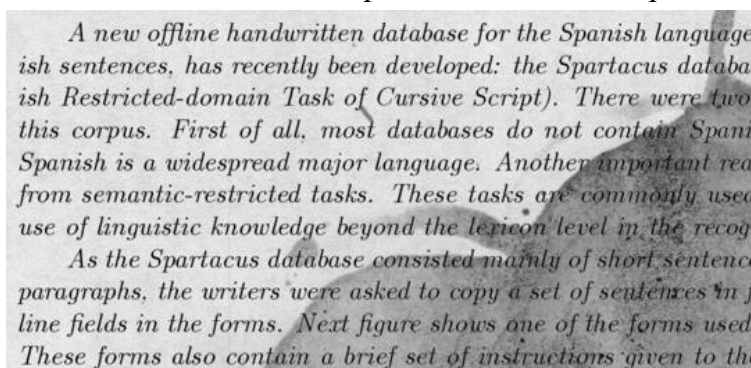


Рис. 3. Зашумленное изображение

A new offline handwritten database for the Spanish language sentences, has recently been developed: the Spartacus database (Spanish Restricted-domain Task of Cursive Script). This corpus. First of all, most Spanish is a widespread major language. Another important task is from semantic-restricted tasks. use of linguistic knowledge beyond the

As the Spartacus database consists of short paragraphs, the writers were asked to copy the line fields in the forms. These forms also contain

Рис. 4. Результат распознавания текста на зашумленном изображении с помощью технологии Tesseract

Видно, что меньше распознается текст там, где есть шум.

```
['v5 r letrll Udskls"u', '"Jav', 'mnlh', 'enb;n', 'Siine', 'Hestratc LANur Tal
of (\xa0 fr 677l', 'Ikr', 'Fru 4 dl', "Aa", 'mmnlm hnu', 'Aud', 'mrrhl Wul', '
Iku ul', 'Ka', 'kcly nlk Vnnabuln', 'Quluu', 'rmbd mufhy4[*4431', '7rthi',
'{'m', 'dnlum;', "K Hunilk7'", 'Jvn #m', 'Il kr', 'Uvl']
```

Рис.5. Результат технологии EasyOCR на очищенном изображении

```
['new', 'offline handwritten database for the Spanish language', 'sentences_',
'recently been developed: the Spartacus databaz', 'ish Restricted-domain Task o
f Cursive Script) .', 'There', 'were two', 'this', 'corpus_', 'First of all,',
'databases do', 'contam', 'Spani=', 'Spanish is', 'widespread major language:',
'Another important rea-', 'from semantic-restricted tasks_', 'These tasks_', 'co
mmonly used', 'use', 'of linguistic knowledge beyond the lexicon level in-the',
'recog', 'As the Spartacus database consisted mainly of short sentence', 'parag
raphs.', 'the writers were asked to copy', 'of sentenres in', 'line fields in t
he forms', 'Next figure shows', 'one of the forms', 'These forms also', 'contam
', 'brief set of instructions given to the', 'ish', 'has', 'most', 'not', 'set'
, 'used']
```

Рис.6. Результат технологии EasyOCR на зашумленном изображении

В работе были использованы следующие метрики качества:

- *Word Error Rate (WER)* – частота ошибок в символах.
- *Character Error Rate (CER)* – частота ошибок в словах.
- *Levenshtein distance* – метрика сходства между двумя строковыми последовательностями. Чем больше расстояние, тем более различны строки.

В данном исследовании были использованы пять загрязненных изображений из тестового датасета и пять таких же, но уже очищенных ранее моделью, изображений.

Полученные результаты оценки модели показаны в следующей таблице:

Значения метрик на очищенных и зашумленных изображениях

	Mean CER	Mean WER	Levenshtein distance
Tesseract clean image	45,11%	85,312%	55,011%
Tesseract dirty image	49,826%	69,664%	50,235%
EasyOCR clean image	96,281%	100%	96,287%
EasyOCR dirty image	99,594%	98,847%	99,594%

Из имеющихся результатов метрик лучшей оказалась технология *Tesseract* на очищенном изображении. Данная технология получилась более устойчива к шумам и размытым изображениям. Для улучшения результата следует усовершенствовать качество модели по очистке шумов на изображении.

Заключение

В данной статье было представлено веб-приложение, в котором встроены модели для очистки изображений от шума и нежелательных элементов, а также для распознавания текста, что позволяет удобно обрабатывать старые документы, книги, учебники и извлекать информацию из них. Оно будет полезно для образовательных учреждений, преподавателей, исследователей, археологов, историков и др. Также сравнивались две технологии *Tesseract* и *Easy-OCR*. В данном эксперименте *Tesseract* по качеству распознавания оказался лучше.

Библиографические ссылки

1. Андрианов С. Н., Веремей Е. И. О ходе подготовки бакалавров по направлению «Информационные технологии» на факультете ПМ-ПУ СПбГУ // Тр. Первой международной научно-практической конференции «Современные информационные технологии и ИТ-образование». М.: МАКС Пресс, 2005. С. 92-98.
2. Мюллер А., Гвидо С. Введение в машинное обучение с помощью Python. Руководство для специалистов по работе с данными. 2022.
3. Шолле Ф. Глубокое обучение на Python. 2022.

АЛГОРИТМ КЛАСТЕРИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ КОМБИНАТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

М. И. Меркушев

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, merkouchevmark@yandex.ru
Научный руководитель: О. А. Лаврова, кандидат физико-математических наук, доцент*

В работе исследуется алгоритм кластеризации, разработанный на основе аппроксимационного алгоритма Гойманса-Уильямсона поиска максимального разреза графа. Алгоритм реализован в среде Wolfram Mathematica и на Python, протестирован на примерах. На основе тестовых вычислений показано, что исследуемый алгоритм сопоставим по точности с базовыми алгоритмами кластеризации, но является более медленным.

Ключевые слова: алгоритм Гойманса-Уильямсона; алгоритмы кластеризации; Wolfram Mathematica; Python.

Постановка задачи

Задача кластеризации состоит в разбиении множества объектов на подмножества (кластеры) таким образом, чтобы объекты из одного кластера были более похожи друг на друга, чем на объекты из других кластеров по какому-либо критерию.

Основная идея данной работы заключается в решении задачи кластеризации с применением результатов из теории графов и комбинаторной оптимизации. Если для некоторых точек в пространстве построить полный граф, соединяющий попарно эти точки, где веса ребер равны расстояниям между ними, мы сможем применить алгоритм поиска максимального разреза для разбиения множества точек на два максимально удаленных друг от друга кластера. При чем теория графов не ограничивает нас размерностью пространства, где находятся точки. А это значит, что количество признаков для объектов множества может быть произвольным. Соответственно, если перевести все признаки каких-либо данных в числовые величины и представить каждый из этих признаков, как координату в пространстве некоторой точки, можно решать задачу бинарной кластеризации, то есть разделения данных на два кластера.

Стоит отметить, что задача поиска максимального разреза графа относится к классу NP-полных [1]. Это означает, что при точном ее решении нельзя рассчитывать на получение быстросрабатывающего алгоритма. Эта проблема решается созданием аппроксимационных алгоритмов, позволяющих получить приближенное решение задачи поиска максимального разреза графа за полиномиальное время.

Алгоритм Гойманса-Уильямсона

Задача поиска максимального разреза представлена задачей оптимизации вида

$$\mu = \max \left\{ \frac{1}{2} \sum_{1 \leq i < j \leq n} w_{ij} \cdot (1 - x_i x_j) : x_k \in \{-1, 1\} \quad \forall k \in [n] \right\}, \quad (1)$$

где w_{ij} это веса ребер между вершинами i и j , x_i и x_j — это метки, присваиваемые каждой вершине, n — количество вершин графа. Алгоритм Гойманса-Уильямса [1] позволяет найти приближенное решение задачи поиска максимального разреза при помощи сферической релаксации. Для сферической релаксации определяется функция

$$y(\xi) := (\xi, 0, \dots, 0) \in S^n \text{ для } \xi \in \{-1, +1\}, \quad (2)$$

где S^n это единичная сфера в R^n . Это позволяет переписать задачу (1) в виде:

$$\mu = \max\left\{\frac{1}{2}\sum_{1 \leq i < j \leq n} w_{ij} \cdot (1 - \langle y(x_i), y(x_j) \rangle) : x_k \in \{-1, 1\} \quad \forall k \in [n]\right\}, \quad (3)$$

где вместо произведения $x_i x_j$ вычисляется скалярное произведение единичных векторов $\langle y(x_i), y(x_j) \rangle$. Такая задача является сложной для решения, поэтому осуществляется релаксация: вместо x_k со значениями только -1 или 1 неизвестными являются точки, принадлежащий единичной сфере.

$$\mu \leq \max\left\{\frac{1}{2}\sum_{1 \leq i < j \leq n} w_{ij} \cdot (1 - \langle y(i), y(j) \rangle) : y(k) \in S^n \quad \forall k \in [n]\right\}, \quad (4)$$

где μ является приближением (оценкой) значения максимального разреза. Поиск данной оценки будет представлять из себя задачу полуопределенного программирования в виде:

$$\mu \leq \max\left\{\frac{1}{2}\sum_{1 \leq i < j \leq n} w_{ij} \cdot (1 - y_{ij}) : y_{kk} = 1 \quad \forall k \in [n], Y = (y_{ij}) \in S_+^n\right\}, \quad (5)$$

где S_+^n – это множество положительно-полуопределенных матриц размера $n \times n$.

Таким образом, поставленную задачу (5) можно решить за полиномиальное время, например, при помощи метода внутренней точки и, при этом, с высокой точностью. Для получения значений x_i и x_j из матрицы Y используется разложение Холецкого:

$$\langle y(i), y(j) \rangle = y_{ij}, \quad (6)$$

а затем округление вектора $(y(i))$ до скаляра (x_i), которое является основной идеей Гойманса и Уильямса [1]. В результате чего получается набор меток, как результат приближения максимального разреза. При этом точность полученного приближения составит не менее 0.875 от точного решения [1].

Реализация в Wolfram Mathematica

Прототип исследуемого алгоритма реализован на Wolfram Mathematica в виде пользовательской функции `maxCutRelaxed[graph, trials]`, которая получает на вход объект `graph`, встроенного класса `Graph`, и количество попыток получения максимального разреза `trials`. Таким образом, алгоритм отработывает сразу несколько раз и выбирается разрез с максимальным значением суммарного веса попавших в разрез ребер.

Для проверки работы алгоритма был создан тестовый пример: генерируются случайно 4 группы точек, визуально расположенные в разных кластерах (рис. 1а). Количество самих точек задается также случайно.

Результат применения функции `maxCutRelaxed` к сгенерированным данным представлен на рис. 1б.

Для получения более двух кластеров можно применять рекурсивную кластеризацию [2]. Иными словами, данное действие можно повторять с каждым из полученных кластеров, пока не получим подходящее число подмножеств точек. При применении рекурсивной кластеризации получен следующий результат (рис. 1в).

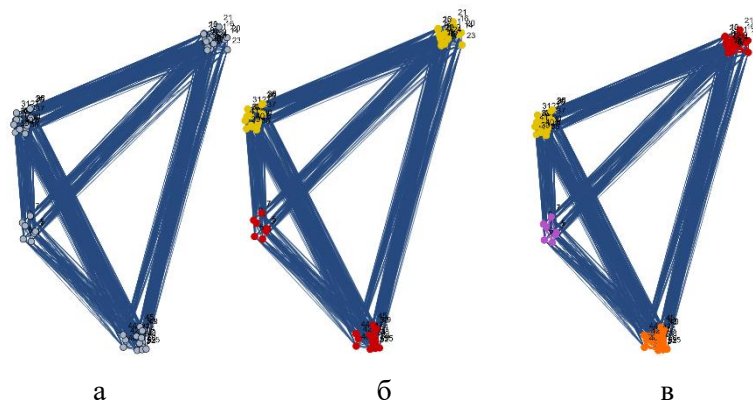


Рис. 1. Тестовые данные (а), разбитые (б) – на 2 кластера, (в) – на 4 кластера

Недостатком реализации алгоритма в Wolfram Mathematica является низкая скорость его выполнения, связанная со временем расчета всех попарных расстояний между вершинами графа, количество которых для полного графа $N = \frac{n(n-1)}{2}$, где n – количество вершин графа.

Реализация в Python

Для сравнения исследуемого алгоритма с классическими алгоритмами кластеризации и классификации (k-means, c-means, метод опорных векторов, дерево решений и др.), была осуществлена реализация исследуемого алгоритма на Python с использованием модуля svxgr [3]. Функция модуля `algorithms.goemans_williamson_weighted(Graph)` позволяет найти максимальный разрез при помощи алгоритма Гойманса-Уильямсона для объекта Graph, который реализован в виде объекта модуля networkx [4].

Алгоритм тестируется на примере из предыдущего раздела. Результаты реализаций в Wolfram Mathematica и на Python совпадают. Время выполнения алгоритма на Python составило около 5 минут.

Для дальнейшего тестирования исследуемого алгоритма используется известная задача бинарной классификации для сравнения точности и быстродействия алгоритма с классическими алгоритмами кластеризации.

Тестовые вычисления

Набор данных Titanic – Machine Learning from Disaster [5] содержит информацию о 418 пассажирах Титаника, для которых известны по 11 параметров. По заданной информации необходимо определить выжили ли пассажиры во время крушения корабля или нет, то есть решить задачу бинарной классификации. Для этого все данные о пассажирах переводятся в числовые величины при помощи библиотек pandas, numpy, sklearn. Полученные числовые величины определяют координаты точек графа, между которыми проводятся ребра с весами, равными евклидову расстоянию между соответствующими точками.

После понижения размерности (для визуализации) при помощи метода главных компонент (модуль `sklearn.decomposition.PCA` [6]) и применения алгоритма Гойманса-Уильямсона граф, представляющий набор данных, изображен на рис. 2.

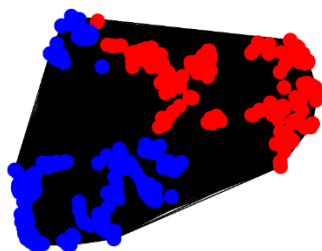


Рис. 2. Результат кластеризации набора данных Titanic исследуемым алгоритмом

Разрез был получен за 841 секунду (примерно за 14 минут), что существенно превышает время выполнения алгоритма кластеризации k-means. Алгоритм k-means для бинарной кластеризации выполняется за несколько секунд, результат кластеризации представлен на рис. 3.

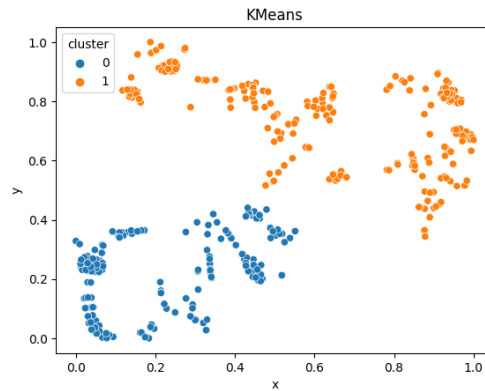


Рис. 3. Результат кластеризации набора данных Titanic алгоритмом k-means

Чтобы сравнить исследуемый алгоритм по точности, результаты кластеризации были выложены на kaggle [4]. Доля правильно определенных объектов кластера для алгоритма k-means составила 0.67224. Для исследуемого алгоритма оценка незначительно выше 0.67464, что говорит о сравнимой эффективности обоих алгоритмов. Однако, для алгоритмов кластеризации random forest, gradient boosting и других, перечисленных ранее алгоритмов, реализованных в модуле sklearn, средним результатом точности является оценка порядка 0.74. Можно сделать вывод о сопоставимости по точности исследуемого алгоритма с классическими алгоритмами кластеризации.

Вывод

Исследуемый алгоритм кластеризации имеет ряд преимуществ и недостатков. С одной стороны, он позволяет находить оптимальное разбиение реальных данных на два кластера по некоторому критерию сходства, используя эффективный алгоритм комбинаторной и полуопределенной оптимизации. С другой стороны, исследуемый алгоритм кластеризации имеет ряд ограничений, таких, как приближенное построение решения, низкая скорость выполнения алгоритма, связанная с расчетом начальных данных, а также сложность обобщения алгоритма для количества кластеров, большего двух. Указанные ограничения являются основаниями для дальнейшего анализа и улучшения алгоритма.

Библиографические ссылки

1. The Goemans-Williamson Algorithm [Электронный ресурс] / Simon Fraser University. URL: <https://www.sfu.ca/~mdevos/notes/semidef/GW.pdf> (дата обращения: 20.03.2024).
2. Blum A, Hopcroft J., Kannan R. Foundations of Data Science / 4.01.2018. P. 229 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cs.cornell.edu/jeh/book.pdf> (дата обращения: 23.10.2023).
3. Mehta N. Cvxgraphalgs [Электронный ресурс]. URL: <https://pypi.org/project/cvxgraphalgs/> (дата обращения: 20.03.2024).
4. Titanic Machine Learning from Disaster [Электронный ресурс] / Kaggle. URL: <https://www.kaggle.com/competitions/titanic/> (дата обращения: 20.03.2024).
5. NetworkX [Электронный ресурс]. URL: <https://networkx.org/documentation/stable/index.html> (дата обращения: 20.03.2024).
6. Scikit-learn [Электронный ресурс]. URL: <https://scikit-learn.org/stable/> (дата обращения: 20.03.2024).

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ БЕЛОРУССКОЙ РЕЧИ

А. В. Тылецкий

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, a.tyletsky@gmail.com.
Научный руководитель: Д. И. Пирштук, старший преподаватель*

Рассмотрены постановка задачи автоматического распознавания речи, основная метрика оценки ее качества, задача мультязычного распознавания речи. Для решения задачи распознавания белорусской речи были дообучены 2 модели серии Whisper размера Small и Tiny. Данные модели показывают значительное улучшение качества распознавания белорусской речи на внешнем тестовом датасете. В результате анализа основных ошибок модели предложен способ дальнейшего улучшения качества распознавания.

Ключевые слова: распознавание белорусской речи; WER; Whisper; FLEURS; Common Voice.

Введение

Одной из проблем построения качественной системы распознавания речи является необходимость обучения глубоких нейронных сетей на большом объеме данных. Это уже не является проблемой для, например, таких популярных языков как английский, однако может являться проблемой для таких языков как белорусский. В последние несколько лет стали показывать относительно хорошее качество модели для распознавания мультязычной речи. Данные модели могут быть дополнительно дообучены на задачу распознавания речи определенного непопулярного языка, например, белорусского.

Общая постановка задачи автоматического распознавания речи

Пусть у нас есть некоторый аудиофайл X , на котором записана человеческая речь. Наша задача представить человеческую речь в виде последовательности меток $L = (l_1, l_2, \dots, l_n)$, где каждая метка $l_i \in V$, где V – некоторый словарь меток. Метки различаются в зависимости от языка говорящего и обычно являются словами, но могут быть и, например, иероглифами или отдельными буквами. Через V^* обозначим набор всевозможных последовательностей меток из словаря V . Тогда более формально задача автоматического распознавания речи по данному аудиофайлу X найти $L^* \in V^*$ такой, что:

$$L^* = \arg \max_{L \in V^*} p(L|X) \quad (1)$$

Звук может кодироваться различным образом, однако наиболее привычный способ представления звука есть пара (r, A) , где $r \in \mathbb{N}$ – частота дискретизации сигнала, $A \in [-1; 1]^n$ – массив амплитуд сигнала во времени.

Даже очень маленькие аудиофайлы представляют собой огромные последовательности чисел, которые нельзя сразу же подать на вход модели машинного обучения. Во-первых, это делать достаточно неэффективно и модель будет долго работать, прежде чем выдать результат. Во-вторых, модели сложно извлечь данные из обычной последовательности чисел. Поэтому перед применением модели машинного обучения звук нужно обработать и извлечь полезные признаки. Наиболее популярным является метод получения мелкепестральных коэффициентов. Здесь и далее можно считать, что под аудиофайлом X подразумевается матрица признаков, извлеченных из звука.

Метрики точности решения задачи распознавания речи

Наиболее общепринятой метрикой решения задачи распознавания речи является метрика Word Error Rate (сокращенно WER). Она высчитывается как нормализованное на длину целевой последовательности слов минимальное количество операций замены слова, вставки слова, удаления слова из предсказанной последовательности слов, для того чтобы получить из нее целевую последовательность слов.

Метрика имеет ряд проблем. Например, она никак не взвешивает ошибки. Очевидно, что если правильное слово отличается одной буквой от предсказанного слова, то такая ошибка может быть не так критична, как пропуск целой частицы «не», которая может полностью поменять смысл предложения.

Распознавание мультязычной речи

Качественное решение задачи распознавания мультязычной речи с помощью одной модели долго не была решена. Одними из первых хороших моделей в данной области стали модели серии Whisper [1]. Whisper модели обучались на 680000 часов аудио, из которых 65% данных есть примеры распознавания английской речи, 17% – примеры распознавания речи других языков, а оставшиеся 18% – примеры перевода других языков на английский язык. При этом даже самая большая модель Large-v3 показывает при распознавании белорусской речи на внешнем датасете FLEURS [2] метрику WER=42.5%, в то время как при распознавании русской речи модель показывает WER=5.0%. Это связано с недостатком обучаемых данных. Модель видела в 130 раз меньше данных для белорусского языка, чем для русского.

Распознавание белорусской речи

Наиболее крупным общедоступным набором белорусской речи является Common Voice [3]. Последняя версия 16.1 вышла 5 января 2024 года, и его белорусская часть содержит 1694 часа аудио в формате MP3, которые весят суммарно около 32 ГБ и состоят из более чем 8000 различных голосов. Всего получается около 400000 примеров. Эти данные мы будем использовать для дополнительного дообучения Whisper моделей на задачу распознавания белорусской речи.

Мы обучили 2 версии модели Whisper: Tiny, как самую быструю, но не точную, и Small, как достаточно точную и быструю модель, при этом все еще доступную в обучении на стандартной видеокарточке Tesla P100-16GB. Обучение происходило с размером батча 32 в течение 4500 шагов для версии Tiny и в течение 6500 шагов для версии Small. Использовалась стандартная кросс-энтропийная функция потерь. В качестве оптимизатора был выбран Adam со стандартными параметрами. Скорость шага градиентного спуска в обучении изменяется циклически: увеличивается и уменьшается линейно между 0 и максимальным значением 0.0001. Каждые 500 шагов делалась валидация и сохранялась лучшая модель. Модель стабильно обучалась полностью в FP16 режиме. Это значит, что во время обучения все веса, активации, градиенты хранятся и вычисляются в точности FP16.

На валидации замерялись следующие метрики: WER и нормализованный WER (WER на нормализованной транскрипции), однако лучшая модель выбиралась именно по нормализованному WER. Обучение при этом будет происходить на сырых транскрипциях. Таким образом, наша модель будет сразу учиться расставлять заглавные буквы и знаки препинания, но при этом мы будем стремиться получить модель, которая лучше распознает сами слова, а не лучше расставляет знаки препинания в ущерб распознаванию слов.

Приведем замер качества обученных моделей на тестовой части выборки датасета FLEURS, содержащей белорусскую речь. Датасет FLEURS содержит сразу нормализованные транскрипции, поэтому замерять обычную метрику WER нет смысла. В следующей таблице собраны среднее и медианное значения WER на нормализованном предсказании модели для различных моделей: оригинальных моделей Tiny, Small, Large-v3, а также на дообученных на

белорусском сегменте данных моделей размера Tiny и Small. Также дана дополнительная информация про количество параметров и относительную скорость моделей.

Значения WER на тестовой белорусской части FLEURS

Модель	Норм. WER (среднее)	Норм. WER (медиана)	Количество параметров	Относительная скорость
Tiny	99,8	95,0	39M	32
Small	80,0	77,3	244M	6
Large-v3	43,8	42,4	1550M	1
Tiny (дообучение)	34,0	31,2	39M	32
Small (дообучение)	21,2	14,7	244M	6

Проведя анализ крупных ошибок модели ($WER > 100\%$) можно сделать вывод, что модели сложно распознавать речь с иностранными или редко встречающимися в белорусской речи словами. Следствием этого является то, что модель начинает многократно выдавать одну и ту же букву, слово или даже целую фразу. Тем не менее, большинство ошибок модели, особенно дообученной Small версии, являются незначительными. Например, модель может не поставить букву в конце слова, может наоборот поставить лишнюю букву в слове, а может перепутать падеж слова.

Решить вышеописанные проблемы может использование дополнительной постобработки распознанный текст модели. Такой способ является медленным, однако качественным. Данная модель должна принимать на вход текст и выдавать на выход также текст, со всеми исправленными ошибками. Собрать данные для такой модели достаточно просто: можно брать в качестве целевого текста текст из транскрипции, а в качестве входного текста – текст, распознанный текущей моделью. Примечательно, что данный способ также может расставлять недостающие знаки препинания или наоборот убирать лишние знаки.

Библиографические ссылки

1. Robust speech recognition via large-scale weak supervision / A. Radford [et al.] // International Conference on Machine Learning. 2023. P. 28492-28518.
2. FLEURS: FEW-Shot Learning Evaluation of Universal Representations of Speech / A. Conneau [et al.] // 2022 IEEE Spoken Language Technology Workshop (SLT). 2023. P. 798-805.
3. MLS: A Large-Scale Multilingual Dataset for Speech Research / V. Pratap [et al.] // Interspeech. 2020.

УЛУЧШЕННАЯ МОДЕЛЬ YOLOV8 ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МЕЛКИХ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Ли Чжиюань¹⁾, С. В. Абламейко²⁾

¹⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, lil877422480@gmail.com

²⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, ablameyko@bsu.by

Обнаружение мелких объектов – ключевая проблема в области компьютерного зрения, имеющая важное применение в сферах обороны, мониторинга дорожного движения и промышленной автоматизации. В данной работе на основе модели YOLOv8n внедряется механизм согласованного внимания Coordinate Attention (CA) и заголовок SEResNeXtBottleneck. для улучшения способности модели обнаруживать малоразмерные объекты. Улучшенная модель была обучена и оценена на наборе данных DOTA1, \ и результаты показали, что точность обнаружения мелких целей значительно повысилась, а показатели mAP50 и mAP50-95 значительно улучшились.

Ключевые слова: компьютерное зрение; обнаружение мелких объектов; YOLOv8; механизм канального внимания.

1. Введение

В современную эпоху быстрого технологического развития обнаружение мелких объектов играет все более важную роль в области компьютерного зрения. В области компьютерного зрения под мелкими объектами обычно понимаются объекты, занимающие небольшое количество пикселей на изображении. Согласно определению Международного общества оптической инженерии, мелкий объект – это объект с площадью изображения менее 80 пикселей на изображении размером 256×256 пикселей. То есть, если размер объекта составляет менее 0,12 % от исходного изображения, его можно считать мелким объектом. Сложность обнаружения мелких объектов заключается в малой площади охвата мелких объектов, меньшем охвате информации о признаках и слабой способности к выражению.

За основу был взят YOLOv8n [1], представляющий собой последнее достижение для обнаружения объектов. YOLOv8n внедряет новейшие архитектуры и методы оптимизации для повышения скорости и точности обнаружения, особенно для мелких объектов. В архитектуре YOLOv8n используется структура C2f для улучшения объединения признаков и модуль SPPF из YOLOv5 для расширения рецептивного поля. Головная часть разделяет головки классификации и обнаружения, а в качестве потерь классификации используется BCE Loss, применяя метод сопоставления по назначению для улучшения сопоставления образцов.

Однако, несмотря на значительный прогресс, достигнутый YOLOv8n в обнаружении объектов, модель все еще сталкивается с некоторыми проблемами при обнаружении мелких объектов. Эти проблемы в основном связаны с ограниченным охватом информации о признаках мелких объектов и небольшой зоной покрытия, что затрудняет представление и обнаружение таких объектов. Кроме того, использование фреймворка C2f и модуля SPPF, хотя и расширяет сенсорное поле, не всегда компенсирует эти недостатки, особенно в сложных сценах с большим количеством мелких объектов.

Мы предлагаем модель YOLOv8n-CA-OBB_SEResNeXtBottleneck, которая улучшает YOLOv8n и показывает, как эти улучшения могут быть использованы для значительного повышения эффективности обнаружения мелких объектов на изображениях.

2. Улучшение модели YOLOv8n

Для улучшения обнаружения и распознавания мелких объектов на спутниковых и аэрофотоснимках в данной работе предлагается усовершенствованная модель обнаружения YOLOv8n-CA-OBB_SEResNeXtBottleneck, основанная на модели YOLOv8n, которая включает механизм координатного внимания Attention mechanism Coordinate (CA) [2] в магистрали YOLOv8n и заменяет заголовок Detect в YOLO-v8n на заголовок обнаружения SEResNeXtBottleneck, чтобы повысить эффективность обнаружения и точность модели. Улучшенная модель показана на рис. 2. Модель нарисована с помощью инструментария визуализации TensorBoard.

Традиционные механизмы внимания, такие как сжимающее и побуждающее внимание SE (Squeeze-and-Excitation block) [3] и модуль конволюционного блочного внимания CBAM (Convolutional Block Attention Module) [4], имеют много недостатков. SE внимание фокусируется только на построении взаимозависимостей между каналами и игнорирует пространственные особенности. CBAM вводит крупномасштабное конволюционное ядро. В CBAM для извлечения пространственных признаков используется крупномасштабное сверточное ядро, но проблема дальних зависимостей игнорируется. Хотя другие модули внимания без этой проблемы показывают хорошие результаты, количество параметров слишком велико для развертывания приложений. Модуль CA (Coordinate Attention) [2] – это новый модуль внимания, предложенный для канального внимания. Механизм координатного внимания не только захватывает кросс-канальную информацию, но и учитывает восприятие ориентации и местоположения, что помогает модели более точно находить и идентифицировать интересующую цель. Механизм внимания CA, названный C2f_CA в структуре нашей модели, используется для замены модуля C2f в оригинальной модели YOLOv8n. Как показано на рис. 1 C2f_CA[*].

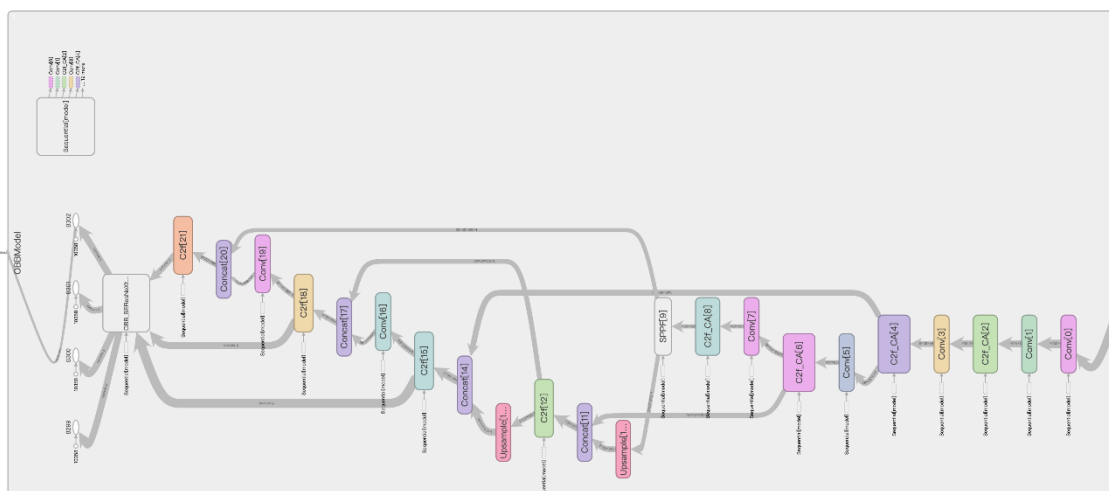


Рис. 1. Улучшенная структура сети YOLOv8n-CA-OBB_SEResNeXtBottleneck

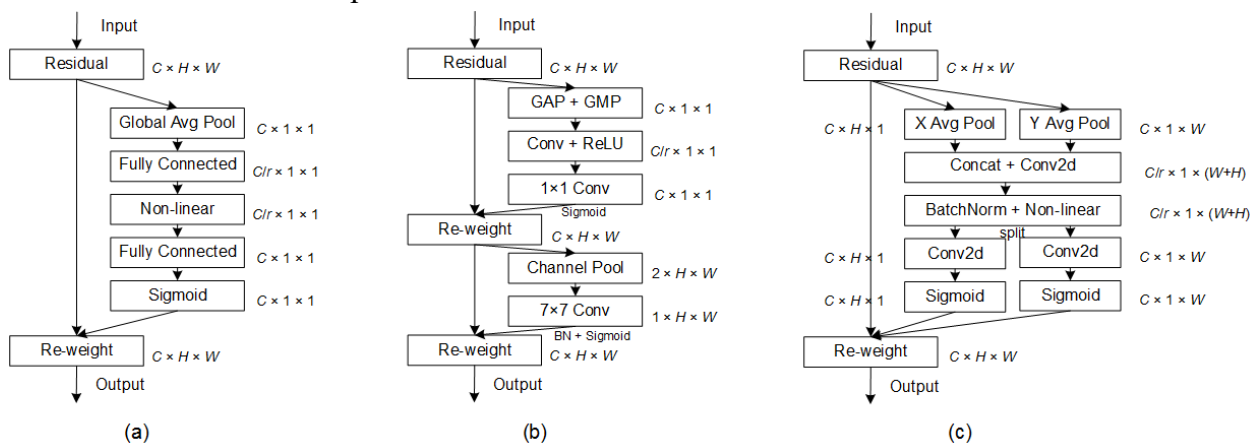
Сравним три модели внимания (рис.2):

(a) Squeeze-and-Excitation block (SE): Этот модуль сначала применяет глобальное усреднение по пространству (Global Avg Pool), чтобы сжать пространственные измерения и получить 1D вектор признаков на канал. Затем два полностью связанных слоя (Fully Connected) создают отношения между каналами, используя нелинейность для активации и сигмоидную функцию для создания весов, которые используются для повторного взвешивания исходных карт признаков. Этот подход улучшает представление канала, но, как вы упомянули, не учитывает пространственную информацию.

(b) Convolutional Block Attention Module (CBAM): Этот модуль развивает идею SE, вводя отдельные механизмы внимания для канального и пространственного измерений. Вначале применяется глобальное усреднение и максимальное пулинг, за которым следует свертка с

ReLU активацией для взвешивания по каналам. Для пространственного внимания используется пулинг по каналам и большое сверточное ядро (7x7), что позволяет модели захватывать пространственные зависимости, но не решает проблему дальних зависимостей.

(с) Coordinate Attention block (CA): Это новый подход, который предлагает решение упомянутых недостатков, сосредотачиваясь как на канальном, так и на пространственном внимании. Вместо одного глобального усреднения используются два отдельных усреднения по разным осям (X и Y), что помогает улавливать информацию о местоположении и ориентации. После конкатенации и свертки эти признаки объединяются, затем применяется BatchNorm и нелинейность. Пространственные веса получаются отдельно для каждой оси через Conv2d и сигмоидные функции, что обеспечивает более точное пространственное внимание с учетом глобального контекста и ориентации объектов.



(a) Squeeze-and-Excitation block (b) CBAM (c) Coordinate attention block

Рис. 2. Сравнение моделей внимания

Заголовок Detect в YOLOv8n играет роль обнаружения и распознавания изображений, но скорость распознавания мелких целей очень низкая в сложных условиях, поэтому мы предлагаем SEResNeXtBottleneck для YOLOv8n, который объединяет особенности SENet и ResNeXt, и интегрирует модуль SE в структуру узкого места ResNeXt. Этот подход использует особенности заголовка ResNeXt для увеличения ширины и выразительности сети и улучшает понимание узкого места SEResNeXtBottleneck через каналный механизм модуля SE. Сеть демонстрирует отличную производительность, особенно при работе с признаками, обнаружении объектов и тонком распознавании, которые требуют умного разграничения с другими задачами. На рис. 3 представлена схема специфической структуры заголовка SEResNeXtBottleneck, которую мы построили с помощью инструментария визуализации TensorBoard.

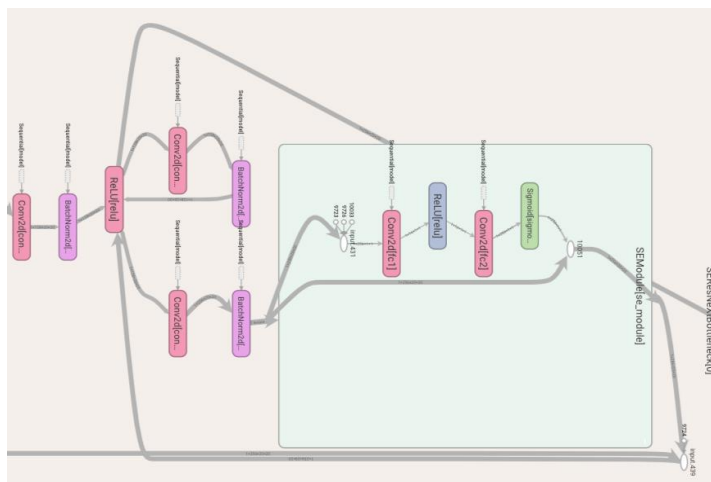


Рис. 3. Структура головки SEResNeXtBottleneck в модели

3. Эксперименты и результаты

3.1 Наборы данных

DOTA (Dataset for Object Detection in Aerial images) v1.[5]- это крупномасштабный набор данных для обнаружения объектов на аэроснимках. Набор данных DOTAv1 содержит более 2 800 изображений. Он содержит аннотационную информацию для более чем 188 000 экземпляров объектов. Существует 15 различных категорий объектов, включая самолеты, корабли, резервуары, бейсбольные поля, теннисные корты, баскетбольные площадки, спортивные площадки, гавани, мосты, крупные транспортные средства (например, грузовики и автобусы), вертолеты, плавательные бассейны, футбольные стадионы, круговые перекрестки и небольшие транспортные средства. На рис. 4 представлены категории тегов, включенных в набор данных. Набор данных предназначен для решения ряда задач по обнаружению объектов на аэрофотоснимках, включая, помимо прочего, обнаружение мелких объектов, обнаружение плотных объектов и крупномасштабных вариаций.

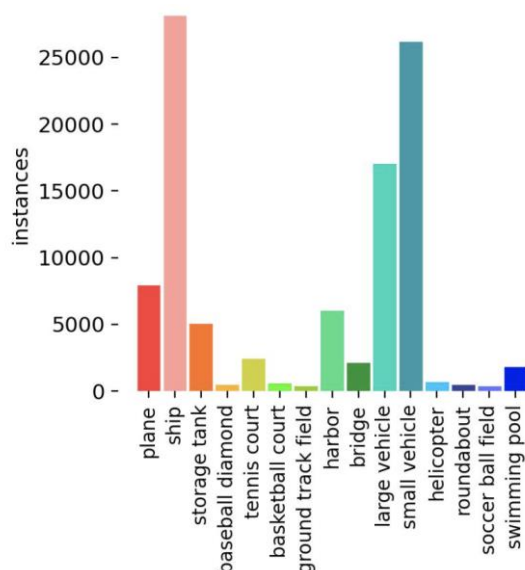


Рис. 4. Категории изображений для DOTAv1

3.2 Экспериментальное оборудование и показатели оценки

Эксперименты проводились на облачной вычислительной платформе AutoDL с конфигурацией среды: Python 3.10 (ubuntu22.04), PyTorch 2.1.0, Cuda 12.1, GPU RTX 4090(24GB) * 2, CPU 32 vCPU AMD EPYC 9654 96-Core Processor, RAM. Для обучения входное изображение имеет размер 640×640, а модель обучается с использованием SGD в качестве оптимизирующей функции. Период обучения модели (эпоха) составляет 300, размер партии – 18, начальная скорость обучения – 0,01. В этом эксперименте используется тот же алгоритм улучшения данных, что и в оригинальном алгоритме YOLOv8n.

В качестве оценочных показателей в данной работе используются F1 score, средняя точность (mAP), количество параметров (Params), гига операций с плавающей запятой в секунду (GFLOPs) и кадров в секунду (FPS). Корректность модели измеряется с помощью показателей корректности и полноты в качестве базовых показателей, а F1 score и mAP, вычисленные из показателей корректности и полноты – в качестве итоговых показателей оценки.

3.4 Оценка результатов

Результаты экспериментов показывают, что наша модель превосходит оригинальную модель YOLOv8n как на mAP50%, так и на mAP50-95%. В частности, модель улучшает свои показатели с 41,0 до 42,7 % на mAP50 % и с 24,6 до 25,5 % на mAP50-95 %, указывая на то, что добавленные механизм внимания CA и заголовок SEResNeXtBottleneck могут значительно улучшить производительность модели.

В следующей таблице представлены результаты прогнозирования на тестовом наборе DOTA_{v1}-val после 300 эпох в каждом модельном фреймворке экспериментальной среды.

Сравнение результатов различных моделей

Модель	mAP50(%)	mAP50-95(%)
Yolov8n	41,0	24,6
Yolov8n-obb	42,3	24,9
YOLOv8n-SEResNeXtBottleneck head	42,2	24,6
YOLOv8n-CA-OBb	42,1	25,1
YOLOv8n-CA-OBb_SEResNeXt	42,7	25,5

На рис. 5 показаны результаты обнаружения, слева – оригинальное изображение из набора данных DOTA_{v1}, среднее – результат обнаружения с помощью YOLOv8n, крайнее правое – результат обнаружения модели YOLOv8n-CA-OBb_SEResNeXtBottleneck. Согласно сравнению результатов, наша модель не только обнаружила больше мелких целей при обнаружении мелкой цели, но и точность обнаружения крупной цели была улучшена.



Рис. 5. Результаты исходного изображения, YOLOv8n и нашей модели.

4. Заключение

Предложенная модель позволила повысить точность и производительность обнаружения мелких объектов, включив механизм внимания CA в модель YOLOv8n и используя заголовок обнаружения SEResNeXtBottleneck вместо заголовка YOLOv8n. Благодаря экспериментальной проверке на наборе данных DOTA_{v1} наша улучшенная модель демонстрирует более точную способность к обнаружению мелких объектов, а результаты эксперимента показывают, что благодаря добавлению механизма внимания CA модель способна более эффективно фокусироваться на ключевых областях изображения, что повышает точность обнаружения.

Библиографические ссылки

1. Jocher G., Chaurasia A., Qiu J. “Ultralytics YOLOv8.” 2023. [Online]. Available: <https://github.com/ultralytics/ultralytics>.
2. Hou Q., Zhou D., Feng J. Coordinate attention for efficient mobile network design // Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2021: 13713-13722.
3. Hu J., Shen L., Sun G. Squeeze-and-excitation networks[C] // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2018: 7132-7141.
4. Aggregated residual transformations for deep neural networks[C] / S. Xie [et al.] // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2017: 1492-1500.
5. URL: <https://captain-whu.github.io/DOTA/index.html>.

СЕКЦИЯ 6

ОБЩЕСТВО, БИЗНЕС И ЭКОНОМИКА

СПОСОБЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЗНАНИЙ И НАВЫКОВ В ОБЛАСТИ ТРАНСФЕРА ТЕХНОЛОГИЙ

Р. Б. Гринянец¹⁾, В. Н. Венгеров²⁾, Ж. М. Молчан³⁾, В. И. Котов⁴⁾

¹⁾ Государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики»,
ул. Сурганова, 6, 220012, г. Минск, Беларусь, griganec@bas-net.by

²⁾ Государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики»,
ул. Сурганова, 6, 220012, г. Минск, Беларусь, vengerov@basnet.by

³⁾ Государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики»,
ул. Сурганова, 6, 220012, г. Минск, Беларусь, molchan@basnet.by

⁴⁾ Государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики»,
ул. Сурганова, 6, 220012, г. Минск, Беларусь, kotov@basnet.by

Рассмотрены возможности автоматизированной системы онлайн-обучения и консультирования по вопросам трансфера технологий, управления и коммерциализации интеллектуальной собственности в НАН Беларуси, которая обеспечивает автоматизацию данных процессов и повышение компетенций сотрудников академии, что способствует росту конкурентоспособности научно-технической продукции организаций НАН Беларуси, а также увеличению экспорта их технологий, товаров и услуг.

Ключевые слова: трансфер технологий; онлайн-обучение; онлайн-консультирование; коммерциализации интеллектуальной собственности.

XXI в. ознаменовался развитием экономики благодаря росту инвестиций в технологии. Предыдущий инновационный век сменился веком международного технологического трансфера, т. е. обмена технологиями. Такой обмен позволяет повысить конкурентоспособность продукции и эффективность научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) путем приобретения готовых технологий. Компании получают прибыль от производства и реализации созданной на базе имеющихся технологий продукции, а также от продажи лицензий на результаты НИОКР.

Технологический обмен, или трансфер технологий (ТТ) – это процесс передачи и получения результатов исследований и разработок, а также знаний для их практического использования. Его результатом может быть как коммерческое использование полученных результатов (обмен технологиями, производство товаров и услуг, привлечение дополнительных ресурсов для исследований и разработок и др.), так и некоммерческое (поиск новых направлений исследований, обмен знаниями, идеями и т. д.).

Наращивание и диверсификация экспорта наукоемкой и высокотехнологичной продукции республики – одна из актуальных задач организаций НАН Беларуси, в решении которой важная роль отводится инструментам поддержки онлайн-обучения и консультирования по вопросам ТТ, управления и коммерциализации интеллектуальной собственности (ИС).

Законодательство в сфере трансфера и коммерциализации технологий постоянно меняется в различных странах. В связи с этим создание автоматизированной системы онлайн-обучения и консультирования по вопросам трансфера технологий, управления и коммерциализации интеллектуальной собственности в НАН Беларуси (АСОК) является актуальной задачей, решение которой позволит оперативно консультировать сотрудников организаций НАН Беларуси (руководителей организаций и их подразделений, бухгалтеров, специалистов отделов ТТ, маркетинга, научных сотрудников) по вопросам ТТ, управления и коммерциализации ИС, а также организовать дистанционное обучение и автоматизированное управление данным процессом. АСОК может быть использована для проведения тренингов и обучающих семинаров

для сотрудников организаций НАН Беларуси по актуальным вопросам ТТ, управления и коммерциализации ИС. В конечном счете АСОК будет способствовать увеличению валютных поступлений в организации НАН Беларуси от экспорта технологий, услуг и продажи ИС.

В декабре 2021 г. в НАН Беларуси введена в эксплуатацию автоматизированная система информационного обеспечения инновационной деятельности и трансфера технологий в НАН Беларуси (АСИО ИДТТ) [1, 2]. С момента создания сайта Республиканского центра трансфера технологий (РЦТТ) в 2002 г., а затем и в АСИО ИДТТ ведется раздел «Методические руководства», где размещаются руководства в области трансфера и коммерциализации технологий, ИС и инновационной деятельности. В настоящее время в данном разделе собрано более 130 различных руководств, подготовленных белорусскими и зарубежными специалистами (более 40 руководств подготовлены при участии специалистов РЦТТ в рамках международных проектов, финансировавшихся международными организациями ПРООН, ЮНИДО и Европейской комиссией), которые используются в РЦТТ при проведении консультаций, тренингов и обучающих семинаров.

Существующие зарубежные автоматизированные системы онлайн-обучения и консультирования по вопросам ТТ, управления и коммерциализации ИС постоянно развиваются и совершенствуются. Основным их недостатком является то, что они поддерживают информацию только на английском языке, а в качестве консультантов там работают специалисты, не владеющие особенностями белорусского законодательства.

Активизация в ЕАЭС и ЕС действий по развитию систем ТТ и поддержки предпринимательства предъявляет высокие требования к качеству автоматизированных систем онлайн-обучения и консультирования по вопросам ТТ в части: программного обеспечения, удобства пользования, способности к созданию интегрированных информационных ресурсов, квалификации персонала, полноты и достоверности информационных ресурсов, наличия методических руководств для пользователей. Ниже в таблице приведены возможности АСОК, а также аналогичных автоматизированных систем онлайн-обучения и консультирования по вопросам ТТ, управления, коммерциализации, охраны и защиты прав ИС, в том числе таких обучающих систем, как IP Helpdesk, ASTP, AUTM Learning Center, TTC.

Создание АСОК позволит осуществлять регистрацию и доведение вопросов, сформулированных в письменном виде, до соответствующих зарегистрированных консультантов, в качестве которых могут выступать специалисты Центра системного анализа и стратегических исследований НАН Беларуси (ЦСАСИ) и других организаций.

АСОК обеспечивает выполнение следующих функций:

- автоматизацию проведения онлайн-семинаров, вебинаров, конференций и консультаций;
- формирование планов мероприятий, рассылку и подписку на них;
- онлайн-регистрацию участников мероприятий и рассылку напоминаний зарегистрированным участникам о предстоящем мероприятии;
- онлайн-демонстрацию презентаций, вопросов и ответов;
- регистрацию и доведение вопросов, сформулированных в письменном виде, до соответствующих консультантов, зарегистрированных в системе (в качестве консультантов могут выступать специалисты ЦСАСИ, НАН Беларуси и др.);
- организацию взаимодействия с зарегистрированными консультантами по результатам диалога на прошедшем мероприятии;
- поддержку проведения опроса участников мероприятий (например, о качестве проведенных мероприятий, об ответах на интересующие вопросы и т. п.);
- ведение базы данных презентаций, методических руководств, задаваемых вопросов и ответов на них;
- возможность использования внешних информационных ресурсов аналогичной направленности.

АСОК включает следующие подсистемы, обеспечивающие:

- создание и управление дистанционных курсов;
- формирование планов мероприятий, рассылку и подписку на них;
- управление пользователями (лекторами, слушателями);
- дифференцированный доступ для участников образовательного портала;
- отслеживание выполнения учебных элементов слушателями;
- аналитику и статистику.

АСОК на сегодняшний день предоставляет также возможность организовать 3D-тур по виртуальной постоянно действующей выставке достижений НАН Беларуси и ознакомиться с характеристиками ее экспонатов. Аналогичные виртуальные 3D-туры организуются также по выставке «Беларусь интеллектуальная (2023)», а также экспозиции НАН Беларуси на Международной выставке-форуме «Россия» (04.11.2023–07.01.2024, Москва, ВДНХ).

В настоящее время для пользователей 1-2 раза в месяц организуются вебинары в режиме видеоконференций. Форма доступа к ним в АСОК представлена на рисунке.

Эффективность внедрения АСОК определяется такими показателями, как:

- активизация за рубежом действий по развитию систем ТТ и поддержки предпринимательства;
- автоматизация процессов онлайн-обучения и консультирования по вопросам ТТ, управления и коммерциализации ИС;
- сокращение сроков и автоматизация процессов обучения участников принципам работы и организации инновационной деятельности в сфере ТТ, управления и коммерциализации ИС в НАН Беларуси;
- расширение возможностей интернет-оповещения и обслуживания участников о проводимых и перспективных мероприятиях в области ТТ в НАН Беларуси;
- расширение взаимодействия с зарубежными информационными ресурсами аналогичной направленности.

Экономический эффект от реализации АСОК состоит в создании возможности проведения онлайн-обучения и консультирования по вопросам ТТ, управления и коммерциализации ИС в НАН Беларуси, что позволит:

- повысить компетенции сотрудников НАН Беларуси в сфере ТТ, управления и коммерциализации ИС;
- обеспечить сотрудникам НАН Беларуси в онлайн-режиме получение ответов на свои вопросы от консультантов, зарегистрированных в системе АСОК;
- обеспечить поддержку базы данных вопросов и ответов в сфере ТТ, управления и коммерциализации ИС, что сократит время получения ответов на вопросы, возникающие у сотрудников НАН Беларуси в данной области;
- сократить временные, трудовые и материальные затраты на предоставление консультационных услуг в сфере ТТ, управления и коммерциализации ИС.

Повышение компетенций сотрудников НАН Беларуси в сфере ТТ, управления и коммерциализации ИС, а также возможность оперативного получения ответов на текущие вопросы, возникающие в данной области, будут способствовать росту конкурентоспособности научно-технической продукции организаций НАН Беларуси, что позволит увеличить экспорт товаров и услуг.

Пользователями программно-технических средств, информационных ресурсов, информационных систем, информационных сетей являются: НАН Беларуси и ее подведомственные организации, юридические и частные лица – резиденты и нерезиденты Республики Беларусь, потенциальные инвесторы. Среди компетенций пользователей – опыт участия в офлайн- и онлайн-семинарах, вебинарах, конференциях и консультациях, а также в сфере ТТ, управления, коммерциализации, охраны и защиты прав ИС.

Сравнительная таблица функциональных возможностей автоматизированных систем онлайн-обучения и консультирования по вопросам ТТ, управления и коммерциализации ИС

Функциональная возможность	АСОК	IP Help-desk	AUTM	ASTP	TTC
Формирование планов мероприятий, рассылка и подписка на них	+	+	+	+	+
Автоматизированное (автоматическое) размещение информации о проводимых мероприятиях в социальных сетях	+	+	+	+	+
Онлайн-регистрация участников мероприятий и автоматическое напоминание им о предстоящем мероприятии	+	+	+	+	+
Публикация и обеспечение доступа к архиву видео-видеозаписей проводимых мероприятий по ТТ	+	+	+	+	+
Онлайн-демонстрация презентаций, вопросов и ответов	+	+	+	+	+
Обеспечение взаимодействия с консультантами по возникающим вопросам ТТ, управления и коммерциализации ИС	+	-	-	-	-
Обеспечение работы публичного сайта системы	+	+	+	+	+
Ведение базы данных методических материалов, презентаций, видео- и аудиозаписей мероприятий	+	+	+	+	+
Ведение базы данных вопросов и ответов в сфере ТТ, управления и коммерциализации ИС	+	-	-	-	-
Онлайн-опросы эффективности проводимых мероприятий	+	+	+	+	+
Взаимосвязь с партнерскими системами ТТ	+	-	-	-	-
Количество базовых языков интерфейса	2	1	1	1	1
Наличие встроенного онлайн-переводчика с базовых языков	+	-	-	-	-
Администрирование и управление	+	+	+	+	+

АСОК разрабатывается в Объединенном институте проблем информатики НАН Беларуси и ЦСАСИ (организация-пользователь). Информация о системе доступна после авторизации по адресу <https://www.ictt.by>.

Республиканский центр
трансфера технологий

Выбрать язык

О РЦТТ Поиск партнеров **Обучение** Полезные ресурсы Библиотека Контакты Войти

Вебинары Курсы Консультирование

Введите текст поиска...

Скоро Сейчас **По запросу** Архив

Найдено: 4

#	Дата окончания	Название
9626	2024-03-29	Коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности в Республике Беларусь, созданных за счет государственных средств ASLC webinar event RCTT
9036	2024-03-24	Опрос по тематике вебинаров, представляющих интерес для слушателей
9260	2024-02-23	Виртуальная выставка НАН Беларуси как инструмент продвижения продукции, разработок и услуг 2024 02 ASLC webinar RCTT
8701	2024-01-26	Услуги, информационные ресурсы и интернет-инструменты, предоставляемые Республиканским центром трансфера технологий организациям и специалистам НАН Беларуси 2024 01 webinar RCTT

Информация о проведении вебинаров в январе-марте 2024 года

Библиографические ссылки

1. Активизация научной, производственной и инновационной деятельности организаций средствами трансфера технологий / Р. Б. Григянец [и др.] // Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНТИ-2022) : доклады XXI Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 17 нояб. 2022 г. Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2022. С. 193-197.

2. Концепция и возможности автоматизированной системы информационного обеспечения инновационной деятельности и трансфера технологий НАН Беларуси / А. А. Успенский [и др.] // Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНТИ-2019) : доклады XVIII Междунар. конф., Минск, 21 нояб. 2019 г. Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2019. С. 221-225.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПУБЛИКАЦИИ В ФОРМАТЕ PDF С УСЛОВИЯМИ РАВНОЙ ДОСТУПНОСТИ

Б. М. Дубров

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, doubrov@bsu.by*

Публикация научных статей и учебных материалов в формате, позволяющем специальным возможностям операционных систем (Assistive Technologies) озвучивать содержание статей, включая математические формулы, для людей с ограниченным зрением остается одной из проблемных областей. В данной работе мы рассматриваем различные международные стандарты цифровых форматов, нацеленные на решение этой проблемы, а также новую версию пакета LaTeX, которая включает поддержку генерации PDF файлов с корректной семантической разметкой и математическими формулами в формате MathML.

Ключевые слова: специальные возможности; математические публикации; LaTeX; международные стандарты PDF/UA; WCAG.

Международные стандарты в области равной доступности электронных документов

Условия равной доступности электронных материалов, включая как веб сайты, так и электронные документы в формате PDF, являются одним из ключевых требований к электронным материалам. Этот вопрос регулируется на уровне законодательств большинства государств, включая Республику Беларусь [1, 2]. Мы рассматриваем технологические аспекты этого вопроса.

Для веб-сайтов ключевыми технологиями, обеспечивающими условия равной доступности, являются стандарт ARIA [3], позволяющий описывать семантику элементов на странице, а также стандарт WCAG 2.2, формализующий технические требования к разметке веб страниц [4].

Для электронных публикаций в формате PDF стандарт WCAG 2.2 не дает полного покрытия технических требований, гарантирующих, что специальные возможности (Assistive Technologies – AT), встроенные сегодня во все без исключения операционные системы, включая мобильные платформы, сможет обеспечить доступ к содержанию документа для людей с ограниченными возможностями. В связи с этим разработан международный стандарт PDF/UA [5, 6] (PDF/UA-1 для PDF документов версий 1.7 и ранее и PDF/UA-2 для PDF документов начиная с версии 2.0). Этот стандарт регламентирует, что все математические формулы в PDF документах должны быть представлены в формате MathML [7].

На данный момент стандарт PDF/UA-1 поддерживается в качестве формата экспорта как Libre Office, так и Microsoft Office. Однако ни один из этих продуктов не включает в себя поддержку математических формул. Таким образом, на сегодняшний день все математические публикации, сгенерированные с использованием этих программных продуктов, не позволяют AT озвучить математические формулы, которые, по сути, представляют собой растровые изображения или наборы символов без какой-либо дополнительной семантической разметки.

Поддержка семантической разметки PDF документов в LaTeX3

Одним из наиболее востребованных продуктов для генерации научных публикаций является LaTeX. Так, коллекция научных препринтов на портале arXiv.org включает в себя более двух миллионов публикаций в формате LaTeX, которые в автоматическом формате компили-

руются в PDF формат. Однако и эта технология до настоящего времени не предлагала возможностей генерации документов, удовлетворяющих стандарту PDF/UA, что также исключало возможность доступа к этим документам для людей с ограниченными возможностями.

Начиная с 2020 года ведется разработка новой версии LaTeX, получившая кодовое название LaTeX3 [8], которая включает в себя поддержку PDF/UA в качестве результата компиляции. Перечислим ряд возможностей этой новой версии:

- конфигурирование формата вывода: PDF 1.7, PDF 2.0, PDF/A, PDF/UA;
- задание метаданных документа, которые являются обязательными для поддержки ISO стандартов PDF/A и PDF/UA;
- задание альтернативных текстовых описаний растровой графики, что является одним из ключевых требований стандартов WCAG и PDF/UA;
- отображение семантики LaTeX документов в семантику PDF документов, описываемую стандартом PDF 2.0;
- методы конвертации формул LaTeX в MathML.

В данный момент новая версия LaTeX находится в тестовой фазе и доступна в большинстве дистрибутивов LaTeX. Финальный релиз ожидается в 2025 году. Ожидается, что новая версия будет интегрирована как в процессы архива препринтов arXiv.org, так и в большинство основанных на LaTeX редакторских систем международных журналов.

Библиографические ссылки

1. О мерах по совершенствованию использования национального сегмента сети Интернет [Электронный ресурс] / Указ Президента Респ. Беларусь, 1 февраля 2010 г., № 60 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. Минск, 2020.
2. Государственная программа «Социальная защита» на 2021-2025 годы [Электронный ресурс] / утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь, 21 дек. 2020 г., №748 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. Минск, 2021.
3. ARIA in HTML [Electronic resource] / W3C recommendation. 16 February, 2024. URL: <https://www.w3.org/TR/2024/REC-html-aria-20240216/> (date of access: 05.04.2024).
4. Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2 [Electronic resource] / W3C recommendation. 05 October, 2024. URL: <https://www.w3.org/TR/2023/REC-WCAG22-20231005/> (date of access: 05.04.2024).
5. Document management applications Electronic document file format enhancement for accessibility Part 1: Use of ISO 32000-1 (PDF/UA-1) / ISO 14289-1:2014. 2014-12. 17p.
6. Document management applications Electronic document file format enhancement for accessibility Part 2: Use of ISO 32000-2 (PDF/UA-2) / ISO 14289-2:2024. 2024-03. 42p.
7. ARIA in HTML [Electronic resource] / W3C recommendation. 16 February, 2024. URL: <https://www.w3.org/TR/2024/REC-html-aria-20240216/> (date of access: 05.04.2024).
8. Mittelbach F., Fischer U. Enhancing LaTeX to automatically produce tagged and accessible PDF / TUGboat. 2024. V.45:1. P.139-147.

КОММУНИКАЦИЯ БЕЛОРУССКИХ БРЕНДОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

А. В. Колик

*Белорусский государственный университет,
ул. Кальварийская, 9, 220004, г. Минск, Беларусь, a.kolik@bsu.by*

Исследовано значение коммуникации брендов в интернете в условиях цифровой экономики. Определены преимущества коммуникации в интернете. Выделена роль социальных сетей в коммуникации брендов и возможности, которые предоставляют социальные сети. Приведены результаты исследования коммуникации белорусских брендов в социальных сетях. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности коммуникации брендов в условиях цифровой экономики.

Ключевые слова: цифровая экономика; коммуникация; средства коммуникации; бренд; социальные сети.

Неотъемлемой частью управления организацией в условиях цифровой экономики является коммуникация в интернет-пространстве. Под цифровой экономикой мы понимаем деятельность, которая осуществляется при помощи электронных средств с целью получения экономических результатов. На сегодняшний день цифровая экономика динамично развивается в мире и вносит существенный вклад в устойчивое развитие государств.

Коммуникация в интернете является важной составляющей современной цифровой экономики, поскольку появление интернета создало принципиально новые коммуникационные возможности для субъектов бизнеса. И. В. Фролова и М. А. Елинсон отмечают, что: «Интернет-коммуникация привела к становлению принципиально новой формы социального взаимодействия – интернет-сообществу. Интернет-сообщества могут возникать на базе различных сетевых ресурсов: форумов, социальных сетей, онлайн-игр, чатов, блоговых платформ, видеоконференций и т.д.» [1, с. 1083].

А. А. Иванов, считает, что коммуникация в интернете обладает рядом преимуществ: (1) возможностью проводить специализированные акции с учетом диалоговых возможностей компьютера; (2) оперативностью; (3) полнотой предоставляемой информации (объем рекламной информации по существу неограничен, причем пользователь может самостоятельно регулировать объем потребляемой информации); (4) возможностью измерений эффективности рекламной кампании в цифрах; (5) дешевизной по сравнению с традиционной рекламой, низким порогом входа; (6) таргетингом, т. е. возможностью индивидуализации рекламы в зависимости от предпочтений пользователя [2, с. 58–59].

По данным белорусской Ассоциации рекламных организаций в 2023 году доля расходов на рекламу в интернете в общем объеме рекламы составила 54,1%, что позволяет сделать вывод о лидирующей позиции интернет-рекламы в Республике Беларусь [3].

Ключевыми средствами коммуникации брендов в интернете для белорусских организаций являются: корпоративный сайт организации; онлайн-корпоративные издания; отраслевые порталы; блоги; социальные сети. Особую популярность в настоящее время среди населения страны приобрели социальные сети, поэтому отечественные предприятия осуществляют коммуникацию с потребителями посредством наиболее популярных сетей. По нашему мнению, коммуникация брендов в социальных сетях предоставляет следующие возможности:

- широкий географический охват;
- исследование целевой аудитории;

- таргетирование целевой аудитории;
- формирование сообществ;
- получение обратной связи от потребителей и клиентов (в том числе в формате диалога).

Мы провели анализ социальных сетей (и видеохостинга Youtube), которые используют предприятия пищевой отрасли и ведущие промышленные предприятия Беларуси для коммуникации со своей целевой аудиторией. Результаты приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

**Социальные сети, используемые для продвижения брендов
предприятиями пищевой отрасли Республики Беларусь**

№	Название бренда	Используемые социальные сети
1	«Савушкин»	Instagram, Facebook, Youtube, «ВКонтакте», «Одноклассники»
2	«Бабушкина крынка»	Telegram, Instagram, Facebook, Youtube, TikTok, «ВКонтакте», «Одноклассники»
3	«Молочный Мир»	Instagram, Youtube
4	«Коммунарка»	Telegram, Instagram, Facebook, Youtube, «ВКонтакте»
5	«Спартак»	Telegram, TikTok, Instagram, Facebook, Youtube, «ВКонтакте», «Одноклассники»
6	«Красный пищевик»	Instagram, Youtube
7	«Гродненский мясокомбинат»	Instagram, Facebook, Youtube, «ВКонтакте», «Одноклассники»

Для коммуникации всех данных брендов используется сеть Instagram, поэтому далее мы провели компаративный анализ количества подписчиков. Для бренда «Савушкин» количество составляет 41, 3 тыс., для «Бабушкина крынка» – 26,7 тыс., для «Молочный Мир» – 16, 5 тыс., для «Коммунарка» – 49, 9 тыс., для «Спартак» – 44 тыс., для «Красный пищевик» – 55, 6 тыс., для «Гродненский мясокомбинат» – 23, 7 тыс. Таким образом, в Instagram наиболее эффективно работают специалисты таких организаций, как ОАО «Красный пищевик», ОАО «Коммунарка», СП ОАО «Спартак».

В настоящее время наиболее популярной в Республике Беларусь социальной сетью является TikTok (4,27 млн пользователей) [4]. Особенно популярна эта социальная сеть у молодежи. Вместе с тем, только в коммуникации двух брендов из перечисленных присутствует TikTok («Бабушкина крынка» и «Спартак»).

Таблица 2

**Социальные сети, используемые для продвижения
брендов промышленными предприятиями Республики Беларусь**

№	Название бренда	Используемые социальные сети
1	«Минский тракторный завод»	Telegram, TikTok, Instagram, Facebook, Youtube, «ВКонтакте»
2	«Минский автомобильный завод»	Instagram, Facebook, Telegram, Youtube
3	ВКМ HOLDING («Белкоммунмаш»)	Instagram, Youtube, X, Facebook, LinkedIn
4	ATLANT	Telegram, TikTok, Instagram, «ВКонтакте», «Дзен», «Одноклассники», Facebook, Youtube
5	GEFEST	Facebook, X, Youtube, Instagram, «ВКонтакте», «Одноклассники»

№	Название бренда	Используемые социальные сети
6	«АМКОДОР»	Telegram, Instagram, Facebook, TikTok, LinkedIn
7	«Гомсельмаш»	Instagram, Facebook, Youtube, X, «ВКонтакте», «Одноклассники»

Наибольшее количество социальных сетей используется для коммуникации бренда ATLANT (8 сетей), что свидетельствует о нацеленности на охват максимального числа сегментов аудитории. Также для коммуникации всех данных брендов используется сеть Instagram. Для бренда «Минский тракторный завод» количество подписчиков составляет 25,6 тыс., для «Минский автомобильный завод» – 4,9 тыс., для ВКМ HOLDING – 1,8 тыс., для ATLANT – 57,5 тыс., для GEFEST – 10,3 тыс., для «АМКОДОР» – 3,1 тыс, для «Гомсельмаш» – 12, 4 тыс. Таким образом, в Instagram наиболее эффективно работают специалисты компании ATLANT, которые обеспечили наличие 57,5 тыс. подписчиков. Анализ корпоративных сайтов ряда промышленных предприятий показал, что на них вообще не указаны социальные сети, посредством которых осуществляется коммуникация с потребителями.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что белорусские предприятия успешно осваивают коммуникацию с потребителями в социальных сетях. Данная коммуникация является необходимым условием эффективного продвижения брендов в условиях цифровой экономики. Наиболее популярной в Беларуси является социальная сеть TikTok, а все выделенные нами для исследования бренды осуществляют коммуникацию в сети Instagram, которая также имеет высокую степень популярности у населения. Проведенное исследование показало, что ряд предприятий в настоящее время не уделяет достаточного внимания корпоративным аккаунтам в социальных сетях (не имеет их или не размещает сообщения регулярно). Важным аспектом работы специалистов в сфере коммуникации является выявление наиболее популярных социальных сетей и ведение в них корпоративных аккаунтов.

Библиографические ссылки

1. Фролова И. В., Елинсон М.А. Интернет-коммуникация как феномен глобализирующегося мира // Вестник Башкирского университета. 2015. Т. 20. №3. С. 1083-1086.
2. Иванов, А.А. Брендинг : учеб. пособие / Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2013. 74 с.
3. Ассоциация рекламных организаций [Электронный ресурс]. URL: https://aro.by/?page_id=354 (дата обращения: 15.03.2024).
4. Самой популярной социальной сетью в Беларуси стал TikTok [Электронный ресурс]. URL: <https://www.belarus.kp.ru/online/news/5147655/> (дата обращения: 15.03.2024).

CUSTOMER DEVELOPMENT В СОЗДАНИИ ЦЕННОСТИ ДЛЯ КЛИЕНТА

Л. Ф. Медведева¹⁾, Л. И. Архипова²⁾

¹⁾Академия управления при Президенте Республики Беларусь,
г. Минск, Беларусь, medvedevaL15@mail.ru

²⁾Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: larkhipova@gmail.com

В статье исследуется сущность методологии Customer Development (развитие клиента), как инструмента, который служит «мостом» между бизнесом и потребителем. Рассматривается позиция Customer Development в современном маркетинге и бизнесе, обосновывается возможность комплексного применения данной методологии, технологий Customer Journey Map (карты пути клиента) и Onboarding (адаптации продукта) в выдвижении гипотез относительно потенциального продукта, его предварительном и рыночном тестировании.

Ключевые слова: развитие клиента (CustDev); развитие бизнеса (BizDev); Customer Journey Map; онбординг продукта.

В цифровом бизнесе и маркетинге сегодня широко используются термины и категории, связанные с ростом и развитием бизнеса (Business Development / BizDev), а также развитием клиентов (Customer Development/CustDev). Цели и задачи Business Development намного шире, чем задачи маркетинга и продаж. BizDev фокусируется на увеличении дохода, масштабировании бизнеса, а также повышении результативности за счет выстраивания стратегического партнерства с клиентами. Природа цифровой трансформации бизнеса и новые возможности, которые поддерживаются набором цифровых технологий (MarTech), создают в бизнесе условия для раннего вовлечения потенциальных клиентов в оценку прогнозируемой востребованности новых продуктов на конкретном рынке. В этом контексте незаменимым инструментом становится методология Customer Development.

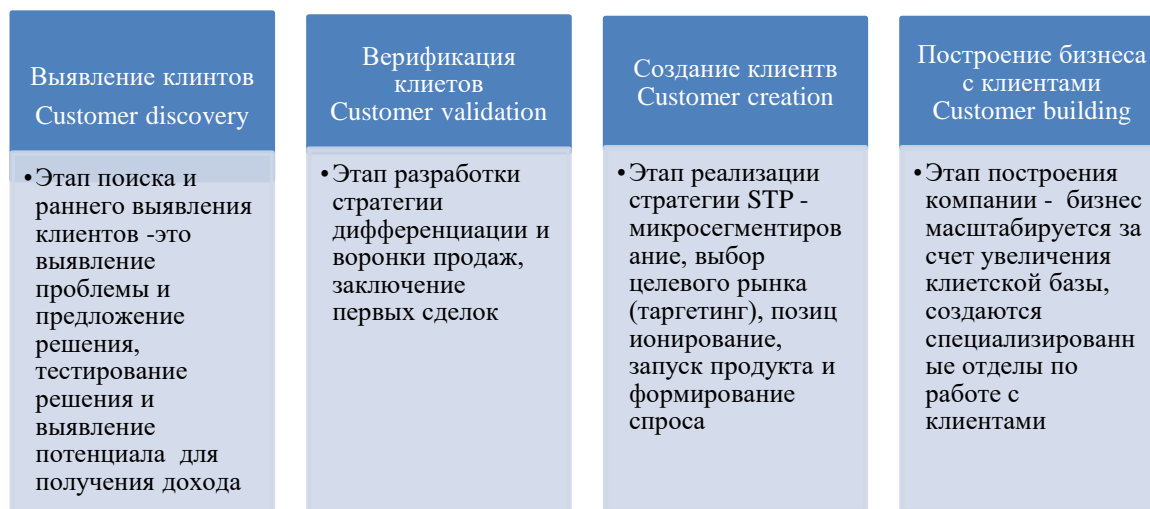
По определению *Customer Development* представляет собой тестирование идеи или прототипа будущего продукта на востребованность с помощью потенциальных потребителей. Стержневыми опорами данной методологии являются концепции Lean Startup (Эрика Риса) и Lean Canvas (Эша Маурьи), а также постулаты Стива Бланка и Боба Дорфа по созданию стартапа, сформулированные в виде манифеста [1]:

- Сочетайте развитие клиентов с гибкой разработкой (Agile).
- Рассматривайте неудачу как неотъемлемую часть поиска.
- Делайте непрерывные итерации и пересматривайте исходные позиции.
- Экспериментируйте – разрабатывайте тесты и проверяйте гипотезы.
- Принимайте решения быстро – минимизируйте время цикла, скорость и темп.

Процесс CustDev, как правило, представляют в виде четырех этапов, которые включают (см. следующий рисунок):

Первые два этапа являются поисковыми, а третий и четвертый представляют собой, практически, реализацию целей создания нового продукта, представляющего ценность для определенного рыночного сегмента. Основными методами исследования на первом этапе являются: опросы, глубинные интервью, тестирование прототипов (или MVP), A/B тестирование и др. Каждый из этих методов позволяет выявлять инсайты и собирать информацию по обратной связи (customer feedback), что и является ключевой целью и базой метода Customer Development. Таким образом, на этапе тестирования идеи CustDev метод особенно востребован для

выявления потребности и целевых сегментов. Процесс происходит в последовательности: поиск и определение проблемы, определение целевой аудитории, организация опроса о продукте потенциальных пользователей.



Процесс Customer Development

Развитие клиентов (BizDev) позволяет экономить финансовые ресурсы и время за счет того, что в разработку поступают только хорошо проработанные и протестированные идеи. Такой подход дает возможность проверить: соответствие проблемы/решению (Problem/Solution Fit); соответствие продукта/рынку (Product/Market Fit), а также оценить возможность перехода к масштабированию бизнеса. Таким образом, объединяя *потребителя, проблему, решение и продукт*, CustDev становится ключевым фактором успеха бизнеса при создании и выводе нового продукта на рынок [2,3].

Что касается непосредственно разработки продукта (решения) для потенциальных клиентов, здесь необходимо учитывать, что ценностное предложение – это инновация, сервис или функции, которые делают компанию или продукт привлекательными для пользователя. Обычно ценностное предложение имеет две составляющие: Points of Parity (POP) и Points of Difference (POD).

POP – это обязательные свойства и функции, которые приняты на рынке, и без чего продукт не будет востребован в принципе – они воспринимаются как «базовые» потребителем опытом.

POD – это функции, свойства и еще что-то неосязаемое, что отличает продукт в лучшую сторону в сравнении с конкурентами. Причем, необходимо помнить, что понятия «лучше/хуже» зависят от выбранной целевой аудитории [3].

Исходя из описанного процесса, как правило, при подготовке CustDev необходимо различать два вида интервью:

Проблемное интервью: выявление – существует ли вообще проблема и готовы ли люди уделить ей внимание. Цель такого интервью – понять, *как* думает клиент. В этом интервью задают базовые вопросы: Есть ли вообще проблема? Как потенциальный клиент оценивает проблему? Как он решает эту проблему сейчас? Ответы на эти вопросы должны дать возможность оценить насколько выбранный сегмент привлекателен для бизнеса.

Решенческое интервью: определение – готов ли клиент купить продукт с предложенными вами специфическими свойствами и функциями. Цель такого интервью – подтвердить, что продукт решает рыночную проблему. Обычно задают вопросы типа: Как клиент оценивает решение? Насколько решение ценно для него? Готов ли клиент за него платить? В связи с

этим, при проведении глубинных интервью (лучше индивидуально) следует также учитывать следующее [3]:

- Мотивы: что побуждает пользователя к действию.
- Эмоции потенциального клиента: до знакомства с вашим продуктом и после.
- Доступность: чем отличается решение от конкурентов.
- Ограничения: бюджет, время, технические вопросы или др.
- Взаимодействие: как будет использоваться продукт (JTBD).
- Как ваш продукт решит проблемы клиента.
- Каналы коммуникации: какие конкретно доступны каналы.

С целью получения больше инсайтов при проведении глубинного интервью по методологии Cust Dev, необходимо обратить внимание на следующие аспекты:

1. Глубина интервью: необходимо резервировать достаточно длительное время для того, чтобы выяснить потребности, проблемы и предпочтения потенциальных клиентов.

2. Открытость вопросов: необходимо задавать открытые вопросы, которые позволят участникам свободно выражать мысли и идеи.

3. Сегменты: необходимо сегментировать участников интервью по их потребностям, предпочтениям и поведению, чтобы получить более точные и полезные результаты.

4. Проявление эмпатии: необходимо проявлять понимание и эмпатию к участникам интервью, чтобы они чувствовали себя комфортно и откровенно делились информацией.

5. Анализ результатов: необходимо проводить детальный анализ результатов после проведения интервью, чтобы выделить основные тренды и потребности пользователей в отношении оплаты услуг и сервисов.

Усилить эффект практического использования методологии CustDev можно применением таких технологий как построение карты пути клиента (Customer Journey Map – CJM) и технологию онбординга. Создание CJM позволяет визуализировать весь процесс взаимодействия пользователя с продуктом или услугой от момента первого контакта до завершения сделки или использования продукта. Это помогает идентифицировать различные точки контакта (Touchpoints), которые влияют на пользовательский опыт, а также определить возможные проблемные моменты и, соответственно, улучшения, которые могут быть внедрены. Таким образом, методология CustDev и технология построения карты пути клиента (CJM) взаимосвязаны, поскольку первая помогает понять потребности пользователей, а вторая – визуализировать весь процесс взаимодействия с продуктом или услугой.

В свою очередь онбординг (Onboarding) – автоматизированное знакомство пользователя с продуктом, позволяет показать пользователю ценность продукта на стадии прототипа или MVP, что способствует достижению желаемых результатов бизнеса [4]. Технология *onboarding* обеспечивает эффективное знакомство пользователя с продуктом, позволяет учесть особенности и потребности пользователей, создает условия для увеличения удовлетворенности и удержания клиентов. Сегодня на рынке интернет-услуг клиентам чаще всего предлагается единичная услуга (по запросу), которая не всегда полностью удовлетворяет потребность покупателя – не решает его задачи (проблемы) комплексно. Не являясь экспертом, клиент выбирает единичные услуги от различных digital-агентств, самостоятельно формируя пакеты, которые удовлетворяют его по цене и срокам исполнения. Предлагаемый комплексный подход решения (пакеты услуг) должен фокусировать бизнес или поставщика услуг на совместный с клиентом поиск решений проблемы.

Таким образом, использование рассмотренных технологий и методологии развития клиента, как инструмента, который служит «мостом» между бизнесом и потребителем позволяет менеджменту организаций существенно сократить сроки разработок продукта, сформировать эффективную цифровую среду для бизнес-процессов и обеспечить лидерство на рынке.

Библиографические ссылки

1. Customer Development Process 101. The Product Manager Guide [Электронный ресурс]. URL: <https://userpilot.com/blog/customer-development-process/> (дата обращения: 25.03.2024).
2. От идеи продукта до создания ценностного предложения. Как продвигать IT-продукт [Электронный ресурс]. URL: <https://iampm.club/blog/ot-idei-produkta-do-sozdaniya-czennostnogo-predlozheniya-kak-prodvigat-it-produkt/> (дата обращения: 25.03.2024).
3. Customer Development: 50 вопросов для интервью [Электронный ресурс]. URL: <https://vc.ru/growth/33082-customer-development-50-voprosov-dlya-intervyu/> (дата обращения: 25.03.2024).
4. Онбординг: как вовлечь, удержать и покорить пользователей [Электронный ресурс]. URL: <https://www.carrotquest.io/blog/onboarding-chto-eto/> (дата обращения: 25.03.2024).

КОНТЕКСТНАЯ РЕКЛАМА КАК СПОСОБ ПРОДВИЖЕНИЯ ТОВАРОВ И УСЛУГ НА ЗАРУБЕЖНЫЕ РЫНКИ

А. О. Миско, А. С. Яковицкая, З. Б. Шавалда, У. В. Драгун

*Белорусский государственный экономический университет,
пр. Партизанский, 26, 220070, г. Минск, Беларусь
Научный руководитель: А. С. Сверлов, кандидат экономических наук, доцент*

В статье рассматривается использование контекстной рекламы как эффективного инструмента для продвижения товаров и услуг на зарубежных рынках. Анализируется специфика контекстной рекламы на международных рынках, даются рекомендации по выбору платформ контекстной рекламы для разных стран, определяются оптимальные стратегии и тактики контекстной рекламы для международного продвижения, а также оценивается ее эффективность.

Ключевые слова: контекстная реклама; международный маркетинг; продвижение товаров; продвижение услуг; зарубежные рынки; таргетинг; конверсия; ROI.

В условиях глобализации экономики все большее число компаний стремится к выходу на зарубежные рынки. Это открывает новые возможности для развития бизнеса, но одновременно с этим увеличивает конкуренцию. В этой связи возрастает роль эффективных инструментов продвижения, одним из которых является контекстная реклама.

Контекстная реклама – это вид интернет-рекламы, который отображается пользователям в соответствии с их запросами или интересами в интернете. Она может быть представлена в виде текстовых, графических или видеообъявлений и показываться в поисковых системах, мобильных приложениях, на сайтах и других онлайн-ресурсах.

Однако, при использовании контекстной рекламы для выхода на зарубежные рынки важно учитывать все плюсы и минусы.

Преимущества и недостатки контекстной рекламы отражены в следующей таблице:

Преимущества и недостатки контекстной рекламы на зарубежных рынках

Преимущества	Недостатки
<ol style="list-style-type: none">1. Геотаргетинг: показ объявлений только в выбранных странах, регионах или городах.2. Масштаб: доступ к большому количеству потенциальных клиентов по всему миру, возможность выхода на новые рынки и расширения клиентской базы.3. Возможность тестирования: можно быстро проверить различные варианты рекламы на разных рынках и определить наиболее успешные стратегии.4. Аналитика: возможность получать детальные отчеты о результативности рекламы и анализировать их для улучшения кампаний, а также возможность отслеживать эффективность каждого ключевого слова и объявления.	<ol style="list-style-type: none">1. Языковые барьеры: необходимость создания рекламы на различных языках для разных стран, риск непонимания или неприятия рекламных сообщений.2. Культурные различия: необходимо учитывать особенности культуры и обычаев каждой страны для успешной рекламы.3. Конкуренция: большее количество конкурентов на крупных рынках, что может привести к росту стоимости клика, следовательно, необходимо создавать более привлекательные и эффективные объявления.4. Стоимость: расходы могут быть выше из-за конкуренции.5. Правовые ограничения: необходимость соблюдения законодательства страны, в которой проводится рекламная кампания, риск штрафов и санкций за нарушение правил.

Изучив преимущества и недостатки использования контекстной рекламы для продвижения товаров и услуг на зарубежном рынке, стоит также рассмотреть способы оптимизации контекстной рекламы на зарубежных рынках:

1. Использование таргетинга по геолокации, языку, интересам и устройствам. Пример: показ объявлений о зимних товарах только в холодных регионах.

2. Использование оптимизации ставок и отслеживания конверсий. Пример: установка дневного бюджета для рекламной кампании.

3. Использование релевантных ключевых слов и форматов объявлений. Пример: использование видеообъявлений для продвижения туристических услуг.

4. При наличии высокой конкуренции необходимо создание более привлекательных и эффективных объявлений, использование таргетинга. Пример: использование персонализированных объявлений.

5. Когда присутствуют языковые барьеры необходим профессиональный перевод рекламных материалов, использование сленговых выражений, которые понятны целевой аудитории, а также использование понятных изображений и видео. Пример: использование картинок с описанием продукта на языке целевой аудитории.

6. Адаптация рекламных сообщений к культурным особенностям целевой аудитории может решить проблемы культурных различий. Пример: использование юмора, понятного только в определенной стране.

7. При наличии проблем, связанных с правовыми аспектами, необходимо изучение законодательства конкретной страны. Пример: с 2022 года в Германии запрещена реклама табака, с 2023 года – систем нагревания табака и с 2024 года – электронных сигарет [1].

Таким образом, способы оптимизации контекстной рекламы на зарубежных рынках направлены на максимальное использование преимуществ и минимизацию недостатков данного типа рекламы, чтобы достичь максимальной эффективности и успеха кампаний.

Для наглядного примера успешного использования контекстной рекламы в продвижении товаров и услуг на зарубежные рынки рассмотрим кейс от компании АХІ.

Заказчик: Компания занимается производством и оптовой продажей муки, круп, отрубей и кормосмесей. Зарекомендовала себя по всей России, как надежный поставщик продукции и стабильный производитель.

Цель: Вдвое увеличить оптовые продажи по России, вывести бренд на мировой рынок, регулярно получать оптовые продажи на весь мир.

Выбранные платформы: Google Ads, Яндекс.Директ.

Тип рекламной кампании: поисковая выдача

Ход проведенных работ:

1. Сбор семантического ядра.

С помощью Google Keyword Planner компания определила ключевые слова, по которым продвигались конкуренты и были проработаны брендовые группы запросов для получения наибольшей конверсии и увеличения показателей вовлеченности. В результате чего было получено готовое семантическое ядро на трех языках: русский, английский и турецкий.

2. Анализ конкурентов.

Благодаря проведенному анализу, был составлен план продвижения и сформулировано уникальное торговое предложение (УТП), через сравнение бизнеса клиента и конкурентов.

3. Работа с бюджетом.

Для оптимизации расходов и удобного управления настройками были разделены рекламные кампании по регионам показа, а также типам площадок. Бюджет был распределен между рекламными кампаниями в равной степени.

4. Подбор минус-слов.

В список минус-слов были отобраны все виды муки, которые клиент не продаёт. Без данной работы по ключевому слову «мука», клиент получал бы много нецелевого трафика.

5. Создание рекламных объявлений.

Были составлены объявления, подчеркивающие особенности клиента и его уникальное торговое предложение.

6. Установка систем аналитики.

Помимо вышеперечисленного, при настройке были изучены местные законы и поправки к законам о рекламе; выявлены особенности рынка, частью которого хочет стать клиент с помощью нашей рекламы, и адаптация под них; привлечены филологи, носителей турецкого и английского языков, которые помогли с переводом и формулировками текстов.

В результате работы рекламных кампаний за 2015-2022 год были достигнуты следующие результаты:

- процент пользователей, которые впервые зашли на сайт за отчетный период увеличился с 71,5% до 91,2% за анализируемый период;
- рост целевых действий с 1 507 штук до 2 442 штук с 2015 года по 2021 год;
- расширение географии продаж по всему миру [2].

Данный кейс демонстрирует эффективность контекстной рекламы как инструмента продвижения товаров и услуг на зарубежных рынках.

Таким образом, контекстная реклама представляет собой мощный инструмент для продвижения товаров и услуг за рубежом благодаря своей точности нацеливания и гибкости настройки кампаний под конкретные регионы и аудитории. Помимо этого, благодаря возможности работы с различными бюджетами и прозрачности в измерении результатов, контекстная реклама доступна как крупным компаниям, так и небольшим предпринимателям, желающим расширить свое присутствие за рубежом. Для компаний, стремящихся к глобальному успеху, контекстная реклама представляет собой ключевой инструмент для привлечения международной аудитории и укрепления позиций на зарубежных рынках.

Исследования выполнены в рамках исследований в СНИЛ «Поиск» БГЭУ.

Библиографические ссылки

1. В Германии ограничивают рекламу табака [Электронный ресурс]. URL: www.dw.com/ru/v-germanii-ogranichivajut-reklamu-tabaka/a-54034347 (дата обращения: 10.03.2024).
2. Запуск контекстной рекламы на зарубежную аудиторию [Электронный ресурс]. URL: <https://ratingruneta.ru/cases/case-11834/> (дата обращения: 11.03.2024).

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРИ ТОРГОВЛЕ НА КРИПТОВАЛЮТНОЙ БИРЖЕ

А. А. Раловец¹⁾, А. И. Парамонов²⁾

¹⁾ УО Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. Петруся Бровки, 6, 220013, г. Минск, Беларусь, by.ralovets@gmail.com

²⁾ УО Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. Петруся Бровки, 6, 220013, г. Минск, Беларусь, a.paramonov@bsuir.by

В работе делается обзор проблемы анализа факторов успешной торговли на рынке криптовалют. Предлагается инструмент для работы трейдера на криптовалютных биржах, который облегчит процесс принятия торговых решений и позволит улучшить финансовые результаты в динамике. Описано архитектурное решение веб-приложения и его основные функциональные возможности, в том числе ускорение взаимодействия приложения с внешними сервисами.

Ключевые слова: веб-приложение; монолитная клиент-серверная архитектура; трейдинг; факторы прибыльности; управление рисками.

Введение

Рост популярности криптовалют в последние годы привлекает всё больше внимания к биржевой торговле (трейдингу). Люди стали активнее изучать детали открытия сделок и графики цен на активы. Это обусловлено с одной стороны упрощением процедуры входа на криптовалютный рынок, а с другой стороны минимальными требованиями к депозиту, которые порой вообще отсутствуют. Кроме того, прибыль, полученная с торговли криптовалютами, не облагается налогами до 1 января 2025 года в соответствии с указом президента Республики Беларусь [1].

В теории с использованием инструментов технического анализа рынка трейдер может предугадать направление цены актива, однако на практике существует множество факторов, которые будут приводить подобные сделки к убыткам. Высокая волатильность как особенность криптовалютного рынка, отсутствие фиксированных значений убытка и прибыли на сделку, превышение фиксированного уровня риска относительно величины депозита, а также психологическая составляющая трейдера – все эти факторы могут стать причиной негативных последствий. Счёт трейдера может постепенно уменьшаться от сделки к сделке или вовсе быть обнулён в результате ликвидации убыточной позиции. Актуальной задачей в данной сфере становится разработка инструментария в виде программного средства для управления рисками при торговле на криптовалютной бирже.

Выделение ключевых факторов прибыльности трейдера

Для успешной торговли на криптовалютном рынке не обязательно иметь безупречную статистику сделок. Сделки, закрытые в убыток, должны быть привычными для трейдера. Ключевым фактором прибыльности трейдера является наличие торговой системы, в которой будут заданы оптимальные параметры торговли, такие как допустимый убыток на сделку и минимальное соотношение риска и прибыли в сделке. При соблюдении описанных ограничений трейдер может оставаться прибыльным на дистанции даже в случае серии убыточных сделок.

Риск на сделку определяет, какую часть депозита трейдер готов потерять в случае, если сделка закроется по стоп-приказу. Соотношение риска и прибыли позволяет определить, во сколько раз ожидаемая прибыль должна быть больше, чем допустимый убыток. Процент прибыльных сделок показывает процентное отношение числа прибыльных сделок к общему числу

сделок. В следующей таблице рассчитаны процентные изменения депозита в результате открытия десяти сделок (каждая сделка допускает фиксированный убыток величиной 2% от размера счёта). Строки таблицы описывают различные соотношения риска и прибыли, а столбцы описывают процентное количество прибыльных сделок.

Прибыльность при различных сочетаниях ограничений торговой системы

		Процент прибыльных сделок				
		20%	30%	40%	50%	60%
Соотношение риска и прибыли	1:1	-11%	-8%	-4%	0%	+4%
	1:2	-8%	-2%	+4%	+10%	+17%
	1:3	-5%	+3%	+12%	+21%	+31%
	1:4	-1%	+9%	+21%	+33%	+46%
	1:5	+3%	+16%	+30%	+46%	+63%

По статистике большинство трейдеров являются убыточными [2]. Часть трейдеров не имеют торговой системы. Часть трейдеров имеют торговую систему, но не следуют её ограничениям. Это происходит как из-за психологической составляющей (боязнь упущенной выгоды, азарт), так и из-за невозможности уделить время планированию торговли и расчёту величины позиции, соотношений риска и прибыли. Интерфейс биржи никак не способствует аккуратной торговле трейдеров: малоопытные пользователи не могут сориентироваться в разном функционале биржевого терминала и не имеют возможности рассчитать и соблюсти перечисленные ограничения торговой системы.

Веб-приложение в помощь трейдеру

Для решения обозначенных ранее проблем предлагается инструментарий в форме веб-приложения, которое обладает следующими функциональными возможностями:

1 наличие доступа у пользователя к личному кабинету с возможностью добавить в приложение API-ключи одной из популярных бирж [3];

2 возможность индивидуально сконфигурировать торговую систему: указать фиксированный процент убытка на сделку относительно депозита, минимально допустимое соотношение риска и прибыли;

3 предоставление информации о текущем размере депозита, допустимом убытке на сделку, минимальном рекомендуемом соотношении риска и прибыли;

4 простой механизм открытия сделки – ввод трех параметров: цена открытия сделки, цена закрытия сделки с прибылью, цена закрытия сделки с убытком. Величина депозита будет рассчитана автоматически на основе введенных значений и ограничений, определенных в конфигурации торговой системы;

5 дополнительный контроль за вводимыми данными. Например, при вводе цен открытия и закрытия сделки если соотношения между ценами не удовлетворяют ограничениям торговой системы, то действие «Открыть сделку» становится недоступным и выводится подсказка, что указанные параметры не соответствуют ограничениям, указанным в конфигурации пользователя. Таким образом, приложение ограничит трейдера от неверных шагов (необоснованно большая сумма на сделку, неоптимальное соотношение риска и прибыли) и сообщит о рекомендуемых параметрах.

При разработке серверной части веб-приложения применено архитектурное решение «монолит» [4] с чётким разграничением модулей по сферам их ответственности. В контексте пред-

метной области, где важны скорость и эффективность обработки сделок, монолитная архитектура позволяет избегать потенциальных проблем, связанных с отказоустойчивостью и скоростью работы программного средства. Разбиение на модули уменьшает прямую зависимость компонент приложения друг от друга, поскольку взаимодействие выполняется только через интерфейсы (контракты). Такое архитектурное решение в дальнейшем позволит масштабировать приложение или при необходимости перестроить архитектуру приложения, например, на микросервисную [5].

Следует отметить, что веб-приложение обеспечивает дополнительную важную функцию – проверку сделки на соответствие ограничениям торговой системы. Общая схема такой проверки представлена на рис. 1. Важным аспектом в работе подобных инструментов, несомненно, является актуальность используемой информации, т. е. скорость получения и обработки. Для сокращения задержек при проверке условий в схему взаимодействия сервисов был добавлен «Кеш ограничений торговой системы», который работает по алгоритму кеширования LRU (кеширование последних использованных объектов) [6]. В случае, если сделка не удовлетворяет ограничениям торговой системы, веб-приложение возвращает HTTP-ответ со статусом «409 Conflict» и сообщением об ошибке.

Для обеспечения кроссплатформенной работы приложения использовался язык программирования Java и Spring Framework.

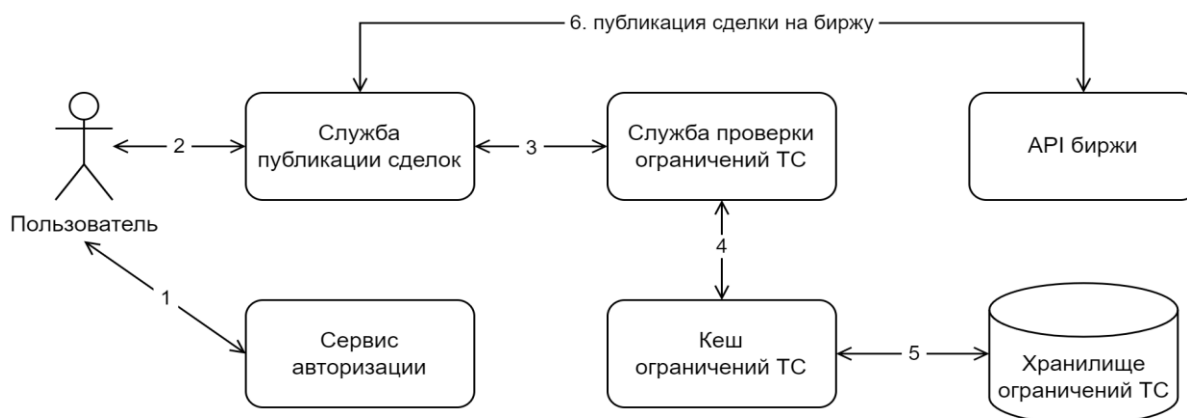


Рис. 1. Схема взаимодействия сервисов при публикации сделки

Для реализации пользовательского интерфейса был использован язык Javascript, библиотека построения одностраничных веб-приложений ReactJS и библиотека готовых стилей Bootstrap 5. Внешний вид полученной формы представлен на рис. 2.

BTCUSDT

Цена открытия

USDТ

✓

Сделка будет открыта, когда рыночная цена достигнет 65432 USDТ.

Стоп-лосс

USDТ

✓

Сделка будет закрыта в убыток -2% от депозита, когда рыночная цена достигнет 65432 USDТ.
Размер стоп-лосса меньше чем 0.5% от цены (0.18%). Для открытия сделки будет использовано кредитное плечо 11X, что повлечёт за собой значительную торговую комиссию.

Тейк профит

USDТ

⊘

Соотношение убытка и прибыли (1 : 2) не удовлетворяют ограничениям торговой системы. Минимально допустимое значение: 1 : 4.

Открыть сделку

Рис. 2. Пользовательский интерфейс открытия сделки

В разработанном интерфейсе присутствуют три поля: цена открытия сделки, цена закрытия сделки с убытком и цена закрытия сделки с прибылью. При открытии страницы торгового терминала информация об ограничениях торговой системы была загружена на клиентскую часть веб-приложения. Затем, при изменении пользователем любого из полей, веб-страницей инициируется JavaScript-событие, которое влечёт за собой перепроверку соблюдения ограничений торговой системы.

В результате расчётов у каждого из полей формы выводится информация о статусе заполненного поля и результатах, которые получит пользователь. В случае, если заполненные данные не удовлетворяют ограничениям торговой системы, у поля с некорректными данными будет выведено сообщение, содержащее информацию об ошибке. Кнопка публикации сделки в таком случае не будет активна, у пользователя не будет возможности открыть небезопасную сделку.

Заключение

В результате тестовой эксплуатации было выявлено, что при определенной успешной конфигурации ограничений торговой системы у трейдера появляется больше шансов оставаться прибыльным на дистанции. Ограничения устанавливались путем подбора экспертами индивидуально по исходным данным конкретного трейдера. В данный момент продолжаются эксперименты и подготовка рекомендаций для самостоятельного конфигурирования торговой системы.

Применение предложенного веб-приложения позволяет улучшить финансовые результаты трейдеров на криптовалютных рынках. Приложение представляет собой важный инструмент для начинающего трейдера, дополнительно контролирует его действия и помогает принимать более обоснованные решения в динамичной и сложной среде криптовалютного рынка.

Библиографические ссылки

1. Об отдельных вопросах налогообложения [Электронный ресурс] / Президент Республики Беларусь. Минск, 2024. URL: <https://president.gov.by/ru/documents/ ukaz-no-80-ot-28-marta-2023-g> (дата обращения: 13.03.2024).
2. Першиков В. Неэффективное большинство: Роль индустрии в становлении розничных трейдеров [б. м.]. Издательские решения, 2016. 176 с.
3. What Is an API Key and How to Use It Securely? [Электронный ресурс] / Binance Academy. URL: <https://academy.binance.com/en/articles/what-is-an-api-key-and-how-to-use-it-securely> (дата обращения: 20.03.2024).
4. Ньюмен С. От монолита к микросервисам: эволюционные закономерности для преобразования вашего монолита: Пер. с англ. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2021. 272 с.
5. Зяблов Д. В., Кот А. А. Применение микросервисной архитектуры при разработке корпоративных веб-приложений [Электронный ресурс] / Студенческий: электрон. научн. журн. 2017. № 18(18). URL: <https://sibac.info/journal/student/18/87616> (дата обращения: 25.03.2024).
6. Бринкли М., Чхабра Д. Трудности и стратегии кэширования [Электронный ресурс] / AWS static. URL: https://d1.awsstatic.com/ru_RU/builderslibrary/pdfs/caching-challenges-and-strategies.pdf (дата обращения: 25.03.2024).

ИНФОРМАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ И ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЗАЦИЙ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ЗЕМЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

П. П. Юхнюк

*Академия управления при Президенте Республики Беларусь,
ул. К. Маркса, 22, 220050, г. Минск, Беларусь, paul.yukhniuk@gmail.com*

Применены информационные методы (сбора данных посредством веб-форм, веб-аналитика) сопровождения цифровизации и цифровой трансформации организаций, использующих земли сельскохозяйственного назначения. На основе имитационного моделирования в рамках планирования и выполнения проектов по внедрению цифровых технологий выделены этапы сбора и обработки больших данных о цифровой зрелости организаций растениеводства и оценки эффективности цифровизации производственных процессов организаций растениеводства. Разработаны соответствующие веб-формы с математическим аппаратом. Смоделированные данные проанализированы с использованием встроенных инструментов конструктора веб-форм.

Ключевые слова: сопровождение цифровизации; веб-формы; веб-аналитика; имитационное моделирование; экономический эксперимент; организации растениеводства.

Сельское хозяйство является одной из наименее цифровизированных отраслей [1]. Это касается как производственных, логистических, маркетинговых процессов сельскохозяйственных организаций, так и процессов принятия решений о государственной поддержке сельскохозяйственных организаций. Помимо проблемы выбора оптимального сочетания ресурсов сельского хозяйства, актуальными являются вопросы обеспечения качества жизни в сельской местности [2] и экологической безопасности земель сельскохозяйственного назначения [3].

В рамках проводимой автором исследовательской работы по структуризации процессов цифровизации и цифровой трансформации организаций, использующих земли сельскохозяйственного назначения (организаций растениеводства), составлена имитационная (системно-динамическая) модель планирования и выполнения проектов цифровизации и цифровой трансформации таких организаций [4]. В цикле проектирования работ по цифровизации и цифровой трансформации сельскохозяйственных организаций в целом первоначальным этапом предлагается определение цифровой зрелости организаций, а завершающим – оценка эффективности внедрения цифровых технологий [5].

Оценка цифровой зрелости предполагает выявление потребности и возможностей сельскохозяйственной организации в цифровом развитии. По отношению к потребности цифровизации и по отношению к возможностям цифровизации предложены 7 показателей и 4 субпоказателя. На основе метода Гурвица [6] рассчитан итоговый показатель цифровой зрелости с границами интервалов 0,134 и 0,366. Критерии определения цифровой зрелости формально носят черты квиза. В этих целях разработана веб-форма определения уровня цифровой зрелости сельскохозяйственной организации (см. рис. 1).

С учетом данных из открытых источников, в том числе раскрытия информации акционерными обществами смоделированы данные по показателям цифровой зрелости и 19-и вариантам ответа. Дана лингвистическая оценка цифровой зрелости. Так, по 7-и известным организациям от каждой области среднее арифметическое уровня цифровой зрелости составило 0,42, что соответствует высокой степени цифровой зрелости и описанию «организации готовы ко внедрению цифровых технологий в основные производственные процессы, связанные с использованием земель сельскохозяйственного назначения».

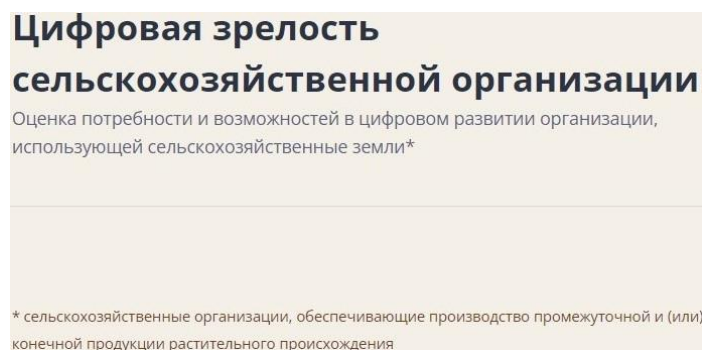


Рис. 1. Начальная страница веб-формы «Цифровая зрелость сельскохозяйственной организации» [7]

Оценка эффективности реализации проектов по внедрению цифровых технологий организаций растениеводства может проводиться как на этапе разработки бизнес-плана инвестиционного проекта по внедрению цифровых технологий в производственные и управленческие процессы сельскохозяйственных организаций (наряду с показателями, установленными Министерством экономики [8], показателями оценки эффективности использования средств инновационных фондов [9]), так и по факту завершения такого проекта.

На основе затратного и результативного подходов к определению эффекта от внедрения цифровых технологий сформирована система из 12-и показателей экономической, экологической и социальной эффективности. Оценка экономической эффективности включает технико-технологический и биологический эффекты от цифровизации. Оценка экологической эффективности предполагает определение предотвращенного экологического ущерба. Оценка социальной эффективности включает трудовой и фискальный эффекты от внедрения цифровых технологий. С учетом равных весов показателей, характеризующих экономическое, социальное и экологическое развитие [10] предложен коэффициент эффективности.

Визуализация и аналитика описанного подхода к оценке эффективности реализована посредством веб-формы (см. рис. 2).



Рис. 2. Начальная страница веб-формы «Эффективность цифровизации сельскохозяйственных организаций» [11]

Моделирование данных по эффективности внедрения цифровых технологий осуществлялось на примере базовых сельскохозяйственных организаций для внедрения информационно-аналитической системы «Цифровая платформа точного земледелия» (по одной в каждой области) с использованием данных отчетности 2022 года акционерных обществ. Так, по шести организациям среднее арифметическое интегрального показателя эффективности в первый год составило 0,99 (пороговое значение – 1,0). В двух организациях показатель эффективности превысил 1,0: Гродненской области – 1,22, Могилевской области – 1,12.

Таким образом, разработанные веб-формы:

сокращают документооборот и время на подбор и свертку разноразмерных показателей, характеризующих деятельность организаций растениеводства и воздействие социально-экономических и экологических факторов;

обеспечивают анализ показателей цифровой зрелости и эффективности цифровизации и цифровой трансформации организаций растениеводства;

позволяют региональными органами власти принимать решения относительно выбора сельскохозяйственной организаций для последующего финансирования и реализации мероприятий (проектов) в сфере цифрового развития.

Информационное сопровождение цифровизации и цифровой трансформации организаций растениеводства, в том числе посредством использования представленных наработок, предлагается реализовать заказчику комплексного «проекта будущего» «Точное земледелие», Министерству сельского хозяйства и продовольствия, в рамках информационно-аналитической системы «Цифровая платформа точного земледелия».

Библиографические ссылки

1. Использование цифровых технологий в Республике Беларусь в 2022 году [Электронный ресурс] / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. Минск, 2023. URL: <https://www.belstat.gov.by> (дата обращения: 16.03.2024).

2. Социальное положение и уровень жизни населения Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь. Минск, 2023. URL: <https://www.belstat.gov.by> (дата обращения: 16.03.2024).

3. Геопортал открытых данных [Электронный ресурс] / УП «Проектный институт Белгипрозем». Минск, 2024. URL: <https://gismap.by> (дата обращения: 16.03.2024).

4. Юхнюк П. П. О разработке модели планирования и выполнения проектов цифровизации (цифровой трансформации) организаций, использующих земли сельскохозяйственного назначения // Управление информационными ресурсами: материалы XX Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 29 марта 2024 г.; Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь. Минск :, 2024 (в печати)/

5. Юхнюк П. П. Методические аспекты оценки эффективности цифровизации производственных процессов организаций, использующих земли сельскохозяйственного назначения // Проблемы управления. Минск. 2024. № 1(91). С. 32-39

6. Hurwitz A. Ueber die Bedingungen, unter welchen eine Gleichung nur Wurzeln mit negativen reellen Theilen besitzt. *Mathematische Annalen: magazin.* Bd. 46, Nr. 2. 1895. S. 273-284. URL: <https://doi.org/10.1007/BF01446812>

7. Цифровая зрелость сельскохозяйственной организации [Электронный ресурс] / Конструктор веб-форм Jotform. URL: <https://form.jotform.com/222084057175050> (дата обращения: 17.03.2024).

8. Правила по разработке бизнес-планов инвестиционных проектов [Электронный ресурс] / Мин. экономики Респ. Беларусь. Минск, 2005. URL: <https://pravo.by> (дата обращения: 16.03.2024).

9. Методика по оценке эффективности использования средств инновационных фондов [Электронный ресурс] / Гос. комитет по науке и технолог. Респ. Беларусь. Минск, 2021. URL: <https://gknt.gov.by> (дата обращения: 16.03.2024).

10. The SDG Index and Dashboards [Электронный ресурс] / Sustainable Development Report 2020. URL: <https://doi.org/10.1017/9781108992411.005> (дата обращения: 17.03.2024)

11. Эффективность цифровизации сельскохозяйственных организаций [Электронный ресурс] / Конструктор веб-форм Jotform. URL: <https://form.jotform.com/222133487281353> (дата обращения: 17.03.2024).

СОЗДАНИЕ МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Х. Д. Язханова¹⁾, Ы. А. Абаев²⁾

¹⁾ Туркменский государственный институт экономики и управления,
ул. Атамюрк 73, 744036, г.Ашхабад, Туркмения, yazhanowahesel@gmail.com

²⁾ Туркменский государственный институт экономики и управления,
ул. Атамюрк 73, 7440, г.Ашхабад, Туркмения, farsh.family15@gmail.com

В статье рассмотрены концепции, применяемые при создании мобильного приложения для транспортно-логистической системы Туркменистана. Предложенный проект разработанная с использованием веб-технологий мобильная платформа предоставляет электронный сервис, позволяющий компаниям, предпринимателям и другим частным лицам привозить или доставлять грузы из любой страны мира. С помощью этого приложения, установленного на мобильные устройства, можно принимать заказы, выбирать виды транспортных средств, выбирать виды грузов, давать анализ в какую страну привезти, давать анализ веса груза, выбирать даты, выбор языка заказа через номер телефона клиента или пакет электронной почты.

Ключевые слова: мобильное приложение; мобильная платформа; веб-технологии; электронный сервис; транспортные средства; электронная почта.

Цель проекта: Разработать мобильное приложение (платформу) под названием «ГРУЗ» и установить его на все мобильные устройства. Для этого необходимо создать и внедрить онлайн-платформу в целях оптимального управления, облегчения и создания благоприятных условий перевозки грузов в транспортно-логистической системе в Туркменистане. Повышение эффективности бизнеса на основе внедрения цифровых технологий в транспортно-логистическую систему Туркменистана последовательно развивается на базе современных нормативно-правовых норм и государственных программ [1]. В «Национальной программе социально-экономического развития Туркменистана на 2022–2052 годы» предусмотрен ряд конкретных задач по цифровизации логистической системы [2].

Для этого разработанная с использованием веб-технологий мобильная платформа предоставляет электронный сервис, позволяющий компаниям, предпринимателям и другим частным лицам привозить или доставлять грузы из любой страны мира.

С помощью этого приложения, установленного на мобильные устройства, можно принимать заказы, выбирать виды транспортных средств, выбирать виды грузов, давать анализ в какую страну привезти, давать анализ веса груза, выбирать даты, выбор языка заказа через номер телефона клиента или пакет электронной почты.

Возможности и особенности проекта:

1. Регистрация аккаунта (регистрация) по номеру телефона, адресу электронной почты или сvc-код банковских карт;
2. Служба приема заказов;
3. Стандартный сервис приема заказов Mobot;
4. Обслуживание компьютеров по времени их поступления (в порядке очереди, срочные);
5. Услуга подбора транспортов;
6. Сервис выбора типов грузов;
7. Внутренняя и международная доставка;
8. Возможность не зависящая от веса и формы груза;
9. Услуга выбора даты заказа;

10. Возможность выбора языка при заказе;
11. Служба интернет-рекламы;
12. Варианты оплаты (банковские карты, электронные кошельки, электронные кошельки и другие сервисы).

Этот проект заключается в обеспечении максимально возможного качества обслуживания клиентов, соблюдении международных стандартов и рекомендаций, выполнении заказов по доступной для пользователей цене.

В сфере ИТ-услуг данная платформа позволит увеличить доходы за счет оптимизации международного торгового трафика. Признано целесообразным создание и внедрение онлайн-платформы под названием «ГРУЗЫ» ввиду того, что оптимальное управление, облегчение и создание благоприятных условий перевозки грузов в транспортно-логистической системе Туркменистана являются экономически выгодными и создают благоприятные условия для пользователей.

Эту платформу отличает возможность использования независимо от типов операционных систем (Android, iOS, MI-X), установленных на мобильных устройствах.

Для управления этим мобильным приложением необходимо предоставить 3 компьютера с высокоскоростным Интернетом и операционной системой MACBOOK, 2 программиста для iOS, Android и операционной системы MI-X (бекант, интерфейс и коммутатор), 3 дизайнера мобильного приложения, менеджер по работе с клиентами и требуется расчет кредиторской задолженности в мобильном приложении. Для управления мобильным приложением требуется офисное здание, отвечающее потребностям сотрудников, работающих над мобильным приложением. Продвижение мобильного приложения и мобильное приложение должны быть размещены в глобальной сети Интернет (на сервере). Услуги ОТР должны быть лицензированы. Ниже приводятся список расходов:

1. Офисное здание;
2. Высокоскоростной Интернет (20 Мбит/с);
3. Компьютеры MACBOOK с высокой операционной системой;
4. Доступ к серверу;
5. Для рекламных услуг;
6. Лицензия на систему обслуживания ОТР;
7. Заработная плата.

План производства можно составить, учитывая следующих компонентов:

1. Офис (аренда);
2. Менеджер;
3. Бухгалтер;
4. Интернет;
5. Компьютеры для профессионалов (5 MACBOOK-ов с высокоскоростными операционными системами);
 - 5.1. 1 компьютер для менеджера (SAMSUNG-i7);
 - 5.2. 1 компьютер для бухгалтера (SAMSUNG-i7);
6. Стоимость программного обеспечения;
7. Профессионалы (программисты – 3);
8. Специалист-дизайнер мобильного приложения (2 шт.);
9. Стоимость подключения к серверу;
10. Лицензионные сборы за услуги ОТР.

Чтобы получить доступ к этому мобильному приложению, пользователям сначала придется заплатить плату за доступ, после чего с их карты или мобильного устройства будет снята плата за звонки, совершенные с помощью этого мобильного приложения. Поскольку данное мобильное приложение не ограничено в области его использования, расчеты или входные платежи из него будут приниматься не только в денежных единицах туркменского маната, но и в

иностранной валюте, данное мобильное приложение позволяет осуществлять и карточные платежи. В список доходов могут входить:

1. Доходы от вступительных взносов;
2. Доходы от абонентской платы;
3. Доход от платы за услуги.

Ожидаемые результаты проекта, расходы и доходы приводятся ниже в табл. 3, 1, 2.

Таблица 1

Расходы

№	Наименования работ	Кол-во	Стоимость расходов (тыс. ман.)
Офисные расходы			
1	Офисное здание	1	15000
Персоналы			
2	Менеджер	1	3500
3	Бухгалтер	1	3500
4	Программисты	3	16000
5	Профессиональный дизайнер	2	10000
Техническое обеспечение			
6	Компьютер для менеджера	1	7000
7	Компьютер для бухгалтера	1	7000
8	Компьютер для программистов	5	100000
Расходы программного обеспечения			
9	Для подключения к серверу		20000
10	Для подключения к Интернету		1000
11	Для программистов		3000
12	Стоимость лицензирования услуг		6000
13	Прочие расходы		8000
	Итого		200000

Таблица 2

Доходы

№	Наименования работ	Доходы (тыс. ман)
1	Доход от загрузок приложений	15000
2	Доход от абонентской платы	30000
3	Доход от комиссий за услуги	100000
4	Доход от рекламы	10000
	Итого	155000

Примечание. Учитываются постоянные и переменные затраты.

Доходы и расходы рассчитываются условно ежемесячно. В первый месяц дохода может не быть.

После подсчета доходов и расходов данного проекта за шесть месяцев (финансовые расчеты) были получены следующие результаты.

Результаты

№	Показатели (доходы и расходы)	Месяцы						Общий результат (тыс.м.)
		1-й месяц	2-й месяц	3-й месяц	4-й месяц	5-й месяц	6-й месяц	
1.	Зарплата	-33000	-33000	-33000	-33000	-33000	-33000	-198000
2.	Заработок в месяц (при росте 7%)	155000	165850	177459,5	189881,7	203173,5	217395,7	1108760,4
3.	Компьютерные обеспечения	-114000	0	0	0	0	0	-114000
4.	Расходы программного обеспечения	-20000	0	0	0	0	0	-20000
5.	Офисное здание	-15000	-15000	-15000	-15000	-15000	-15000	-90000
6.	Налоги	- 8000	-11585	-12945,9	-14188,2	-15517,4	-16939,6	-79176,1
7.	Итого показатели:	-35000	106265	116513,6	127693,5	139656,1	152456,1	607584,3

По результатам данного проекта каждый месяц увеличивается сумма дохода. Страхование коммерческих рисков может включать в себя следующее:

1. Риски, связанные со скоростью и доступностью Интернета;
2. Риски, связанные с наличием очереди при приеме заказов.

Если учесть, что перечисленные риски не препятствуют работе программы и использованию программы заказчиками, то это свидетельствует о возможности полноценной разработки и реализации проекта.

Библиографические ссылки

1. Гурбангулы Бердымухамедов. К новым высотам прогресса. Избранные произведения. Том 11. – Ашхабад: Туркменская государственная издательская служба, 2018. 567 с.
2. «Национальная программа социально-экономического развития Туркменистана на 2022-2052 годы» [Электронный ресурс]. URL <http://www.turkmenistan.ru/ru/articles/42861.html> (дата обращения: 16.09.2022)

СЕКЦИЯ 7

**БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА
ИНФОРМАЦИИ**

ПРИМЕНЕНИЕ ЭНТРОПИИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ СЕТЕВОГО ТРАФИКА

М. С. Абрамович, Л. В. Гарматная

Белорусский государственный университет, Научно-исследовательский институт прикладных проблем математики и информатики, пр. Независимости, 4, к.427, 220030, г. Минск, Беларусь, abramovichms@bsu.by

Приводится концепция нормального и аномального сетевого трафика. Рассматриваются энтропии Шеннона, Цаллиса и Реньи. Построены информативные признаки для классификации сетевого трафика. Разработан алгоритм классификации аномального и нормального трафика на основе энтропии. Исследована точность классификации сетевого трафика методами машинного обучения с использованием различных видов энтропии.

Ключевые слова: сетевой трафик; аномалии трафика; энтропия; обнаружение аномалий трафика; машинное обучение; эффективность классификации.

Введение

В связи с активным развитием и использованием инфокоммуникационных технологий возникает необходимость быстрой и надежной передачи данных пользователей. По сети передается конфиденциальная и ценная информация, связанная с электронной коммерцией, банковским делом и бизнесом. В связи с этим возникает необходимость анализа сетевого трафика с целью быстрого и эффективного выявления сетевых угроз.

Компьютерные системы безопасности сосредоточены на защите данных, обеспечивая конфиденциальность, целостность и доступность. Основной целью защиты ресурсов является обнаружение состояний сети, которые не удовлетворяют вышеупомянутым требованиям. В этом случае третьи лица могут вмешиваться в работу сети, использовать персональные данные пользователей в корыстных целях и осуществлять иные действия, направленные на получение информации.

Одним из способов выявления сетевых угроз является обнаружение аномалий трафика. Под обнаружением аномалий понимается поиск закономерностей в данных, которые не соответствуют ожидаемому поведению. Установление наличия аномалий в сетевом трафике может свидетельствовать о получении конфиденциальной информации неавторизованным пользователем.

Обнаружение аномалий с помощью энтропии – это способ обнаружения аномалий в сетевом трафике путем анализа неопределенности или случайности данных. Обнаружение аномалий на основе вычисления энтропии зарекомендовало себя как эффективный метод обнаружения аномалий сетевого трафика. Данный подход позволяет обнаружить различные типы аномалий, включая сканирование портов и атак типа «отказ в обслуживании».

В статье предложены алгоритмы определения аномалий сетевого трафика с использованием различных видов энтропии (Шеннона, Цаллиса и Реньи), построения признаков для классификации трафика, а также проведен сравнительный анализ эффективности методов машинного обучения для классификации сетевого трафика.

Аномалии сетевого трафика

Аномалии сетевого трафика представляют собой необычные и существенные изменения в трафике сети. Под аномалиями сетевого трафика подразумеваются изменения объема трафика, канала, структуры распределения IP-адресов источника и (или) номера портов назначения и некоторые другие. Причинами возникновения аномалий сетевого трафика могут быть как законные, так и неправомерные действия. Законные действия включают временные изменения в потребительском спросе, внезапные скопления пользователей, изменения в таблице

маршрутизации и т.п. Неправомерные действия включают DDoS-атаки, сканирование портов, вирусы, черви и т.д.

Для нахождения подходящего решения для обнаружения сетевых аномалий необходимо определить концепцию «нормальности» трафика. Идея нормальности обычно вводится с помощью формальной модели, которая выражает отношения между переменными, участвующими в динамике системы. Событие или объект распознаются как аномальные, если степень их отклонения относительно поведения системы, заданного эталонной моделью, достаточно высока. Примером может являться некоторая система обнаружения аномалий, которая использует контролируемый подход. Данную систему можно представить в виде пары $S = (M, D)$, где M – модель нормального поведения системы, D – мера близости, которая позволяет вычислить, с учетом записи активности, степень отклонения действий по отношению к модели M . Таким образом, каждая система имеет в основном два модуля: модуль моделирования и модуль обнаружения. Одна из систем обучается для получения модели нормальности M . Полученная модель впоследствии используется модулем обнаружения для оценки новых событий, объектов или трафика как аномальных или выбросов. Измерение отклонений позволяет классифицировать события или объекты как аномальные или выбросы.

Энтропии Шеннона, Цаллиса и Реньи

В рамках теории информации энтропия рассматривается как мера неопределенности, связанная со случайной величиной. Чем более случайной является величина, тем выше ее энтропия, и наоборот, чем более предсказуемой является переменная, тем ниже энтропия. Для дискретной случайной величины X с распределением вероятности $p(X = x_i)$, энтропия Шеннона определяется следующим образом [1]:

$$H(X) = -\sum_{i=1}^n p(x_i) \log_a p(x_i) \quad (1)$$

где – это признак, который может принимать значения $\{x_1, \dots, x_n\}$,

$p(x_i)$ – функция плотности вероятности, отражающая вероятность того, что случайная величина X примет значение x_i .

Энтропия может быть интерпретирована как ожидаемое значение $-\log_a p(x)$. Для обнаружения сетевых аномалий часто используется оценка выборочных вероятностей на основе количества наблюдений x_i в заданном временном окне. Величина энтропии зависит от случайности данных и значения n . Для определения уровня случайности рекомендуется использовать нормализованные формы энтропии.

Энтропия Шеннона предполагает компромисс между основной массой распределения и хвостом. Для контроля этого компромисса были предложены два параметризованных обобщения энтропии Шеннона: энтропия Реньи и энтропия Цаллиса. Если параметр α (или q) имеет положительное значение, он выявляет основную массу (концентрацию событий, которые происходят часто), если значение отрицательное – относится к хвосту (дисперсия, вызванная редкими событиями).

Оба параметризованные виды энтропии (Реньи и Цаллиса) происходят из обобщения среднего Колмогорова-Нагумо [4]:

$$\langle X \rangle_\phi = \phi^{-1}(\sum_{i=1}^n p(x_i)\phi(x_i)), \quad (2)$$

где ϕ – функция, которая удовлетворяет постулату аддитивности;

ϕ^{-1} - обратная функция.

Формула энтропии Реньи имеет вид:

$$H_{R_\alpha}(X) = \frac{1}{1-\alpha} \log_a (\sum_{i=1}^n p(x_i)^\alpha). \quad (3)$$

Энтропию Реньи можно получить из энтропии Шеннона с помощью следующего преобразования [1]:

$$H_{R_\alpha}(X) = \phi^{-1}(\sum_{i=1}^n p(x_i)\phi(-\log_2 p(x_i))). \quad (4)$$

Формула энтропии Цаллиса записывается в виде [4]:

$$H_{T_\alpha}(X) = \frac{1}{1-\alpha} (\sum_{i=1}^n p(x_i)^\alpha - 1). \quad (5)$$

Обнаружение аномалий сетевого трафика

Для контроля работы сети осуществляется анализ трафика в фиксированных временных интервалах. Для ограничения области поиска аномалий данные фильтруются по адресу доставки, протоколу и т.д. Далее вычисляются значения энтропии Реньи или Цаллиса с учетом положительных и отрицательных значений α для распределения характеристик трафика, представленных в табл. 1.

Таблица 1

Распределение вероятности характеристик сетевого трафика

Характеристика	Вероятностная функция масс
ip-адрес (порт) отправителя (получателя)	$\frac{\text{количество } x_i \text{ ip – адресов(портов) отправителя(получателя)}}{\text{количество ip – адресов(портов) отправителя(получателя)}}$
продолжительность передачи данных	$\frac{\text{количество потоков с продолжительностью } x_i}{\text{количество потоков}}$
пакеты, байты	$\frac{\text{количество пакетов(байт) с } x_i \text{ ip – адресом(портом) отправителя(получателя)}}{\text{количество пакетов(байт)}}$

Процесс обнаружения аномального трафика состоит из двух этапов: обучение и обнаружение. На этапе обучения строится профиль нормального сетевого трафика и осуществляется подготовка модели для классификации. На этапе обнаружения текущие наблюдения сравниваются с моделью.

Первоначально, на этапе обучения, строится динамический профиль с использованием минимальных и максимальных значений энтропии в пределах скользящего временного окна для каждой пары (характеристика, α).

На этапе обнаружения наблюдаемая энтропия сравнивается с минимальными и максимальными значениями во временном окне, полученными при построении модели, в соответствии со следующим правилом [3].

$$r_\alpha(x_i) = \frac{H_\alpha(x_i) - k \cdot \min_\alpha}{k \cdot (\max_\alpha - \min_\alpha)}, k \in \langle 1..2 \rangle. \quad (6)$$

Значения $r_\alpha(x_i) < 0$ или $r_\alpha(x_i) > 1$ указывают на наличие аномальной сетевой активности. Обнаружение основано на относительном значении энтропии по отношению к расстоянию между минимальным и максимальным значениями.

Коэффициент k в формуле является настраиваемым параметром. Высокое значение k , например $k = 2$, ограничивает количество ложных сигналов (сигналов, в которых не было зафиксировано никакой аномалии), в то время как низкое значение k увеличивает частоту обнаружения (процент правильно обнаруженных аномалий).

Результаты экспериментов

Для проведения экспериментов использовался набор данных CIC-IDS-2017 [4].

Для данных, собранных в понедельник 3 июля 2017 года, характерно отсутствие сетевых аномалий.

Данные, собранные во вторник 4 июля 2017 года, характеризуются наличием 13835 записей аномальных наблюдений и 432074 записей нормальных наблюдений.

Классификация производилась с помощью алгоритмов классификации: деревья решений, случайный лес, логистическая регрессия.

Усредненные по интервалам результаты классификации трафика на аномальный и нормальный для различных видов энтропии представлены в табл. 2. Результаты классификации трафика на аномальный и нормальный с использованием формулы (6) представлены в табл. 3.

Усредненная эффективность классификации

		Деревья решений	Случайный лес	Логистическая регрессия
Точность	Шеннон	0,81	0,83	0,82
	Реньи	0,78	0,81	0,81
	Цаллис	0,77	0,82	0,82
Доля ложных положительных результатов	Шеннон	0,23	0,11	0,12
	Реньи	0,29	0,13	0,14
	Цаллис	0,30	0,13	0,13

Как следует из табл. 2, наибольшая точность классификации нормального и аномального трафика была достигнута с использованием энтропии Шеннона и случайного леса.

Усредненная эффективность классификации с использованием формулы (6)

	Шеннон	Реньи	Цаллис
Точность	0,56	0,53	0,53
Доля ложных положительных результатов	0,30	0,29	0,29

Как следует из табл. 3 аномальная сетевая активность может быть обнаружена при использовании всех видов энтропии и формулы (6). По полученным результатам можно сделать вывод об эффективности использования энтропии для классификации сетевого трафика на аномальный и нормальный.

На данный момент используется большое количество различных подходов к обнаружению аномалий сетевого трафика. Энтропия является перспективным и малоизученным показателем, который в дальнейшем может применяться для анализа трафика и других данных.

Библиографические ссылки

1. Харин, Ю. С., Бодягин И. А., Вечерко Е. В. Математические основы теории информации. Минск: БГУ, 2018. С. 13-15.
2. Pietra S. D, Pietra V. D., Lafferty J. M. Introducing features of random fields // IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1997. Vol. 19, №4. 380 с.
3. Kaggle CIC-IDS-2017 Dataset [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/chethuhn/network-intrusion-dataset> (дата обращения: 08.02.2024).
4. Berezinski P., Jasiul B., Szpyrka M. An Entropy-Based Network Anomaly Detection Method / Military Communication Institute, AGH University of Science and Technology. 2015. С. 2374, 2375, 2379-2380.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ЗАЩИТЫ УНИКАЛЬНЫХ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ ПАЦИЕНТОВ МЕДЦЕНТРА

С. А. Зайкова

УО «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»,
ул. Ожешко, 22, к.222, 230023, Гродно, Беларусь, sunny@mf.grsu.by

В работе предложено новое программное средство обработки и защиты уникальных данных для пациентов медицинского центра в г.Гродно. Были учтены важные программные и бизнес требования к разрабатываемому приложению на основе медицинской информационной системы центра, включая конфиденциальность данных пациентов, валидацию, медицинскую историю, результаты лабораторных тестов и прочую чувствительную и уникальную информацию.

Ключевые слова: защита персональных данных; приложение; программное средство; медицинский центр; информационная система; обработка уникальных данных.

Информационно-справочные системы и электронные сервисы в медицинской сфере, в том числе в сфере платных медицинских услуг в Республике Беларусь, становятся все более распространенными и привычными гражданам нашей страны. Специалисты информационной безопасности, в то же время отмечают, что возрастает потребность в функциональных и безопасных информационно-справочных приложениях в сфере медицины. Основные приоритеты в этой области были определены в «Концепции информатизации здравоохранения», которая направлена на решение важных задач, предусмотренных Стратегией развития *информатизации* в Республике Беларусь. Одним из ключевых направлений при реализации данной программы является разработка специализированных безопасных медицинских информационных систем (МИС).

Частные медицинские центры также заинтересованы в разработке и реализации программных средств, которые позволят не только качественно оказывать услуги гражданам, но и совершенно прозрачно и безопасно работать с данными пациентов, включая специальные медицинские данные и персональные данные, конфиденциальную информацию. При проектировании таких программных средств следует учитывать необходимость разработки целого комплекса информационных, организационных, программных и технических средств, предназначенных для автоматизации информационных процессов в данной медицинской организации либо центре оказания услуг.

Наилучшим вариантом развития такого программного решения будет интегрированная автоматизированная информационная система для оптимизации работы лечебно-профилактических учреждений, включающая систему поддержки принятия медицинских решений, электронные медицинские записи о пациентах, цифровые данные медицинских исследований, данные мониторинга состояния пациента с медицинских приборов, средства общения между сотрудниками, а также финансовую и административную информацию.

Следует признать, что система управления и эксплуатация аппаратно-программных средств в медицинской среде, особенно в частных медицинских центрах, до сих пор недостаточно развита. Медицинский персонал может не обладать всеми необходимыми знаниями для полноценного использования доступных ресурсов и обеспечения их информационной безопасности. В связи с этим, создание информационно-справочных приложений, способных обеспечить защиту специальных персональных данных пациентов, является актуальной и важной задачей. Часть этих задач может быть решена на основе новых интеллектуальных технологий обработки неструктурированных данных [1]. Защита персональных данных пациентов

в обязательном порядке должна учитывать специфику и чувствительность медицинских конфиденциальных данных.

В работе предложено новое программное средство обработки и защиты специальных данных пациентов медицинского центра в г.Гродно. Были учтены следующие важные бизнес требования к МИС: Конфиденциальность данных пациентов: приложение должно обеспечивать высокий уровень конфиденциальности для персональных данных пациентов, включая идентификационные данные, медицинскую историю, результаты лабораторных тестов и прочую чувствительную информацию. Соответствие законодательству и регуляторным требованиям: приложение должно соответствовать применимым законам и нормативным актам, таким как GDPR, HIPAA и другим регуляторным требованиям, касающимся защиты и обработки персональных данных пациентов в Республике Беларусь. Надежная аутентификация и авторизация пользователей. Интеграция с другими медицинскими системами и приложениями, такими как электронные медицинские записи (EMR), системы управления пациентами и лабораторными данными, чтобы обеспечить централизованный доступ к информации о пациентах [2]. резервное копирование и восстановление данных, безопасность при передаче данных: шифрование и защищенные протоколы передачи данных между клиентом и сервером.

Система уведомлений пользователя о важных событиях, таких как изменение статуса пациента, результаты лабораторных исследований или предстоящие встречи со специалистом медицинского центра. Разработанное информационно-справочное приложение "Медицинский помощник", по результатам проведенного тестирования, готово предоставить пациентам надежного, удобного и безопасного средства для управления их медицинской специальной и конфиденциальной информацией. Решена задача обеспечения защищенного доступа к персональным медицинским данным в цифровой форме, таких как: дата приема, вакцинация, анализы, аллергические реакции, назначенные лекарства, предшествующие медицинские манипуляции и операций, результаты радиологии, специальные отметки врачей.

Библиографические ссылки

1. Зайкова С.А. Система обработки неструктурированных данных на основе интеллектуального алгоритма // Управление информационными ресурсами: материалы XIX Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 22 марта 2023 г. Минск : Академия управления при Президенте Республики Беларусь, 2023. С. 332-333.

2. Зайкова С.А. Система аутентификации на основе интеллектуальной модели безопасности RBA // Технические средства защиты информации: тезисы докладов XXI Белорусско-российской науч.-техн. конф., Минск, 6 июня 2023 г. / ред. кол.: Т. В. Борботько. Минск: БГУИР, 2023. С. 35-36.

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

М. В. Мальцев

Учреждение Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт прикладных проблем математики и информатики», пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Республика Беларусь, maltsev@bsu.by

В статье представлен обзор результатов применения методов машинного обучения в задачах защиты информации. Основное внимание в обзоре уделено использованию искусственных нейронных сетей в криптологии – дисциплине, изучающей методы анализа и синтеза криптографических алгоритмов.

Ключевые слова: алгоритм шифрования; защита информации; искусственные нейронные сети; криптография; машинное обучение.

Введение

В современном обществе важность защиты информации неуклонно возрастает. Усилиями злоумышленников регулярно возникают новые угрозы для информационных систем [1], что требует от специалистов по кибербезопасности постоянного совершенствования существующих и разработки новых методов, алгоритмов и программного обеспечения для защиты информации. Активно развивающимся инструментом, показавшим свою эффективность в решении множества прикладных задач из различных областей, является машинное обучение (machine learning). Машинное обучение – направление анализа данных, включающее в себя методы и алгоритмы, которые позволяют автоматически выявлять закономерности в данных и затем использовать обнаруженные закономерности для решения различных задач: прогнозирования, классификации и кластеризации, обнаружения аномалий и т.д. [2]. Одним из наиболее перспективных и активно развивающихся методов машинного обучения являются искусственные нейронные сети (ИНС) [3]. Применение ИНС позволило значительно улучшить качество распознавания речи и изображений, существенно продвинуться в ряде задач биоинформатики, создать системы искусственного интеллекта, способные на сопоставимом с человеком уровне управлять автомобилем и играть в интеллектуальные игры. Закономерно, что интерес к машинному обучению как к эффективному инструменту решения самых разнообразных задач появился и в сообществе специалистов по защите информации. Применению ИНС и других методов машинного обучения в защите информации посвящена настоящая статья.

Основные понятия машинного обучения

В машинном обучении предполагается, что программа обучается по мере накопления опыта относительно некоторого класса задач T и целевой функции P , если качество решения этих задач (относительно P) улучшается с получением нового опыта [2]. Выделяют два основных класса задач машинного обучения: обучение с учителем (supervised learning) и обучение без учителя (unsupervised learning). Обучение с учителем подразумевает наличие множества обучающих данных (часто называемых размеченными), для которых известно значение целевой функции P (например, набор фотографий с отмеченными на них объектами), и задача состоит в том, чтобы, обучившись на размеченных данных, сделать вывод относительно новых (тестовых) данных (в нашем примере – выделить объекты на неразмеченных фотографиях). В задачах обучения с учителем используются такие методы как деревья решений, метод ближайших соседей, логистическая регрессия, нейронные сети. В обучении без учителя размеченные данные отсутствуют, и задача, как правило, состоит в кластеризации – разделении данных на

классы (число классов может быть как заранее заданным, так и неизвестным) в зависимости от определенных характеристик. Примером такой задачи является распределение программой-агрегатором новостей по тематическим рубрикам. В задачах обучения без учителя используются статистические алгоритмы кластеризации, метод главных компонент, нейронные сети. Далее приведем несколько примеров часто используемых на практике методов машинного обучения.

Деревья решений – метод обучения с учителем, используемый в задачах классификации и регрессии. В ходе работы метода на основе обучающих данных $x_t \in \mathbb{R}^n, t = 1, \dots, T$, строится дерево, разделяющее пространство наблюдений \mathbb{R}^n на области, соответствующие значениям прогнозируемой переменной. Решение принимается последовательным движением от корня дерева к узлам. Для повышения точности деревья решений могут объединяться в ансамбли, которые называются случайными лесами.

Наивный байесовский классификатор – метод классификации, в котором для построения решающего правила с помощью теоремы Байеса вычисляется апостериорное условное распределение зависимой переменной y от n независимых переменных x_1, \dots, x_n .

Метод опорных векторов (SVM – support vector machine) – набор алгоритмов с учителем для решения задач классификации и регрессии. Метод строит гиперплоскость, разделяющую наблюдения на классы, при этом исходные наблюдения (вектора) переводятся в пространство более высокой размерности.

Важным методом машинного обучения, используемым как в задачах с учителем, так и без учителя, являются ИНС. ИНС состоят из множества структурных элементов – нейронов, как правило объединенных в слои. На рисунке схематически изображена ИНС, в состав которой входят входной и выходной слои, а также $m-2$ скрытых слоя. В зависимости от строения (архитектуры) выделяют различные типы ИНС: сверточные сети, рекуррентные сети, генеративно-состязательные нейронные сети и другие [3]. Приведем далее краткое описание нескольких популярных архитектур ИНС. Схема нейронной сети изображена на следующем рисунке:

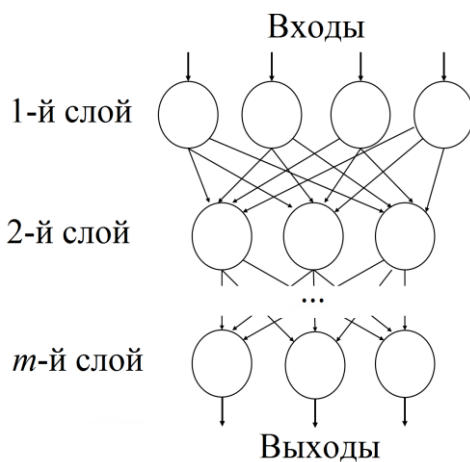


Схема нейронной сети

Сверточные ИНС (convolutional neural network, CNN) предложены французским ученым в области искусственного интеллекта Яном ЛеКуном. Такие сети состоят из чередующихся слоев двух типов: сверточных (convolution) и субдискретизирующих (pooling). Сверточные ИНС широко применяются для распознавания изображений.

В рекуррентных ИНС (recurrent neural network, RNN) связи между элементами образуют направленную последовательность, вследствие чего появляется возможность обрабатывать серии событий во времени или последовательные пространственные цепочки. В отличие от

многослойных перцептронов рекуррентные сети могут использовать свою внутреннюю память для обработки последовательностей произвольной длины. Такие сети используются для распознавания рукописного текста, распознавания речи.

Генеративно-сопоставительные нейронные сети (generative adversarial network, GAN) предложены сотрудником компании Google Яном Гудфеллоу. В данной модели имеются две нейронные сети: генератор и дискриминатор. Генератор порождает объекты, принадлежащие различным классам, а дискриминатор пытается отличать объекты из разных классов. Применяются такие сети, например, для генерации и улучшения качества изображений.

Применение машинного обучения в защите информации

Идеи использовать машинное обучение для решения задач защиты информации высказывались еще в начале 90-х годов Ривестом [4], но активное их применение началось в последнее десятилетие вследствие развития методов обучения и роста вычислительных мощностей. Методы машинного обучения применяются для анализа и синтеза криптографических алгоритмов, для обнаружения вторжений в информационные системы, для фильтрации нежелательного контента и ряда других задач. Рассмотрим далее перечисленные задачи подробнее.

ИНС за счет использования больших объемов данных для обучения позволяют выявлять скрытые закономерности в исследуемых объектах, что позволяет применять их в задачах анализа криптографических алгоритмов. Ряд работ посвящен криптоанализу классических шифров с применением методов машинного обучения. В статье [5] многослойный перцептрон использовался для дешифрования (восстановления открытого текста по шифртексту без предварительного знания ключа) аффинного шифра, шифров Виженера и Бофора. В работе [6] полносвязная ИНС, содержащая входной слой с 77 нейронами, два скрытых слоя с 128 и 23 нейронами и выходной слой с 23 нейронами, применялась для восстановления длины ключа шифра Виженера и продемонстрировала преимущество над традиционной используемым для этой цели методом – индексом совпадений. Авторы [7] разработали рекуррентную нейронную сеть (РНС) для дешифрования сообщений шифровальной машины «Энигма» (исследовался вариант с тремя роторами); использовалась разновидность РНС – LSTM (long short-term memory, сеть с долгой краткосрочной памятью).

ИНС применяются также и для анализа криптографических алгоритмов, используемых в современных системах защиты информации. Следует отметить, что в открытой печати, как правило, анализируются упрощенные версии криптографических алгоритмов: в работе [8] исследовалась упрощенная версия алгоритма DES, в работе [9] – алгоритм Speck32/64 с уменьшенным числом раундов. В статье [10] для восстановления бит ключа 6-раундового DES использовалась комбинация машинного обучения и методов дифференциального криптоанализа. В [11] исследовалась возможность применения методов машинного обучения для задачи различения шифртекста криптосистем DES, AES, RC4.

ИНС активно используются для построения атак по сторонним каналам. Такие атаки основаны на анализе физической реализации устройства, выполняющего криптографические преобразования. В ходе атаки измеряются такие показатели, как время работы, сила тока, потребляемая мощность и др. и устанавливается зависимость этих показателей от ключа или открытого текста. Например, анализируя потребляемую мощность определенных смарт-карт, возможно за сравнительно небольшое время восстановить секретный ключ [12]. Типичная атака состоит из двух этапов: предварительного (profiling phase) и оперативного (attack phase). Во время предварительного этапа производится измерение некоторой физической характеристики x (например, потребляемой мощности), а также величины z , определяемой состоянием криптографического алгоритма в момент измерения x (например, значение блока шифртекста или его фрагмента после преобразования SubBytes в первом раунде AES). В результате измерений формируется датасет для обучения ИНС. В работе [13] глубокие нейронные сети применяются для построения атак по сторонним каналам, использующим измерения потребляемой мощности, в [14] для повышения эффективности атак по сторонним каналам используется

метод опорных векторов. В статьях [15, 16] применяются генеративные ИНС для получения синтетических данных, используемых в атаках по сторонним каналам.

Машинное обучение активно используется для классификации данных. В связи с этим в защите информации оно применяется для таких задач, как выявление нежелательной электронной почты, деструктивных пользователей социальных сетей («троллей» и «ботов»), обнаружение вторжений. В работе [17] для классификации спама используются такие методы, как логистическая регрессия, деревья решений, наивный байесовский классификатор, метод опорных векторов (SVM – support vector machine); наилучшая точность классификации, полученная для логистической регрессии и дерева решений, составила около 84 %. В [18] машинное обучение используется для выявления нежелательных звонков (например, от лиц, выдающих себя за сотрудников безопасности банка); после выделения 29 информативных признаков, характеризующих звонок, с помощью модели случайного леса авторам удалось добиться выявления 90 % нежелательных звонков, при этом вероятность неверной классификации «хорошего» звонка составила менее одной десятой процента. В [19] для обнаружения вторжений в устройства интернета вещей использование сетей типа CVAE (Conditional Variational Auto-encoder – сверточный вариационный автоэнкодер) позволило добиться точности 99.9 %.

Таким образом, машинное обучение обладает высоким потенциалом для применения в задачах защиты информации – как за счет повышения эффективности существующих методов, так и путем создания на его основе новых методов анализа.

Библиографические ссылки

1. A comprehensive review study of cyber-attacks and cyber security / R. Vallabhaneni [et al.] // International journal on recent and innovation trends in computing and communication, Vol. 11, issue 9. 2024. P. 844-848.
2. Mitchell T. M. Machine Learning, New York, USA: McGraw-Hill, Inc., 1997. 414 p.
3. Николенко С., Кадурын А., Архангельская Е. Глубокое обучение. СПб.: Питер, 2018. 480 с.
4. Rives R. Cryptography and machine learning // Advances in Cryptology. ASIACRYPT 91. 1991 P. 427-439.
5. Attack and Construction of Simulator for Some of Cipher Systems Using Neuro-Identifier / K. Alalayah [et al.] // The international arab journal of information technology, 2010. Vol.7, № 4. P. 365-372.
6. Millichap C., Yau Y. An artificial neural network approach to finding the key length of the Vigenere cipher [Electronic resource] // Arxiv, 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2312.09956> (date of access: 29.03.2024).
7. Greydanus S. Learning the Enigma with Recurrent Neural Networks [Electronic resource] // Arxiv, 2017. URL: <https://arxiv.org/abs/1708.07576> (date of access: 29.03.2024).
8. Danziger M., Henriques M. Improved cryptanalysis combining differential and artificial neural network schemes // 2014 International telecommunications symposium (ITS), IEEE, 2014. P. 1-5.
9. Gohr, A. Improving attacks on round-reduced speck32/64 using deep learning // Advances in cryptology, CRYPTO-2019. 2019. P. 150-179.
10. Cryptography and cryptanalysis through computational intelligence / E. Laskari [et al.] // Computational Intelligence in Information Assurance and Security. 2007. P. 1-49.
11. Chou J., Lin S., Cheng C. On the effectiveness of using state-of-the-art machine learning techniques to launch cryptographic distinguishing attacks // Proceedings of the 5th ACM workshop on Security and artificial intelligence. 2012. P. 105-110.
12. Kocher P. Jaffe J., Jun B. Differential Power Analysis // Proc. of Advances in Cryptology (CRYPTO '99), LNCS. 1999. Vol. 1666. P.388-397.
13. Lerman L., Bontempi G., Markowitch O. Power analysis attack: an approach based on machine learning // International Journal of Applied Cryptography. 2014. Vol. 3. P 97-115.
14. Bartkewitz T., Lemke-Rust K. Efficient Template Attacks Based on Probabilistic Multi-class Support Vector Machines // Smart Card Research and Advanced Applications, CARDIS 2012, Lecture Notes in Computer Science. 2013. Vol 7771. P. 263-276.

15. Enhancing the Performance of Practical Profiling Side-Channel Attacks Using Conditional Generative Adversarial Networks / P. Wang [et al.] [Electronic resource] // Arxiv, 2020.
URL: <https://arxiv.org/abs/2007.05285> (date of access: 29.03.2024).
16. Yap T., Jap D. Creating from Noise: Trace Generations Using Diffusion Model for Side-Channel Attack [Electronic resource] // Cryptology ePrint Archive, Paper 2024/167, 2024.
URL: <https://eprint.iacr.org/2024/167> (date of access: 29.03.2024).
17. Shah N. F., Kumar P. A comparative analysis of various spam classifications // Progress in Intelligent Computing Techniques: Theory, Practice, and Applications. 2018. P. 265-271.
18. A machine learning approach to prevent malicious calls over telephony networks / H. Li [et al.] // Proc. IEEE Symp. Secur. Privacy. 2018. P.53-69.
19. Conditional variational autoencoder for prediction and feature recovery applied to intrusion detection in IoT / M. Lopez-Martin [et al.] // Sensors. Vol. 17, № 1967. P. 1-17.

ОБ ИМИТАЦИИ СЛУЧАЙНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СТАТИСТИЧЕСКИХ ТЕСТОВ В КРИПТОГРАФИИ

В. Ю. Палуха¹⁾, Н. А. Прохорчик²⁾, Ю. С. Харин³⁾

*Учреждение Белорусского государственного университета «НИИ прикладных проблем математики и информатики»,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, ¹⁾ palukha@bsu.by, ²⁾ prohorchikNA@bsu.by, ³⁾ kharin@bsu.by*

Рассматривается задача моделирования вектора, задающего распределение вероятностей, равномерно распределённое на гиперсфере заданного радиуса.

Ключевые слова: математическое моделирование, распределение вероятностей, гиперсфера.

Введение

Пусть нам необходимо смоделировать двоичный временной ряд с K -мерным распределением вероятностей, которое выбирается случайным равновероятным образом среди расположенных на гиперсфере заданного радиуса. Такая задача может возникнуть, например, для генерации модельных данных, позволяющих проверить работоспособность статистического теста, проверяющего сложную нулевую гипотезу [1]. Для этого необходимо решить задачу моделирования такого вектора вероятностей. В данной статье предложен алгоритм генерации искомого вектора вероятностей.

1. Математическая модель

Введём обозначения: $p = (p_0, \dots, p_{K-1})'$ – вектор-столбец вероятностей размера K , $\tilde{p} = (p_0, \dots, p_{K-2})'$ – вектор-столбец, состоящий из первых $K - 1$ координат вектора p , $p_* = \left(\frac{1}{K}, \dots, \frac{1}{K}\right)'$ – вектор-столбец равномерного распределения вероятностей размера K , I_K – единичная матрица размера $K \times K$, 1_K – вектор размера K , в котором все элементы равны 1, $1_{K \times K}$ – матрица размера $K \times K$, в которой все элементы равны 1.

Обозначим искомое множество векторов распределений вероятностей как

$$P_0^\varepsilon = \left\{ p = (p_k) : p_k \geq 0, \sum_{k=0}^{K-1} p_k = 1, \sum_{k=0}^{K-1} \left(p_k - \frac{1}{K} \right)^2 = \varepsilon^2 \right\}, \quad (1)$$

представляющее собой пересечение единичного симплекса и гиперсферы радиуса $\varepsilon > 0$ с центром в точке p_* .

Обозначим через C_K квадратную матрицу размера $K \times K$ вида

$$C_K = (c_{ij}) = \begin{pmatrix} 2 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 2 & \dots & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & 1 & \dots & 2 \end{pmatrix} = I_K + 1_{K \times K}, \quad c_{ij} = \begin{cases} 2, & i = j; \\ 1, & i \neq j. \end{cases} \quad (2)$$

Представим C_K в виде произведения

$$C_K = \left(C_K^{1/2} \right)' C_K^{1/2}, \quad (3)$$

где $C_K^{1/2}$ – верхнетреугольная матрица, т.е. в виде разложения Холецкого [2].

Теорема 1. Для координат вектора p , равномерно распределённого на множестве (1), справедливы выражения

$$p_k = \begin{cases} \frac{1}{K} + \varepsilon \left(C_{K-1}^{-1/2} \xi \right)_k, & k = 0, 1, \dots, K-2, \\ p_{K-1} = 1 - \sum_{i=0}^{K-2} p_i, & \end{cases} \quad (4)$$

где ξ – вектор, равномерно распределённый на гиперсфере единичного радиуса в \mathbb{R}^{K-1} , и выполняются ограничения

$$p_k \geq 0, \quad \sum_{k=0}^{K-2} p_k \leq 1, \quad k = 0, 1, \dots, K-2. \quad (5)$$

Для того, чтобы воспользоваться выражениями (4), необходимо вычислить матрицу $C_{K-1}^{-1/2}$. Воспользуемся формулами для обратной матрицы к треугольной из [3].

Лемма 1. Для элементов матрицы $C_K^{-1/2} = (\gamma_{ij})$ справедливо представление

$$\gamma_{ij} = \begin{cases} -\frac{1}{\sqrt{j(j+1)}}, & i < j; \\ 0, & i > j; \\ \sqrt{\frac{i}{i+1}}, & i = j. \end{cases} \quad (6)$$

Следствие 1. Алгоритм моделирования вектора K -мерного распределения вероятностей, который выбирается случайным равновероятным образом среди расположенных на гиперсфере радиуса ε состоит из следующих шагов:

- 1) Вычислить матрицу $C_{K-1}^{-1/2}$ по формуле (6);
- 2) Сгенерировать вектор ξ , равномерно распределённый на гиперсфере единичного радиуса в \mathbb{R}^{K-1} методом из §3.13 [4];
- 3) Методом исключения сгенерировать вектор p по формуле (4): в случае, если не выполняется условие (5), вернуться к шагу 2.

2. Результаты компьютерных экспериментов

Для демонстрации работы алгоритма произведено моделирование векторов при $K = 3$. Данное значение K позволяет графически отобразить сгенерированные точки. В соответствии с алгоритмом сгенерировано 1000 векторов при $K = 3$ и $\varepsilon = 0,05$. Как следует из (1), при $K = 3$ искомые вектора лежат на окружности радиуса ε с центром в точке $(1/3, 1/3, 1/3)$ на плоскости $x + y + z = 1$. Расположение сгенерированных трёхмерных векторов в пространстве показано на рис. 1. Как видно из рисунка, точки действительно лежат на заданной выше окружности.

Для того, чтобы убедиться, что сгенерированные точки действительно расположены равномерно на допустимом множестве, перейдём к полярным координатам и построим гистограмму значений угла φ . Для этого нужно преобразовать декартовы координаты таким образом, чтобы точки лежали на окружности с центром $(0, 0, 0)$ на плоскости Oxy . Сначала вычтем из каждой координаты $1/3$, получим окружность радиуса ε с центром в точке $(0, 0, 0)$ на плоскости $x + y + z = 0$. Данная плоскость пересекает плоскость $z = 0$ по прямой $y = -x$ под углом

$\psi = \arccos \frac{1}{\sqrt{3}}$ [5]. Для того, чтобы преобразовать плоскость $x + y + z = 0$ к плоскости $z = 0$,

необходимо выполнить композицию поворотов: на угол $\frac{\pi}{4}$ по оси Oz и на угол $\psi = \arccos \frac{1}{\sqrt{3}}$ по оси Ox . Матрица поворота равна [6]

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \\ \frac{1}{\sqrt{6}} & \frac{1}{\sqrt{6}} & -\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \\ \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} & \frac{1}{\sqrt{3}} \end{pmatrix}. \quad (7)$$

После умножения нормированных векторов на матрицу (7) их третьи координаты будут равны 0. Теперь мы можем перейти к полярным координатам в соответствии с известными формулами [5]. Гистограмма значений угла ϕ полученных точек приведена на рис. 2. Как видно из этого рисунка, распределение точек действительно близко к равномерному.

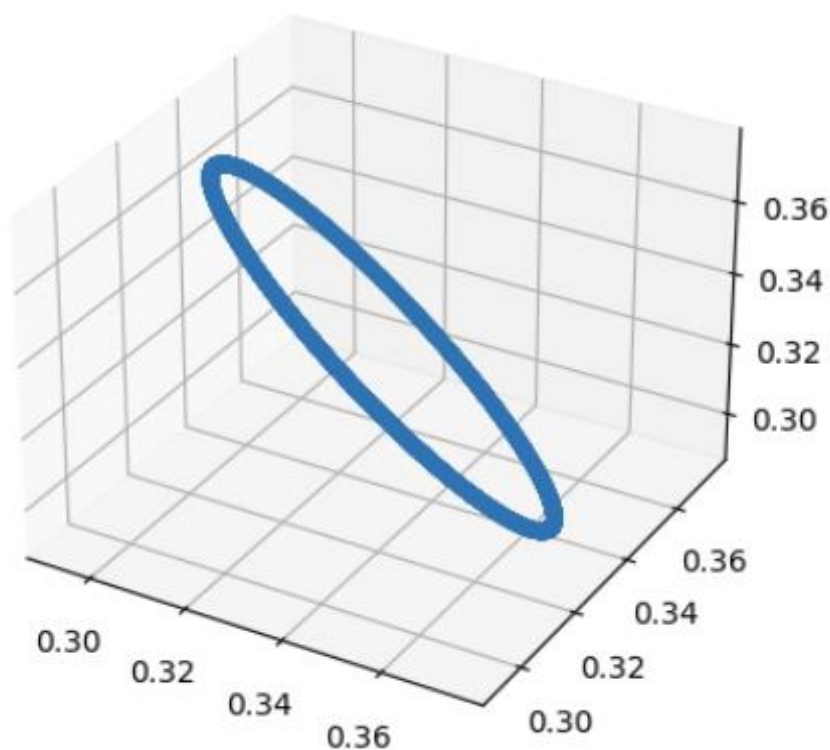


Рис. 1. Расположение в пространстве сгенерированных векторов

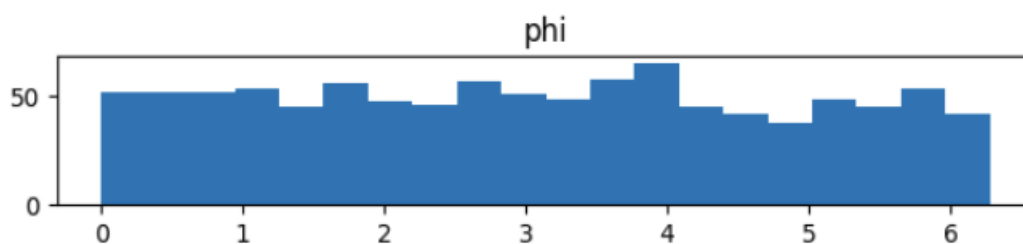


Рис. 2. Гистограмма угла ϕ

Библиографические ссылки

1. Палуха В. Ю., Харин Ю. С. Статистическое тестирование криптографических генераторов на основе сложной нулевой гипотезы // Теоретическая и прикладная криптография: материалы II Международной научной конференции, Минск, 19-20 октября 2023 г. / Белорусский государственный университет; редколлегия: Ю. С. Харин (гл. ред.) [и др.]. Минск: БГУ, 2023. С. 185-193.
2. Прудников А. П., Брычков Ю. А., Маричев О. И. Интегралы и ряды. Москва: Наука, 1981. 800 с.
3. Каплан И. А. Практические занятия по высшей математике. Часть V. Харьков: Издательство Харьковского университета, 1972. 413 с.
4. Харин Ю. С., Степанова М. Д. Практикум на ЭВМ по математической статистике. Минск: Университетское, 1987. 304 с.
5. Милованов М. В., Тышкевич Р. И., Феденко А. С. Алгебра и аналитическая геометрия: Часть 1. Минск: Высшая школа, 1984. 302 с.
6. Лурье А. И. Аналитическая механика. Москва: Физматлит, 1961. 824 с.

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ БИЗНЕСА: УГРОЗЫ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ

Е. Л. Пищалова

*Белорусский государственный экономический университет,
Партизанский проспект, 22а, 220070, Минск, Беларусь, lmersee@yahoo.com,
Научный руководитель: Л. С. Черепица, ассистент кафедры информационных технологий*

Защита информации – залог успешности бизнеса. Утечка паролей, данных о клиентах или транзакциях может привести к большим финансовым потерям и ущербу репутации фирмы. Доклад подчеркивает важность информационной безопасности для предприятий, обращая внимание на внешние и внутренние угрозы – от DDoS-атак до намеренных действий сотрудников. Для обеспечения безопасности данных необходимо применять комплексный подход, включающий в себя технические меры (шифрование, брандмауэры, антивирусное программное обеспечение), организационные меры (обучение сотрудников, разработка политики безопасности) и физические меры (контроль доступа к серверам, защита от несанкционированного доступа).

Ключевые слова: информационная безопасность бизнеса; утечка информации; ведение бизнеса; способы защиты бизнеса; защита данных; защита веб-сайтов.

Информация, такая как пароли, номера счетов, данные о транзакциях, отчеты, контакты клиентов и история покупок представляет собой ценность для любого бизнеса. Если бывший сотрудник передаст эту информацию конкурентам или она попадет в сеть из-за действий злоумышленника – это может привести к финансовым убыткам и негативно отразиться на репутации компании. Кроме того, существует риск получения штрафов со стороны государства. Важно знать меры, которые компании могут принять для обеспечения информационной безопасности и предотвращения финансовых потерь, ущерба репутации и штрафов со стороны государства.

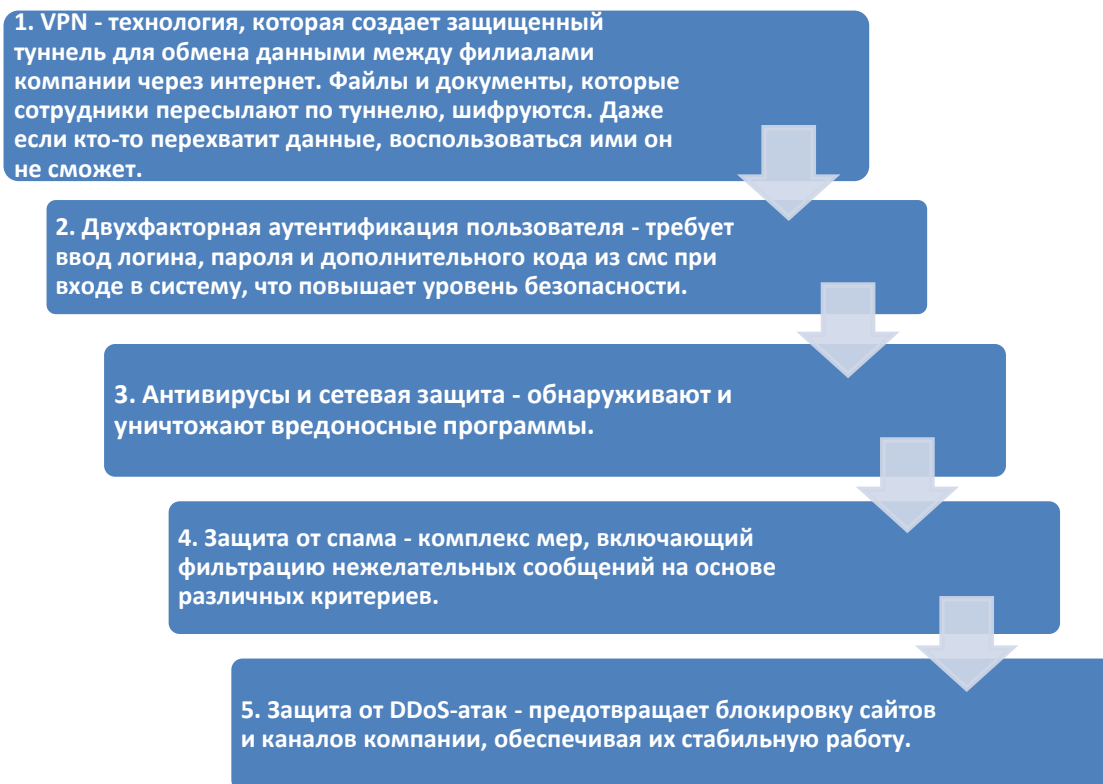
Существуют внешние и внутренние информационные угрозы. Внешние исходят от роботов, мошенников (фишинг и социальная инженерия), хакеров, вредоносного программного обеспечения (ПО), к которым относятся вирусы, троянские программы, шпионское ПО. Самый распространенный пример внешней угрозы – DDoS-атака (от англ. *Distributed Denial of Service*). DDoS-атака выглядит так, как будто бизнес-сайт одновременно пытаются открыть тысячи пользователей. Из-за большого количества запросов сервер, на котором хранятся файлы сайта, не успевает обрабатывать их и периодически выходит из строя. DDoS-атаки могут привести к отказу в обслуживании сайта и потере доходов. DDoS-атаки могут иметь различные цели: конкуренты могут использовать их для отключения сайта, мошенники – для вымогательства выкупа у владельцев ресурсов.

Внутренние угрозы могут быть:

- случайными (из-за ошибок сотрудников);
- намеренными (когда сотрудники намеренно нарушают безопасность, забирая с собой после увольнения часть клиентской базы или продавая ее конкурентам).

Так, информационная безопасность предприятия включает в себя защиту файлов, систем, программ и хранилищ от несанкционированного доступа. Ее цель – предотвратить хищение данных, заражение вирусами и уничтожение информации на серверах. Информационная безопасность требует комплексного подхода, включающего программы, технологии и их настройки, а не только установку антивируса.

Способы защиты, которые используются для защиты от внешних угроз (на рисунке):



Способы защиты от внешних угроз

Однако каждая компания использует собственный комплекс мер. Например, чтобы защититься от угроз со стороны сотрудников, применяют:

- Разграничение доступа: каждому сотруднику в офисе присваивают определенную роль. Доступ к работе с файлом открывается, если это входит в задачи сотрудника. То же самое касается программ. Сотрудники пользуются ими, если это необходимо для работы.

- DLP-система. Это программа, которая отслеживает и блокирует попытки передать файлы офисных систем третьим лицам. Допустим, сотрудник пытается переслать архив с корпоративной почты на личную. DLP-система заметит это и заблокирует отправку. Программу можно настроить так, чтобы она реагировала на любые подозрительные действия.

Конфиденциальность важна для любой организации. Иногда последствия хищения данных могут быть катастрофическими. Каким организациям особенно важна информационная безопасность: финансовым учреждениям, дата-центрам, интернет-магазинам, разработчикам программного обеспечения, хранилищам финансовых данных клиентов и операторам персональных данных. Шаги для обеспечения безопасности информации на предприятии включают наличие специалиста по информационной безопасности, выбор средств защиты и проведение инструктажа среди сотрудников. Однако, чем крупнее компания, тем сложнее задачи и выше требования к информационной безопасности.

Библиографические ссылки

1. Зонин Н. А., Кашпаров Д. В. Система управления моделью повышения конкурентоспособности малого предпринимательства / Молодой ученый. 2014. №7-1 (66). 10 с.
2. Гринберг Дж., Бэйрон Р. Организационное поведение: от теории к практике / Пер. с англ. О.В. Бредихина, В.Д. Соколова. М.: ООО «Вершина», 2004. 912.

МЕТОД СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБЛАСТИ РАСТРИРОВАННОГО ДОКУМЕНТА-КОНТЕЙНЕРА

М. Г. Савельева

*Белорусский государственный технологический университет,
ул. Свердлова 13а, 220006, г. Минск, Беларусь, saveleva@belstu.by*

Представлены метод и алгоритмы стеганографического преобразования, использующие элементы web-приложения на основе растровой графики в качестве контейнера. Основным элемент-контейнер представляет собой пиксель изображения, чьи цветовые параметры модифицируются в цветовой модели при встраивании информации. Процессы внедрения и извлечения данных происходят в пикселях, выбранных на основе полутоновых значений, полученных путем растрирования векторных текстовых символов. Количество цветовых каналов используемых для выбора пикселей и внедрения сообщения, зависит от цветовых характеристик изображения и общего размера передаваемого сообщения. Это позволит учесть особенности изображения и эффективно встраивать информацию в графический контейнер, минимизируя визуальные изменения и сохраняя незначительное влияние на качество отображения.

Ключевые слова: стеганографические методы; растрирование; алгоритм; цвет; пространственная область; авторское право.

В современной эпохе цифровая трансформация значительно изменяет обработку и использование информации, так как все больше данных переходит в электронный формат. Это обстоятельство делает крайне важным хранение, передачу и использование данных в нашей повседневной жизни. Вместе с этим возрастает угроза цифрового пиратства, которое представляет собой несанкционированное копирование и распространение информации. Такая деятельность может привести к серьезным экономическим и правовым последствиям, а также создать проблемы для обеспечения безопасности личных и коммерческих данных [1].

Электронные текстовые документы, подвергающиеся намеренным или ненамеренным изменениям, могут легко терять свое первоначальное состояние, становясь частью растровой или векторной графики. Одной из ключевых проблем текстовых векторных документов является растрирование. При передаче через различные каналы, векторные изображения могут быть преобразованы в растровые без согласования с авторами. Обратный переход в векторную графику возможен только через трассировку или ручную перерисовку всех элементов изображения. Это важно учитывать при разработке математических моделей для стеганографических систем, поскольку они должны быть способны адаптироваться к таким изменениям и сохранять свою эффективность независимо от изменений в исходном текстовом документе-контейнере [2].

Процесс растрирования с заданным разрешением представляет собой создание растровой сетки с фиксированными ячейками, где каждая ячейка представляет пиксель изображения. Затем в этой сетке происходит заполнение (закрашивание) ячеек, в которых находятся точки исходной фигуры изображения. В зависимости от количества точек, попавших в 1 ячейку, она получает свой цвет (в черно-белых изображениях это градиент оттенков от белого к черному) [3]. Кроме того, общее количество пикселей для отображения буквы увеличивается, так как пиксельная сетка должна вместить новые оттенки, что приводит к появлению пиксельных элементов для отображения этих новых оттенков. Эти изменения существенно влияют на визуальное представление исходной информации и могут привести к потере четкости и качества отображения текстовых символов.

В виду того, что невозможно сохранить цвет и размер векторных символов электронного текстового документа в исходном варианте. При конвертации в растровый формат контур буквы начинает «расплываться», цвет по контуру переходит в градиент, при этом общее количество пикселей для отображения буквы увеличивается. Именно в эти новые пиксели можно внедрять информацию M . Один из методов, использующих внедрение в полутоновые оттенки, был описан в [4]. Особенностью данного метода является осуществление процессов внедрения / извлечения M при сравнительном анализе значений одного или двух цветовых координат базового пикселя и пикселя для внедрения.

Формально процесс встраивания (осаждения) тайных сообщений M , с помощью которого, в частности, можно решать задачу защиты авторского права на контент, содержащийся в документах из множества C , можно описать как стеганографическую модель [5].

Модель строится на основе следующих положений. Произвольное тайное сообщение M можно скрыть в контейнере C при использовании ключей K , где $M \in M$, $C \in C$; $K \in K$. Результатом такого преобразования будет стегоконтейнер S , $S \in S \{(M_1, C_1, K_1), (M_2, C_2, K_2), \dots, (M_z, C_z, K_z)\}$, $S \in \{S_1, S_2, \dots, S_t\}$. Полагаем, что M – множество скрываемых сообщений, $M = \{M_1, M_2, \dots, M_n\}$, C – множество контейнеров (в нашем случае – изображения), $C = \{C_1, C_2, \dots, C_r\}$ ($r > n$), K – множество всех ключей, $K = \{K_1, K_2, \dots, K_a\}$ [6].

Процесс встраивания (осаждения) тайных сообщений M , с помощью которого, в частности, можно решать задачу защиты авторского права на контент, содержащийся в документах из множества C , можно описать как отображение F :

$$F: M \times C \times K \rightarrow S \quad (1)$$

Процесс извлечения M из стеганоконтейнеров S описывается функцией, обратной к F :

$$F^{-1}: S \times K \rightarrow M, C. \quad (2)$$

Таким образом стеганографическая система определяется как:

$$SF = (SC, C, M, K, S, F, F^{-1}), \quad (3)$$

где SC – стеганографический канал

$$F: C \rightarrow SC. \quad (4)$$

Множество всех ключей K можно представить семейством множеств K_r и K_n : $K = \{K_r, K_n\}$. Таким образом K_r – множество ключей для генерации сообщения, $K_r = \{K_{r1}, K_{r2}, \dots, K_{rt}\}$, а K_n – множество ключей для методов внедрения сообщения, $K_n = \{K_{n1}, K_{n2}, \dots, K_{ng}\}$.

Ключ K_r первого рода K_{r1} ($K_{r1} \in K_r$) стеганографической системы является обозначением типа используемого контейнера.

Ключ K_r второго рода K_{r2} ($K_{r2} \in K_r$) будет использоваться для обозначения стеганографического преобразования.

Следовательно, множество K_r представляет собой набор $\{K_{r1}, K_{r2}\}$.

Ключ K_n первого рода K_{n1} ($K_{n1} \in K_n$) будет применяться для обозначения множества цветовых каналов необходимых для определения массива пикселей C , используемых для стеганографического преобразования.

Ключ K_n второго рода K_{n2} ($K_{n2} \in K_n$) будет определять базовый пиксель или его значение.

Ключ K_n третьего рода K_{n3} ($K_{n3} \in K_n$) будет применяться для обозначения множества цветовых каналов, используемых непосредственно для стеганографического преобразования.

Ключ K_n четвертого рода K_{n4} ($K_{n4} \in K_n$) будет применяться для обозначения параметров для изменения цвета, или других свойств для встраивания информации в C .

Таким образом, множество K_n представляет собой набор $\{K_{n1}, K_{n2}, K_{n3}, K_{n4}\}$.

Стеганографическая система определяется как:

$$SF = (SC, C, M, K, S, F, F^{-1}), \quad (5)$$

где $K = \{K_r, K_n\}$, $K_r = \{K_{r1}, K_{r2}\}$, $K_n = \{K_{n1}, K_{n2}, K_{n3}, K_{n4}\}$.

На основе описанной стеганографической модели был разработан, который использует стеганографическое преобразование для полутоновых пикселей, полученных при растривании векторных текстовых символов. Оригинальность метода состоит в том, что процессы внедрения / извлечения происходят в пикселях, выбранных на основе соответствия значения цветового канала $K_{п1}$ значению $K_{п2}$, и изменения цветового значения канала $K_{п3}$ на $K_{п4}$. Непосредственно внедрение / извлечение сообщения происходит при анализе цветового значения канала $K_{п3}$: если $K_{п3}$ пикселя для внедрения является четным, то бит сообщения равен 1, иначе 0. Если при внедрении значение пикселя соответствует необходимому, то изменение не производится, в ином случае к текущему значению цветового канала $K_{п3}$ добавляется $K_{п4}$. Полный алгоритм реализации метода внедрения сообщения выглядит следующим образом:

Шаг 1. Определение растрового документа-контейнера. Выбор сообщения, которое необходимо скрыть (M_i).

Шаг 2. Добавление к M_i вспомогательной информации (число разрядов длины сообщения, длину сообщения).

Шаг 3. Представление сообщения M_i в двоичном виде.

Шаг 4. Подсчет общего количества знаков n , составляющих M_i .

Шаг 5. Выбор ключевой информации: $K_{п1}, K_{п2}, K_{п3}, K_{п4}$ ($K_{п4} \% 2 = 1$).

Шаг 6. Создание массива пикселей Z , для стеганографического преобразования.

Шаг 7. Определение размера l массива Z .

Шаг 8. Проверка условия: $l \geq n+1$? При выполнении условия – переход к шагу 9, в противном случае – к шагу 5.

Шаг 9. Пока существует i -тый элемент, имеющий значений от 1 до $n+1$, то выполняются шаги 10-13, в противном случае переход к шагу 14.

Шаг 10. Проверка условия: $K_{п3}(Z_i) \% 2 = 1$? При выполнении условия – переход к шагу 11, в противном случае – к шагу 13.

Шаг 11. Проверка условия: символ m_i сообщения равен 0? При выполнении условия – переход к шагу 12, в противном случае – к шагу 9.

Шаг 12. Присвоение $K_{п3}(Z_i)$ нового значения $K_{п3}(Z_i) + K_{п4}$.

Шаг 13. Проверка условия: символ m_i сообщения равен 1? При выполнении условия – переход к шагу 12, в противном случае – к шагу 9.

Шаг 14. Конец.

Важным этапом данного алгоритма является создание массива пикселей Z , которые будут непосредственно использоваться для стеганографического преобразования. Массив выбирается по проверке на совпадение значения цветового канала $K_{п1}$ каждого пикселя значению $K_{п2}$. В массив добавляется пиксель, находящийся вниз по диагонали от проверяемого. Это позволит получить массив, состоящий из максимально разнородных пикселей, которые не имеют между собой очевидных корреляций. Алгоритм создания массива Z :

Шаг 1. Определения t – ширина документа-контейнера, r – высота документа-контейнера.

Шаг 2. Пока существует j -тый элемент, имеющий значений от 1 до $t-1$, то выполняются шаги 3-5, в противном случае переход к шагу 6.

Шаг 3. Пока существует n -ый элемент, имеющий значений от 1 до $r-1$, то выполняются шаги 4-5, в противном случае переход к шагу 2.

Шаг 4. Проверка условия: $K_{п1}(C_{jn}) = K_{п2}$? При выполнении условия – переход к шагу 5, в противном случае – к шагу 3.

Шаг 5. Поместить пиксель C_{j+1n+1} в массив Z .

Шаг 6. Конец.

Алгоритм извлечения сообщения является обратным к алгоритму внедрения.

Алгоритмы внедрения и извлечения сообщения характеризуются линейной сложностью: $O(n)$.

Данный метод может быть использован для скрытия информации в текстовых документах, представленных в формате растровой графики. Эффективность метода зависит от особенностей изображения-контейнера, таких как количество пикселей с сопоставимыми значениями в одном или нескольких цветовых каналах. Кроме того, этот метод можно применять и к изображениям с незначительным сжатием, просто увеличивая значение параметра $K_{п4}$. Тем не менее, в таком случае внедрение данных будет более заметным.

Библиографические ссылки

1. Шутько Н. П., Листопад Н. И., Урбанович П. П. Моделирование стеганографической системы в задачах по охране авторских прав // 8-я МНТК Информационные технологии в промышленности, ИП-2015. Тезисы докладов, Минск, 2-3.04.2015. Минск: ОИПИ НАНБ, 2015. С. 30-31.
2. Быканова А. С. Методы распознавания математических формул в электронных документах // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сб. материалов XIV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. Дню космонавтики (09-13 апреля 2018 г., Красноярск): в 3 т. Т. 2. Красноярск: СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2018. Т. 2. №. 14. С. 133-134.
3. Агеев В. Н., Соломыков В. С. Моделирование процесса растривания векторных шрифтов в выводных устройствах низкого разрешения // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Тула: ТулГУ, 2013. №. 3. С. 9-16.
4. Савельева М. Г., Урбанович П. П. Метод стеганографического преобразования web-документов на основе растровой графики и модели RGB // Труды БГТУ. Серия 3: Физико-математические науки и информатика. Минск: БГТУ, 2022. №. 2 (260). С. 99-107.
5. Стеганография, цифровые водяные знаки и стеганоанализ. / В. Г. Грибунин [и др.]: Монография. М.: Вузовская книга. 2009. 217 с.
6. Шутько Н. П., Романенко Д. М., Урбанович П. П. Математическая модель системы текстовой стеганографии на основе модификации пространственных и цветовых параметров символов текста // Труды БГТУ. Серия 3: Физико-математические науки и информатика. Минск: БГТУ, 2015. №. 6 (179). С. 152-156.

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ И КОММУНИКАЦИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ КИБЕРПРЕСТУПНИКАМИ ДЛЯ КОНСПИРАЦИИ СВОЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

О. А. Слащинин

*Следственный комитет Республики Беларусь,
ул. Фрунзе, 19, 220034, г. Минск, Беларусь, a.slashchynin@sledcom.by*

Рассмотрены программные, аппаратные и программно-аппаратные средства защиты информации и обеспечения безопасной коммуникации, используемые при организации и совершении киберпреступлений. Факт указанного использования установлен и описан в рамках осуществления предварительного расследования по уголовным делам в сфере информационных технологий. Сами методы защиты информации и коммуникаций описаны лишь через их теоретические аспекты и без упоминания наименований конкретных программных или аппаратных продуктов. В работе упомянуты методы, в отношении которых в настоящее время существуют способы противодействия, применяемые правоохранительными органами в рамках проведения оперативно-розыскных мероприятий и следственных действий.

Ключевые слова: виртуализация; защита информации; информационная безопасность; киберпреступность; обфускация; форензика; шифрование.

Введение. Одной из глобальных проблем современности является киберпреступность как явление и следствие научно-технической революции конца XX – начала XXI веков. С последующим развитием информационных технологий данная проблема не перестанет быть актуальной в связи ростом уровня киберпреступности относительно общего уровня преступности. Причинами роста уровня киберпреступности являются: 1) повышение доступности компьютерной техники; 2) возможность подключения к сети Интернет для всех слоев населения; 3) цифровизация большинства сфер жизнедеятельности общества и государства. Совершение киберпреступления (далее – преступление) предполагает, как правило, удаленное сетевое взаимодействие с потерпевшим или предметом преступления, что вместе с другими элементами конспирации формирует у киберпреступника (далее – преступник) чувство пребывания в условиях анонимности. Исходя из вышеизложенного, преступники совершают противоправные деяния как единолично, так и в составе неустойчивой группы лиц по предварительному сговору, организованной группы или преступной организации (далее – ОПГ). В целях конспирации своей преступной деятельности используют различные правовые (например, подписание участником ОПГ обязательства о неразглашении «коммерческой» тайны), организационные (например, прохождение участником ОПГ полиграфологического исследования, запрет использования личной компьютерной техники (мобильных устройств), а также технические меры защиты информации и коммуникаций. В настоящей работе описаны лишь технические (аппаратные, программные и аппаратно-программные) меры защиты информации и коммуникаций, используемые преступниками для конспирации своей противоправной деятельности.

Основная часть. В настоящее время существует множество методов и отдельных приемов, применяемых преступниками для противодействия компьютерной криминалистике (контр-форензика) и конспирации своей деятельности в киберпространстве. Предлагается поочередно рассмотреть вышеуказанные методы и приемы, начиная от фундаментальных элементов защиты и заканчивая узконаправленными способами противодействия конкурентам (в осуществляемой преступной деятельности) или правоохранительным органам. Перед их рассмотрением стоит отметить, что последние в зависимости от поставленных задач применяются как в комплексе, так и отдельно от всех нижеописанных, а также могут являться элементами единой программной (программно-аппаратной) системы.

1. Шифрование и обфускация. Использование прикладных криптографических инструментов позволяет преобразовывать оригинальные структурированные массивы данных в равномерно распределенную случайную последовательность байтов для их конфиденциальности. Последняя обеспечивается посредством выбора криптографически стойкого алгоритма шифрования, предполагающего вычислительную сложность полного перебора ключа и отсутствие у выбранного алгоритма уязвимостей. При отсутствии вышеуказанных ключей или явной уязвимости криптографического алгоритма практически исключается возможность компрометации скрываемых преступниками массивов данных, независимо от их типа (электронные файлы (далее – файл), области памяти, сетевые пакеты данных и иное).

1.1. Шифрование системы, файловых контейнеров. Для предотвращения возможности получения доступа к программной панели управления компьютерной техники (мобильного устройства) и исследования их накопителей конкурентами или правоохранительными органами преступники шифруют весь накопитель памяти (далее – накопитель) используемого устройства, в том числе его загрузочные разделы с операционной системой (далее – ОС). Помимо системных разделов шифруются внешние накопители (например, USB-флеш-накопители и карты памяти), их логические разделы (тома). Практичным способом шифрования компрометирующей и иной критичной информации является создание файловых криптоконтейнеров, хранящихся внутри общего массива данных физического накопителя или загруженных на удаленные сетевые (облачные) хранилища. Также может использоваться отрицаемое шифрование (контейнер с «двойным дном»), при котором ввод одного ключа предполагает выдачу легитимных некритичных файлов преступника и обеспечение правдоподобного отрицания наличия других скрытых данных, а при вводе другого ключа – выдачу реально скрываемой информации. Стоит упомянуть о возможности настройки шифрования с теми условиями, что при вводе определенного количества неверных ключей или конкретного «ключа самоуничтожения», полезное содержимое накопителя, его логического раздела или файлового криптоконтейнера может быть безвозвратно перезаписано.

1.2. Обфускация сетевого трафика. В целях обхода государственных Интернет-фильтров (далее – фильтр), противодействия глубокой проверки сетевых пакетов данных или для подмены IP-адреса устройства, преступники могут использовать методы, направленные на сокрытие полезных данных указанных пакетов путем их обфускации (запутывания). Существуют следующие основные методы обфускации: 1) шифрование; 2) туннелирование (скрывается факт использования шифрования или иного инструмента противодействия фильтрам); 3) микрия (преобразование блокируемых фильтрами полезных данных сетевых пакетов в такие данные, сетевые пакеты которых будут пропускаться через указанные фильтры); 4) рандомизация (случайное преобразование каждого байта полезных данных сетевых пакетов). Применяемые методы обфускации препятствуют корректному исследованию содержания Интернет-сеансов преступников со стороны конкурентов (в случае противоправного перехвата Интернет-трафика) или правоохранительных органов, а также корректному определению IP-адресов устройств, используемых преступниками для доступа к сети Интернет или иным глобальным компьютерным сетям.

1.3. Шифрование передаваемых сообщений (сигналов). Для конфиденциального обмена сообщениями (сигналами) и осуществления аудио-видео вызовов преступники используют различные системы (службы) мгновенного обмена сообщениями, поддерживающие, как правило, открытые и децентрализованные протоколы передачи информации на основе симметричного или ассиметричного сквозного шифрования. В вышеуказанных системах, помимо предустановленных по умолчанию криптографических протоколов сквозного шифрования передаваемых сообщений, преступники используют дополнительное программное обеспечение (далее – ПО), выполняющее на стороне клиента операции ассиметричного шифрования и цифровой подписи обмениваемых сообщений и файлов. Вышеуказанное ПО также используется

преступниками для обеспечения конфиденциальности, аутентификации и проверки целостности сообщений (файлов) обмениваемых посредством служб электронной почты или иных незащищенных каналов связи, но после предварительной сверки открытых ключей шифрования.

1.4. Обфускация ПО. Выполняя свои специфические задачи, преступники могут разрабатывать и использовать собственное, в том числе вредоносное, ПО, а также иные утилиты и скрипты. В целях усложнения декомпиляции и исследования функциональности вышеуказанного ПО со стороны правоохранительных органов или конкурентов применяется запутывание исходного (исполняемого) кода программы посредством различных обфускаторов.

2. Виртуализация и портативность. В случае задержания преступника по месту пребывания последнего может быть обнаружена компьютерная техника (мобильные устройства), содержащая накопители с компрометирующей и иной критичной информацией. В целях предупреждения возможной компрометации преступники организуют и изолируют свои рабочие столы и хранилища с помощью средств виртуализации (эмуляции, контейнеризации), Live-систем или удаленных сетевых (облачных) накопителей.

2.1. Использование удаленных (виртуальных) рабочих столов и хранилищ. Независимо от способа (серверный или облачный) организации удаленных рабочих столов, указанная технология позволяет преступникам получать безопасный доступ к своим файлам и осуществлять противоправную деятельность с относительно любой компьютерной техникой (мобильного устройства), имеющей доступ к сети Интернет или иным глобальным компьютерным сетям. Использование изолированной среды удаленного рабочего стола или сетевого (облачного) хранилища позволяет предупредить обнаружение конкурентами или правоохранительными органами компрометирующей и иной критичной информации преступника, в том числе удаленной, при исследовании компьютерной техники-хоста (мобильных устройств) последнего. При такой организации своей деятельности на вышеуказанной технике-хосте правоохранительными органами ничего компрометирующего обнаружено не будет, за исключением факта и адресов подключения к указанным удаленным сетевым ресурсам рабочих столов или хранилищ.

2.2. Виртуальные машины, контейнеры и песочницы. Как указывалось ранее, использование изолированных от хоста сред позволяет предупредить обнаружение правоохранительными органами или конкурентами компрометирующей и иной критичной информации, в том числе удаленной. В данном случае вышеуказанные среды создаются посредством предоставленных на компьютерной технике-хосте гипервизоров, эмуляторов, программных контейнеров или песочниц, в которых уже и выполняется те или иные противоправные действия без относительного оставления цифровых следов на хосте. Также запуск системы или ПО в виртуальной среде предупреждает возможность заражения используемой преступником компьютерной техники-хоста со стороны правоохранительных органов или конкурентов.

2.3. Live-системы (Live-CD/USB). Изолирование своего виртуального рабочего места можно также осуществить с помощью Live-систем, установленных на CD/USB-флеш-накопителях, подключаемых к компьютерной технике-хосту и работающих за счет его процессора, оперативной памяти и иных ресурсов. Вышеуказанные накопители портативны, легко уничтожаются в случае необходимости и, как правило, не логируют действия, запускаемые преступниками в сеансах ОС: ни на самом Live-накопителе, ни на компьютерной технике-хосте.

3. Безопасное удаление данных. При стандартном удалении содержимого накопителей компьютерной техники (мобильных устройств) правоохранительными органами или конкурентами может быть обнаружена остаточная компрометирующая и иная критичная информация преступников. Для предупреждения подобной возможности применяются алгоритмы безопасного удаления компьютерной информации, основанные на программной перезаписи содержимого накопителя случайными данными многочисленными проходами (от 1 до 35 прохо-

дов по методу Гутмана [2]). Это также касается удаления компрометирующих и иных критичных метаданных и скрытых файлов. Данный способ имеет высокую эффективность очистки остаточной информации при отсутствии у преступников возможности систематически размагничивать и менять накопители своих устройств или саму компьютерную технику (мобильные устройства).

4. Стеганография. При выполнении своих специфических задач у преступников может возникнуть необходимость в хранении или передаче текстовой информации или файлов с сокрытием самого факта такого хранения или передачи. Скрываемая информация может содержаться и передаваться через подмену символов, неиспользуемые области, особые свойства или зарезервированные поля текстовых данных, изображений, аудио-видеофайлов и сетевых пакетов данных. Современные стегосистемы позволяют скрыть сам факт наличия стегоконтейнеров и в отличие от шифрования их нельзя достоверно определить посредством измерения уровня энтропии, критерия согласия χ^2 «Хи-квадрат», аппроксимации числа π (Пи) методом Монте-Карло, определения коэффициента автокорреляции, установления величины арифметического среднего или оценки плотности распределения байт [2, С. 232-234].

5. Работа под чужим флагом. При подключении к удаленным сетевым ресурсам преступники изменяют все возможные программные идентификаторы своей компьютерной техники (мобильных устройств), чтобы выдать себя за конкретное лицо, участника определенной социальной группы или другое случайное лицо, никак не связанное с преступником или ОПГ. Программная генерация или изменение уже существующих идентификаторов осуществляется концептуально (согласно выбранной преступником легенды) или случайно. Как правило, это касается тех идентификаторов, которые логируются сетевыми ресурсами или воспринимаются другими лицами, а именно: 1) создание доменного имени сетевого ресурса; 2) генерация адреса электронной почты, в том числе в рамках созданного преступником доменного имени почтового сервера; 3) подмена идентификатора Caller ID абонента вызова или выбор конкретного абонентского номера; 4) изменение IMEI мобильного устройства; 5) генерация User-Agent Интернет-браузера; 6) изменение MAC-адреса сетевого оборудования; 7) установка необходимых для легенды даты и времени (часового пояса) ОС; 8) генерация логина, сетевого имени, пароля, аватара и иных регистрационных данных сетевого ресурса; 9) синтез голоса и (или) изображения (DeepFake) во время аудио-видео вызова или отправки сообщений.

6. Усложнение аутентификации. Для обеспечения безопасности своих файловых контейнеров, учетных записей ПО и сетевых ресурсов преступники, помимо организации менеджеров паролей, используют различные средства усложнения процесса аутентификации. Так, преступниками используются следующие виды, методы и способы аутентификации: 1) генерация надежного случайного пароля или ключа доступа произвольной длины; 2) использование неочевидных ключевых файлов; 3) использование двух-многофакторной аутентификации посредством SMS-сообщений, заранее сформированных или временно сгенерированных аутентификатором кодов, TouchID, FaceID и иных динамических или статических методов биометрической аутентификации, а также иных кодов безопасности; 4) предъявление цифрового сертификата; 5) использование аппаратного USB-токена; 6) использование cookies и привязки к статическому IP-адресу.

7. Использование криптовалют. Для легализации и беспрепятственной транспортировки доходов, полученных преступным путем, осуществления взаимных расчетов между собой или приобретения определенных услуг преступники используют различных цифровые знаки и токены, являющиеся единицей учета операции в информационной системе обмена виртуальными активами. Для функционирования и защиты указанной системы применяется технология блокчейн (англ. blockchain – цепочка из блоков), отдельные особенности которой усложняют процесс установления (деанонимизации) ее пользователей со стороны правоохранительных органов или конкурентов, а именно: 1) распределенный реестр блоков транзакций, пре-

пятствующий единоличному внесению в него изменений, в том числе для блокирования отдельных криптовалютных кошельков, конфискации или ареста конкретных цифровых знаков (токенов); 2) децентрализованная (одноранговая) сеть, основанная на равноправии ее участников (узлов), предполагающем относительную невозможность влияния отдельных субъектов на работу всей системы, а также ее принудительного отключения или блокирования сетевого доступа к ней; 3) использование криптографических методов защиты информации при генерации открытых и приватных ключей криптовалютных кошельков, а также при проверке полномочий участника на совершение действий в системе [3]. Также преступниками в целях дополнительной конфиденциальности могут использовать «анонимные» блокчейны, применяющие следующие криптографические технологии: 1) сокрытие адреса криптокошелька; 2) кольцевая подпись транзакций; 3) автоматический миксер транзакций; 4) доказательство транзакции с нулевым разглашением.

8. *Средства антивирусной защиты и межсетевые экраны.* Для предотвращения заражения или удаленного несанкционированного подключения со стороны правоохранительных органов или конкурентов к используемой преступниками компьютерной технике (мобильным устройствам) последними применяются ПО для обнаружения компьютерных вирусов, но, как правило, со специфическими базами вирусных сигнатур, а также брандмауэры для контроля и фильтрации всего входящего и исходящего сетевого трафика.

Выводы. В связи с непрерывным эффективным противодействием со стороны правоохранительных органов преступники вынуждены постоянно совершенствовать вышеописанные методы защиты информации и коммуникаций. Упомянутое совершенствование не означает, что преступники самостоятельно проводят исследования и разработку методов защиты информации и коммуникаций, хотя не исключено и подобное. Однако они активно следят за тенденциями и разработками в области информационной безопасности, и при их успешной апробации – перенимают для использования в своей деятельности. От перенятия и использования преступниками наиболее гибких и совершенных методов обеспечения своей информационной безопасности зависят их доход, спокойствие, свобода, а при отдельных обстоятельствах – жизнь. В свою очередь, вышеуказанные методы применимы и в других сферах, не связанных с преступностью, например, правоохранительная деятельность, государственная или частная разведки, а также различные бизнес-проекты.

Библиографические ссылки

1. Gutmann P. Secure Deletion of Data from Magnetic and Solid-State Memory [Электронный ресурс]. URL: www.cs.auckland.ac.nz/~pgut001/pubs/secure_del.html (дата обращения: 30.03.2024).
2. Слащинин О. А. Проблема использования энтропии как способа определения данных, представляющих интерес для реализации задач правоохранительных органов // Трансформация механико-математического и IT-образования в условиях цифровизации = Transformation of the mechanical-mathematical and IT-education in the context of digitalization: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию мех.-мат. фак., Респ. Беларусь, Минск, 26-27 апр. 2023 г. В 2 ч. Ч. 2 / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: Н. В. Бровка (гл. ред.) [и др.]. Минск : БГУ, 2023. С. 229-236.
3. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System (2008) / Bitcoin [Электронный ресурс]. URL: bitcoin.org/bitcoin.pdf (дата обращения: 30.03.2024).

СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ОТОБРАЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ В ФОРМАТЕ SVG

Н. И. Уласевич

*Белорусский государственный технологический университет,
г. Минск, Беларусь, ulasevich.n@belstu.by*

Изучена возможность внедрения информации в контейнер в формате SVG основанный на правиле порядка отображения элементов на экране. Предложен метод внедрения дополнительных неотображаемых элементов, которые могут быть использованы для скрытой передачи данных или защиты авторского права при советуемой модификации метода

Ключевые слова: стеганография в векторных изображениях; svg-формат; порядок отображения элементов.

В данный момент векторная графика широко применяется для передачи и хранения графических данных, которые могут предоставить уникальную и простую среду для добавления скрытых данных используя стеганографические методы. Данный формат хранит объекты, которые описывают изображение и объект может описать как несколько пикселей, так и всё изображение. К таким объектам относят точки, сплайны, кривые Безье, окружности, многоугольники, эллипсы и текст посредством которых можно описать практически любое изображение.

Формат SVG (Scalable Vector Graphics) является наиболее простым для внедрения информации так-как использует структуру документа, основанную на XML, что позволяет легко внедрить дополнительные объекты не затрагивая существующие. Как пример, рассматривая объект `<path>` используемый для создания сложных графических объектов. В данном объекте в атрибуте “d” содержится последовательность команд и параметров. Команды в данном объекте обозначаются буквами: верхнего и нижнего регистра где заглавные буквы обозначают абсолютные координаты, а команды со строчной буквы означают относительные координаты, которые считаются от последней точки.

Способы стеганографического преобразования можно свести к двум большим группам. К первой группе можно отнести методы, которые изменяют существующие значения объектов как пример с использованием метода аналогичного LSB, что приводит к почти незаметному визуальному изменению изображения. Ко второй группе можно отнести методы, которые внедряют дополнительные точки или объекты, которые не влияют на изображение. Как пример внедрение дополнительной точки в объект “polyline” лежащей на изначальной линии не приведёт к изменению изображения.

Рассматривая особенности отображения изображений в формате SVG можно выделить два из них, которые имеют потенциал использования для сокрытия данных. Первая особенность – это свойство атрибута `viewbox` элемента `<svg>` согласно которому в данном атрибуте устанавливаются координаты области просмотра векторного изображения что возможно использовать для сокрытия данных [1]. Вторая особенность это правило отображения «элементы, которые отрендерились позднее, отображаются поверх предыдущих элементов. Чем дальше вниз элемент по порядку рендеринга и как следствие по коду то тем более видимым он будет» [2]. При анализе данного правила можно сделать вывод о возможности добавления объектов в файл, которые впоследствии будут не отображены с точки зрения стороннего наблюдателя или будут скрыты под другими элементами согласно правилу отображения. Также как следствие из этого правила необходимо, чтобы элемент, под которым будут расположены другие объекты, имел некоторую заливку. Рассматривая простейший пример части кода в формате `svg`, представленный на рис. 1 можно увидеть два объекта прямоугольник и

текст. Прямоугольник имеет координаты верхнего левого угла по координатам 20,20 с шириной 150 и высотой 50 и объект текст, который расположен по координатам 205;50 с размером 10. Также стоит заметить, что область просмотра никак не препятствует полному отображению объектов.

```
<svg version="1.0" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg"
viewBox="0 0 250 250" width="250" height="250">
  <rect x="20" y="20" width="150" height="50" style="fill:none;stroke-
width:5;stroke:rgb(155,155,155)" />
  <text x="205" y="50" font-size="10" fill="black">Web Conf</text>
</svg>
```

Рис. 1. Пример кода в формате SVG

Исходя из ранее рассмотренного правила можно сделать вывод о возможности скрыть объект текста за прямоугольником, но при рассмотрении кода прямоугольника можно также обнаружить отсутствие заливки у центральной части что ограничивает перекрываемые области только обводкой прямоугольника. Для проверки изменим позиции теста на 18,22 с размером текста 5. На рис. 2 можно рассмотреть результат без изменения порядка отображения элементов.



Рис. 2. Пример отображения без изменения порядка рендеринга

Как уже упоминалось, чтобы скрыть данный текст его необходимо расположить раньше по коду, чем объект прямоугольника. Пример кода представлен на рис. 3.

```
<svg version="1.0" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg"
viewBox="0 0 250 250" width="250" height="250">
<text x="18" y="22" font-size="5" fill="black">Web Conf</text>
<rect x="20" y="20" width="150" height="50" style="fill:none;stroke-
width:5;stroke:rgb(155,155,155)" />
</svg>
```

Рис. 3. Код со скрытым текстом “Web conf”

Описанный выше метод применим для практически для любого файла в формате svg. Для сокрытия текста целесообразно использовать часто используемый объект в данном файле и располагать данные элементы в зависимости под фигурами с заливкой. В зависимости от объекта возможны использования различных методов для внедрения информации и также возможно различное соотношение внедренной полезной информации к размеру внедряемого объекта.

Библиографические ссылки

1. Николайчук А. Н., Урбанович П. П. Стеганографический метод на основе использования особенностей отображения элементов в формате SVG // Труды БГТУ. Сер. 3, Физико-математические науки и информатика. 2023. № 1 (266). С. 64-70.

2. SVG учебное руководство. Начало работы [Электронный ресурс]. URL:https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/SVG/Tutorial/Getting_Started (дата обращения: 15.03.2024).

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ГЕНЕРАТОРОВ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ В СИСТЕМАХ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Ю. С. Харин¹⁾, М. В. Мальцев²⁾, В. Ю. Палуха³⁾

*Учреждение Белорусского государственного университета «НИИ прикладных проблем математики и информатики»,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, ¹⁾ kharin@bsu.by, ²⁾ maltsev@bsu.by, ³⁾ palukha@bsu.by,*

Рассматривается задача оценки качества генераторов случайных и псевдослучайных числовых последовательностей, используемых в системах защиты информации. С помощью вероятностно-статистических методов выявляются отклонения в выходных последовательностях генераторов от равномерно-распределенной случайной последовательности. Для решения данной задачи используются малопараметрические марковские модели и энтропийные характеристики.

Ключевые слова: статистическое тестирование; криптографический генератор; малопараметрическая марковская модель; энтропийный профиль; сложная гипотеза.

Введение

Критически важными элементами систем защиты информации являются генераторы случайных и псевдослучайных числовых последовательностей. Последовательность, вырабатываемая стойким генератором, не должна отличаться по своим свойствам от равномерно-распределенной случайной последовательности (РРСП). Основным методом оценки качества генераторов является статистическое тестирование. Известные наборы (батареи) тестов обладают рядом недостатков и ограничений: они проверяют простую нулевую гипотезу, не фиксируют семейство альтернатив, могут не обнаруживать сравнительно простые зависимости [1]. В связи с этим актуальной является разработка методов и алгоритмов, позволяющих более эффективно выявлять зависимости в выходных последовательностях генераторов. Направлениями, показавшими свою эффективность на практике, являются статистическое тестирование на основе сложных малопараметрических марковских моделей [2] и на основе энтропийных характеристик [3].

1. Статистическое тестирование на основе малопараметрических марковских моделей

Известной малопараметрической моделью является разработанная в Белорусском государственном университете цепь Маркова порядка s с r частичными связями [4]. В настоящей статье представлено обобщение данной модели для векторной цепи Маркова с $m \geq 2$ компонентами. Обозначим: $A = \{0, 1, \dots, N-1\}$ – множество мощности $|A| = N \geq 2$; $m \in \mathbb{N}$ – размерность состояния цепи Маркова, $J_i = (j_i, \dots, j_m) \in A^m, i \in \mathbb{N}$, – m -мерный целочисленный вектор; $J_a^b = (J_a, J_{a+1}, \dots, J_b)$ – упорядоченный набор m -мерных векторов; $\{x_t = (x_{t_1}, \dots, x_{t_m}) \in A^m : t \in \mathbb{N}\}$ – однородная векторная цепь Маркова порядка s с пространством состояний A^m с матрицей вероятностей одношаговых переходов $P = (p_{J_1^s, J_{s+1}})$:

$$p_{J_1^s, J_{s+1}} = P\{x_t = J_{s+1} \mid x_{t-1} = J_s, \dots, x_{t-s} = J_1\}, J_1, \dots, J_{s+1} \in A^m, t \in \{s+1, s+2, \dots\}. \quad (1)$$

Такую цепь Маркова будем обозначать ВЦМ(s) – векторная цепь Маркова порядка s .

Число независимых элементов матрицы P , равное $N^{ms}(N^m-1)$, возрастает экспоненциально при увеличении s , и применение этой модели на практике возможно лишь при небольших значениях параметров. В связи с этим, построена модификация ВЦМ(s), для которой условное распределение вероятностей определяется лишь некоторыми «значимыми» компонентами

предыдущих векторов-состояний. Обозначим: $M_r = \{(k_1, l_1), (k_2, l_2), \dots, (k_r, l_r)\}$ – множество $1 \leq r \leq sm$ пар индексов, упорядоченных в лексикографическом порядке, причем $k_1 = 1$. Множество M_r называется шаблоном связей или просто шаблоном. Определим также функцию-селектор $S_{M_r}(J_t, \dots, J_{t+s-1}) = (j_{t+k_1-1, l_1}, \dots, j_{t+k_r-1, l_r})$, $t \in \mathbb{N}$, которая в соответствии с шаблоном M_r «вырезает» r компонент из множества ms компонент $\{j_{u,l} : t \leq u \leq t+s-1, 1 \leq l \leq m\}$.

Если вероятности (1) допускают следующее представление:

$$P_{J_1^s, J_{s+1}} = q_{S_{M_r}(J_1, \dots, J_s), J_{s+1}} = q_{(j_{k_1, l_1}, \dots, j_{k_r, l_r}), J_{s+1}}, J_1, \dots, J_{s+1} \in A^m,$$

где $Q = (q_{(i_1, \dots, i_r), I_{r+1}})$ – некоторая стохастическая $N^r \times N^m$ -матрица, $i_1, \dots, i_r \in A$, $I_{r+1} \in A^m$, то ВЦМ(s) называется векторной цепью Маркова с r частичными связями и шаблоном связей M_r (ВЦМ(s, r)). Условное распределение вероятностей состояния x_t для ВЦМ(s, r) в момент времени t зависит не от всех ms компонент s прошлых состояний, а только от r избранных компонент, которые определяются шаблоном M_r .

Разработан алгоритм идентификации ВЦМ(s, r) по реализации длины n : $X^{(n)} = (x_1, \dots, x_n)$, $x_1, \dots, x_n \in A^m$; построен статистический тест для обнаружения отклонений в $X^{(n)}$ от РРСП на основе ВЦМ(s, r) (гипотезе H_0 соответствует РРСП):

$$\text{принимается } \begin{cases} H_0, \text{ если } \rho_n \leq \Delta, \\ H_1 = \bar{H}_0, \text{ если } \rho_n > \Delta, \end{cases} \quad (2)$$

где $\rho_n = \sum_{i_1, \dots, i_r \in A} \sum_{I_{r+1} \in A^m} \bar{q}_{(i_1, \dots, i_r), I_{r+1}}^2 v_{s+1}^{M_r}(i_1, \dots, i_r, I_{r+1}) / q_{(i_1, \dots, i_r), I_{r+1}}^{(0)}$; $Q^{(0)} = (q_{(i_1, \dots, i_r), I_{r+1}}^{(0)})$ – стохастическая матрица размерности $N^r \times N^m$, все элементы которой равны $1/N^m$; $\bar{q}_{(i_1, \dots, i_r), I_{r+1}}^2 = (q_{(i_1, \dots, i_r), I_{r+1}}^{(0)} - \hat{q}_{(i_1, \dots, i_r), I_{r+1}}) / \sqrt{n-s}$, $\hat{q}_{(i_1, \dots, i_r), I_{r+1}}$ – оценки максимального правдоподобия вероятностей переходов; $v_{s+1}^{M_r}(i_1, \dots, i_r, I_{r+1})$ – частоты состояний ВЦМ(s, r); $\Delta = G_y^{-1}(1-\alpha)$, G_y – функция стандартного χ^2 -распределения с y степенями свободы, $\alpha \in (0, 1)$ – уровень значимости.

В компьютерных экспериментах с помощью алгоритма статистического тестирования, основанного на (2), выявлены отклонения от РРСП в генераторе `rand` стандартной библиотеки языка C – `stdlib` для реализации размера 10 МБ, тогда как тестирование на основе батареи NIST не выявило отклонения от «чистой случайности» в аналогичной последовательности размера 2 Гб [5].

2. Статистическое тестирование генераторов на основе оценок энтропии

В качестве тестовых статистик могут выступать статистические оценки функционалов информационной энтропии, вычисленные по наблюдаемой двоичной последовательности. Пусть x – случайная величина из алфавита мощности $N = 2^s$ с дискретным распределением вероятностей $p = \{p_k\}$, $p_k = P\{x = \omega_k\}$, $p_k \geq 0$, $\sum_{k=1}^N p_k = 1$, $k = 1, \dots, N$, и пусть наблюдается случайная последовательность $\{x_t : t = 1, \dots, n\}$ объёма n из распределения вероятностей $\{p_k\}$. Частотные оценки вероятностей имеют вид

$$\hat{p}_k = \frac{v_k}{n}, \quad v_k = \sum_{t=1}^n I\{x_t = \omega_k\} \in \mathbb{N}_0 = \mathbb{N} \cup \{0\}, \quad I\{x_t = \omega_k\} = \begin{cases} 1, & x_t = \omega_k; \\ 0, & x_t \neq \omega_k. \end{cases}$$

Рассмотрим асимптотику соразмерного увеличения объёма выборки и мощности алфавита:

$$n, N \rightarrow \infty, n/N \rightarrow \lambda, 0 < \lambda < \infty. \quad (3)$$

В следующей таблице приведены формулы вычисления оценок энтропии Шеннона, Реньи и Тсаллиса, для которых в [3] при истинной гипотезе H_0 в асимптотике (3) доказана асимптотическая нормальность, а также параметры асимптотически нормального распределения. Для построения несмещённых оценок функционалов энтропии Реньи и Тсаллиса используется факториальная степень $x^2 = x(x-1)$.

Оценки функционалов энтропии и параметры их распределения

Тип	Оценка	Мат. ожидание	Дисперсия
Шеннон	$\hat{H} = \ln n - \frac{1}{n} \sum_{k=1}^N v_k \ln v_k$	$\mu_H = \ln n - e^{-\lambda} \sum_{k=1}^{+\infty} \frac{\ln(k+1)\lambda^k}{k!}$	$\sigma_H^2 = \frac{e^{-\lambda}}{n} \sum_{k=1}^{+\infty} \frac{(k+1)\lambda^k}{k!} \ln^2(k+1) - \frac{e^{-2\lambda}}{N} \left(\sum_{k=1}^{+\infty} \frac{\ln(k+1)\lambda^k}{k!} \right)^2 - \frac{e^{-2\lambda}}{n} \left(\sum_{k=1}^{+\infty} \ln(k+1) \frac{\lambda^k}{k!} (k+1-\lambda) \right)^2$
Реньи	$\hat{H}_2 = 2 \ln n - \ln \sum_{k=1}^N v_k^2$	$\mu_{H,2} = \ln N$	$\sigma_{H,2}^2 = \frac{2}{n\lambda}$
Тсаллис	$\hat{S}_2 = 1 - \frac{1}{n^2} \sum_{k=1}^N v_k^2$	$\mu_{S,2} = 1 - \frac{1}{N}$	$\sigma_{S,2}^2 = \frac{2}{Nn^2}$

Пусть $\alpha \in (0, 1)$ – уровень значимости, h – статистическая оценка энтропии Шеннона, Реньи или Тсаллиса, μ_h и σ_h^2 – асимптотические математическое ожидание и дисперсия этих оценок при истинной гипотезе H_0 . Вычислим h для наблюдаемой последовательности. Решающее правило, основанное на статистике h , имеет вид [3]:

$$\text{принимается} \begin{cases} H_0, & \text{если } t_- < h < t_+; \\ \bar{H}_0, & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad t_{\pm} = \mu_h \pm \sigma_h \Phi^{-1} \left(1 - \frac{\alpha}{2} \right). \quad (4)$$

где $\Phi(\cdot)$ – функция распределения стандартного нормального закона.

Вычислим нормированную статистику $\tilde{h} = (h - \mu_h) / \sigma_h$ которая в асимптотике (3) и при истинной гипотезе H_0 имеет стандартное нормальное распределение. Следовательно, двустороннее p -значение для неё равно

$$p - \text{value} = 2 \left(1 - \Phi \left(\left| \tilde{h} \right| \right) \right). \quad (5)$$

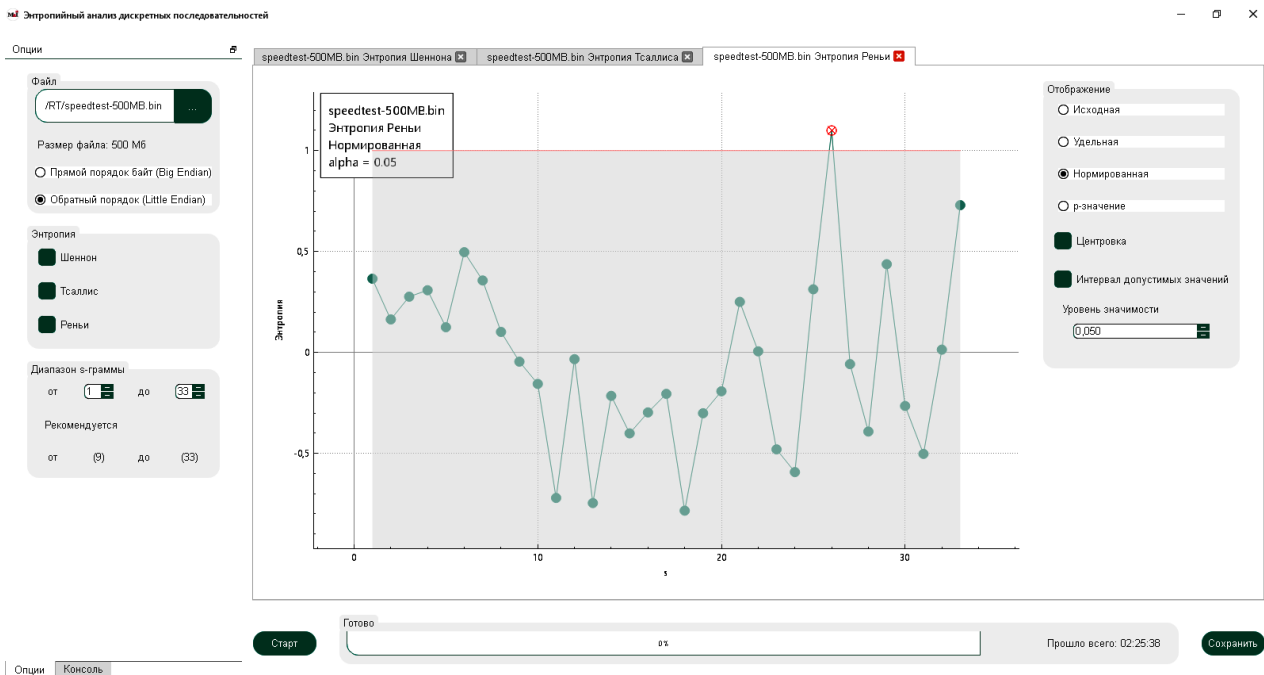
Пусть наблюдается двоичная последовательность $\{y_\tau\}$, $\tau = 1, \dots, T$. Из непересекающихся фрагментов длины s (s -грамм) $X^{(t)} = (X_j^{(t)}) = (y_{(t-1)s+1}, \dots, y_{ts}) \in \{0, 1\}^s$, $t = 1, \dots, n = [T/s]$, сформируем новую последовательность $\{x_t\}$ из алфавита мощности $N = 2^s$ по правилу

$x_t = \sum_{j=1}^s 2^{j-1} X_j^{(t)} + 1$. На основе критерия (4) вычислим последовательность нормированных отклонений оценки энтропии от математического ожидания в зависимости от s , которую назовём энтропийным профилем:

$$\chi(s) = \frac{\hat{h}(s) - \mu_h(s)}{\sigma_h(s)\Phi^{-1}(1-\alpha/2)} = \frac{\tilde{h}(s)}{\Phi^{-1}(1-\alpha/2)}, s = s_-, \dots, s_+. \quad (6)$$

Аналогично строятся последовательности p -значений (3).

Разработанный в НИИ ПМИ программный комплекс «ЭАДП» реализует критерий (4). В начале работы необходимо выбрать файл с последовательностью, порядок Big Endian или Little Endian, диапазон s и функционалы энтропии. Вычисляемые значения добавляются на экран в режиме реального времени. Имеется возможность изменять уровень значимости α без пересчёта оценок энтропии и переключаться на различные режимы отображения: непосредственно оценки энтропии \hat{h} , нормированные значения (6), p -значения (5). Помимо вывода самих значений в консоль, программа отображает графики зависимостей этих величин от длины фрагмента s . Главное окно программного комплекса с результатами работы представлено на следующем рисунке.



Программный комплекс «ЭАДП»

Введём в рассмотрение сложную нулевую гипотезу $H_0^{(\varepsilon)}$, согласно которой для распределения вероятностей $\{p_k\}$ справедливо

$$p_k = \frac{1}{N} + \varepsilon_k, -\frac{1}{N} \leq \varepsilon_k \leq \frac{N-1}{N}, \varepsilon_k = O\left(\frac{1}{N}\right), k = 1, \dots, N, \sum_{k=1}^N \varepsilon_k = 0, \sum_{k=1}^N \varepsilon_k^2 = \varepsilon^2, 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_+. \quad (7)$$

Сложная нулевая гипотеза (7) означает, что допустимы незначительные отклонения от дискретной равномерности.

В [6] показано, что оценка энтропии Тсаллиса при справедливости гипотезы (7), где $\varepsilon_+ \leq \frac{1}{\sqrt{2}}$, в асимптотике (3) имеет асимптотически нормальное распределение, при этом для параметров распределения справедливы оценки

$$\begin{aligned} \mu_{S,2}^{(\varepsilon)} &= \mu_{S,2} - \varepsilon^2 \geq \mu_{S,2}^{(\varepsilon_+)} = \mu_{S,2} - \varepsilon_+^2, \\ \sigma_{S,2}^{2(\varepsilon)} &< \sigma_{S,2}^{2(\varepsilon_+)} = \sigma_{S,2}^2 + \frac{2}{n^2} (2\lambda + 1) \varepsilon_+^2 + \frac{4\varepsilon_+^3}{n} (1 - \varepsilon_+). \end{aligned} \quad (8)$$

Решающее правило для проверки сложной нулевой гипотезы (7) имеет вид [6]

$$\begin{aligned} \text{принимается} \begin{cases} H_*^{(\varepsilon)}, & \text{если } \Delta_- < \hat{S}_2 < \Delta_+, \\ H_*^{(\varepsilon)}, & \text{иначе,} \end{cases} \\ \Delta_- = \mu_{S,2}^{(\varepsilon_+)} - \sigma_{S,2}^{(\varepsilon_+)} \Phi^{-1} \left(1 - \frac{\alpha}{2} \right), \quad \Delta_+ = \mu_{S,2} + \sigma_{S,2}^{(\varepsilon_+)} \Phi^{-1} \left(1 - \frac{\alpha}{2} \right), \quad \varepsilon_+ \leq \frac{1}{\sqrt{2}}. \end{aligned} \quad (9)$$

Библиографические ссылки

1. Зубков А. М. Серов А. А. Проверка пакета статистических критериев NIST на специальных псевдослучайных последовательностях // Математические вопросы криптографии, 2019, том 10, выпуск 2. С. 89-96.
2. Kharin Yu.S. Parsimonious models of high-order Markov chains for evaluation of cryptographic generators // Математические вопросы криптографии, том 7, выпуск 2. С. 131-142.
3. Палуха В.Ю. Статистические тесты на основе оценок энтропии для проверки гипотез о равномерном распределении случайной последовательности // Весці НАН Беларусі. Серыя фізіка-матэматычных навук. 2017. № 1. С. 79-88.
4. Харин Ю. С. Цепи Маркова с г-частичными связями и их статистическое оценивание // Доклады НАН Беларусі. 2004. Т. 48, № 1. С. 40-44.
5. Харин Ю. С., Мальцев М. В. Применение специальных марковских моделей для оценки качества криптографических генераторов // Комплексная защита информации: материалы XXV научно-практической конференции, Россия, 15-17 сентября 2020 года. С. 224-228.
6. Палуха В. Ю., Харин Ю. С. Статистическое тестирование криптографических генераторов на основе сложной нулевой гипотезы // Теоретическая и прикладная криптография: материалы II Международной научной конференции, Минск, 19-20 октября 2023 г. / Белорусский государственный университет; редколлегия: Ю. С. Харин (гл. ред.) [и др.]. Минск: БГУ, 2023. С. 185-193.

СЕКЦИЯ 8

ПРОЕКТЫ СТУДЕНТОВ И МАГИСТРАНТОВ

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ АДАПТИВНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ БИБЛИОТЕКИ И ЕЁ ПОЛНОЦЕННОЙ МОБИЛЬНОЙ ВЕРСИИ

В. А. Богдан

Спроектирована и внедрена база данных для библиотеки. Реализована регистрация нового пользователя и авторизация уже существующего в системе пользователя. Существуют возможности просмотра всех имеющихся книг и книг по выбранной области, просмотра информации о конкретной книге, бронирования книги, оставления комментария с оценкой книги, ранжирование книг по рейтингу, а также возможность общения с людьми (другими зарегистрированными в системе пользователями), увлекающимися чтением книг в бумажном варианте, обсуждая интересующие темы на онлайн форуме, а также присутствует возможность связаться с библиотекарем.

Ключевые слова: разработка веб-приложений, разработка мобильного приложения, JavaScript, TypeScript, React, React Native, Styled Components, препроцессор SCSS, UI-библиотека Ant Design, база данных Supabase, Git, Github.

Много кто в своей жизни хотя бы раз посетили библиотеку. Особенно в школьные годы при получении и сдаче необходимого для учебы набора книг учащимся нужно посетить библиотеку, а также они могут брать дополнительную художественную литературу для чтения, которую либо задал прочитать учитель, либо это личная инициатива учащихся. А если учитывать уже послешкольные годы, то существуют общественные библиотеки, куда могут приходить не только школьники, но и другие люди.

Однако современный мир не стоит на месте и сейчас существует много электронных книг, аудиокниг, онлайн-книг, книг в электронных и онлайн-библиотеках и просто выложенных в интернет книг. Люди стали предпочитать читать книги с электронных носителей и девайсов, потому что так гораздо быстрее и удобнее добраться до информации, ибо можно не ходить в библиотеку, чтобы взять книгу на руки, а потом ее соответственно отдавать, и не нужно звонить или снова ходить в библиотеку через некоторое время, чтобы продлить время использования и чтения книги. Существует также множество веб и мобильных приложений для личных онлайн библиотек, где можно читать книги в электронном формате онлайн или оффлайн.

Но несмотря на все удобства использования электронных и онлайн-книг, некоторые люди всё ещё предпочитают либо покупать книги, составляя и увеличивая количество книг в своей домашней библиотеке, либо ходить в общественную библиотеку и вполне привычным способом брать книги в личное пользование на некоторое время.

Библиотекари же обычно заполняют и используют или специальные бумажные карточки для каждого читателя, или локальные либо гугл-таблицы, или еще какие-то другие средства. Или может быть другая ситуация, например, когда учет взятых и возвращенных книг администратор или библиотекарь ведет на бумажных карточках, а каталог, по которому читатели выбирают книги, – обыкновенная excel-таблица. В общем, всё это и для всех неудобно.

Задалась вопросом: что, если попробовать сделать весь этот процесс более удобным и как-то его ускорить и улучшить, то есть как можно оптимизировать процесс? И вдохновившись этой идеей, решила воплотить её в жизнь, создав веб-приложение и его полноценную мобильную версию (мобильное приложение) для библиотеки. Оно может быть доступно как на экранах компьютеров, ноутбуков, планшетов и мобильных устройств в качестве веб-приложения (или веб-сайта), а также быстро доступно на мобильных телефонах, ведь последние сейчас есть практически у каждого, поэтому в этом есть изюминка и преимущество приложения. Пользователь в любой момент может получить доступ к системе при условии возможности выхода в интернет.

Таким образом, задача состоит в том, чтобы:

1) изучить технологии разработки веб-приложений и мобильных приложений с помощью JavaScript и React, TypeScript и React Native, а также теорию и способы проектирования базы данных;

2) спроектировать базу данных, используя Supabase, и осуществить их хранение в ней;

3) разработать архитектуры веб-приложения и мобильного приложения;

4) осуществить регистрацию незарегистрированного пользователя, вход неавторизованного пользователя и выход авторизованного пользователя из приложения;

5) получить необходимые данные только в том случае, если пользователь авторизован;

б) на основании полученных данных реализовать:

- просмотр и бронирование книги,
- фильтрацию и сортировку книг,
- поиск книги по названию,
- ранжирование книг по рейтингу,
- оставление комментария и оценки о книге,
- общение на онлайн форуме и синхронизация сообщений текущего пользователя с другими пользователями,
- возможность связаться с другими пользователями.

В процессе разработки были реализованы следующие страницы вместе с соответствующим наполнением: главная страница, страница книги, страница с информацией, страница форума и страница для библиотекаря.

Библиографические ссылки

1. Информационный портал React [Электронный ресурс] / Документация. Электрон. дан. М., 2024. URL: <https://react.dev/> (дата обращения: 30.03.2024)

2. Информационный портал React Native [Электронный ресурс] / Документация. Электрон. дан. М., 2024. URL: <https://reactnative.dev/docs/components-and-apis> (дата обращения: 30.03.2024)

3. Информационный портал Supabase [Электронный ресурс] / Документация. Электрон. дан. М., 2024. URL: <https://supabase.com/docs> (дата обращения: 30.03.2024)

4. Информационный портал JavaScript [Электронный ресурс] / Документация. Электрон. дан. М., 2024. URL: <https://developer.mozilla.org/ru/docs/Web/JavaScript> (дата обращения: 30.03.2024)

5. Информационный портал TypeScript [Электронный ресурс] / Документация. Электрон. дан. М., 2024. URL: <https://www.typescriptlang.org/> (дата обращения: 30.03.2024)

6. Информационный портал SCSS [Электронный ресурс] / Документация. Электрон. дан. М., 2024. URL: <https://sass-scss.ru/> (дата обращения: 30.03.2024)

7. Информационный портал Styled Components [Электронный ресурс] / Документация. Электрон. дан. М., 2024. URL: <https://styled-components.com/> (дата обращения: 30.03.2024)

8. Информационный портал Supabase [Электронный ресурс] / Документация. Электрон. дан. М., 2023. URL: <https://supabase.com/docs> (дата обращения: 30.03.2024)

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ФИНАНСОВОЙ СТАТИСТИКИ

С. Ю. Борисов

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, tmf.borisovsy@bsu.by Научный руководитель: Е. В. Кремень,
кандидат физико-математических наук, доцент*

Разработано веб-приложение для ведения финансовой статистики. Для оптимизации работы клиентского приложения использована технология серверного рендеринга. Для ускорения выбора данных за определенный период времени использовано секционирование (partitioning). Дополнительно, во избежание дополнительных повторных расчетов, используется система кеширования на основе Redis.

Ключевые слова: серверный рендеринг; секционирование данных; система кеширования; финансовая аналитика.

Зачастую человеку нужен удобный инструмент для ведения своей финансовой статистики: расходов, доходов. Кому-то достаточно Excel-таблицы, а кому-то неудобно настраивать все, и он хочет видеть отчеты за долгое время в виде интерактивных графиков. По сути, приложений, предоставляющих такое достаточно много, однако им свойственно наличие различного рода рекламы и т. п.

После регистрации и авторизации в приложении пользователю предоставляется возможность записывать свои расходы/доходы (транзакции), заполняя всю необходимую информацию: валюту (реализована поддержка различных валют с использованием обменного курса на текущий момент времени), описание траты/дохода, категории траты/дохода и т. п. После пользователь может просматривать историю своих транзакций, обобщенную по периоду статистику в виде графика и дополнительных плиток, удалять транзакции.

Дополнительной возможностью является возможность использования событий для автоматического создания транзакций. Так, например, можно создать автоматический расход, например, на оплату какой-то ежемесячной (ежегодной, ежедневной) услуги, и в выбранный период транзакция будет создана в автоматическом режиме. Это позволяет не тратить лишнее время на рутинное заполнение информации о расходе, например, каждый день.

Для создания клиентской части приложения были выбраны React, Next.JS и Zustand для максимальной скорости работы, отзывчивости интерфейсов и удобства разработки и поддержки приложения. Использование Next.JS позволяет использовать механизм серверного рендеринга (а также статической генерации страниц), которое ускоряет загрузку приложения.

Для создания серверной части приложения была выбрана программная платформа Node.js, в качестве фреймворка для разработки сервера – Nest.js, в качестве базы данных – PostgreSQL. Кроме того, для обеспечения кеширования использована база данных «ключ-значение» Redis.

Приложение использует сторонний API (Национальный банк Республики Беларусь) для получения курсов валют, поэтому для создания расходов может быть использованы различные валюты: BYN, USD, EUR, что может быть полезно при учете в расходах, например, подписок на различные сервисы.

Стоит отметить механизм, использованный для обеспечения скорости выборки данных за различные периоды: в приложении можно выбрать произвольный период. Секционирование – метод разделения больших таблиц на много маленьких, происходящий прозрачным для приложения способом. В данном случае применено горизонтальное секционирование по дате.

В

задачах данного приложения был использован подход с добавлением в таблицу базы данных дополнительного числового поля, которое будет выражать период, когда эта запись создана. Так, например, для даты 10 марта 2024 соответствующее значение столбца будет 20240310. В таком случае запрос к периоду 10 марта 2024 года – 17 марта 2024 года будет включать в себя те записи, где значение колонки (привычное название – partition) будет больше либо равно 20240310 и меньше либо равно 20240317, что гораздо быстрее, чем, например, сравнивать даты. К тому же, такой формат записи даты позволяет, например, проводить группировку: по дню (то есть по колонке partition), по месяцу (то есть по колонке, разделенной на 100), по году (то есть по колонке, разделенной на 10000).

Для сравнения, на базе, в которой есть 1 млн записей за разные даты, двумя разными способами: с помощью встроенного типа datetime и колонки created_at, с помощью дополнительной колонки partition:

1. Группировка по дню, сумма доходов
 - a. Колонка created_at: 0.42 с.
 - b. Колонка partition: 0.17 с.
2. Группировка по месяцу и году, сумма доходов
 - a. Колонка created_at: 0.30 с.
 - b. Колонка partition: 0.16 с.
3. Группировка по году, сумма доходов
 - a. Колонка created_at: 0.22 с.
 - b. Колонка partition: 0.16с.

Как можно понять из примеров производительности, в большинстве примеров добавление секционирования выигрывает по скорости. К тому же, так гораздо проще описывать необходимую выборку, ибо это более декларативно.

Система кеширования в приложении также позволяет грамотно расходовать ресурсы сервера. Например, если человек запросит статистику по заданному периоду, она будет добавлена в Redis, чтобы в течение следующих 30 минут (стандартный интервал) не было необходимости пересчета.

В дальнейшем приложение можно дополнить созданием команд (организаций) для объединения нескольких пользователей приложения (например, небольшой компании) с возможностью настройки доступов для создания доходов/расходов и т. п. Также можно улучшить систему кеширования, например, давние периоды можно не пересчитывать более долгий период времени, так как изменения в них могут случиться только в случае удаления транзакций.

Библиографические ссылки

1. Документация Next.js [Электронный ресурс] / Vercel. Inc. URL: <https://nextjs.org/docs> (дата обращения: 05.04.2024).
2. Документация СУБД PostgreSQL [Электронный ресурс] / The PostgreSQL Global Development Group. URL: <https://www.postgresql.org/docs> (дата обращения: 05.04.2024).
3. Документация Nest.js [Электронный ресурс] / MIT by Kamil Mysliwiec. URL: <https://docs.nestjs.com> (дата обращения: 05.04.2024).

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДЛЯ МЭТЧИНГА ДАТАСЕТОВ

А. С. Буримский

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, leha.burimskiy.05@gmail.com
Научный руководитель – И. М. Галкин, кандидат физико-математических наук, доцент*

В работе представлена разработка модели мэтчинга датасетов. Основным результатом является модель, которая сопоставляет одинаковые сущности в различных данных.

Ключевые слова: метод KNN, косинусное сходство, линейная регрессия, мэтчинг датасетов.

Введение

В современном мире, где данные играют ключевую роль в принятии стратегических решений, задача сопоставления (мэтчинг) датасетов становится все более актуальной и востребованной. Мэтчинг данных представляет собой процесс сопоставления информации из различных источников. Это позволяет компаниям, исследователям и аналитикам извлекать ценные инсайты, делать точные прогнозы и принимать обоснованные решения на основе полной и точной информации. В данной работе была разработана модель, которая сопоставляет два датасета с информацией о продаже автомобилей.

Цель работы

Основной целью данной работы является разработка модели для мэтчинга двух датасетов, которая будет способна точно определять соответствие между записями из двух наборов данных.

Задачи работы

1. Изучение методов мэтчинга данных: ознакомление с основными подходами и алгоритмами, используемыми для сопоставления записей в различных датасетах.
2. Разработка модели подбора кандидата на основе метода ближайших соседей (KNN): создание алгоритма, способного находить ближайших соседей для каждой записи из одного датасета в другом на основе косинусного сходства строковых данных.
3. Реализация линейной регрессии для определения соответствия записей: разработка модели, которая на основе косинусного сходства между двумя ближайшими соседями принимает решение о сопоставлении записей из двух датасетов.
4. Анализ результатов и выводы.

Изучение мэтчинга данных

В начале работы проводился обзор различных источников по методам мэтчинга данных. Основной задачей было понять различные методы решения задачи сопоставления данных. Были рассмотрены такие методы, как метод ближайших соседей в качестве подбора кандидатов, а также линейная регрессия в качестве решающей модели для сопоставления.

Разработка модели подбора кандидата на основе метода ближайших соседей (KNN)

Первым шагом в реализации модели мэтчинга стало написание модели подбора кандидата. В качестве модели был выбран метод KNN, так как он прост в реализации и эффективен на небольших наборах данных. В качестве метрики расстояния было использовано косинусное сходство, так как оно хорошо подходит для работы с текстовыми данными. Так как для мэтчинга важен лишь ближайший кандидат, в реализации KNN проводился поиск лишь одного ближайшего соседа, который становился кандидатом на матч. Отдельно стоит отметить, что в

реализации KNN использовались не все поля для расчета расстояния между записями, а лишь небольшое количество, которые содержали в себе самую важную информацию о машине.

Реализация линейной регрессии для определения соответствия записей

В качестве модели для определения, являются ли две записи матчем, была выбрана линейная регрессия. Она работает по простому принципу: если приходящее значение расстояния выше некоторого порога, то считается, что это две разных записи. Если же значение расстояния меньше порога, то считается, что это одна и та же запись. Основная проблема в реализации линейной регрессии – это подбор порога, который был выбран исходя из точности модели на обучающем наборе данных.

Анализ результатов и выводы

Процесс оценки точности модели заключался в запуске модели на наборе тестовых данных. Модель показала высокую точность работы, однако была достаточно медленна, несмотря на то что объем данных был небольшим. В будущем хотелось бы улучшить скорость модели.

Результаты работы

1. Изучены различные методы мэтчинга данных.
2. Разработана модель подбора кандидатов на основе метода KNN.
3. Реализована линейная регрессия для определения соответствия записей.
4. Результаты работы модели были проанализированы и сделаны соответствующие выводы.

Перспективы развития

Основной перспективой развития модели является ускорение ее работы. В качестве одного из вариантов ускорения рассматривается замена метода KNN на метод ANN. Метод ANN позволяет ускорить поиск соседей за счет потери точности. Другими словами, ANN найдет не обязательно ближайшего соседа, однако сделает это быстрее. В зависимости от обстоятельств с помощью ANN можно найти баланс между скоростью работы модели и ее точностью.

Библиографические ссылки

1. Raschka S. Python Machine Learning. Birmingham, 2017. 595 с.

РАЗРАБОТКА БЕЛОРУССКОЙ ИНТЕРНЕТ-ПЛОЩАДКИ «ADING» ДЛЯ МАРКЕТОЛОГОВ: НЕОБХОДИМОСТЬ И ПРЕИМУЩЕСТВА

Т. А. Бучилко¹⁾, Д. А. Дмитриева²⁾, Р. А. Криштопенко³⁾, Е. С. Ланец⁴⁾, А. А. Цихун⁵⁾,
А. Н. Саевец⁶⁾ А. С. Сверлов⁷⁾

¹⁾ *Белорусский государственный экономический университет,
пр. Партизанский, 26, 220070, г. Минск, Беларусь, busilkotana66@gmail.com*

²⁾ *Белорусский государственный экономический университет,
пр. Партизанский, 26, 220070, г. Минск, Беларусь, diasha.1908@gmail.com*

³⁾ *Белорусский государственный экономический университет,
пр. Партизанский, 26, 220070, г. Минск, Беларусь, luna.xahaha@gmail.com*

⁴⁾ *Белорусский государственный экономический университет,
пр. Партизанский, 26, 220070, г. Минск, Беларусь, katelanets@gmail.com*

⁵⁾ *Белорусский государственный экономический университет,
пр. Партизанский, 26, 220070, г. Минск, Беларусь, tsikhunnastya1@gmail.com*

⁶⁾ *Научный руководитель, кандидат экономических наук, доцент*

⁷⁾ *Научный руководитель, кандидат экономических наук, доцент*

Разработана концепция белорусской интернет-платформы для маркетологов. Опрос потенциальных пользователей показал необходимость создания подобной белорусской платформы. Проведён анализ рынка Республики Беларусь в данной сфере, по результатам которого выявлено рыночное окно. В процессе исследования использованы такие методы анализа, как PEST, SWOT, пять конкурентных сил Портера, модель Громовой и Герасимовой.

Ключевые слова: белорусская интернет-платформа; маркетинг; целевая аудитория; SWOT-анализ; пять сил Портера; PEST-анализ.

В современном мире маркетингу отводится значительная роль в развитии и продвижении любой организации. В Республике Беларусь также прилагают не мало усилий в этом направлении, особенно использования Интернета. Однако до настоящего времени еще нет качественных белорусских платформ, позволяющих маркетологам реализовываться, получать новые данные и информацию, повышать свой уровень, без использования сторонних приложений и сайтов.

Для обоснования необходимости и возможности разработки белорусской интернет-платформы для маркетологов нами было проведено исследование в форме онлайн-опроса в период с 15.03.2024 по 25.03.2024. Респондентами выступили студенты факультета маркетинга и логистики БГЭУ, проживающие в г. Минске, и преподаватели кафедр маркетинга. Выборка составила 153 человека.

По результатам опроса выявлено, что 74,6% респондентов не используют существующие платформы для маркетологов, а 85,7% респондентов считают, что существует слишком мало маркетинговых платформ. В качестве примеров белорусских платформ респонденты приводят АКМА и Belretile, но чаще всего отвечают, что не знают таких примеров. При этом все респонденты высказались за создание белорусской платформы для маркетологов. По мнению респондентов, на платформе должны быть следующие функции:

- чаты с другими пользователями – 61,9% респондентов;
- маркетинговые новости – 90,5%;
- статьи – 71,4%;
- афиша мероприятий – 90,5%;
- возможность консультации с гуру маркетинга – 58,7%;
- вакансии, отзывы на работодателей – 1,6%.

Также нами был проведён SWOT-анализ, в результате которого выявлены *сильные стороны* идеи создания данной платформы:

- отсутствие прямых конкурентов в Республике Беларусь;
- широкий функционал, который включает все необходимое для специалистов в сфере маркетинга и по результатам опроса устраивает 80% целевой аудитории;
- объединяет как специалистов с опытом, так и новичков в этой сфере;
- удобный интерфейс, все собрано в одном месте (мероприятия, новости, статьи, коммуникация с людьми);
- доступно как бесплатное использование, так и за определённую плату.

Определены и *слабые стороны*: ограниченный бюджет на продвижение в первый год реализации проекта; риск ошибок и сбоев в приложении и на сайте; весомые затраты на обслуживание сайта и приложения; недоверие со стороны потенциальных партнёров на стадии выхода на рынок.

К *возможностям*, исходя из анализа, можно отнести:

- расширение функций на площадке;
- создание розыгрышей, викторин, акций;
- совершенствование фирменного стиля;
- охват всего рынка, в связи с отсутствием конкурентов;
- выход на международный уровень (в первую очередь страны СНГ).

В *качестве угроз определены*: появление на рынке новых конкурентов; появление новых законодательных актов, регулирующих данную сферу; хакерские атаки на платформу; понижение уровня жизни населения; рост затрат в отрасли.

По результатам PEST-анализа выявлена *правовая составляющая*, сказывающаяся на создании и внедрении платформы, куда можно отнести: Закон Республики Беларусь «О защите персональных данных» 99-3 от 07.05.2021, Закон Республики Беларусь «Об информации, информатизации и защите информации» от 10 ноября 2008 г. № 455-3, Закон Республики Беларусь «Об авторском праве и смежных правах» от 17 мая 2011 г. № 262-3 и Закон Республики Беларусь «О защите прав потребителей» от 9 января 2002 г. № 90-3 (в редакции 2008г.) [1].

Также данный анализ позволил определить *экономическую составляющую*, а именно: экономическая стабильность привлекаемых к сотрудничеству партнёров; рост доходов специалистов-маркетологов; рост стоимости ресурсов для технического обслуживания платформы; высокая доступность кредитов; ВВП на душу населения в 2022 году – 6217 USD; уровень занятости населения Республики Беларусь в 2023 г. составил 67,7%; годовой прирост потребительских цен в Беларуси в августе 2023 г продолжил замедляться и составил 2,3% [2].

Социо-культурная составляющая включает в себя ряд факторов, таких как: снижение качества жизни населения (санкции); миграция населения (за последние два года до 172 тыс. чел.); всплеск на рынке маркетологов; популярность маркетинга; средний возраст белоруса в 2023 году составляет 41,2 года; повышение уровня образования: высшее образование имеют порядка 18% граждан, еще 26% – среднее специальное; доля населения с уровнем ниже бюджета прожиточного минимума в Беларуси в 2023 году снизилась до 3,6% – это около 330 тысяч человек.

К технологической составляющей отнесены:

- высокое влияние интернета и мобильных технологий на отрасль маркетинга;
- стремительное развитие инструментов digital-маркетинга: контент-маркетинг, Email-маркетинг, SMM, Таргетированная реклама в социальных сетях, контекстная реклама, использование метавселенной;
- развиваются технологии дополненной и виртуальной реальности;
- голосовой поиск, отказ от cookie и акцент на конфиденциальность, искусственный интеллект и машинное обучение, короткие видео;

– увеличение ценности SEO и email-маркетинга, рост роли CRM-систем в сборе информации о клиентах.

При проведении анализа «5 конкурентных сил Портера» выявлена слабая степень влияния имеющихся конкурентов, поставщиков и потребителей, достаточно высокая степень влияния угрозы появления товаров-заменителей и высокая степень влияния угрозы появления новых игроков. Результаты анализа представлены в следующей таблице.

Анализ пяти конкурентных сил Портера

	Оценка наличия	Оценка негативного влияния	Возможности парирования	Итоговый рейтинг
Имеющиеся конкуренты	Прямых конкурентов нет. Оценка 9	Негативное влияние практически отсутствует. Оценка 8	В парировании нет особой необходимостью. Оценка 8	9
Угроза появления новых игроков	Нет барьеров для входа на рынок, есть вероятность появления конкурентов. Оценка 5.	Появление новых игроков снизит рентабельность Ading. Оценка 5.	Добавление новых функций в приложение. Оценка 6.	4
Угроза появления товаров-заменителей	Достаточно высокая. Оценка 7	Потенциальные клиенты могут отказаться от Ading в пользу других приложений из-за возможных ненужных функций. Оценка 6	Наличие базового и премиум-пакетов для возможности использовать разные функции. Оценка 7	6
Власть поставщиков	Власть достаточно высокая, так как не каждая организация захочет сотрудничать с «новичками». Оценка 7	В связи с наличием достаточно высокой власти прибыль Ading зависит от желания компаний сотрудничать с приложением. Оценка 8	Привлечение компаний к сотрудничеству путём предоставления целевой аудитории, удобных функций приложения. Оценка 6	9
Власть потребителей	Достаточно высокая концентрация. Оценка 7	Потребители могут пользоваться несколькими приложениями или платформами, вместо Ading. Оценка 8	Привлечение потребителей путём проведения бесплатных вебинаров, также приглашения работы маркетологам от компаний, с которыми сотрудничает Ading. Оценка 6	9

Потенциальным и основным конкурентом является Ассоциация Коммуникационных и Маркетинговых Агентств – профессиональное объединение компаний, работающих в индустрии маркетинговых коммуникаций, креатива, digital, брендинга и медиа-инноваций. Целе-

вая аудитория данной организации – это бренды, уделяющие внимание маркетинговому продвижению; люди, разрабатывающие стартапы и проекты, презентующие их на фестивалях и ярмарках. При этом возраст и пол не имеют значения.

АКМА делает упор на проведение и освещение маркетинговых мероприятий, проектов, фестивалей и ярмарок; составляет рейтинги организаций; проводит тендеры в области креатива, брендинга, дизайна. Ассоциация является партнёром АКАР, РАМУ, АБКР, Китайской Ассоциацией Рекламы (САА) [3].

В настоящее время прослеживается недостаточность ресурсов, на которых можно осуществлять поиск необходимой маркетинговой информации и выполнять поставленные задачи. В этой связи нами предлагается разработать белорусскую интернет-платформу «Ading» для маркетологов.

Проект «Ading» предполагает первую в Беларуси и уникальную платформу, совмещающую в себе большое количество всех необходимых функций, позволяющую обмениваться опытом в сфере маркетинга, проводить встречи и мероприятия как online, так и offline; общение в личных чатах; размещение информации о маркетинговых мероприятиях отечественных производителей; публикацию новостных статей о национальном и зарубежных рынках по теме маркетинга.

Целевая аудитория для данной платформы может быть разделена на два сегмента: студенты 17-22 лет, обучающиеся профессии маркетолога, и специалисты от 23 лет и старше, развивающиеся в области маркетинга. Процентное соотношение сегментов: 35% и 65% соответственно. Также по модели Громовой-Герасимовой выделены «независимые», предпочитающие свободу, движение и самосовершенствование, и «карьеристы», для которых важна власть и всё, что с ней связано.

Потребность, которую призвано удовлетворить приложение, – использование площадки с высокой степенью доверия к организаторам и участникам со всей необходимой информацией и функциями. Миссия платформы – объединить маркетологов Беларуси с помощью данного проекта, дать возможность обмениваться опытом и знаниями в сфере маркетинга. Преимущество платформы можно разделить на экономические, социальные и технические.

Экономические: повышение квалификации сотрудников, приобретение опыта и развитие идей, позволит привести к разработке нового или инновационного продукта для удовлетворения нужд и потребностей потребителей на рынках сбыта, выход на новые рынки сбыта; повышение узнаваемости белорусских брендов, товаров и услуг; конечная цель – прибыль организации, увеличение продаж и, как следствие, улучшение экономической ситуации в стране.

Социальные: обсуждение тем социально-этичного маркетинга в рекламе, коммуникациях с аудиторией.

Технические: мобильность платформы; быстрый поиск информации; удобное мобильное приложение; взаимодействие с пользователем в любое время; удобный интерфейс; возможность отправлять мгновенные уведомления пользователям.

Платформа позволит решить следующие задачи: поиск квалифицированных специалистов и укомплектование штата в сфере маркетинга, повышение осведомлённости о тенденциях в области современного маркетинга, обмен опытом и решение вопросов, возникающих в процессе работы, быстрый поиск объявлений о маркетинговых мероприятиях и вакансиях, повышение качества коммуникации.

В результате систематизации и анализа множества информации, оценки тенденций развития интернета, можно сделать вывод, что разработка белорусской интернет-платформы «Ading» для маркетологов обладает большим потенциалом. Проведенные исследования позволили определить рыночное окно и необходимость удовлетворения потребности целевой аудитории в развитии технологий маркетинга. Причины доверять платформе – вся информа-

ция проверяется и находится в открытом доступе, сотрудничество производится только с проверенными компаниями. Выгоды от использования данной платформы – уникальность, развитие себя в сфере маркетинга, поиск квалифицированного персонала.

Статья подготовлена в рамках исследований, проводимых в СНИЛ «Поиск» УО БГЭУ

Библиографические ссылки

1. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. Минск, 2024. URL: <https://pravo.by/> (дата обращения: 20.03.2024).

2. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь. Минск, 2024. URL: <https://www.belstat.gov.by> (дата обращения: 20.03.2024).

3. Официальный сайт Ассоциации Коммуникационных и Маркетинговых Агентств [Электронный ресурс] / Ассоциация Коммуникац. и Маркет. Агентств. Минск, 2024. URL: <https://association.by/> (дата обращения: 25.03.2024).

ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВИДЕОХОСТИНГА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ФЕДЕРАТИВНЫХ СЕТЯХ

В. А. Быстрова

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, veronikabystrova94@gmail.com
Научный руководитель: И. С. Войтешенко, кандидат технических наук, доцент*

В данной работе рассматривается создание децентрализованного видеохостинга, основанного на пиринговых сетях, для применения в рамках федеративной социальной сети. Проводится сравнение подходов сети доставки контента (CDN) и пиринговой сети при их использовании для передачи видео в федеративной социальной сети.

Ключевые слова: федеративная сеть; децентрализованная социальная сеть; пиринговая сеть; WebTorrent; CDN.

Социальные сети стали неотъемлемой частью повседневной жизни людей. Они постоянно совершенствуются, и предлагаются новые подходы к их построению. Так, в качестве альтернативы централизованным сетям появились федеративные сети. В них акцент поставлен на конфиденциальность данных пользователей, независимость от единых центров, противодействие централизованной цензуре и навязчивой рекламе, возможность доступа к ним из различных пользовательских приложений. Федеративные сети активно развиваются и набирают популярность. Так, для сети Fediverse количество пользователей с 2022 г. до начала 2024 г. увеличилось с 3,5 млн. до 13 млн. [1].

Задачи настоящей работы: создать прототип федеративной сети, использующей децентрализованный протокол ActivityPub; в рамках прототипа сети реализовать децентрализованный видеохостинг; выяснить, какая структура веб-приложения позволит наиболее эффективно и с наименьшими затратами передавать видео.

Традиционным подходом для передачи видео по сети является использование сети доставки контента (Content Delivery Network, далее CDN). CDN представляет собой географически распределенную инфраструктуру, которая обеспечивает эффективную передачу ресурсов пользователям веб-сервисов.

При прямой передаче по сети, без использования дополнительных механизмов, данные, хранящиеся на сервере данного веб-сайта, могут проходить большие расстояния прежде чем достичь пользователя. Из-за этого большим файлам, таким как изображения или видео, необходимо время для загрузки. В следствии чего, увеличивается время ожидания и ухудшается отношение пользователя к сети.

Решением данной проблемы является использование CDN. Рассмотрим принцип работы. Предположим, что веб-сайт находится в зависимости от услуг CDN-провайдера, который управляет сетью серверов, размещенных в различных географических регионах. Эти серверы специализируются на распределении различных видов контента. Пользователь отправляет запрос на сервер для получения видео, в ответ сервер отправляет необходимые данные. Кроме того, он параллельно высылает копию данных на дополнительные серверы, которые географически ближе находятся к конечному пользователю. Здесь данные кэшируются, и при следующем запросе пользователь этого региона получит контент гораздо быстрее.

Как итог, к преимуществам CDN можно отнести следующее: сокращение времени задержек и увеличение скорости доставки, снижение нагрузки на исходный сервер, улучшение защиты данных.

Рассмотрим возможность использования CDN в федеративных сетях, в частности в децентрализованном видеохостинге. По своей структуре федеративные сети представляют совокупность независимых социальных сетей, которые посредством использования одинаковых протоколов могут общаться друг с другом.

Первая проблема, которая может возникнуть при использовании CDN в таких сетях, связана с тем, что каждое приложение действует независимо. Это означает, что каждый пользователь может запустить свой собственный сервер с собственной инфраструктурой, начиная от имени и домена приложения и заканчивая базой данных. С другой стороны, возможность использовать CDN представляют различные провайдеры, такие как Azure, Amazon и другие, и решение о том, использовать CDN или нет, остается на усмотрение каждого сервера.

Вторым недостатком является стоимость, связанная с использованием сторонних провайдеров CDN.

CDN прежде всего ускоряет передачу видео за счет распределенности серверов по географическому принципу. В централизованных сетях обычно существует один основной сервер, но при использовании CDN сеть распределяется по разным узлам. Однако, федеративные сети изначально являются децентрализованными, что делает использование CDN избыточным.

По сравнению с CDN пиринговые сети используют преимущества децентрализованных сетей для осуществления эффективной передачи видео.

Пиринговая сеть, или одноранговая сеть (peer-to-peer), относится к категории систем и приложений, которые используют распределенные ресурсы для выполнения различных функций и задач без централизованного управления. Главным примером использования пиринговых сетей является протокол BitTorrent, который позволяет обмениваться пользователям большими файлами.

Пиринговые сети состоят из узлов, которые называются пирами (peer), каждый из которых выступает не только в роли клиента, но и в роли сервера. Такие сети распределяют нагрузку между узлами, что позволяет им предоставлять и потреблять ресурсы внутри сети без необходимости в централизованном сервере.

К преимуществам можно отнести отказоустойчивость и масштабируемость. За счет участия большого количества узлов повышается производительность и мощность. С другой стороны, если один из участников отключится от сети, это существенно не повлияет на ее работу.

Однако, пиринговые сети будут эффективнее при использовании большего числа активных узлов. В противном случае, преимущества сети могут стать недостатками.

Для использования пиринговых сетей в браузере существует библиотека WebTorrent[2] на языке программирования JavaScript, которая комбинирует возможность протоколов BitTorrent и WebRTC для передачи данных напрямую между веб-браузерами.

Таким образом, можно сделать вывод, что пиринговые сети имеют явное преимущество над CDN для использования в федеративных сетях. Созданный видеохостинг на основе пиринговой сети обеспечивает высокое качество передачи видео, повышает масштабируемость, отказоустойчивость и производительность путем распределения нагрузки между серверами.

Библиографические ссылки

1. Fediverse сайт федеративной сети [Электронный ресурс]. URL: <https://fediverse.party> (дата обращения: 28.03.2024).
2. WebTorrent Documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://webtorrent.io/docs> (дата обращения: 28.03.2024).

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОЙ АДАПТИВНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ БИЗНЕСА В СФЕРЕ ПОДБОРА КОМПЛЕКТУЮЩИХ

С. А. Вельченко, Т. А. Лядинский

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, velchenkosa@bsu.by, mmf.lyadinsk@bsu.by*

Разработана платформа, с помощью которой можно автоматизировать нахождение нужных комплектующих для персональных компьютеров, для разных пользователей под разные потребности. Проанализированы рынки комплектующих и программ для актуализации темы. Определены стейкхолдеры для моделирования системы. Подготовлена архитектура платформы для создания условий по расширению сервиса и гибкости использования сервисов.

Ключевые слова: интерактивная платформа; веб-разработка; паттерны проектирования; микро-сервисы; веб-приложение

В настоящее время многие сферы жизни завязаны на использование компьютеров, начиная от подготовки докладов по истории школьниками, заканчивая крупными промышленными предприятиями, на которых ведутся расчеты данных или разрабатывается узко специализированное программное обеспечение. Даже в сфере искусства персональный компьютер играет большую роль, позволяя создавать масштабные кинокартины или записывать музыкальные композиции. И основную трудность, и лишние затраты составляет подбор компьютера, который бы отвечал требованиям заинтересованных в нем лиц, начиная от простых пользователей, которые в компьютере ищут развлечение, но им нужно максимально точно и выгодно приобрести комплектующие, заканчивая бизнесом, для которого нужен компьютер, стоимость которого можно наилучшим способом амортизировать и тем самым увеличить доходность, уменьшив затраты, в том числе и на специализированные подборы.

После анализа стейкхолдеров и их потребностей, решался технический вопрос системы. В качестве подхода к архитектуре сервисов был выбран паттерн MVC – Model-View-Controller. Он наиболее точно описывает то, как сервисы на платформе будут работать и взаимодействовать. За основу была выбрана микросервисная архитектура, так как нам нужно добиться наилучшей расширяемости и гибкости платформы [2]. Это позволяет максимально разделить задачи, которые сервисы будут выполнять независимо, заодно понизив связность. За основу разработки был выбран Spring Framework, который отличается широким спектром компонентов, которые позволяют легко реализовывать требуемые фишки сервисов [1, 3]. В качестве языка программирования выступают два представителя семейства JVM-языков – Java и Kotlin. Основным приоритет при разработке был отдан Java, за лучшую читаемость, быстродействие, возможности простой и удобной работы из разных средств разработки и наличие оригинальной документации по вопросам связанных со Spring Framework. Вся работа была проделана в рамках дипломного проекта.

В ходе подготовки требований и изучения рынка было решено разработать четыре сервиса, связанных с моделями, которые будут использоваться при расчете подходящих комплектующих. Сервис комплектующих, содержащий актуальную информацию по доступным деталям для компьютера, с актуальными ценами и легкой доступностью к приобретению; сервис производительности отдельных комплектующих, для составления картины, лучше-хуже, сравнить производительность и предложить лучший вариант, в том числе в соотношении цена-качество; сервисы по хранению данных об требованиях рабочих программ и игр, на основе

которых и будет подбираться подходящие детали, чтобы соответствовать требованиям пользователей которые должны быть выполнены. В качестве расширения в будущем, при появлении большой пользовательской базы, найдется место сервисам отзывов и оценкам комплектующих, что позволит конфигурировать компьютеры лучшими комплектующими на рынке и сервис унификации с помощью тегов, согласно которым при меньшей настройке можно будет быстро в автоматическом режиме сконфигурировать компьютер, на основе имеющихся данных под определенные сценарии использования пользователями.

Итогом всего является интерактивная адаптивная платформа, которая позволяет по заданным параметрам, в автоматическом режиме предложить лучший вариант персонального компьютера под задачи и потребности пользователя, с актуальными ценами на эти самые комплектующие. Микросервисная архитектура позволит легко расширить функционал приложения в будущем, добавляя новые сервисы, которые расширят функционал приложения, проводить анализ выполняемой работы и адаптировать приложение под современные требования разработки программного обеспечения с применением современных методик и паттернов [2, 3]. Сама платформа может легко продвигаться в интернете и собирать опыт первых пользователей, который даст старт для будущего улучшения.

Библиографические ссылки

1. Уоллс К. Spring в действии 6 изд. / пер. с англ. А. Н. Киселева. М.: ДМК Пресс, 2022. 544 с.
2. Микросервисы Spring в действии / пер. с англ. А. Н. Киселева. М.: ДМК Пресс, 2022. 490 с.
3. Spring Framework Documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://spring.io/>

ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЕ СЕРВИСА АРЕНДЫ АВТОМОБИЛЕЙ

Д. А. Веснов

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, mainbodyart@gmail.com
Научный руководитель: Вельченко Сергей Александрович, старший преподаватель.*

Мобильное приложение сервиса аренды авто для Android предоставляет удобный доступ к широкому выбору автомобилей для аренды в Республике Беларусь. Пользователи могут легко находить и бронировать автомобили через приложение, выбирая из различных моделей и параметров. Функция дополненной реальности позволяет оценить автомобиль перед арендой. Приложение также обеспечивает удобный поиск и доступ к службе поддержки для решения вопросов пользователей.

Ключевые слова: мобильное приложение; аренда автомобилей; дополненная реальность; взаимодействие с клиентами; рассылка на mail; пользовательский опыт.

Введение

С развитием технологий и увеличением мобильности населения услуги аренды автомобилей становятся все более значимыми и востребованными. Современные потребители ожидают не только удобства и оперативности, но и инноваций, которые делают процесс аренды более интересным и эффективным. В этой связи разработка мобильных приложений для аренды автомобилей, включающих передовые технологии, такие как дополненная реальность, играет ключевую роль в обеспечении удовлетворения потребностей современного пользователя.

Цель работы

Целью данной работы является разработка и реализация мобильного приложения для Android, которое предоставляет услуги по аренде автомобилей с использованием передовых технологий и методов разработки. Основными задачами в рамках данной работы являются:

1. Создание мобильного приложения с интуитивно понятным интерфейсом для удобной и быстрой аренды автомобилей.
2. Интеграция функции дополненной реальности (AR), позволяющей пользователям просматривать модель выбранного автомобиля перед арендой.
3. Обеспечение удобного взаимодействия с клиентами, включая функционал отправки уведомлений по электронной почте при оформлении заказа и обратной связи от пользователей.
4. Использование передовых технологий, таких как база данных Firebase, для надежного хранения и управления данными.

Функциональность приложения

Мобильное приложение для аренды автомобилей предлагает широкий спектр функциональности, чтобы обеспечить максимальное удобство и удовлетворение потребностей клиентов. Основными функциями приложения являются:

1. Выбор автомобиля: Пользователи могут выбирать из разнообразных моделей автомобилей, учитывая их предпочтения и потребности.
2. Дополненная реальность (AR): Функция AR позволяет пользователям увидеть выбранный автомобиль на улице перед арендой, что помогает им принять более осознанное решение.
3. Удобное оформление заказа: Приложение обеспечивает простой и быстрый процесс оформления заказа, включая интеграцию с платежными системами и отправку уведомлений по электронной почте для подтверждения заказа.

4. Обратная связь и поддержка: Пользователи могут оставлять отзывы и задавать вопросы через приложение, обеспечивая оперативное взаимодействие с клиентами и повышая качество обслуживания.

5. Поиск автомобилей: Пользователи могут использовать функцию поиска для быстрого и удобного нахождения подходящего автомобиля. Поиск осуществляется по различным критериям, таким как марка, модель, тип кузова, год выпуска и другие параметры.

6. Фильтрация по параметрам: Также приложение предлагает разнообразные фильтры, которые позволяют пользователям уточнить свой выбор в соответствии с их предпочтениями. Эти фильтры могут включать в себя параметры, такие как тип топлива, объем багажника, наличие дополнительного оборудования и другие характеристики.

Преимущества и конкуренты

Преимущества:

1. Функция дополненной реальности: Уникальная возможность просмотра 3D-моделей выбранных автомобилей на улице перед арендой позволяет пользователям более осознанно выбирать подходящий автомобиль.

2. Удобный поиск и бронирование: Интуитивно понятный интерфейс приложения и быстрый процесс бронирования делают использование приложения максимально удобным для пользователей.

3. Служба поддержки: Предоставление круглосуточной поддержки, готовая помочь пользователям в решении любых вопросов или проблем, связанных с арендой автомобилей.

4. Широкий выбор автомобилей: Приложение предлагает доступ к разнообразным моделям автомобилей как национальных, так и международных производителей, обеспечивая пользователям максимальный выбор.

Конкуренты:

1. Zircar: Один из крупнейших мировых сервисов по аренде автомобилей. Приложение превосходит Zircar в доступности функции дополненной реальности, что позволяет пользователям более полноценно оценить автомобиль перед арендой.

2. Turo: Платформа для аренды автомобилей у частных лиц. Приложение обеспечивает более широкий выбор автомобилей от официальных арендных компаний и имеет более удобный интерфейс.

Перспективы развития

В долгосрочной перспективе проект имеет потенциал для расширения и улучшения, включая следующие аспекты:

1. Повышение точности AR: Будет совершенствоваться функция дополненной реальности, чтобы обеспечить максимально реалистичный просмотр автомобилей.

2. Персонализированные рекомендации: Разработка и внедрение искусственного интеллекта для анализа предпочтений пользователей и предложения наиболее подходящих вариантов автомобилей.

3. Расширение партнерской сети: Планируется расширение сети партнеров, чтобы предоставить пользователям доступ к ещё большему выбору автомобилей и дополнительным услугам.

4. Улучшение интерфейса и пользовательского опыта: Будет проводиться постоянная работа над улучшением интерфейса приложения и обратной связью от пользователей, чтобы сделать процесс аренды автомобилей ещё более интуитивно понятным и удобным.

Библиографические ссылки

1. Developers [Electronic Resource]. URL: <https://developer.android.com/> (date of access 15.02.2024).

АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ В МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ

Н. А. Глинский¹⁾, Б. А. Бадак²⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет,
пр. Независимости, 65, г. Минск, Беларусь

²⁾Научный руководитель: Белорусский национальный технический университет,
пр. Независимости, 65, г. Минск, Беларусь, badak.bazhena@bk.ru

В работе представлен обзор современных методов машинного обучения и анализа данных, основанный на принципах индуктивного рассуждения; рассматриваются основные алгоритмы машинного обучения, такие как классификация, регрессия и кластеризация, а также их приложения в различных областях; описаны основные принципы работы каждого метода (k-средние, дерево решений, метод опорных векторов, алгоритмы линейной регрессии и кластерного анализа), их преимущества и недостатки, а также практические аспекты их применения.

Ключевые слова: машинное обучение; индуктивное рассуждение(вывод); анализ данных; регрессия; кластеризация; отбор признаков; визуализация данных; оценка моделей.

В последние десятилетия машинное обучение стало неотъемлемой частью многих областей науки, технологий и бизнеса. **Машинное обучение** – класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи, а обучение за счёт применения решений множества сходных задач [1]. Для построения таких методов используются средства математической статистики, численных методов, математического анализа, методов оптимизации, теории вероятностей, теории графов, различные техники работы с данными в цифровой форме. То есть суть машинного обучения заключается в том, чтобы запрограммировать компьютер так, чтобы он смог обучаться на доступных ему данных. Успешный обучаемый должен уметь совершать переход от отдельных примеров к более широкому обобщению. Это называется также индуктивным рассуждением, или индуктивным выводом. Однако индуктивное рассуждение может приводить к ложным заключениям.

Средства машинного обучения – это программы, которые изменяют своё поведение в зависимости от входных данных, они естественным образом приспосабливаются к изменениям окружающей среды, с которой они взаимодействуют. Примеры успешного применения машинного обучения в таких областях включают программы распознавания рукописного текста (где одна программа способна адаптироваться к почерку разных пользователей) и программы распознавания речи (где каждый человек имеет уникальный голос).

Одним из ключевых компонентов машинного обучения являются *алгоритмы анализа данных*, которые позволяют извлекать ценные знания из больших объемов информации.

Алгоритм – совокупность точно заданных правил решения некоторого класса задач или набор инструкций, описывающих порядок действий исполнителя для решения определённой задачи [4]. Эти алгоритмы обеспечивают обработку данных, выявление закономерностей и прогнозирование результатов на основе имеющихся данных. В работе рассматриваются основные алгоритмы анализа данных (линейная регрессия, кластерный анализ, деревья решений, метод опорных векторов, нейронные сети) в машинном обучении, их принципы работы и практическое применение.

Кластеризация – это процесс группировки элементов или объектов на основе их сходства по определенным характеристикам. В результате каждая группа, или кластер, содержит объекты, которые наиболее похожи между собой. Представим переезд: нужно разложить по коробкам вещи по категориям (кластерам) – например одежда, посуда, декор, канцелярия, книги. Так удобнее перевозить и раскладывать предметы в новом жилье. Процесс сбора вещей по

коробкам и будет кластеризацией. Примеры: маркетинговые исследования (сегментация аудитории на основе их предпочтений, поведения или демографических характеристик), медицинская диагностика (выявление сходств между пациентами на основе результатов медицинских тестов или симптомов), финансовая аналитика (выявление сегментов клиентов с различным уровнем риска или доходности инвестиций, а также для обнаружения аномального поведения или мошенничества), техническое обслуживание и ремонт (анализ данных о состоянии оборудования или машин с целью выявления сходных характеристик и определения оптимальных стратегий обслуживания или предотвращения отказов).

Линейная регрессия является наиболее простым и широко используемым методом анализа данных. Это модель машинного обучения, основанная на предположении, что зависимость в наблюдаемых данных можно описать простой прямой [2]. Оказывается, такой моделью можно объяснить большое количество явлений. Помимо этого, линейная регрессия хорошо изучена, имеет ряд полезных теоретических свойств, и ввиду своей простоты легко поддается интерпретации. На рис. 1 приведён пример линейной регрессии, где x – товарооборота X (тыс. руб.) в 20 магазинах за квартал, y – данные средней выработки на одного рабочего.

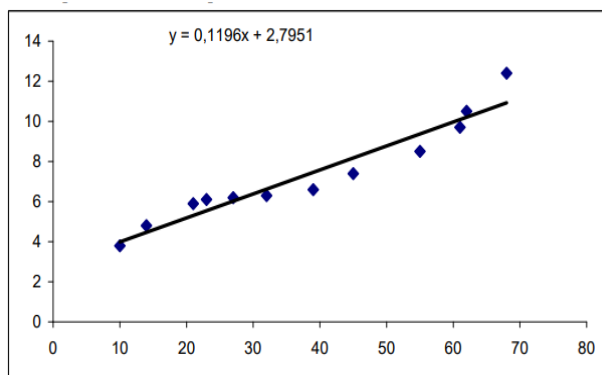


Рис. 1. Линейная-регрессия для товарооборота

Кластерный анализ используется для разделения набора данных на группы или кластеры на основе сходства между наблюдениями. Этот метод позволяет выявить внутренние структуры данных и выделить группы, обладающие схожими характеристиками, т.е. основная идея кластерного анализа заключается в том, чтобы разбить объекты на группы или кластеры таким образом, чтобы внутри группы эти наблюдения были более похожи друг на друга, чем на объекты другого кластера [3]. Как же разбить данные на кластеры? Чтобы разбить данные на кластеры достаточно измерить расстояние между точками и на основе этого измерения принять решение к какому кластеру отнести то или иное наблюдение.

Метод k-средних является одним из наиболее популярных и простых алгоритмов в задачах кластеризации в машинном обучении. Он используется для разделения набора данных на группы или кластеры на основе их признаков.

Дерево решений представляют собой графическую модель, используемую для принятия решений на основе последовательности условий. Она широко применяется в задачах классификации и регрессии. Дерево решений часто используют в банковском секторе и в тех сферах, где применяют скрипты для общения с клиентами и нужно управлять процессами принятия решений. Пример такой сферы – финансовые услуги, где банки и страховые компании проверяют информацию о клиенте в строгой последовательности, чтобы оценить риски перед заключением договора. Дерево принятия решений состоит из «узлов» и «листьев». Вверху дерева – начальный корневой узел, в который попадает вся выборка. Далее происходит проверка на выполнение условия или наличие признака. В результате такой проверки группа данных разбивается на подгруппы: подгруппа данных, которые прошли проверку, и подгруппа данных, которые не соответствуют заданному условию. Далее подгруппы данных попадают в следующий узел с новой проверкой. И так до конечного узла дерева задач, который отвечает заданной цели анализа данных или завершает процесс принятия решения (рис. 2).

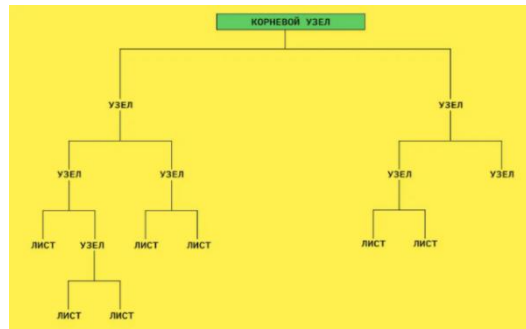


Рис. 2. Пример дерева решений

Метод опорных векторов (SVM) используется для задач классификации и регрессии. Он строит гиперплоскость в пространстве признаков, максимально разделяющую классы или аппроксимирующую зависимости в данных. Метод опорных векторов использует обучающие данные для нахождения гиперплоскости, которая разделяет два класса данных в многомерном пространстве. Метод принимает входные данные и возвращает выходные результаты на основе обученной модели. Ограничения метода зависят от вычислительной мощности и размерности входной выборки. Его задача – найти гиперплоскость, которая наилучшим образом разделяет обучающую выборку. На рис. 3 синими крестиками отмечены точки первого класса, а красными кружками точки второго класса.

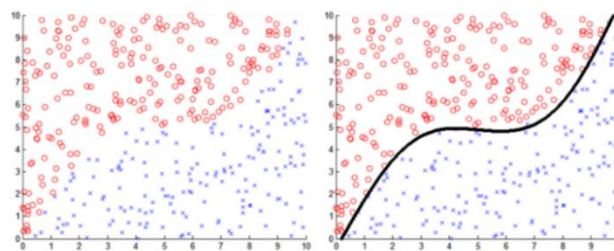


Рис. 3. Пример гиперплоскости

Нейронные сети моделируют работу человеческого мозга и используются для решения различных задач в машинном обучении, включая классификацию, регрессию, кластеризацию и обработку естественного языка.

Алгоритмы анализа данных играют ключевую роль в развитии машинного обучения и его применении в различных областях [5]. Они позволяют извлекать информацию из данных, делать предсказания и принимать решения на основе имеющихся знаний. Понимание принципов работы основных алгоритмов анализа данных в машинном обучении является важным шагом для развития компетенций в этой области и применения их на практике.

Библиографические ссылки

1. Машинное обучение [Электронный ресурс].
URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Машинное_обучение (дата обращения: 30.03.2024).
2. Что такое линейная регрессия [Электронный ресурс].
URL: <https://sysblok.ru/glossary/что-такое-linejnaja-regressija> (дата обращения: 30.03.2024).
3. Кластерный анализ [Электронный ресурс].
URL: <https://www.dmitrymakarov.ru/intro/clustering-16/> (дата обращения: 30.03.2024).
4. Алгоритм [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритм> (дата обращения: 30.03.2024).
5. Для чего начинающим аналитикам нужны деревья решений [Электронный ресурс].
URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/что-такое-derevo-reshenii-kak-ego-postroit> (дата обращения: 30.03.2024).

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОТЧЕТНОСТИ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ В POWER BI

А. А. Глод

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, glod.alexandra@yandex.ru
Научный руководитель: Ю. А. Кремень, кандидат физико-математических наук, доцент*

Разработка системы аналитической отчетности в Microsoft Power BI, которая выполняет задачи анализа учебной успеваемости студентов на Экономико-правовом факультете в Учреждении образования «БИП – Университет права и социально-информационных технологий».

Ключевые слова: BI-система; DAX; Excel; Power BI; Power Query; анализ данных; базы данных; визуализация; модель данных; система аналитической отчетности.

В условиях современного образования актуальной проблемой становится эффективный мониторинг и анализ учебной успеваемости студентов для оптимизации образовательного процесса. Для этого необходимо создание системы аналитической отчетности, способной объединять данные из различных источников и проводить глубокий анализ, направленный на выявление ключевых трендов и факторов, влияющих на успеваемость студентов.

Цель исследования: разработка системы аналитической отчетности в Microsoft Power BI, которая выполняет задачи анализа учебной успеваемости студентов на Экономико-правовом факультете в Учреждении образования «БИП – Университет права и социально-информационных технологий». Аналитическая система призвана помочь руководству факультета оценивать сильные и слабые стороны в учебном процессе (как со стороны студентов, так и со стороны преподавателей и кафедр), чтобы принимать управленческие решения, направленные на улучшение успеваемости студентов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Собрать данные.
2. Очистить и трансформировать данные в Power Query, подготовить данные для загрузки в таблицы-справочники и таблицы-факты.
3. Настроить модель данных.
4. Создать новые вычисляемые столбцы и меры, необходимые для визуализаций.
5. Выполнить визуализацию данных в различных разрезах с помощью отчетов и дашбордов.
6. Провести анализ результатов.

Итогом разработки системы является интерактивный отчет. Он состоит из визуальных элементов, основанных на данных из модели, построенных мерах и вычисляемых столбцах. Пользователь имеет возможность взаимодействовать с отчетом посредством кнопок срезов и менять вычисление для определенного контекста. Выбирая определенное значение на срезе, все визуальные элементы на странице динамически обновляются:

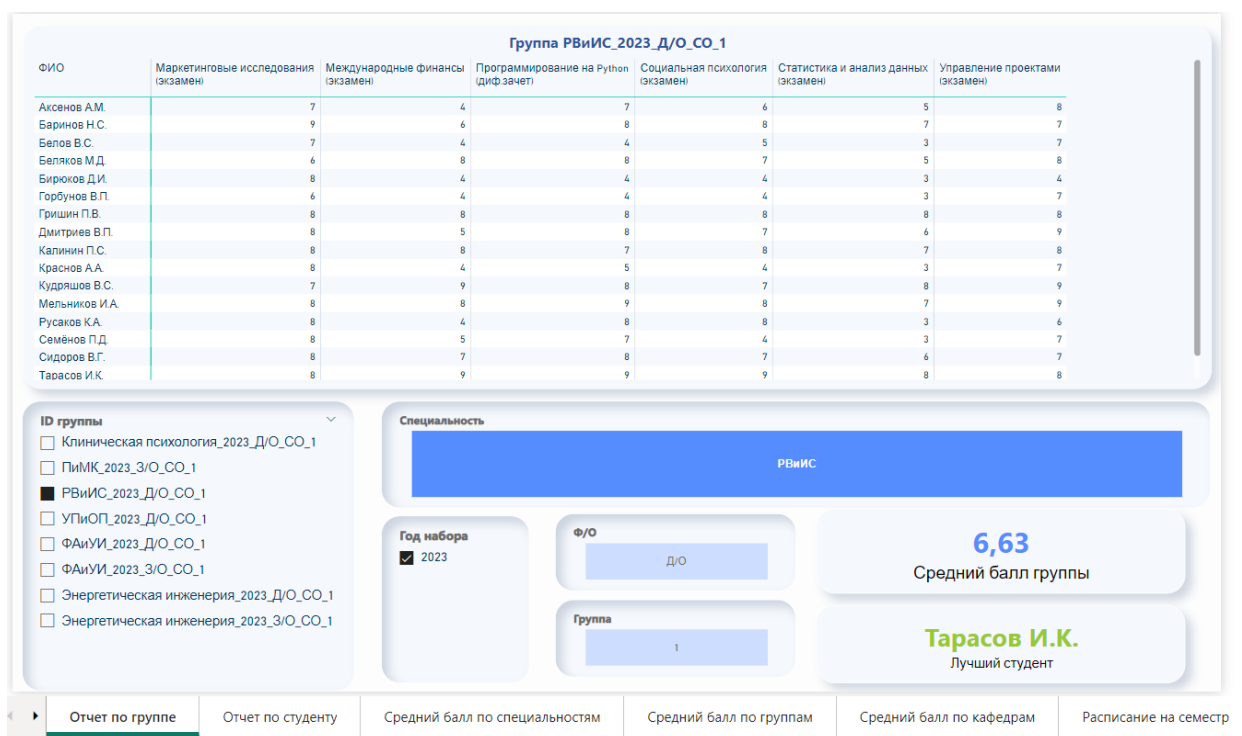

Отчет по группе
Отчет по студенту
Средний балл по специальностям
Средний балл по группам
Средний балл по кафедрам
Расписание на семестр

Рис. 1. Отчет по группе

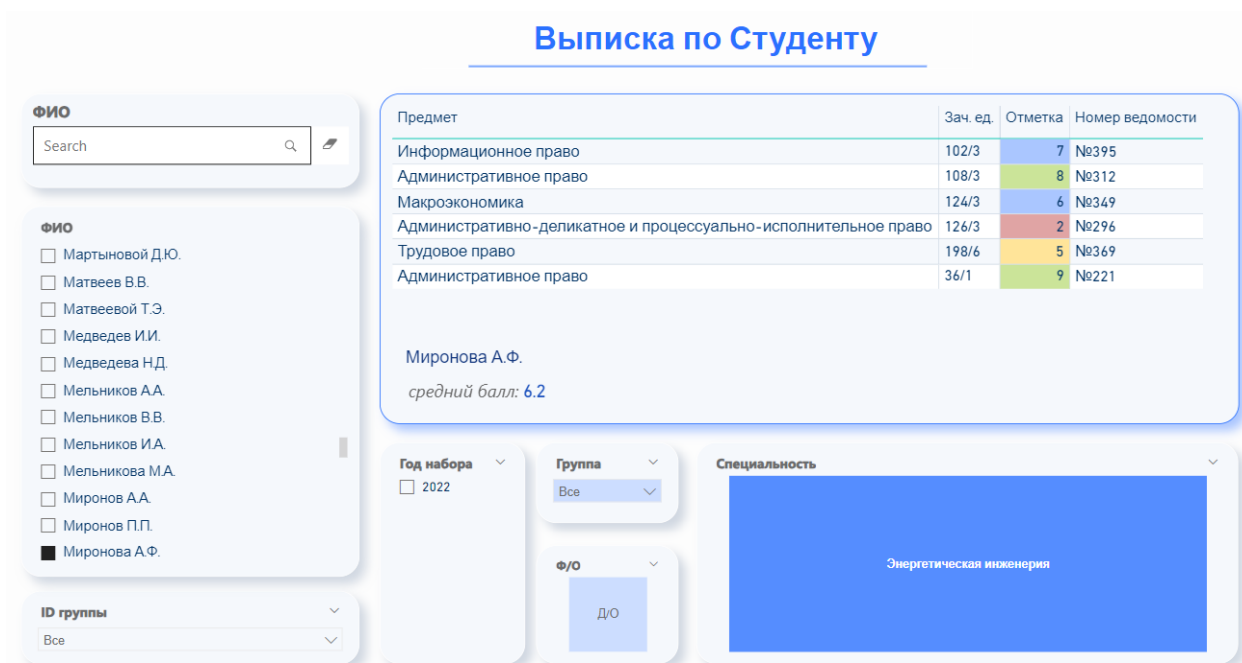


Рис. 2. Выписка отметок и средний балл студента

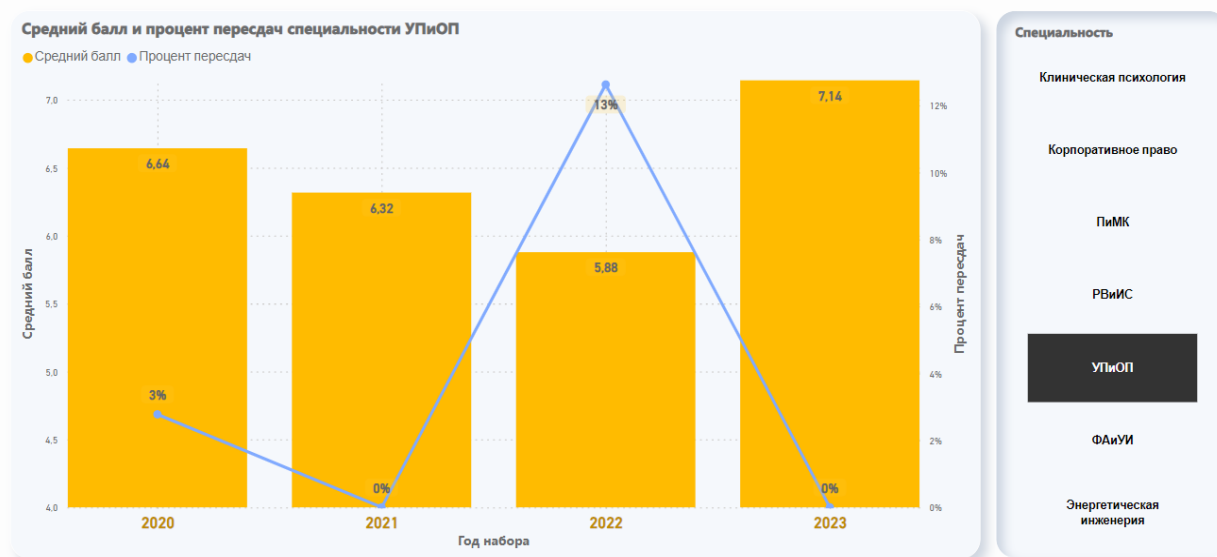


Рис. 3. Средний балл и процент пересдач по годам в разрезе специальности

Разработанная система отчетности позволяет:

- Оперативно получить информацию об успеваемости любой группы, любого студента напрямую без обращения к методисту. Получать автоматические отчеты по группе и студенту и копировать их для создания отчетов на бумажном носителе.
- Видеть динамику внутри группы, специальности, определенного года, кафедры или факультета. Получать средний балл по группе, по каждому студенту, по определенному предмету, по кафедре, по специальности, по преподавателю. Сравнить средний балл и количество пересдач по специальностям и по группам.
- Получать ответы на такие вопросы, как: имеет ли влияние на успеваемость форма обучения (дневная или заочная), есть ли существенные различия в успеваемости технических и гуманитарных специальностей, есть ли сохраняющиеся тенденции внутри специальности (например, на третьем курсе данной специальности всегда наблюдается спад), низкие показатели по данному предмету – это единичный случай или он остается тяжелым для усвоения на протяжении нескольких потоков, и т.д. И использовать их в принятии управленческих решений с целью улучшения учебной успеваемости на факультете. Получать имя «лучшего» студента, название «лучшей» группы или «лучшей» специальности с целью поощрения и мотивации студентов и сотрудников факультета.

Таким образом, разработанная система аналитической отчетности представляет собой мощный инструмент для регулярного мониторинга и анализа учебной успеваемости студентов с помощью автоматического создания отчетов, что позволяет эффективно оптимизировать образовательный процесс и принимать обоснованные решения для повышения качества обучения.

Библиографические ссылки

1. Глод А.А. Разработка системы аналитической отчетности // Современные проблемы математики и вычислительной техники: Сборник материалов XIII Республик. науч. конф. молодых учёных и студентов, Брест, 23-24 нояб. 2023 г. / Брест. гос. техн. ун-т; редкол.: В.А. Головки (гл. ред.) [и др.]. Брест, БрГТУ, 2023. С. 107-108.
2. Глод А.А. Разработка системы аналитической отчетности // Казанские научные чтения студентов и аспирантов имени В.Г. Тимирязова 2023: материалы XII Международной научно-практической конференции студентов и аспирантов, 13-16 дек. 2023 г. / Казан. иннов. ун-т им. В.Г. Тимирязова; редкол.: А.В. Тимирязова [и др.]. Казань, Изд-во «Познание» КИУ, 2023 (в печати).
3. Бахши С. Power VI: моделирование на экспертном уровне / пер. с англ. А. Ю. Гинько. М.: ДМК Пресс, 2022. 490 с.: ил.

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ АВТОМАТИЗАЦИИ НЕПРЕРЫВНОЙ ИНТЕГРАЦИИ, ДОСТАВКИ, ПРОВЕРКИ КАЧЕСТВА И МОНИТОРИНГА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ

А. Д. Гончаренко

Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, ftp.goncharenkoAD@bsu.by
Научный руководитель: Давидовская М.И., старший преподаватель

Объектом исследования является веб-приложение на основе среды разработки Flask, библиотек Elasticsearch, SQLAlchemy, API для работы с текстом статей. Для развертывания создаваемого приложений была реализована инфраструктура, автоматизированы процессы по доставке кода, тестирования. Исследованы подходы реализации макета с использованием средств описания инфраструктуры как кода, построения процессов непрерывной интеграции на основе GitLab CI и непрерывного развертывания с применением ArgoCD, средств автоматизации и проектирования схемы ветвления в репозитории системы контроля версий git.

Ключевые слова: Python; Flask; Terraform; Kubernetes; GitLab CI; ArgoCD.

Проектирование облачной инфраструктуры стало неотъемлемой частью современного информационного мира. В условиях постоянных изменений и увеличивающейся сложности требований к инфраструктуре использование современных инструментов и методов становится критически важным для эффективной работы и развития бизнес-процессов.

Одним из таких инструментов, которые позволяют управлять и автоматизировать облачные ресурсы, является Terraform/Terragrunt. Это инструменты, которые позволяют создавать, настраивать и управлять облачными ресурсами с помощью декларативного описания. Применение системы непрерывной интеграции Terraform и систем непрерывной доставки ArgoCD позволяет значительно упростить и ускорить процесс создания и управления облачной инфраструктурой.

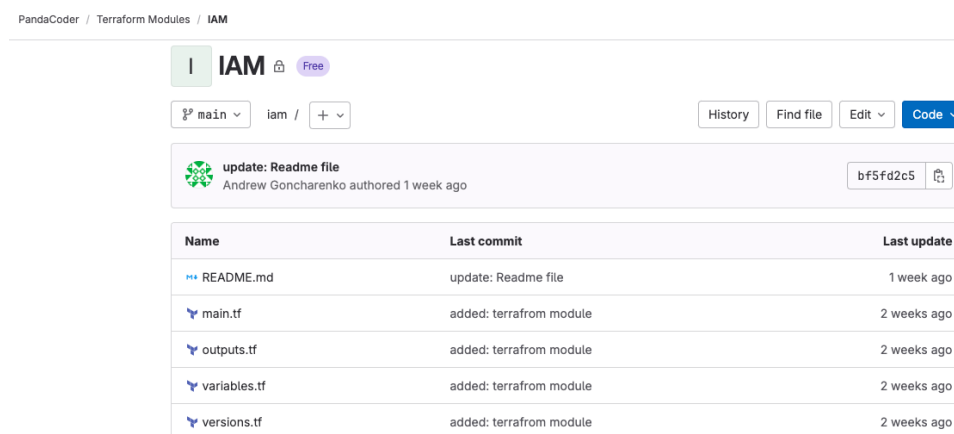


Рис. 1. Репозиторий Terraform модуля

Описание инфраструктуры как кода

Terraform – это один из инструментов инфраструктуры как кода (Infrastructure as Code – IaC) [1], используемый командами DevOps для автоматизации различных инфраструктурных задач. Используется в связке с Terragrunt. Terragrunt – это инструмент IaC, который служит для управления конфигурацией Terraform. Он предоставляет средства для организации и управления конфигурацией Terraform, такие как управление переменными, модулирование

конфигурации и обработка зависимостей между конфигурациями Terraform. Terragrunt упрощает процесс работы с Terraform, делая его более модульным, удобным.

Процесс описания инфраструктуры состоит из нескольких этапов:

5. Написание Terraform-модуля (VPC, IAM, K8S, ...).
6. Публикация модуля в Terraform Module Registry.
7. Переиспользование модуля в Terragrunt с описанием конфигурации (передача значения переменной, описанной в модуле).



```
1 terraform {
2   source = "tfr://gitlab.com/pandacoder/yc/iam?version=1.0.0"
3 }
4
5 locals {
6   environment = read_terragrunt_config(find_in_parent_folders("environment.hcl"))
7 }
8
9 include "root" {
10  path = find_in_parent_folders()
11 }
12
13 dependency "dev-cf" {
14   config_path = "../../folder"
15   mock_outputs = {
16     folder_id = "dummy_id"
17   }
18 }
19
20 mock_outputs_allowed_terraform_commands = ["init", "validate", "plan"]
21
22 inputs {
23   folder_id = dependency.dev-cf.outputs.folder_id
24
25   name           = local.environment.locals.dev-cf.iam.service_accounts.yac-wh-sa-dev-cr.name
26   description    = local.environment.locals.dev-cf.iam.service_accounts.yac-wh-sa-dev-cr.description
27   roles          = local.environment.locals.dev-cf.iam.service_accounts.yac-wh-sa-dev-cr.roles
28   create_auth_key = local.environment.locals.dev-cf.iam.service_accounts.yac-wh-sa-dev-cr.create_auth_key
29   auth_key_description = local.environment.locals.dev-cf.iam.service_accounts.yac-wh-sa-dev-cr.auth_key_description
30 }
31 }
```

Рис. 2. Использование Terraform-модуля в Terragrunt

Структура и архитектура приложения

Работа веб-приложения начинается с анализа конфигурационного файла `__init__.py` в котором прописываются основные настройки проекта, подключается база данных и инициализируются параметры, генерируется ключ безопасности и описывается вызов основных элементов приложения: `models.py`, `routes.py`, `parsing.py`.

Действия авторизованного пользователя по открытию статей, переходы между страницами сайта обрабатываются кодом из файла маршрутизации запросов `routes.py` и и файла `models.py`. Продемонстрируем работу `routes.py`. Каждое действие по получению и отправке данных (методы GET и POST) отслеживает при помощи `@app.route` в который передаем страницу перехода и связанные с ней методы. Рассмотрим запрос на просмотр статьи.

```
@app.route('/posts/<int:id>', methods=['GET'])
def posts_detail(id):
    article = Article.query.get(id)
    blob_reader = io.BytesIO(article.ImageID)
    base64_content = base64.b64encode(blob_reader.read()).decode('utf-8')
    img_src = f"data:image/jpeg;base64,{base64_content}"

    return render_template("posts_detail.html", article=article, image_data=img_src)
```

Рис. 3. Код открытия статьи

В @app.route определяем, что при переходе /posts/<int:id> страница будет поддерживать только GET метод, который будет возвращать пользователю текст статьи. Через <int:id> определяется, какая именно статья должна быть открыта. Далее в методе получаем по id статью и уже возвращаем ее html страницу.

Одним из пунктов разработки микросервисной архитектуры является принцип, который говорит о том, что при остановке работы одного сервиса остальные продолжают свою работу корректно. Следовательно, для сбора и систематизации статей (парсинга) и последующей обработки будет разрабатываться отдельное приложение на Python. Определим схему работы такого сервиса:

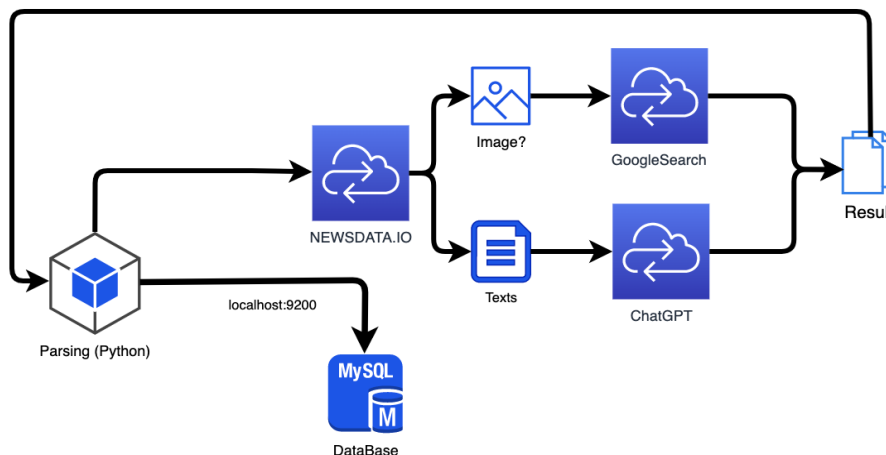


Рис. 4. Локальное представление работы сервиса

Стратегия ветвления

В модели GitFlow есть одна основная ветвь разработки со строгим доступом к ней. Ее часто называют веткой develop, подчеркивания размещение разрабатываемой версии приложения. Стабильная версия приложения публикуется в ветке master, которая используется для актуальной версии продукта.

Чтобы обеспечить совместную работу над текущей рабочей версией приложения, разработчики создают ветки с префиксом feature из ветки develop. По окончании работы они создают запросы на внесение изменений (pull request). pull request обеспечивают возможность комментирования и обсуждения реализации. После согласования запрос на изменение принимается и сливается с основной веткой.

Как только основная ветка пригодна для выпуска, создается отдельная ветка для подготовки финальной версии. Приложение тестируется и готовится к публикации для конечных пользователей. Завершается выпуск версии приложения публикацией в ветку master и созданием метки версии продукта.

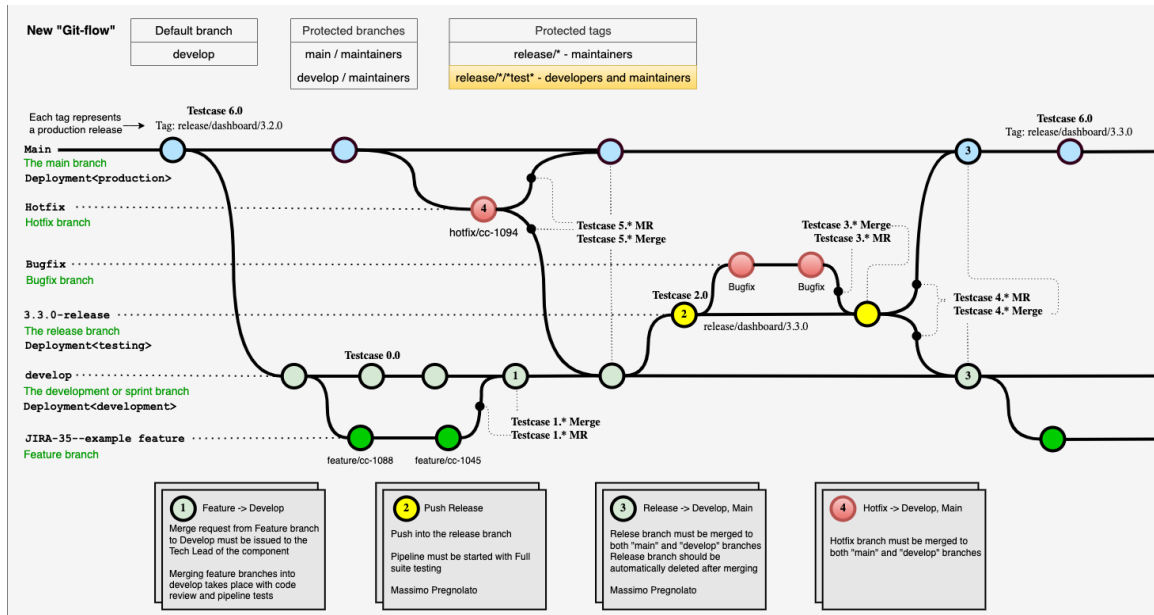


Рис. 5. Стратегия ветвления

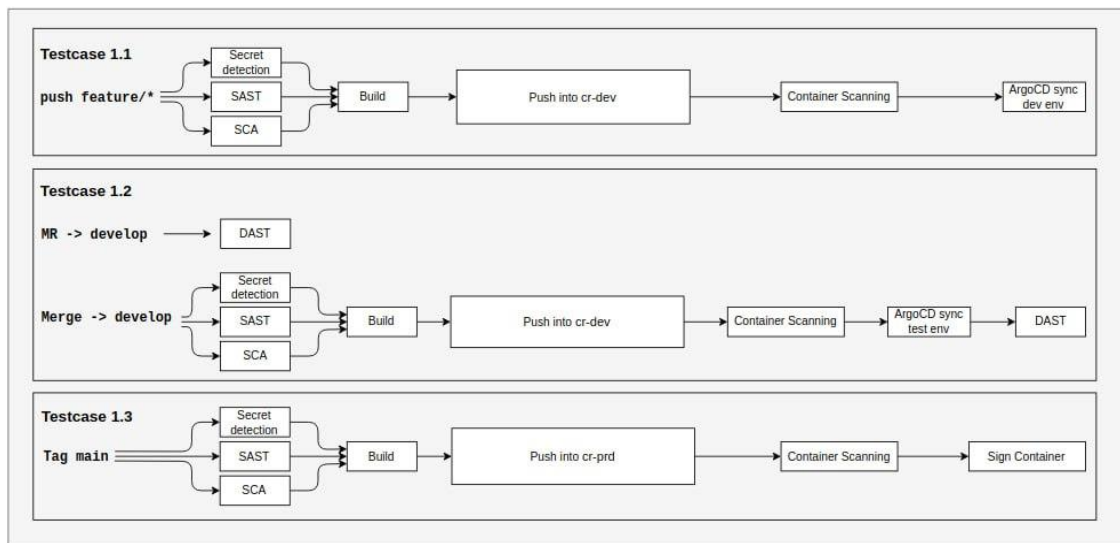


Рис. 6. Проверка безопасности решения

Организация CD процесса с использованием ArgoCD

ArgoCD – это инструмент, предназначенный для непрерывной доставки и управления приложениями в Kubernetes. Использование ArgoCD представляет собой ценное решение для автоматизации процесса доставки и управления приложениями. Он обеспечивает декларативное управление конфигурациями, непрерывную доставку, управление множеством окружений, визуализацию конфигураций и состояний, делая процесс управления приложениями более эффективным, простым и надежным.

Дальнейший процесс развертывания приложения заключается в написании helm инструкций, на основании которых ArgoCD будет создавать наименьшие развертываемые вычислительные единицы с контейнерами приложения. Для helm-конфигураций создан отдельный репозиторий.

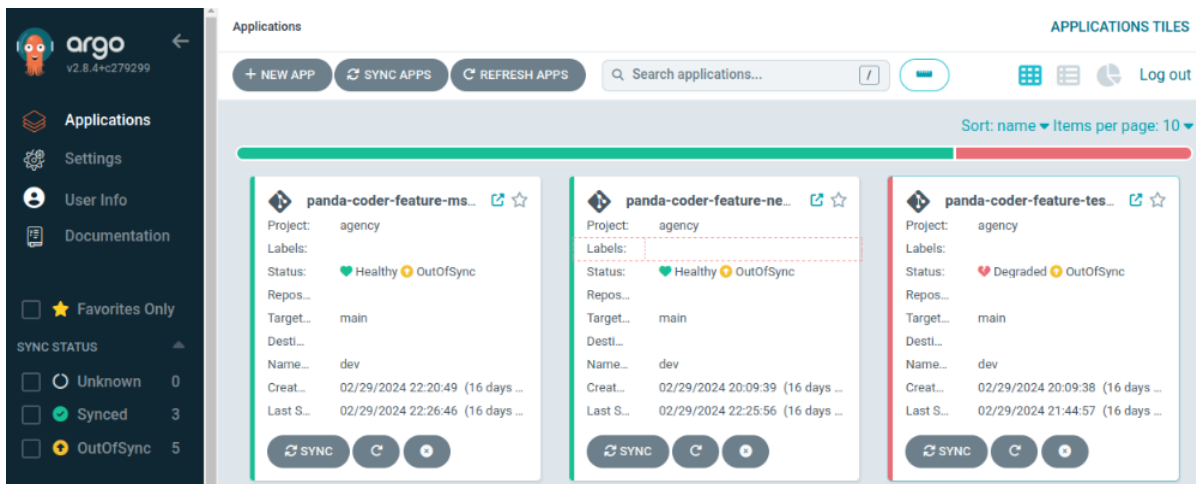


Рис. 7. ArgoCD и проекты в различных NS

Библиографические ссылки

1. Брикман Е. Terraform. Инфраструктура на уровне кода 2-е издание: учеб. пособие. СПб: “Питер”, 2020. С. 28-156.
2. Гончаренко А. Д., Давидовская М. И. Проектирование веб-приложения на основе Flask и Python // Научные исследования XXI века. 2023. № 1. С. 40-41.
URL: <http://scientific-research.ru/files/JOURNAL--1--21-.pdf>.
3. Haider R. Web API development with Python // Руководство для начинающих по использованию Flask и FastAPI: учеб. пособие. CloudBytes, 2021. С. 14-123.
4. Grinberg M. The New And Improved Flask Mega-Tutorial // Углубленное изучение Flask: учеб. пособие / Independently published, 2018. С. 158-215.

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «КОДЕКСЫ РБ»

А. Ю. Гриц

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, antongric558@gmail.com
Научный руководитель: А. А. Дерюшев, кандидат технических наук, доцент*

Мобильное приложение «Кодексы РБ» для iOS представляет собой удобный инструмент для доступа к нормативно-правовым актам Республики Беларусь. Приложение разработано мною для операционной системы iOS и предоставляет пользователю доступ к широкому спектру кодексов Беларуси. Пользователи могут быстро и удобно находить и изучать необходимые нормативные документы, осуществлять поиск по ключевым словам, а также сохранять интересующие тексты для офлайн-чтения.

Ключевые слова: мобильное приложение; iOS; кодексы РБ; нормативно-правовые акты; доступ к законодательству.

Введение

Мобильные приложения становятся все более популярными среди пользователей, предоставляя им удобный способ получения информации и решения различных задач прямо с мобильных устройств. В сфере права и нормативной деятельности также появляются приложения, упрощающие доступ к законодательству и нормативно-правовым актам. Мобильное приложение «Кодексы РБ» является одним из таких приложений, предоставляя пользователям возможность быстрого и удобного доступа к кодексам Республики Беларусь.

Цель работы

Основной целью данного исследования является разработка мобильного приложения «Кодексы РБ», которое предоставит пользователям более удобный и эффективный доступ к нормативно-правовым актам Республики Беларусь, чем его аналог «ЭТАЛОН-ONLINE».

Задачи работы

1. Проведение анализа функциональности мобильного приложения «ЭТАЛОН-ONLINE», включая его интерфейс, возможности доступа к нормативным актам и функциональные возможности.
2. Выявление основных проблем и недостатков приложения «ЭТАЛОН-ONLINE», которые могут затруднять доступ к нормативно-правовой информации.
3. Анализ требований и потребностей пользователей в области доступа к законодательству и нормативным актам.
4. Разработка мобильного приложения «Кодексы РБ» с учетом выявленных проблем и требований пользователей.
5. Реализация функциональности приложения «Кодексы РБ», обеспечивающей удобный и эффективный доступ к нормативно-правовым актам Республики Беларусь.
6. Тестирование и оптимизация приложения «Кодексы РБ» для обеспечения стабильной и удобной работы на мобильных устройствах под управлением операционной системы iOS.

Анализ требований и потребностей пользователей в области доступа к законодательству и нормативным актам

Для эффективного проектирования и разработки мобильного приложения «Кодексы РБ» был проведен анализ требований и потребностей пользователей в области доступа к законодательству и нормативным актам. Основные выявленные потребности включают:

1. Удобный доступ к актуальным нормативным документам: пользователи хотят быстро и легко получать доступ к актуальным законодательным актам и кодексам.
2. Возможность работы в офлайн-режиме: в условиях отсутствия интернета пользователи хотят иметь возможность работать с сохраненными текстами нормативных документов.
3. Простой и понятный интерфейс: пользователи ценят простоту и интуитивную понятность интерфейса приложения для быстрого поиска и чтения документов.
4. Актуальность информации: важно, чтобы приложение обеспечивало доступ к актуальным и свежим версиям нормативных актов.

Функциональность приложения

Мобильное приложение «Кодексы РБ» обладает широким спектром функций, делающих его незаменимым инструментом для юристов, студентов и всех, кто работает с нормативно-правовыми актами. Основные функции приложения включают:

1. Поиск по ключевым словам: пользователи могут быстро найти необходимые нормативные документы, введя ключевые слова или фразы.
2. Изучение текстов: пользователи могут просматривать полные тексты кодексов и законов, а также осуществлять постраничное чтение.
3. Сохранение для офлайн-чтения: пользователи могут сохранять интересующие тексты для последующего офлайн-чтения, что особенно удобно в условиях отсутствия интернет-соединения.
4. Удобный интерфейс: приложение имеет интуитивно понятный интерфейс, позволяющий легко и быстро находить нужные документы и осуществлять навигацию по ним.

Сравнение с аналогом «ЭТАЛОН-ONLINE»

Некоторые существенные характеристики мобильных приложений «ЭТАЛОН-ONLINE» и «Кодексы РБ» представлены в следующей таблице:

Сравнительная характеристика мобильных приложений

Особенность	«Кодексы РБ»	«ЭТАЛОН-ONLINE»
Удобный интерфейс	Да	Нет
Офлайн-доступ	Да	Да
Возможность сохранения текстов	Да	Да
Актуальность кодексов	Да	Нет

Как видно из таблицы, мобильное приложение «Кодексы РБ» обладает более современным и удобным интерфейсом, что делает его предпочтительным выбором для пользователей. Однако, приложение «ЭТАЛОН-ONLINE» имеет больший выбор документов и более обширную функциональность.

Результаты работы

1. Проведен анализ функциональности мобильного приложения «ЭТАЛОН-ONLINE», выявлены его основные преимущества и недостатки.
2. Разработано и реализовано мобильное приложение «Кодексы РБ» для операционной системы iOS с учетом выявленных требований и проблем.
3. Проведено тестирование приложения для обеспечения его стабильной работы и соответствия заданным требованиям.
4. Приложение успешно реализует свою основную цель – предоставление удобного и эффективного доступа к нормативно-правовым актам Республики Беларусь.

Перспективы развития

Дальнейшее развитие мобильного приложения «Кодексы РБ» предполагает следующие направления:

1. Расширение функциональности приложения: включает в себя добавление новых возможностей по работе с нормативно-правовыми актами, таких как возможность анализа текстов документов и автоматическое выделение ключевых моментов.

2. Оптимизация интерфейса приложения: с учетом отзывов пользователей и современных тенденций в дизайне мобильных приложений, интерфейс будет доработан для повышения удобства использования.

3. Разработка версий приложения для других операционных систем: включает создание версий приложения для Android и других популярных операционных систем для расширения аудитории пользователей.

4. Внедрение искусственного интеллекта: использование технологий искусственного интеллекта для автоматизации процессов анализа и интерпретации нормативно-правовых актов, что повысит эффективность работы с приложением и обеспечит более точные результаты.

5. Проведение регулярных обновлений приложения: целью обновлений будет обеспечение актуальности и надежности доступа к нормативно-правовой информации, а также внедрение новых функций и улучшений на основе обратной связи от пользователей.

Эти направления развития приложения позволят сделать его еще более полезным и удобным инструментом для работы с нормативно-правовыми актами Республики Беларусь.

Иллюстрация работы приложения

Этот раздел предоставляет визуальное представление о работе приложения «Кодексы РБ» с помощью двух скриншотов. Первый скриншот демонстрирует главный экран приложения, где пользователю доступны карточки со всеми кодексами. Второй скриншот показывает конкретный документ, который открывается при нажатии на один из кодексов.

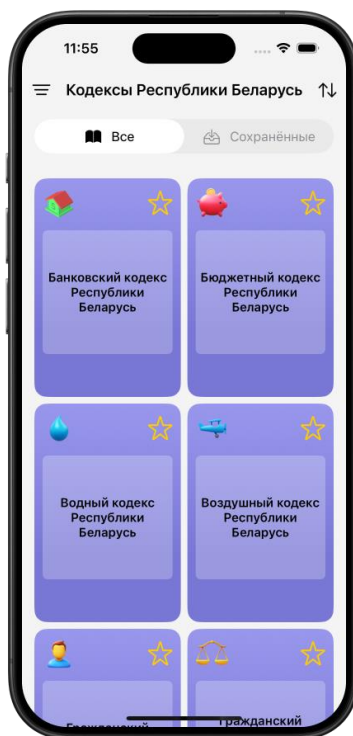


Рис. 1. Главный экран

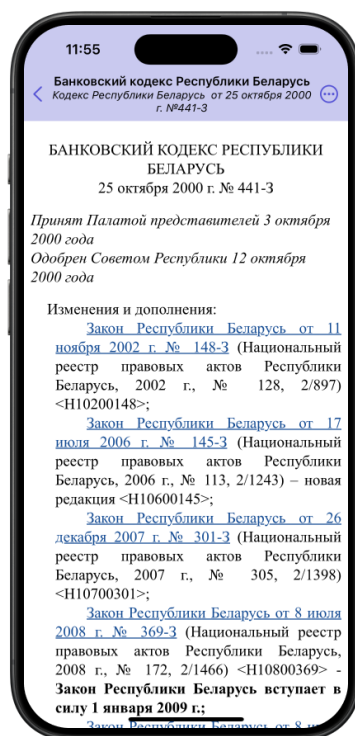


Рис. 2. Открытый документ в приложении «Кодексы РБ»

Заключение

Мобильное приложение «Кодексы РБ» представляет собой инновационный инструмент для обеспечения удобного и эффективного доступа к нормативно-правовым актам Республики Беларусь. Разработка и реализация данного приложения были осуществлены с учетом основных проблем и недостатков существующих аналогов, что позволяет сделать его предпочтительным выбором для пользователей. Перспективы развития приложения открывают широкие возможности для улучшения его функциональности и расширения аудитории пользователей.

Библиографические ссылки

1. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. Минск, 2024. URL: <http://www.pravo.by> (дата обращения: 24.03.2024).
2. Информационно-поисковая система (ИПС) «ЭТАЛОН-ONLINE» [Электронный ресурс] / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. Минск, 2024. URL: <https://etalonline.by> (дата обращения: 21.03.2024).

СРЕДСТВА ВЕКТОРНОЙ ГРАФИКИ В ДИЗАЙНЕ ВЕБ-СТРАНИЦ

А. И. Досин, Г. А. Елопов, Е. О. Кухарчук

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
220013, г. Минск, Республика Беларусь, www.bsuir.by
Научный руководитель: О. С. Киселевский, кандидат технических наук, доцент*

Научная работа исследует влияние современных возможностей формата SVG на улучшение верстки веб-сайтов. Рассмотрены примеры создания текстовых блоков различной формы. Работа рекомендует веб-разработчикам активно внедрять новые возможности SVG в процесс верстки сайтов для достижения оптимальных результатов.

Ключевые слова: вёрстка; векторная графика; веб-дизайн; SVG.

Развитие возможностей дизайна веб-страниц за тридцатилетнюю историю претерпели многочисленные изменения. Технологии изменялись от простого отображения текстового контента до сложного интерактивного мультимедиа. На определённых этапах развития сдерживающим фактором развития выступали передающие возможности телекоммуникационных систем. Так на начальном этапе развития интернета даже простейшие растровые изображения оказывались непозволительной роскошью, задерживая загрузку веб-страниц на десятки секунд, или даже на минуты. Задачи анимации и интерактивности решались использованием формата GIF. Логичной мерой решения проблемы ускорения передачи данных виделась возможность использования векторных изображений. Ведь известно, что простейшие формализованные изображения, такие как графики, схемы, чертежи, а также логотипы в векторном формате в памяти компьютера занимают на порядки меньше адресного пространства, следовательно, и загружаться на пользовательском компьютере должны на порядки быстрее. Перед разработчиками языка html стала задача разработки технологий построения векторных графических изображений на экранах браузеров за счёт функциональных возможностей языка. Такие возможности были предоставлены форматом SVG.

Масштабируемая векторная графика (SVG) – это язык XML для создания двумерной векторной и смешанной векторно-растровой графики. Преимуществом данного формата является возможность прямого встраивания кода непосредственно в HTML документ. Поскольку файлы SVG написаны в коде XML, они хранят информацию в виде обычного текста, а не геометрических фигур. Это позволяет поисковым системам, таким как Google, находить в графике SVG ключевые слова, что может помочь веб-сайту подняться в рейтинге поиска. Появление формата SVG открыло новые возможности верстки сайтов.

Среди значимых научно-методических публикаций последних лет на эту тему следует отметить учебники [1, 2], научную статью [3] о прикладном использовании технологий SVG в стеганографии и криптографии, а также статьи [4, 5], посвящённые методам создания и анимации SVG объектов. Основная информация о практическом использовании методов векторной графики в HTML находится и обсуждается в свободном доступе на различных тематических форумах [6]. Актуальным же первоисточником информации является официальный стандарт «Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 (Second Edition)» [7].

В настоящее время существует несколько способов вставки SVG в веб-страницу:

Первый и самый простой – использование элемента ``, который размещается прямо в HTML-коде и содержит ссылку на внешнее размещение файла:

```

```

Это универсальный способ загрузить любую картинку, не только векторную. Таким же образом на сайте размещается любой графический контент в форматах JPG, PNG, GIF. Недостатком этого способа является то, что векторный рисунок не интерактивен. К нему нельзя применять скрипты и CSS стили, его нельзя анимировать.

Второй способ – использование SVG-файла в качестве фоновой картинки в CSS:

```
.picture {
background-image: url(pict.svg);
}
```

Этот способ мало чем отличается от первого – рисунок браузером отображается, но применить к нему дополнительные свойства невозможно.

Третий способ является самым интересным – SVG графика вставляется в HTML документ не ссылкой, а непосредственным кодом. Для этого в языке HTML появляется парный тег `<svg>...</svg>`. Например, встроенный в HTML документ код:

```
<svg class="icon" width="20" height="20"
xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
<path d="200 10c0, -50 -200,50 -200,0 0,-50 200,50 200,0z" />
</svg>
```

выводит на экран браузера горизонтальную восьмёрку, похожую на символ «бесконечность». Здесь ряд численных значений является последовательностью координат, задающих путь `<path>`. Описывать такую последовательность можно вручную самостоятельно, но также можно воспользоваться специализированными конвертерами, преобразующими векторный рисунок в код `<path>`.

С таким SVG можно делать то же, что и с обычными HTML-элементами: CSS-стили, скрипты. Можно, например, менять цвет заливки при наведении или даже анимировать векторное изображение:

```
.icon {
position: absolute;
top: 0; right: 0; bottom: 0; left: 0;
margin: auto;
fill: #000000;}
```

На рис. 1 показан логотип учебной специальности «Электронная экономика» [8], преподаваемой на кафедре менеджмента в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники. Этот логотип (рис. 1а) выполнен в векторном графическом редакторе CorelDraw и в нём же экспортирован в SVG-формат. Из полученного SVG-файла и взят код, размещённый рядом на рис. 1б.



а)

```
<svg xmlns="http://www.w3.org/2000/svg" width="211px"
height="209px" viewBox="0 0 17.59 17.4">
<path d="M2.31 10.91c1.22,0 2.21,-0.99 2.21,-2.21 0,-1.22 -
0.99,-2.21 -2.21,-2.21 -1.22,0 -2.21,0.99 -2.21,2.21 0,1.22
0.99,2.21 2.21,2.21z m5.52 0.84l0 -1.43 5.97 0c-0.68,2.06 -
2.62,3.54 -4.9,3.54 -1.31,0 -2.5,-0.48 -3.4,-1.28l0.9 -0.97 -
3.38 1.02 -0.76 3.45 0.9 -0.97c1.52,1.36 3.53,2.19 5.74,2.19
4.75,0 8.6,-3.85 8.6,-8.6 0,-4.75 -3.85,-8.6 -8.6,-8.6 -2.21,0
-4.22,0.83 -5.74,2.19l-0.9 -0.98 0.75 3.45 3.38 1.04 -0.9 -
0.98c0.91,-0.8 2.1,-1.28 3.41,-1.28 2.28,0 4.22,1.48
4.9,3.54l-5.97 0 0 -1.43 -1.79 3.05 1.79 3.05z"/>
</svg>
```

б)

Рис. 1. Логотип учебной специальности «Электронная экономика» [8] (а)
и его представление в виде кода SVG (б)

До недавнего времени возможности представления информации на сайте были сильно ограничены. Текстовые блоки в web-документе по умолчанию прямоугольные, тогда как в полиграфической печати существовало значительно больше возможностей вписывания текста в произвольную форму, включая обтекание текстом непрямоугольных изображений. Развитие языка CSS, а именно спецификация CSS Shapes в сочетании с технологией масштабируемой векторной графики SVG практически решило эту проблему за счёт свойства `shape-outside` и `shape-inside`.

Для примера разберём способы создания шестиугольного блока.

Шестиугольник в языке HTML можно задать несколькими способами:

- создать псевдоэлементы при помощи селекторов CSS;
- воспользоваться свойством `clip-path`, которое позволяет обрезать стандартные прямоугольники и эллипсы, задавая новую форму, внутри которой можно разместить контент;
- создать средствами SVG многоугольник (`polygon`) и установить его координаты:

```
<svg viewBox="0 0 200 100"
xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
<polygon points="0, 86 50, 0 150, 0
200, 86 150, 172 50, 172"
fill="none" stroke="black" />
</svg>
```

Использование формата SVG совместно со свойством `shape-outside` языка CSS позволяет создать текстовый блок любой формы. Для начала, необходимо в любом векторном графическом редакторе создать нужный объект, инвертировать его и полученную маску разделить на две, правую и левую. Далее, необходимо описать объекты в коде сайта, а также с помощью свойства `shape-outside` расположить текст между двумя половинами исходной маски. В результате, получится текстовый блок, который по форме будет повторять исходный SVG объект (рис. 2).

SVG (от англ. Scalable Vector Graphics — масштабируемая векторная графика) — язык разметки масштабируемой векторной графики, созданный Консорциумом Всемирной паутины (W3C) и входящий в подмножество расширяемого языка разметки XML, предназначен для описания двумерной векторной и смешанной векторно/растровой графики в формате XML. Поддерживает как неподвижную, так и анимированную интерактивную графику — или, в иных терминах, декларативную и скриптовую. Не поддерживает описания трёхмерных объектов (не путать с имитацией трёхмерности путём светотени). Это открытый стандарт, который является рекомендацией консорциума W3C — организации, разработавшей такие стандарты, как HTML и XHTML. В основу SVG легли языки разметки VML и PGML. Разрабатывается с 1999 года. В 2001 году вышла версия 1.0, в 2011 — версия 1.1, которая остаётся актуальной до сегодняшнего дня. В настоящее время в активной разработке находится версия 2. Достоинства формата Растровое изображение содержит в себе информацию о точках, а векторное — о фигурах (форме). Здесь показано ключевое преимущество «вектора» над «растром» с точки зрения масштабирования в изобразительных целях. Текстовый формат — файлы SVG можно читать и редактировать (при наличии некоторых навыков) при помощи обычных текстовых редакторов. При просмотре документов, содержащих SVG-графику, имеется доступ к просмотру кода просматриваемого файла и возможность сохранения всего документа. Кроме того, SVG-файлы обычно получаются меньше по размеру, чем сравнимые по качеству изображения в форматах JPEG или GIF, а также хорошо поддаются сжатию. Масштабируемость — SVG является векторным форматом.

Рис. 2. Текстовый блок свободной формы

Учитывая, что есть свойство `shape-outside`, можно предположить, что существует и соответствующее свойство `shape-inside`, которое будет содержать текст внутри фигуры. Свойство `shape-inside` может стать реальностью в будущем, но в настоящее время оно, к сожалению, остаётся тестовым в CSS Shapes Module Level 2 и пока не поддерживается ни одним из браузеров.

Таким образом, можно сделать вывод, что использование формата SVG, а также развитие языка CSS позволяет значительно улучшить возможности вёрстки сайтов. Однако ряд желаемых возможностей форматирования текстовых блоков произвольной формы пока остаётся не реализованными.

Библиографические ссылки

1. Дунаев В. В. Основы Web-дизайна. Самоучитель. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. 480 с.
2. Eisenberg J. D., Bellamy-Royds A. SVG essentials: Producing scalable vector graphics with XML. O'Reilly Media, Inc., 2014. 304 p.
3. Николаичук А. Н., Урбанович П. П. Стеганографический метод на основе использования особенностей отображения элементов в формате SVG // Труды БГТУ. Серия 3: Физико-математические науки и информатика. 2023. №. 1 (266). С. 64-70.
4. A learned representation for scalable vector graphics / R. G. Lopes [et al.] // Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision. 2019. С. 7930-7939.
5. Вихляев Д. Р. Анимация svg графики при помощи css / Постулат. 2022. №. 5 май. [Электронный ресурс]. URL: pgusa.tmweb.ru/index.php/Postulat/article/viewFile/4218/4276 (дата обращения: 26.03.2024).
6. Блок А. Магия CSS: Обтекание текста вокруг нестандартных форм [Электронный ресурс]. URL: <https://tpverstak.ru/wrapping-content-around-images-css-shapes> (дата обращения: 26.03.2024).
7. Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 (Second Edition) [Электронный ресурс]. URL: www.w3.org/TR/SVG11 (дата обращения: 26.03.2024).
8. Барадилькина А. С., Петрученя И. А. Разработка брендбука учебной специальности «Электронная экономика». Выбор логотипа // 60-я Юбилейная научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов, БГУИР. Минск. 2024. 3 стр. (в печати).

РАЗРАБОТКА ИГРЫ В UNREAL ENGINE 5

А. Л. Зайцева¹⁾, М. А. Гордейчук²⁾

¹⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, zaitseva130605@gmail.com

²⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, gordeytchuk.mascha@gmail.com
Научный руководитель: И. М. Галкин, кандидат физико-математических наук, доцент

В работе представлена разработка первой главы игры с использованием платформы Unreal Engine, а также внутренних технологий Blueprints и MetaHumans. Основные результаты включают в себя создание игрового контента с высоким уровнем детализации персонажей и окружения (локаций). Продемонстрированы новейшие возможности игрового движка Unreal Engine.

Ключевые слова: платформа Unreal Engine; разработка игр; игровое пространство; инструменты Blender; технология MetaHumans.

Введение

В мире современных видеоигр каждый пиксель – это новый мир, который оживает во взгляде игрока. Развитие технологий в области разработки игр приводит к более захватывающему, реалистичному и увлекательному игровому опыту. Игровая индустрия постоянно эволюционирует, и Unreal Engine 5 становится одним из ведущих инструментов в этом процессе. Он открывает перед разработчиками игр новые горизонты возможностей, обеспечивая прорыв в графическом качестве, интерактивности и производительности. В этом контексте технологии Blueprints и MetaHumans становятся важными компонентами, позволяющими создавать уникальных персонажей и управлять игровым процессом с невероятной гибкостью и эффективностью. Кроме того, Blender, мощный инструмент для моделирования и создания локаций, играет ключевую роль в процессе разработки игр. Используя его, разработчики могут создавать захватывающие миры и окружения, которые становятся неотъемлемой частью игрового опыта.

Цель работы

Основной целью данной работы является демонстрация новейших возможностей в сфере разработки игр, рассмотрение технологии визуального программирования Blueprints и изучение инструментов для создания персонажей и локаций с высоким уровнем детализации.

Задачи работы

1. Создание игровых объектов и локаций с использованием Blender.
2. Создание прототипа игровой сцены на платформе Unreal Engine 5.
3. Интеграция в процесс разработки персонажей технологии MetaHumans.
4. Разработка игровых механик с помощью визуального программирования Blueprints.
5. Интеграция созданных ресурсов (персонажи, объекты, локации) в игровую сцену в Unreal Engine 5.
6. Тестирование и оптимизация игровой сцены с целью достижения максимальной производительности и визуального качества.

Создание игровых объектов и локаций

Создание игровых объектов и локаций является важным этапом в разработке видеоигр. Blender – это мощный инструмент, который позволяет моделировать, текстурировать и ани-

мировать 3D-объекты, а также создавать детализированные игровые локации. Для данной работы с помощью инструментов Blender было создано 7 игровых объектов, включая персонажа-человека и 6 моделей NPC, которые основаны на одном общем концепте. Моделирование каждого объекта включало в себя формирование его анатомии, лица, выбор расцветки, добавление уникальных элементов для лучшего узнавания. Также были подобраны текстуры и формы объектов. Для персонажа-человека дополнительно создавались одежда и аксессуары, формировались развертки текстур. После подготовки моделей игровых объектов необходимо было анимировать их. Для создания анимации в Blender следует сформировать «скелет», который позволяет поставить объект в нужную позу. Анимация разрабатывается покадрово путем задания последовательности ключевых кадров, которые определяют движение и поведение объектов. Для всех игровых моделей таким образом были реализованы анимации покоя и ходьбы, а также некоторые другие. Кроме того, были разработаны элементы локаций, такие как ландшафты и здания. Каждый из них был смоделирован и текстурирован, чтобы достичь нужного уровня детализации. Для ландшафтов было создано около 10 различных видов деревьев и кустарников, а для построения зданий использовались такие объекты как диван, кровать, шкафы, тумбочки и другие элементы декора.



Рис. 1. Создание игровых моделей

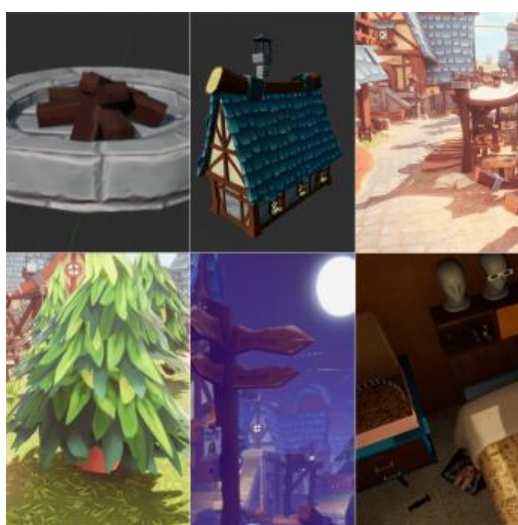


Рис. 2. Создание локаций

Создание прототипа игровой сцены на платформе Unreal Engine

Первым шагом в создании прототипа первой игровой сцены является разработка концепции, включающая в себя определение основной идеи игры, ее жанра, основных механик, целевой аудитории. Далее следует перейти к открытию нового проекта в Unreal Engine, определению параметров и настройке окружения разработки.

Наш проект является игрой-историей с элементами платформера и головоломок. Основными локациями или игровыми сценами стали "дом" и "лес". Игровая сцена включает в себя различные элементы, такие как мир и окружение, персонажи и NPC, объекты, предметы, задачи и цели, эффекты и анимации. Создание прототипа обычно включает в себя формирование базы игровой сцены. Для локации "дом" базой стало проектирование комнат, размещение мебели и мелких объектов, создание максимально реалистичного жилого пространства, формирование освещения, которое в значительной степени влияет на восприятие. Для локации "лес" основным моментом стало формирование ландшафта. Так как данная игровая сцена является достаточно открытой, следовало ограничить её размеры. Для этого в нашем случае использовались такие эффекты как туман, невидимые преграды, а также формирование непроходимых зарослей. Очень важно ограничить игровую зону, при этом сформировав ощущение, что ландшафт не оканчивается за её пределами. С помощью различных элементов растительности была сформирована реалистичная (с учетом необходимой стилизации) игровая сцена.

Интеграция в процесс разработки персонажей технологии MetaHumans.

Технология MetaHumans, разработанная компанией Epic Games, представляет собой инновационный набор инструментов, позволяющих создавать фотореалистичные цифровые модели человеческих персонажей с высокой степенью детализации и реализма. Для генерации уникальных лиц используются передовые алгоритмы искусственного интеллекта. Технология позволяет реализовать широкий спектр анимационных движений и выражений лица, что делает персонажей более реалистичными и эмоциональными. Пользователь получает возможность настроить различные параметры, такие как форма лица, цвет кожи, волосы и другие. Сформированные таким образом персонажи легко интегрируются в Unreal Engine, а также являются бесплатными, что обеспечивает удобство использования MetaHumans при разработке игр на данной платформе.

Для нашего проекта была создана модель персонажа, а также одежда и аксессуары. С помощью поставляемых инструментов была проработана мимика: модель обладает возможностью демонстрировать радость, злость, печаль и другие эмоции. Также сформированы анимации ходьбы, бега, прыжка, покоя.

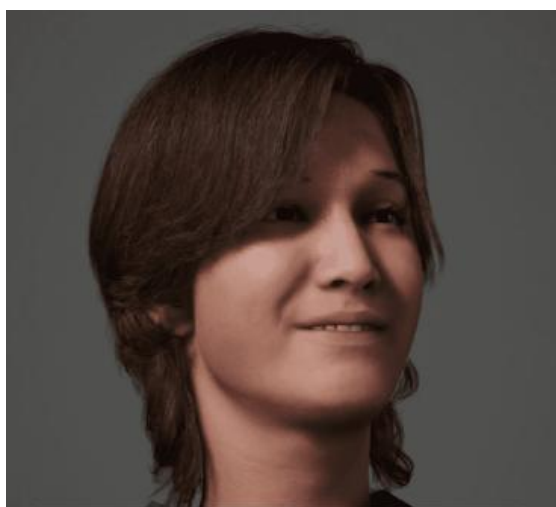


Рис. 3. Демонстрация технологии MetaHumans

Разработка игровых механик с помощью визуального программирования Blueprints

Процесс создания игровых механик включает необходимость разработки сложной логики взаимодействия между различными элементами игры. Blueprints – это визуальная система программирования, разработанная для Unreal Engine. Она позволяет разработчикам формировать основную механику без необходимости писать код, предоставляя удобный графический интерфейс и возможность быстрого тестирования. В нашем проекте данная технология применялась для создания логики перемещения персонажа: задание клавиш для управления героем, реализация прыжков, атаки и других действий с помощью наборов гибких блоков. Кроме того, были реализованы методы взаимодействия с объектами, такие как открытие дверей, сбор предметов, активация механизмов и головоломок. Blueprints позволяют построить уникальную систему уровней и достижений, предоставляя удобное разграничение логики локации, включающую запуск звуков, анимаций и кат-сцен, и логики отдельных объектов, например, выполнение набора действий после определенного типа взаимодействия с игроком (прикосновение, нажатие клавиши, удар, прыжок).

Интеграция созданных ресурсов в игровую сцену в Unreal Engine 5

После создания необходимых объектов и формирования прототипов игровых сцен мы приступили к интеграции всех созданных ресурсов. Данный шаг включал более детальную проработку локаций, добавление эффектов и звуков. Для большинства добавленных объектов были созданы отдельные Blueprints, содержащие логику взаимодействия с данными объектами. Для персонажей сформированы Blueprints, управляющие проигрыванием анимаций в зависимости от действий игрока. Для элементов растительности сформирован отдельный объект Foliage, предназначенный для быстрого заполнения сцены проработанным ранее ландшафтом. Для основных игровых локаций "дом" и "лес" было создано более 40 Blueprints, в том числе виджетов (например, меню и диалоговых окон) и триггеров (специальных объектов и зон, отслеживающих определенные события).

Тестирование и оптимизация игровой сцены с целью достижения максимальной производительности и визуального качества

Тестирование и оптимизация важны для обеспечения положительного игрового опыта. Нами было проведено тестирование производительности для оценки количества кадров в секунду (FPS), загрузки ресурсов и использования памяти. Unreal Engine содержит встроенные инструменты для выявления узких мест и оптимизации кода и ресурсов. Кроме того, с помощью рендеринговых инструментов было проверено наличие артефактов, ошибок освещения и текстурирования. Основным моментом было проведение тестирования играбельности сцен для обнаружения ошибок в игровой логике, коллизиях объектов, а также оценки удобства управления и взаимодействия с игровым миром. В тестировании принимала участие группа добровольцев. "Запеканием" освещения и оптимизацией параметров теней было достигнуто снижение вычислительной нагрузки.

Результаты работы

1. Сформировано качественное игровое пространство с детализированными персонажами и объектами.
2. Проработаны игровые механики, внедрена сложная логика взаимодействия объектов.
3. Интегрированы внешние объекты, анимации, эффекты, звуки, дополняющие игровой опыт.
4. Игровые сцены протестированы и оптимизированы, найденные ошибки устранены.
5. Демо-версия игры подготовлена к выпуску на бесплатных площадках. Планируется продолжение работы вплоть до полноценного релиза.

Библиографические ссылки

1. Куксон А., Даулингсока Р., Крамплер К. Разработка игр на Unreal Engine 4 за 24 часа. М.:Бомбора, 2019. 529 с.
2. Максименкова О. А., Веселко. Н. И. Программирование в Unreal Engine 5 для начинающего игродела. М.:Бомбора, 2022. 321 с.

АНАЛИЗ ПРЕИМУЩЕСТВ ПРИМЕНЕНИЯ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАНИИ

П. О. Ковалев

¹⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, kovalevpo2001@gmail.com
Научный руководитель: Е. В. Кремень, кандидат физико-математических наук, доцент

Цель исследования – провести анализ преимуществ применения блокчейн-технологий в сфере образования, включая подтверждение достижений и квалификаций, защиту персональных данных студентов и преподавателей, аутентификацию и безопасность информации.

Ключевые слова: блокчейн; защита данных; подлинность данных; цифровые сертификаты; децентрализованное файловое хранилище.

Актуальность

Использование блокчейн-технологий в сфере образования является актуальной темой, так как данная инновация способна решить ряд проблем, связанных с обеспечением безопасности и достоверности информации, а также обеспечить прозрачность и неизменность образовательных данных. В современном мире, где дистанционное обучение становится все более популярным, возникает необходимость в новых подходах к аутентификации, обеспечении безопасности и проверке достижений студентов, где блокчейн может сыграть значительную роль.

Обзор технологии блокчейн

Блокчейн представляет собой распределенную децентрализованную базу данных или реестр, который состоит из растущей цепочки блоков, связанных между собой криптографическими методами. Каждый блок содержит набор зашифрованных транзакций, а также хэш предыдущего блока, что обеспечивает неизменность и прозрачность всей цепочки данных. Распределенная природа блокчейна позволяет хранить данные одновременно на множестве узлов сети без необходимости в центральном администрировании. Транзакции в блокчейне проверяются и подтверждаются участниками сети по установленным правилам консенсуса, обеспечивая высокий уровень доверия и исключая возможность внесения несанкционированных изменений [1].

Одной из ключевых особенностей блокчейна является использование криптографических алгоритмов для обеспечения безопасности и неизменности данных. Кроме того, прозрачность всех транзакций в сети позволяет участникам верифицировать информацию и устанавливать доверие друг к другу без необходимости в посреднике. Блокчейн устойчив к цензуре и взлому, поскольку атака требует скоординированных действий против большинства узлов сети [3].

Возможности внедрения в сферу образования

Блокчейн может использоваться для формирования безопасного распределенного реестра академических записей и квалификаций. Каждый диплом или сертификат будет представлен в виде транзакции и добавлен в блокчейн. Благодаря криптографическим методам защиты, эти записи станут неизменяемыми и верифицируемыми.

Образовательные учреждения будут действовать в качестве источников транзакций, формируя новые блоки с данными об успеваемости, квалификациях и достижениях студентов. Эти блоки будут распространяться по сети и проверяться другими узлами (например, работодателями, другими университетами) в соответствии с правилами консенсуса [1].

Каждый студент имеет возможность получить цифровой кошелек или идентификатор, связанный с его академическими записями в блокчейне. В случае необходимости подтверждения своих квалификаций, студент может предоставить этот идентификатор работодателю или учебному заведению. Они смогут просмотреть и проверить записи непосредственно в блокчейне, без посредников.

Децентрализованная природа блокчейна исключает возможность единой точки отказа или цензуры. Записи будут доступны всем узлам сети, обеспечивая прозрачность и предотвращая подделку данных. Кроме того, блокчейн может использоваться для защиты авторских прав на учебные материалы и предотвращения плагиата [1].

Блокчейн позволит исследователям публиковать публикации без ограничений при этом имея возможность отслеживать повторное использование своих исследований, включая частоту цитирования и использования работы в качестве учебных материалов. Такой подход повышает доверие к академическим квалификациям, упрощает проверку достижений и обеспечивает более надежную защиту студенческих данных по сравнению с централизованными системами [2].

Преимущества использования

- Неизменность и прозрачность академических записей, защита от фальсификации данных.
- Упрощение проверки подлинности дипломов, сертификатов и квалификаций для работодателей и учебных заведений.
- Повышение доверия к образовательной системе за счет децентрализованной проверяемой системы хранения данных.
- Улучшенная защита персональных данных студентов и преподавателей, контроль доступа к информации.
- Предотвращение мошенничества при онлайн-обучении и экзаменах за счет надежной идентификации.
- Отслеживание прав интеллектуальной собственности на учебные материалы, борьба с плагиатом.
- Снижение административных издержек и временных затрат на проверку документов.

Недостатки использования

- Высокие первоначальные затраты на внедрение и разработку инфраструктуры.
- Проблемы масштабируемости и скорости обработки транзакций в публичных блокчейнах.
- Риски конфиденциальности и деанонимизации в открытых блокчейнах без должных мер безопасности.
- Необходимость согласованных действий со стороны большинства вузов и работодателей для широкого признания блокчейн-сертификатов. Блокчейн может быть эффективным только при условии, что на него начинают полагаться достаточное количество учреждений и работодателей [2].
- Проблемы совместимости с существующими системами и стандартами хранения данных.

Возможное решение проблем внедрения

1. Проблема масштабируемости и производительности
 - Использование промежуточных решений, таких как Lightning Network или Sidechains для повышения скорости транзакций.
 - Применение консорциумных или частных блокчейнов с более высокой пропускной способностью вместо публичных сетей.
2. Вопросы конфиденциальности и защиты данных

- Использование методов шифрования и обезличивания данных в блокчейне.
- Применение решений на базе закрытых или консорциумных блокчейнов с ограниченным доступом.
- Реализация многоуровневой архитектуры, где часть данных хранится вне блокчейна.

3. Проблема стоимости

- Поэтапное внедрение, начиная с пилотных проектов в отдельных вузах.
- Использование открытого программного обеспечения и облачных сервисов для снижения затрат.
- Объединение усилий и ресурсов нескольких учебных заведений.

4. Отсутствие стандартов и нормативно-правовой базы

- Участие в разработке отраслевых стандартов для применения блокчейна в образовании.
- Сотрудничество с регулируемыми органами для создания соответствующей нормативно-правовой базы.

Библиографические ссылки

1. Grech A. Education and blockchain // UNESCO and COL, 2022. 74с.

2. How Blockchain Is Used in Education. [Электронный ресурс].

URL: <https://online.maryville.edu/blog/blockchain-in-education> (дата обращения: 30.03.2024).

3. Blockchain in Education: A Systematic Review and Practical Case Studies. [Электронный ресурс].

URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9893128> (дата обращения: 30.03.2024).

УПРАВЛЕНИЕ ИОТ УСТРОЙСТВАМИ С ОТКРЫТЫМ API ЧЕРЕЗ WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ

М. А. Краснов

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, grektor502@gmail.com
Научный руководитель: А. А. Дерюшев, кандидат технических наук, доцент*

В работе представлена разработка web-приложения для управления умными устройствами в локальной сети. Основным результатом является приложение, позволяющее управлять умными устройствами, на примере взаимодействия с Yeelight smart LED bulb w3 (multicolor).

Ключевые слова: IoT; веб-приложение; лампочка LED smart bulb; интернет вещей.

Введение

В эпоху цифровизации и стремительного технологического прогресса, умные устройства, или устройства Интернета вещей (IoT), стали неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. Они проникают в различные сферы нашего существования, включая домашнюю обстановку, промышленность, здравоохранение и городскую инфраструктуру.

Самыми распространенными примерами применения технологии IoT являются умные дома и умные города. Умные дома используют IoT устройства для автоматизации и оптимизации бытовых процессов, в то время как умные города применяют их для повышения эффективности городских служб и улучшения качества жизни горожан.

Однако управление этими устройствами может быть сложным, особенно в случае открытых API. В связи с этим возникает необходимость в разработке веб-приложений, которые могут упростить процесс управления и координации этими устройствами. В рамках данного исследования будет изучаться и разрабатываться методика управления устройствами IoT с открытыми API через веб-приложение.

Цель работы

Основной целью данной работы является разработка web-приложения, построенного согласно паттерну Клиент-Сервер, для управления умной лампочкой Yeelight smart LED bulb w3, находящейся в той же локальной сети что и сервер web-приложения. Существует оригинальное приложение для мобильных устройств, позволяющее управлять умной лампочкой, но у него есть свои недостатки: в приложении нет возможности устанавливать цвет лампочки, используя точные значения одной из палитр (RGB, HSV), у многих пользователей возникают сложности с подключением лампочки к приложению. Разрабатываемое приложение призвано решить эти проблемы.

Основные функции приложения:

1. Включение/выключение умного устройства;
2. Изменение цвета лампочки с использованием RGB/HSV схемы;
3. Добавление нового расписания, в используемое устройство;
4. Поиск доступных устройств в локальной сети.

Задачи работы

1. Изучение API-документации для устройства Yeelight smart LED bulb w3: получение основных правил/методов для управления данным устройством через внешнее API.

2. Разработка серверной части приложения на Node.js с использованием библиотеки Express.js: написание основных функций, роутов, необходимых для взаимодействия с устройством.

3. Разработка Front-End части приложения с использованием фреймворка React: создание основных страниц, позволяющих удобно взаимодействовать с сервером и видеть, что происходит с устройством.

4. Анализ результатов и выводы.

Изучение API-документации устройства

В начале работы проводилось подробное изучение документации с дальнейшим выделением основных, необходимых для работы методов взаимодействия с устройством, анализ кода, предоставляемого сторонними разработчиками, а также изучение списка библиотек для возможного использования. Основной задачей являлся сбор основных методов, библиотек для успешной реализации приложения. Был выбран модуль net, предоставляемый Node.js, позволяющий устанавливать соединение с устройством, а также модуль dgram для поиска устройства в локальной сети.

Разработка серверной части приложения

Следующим шагом было написание серверной части приложения. Как упоминалось ранее, для этого были использованы: библиотека Express.js, модули net и dgram. Данные модули были выбраны по нескольким причинам:

1. Модуль net позволяет устанавливать соединение с лампочкой, посредством сокетов;
2. Модуль net прост и интуитивно понятен для использования;
3. Модуль dgram позволяет отправлять UDP запросы устройствам, находящимся в локальной сети, что существенно упростит поиск информации о лампочке для дальнейшего взаимодействия с ней;
4. Библиотека Express.js позволяет не беспокоиться об используемых сетевых протоколах и низкоуровневых процессах, что упрощает разработку.

Разработка Front-End части приложения

В ходе следующего шага были созданы web-страницы для приложения с использованием фреймворка React. Всего было разработано 2 страницы. Первая отвечала за поиск устройства в локальной сети, а вторая за отображения основной информации об устройстве, а также содержащая интерфейсы для взаимодействия с устройством (кнопки, поля ввода, ползунки-диапазона). Кнопки предназначены для включения/выключения лампочки, поля ввода отвечают за установку времени для расписания, а ролью ползунков является изменение цвета лампочки согласно цветовым схемам RGB/HSV.

Анализ результатов и выводы

Завершив процесс создания приложения, стоит отметить, что при наличии необходимых устройств, а также среднего уровня знаний языка js, библиотеки Express.js и некоторых ее модулей, того, как работают приложения, построенные согласно паттерну Клиент-Сервер, становится возможным создание своего приложения для управления умными устройствами с открытым API.

Результаты работы

1. Изучена API-документация для взаимодействия с умной лампочкой.
2. Разработана серверная часть данного web-приложения.
3. Реализована Front-End часть приложения.
4. Результаты работы были проанализированы и сделаны соответствующие выводы.

Перспективы развития

Основной перспективой развития данного приложения является добавления возможность взаимодействия с другими умными устройствами, а также добавление возможности для удаленного управления IoT устройствами, то есть не находящимися в локальной сети.

Библиографические ссылки

1. Yeelight WiFi Light Inter-Operation Specification [Electronic resource] / ed. Qingdao Yeelink Information Technology Co., Ltd.
URL: https://home.yeelight.de/site/templates/downloads/yeelight_inter-operation-spec.pdf (date of access: 22.03.2024).
2. ExpressJS Tutorial Absolute Learning [Electronic resource] / ed. Tutorials point.
URL: <https://www.tutorialspoint.com/expressjs/index.htm> (date of access: 22.03.2024).
3. Node.js v21.7.3 documentation [Electronic resource] / ed. TJ Holowaychuk.
URL: <https://nodejs.org/api/dgram.html> (date of access: 22.03.2024).

ANDROID-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ МЕБЕЛЬНОГО МАГАЗИНА

Е. Д. Кривицкая

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь,
Научный руководитель: С. А. Вельченко, старший преподаватель.*

Мобильное приложение для мебельного магазина на платформе Android предлагает новый способ подхода к выбору и покупке мебели. Сочетая в себе функциональности дополненной реальности и просмотра 3D-моделей, оно открывает пользователям возможность увидеть, как мебель и предметы декора будут выглядеть в их интерьере, а также детально изучить характеристики товаров перед покупкой.

Ключевые слова: мобильное приложение; мебельный магазин; визуализация в интерьере; выбор мебели; 3D-модели мебели; дополненная реальность.

Введение

В современном мире, мобильные приложения становятся неотъемлемой частью розничной торговли, в том числе и в сегменте мебельного рынка. Постоянное развитие технологий и изменение предпочтений потребителей заставляют компании искать инновационные способы привлечения и удержания клиентов. В этом контексте разработка мобильных приложений для мебельных магазинов, интегрирующих передовые технологии, становится ключевой стратегической задачей. Такие приложения должны не только обеспечивать удобство и оперативность, но и предлагать потребителям интересные и информативные возможности, делая процесс выбора и покупки мебели более привлекательным.

Цель работы

Цель данной работы заключается в разработке мобильного приложения для мебельного магазина на платформе Android, которое включает функцию дополненной реальности (AR). Приложение предлагает удобный интерфейс, который позволяет пользователям легко выбирать и просматривать мебель в реальном времени с помощью AR. Кроме того, реализована функция просмотра 3D-моделей мебели, благодаря которой пользователи могут осматривать объекты с разных сторон.

Технологии и функциональность

В ходе разработки мобильного приложения, особое внимание было уделено созданию привлекательного и интуитивно понятного пользовательского интерфейса (UI). Для достижения этой цели был выбран Kotlin Compose.

В мобильном приложении для мебельного магазина реализован ряд функций, которые значительно улучшают опыт пользователей и облегчают процесс выбора и покупки мебели.

Благодаря интегрированной функции дополненной реальности приложение позволяет визуализировать предметы мебели в реальных интерьерах. С её помощью можно мгновенно увидеть, как тот или иной товар сочетается с остальной обстановкой. Это делает процесс выбора более информативным, реалистичным и увлекательным.

Приложение также предоставляет 3D-модели мебели, позволяя пользователям рассмотреть изделие со всех сторон, оценить его характеристики и детали.

В качестве инструмента для хранения и управления данными используется база данных Firebase.

Для обеспечения безопасности и удобства работы предложены различные методы аутентификации. Пользователи могут войти в приложение через свои учётные записи Google или электронную почту с паролем.

Функция поиска мебели по различным критериям и применение фильтров позволяют пользователям быстро находить интересующие товары среди разнообразного ассортимента. Это сокращает время выбора и делает процесс покупки более эффективным.

В приложении доступны такие функциональные возможности, как редактирование профиля пользователя, оформление заказов и добавление способов оплаты и адресов доставки.

Сравнение с аналогами

Среди аналогов приложения можно выделить такие популярные платформы, как IKEA Place, Wayfair и Houzz. Хотя эти приложения также предлагают возможность просмотра мебели в дополненной реальности и имеют обширные каталоги товаров, стремление превзойти их в функциональности и удобстве использования остается целью. Описываемое приложение предлагает более широкий спектр функций и инструментов, которые способствуют наиболее приятному опыту выбора и покупки мебели для пользователей.

Важно отметить, что данное приложение предлагает не только возможность просмотра мебели в дополненной реальности, но и дополнительную функцию просмотра в 3D-режиме. Предоставление возможности просмотра мебели в 3D-режиме расширяет гибкость и удобство использования приложения. В случаях, когда использование дополненной реальности оказывается неудобным или невозможным, пользователи все равно могут просматривать мебель в формате 3D. Это предоставляет пользователям больше вариантов и адаптивности в опыте выбора и покупки мебели, позволяя им выбирать наиболее подходящий для них режим взаимодействия с приложением.

Перспективы развития

В целях постоянного совершенствования в приложение будут внедрены алгоритмы машинного обучения для анализа предпочтений пользователей, их стиля интерьера и предыдущих покупок. Это позволит создать персонализированные рекомендации, идеально соответствующие индивидуальным потребностям каждого пользователя.

Кроме того, в приложении планируется регулярное обновление ассортимента мебели и предметов декора, включая новые коллекции и бренды. Это расширит выбор товаров для пользователей, предоставляя им больше вариантов для создания уникального интерьера.

Также планируется развивать новые инструменты и возможности, направленные на повышение удобства использования и улучшение пользовательского опыта. Это включает в себя усовершенствование функции поиска и фильтрации товаров, расширенные инструменты для визуализации и интерактивного взаимодействия с мебелью, а также новые способы оформления заказов и оплаты.

Наконец, в планах внести усовершенствования в алгоритмы и методы визуализации мебели в реальном времени. Это включает улучшение распознавания поверхностей и определения местоположения объектов в дополненной реальности, что обеспечит пользователям более точную и реалистичную визуализацию мебели в их собственных интерьерах.

Библиографические ссылки

1. Android App Development [Electronic resource] URL: <https://developer.android.com/> (date of access: 14.02.2024).
2. Learn ARCore Fundamentals of Google ARCore [Electronic resource] / Micheal Lanham. Packt, 2018. URL: <https://www.packtpub.com/product/learn-arcore-fundamentals-of-google-arcore/9781788830409> (date of access: 16.02.2024)
3. Firebase Coolbook [Electronic resource] / Housseem Yahiaoui. Packt, 2017. URL: <https://www.packtpub.com/product/firebase-cookbook/9781788296335> (date of access: 20.02.2024).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСКРЕТНОЙ МАТЕМАТИКИ

С. В. Маленков¹⁾, Б. А. Бадак²⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет
пр. Независимости, 65, г. Минск, Беларусь,

²⁾Научный руководитель: Бадак Б. А., Белорусский национальный технический университет
пр. Независимости, 65, г. Минск, Беларусь, badak.bazhena@bk.ru

Искусственный интеллект является прорывной технологией, имеющей большой потенциал в образовании. В работе рассмотрены примеры прикладного использования искусственного интеллекта, предлагаемые при изучении дискретной математики студентам Белорусского национального технического университета, обучающимся по специальности «Информационные системы и технологии». Возможности искусственного интеллекта целесообразно использовать как одно из современных средств обучения студентов в техническом университете: от личностно-ориентированного обучения до анализа данных и интеллектуального обучения.

Ключевые слова: искусственный интеллект; машинное обучение; нейронные сети; дискретная математика; генетические алгоритмы; графовые структуры; анализ и обработка данных; задача о рюкзаке.

В последнее время очень много разговоров об Искусственном интеллекте (Artificial Intelligence), Машинном обучении (Machine learning), Глубоком обучении (Deep learning), больших данных (Big Data), нейронных сетях (Neural networks) и многих других терминах и технологиях, о которых 30 лет назад можно было прочитать только в футуристических книгах. Уже сегодня различные технологии искусственного интеллекта используются в нашей повседневной жизни. Компьютеры уже могут распознавать нашу речь и автоматический перевод от Яндекс и Google Translate работает на порядок лучше, чем всего лишь 5 лет назад. Техники распознавания изображений и окружающей среды и местности применяются в автономных беспилотных автомобилях, которые уже ездят по миру, в том числе, в России и Беларуси. И количество автономных машин увеличивается огромными темпами.

В сфере образования интеграция технологий произвела революцию в традиционных методах обучения. Одной из таких преобразующих технологий является искусственный интеллект (далее – ИИ), обладающий огромным педагогическим потенциалом, который способен улучшить опыт обучения студентов технических университетов в области математики. Искусственный интеллект в 21 веке безусловно является неотъемлемой частью любой сферы деятельности. ИИ открывает абсолютно новые возможности в изучении любой предметной области. Дискретная математика представляет основу (фундамент) для многих областей науки и техники, включая информатику, криптографию, теорию графов, логику и многие другие. Использование методов искусственного интеллекта (ИИ) в изучении дискретной математики открывает новые возможности для решения сложных задач и развития новых подходов к анализу и обработке дискретных структур [2]. Искусственные нейронные сети успешно применяются для распознавания образов и классификации объектов в различных областях, включая дискретную математику. Например, нейронные сети могут использоваться для автоматического распознавания графовых структур, определения их свойств и классификации по заданным критериям. Это может быть полезно, например, в анализе социальных сетей или биоинформатике.

С развитием Интернета и социальных сетей стали доступны огромные наборы данных, что способствовало прорывам в машинном обучении, глубоком обучении и приложениях ис-

кусственного интеллекта, управляемых данными. В настоящее время под искусственным интеллектом подразумевается способность программного обеспечения производить манипуляции, схожие с действиями, реализуемыми под управлением мозга человека. С другой стороны, ИИ можно рассматривать как информационно-компьютерную среду, построенную на перцептивной деятельности человека, способную воспринимать окружающую среду и реагировать на внешнее воздействие, имитируя человека [1]. Искусственный интеллект – это достаточно широкая отрасль, которая в свою очередь охватывает и машинное и глубокое обучение. Если взять пример шахмат, то в примере с ИИ, мы даем машине много логических правил, и на их основе она учится играть. А в примере с машинным обучением (МО), мы даем машине много примеров прошлых игр, она изучает их и анализирует почему одни игроки выигрывали, а другие проигрывали, какие шаги вели к успеху, а какие – к поражению. И на основе этих примеров, машина сама создает алгоритмы и правила как надо играть в шахматы, чтобы выиграть.

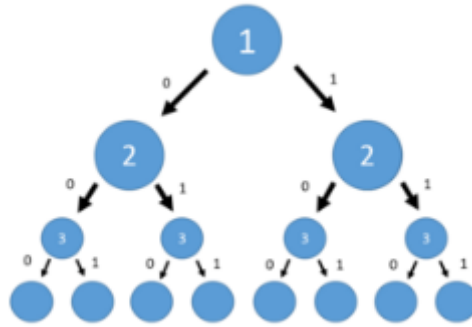
Методы искусственного интеллекта, такие как генетические алгоритмы или алгоритмы машинного обучения, могут применяться для решения комбинаторных задач, таких как задача коммивояжера или задача о рюкзаке. Данные методы позволяют находить приближенные или точные решения сложных комбинаторных задач за разумное время.

Рассмотрим **задачу о рюкзаке**. Классическая постановка задачи звучит так: Пусть имеется набор предметов, каждый из которых имеет два параметра – масса и ценность. Также имеется рюкзак определённой грузоподъёмности. Задача заключается в том, чтобы собрать рюкзак с максимальной ценностью предметов внутри, соблюдая при этом ограничение рюкзака на суммарную массу.

Эта задача имеет несколько вариантов постановки задачи. Авторами рассмотрен самый распространённый вариант: **нелинейная задача о рюкзаке**. Она формулируется таким образом: Пусть вектор (x_1, \dots, x_n) принадлежит R определяет количество экземпляров каждого предмета. Тогда задача состоит в нахождении минимума функции $\min f(x)$, где x принадлежит множеству S . В этой формуле множество S не пусто, а $f(x)$ предполагается непрерывной и дифференцируемой на R в степени n . Существует несколько методов решения данной задачи: метод полного перебора и метод ветвей и границ:

1. Полный перебор

Как и для других дискретных задач задачу о рюкзаке можно решить, полностью перебрав все возможные решения. По условию задачи имеется предметов, которые можно укладывать в рюкзак, и нужно определить максимальную стоимость груза, вес которого не превышает. Для каждого предмета существует 2 варианта: предмет кладётся в рюкзак либо предмет не кладётся в рюкзак. Тогда перебор всех возможных вариантов имеет временную сложность, что позволяет его использовать лишь для небольшого количества предметов. С ростом числа предметов задача становится неразрешимой данным методом за приемлемое время. На следующем рисунке показано дерево перебора для трёх предметов. Каждый лист соответствует некоторому подмножеству предметов. После составления дерева необходимо найти лист с максимальной ценностью среди тех, вес которых не превышает.



Дерево полного перебора, соответствующее поиску решения для трех предметов

2. Метод ветвей и границ

Метод ветвей и границ является вариацией метода полного перебора с той разницей, что исключаются заведомо неоптимальные ветви дерева полного перебора. Как и метод полного перебора, он позволяет найти оптимальное решение и поэтому относится к точным алгоритмам. Оригинальный алгоритм, предложенный Питером Колесаром (англ. *Peter Kolesar*) в 1967 году, предлагает отсортировать предметы по их удельной стоимости (отношению ценности к весу) и строить дерево полного перебора. Его улучшение заключается в том, что в процессе построения дерева для каждого узла оценивается верхняя граница ценности решения, и продолжается построение дерева только для узла с максимальной оценкой. Когда максимальная верхняя граница оказывается в листе дерева, алгоритм заканчивает свою работу.

Способность метода ветвей и границ уменьшать количество вариантов перебора сильно опирается на входные данные. Его целесообразно применять только если удельные ценности предметов значительно отличаются

3. Генерация и анализ случайных структур

Искусственные нейронные сети и генетические алгоритмы могут использоваться для генерации случайных дискретных структур с заданными свойствами. Это может быть полезно для исследования случайных графов, последовательностей или других дискретных объектов, а также для создания тестовых наборов данных для алгоритмов исследования.

Использование искусственного интеллекта в изучении дискретной математики представляет собой перспективное направление, которое открывает новые возможности для решения сложных задач и исследования новых аспектов дискретных структур. Применение методов искусственного интеллекта позволяет эффективно решать задачи классификации, оптимизации и анализа дискретных структур, что способствует развитию как теории, так и практических приложений в этой области.

Библиографические ссылки

1. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson, pp. 1151, 2016.
2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A: Deep learning: The MIT Press, 2016, 800 pp, ISBN: 0262035618.

СИСТЕМА СЕГМЕНТАЦИИ СНИМКОВ КТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ АРХИТЕКТУРЫ

А. А. Муха

*Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого,
ул. Пенязькова, 57, 246029, г. Гомель, Беларусь, andrew.muha19@gmail.com*

Представляем систему сегментации снимков КТ, основанную на распределенной архитектуре и принципах параллельных вычислений. Система обеспечивает увеличение скорости обработки, повышение точности сегментации и экономию времени и ресурсов. Распределенная архитектура позволяет использовать несколько вычислительных узлов, работающих параллельно, для эффективной обработки больших объемов данных. Параллельные вычисления распараллеливают задачи, ускоряют время обработки и повышают производительность системы. Масштабируемость системы обеспечивает возможность ее легкого расширения для обработки большего объема данных или увеличения числа пользователей.

Ключевые слова: распределенная архитектура; параллельные вычисления; сегментация; снимки КТ; скорость обработки; точность.

Разработка распределенной архитектуры, основанной на принципах параллельных вычислений, является важным аспектом системы сегментации снимков компьютерной томографии (КТ). В силу объемности и сложности трехмерных данных, обработка и сегментация снимков КТ требуют высокой вычислительной мощности и эффективных алгоритмов.

Распределенная архитектура позволяет выполнять вычисления параллельно на нескольких узлах или компьютерах, что увеличивает скорость обработки данных и сокращает время, необходимое для сегментации снимков КТ. Кроме того, она обеспечивает масштабируемость системы, позволяя добавлять или удалять вычислительные ресурсы в зависимости от потребностей.

Одним из распространенных подходов к распределенной обработке снимков КТ является использование вычислительных кластеров или облачных вычислений. Кластеры объединяют несколько компьютеров, образуя единую систему, которая может эффективно решать задачи сегментации. Облачные вычисления позволяют использовать удаленные серверы для обработки данных, что особенно полезно при работе с большими объемами снимков КТ.

Разработка распределенной архитектуры также требует учета вопросов безопасности и надежности передачи данных. В медицинской сфере особое внимание уделяется защите конфиденциальности пациентов и обеспечению безопасности медицинских данных.

В целом, разработка распределенной архитектуры, основанной на принципах параллельных вычислений, способствует более эффективной и быстрой сегментации снимков КТ, что имеет важное значение для анализа и интерпретации медицинских данных.

Система с распределенной архитектурой для сегментации снимков КТ имеет следующие преимущества:

– увеличение скорости обработки. Распределенная архитектура позволяет использовать несколько вычислительных узлов, работающих параллельно. Это приводит к существенному ускорению времени обработки данных, так как каждый узел может обрабатывать свою часть задачи одновременно. Благодаря этому, система может обеспечить более быструю и эффективную сегментацию снимков КТ, особенно в случае больших объемов данных;

– распараллеливание вычислений. Принципы параллельных вычислений позволяют эффективно распределить вычислительную нагрузку между несколькими узлами. Каждый узел

работает над своей подзадачей независимо, что приводит к более быстрой обработке данных. Это особенно полезно при сегментации снимков КТ, которая может быть вычислительно интенсивной задачей, требующей больших объемов вычислительных ресурсов;

– масштабируемость. Распределенная архитектура позволяет легко масштабировать систему сегментации снимков КТ. Добавление новых вычислительных узлов позволяет увеличить пропускную способность и общую производительность системы. Это особенно полезно при работе с большими объемами данных или при увеличении количества пользователей системы;

– повышение точности сегментации. Благодаря распределенной архитектуре и параллельным вычислениям, система может обрабатывать более сложные алгоритмы сегментации, что приводит к повышению точности результатов. Более точная сегментация снимков КТ может быть критически важной для диагностики и планирования лечения различных заболеваний;

– экономия времени и ресурсов. Использование распределенной архитектуры позволяет оптимально использовать доступные вычислительные ресурсы и сократить время, затрачиваемое на обработку снимков КТ. Это приводит к снижению затрат на оборудование и улучшению эффективности медицинской практики.

Разработка распределенной архитектуры открывает перед нами широкие перспективы в эффективном использовании ресурсов вычислительной инфраструктуры. Это позволяет нам ускорить время обработки данных и обеспечить масштабируемость системы для эффективной обработки больших объемов снимков компьютерной томографии (КТ).

Одной из ключевых преимуществ распределенной архитектуры является возможность распределения вычислительной нагрузки между несколькими узлами. Это позволяет эффективно использовать ресурсы, такие как процессоры, память и хранилище данных, что приводит к значительному увеличению производительности системы. Благодаря параллельным вычислениям и синхронизации между узлами, мы можем достичь высокой производительности и точности сегментации данных, что является критически важным для успешного применения системы в медицинской практике.

Масштабируемость также является важным фактором при обработке большого объема снимков КТ. Распределенная архитектура позволяет нам легко масштабировать систему, добавляя новые вычислительные узлы при необходимости. Это особенно полезно при работе с огромными наборами данных, которые могут возникать в медицинской практике. Благодаря такой масштабируемости мы можем эффективно управлять ростом объема данных и обеспечить непрерывную и плавную работу системы.

В целом, разработка распределенной архитектуры является значимым шагом вперед в области обработки снимков КТ. Она позволяет нам эффективно использовать ресурсы, ускорять время обработки данных, обеспечивать масштабируемость системы и достигать высокой производительности и точности сегментации. Эти преимущества играют важную роль в успешном применении системы в медицинской практике и способствуют улучшению диагностики и лечения пациентов.

Таким образом, система сегментации снимков КТ, основанная на распределенной архитектуре и принципах параллельных вычислений, представляет собой эффективное решение для обработки больших объемов данных с высокой скоростью и точностью. Параллельные вычисления позволяют распараллелить задачи, ускорить время обработки и улучшить производительность системы.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УЧЕТА И АНАЛИЗА ПОСЕЩЕНИЙ ЗАНЯТИЙ В УЧРЕЖДЕНИЯХ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

К. А. Пташук

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. П.Бровки, 6, 220013, г. Минск, Беларусь, ptasukkalina@gmail.com
Научный руководитель: В. А. Федосенко, кандидат технических наук, доцент*

Изучена предметная область системы учета и анализа посещения занятий в учреждениях высшего образования. Также проанализированы основные функции современных аналогов и их недостатки. На основе проведенного исследования разработана улучшенная версия существующих аналогов в виде веб-приложения, поддерживающего три авторизованные пользовательские роли и различный функционал для каждой из них.

Ключевые слова: учет; анализ посещений; электронный журнал; студент; преподаватель; администрация университета; веб-приложение.

Система учета и анализа посещения занятий в учреждениях высшего образования является специализированным программным обеспечением, которое помогает автоматизировать процессы отслеживания и анализа информации о посещениях студентов.

Ранее процесс мониторинга посещаемости студентов проходил в бумажном формате посредством ведения журналов учета посещений старостами учебных групп и преподавателями. С течением времени данный процесс автоматизировался – и на смену бумажным журналам пришли электронные журналы по нескольким причинам:

1. Упрощение учета посещаемости. Электронный журнал позволяет автоматически фиксировать и отслеживать посещаемость студентов без необходимости вручную заполнять бумажные журналы. Это сокращает время и усилия преподавателей и администрации при учете посещений и расчете процента посещаемости.

2. Улучшение доступа и обмена информацией. Электронный журнал обеспечивает удобный и быстрый доступ к информации о посещении занятий для студентов, преподавателей и администрации. Он позволяет легко отслеживать пропуски, изменения в расписании, объявления и другую актуальную информацию, снижая вероятность потери или неправильного восприятия информации.

3. Более точный анализ посещаемости. Электронный журнал позволяет осуществлять анализ данных о посещениях занятий, таких как процент посещаемости, частота пропусков, причины пропусков и т. д. Это предоставляет администрации и преподавателям ценную информацию для мониторинга и улучшения образовательного процесса, а также для принятия своевременных решений.

4. Удобство и гибкость использования. Электронный журнал может быть доступен через мобильное или веб-приложение, что позволяет студентам и преподавателям легко получать доступ к информации о посещении занятий в любое время и из любого места [1].

На данное время существует множество веб-приложений, специализирующихся на учете и анализе посещений в высших учебных заведениях, однако все они не включают в себя полный нужный функционал. На основе этого проведен анализ рейтингового агентства и рассмотрены некоторые аналоги проектируемого программного средства и их характеристики [2].

1. Google Classroom. Платформа позволяет создавать учебные курсы, добавлять текстовые и видео-материалы, задания, тесты (с автопроверкой), отслеживать посещение занятий и

общаться с учениками или сотрудниками, которые проходят обучение. Минусы аналога в том, что не представлены функции визуализации анализа посещаемости и выгрузки отчетности.

2. HolliHop. Специализированная CRM-платформа для учебных центров, курсов иностранного языка, тренингов. Минусы аналога в том, что он не предоставляет такую функцию, как контроль своей личной успеваемости студентом.

На основе выявленных минусов в существующих аналогах была разработана функциональность проектируемого веб-приложения.

Различный функционал был разработан для трех ролей авторизованных пользователей: студент, преподаватель и администрация университета.

У трех ролей есть возможность изменять личные данные у себя в профиле.

Студент обладает возможностью просмотра личных выставленных пропусков и загрузки оправдательных документов в .png-формате (справки, заявления и другие документы, подтверждающие уважительную причину отсутствия на занятиях).

Преподаватель обладает возможностью выставления пропусков, выбирая предмет, студента, дату, количество часов и причину пропуска, а также их редактирования и удаления.

Администрация университета обладает возможностью контроля регистрации новых студентов и преподавателей путем подтверждения их заявки на регистрацию с выбранной ролью или ее отклонением.

Ниже представлена диаграмма вариантов использования с целью иллюстрации взаимодействия трех ролей пользователей (рис. 1).

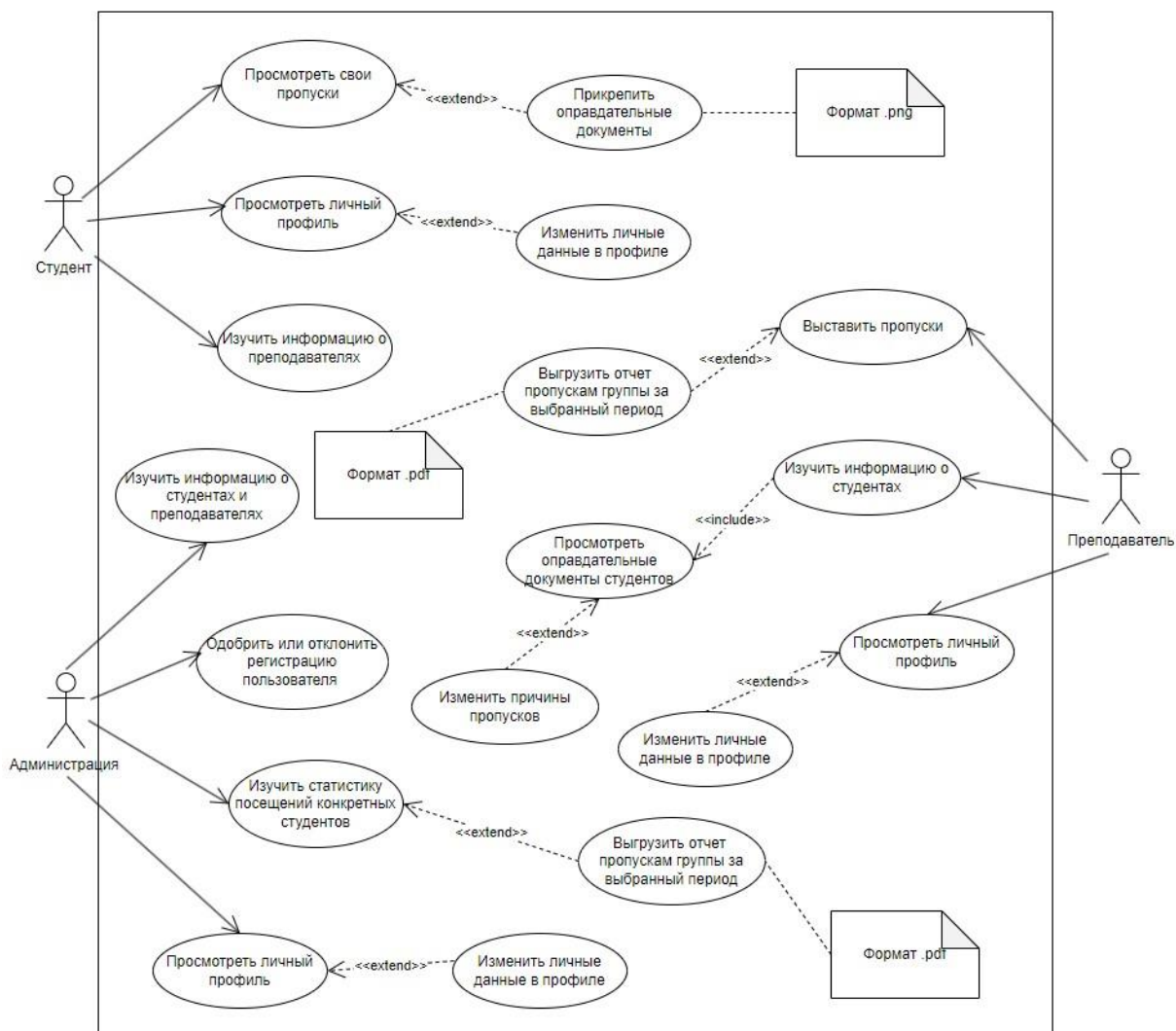


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

Непосредственно для учета и анализа пропусков разработана функция выгрузки отчета по посещениям конкретной учебной группы за выбранный месяц в .pdf-формате. Также программное средство оснащено функциями статистики, благодаря которым можно наблюдать автоматический подсчет количества пропусков студента с разграничением по уважительной и неуважительной причине, процентное соотношение пропусков по причинам в виде кольцевой диаграммы и краткое заключение о посещаемости студента согласно количеству пропусков по неуважительной причине и установленным нормам на этот счет администрацией университета (рис. 2).



Рис. 2. Пример анализа пропусков студента

Приложение является клиент-серверным.

Серверная часть написана на языке программирования Java с использованием фреймворка Java Spring Boot. Для клиентской части были использованы такие основные и популярные языки гипертекстовой разметки и декорирования, как HTML и CSS, фреймворк Bootstrap для быстрого создания адаптивного интерфейса и JavaScript для интерактивности сайта [3]. Выбранные технологии занимают одни из лидирующих позиций в списке технологий для разработки веб-приложений.

На данный момент веб-приложение функционирует в полной мере, однако далее планируется расширить его возможности путем добавления уведомлений в виде писем на электронные почты студентов при новых действиях преподавателей или администрации вуза, связанных с их профилем.

Библиографические ссылки

1. Электронный журнал для вуза [Электронный ресурс].
URL: <https://ug.ru/elektronnyj-zhurnal-dlya-vuza> (дата обращения: 24.03.2024).
2. Топ-10 программ для учебных центров [Электронный ресурс].
URL: <https://www.livebusiness.ru/tools/school> (дата обращения: 25.03.2024).
3. Инструменты для создания клиентских веб-приложений [Электронный ресурс].
URL: <https://habr.com/ru/articles/539172> (дата обращения: 25.03.2024).
4. Вигерс К., Битти Д. Разработка требований к программному обеспечению. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2014. с. 311-347.
5. Руководство Microsoft по проектированию архитектуры приложений. Санкт-Петербург : Корпорация Майкрософт, 2009. 14-65 с.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАДАЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ SCIPY

И. А. Савеня¹⁾, Г. Ч. Шушкевич²⁾

¹⁾ Гродненский государственный университет Янки Купалы,
ул. Ожешко, 22, 208, г. Гродно, Беларусь, saveny_ia_21@student.grsu.by

²⁾ Гродненский государственный университет Янки Купалы,
ул. Ожешко, 22, 208, г. Гродно, Беларусь, gsys@grsu.by

В данной работе разработан алгоритм и программный код для моделирования полета снаряда. Траектория движения описана системой дифференциальных уравнений. Для реализации данной задачи выбран язык программирования Python с использованием научной библиотеки SciPy. С помощью разработанного программного обеспечения проведён анализ различных сценариев полёта, произведена интерпретация полученных результатов. На основе численного эксперимента построены графики траектории движения.

Ключевые слова система дифференциальных уравнений; визуализация результатов; язык программирования Python; библиотека SciPy.

Введение

В настоящее время язык программирования Python [1] предоставляет возможности для реализации численных методов, позволяющих решать прикладные задачи, которые представляют собой сложные математические модели. Одним из основных инструментов для реализации таких методов в рамках Python является научная библиотека SciPy [2]. Этот инструментарий содержит встроенные функции для численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) [3], вычисления различных интегралов и специальных функций, обработки сигналов, интерполяции функций.

Постановка задачи

Для решения задачи, связанной с динамикой полёта снаряда в воздухе, была взята математическая модель, основанная на системе дифференциальных уравнений, описывающей движение объекта в пространстве [4]. Эта модель учитывает различные факторы, влияющие на составляющие полета, – аэродинамическое сопротивление, гравитационное притяжение и изменение массы объекта со временем.

Математическая модель полета представлена системой дифференциальных уравнений [4]:

$$\begin{aligned}\frac{d}{dt}x(t) &= v(t) \cdot \cos(\theta(t)) \\ \frac{d}{dt}y(t) &= v(t) \cdot \sin(\theta(t)) \\ \frac{d}{dt}v(t) &= \left(\frac{1}{1+t}\right) \left(3 \cdot \exp(-t) - 0.5 \cdot c \cdot p \cdot s \cdot v^2(t)\right) - g \cdot \sin(\theta(t)) + \left(\frac{1}{t+1}\right) \cdot v(t) \\ \frac{d}{dt}\theta(t) &= \frac{-g}{v(t)} \cdot \cos(\theta(t))\end{aligned}$$

где $x(t)$, $y(t)$ – координаты снаряда в момент времени t , $V(t)$ – скорость снаряда, $\theta(t)$ – угол наклона. Параметры: c – коэффициент сопротивления, p – плотность воздуха, s – поперечное сечение снаряда, g – ускорение свободного падения.

Реализация задачи на языке Python

Применение современных численных методов значительно сокращает время для решения задачи. Основное преимущество заключается в возможности использования научной библиотеки SciPy в Python, что позволяет анализировать поведение описанной динамической системы при различных значениях параметров. По результатам вычислений строятся графики зависимостей между величинами, входящими в систему дифференциальных уравнений. Это необходимо для подбора параметров системы, обеспечивающих желаемые свойства в практических приложениях.

Программа, предназначенная для решения описанной задачи, состоит из нескольких алгоритмических блоков. Ниже описаны их функции и особенности применения в том же порядке, в котором они представлены в программе:

1. Подключение модуля integrate из библиотеки SciPy для численного решения системы ОДУ. Подключение библиотеки NumPy для работы с массивами и модуля matplotlib.pyplot для визуализации данных.

2. Определение функции, описывающей систему обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ).

3. Определение начальных условий: $x(0) = y(0) = 0(м)$, $v(0) = v_0$, $\theta(0) = \theta_0$ и параметров задачи: $c = 0.2$, $p = 1.29$ (кг/м), $s = 0.25$ (м²), $g = 9.81$ м/с².

4. Использование функции solve_ivp из модуля integrate библиотеки SciPy для численного решения системы ОДУ [5]:

```
scipy.integrate.solve_ivp(fun, t_span, y0, method='RK45', t_eval=None, dense_output=False,
                          events=None, vectorized=False, args=None, **options),
```

здесь fun – функция, описывающая систему ОДУ, принимает текущее время и текущее состояние системы, возвращает производные состояний; t_span – кортеж из двух элементов, определяющий начальное и конечное время интегрирования; y0 – начальное состояние системы, массив значений, соответствующих состояниям системы в начальный момент времени; method – метод решения системы дифференциальных уравнений, по умолчанию используется метод RK45, но в нашем случае использован метод BDF [6]; в параметре t_eval можно указать точки, в которых требуется найти решение. Остальные параметры устанавливаются по умолчанию.

5. На основании численного решения задачи выполняется построение графиков.

Визуализация решения задачи

На рис. 1 представлены графики траектории полета при разных значениях угла взлета: 30, 45, 60 градусов, начальная скорость $v(0) = 50(м/с)$.

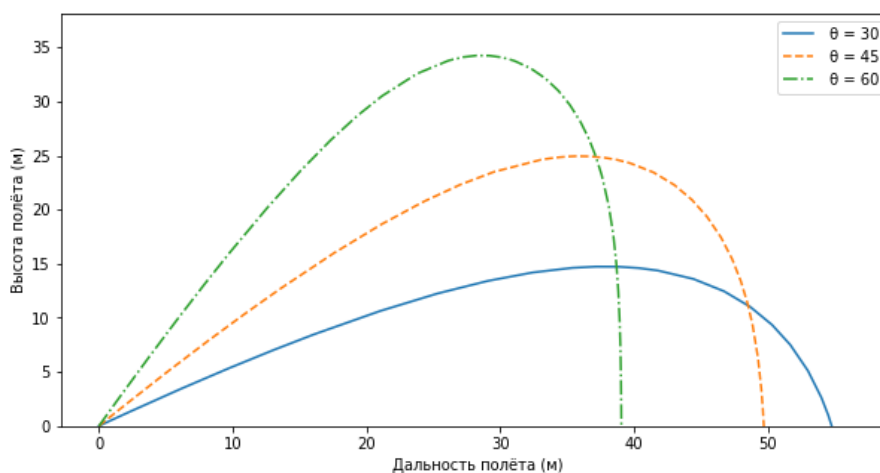


Рис. 1. Траектория снаряда для разных углов взлета.

На основании представленной информации можно сделать вывод, что чем больше угол запуска, тем выше летит снаряд, но на меньшую дальность.

На рис. 2 показана траектория движения при различных значениях начальной скорости – 30, 100, 130 м/с и при начальном угле запуска 45 градусов. На этом рисунке видно, что начальная скорость влияет на высоту и дальность полёта

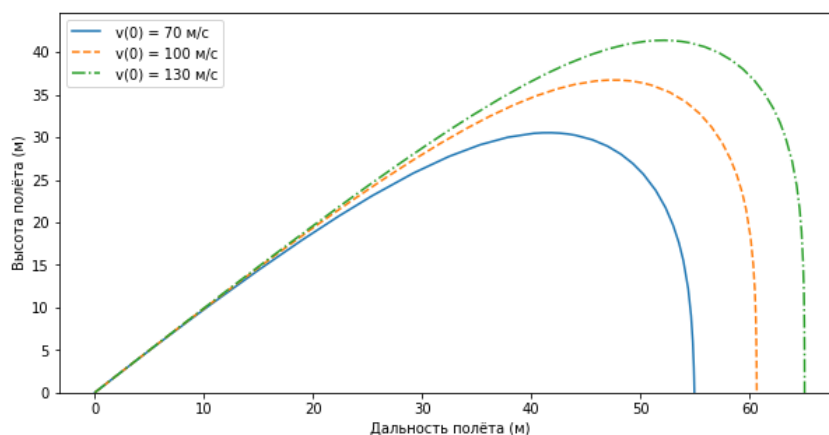


Рис. 2. Траектория снаряда с разной начальной скоростью

Вывод

В ходе нашего исследования изучена динамика полёта снаряда, используя современные численные методы и язык программирования Python. Создана компьютерная модель, которая помогает лучше понять, как различные факторы, такие как аэродинамическое сопротивление и начальные параметры полёта, влияют на траекторию полёта.

Путём анализа установлено, что выбор начального угла и скорости полёта имеет значительное значение для дальности и высоты полёта. Эти выводы имеют важное значение для проектирования, поскольку они помогают понять, какие параметры необходимо учитывать для достижения оптимальных результатов.

Библиографические ссылки

1. Severance C. Python for Everybody: Exploring Data in Python 3. Amazon Digital Services LLC, 2016. 242 p.
2. Берхман К. Р. Основы Python для Data Science. Спб.: Питер, 2023. 272 с.: ил. (Серия «Библиотека программиста»).
3. Нежелская, Л.А. Линейные дифференциальные уравнения и системы линейных уравнений : учеб. Пособие. Томск : Издательство Томского государственного университета, 2023. 142 с.
4. Golub G.H., Ortega J.M. Scientific Computing and Differential Equations: An Introduction to Numerical Methods. Academic Press, 1992. 334 p.
5. `scipy.integrate.solve_ivp` [Electronic resource]. URL: https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.integrate.solve_ivp.html (date of access: 25.03.2024).
6. Ascher U. M.;Petzold L. R. Computer Methods for Ordinary Differential Equations and Differential-Algebraic Equations. SIAM, Philadelphia, 1998. 331 p.

ГОВОРЯЩАЯ ИГРУШКА НА ANDROID

К. В. Скапцова

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь
Научный руководитель: А. А. Дерюшев, кандидат технических наук, доцент*

Цель данной работы заключается в разработке интерактивной говорящей игрушки, способной исполнять песни, сказки, говорить с пользователем, а также повторять за ним. Игрушка представляет собой устройство, интегрированное с программным обеспечением, которое обрабатывает голосовые команды пользователя и воспроизводит соответствующие аудиофайлы.

Ключевые слова: говорящая игрушка; распознавание речи; синтез речи; голосовой интерфейс; интерактивная игрушка.

Введение

Говорящие игрушки являются популярным видом игрушек, которые имеют встроенные звуковые и речевые функции, предназначенные для взаимодействия с детьми. В последние годы наблюдается значительный рост интереса к таким игрушкам, поскольку они играют важную роль в развитии детей и способствуют их обучению и развитию коммуникативных навыков. Поэтому, изучение говорящих игрушек и их влияния на развитие детей является актуальной и значимой темой для исследования.

Из конкурентов можно выделить: Furby, Teddy Ruxpin, Hatchimals. Наше преимущество в высококачественном распознавании и синтезе речи, а также в надежности и безопасности игрушки (рис. 1).



Рис. 1. Игрушка

Разработка

Игрушка была разработана на основе технологий синтеза и распознавания речи. Имеет в себе следующую функциональность: исполнение песен, зачитка сказок, разговор (5 уровней), повторение фраз. Управление всем функционалом осуществляется посредством голосового интерфейса, который предоставляется пользователю, и посредством ключевых фраз, например, “повтори за мной”, “спой песенку”, “расскажи сказку”.

Программа написана на языке kotlin и выполнена в формате Андроид-приложения, содержит в себе следующие структурные элементы: сервис по воспроизведению аудио в MP3 формате, сервис распознавания речи, сервис синтеза речи.

Пример реализации сервиса по воспроизведению аудио – на рис. 2:

```

class MP3Service: Service() {

    var mPlayer: MediaPlayer? = null
    private val binder = MyBinder()

    override fun onBind(p0: Intent?): IBinder? {
        return binder
    }

    fun initPlayer(mp3: Int) {
        if(mPlayer == null) {
            mPlayer = MediaPlayer.create(this, mp3)
        }
    }

    fun startPlay(){
        mPlayer?.start()
    }
    fun stopPlay(){
        mPlayer?.release()
        mPlayer = null
    }
    fun pausePlay() {
        mPlayer?.pause()
    }
    inner class MyBinder : Binder() {
        fun getService(): MP3Service {
            return this@MP3Service
        }
    }
    fun isOn(): Boolean {
        return (mPlayer!=null)
    }
}

```

Рис. 2. Пример реализации сервиса

Библиографические ссылки

1. Developers [Electronic Resource]. URL: <https://developer.android.com> (date of access 01.02.2024).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕЛЕГРАММ-БОТА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОФОРМЛЕНИЯ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ В СПИСКЕ ЛИТЕРАТУРЫ

Н. В. Слизенко

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы,
ул. Ожешко, 22, 230009, г. Гродно, Беларусь, nazarskizenko68@gmail.com
Научный руководитель: А. Л. Ситкевич, магистр физико-математических наук*

В данной работе описана необходимость создания программного средства для автоматического форматирования списка литературы. Описана разработка и исследование возможностей телеграмм-бота для автоматизации процесса оформления списков литературы по ГОСТу Беларуси. Предлагаемый бот позволит пользователям легко и быстро добавлять и форматировать источники литературы, генерировать список литературы в соответствии с требованиями стандарта ГОСТа и вести учет использованных источников.

Ключевые слова: телеграмм-бот; ГОСТ; автоматизация форматирования.

Введение

Форматирование списков литературы по стандартам ГОСТа является неотъемлемой частью академических работ, таких как курсовые, научные статьи и диссертации. Однако, это задача, требующая значительных усилий и внимания к деталям. Часто студенты, аспиранты и научные сотрудники сталкиваются с трудностями при создании и оформлении списка литературы, что может отнимать значительное количество времени и сил, особенно в условиях сжатых сроков выполнения работы.

Существующие решения для автоматизации процесса форматирования списка литературы не всегда оправдывают ожидания пользователей: они могут быть неудобны в использовании, требовать оплаты или не обеспечивать необходимую гибкость и функционал. В этом контексте возникает актуальная потребность в разработке эффективного и удобного инструмента для форматирования списков литературы в соответствии с требованиями ГОСТа.

Был проведен опрос среди студентов и сотрудников ГрГУ им. Янки Купалы об актуальности использования программ-помощников в составлении списка литературы. По его результатам выяснилось, что 65,6% опрошенных так или иначе сталкивались с трудностями при оформлении литературных источников, 91,4% считают, что данная программа была бы для них актуальна, 66,9% выбрали телеграмм-бот в качестве такой программы. Это позволило сделать вывод о необходимости и актуальности данной работы.

На сегодняшний день существует ряд сервисов и приложений, предназначенных для форматирования списков литературы в соответствии с требованиями различных стандартов, включая ГОСТ. Однако, в контексте создания телеграмм-бота для оформления списков литературы по белорусскому ГОСТу, на данный момент аналогичные решения не были разработаны. Это означает, что в научной статье предпринимается первая попытка создания инструмента, который бы облегчил процесс форматирования списков литературы в соответствии с белорусскими стандартами через платформу Telegram.

Однако, стоит обратить внимание на существующие сервисы, которые могут служить аналогами для понимания потребностей пользователей и преимуществ автоматизации процесса оформления списков литературы:

- 1) Оформление списка литературы и сносок по ГОСТу онлайн (рис. 1) [1].

Данный сайт поможет с оформлением списка научной литературы, но по ГОСТУ РФ. Он предоставляет простой функционал для организации литературных источников и автоматического форматирования списков литературы с учетом различных стилей оформления, включая ГОСТ.

Назад

Автореферат

Фамилия и инициалы автора
Пример: Иванов И.М.

Название диссертации
Пример: Наука как искусство

Доктора или кандидата
Пример: д-р. / канд.

Отрасль наук (сокращённо)
Пример: экон.

Код специальности
Пример: 01.01.01

Город издательства
Пример: М. СПб. – сокращённо с точкой, другие города пишутся полностью без точки

Год
Пример: 2020

Количество страниц
Пример: 99

Рис. 1. Пример работы сайта open-resource.ru

2) Список литературы по ГОСТ онлайн (рис. 2) [2]. Данный сайт также поможет вам оформить ваш список научной литературы. Принцип его работы состоит в поиске подходящей литературы по ключевым словам (фамилия автора, название литературы и тд).

Результаты поиска:

1. Иванов И. И. Сверхъестественное / И. И. Иванов, Иванович. – СПб : Книгочей, 2004. – 754 с. Скопировать
2. Иванов В. В. Нет, этого не может быть / В. В. Иванов. – Ливерпуль : Алтай, 1765. – 727 с. Скопировать
3. Иванов А.А. Ваня / А.А. Иванов. – Москва : Алтай, 1765. – 727 с. Скопировать

Более 500 000 источников для вашего списка литературы

Оформленные по ГОСТ 7.0.100–2018 ссылки на книги, журналы, статьи, сайты и другие ресурсы

Иванов

Рис. 2. Пример работы сайта mybibliography.ru

Эти программы демонстрируют потребность и интерес пользователей к автоматизации процесса оформления списков литературы в соответствии с академическими стандартами. Создание телеграм-бота для данной цели представляет собой новаторский подход, который может значительно упростить этот процесс для пользователей, особенно в контексте использования белорусских стандартов оформления.

Архитектура и функциональные возможности Телеграм-бота

Телеграм-бот для форматирования списка литературы по белорусскому стандарту оформления предполагает использование клиент-серверной архитектуры. В основе бота лежит серверная часть, которая обрабатывает запросы от пользователей и осуществляет необходимые действия по форматированию списка литературы. Клиентская часть представляет собой интерфейс в мессенджере Telegram, через который пользователи взаимодействуют с ботом.

Функциональные возможности:

- **Форматирование списка литературы:** на основе предоставленных данных о каждом источнике бот автоматически форматирует список литературы в соответствии с требованиями Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь по оформлению библиографического описания в списке источников, приводимых в диссертации и автореферате [3], учитывая порядок элементов (автор, заглавие, место издания, издательство и т.д.).

- **Генерация библиографических записей:** бот генерирует библиографические записи для каждого источника, включая их автоматическое форматирование в соответствии с требованиями белорусского стандарта.

- **Поддержка различных типов источников:** бот обеспечивает поддержку различных типов источников, включая книги, статьи, журналы, интернет-ресурсы и другие формы литературы.

- **Удобный интерфейс в Telegram:** интерфейс бота в Telegram обеспечивает удобное и интуитивно понятное взаимодействие с пользователем, позволяя легко добавлять, редактировать и просматривать источники литературы.

- **Автоматическое обновление формата:** при изменении требований белорусского стандарта оформления бот может автоматически обновить форматирование списка литературы для соответствия новым правилам и стандартам.

Эти функциональные возможности обеспечивают пользователю удобный инструмент для быстрого и точного форматирования списка литературы по белорусским стандартам, снижая трудозатраты и повышая качество академических работ.

Разработка и реализация бота

Для разработки телеграм-бота для форматирования списка литературы по белорусскому стандарту оформления был выбран язык программирования C# и библиотека Telegram.Bot для взаимодействия с Telegram API.

Основные этапы разработки ТГ бота

1. Установка и настройка окружения:

- Установка IDE (Visual Studio) для разработки на C#.
- Создание нового проекта и настройка конфигурации.

2. Подключение Telegram.Bot:

- Установка пакета Telegram.Bot через NuGet Package Manager.
- Получение токена бота от BotFather в Telegram.
- Настройка экземпляра бота с использованием полученного токена.

3. Реализация основной логики бота:

- Создание классов и методов для обработки различных команд от пользователя.
- Разработка функций добавления, редактирования и удаления источников литературы.

- Написание алгоритмов форматирования списка литературы с учетом требований белорусского стандарта оформления.

4. Обработка входящих сообщений:

- Настройка обработчиков для различных типов сообщений (текстовых, команд и т.д.).

- Разработка логики распознавания и анализа текстовых сообщений от пользователя для определения команд и параметров.

5. Тестирование и отладка:

- Проведение тестирования функциональности бота на различных этапах разработки.
- Отладка и исправление ошибок и недочетов.

Реализация телеграм-бота на С# с использованием библиотеки Telegram.Bot обеспечивает эффективное взаимодействие с платформой Telegram и обеспечивает гибкость и расширяемость функционала для форматирования списка литературы в соответствии с белорусскими стандартами оформления.

Практическое применение

Для наглядной демонстрации работы телеграм-бота для форматирования списка литературы по белорусскому стандарту оформления, представим сценарий использования на примере книги:

Пользователь добавляет книгу, указывая автора, название, год издания, место издания и издательство. Бот форматирует библиографическую запись согласно стандарту и редактирует по введенным данным пользователя выводя итоговое значение (рис. 3).

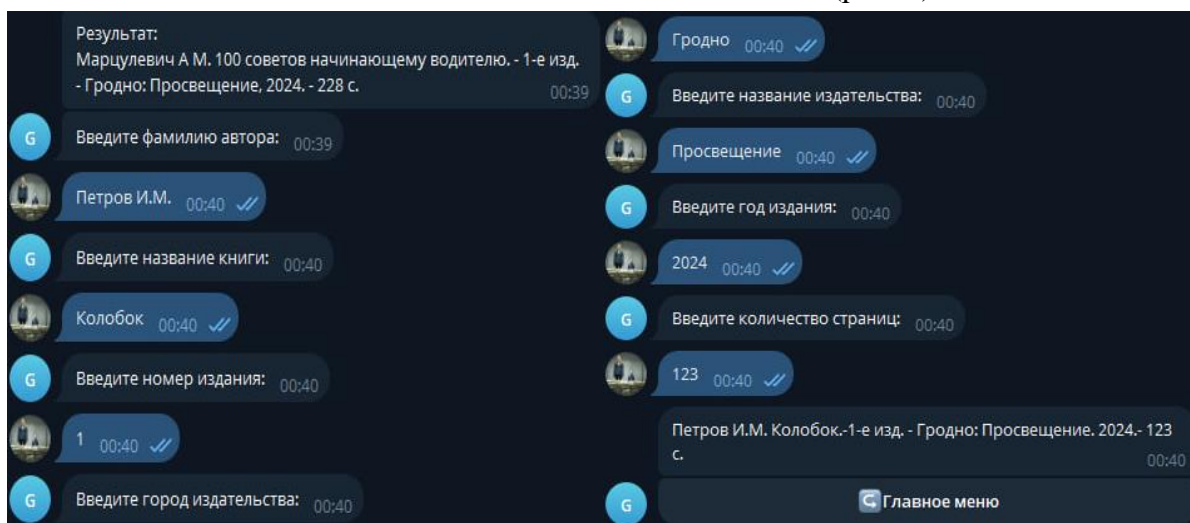


Рис. 3. Пример работы сайта телеграмм-бота

Преимущества использования бота для студентов, аспирантов и научных сотрудников при составлении академических работ очевидны:

1. Экономия времени: Благодаря автоматизированному процессу форматирования, пользователи экономят время, которое ранее требовалось на ручное составление списка литературы.

2. Точность и соответствие стандартам: Бот гарантирует соответствие библиографических записей требованиям белорусского стандарта оформления, что помогает избежать ошибок и улучшает качество и аккуратность академических работ.

3. Удобство и доступность: Использование телеграм-бота обеспечивает удобный и простой интерфейс взаимодействия с сервисом, доступный через мобильные устройства и компьютеры, что делает его доступным для пользователей в любое время и в любом месте.

Таким образом, практическое применение телеграм-бота для форматирования списка литературы представляет собой эффективный инструмент для облегчения процесса написания научных работ и повышения профессионального уровня студентов и исследователей.

Заключение

В ходе исследования был разработан телеграм-бот, который позволяет пользователям автоматически форматировать библиографические записи в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ. Созданный бот представляет значительную ценность для академического сообщества и исследовательской среды по следующим причинам:

1. Эффективность и точность: Бот обеспечивает автоматическое форматирование списка литературы, что позволяет пользователям сэкономить время и обеспечивает точность соответствия требованиям белорусского стандарта оформления.

2. Удобство использования: Интерфейс взаимодействия с ботом через мессенджер Telegram обеспечивает простоту и удобство использования, что делает процесс добавления и форматирования источников литературы доступным для широкого круга пользователей.

3. Повышение качества научных работ: Бот способствует повышению качества академических работ путем обеспечения правильного оформления списка литературы согласно стандартам и требованиям научного сообщества.

Развитие и использование телеграм-бота для оформления списков литературы по белорусскому стандарту оформления открывает новые возможности для улучшения процесса научного исследования и поддерживает академическое сообщество в постоянном стремлении к качеству и инновациям.

Библиографические ссылки

1. Список литературы онлайн [Электронный ресурс] // Вся информация для публикаций научных статей. URL: <https://open-resource.ru> (дата обращения: 25.03.2024)

2. Список литературы по ГОСТ онлайн [Электронный ресурс] // My Bibliography. URL: <https://mybibliography.ru> (дата обращения: 25.03.2024)

3. Образцы оформления библиографического описания в списке источников, приводимых в диссертации и автореферате [Электронный ресурс] // Высшая аттестационная комиссия Республики Беларусь. URL: <https://vak.gov.by/bibliographicDescription> (дата обращения: 25.03.2024)

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «TASTE TROVE»

Н. А. Старовойтов

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, nikitastarovojtov43@gmail.com
Научный руководитель: А. А. Дерюшев, кандидат технических наук, доцент*

Мобильное приложение «Taste Trove» для Android представляет собой удобный инструмент для поиска рецептов. Приложение предоставляет большое количество рецептов с понятной инструкцией по приготовлению. Пользователи могут быстро найти интересующие их рецепты по категориям или названию, сохранить их для доступа в офлайн-режиме и составить список покупок.

Ключевые слова: мобильное приложение; android-приложение; поиск кулинарных рецептов; приготовление пищи.

Введение

Мобильные приложения в сфере кулинарии становятся все более популярными, предоставляя пользователям удобный способ находить рецепты, получать кулинарные идеи и управлять списками покупок прямо с мобильных устройств. В ответ на растущий спрос на такие приложения было разработано мобильное приложение "Taste Trove", которое предоставляет пользователям возможность быстрого доступа к разнообразным рецептам, организации списков покупок и сохранению любимых рецептов.

Цель работы

Основной целью данного приложения является предоставление пользователям удобного и эффективного способа нахождения рецептов, управления списками покупок и организации кулинарных заметок.

Задачи работы

1. Провести анализ функциональности существующих кулинарных приложений для выявления основных возможностей и недостатков.
2. Разработать удобный и интуитивно понятный интерфейс приложения, обеспечивающий простоту использования для всех категорий пользователей.
3. Реализовать функционал поиска рецептов по категориям, названию для обеспечения удобства пользователя.
4. Внедрить возможность сохранения любимых рецептов в избранное для быстрого доступа к ним в будущем.
5. Разработать функционал добавления ингредиентов из рецептов в список покупок для удобного планирования покупок и приготовления блюд.

Анализ требований и потребностей пользователей

Изучение требований и потребностей пользователей в области кулинарных приложений показало, что основные потребности включают в себя:

1. Удобный поиск рецептов по различным критериям.
2. Возможность сохранения любимых рецептов для последующего доступа.
3. Организация списков покупок для планирования походов в магазин и приготовления блюд.
4. Интуитивно понятный интерфейс для удобного использования приложения.

Функциональность приложения

Мобильное приложение "Taste Trove" предоставляет следующий функционал для удобства пользователей:

1. Поиск рецептов по категориям, названию и ингредиентам.
2. Возможность сохранения любимых рецептов в избранное.
3. Создание и управление списками покупок.

Сравнение с аналогом «Tasty»

Данные о некоторых характеристиках мобильных приложений «Tasty» «Taste Trove» отражены в следующей таблице:

Сравнительная характеристика мобильных приложений

Особенность	«Taste Trove»	«Tasty»
Удобный интерфейс	Да	Да
Офлайн-доступ	Да	Нет
Добавление рецептов в избранное	Да	Да
Составление списка покупок	Да	Нет
Игнорирование определенных продуктов	Да	Нет

Как видно из таблицы, мобильное приложение «Taste Trove» обладает более удобным функционалом, что делает его предпочтительным выбором для пользователей. Однако, приложение «Tasty» предоставляет пользователям возможность добавлять свои рецепты.

Результаты работы

1. Проведен анализ функциональности мобильного приложения «Tasty», выявлены его основные преимущества и недостатки.
2. Разработано и реализовано мобильное приложение «Taste Trove» для операционной системы Android с учетом выявленных требований и проблем.
3. Проведено тестирование приложения для обеспечения его стабильной работы и соответствия заданным требованиям.

Перспективы развития

Дальнейшее развитие мобильного приложения «Taste Trove» предполагает следующие направления:

1. Расширение функциональности приложения: добавление пользователям возможности составления и добавление своих рецептов, рейтинг лучших рецептов.
2. Оптимизация интерфейса приложения: С учетом отзывов пользователей и современных тенденций в дизайне мобильных приложений, интерфейс будет доработан для повышения удобства использования.
3. Внедрение искусственного интеллекта: Использование технологий искусственного интеллекта для распознавания продуктов по фото и предоставления пользователю рецептов, содержащих эти продукты.

Иллюстрация работы приложения

Этот раздел предоставляет визуальное представление о работе приложения «Taste Trove» с помощью двух скриншотов. Первый скриншот демонстрирует экран поиска рецептов, где пользователю доступны категории рецептов для дальнейшего поиска. Второй скриншот показывает список рецептов с выбранной пользователем категорией и названием.



Рис. 1. Поисковой экран

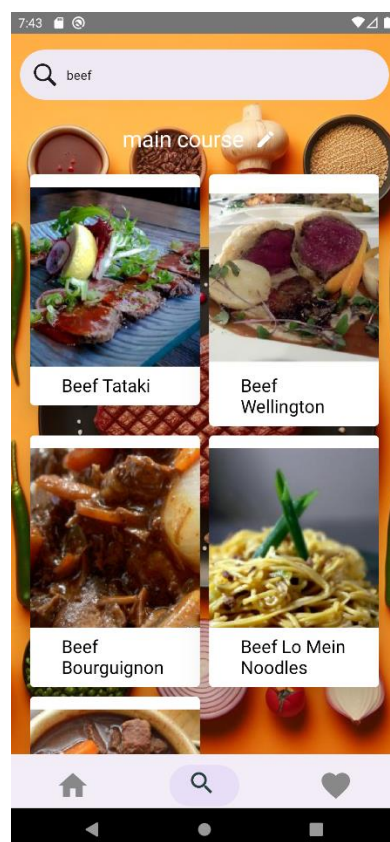


Рис. 2. Список рецептов с выбранной пользователем категорией и названием

Заключение

Мобильное приложение «Taste Grove» представляет собой удобный инструмент для поиска рецептов. Разработка и реализация данного приложения были осуществлены с учетом основных проблем и недостатков существующих аналогов, что позволяет сделать его предпочтительным выбором для пользователей. Перспективы развития приложения открывают широкие возможности для улучшения его функциональности и расширения аудитории пользователей.

Библиографические ссылки

1. Tasty. Google Play Store [Электронный ресурс]
URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.buzzfeed.tasty>

МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА ХАФА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ШТРИХОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Д. М. Талапина

*Белорусский государственный технологический университет,
ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск, Беларусь, taladarmi@mail.ru
Научный руководитель: О. А. Новосельская, кандидат технических наук, доцент*

В работе представлена разработка алгоритма распознавания штриховых изображений, нацеленного на анализ, интерпретацию и классификацию штриховых изображений и графических примитивов. Разработанный алгоритм основывается на модифицированном алгоритме Хафа, адаптированном для распознавания штриховых и штрихпунктирных линий. В статье описаны основные этапы алгоритма, включая предварительную обработку изображений, определение и классификацию графических примитивов, а также методы постобработки.

Ключевые слова: распознавание изображений; штриховое изображение; графические примитивы; алгоритм Хафа; предварительная обработка изображений; постобработка изображений.

Разработка алгоритма распознавания штрихового изображения ставит своей целью создание эффективного инструмента, способного анализировать, интерпретировать и классифицировать графические примитивы на штриховых изображениях. На сегодняшний день существует множество методов распознавания штриховых изображений, но не все они применимы для задачи распознавания изображений на физических носителях. Это связано с тем, что изображения могут варьироваться по своим геометрическим и яркостным характеристикам, а также могут подвергаться нетривиальным деформациям носителя, что затрудняет их классификацию.

Целью данной работы является разработка копценции алгоритма, позволяющего проводить анализ изображения с целью нахождения и классификации графических примитивов и осуществлении сбора информации о характеристиках графических примитивов (ширина, длина, тип линии и т.д.) для последующе декодирования.

Под графическим примитивом понимается простейший геометрический объект, отображаемый на экране дисплея. Описание графического примитива обычно содержит метрическую и атрибутивную части. Метрическая часть позволяет сопоставить те величины, в которых задан графический примитив для отображения его на дисплее и те величины, которые характеризуют его физическое или логическое представление. Атрибутивная часть передает геометрические параметры, характеризующие форму и расположение графического примитива.

Точка – наиболее простой графический примитив нулевой размерности. Точка определяется своими координатами на плоскости. Линия – совокупность точек, через которые проходит геометрический отрезок с заданными конечными точками. Характеризуется начальной и конечной точками, или начальной точкой и приращениями координат, или длиной и углом наклона. В зависимости от стиля различают: Сплошная линия – непрерывная линия, которая соединяет две точки без разрывов. Пунктирная линия – линия, состоящая из коротких отрезков или точек с промежутками между ними.

В распознавании штрихового изображения можно выделить два этапа: идентификация контуров (границ) распознаваемого изображения и распознавание элементов самого изображения, состоящего из примитивов, описанных ранее. Контур в контексте обработки изображений представляет собой кривую линию, обозначающую границу между объектами или областями различных свойств на изображении. Контур отображает переходы интенсивности

пикселей и позволяет выделить форму и структуру объектов. Контуры представлены ключевыми позициями, между которыми положение точек, принадлежащих контуру вычисляются интерполированием.

Одним из основных подходов к обнаружению контуров является использование операторов градиентов, таких как оператор Собеля или оператор Превитта [1]. Они позволяют выделить разности яркости в изображении и определить места наибольших изменений интенсивности, что указывает на границы объектов. Для идентификации примитивов можно использовать метод, основанный на геометрических характеристиках объекта. Суть метода заключается в выделении набора ключевых точек (или областей) объекта с последующим выделением набора признаков. Каждый признак является либо расстоянием между ключевыми точками, либо отношением таких расстояний. Данный метод предъявляет строгие требования к условиям съёмки, нуждается в надёжном механизме нахождения ключевых точек для общего случая.

Алгоритм Хафа – это популярный метод обнаружения простых геометрических форм, таких как прямые, окружности, эллипсы и т.д., на изображениях. Основная идея алгоритма заключается в преобразовании из координатного пространства изображения в параметрическое пространство, в котором каждая геометрическая форма представляется точкой или кривой [2].

Далее будут рассмотрены этапы алгоритма Хафа для обнаружения прямых линий. Предварительная обработка изображения: первым шагом является преобразование исходного изображения в градации серого. Вторым шагом применяется пороговый фильтр для сглаживания изображения и уменьшения шума, для этого могут использоваться различные варианты фильтрации и обнаружения границ объектов на изображении. Свертка с использованием оператора градиента облегчит распознавание как контуров, так и графических примитивов. Свертка с маской (фильтры Собеля, Превитта) применяет операторы градиента к изображению для выделения краев путем вычисления приближенного градиента яркости изображения. Выявляет направление наибольшего изменения интенсивности и выделяет края, но чувствителен к шуму и имеют невысокий порог распознавания при малой разнице яркостей [3].

Следующим этапом алгоритма является инициализация пространства Хафа: для каждой точки границы на изображении рассматриваются все возможные прямые линии, проходящие через эту точку. В случае прямых линий используется параметрическое представление линии. Для каждой такой линии в пространстве параметров инкрементируется соответствующая ячейка. После заполнения пространства Хафа, пики в этом пространстве соответствуют прямым линиям на изображении. Таким образом, выбираются ячейки с наибольшим количеством голосов (инкрементов), и соответствующие им параметры используются для построения линии на исходном изображении.

Стандартный алгоритм Хафа не определяет штриховые и штрихпунктирные линии, поэтому адаптация алгоритма может содержать следующие шаги и особенности адаптации базового алгоритма. Усиленный шаг предварительной обработки: перед применением алгоритма Хафа требуется более сложная предварительная обработка, чтобы выделить штриховые и штрихпунктирные линии, особенно если они нерегулярны или имеют переменные интервалы.

Модификация алгоритма для учета разрывов в штриховых и штрихпунктирных линиях: традиционный алгоритм Хафа не обнаруживает линии, состоящие из отдельных сегментов, так как разрывы между сегментами приводят к тому, что голоса в пространстве Хафа распределяются менее плотно. Алгоритм для штриховых и штрихпунктирных линий адаптируется алгоритмом для учёта разрывов, например, путём введения дополнительных шагов, которые идентифицируют и соединяют разрозненные сегменты линий воедино (дополнительная переменная отвечающая за порог, связанный с длиной промежутка между отрезками).

Анализ паттернов голосования: для детектирования штрихпунктирных линий требуется анализ не только пиков в пространстве Хафа, но и характерные паттерны голосования, соответствующие периодическим прерываниям в линиях.

Постобработка: после применения алгоритма Хафа для определения штриховых и штрихпунктирных линий потребуется дополнительная постобработка для соединения отдельных сегментов в единую линию, а также для удаления ложных срабатываний. Для типизации штриховых и штрихпунктирных линий необходимо определить длины штрихов и интервалов, учитывая вариабельность форм штриховых и штрихпунктирных линий. Рассмотрим результат работы улучшенного алгоритма на примере исходного штрихового изображения (рис. 1).

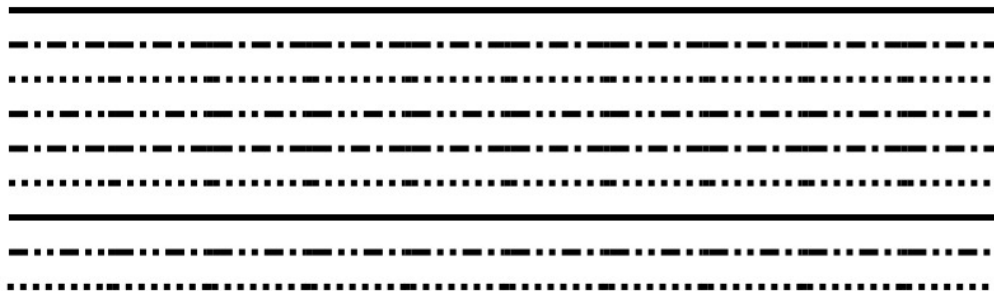


Рис. 1. Исходное изображение

Для наглядности работы алгоритма все распознанные линии дублируются контрастной сплошной линией с прозрачностью поверх исходного изображения (рис. 2). Улучшенный алгоритм работает как с черно-белыми, так и цветными изображениями, а также линиями различной толщины и стиля начертания.



Рис. 2. Линии, распознанные улучшенным алгоритмом Хафа

В данной работе исследованы и предложены шаги адаптации существующего базового алгоритма для эффективного обнаружения контура распознаваемого изображения и графических примитивов, составляющих изображение. Путем модификаций классического алгоритма Хафа предложенный вариант алгоритма распознает не только сплошные, но и штриховых, а также штрихпунктирные линии.

Библиографические ссылки

1. Doermann D. Document Analysis Systems: Theory and Practice / Liang Cheng. New York : World Scientific Publishing Co. Inc., 2016. 400 с.
2. Doermann D. Handbook of Document Image Processing and Recognition / Naforita Florica. New York : Springer, 2014. 666 с.
3. Sonka M., Hlavac V., Boyle R. Image processing, analysis, and machine vision. New York : Cengage Learning, 2014. 520 с.

ПРАЕКТ ЛАКАЛІЗАЦЫІ CMS JOOMLA! 5.X НА БЕЛАРУСКУЮ МОВУ

Ц. А. Цігоў

*Беларускі дзяржаўны ўніверсітэт,
пр. Незалежнасці, 4, 220030, г. Мінск, Беларусь, timur.titov.04@gmail.com
Навуковы кіраўнік: Д. А. Сьянаў, асістэнт*

У артыкуле разгледжаны панятак лакалізацыі, выведзеныя лінгвістычныя асаблівасці лакалізацыі праграмнага забеспячэння на беларускую мову. Вынікі доследу ўжытыя пры перакладзе сістэмы кіравання змесцівам Joomla! 5.x. Прыведзеныя прынцыпы работы ў перакладзе на базе інтэрнэт-платформы CrowdIn. Лакалізацыя ўкаранёная ў ПЗ і даступная для карыстання і рэцэнзавання.

Галоўныя словы: лакалізацыя, праграмнае забеспячэнне, пераклад, краўдсорсінг, Joomla, CrowdIn.

Лакалізацыя ў кантэксце распрацавання праграмнага забеспячэння (ПЗ) ёсць працэсам адаптацыі прадукту для выкарыстання ў пэўным рэгіёне (лакалі) з улікам моўных, культурных і тэхнічных асаблівасцяў рэгіёна (лакалі). Лакалізацыя прадукту можа мець на ўвазе лакалізацыю карыстальніцкага інтэрфейсу, лакалізацыю змесціва і фарматавання. Заданне лакалізацыі ПЗ вельмі актуальнае з наступных прычын:

- глабалізацыя рынку: лакалізацыя дазваляе кампаніі дасягнуць большай колькасці карыстальнікаў у розных рэгіёнах;
- паляпшэнне карыстальніцкага досведу: лакалізацыя спрыяе лепшаму ўзаемадзеянню карыстальніка з ПЗ, а таксама агульнай задаволенасці карыстальніка і павышэнню ягонай прыхільнасці;
- забеспячэнне перавагі на мясцовых рынках перад кампаніямі-канкурэнтамі;
- адпаведнасць пэўным патрабаванням мясцовага заканадаўства.

Наагул кажучы, лакалізацыя ПЗ, будучы на мяжы камп'ютарных тэхналогій і тэхналогій перакладу, стала вельмі важным фактарам поспеху бізнесу распрацавання ПЗ у розных краінах і на розных мовах. Узорам добрага падыходу можа быць дзейнасць кампаніі Microsoft у галіне лакалізацыі ўласных прадуктаў. Бібліятэка дакументацыі кампаніі змяшчае:

- больш за 100 дапаможнікаў у стылі (style guides) – збораў правіл і патрабаванняў да стылю ў розных мовах, а таксама звестак пра стылістычныя нормы, мову тэхнічнай дакументацыі і рэгіянальныя стандарты;
- тэрміналагічную базу, якую можна ўжываць для распрацавання лакалізаваных праграм, якія інтэгруюцца з прадуктамі Microsoft;
- пераклады і слоўнікі радкоў (пераклады элементаў) карыстальніцкага інтэрфейсу;
- бясплатныя моўныя інструменты і даведчныя матэрыялы для стварэння праграм на розных мовах.

Для беларускага карыстальніка, нягледзячы на стан раўнапраўя дзвюх моў у РБ, існуе сталая праблема даступнасці разнастайных інтэрнэт-прадуктаў на беларускай мове. У звязку з гэтым пайстае актуальнае пытанне лакалізацыі ПЗ на беларускую мову для той часткі грамадзян, што выражае жаданне карыстацца беларускай мовай як роднай. У цяперашні час лакалізацыя ПЗ на беларускую мову рэалізуецца збольшага метадам краўдсорсінгу на адкрытых платформах тыпу Weblate, CrowdIn, Transifex. Такая лакалізацыя мае свае станоўчыя бакі:

кампанія можа запрасіць да валанцёрскай работы ў лакалізацыі шырокае кола людзей (актыўных карыстальнікаў ці мэтавай аўдыторыі) – і гэта забяспечыць безумоўную хуткасць перакладу і эканамічную выгаду для кампаніі. Аднак бескантрольны краўдсорсінг не можа гарантаваць высокай якасці перакладу, бо ўдзельнікі часта маюць розную ступень ведаў і навыкаў. Таксама ёсць праблема захавання адзінага стылю і кансістэнтнасці ў перакладах. У звязку з вышэйназваным краўдсорсінг вымагае дзейснага кіравання і каардынацыі паміж удзельнікамі, наяўнасці сістэмы кантролю якасці, механізмаў навучання ўдзельнікаў лакалізацыі.

Да пачатку работы над лакалізацыяй CMS Joomla! 5.x былі прааналізаваны разнастайныя тэматычныя матэрыялы: галіновыя слоўнікі і артыкулы, дапаможнік у стылі для беларускай мовы ад Microsoft, лакалізацыі папярэдніх версій CMS Joomla! 3.x, 4.x, інтэрнэт-форумы на тэму стварэння беларускай камп’ютарнай тэрміналогіі і лакалізацыі асобных праграмных прадуктаў. У выніку былі аформлены важныя для работы лінгвістычныя асаблівасці лакалізацыі агулам і на беларускую мову ў прыватнасці:

- *наслядоўнасць* перакладу: аднолькавыя рэчы павінны мець аднолькавыя назвы паўсюль – для гэтага важна стварыць слоўнік праекта; у той жа час усе тэрміны залежаць ад кантэксту і лакалізатар мусіць усведамляць сэнс кожнага перакладу;

- *натуральнасць* перакладу: унікаючы недакладнасцяў, не заўсёды варта перакладаць арыгінал даслоўна, а часам лепш проста патлумачыць, што адбудзецца ў даным выпадку, на мове перакладу;

- *хараство* перакладу: варта карыстацца добрай мовай, ад якой будзе ўражанне, што прадукт быў на гэтай мове ад пачатку; пры мажлівасці захоўваць граматыку і стылістыку мовы перакладу, унікаць абрэвіяцый;

- *ёмістасць* перакладу: каб карыстальнікі інтэрфейс выглядаў зграбна, важна ўмець змясціць патрэбную інфармацыю на адведзеным для яе месцы; варта зважаць не толькі на саму фразу, але і на яе наваколле;

- *стандартызаванасць* перакладу: варта ў стварэнні лакалізацыі арыентавацца на буйныя гатовыя праекты: Samsung, Google, Microsoft, – якімі людзі карыстаюцца ўжо досыць доўга і таму могуць быць звыклія да канкрэтнага варыянту перакладу;

- у англійскай мове слова “please” паказвае на паважлівае стаўленне да карыстальніка; у беларускай мове гэтую функцыю выконваюць звароткі «Вы», «Ваша» і дзеясловы загаднага ладу множнага ліку (“Please wait” → «Пачакайце», “You do not have permission...” → «У Вас няма дазволу...»);

- рэкамендуецца ўнікаць называння гэндару пры звароце да карыстальніка і выбіраць дзеясловы без пазначэння роду кшталту «-ў (-ла)», калі гэта не псуе стылістыкі мовы;

- у беларускай мове з вялікай літары пішуцца толькі першае слова і ўласныя назвы (“Path to Private Key File” → «Шлях да файла сакрэтнага ключа»);

- трэба аддзяляць лічбы ад слоў, знакаў «№», «%», «§», адрозніваць злучок «-», лічбавы працяжнік «—» і доўгі працяжнік «—»;

- знак амперсанд «&» звычайна перакладаецца як злучнік «і»;

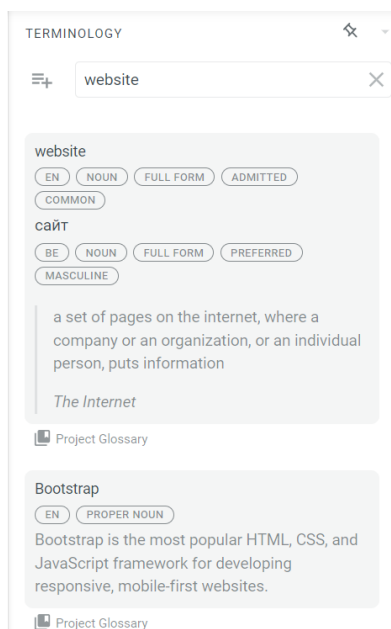
- ніколі не перакладаюцца каманды тэрмінала (cd, echo, sudo, yes, no і г. д.) і праграмны код рознага кшталту;

- не перакладаюцца ўласныя назвы праграм, кампаній, сістэм, з выняткам назваў стандартных праграм (“Git”, “Joomla”, але: «Каляндар», «Налады»).

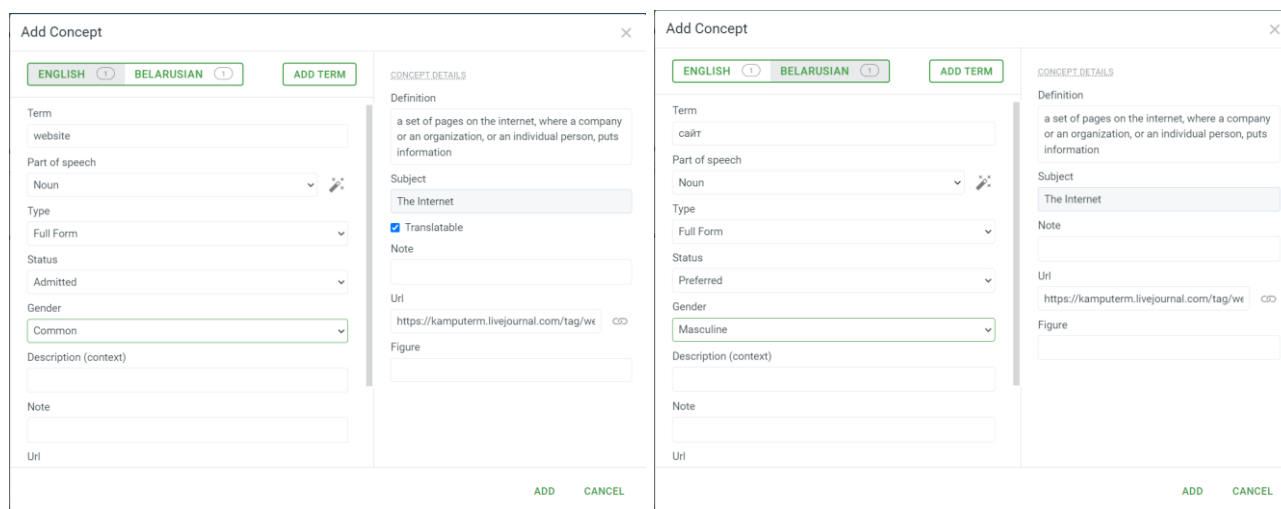
Лакалізацыйны пераклад ажыццяўляецца ў складзе каманды валанцёраў Joomla Belarus Community, сярод якіх ёсць сталыя і спрактыкаваныя карыстальнікі данай CMS. Работа вядзецца на зручнай для карыстання платформе CrowdIn у адпаведнасці с наступнымі прынцыпамі:

- размеркаванне вялікага аб’ёму файлаў для перакладу пароўну паміж удзельнікамі;
- вядзенне агульнага слоўніка тэрмінаў на базе Crowdin;
- выкарыстанне падобнага стылю і лексікі з лакалізацыямі на роднасныя мовы краін-суседзяў: Украіны, Расіі, Польшчы;
- тэставанне гатовай часткі лакалізацыі на лакальных сайтах Joomla;
- рэгулярныя абмеркаванні і перагляд работы адно аднаго.

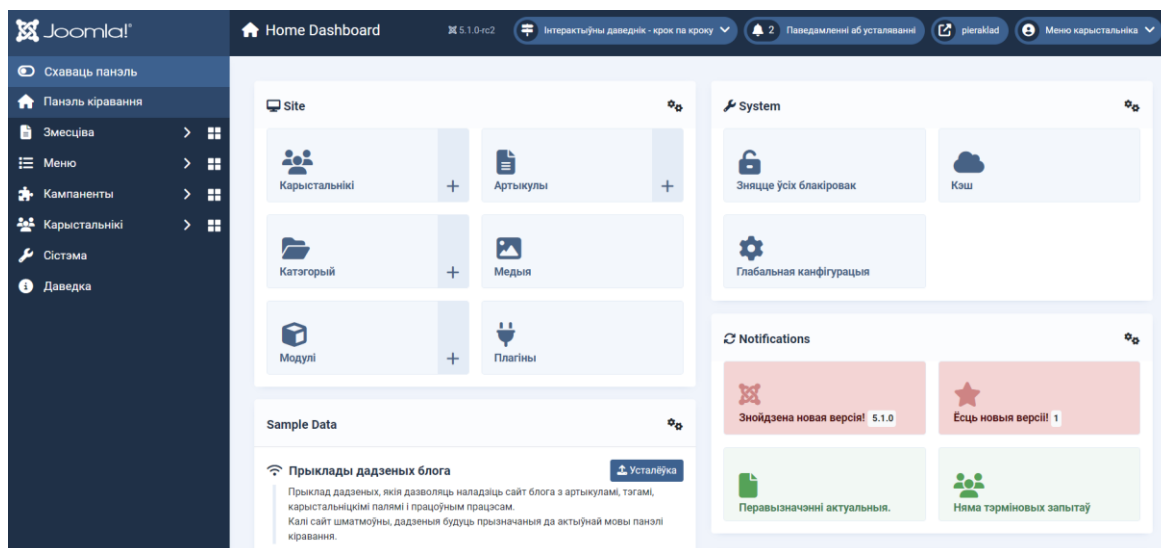
На адным з прамежкавых этапаў лакалізацыя была ўкаранёная адміністрацыяй Joomla. Усялякі карыстальнік можа ўсталяваць беларускі моўны пакет і пры выяўленні памылкі ці недакладнасці даслаць свае варыянты перакладу на joomlablr@gmail.com.



Мал. 1. Агульны выгляд слоўніка тэрмінаў у Crowdin



Мал. 2, 3. Дадаванне новага тэрміна ў Crowdin



Мал. 4. Агульны выгляд панэлі кіравання Joomla

Бібліяграфічныя спасылкі

1. Дакументацыя з глабалізацыі Microsoft [Электронны рэсурс].
URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/globalization/> (дата звароту: 30.03.2024).
2. Праект беларускай камп'ютарнай тэрміналогіі Kamputerm [Электронны рэсурс].
URL: <https://kamputerm.livejournal.com/> (дата звароту: 30.03.2024).
3. Беларуская камп'ютарная тэрміналогія [Электронны рэсурс]. URL:
<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1emD4F6Hv6FIFfh6Uaa1no9LQocuJxYz56nSUClePuI0/edit#gid=0>
(дата звароту: 30.03.2024).
4. Joomla! 4 Belarusian [Электронны рэсурс].
URL: <https://downloads.joomla.org/language-packs/translations-joomla4/downloads/joomla-4-belarusian>
(дата звароту: 30.03.2024).
5. Joomla! 3 Belarusian [Электронны рэсурс]. URL: <https://downloads.joomla.org/language-packs/translations-joomla3/downloads/joomla3-belarusian> (дата звароту: 30.03.2024).
6. Савіцкі М. І. Тлумачальны слоўнік па інфарматыцы. Мн.: Энцыклапедыкс, 2009. 300 с.
7. Толковый русско-англо-белорусский словарь по информатике: около 2000 терминов / М. К. Буза [и др.]; Под общ. ред. М. К. Бузы. Мн.: Выш.шк., 1994. 167 с.
8. Матэматычная энцыклапедыя / Гал. рэд. В. Бернік. Мн.: Тэхналогія, 2001. 496 с.: іл.
9. Кудрявский П. А., Тейс Г. Н. Руководство по локализации программ. Курск, Великий Новгород, 2004. 219 с. URL: <https://reallib.org/reader?file=1352717> (дата звароту: 30.03.2024).

ГЕНЕРАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКОГО ДАТАСЕТА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ТЕКСТА С ИЗОБРАЖЕНИЯ

В. Б. Четвериков

*Белорусский государственный университет,
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь, valerysoftwaredev@gmail.com
Научный руководитель: И. М. Галкин, кандидат физико-математических наук, доцент*

В данной работе описана разработка библиотеки для генерации обучающего датасета. Результатом является набор функций, который позволяет автоматически создавать наборы данных для последующей тренировки моделей машинного обучения.

Ключевые слова: язык Python; синтетические данные; библиотека scikit-image; текстовая капча.

Введение

В современном мире текст остается ключевым средством передачи информации. Искусственный интеллект позволяет нам автоматизировать обработку текстовой информации. Специалисты в области анализа данных разрабатывают сложные модели, способные обеспечить высокую точность, но распознавание текста в реальных условиях – это все еще сложная задача.

Эта сложность проистекает из многогранности реального мира. Так, визуальный текст может быть незаметен на фоне других элементов изображений. Фон зачастую имеет сложное цветовое сочетание. Форма и расположение текста могут быть искажены. Условия освещения и наложение элементов также вносят свои трудности.

Дополнительной проблемой для обучения нейронных сетей является отсутствие достаточного количества обучающих данных. Качественный обучающий набор должен содержать обширную коллекцию примеров, отражающих реальность.

Цель работы

Основной целью данной работы является изучение подходов и разработка инструмента для решения проблемы нехватки обучающих данных, используя язык программирования Python.

Задачи работы

1. Выбор исходных данных-примеров.
2. Изучение подходов и существующих решений.
3. Реализация библиотеки генерации датасета.

Выбор исходных данных-примеров

В первую очередь необходимо определиться с реальными данными для изучения походов автоматической генерации синтетического датасета. За основу был взят образец капчи, используемой компанией Яндекс.

Капча представляет из себя изображение с двумя словами, разделенными разрывом, и расположенными по кривой или изогнутой линии, при этом порядок или лексическое значение слова не важны.

Изначально было выявлено три способа получения синтетических данных:

1. Использование генеративных моделей.
2. Специальные инструменты и ПО.
3. Покупка данных у сторонних сервисов.



Рис. 1. Примеры текстовой капчи Яндекс

Изучение подходов и существующих решений

Использование открытых генеративных моделей, таких как DALL·E 2 или Stable Diffusion, в их текущем состоянии их развития не дало достаточной точности и качества, а покупка данных у сторонних сервисов оказалась крайне затратной.

Поэтому было решено искать инструменты и ПО для генерации синтетических датасетов. Одним из таких был рассмотрен инструмент SynthText-Russian. Но из-за специфики искривления текста, было решено, что он не подходит.



Рис. 2. Примеры результатов SynthText-Russian

Подходящим вариантом оказалось использование функции библиотеки scikit-image – PiecewiseAffineTransform, которая делит изображение на множество более мелких и применяет аффинное преобразование.

Аффинное преобразование в данном контексте является термином из области компьютерного зрения. Означает следующие операции, примененные одновременно:

Трансляция: Перемещение всех пикселей изображения в одном направлении.

Масштабирование: Изменение размеров изображения в определенном направлении.

Поворот: Вращение изображения на определенный угол.

Сдвиг (или наклон): Искривление или "наклон" изображения в определенном направлении.

Реализация библиотеки генерации датасета

Библиотека, кроме кода формирования исходного изображения и кода, отвечающего за аугментацию, должна содержать файл списка слов русского языка. А также код функций, таких как синусоида, сохраненных в список, со всеми необходимыми параметрами.

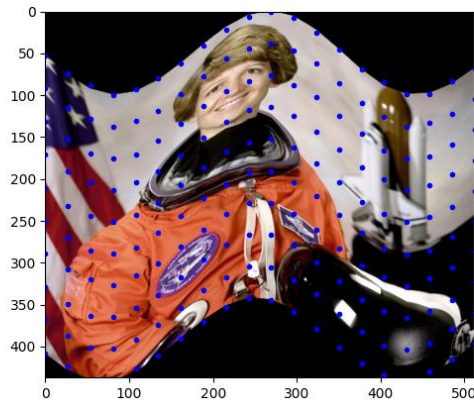


Рис. 3. Пример применения синусоиды к координатам строк изображения через PiecewiseAffineTransform

Формирование исходного изображения представляет собой нанесение букв определенного шрифта и размера на белый фон. Далее к изображению применяется PiecewiseAffineTransform с случайно выбранными из списка функциями.

Опционально, к аугментированному изображению может применяться шум или изменяться яркость.

Результаты работы

1. Реализована библиотека генерации синтетического датасета
2. Изучены подходы и инструменты для генерации синтетических данных

Библиографические ссылки

1. RusTitW: Russian Language Text Dataset for Visual Text in-the-Wild Recognition [Электронный ресурс] / Markov I. [et al.] // arXiv.org. 2023. URL: <https://arxiv.org/abs/2303.16531> (дата обращения: 29.03.2023).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И АНАЛИЗА ТРАНЗАКЦИЙ ПО МЕЖДУНАРОДНЫМ ПЕРЕВОЗКАМ

В. Ю. Филипенко

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
ул. П.Бровки, 6, 220013, г. Минск, Беларусь, vlad_filipenko_04@mail.ru
Научный руководитель: В. А. Федосенко, кандидат технических наук, доцент*

Изучена предметная область по мониторингу и анализу транзакций по международным перевозкам. Также проанализированы основные функции современных аналогов и их недостатки. На основе проведенного исследования разработана улучшенная версия существующих аналогов в виде веб-приложения, поддерживающего три авторизованные пользовательские роли и различный функционал для каждой из них.

Ключевые слова: международные перевозки; анализ транзакций; транзаакции; менеджер; пользователь; сотрудники банка; веб-приложение.

Мониторинг и транзакции международных перевозок – важная часть мировой транспортной системы, которая включает в себя различные виды транспорта (морской, воздушный, железнодорожный, автомобильный), а также сопутствующие услуги и операции. В данной предметной области рассматриваются процессы, связанные с организацией международных перевозок, отслеживанием движения грузов и обеспечением безопасности на транспорте.

Анализ предметной области включает следующие аспекты:

1. Участники рынка.

В международных перевозках участвуют различные участники рынка, такие как транспортные компании, экспедиторы, страховые компании, банки и государственные органы. Каждый из них имеет свои интересы, стратегии и возможности в этой области.

2. Транспортные коридоры и маршруты.

Международные перевозки осуществляются по определенным транспортным коридорам и маршрутам, которые могут включать различные виды транспорта. Выбор маршрута зависит от многих факторов, таких как расстояние, время, стоимость, безопасность и экологические требования.

3. Правовые нормы и регулирование.

Международные перевозки регулируются различными международными и национальными законами, конвенциями и правилами. Это включает в себя вопросы таможенного оформления, страхования, безопасности и охраны окружающей среды.

4. Технологии и инновации.

Технологии играют важную роль в мониторинге и осуществлении международных перевозок.

Программное средство мониторинга и анализа транзакций товаров предоставляет широкий набор функций и возможностей. Оно может автоматически записывать и анализировать все данные о перевозке, такие как документы, даты, время, местоположение и статус товаров. Кроме того, оно способно прогнозировать возможные риски и проблемы, такие как задержки, потери или повреждения груза.

На рисунке рассмотрим SWOT-analysis. SWOT-analysis – это метод комплексной оценки факторов, напрямую и косвенно влияющих на бизнес. Здесь мы оцениваем сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы программного средства.



Метод SWOT-analysis

В таблице ниже представлена необходимая инфраструктура по разработке веб-приложения для анализа транзакций по международным перевозкам.

Инфраструктура разработки программного средства

Наименование утилиты	Направление использования
Java	Язык программирования
MySQL	Базы данных
Spring Boot	Фреймворк
UML	Визуализация, документация, управление ПС
Trello	Управление проектами и визуализация задач

Java – язык программирования, с открытым исходным кодом и удобными структурами данных. Он запускается на любых ОС и поддерживает множество сервисов, сред разработки и фреймворков.

MySQL – это реляционная система управления базами данных с открытым исходным кодом. В настоящее время эта СУБД одна из наиболее популярных в веб-приложениях – подавляющее большинство CMS использует именно MySQL, а почти все веб-фреймворки поддерживают MySQL уже на уровне базовой конфигурации.

Spring Boot – это фреймворк с открытым исходным кодом, который в основном используется для разработки корпоративных веб- и мобильных приложений. Он включает в себя различные компоненты, такие как Spring Core, Spring Web MVC, Spring AOP, Spring DAO, Spring

context, Spring ORM и Spring Web Flow. Он также может быть использован с Kotlin и Groovy. Spring популярен у многих компаний, например, Netflix и eBay используют Spring для разработки своих приложений и систем.

Основные преимущества Spring:

1. Чистота и доступность кода.
2. Легкость и простота в развертывании.
3. Совместимость с конфигурацией в стиле XML и аннотаций.
4. Поддержка внедрения зависимостей.

UML – язык графического описания для объектного моделирования в области разработки программного обеспечения, для моделирования бизнес-процессов, системного проектирования и отображения организационных структур. UML является языком широкого профиля, это – открытый стандарт, использующий графические обозначения для создания абстрактной модели системы, называемой UML-моделью.

Trello – облачная программа для управления проектами небольших групп. Trello использует парадигму для управления проектами, известную как канбан.

Библиографические ссылки

1. Электронный журнал для вуза [Электронный ресурс].

URL: <https://ug.ru/elektronnyj-zhurnal-dlya-vuza/> (дата обращения: 24.03.2024).

2. Топ-10 программ для учебных центров [Электронный ресурс].

URL: <https://www.livebusiness.ru/tools/school/> (дата обращения: 25.03.2024).

3. Руководство Microsoft по проектированию архитектуры приложений/ Санкт-Петербург : Корпорация Майкрософт, 2009. 14-65 с.

4. Инструменты для создания клиентских веб-приложений [Электронный ресурс].

URL: <https://habr.com/ru/articles/539172/> (дата обращения: 25.03.2024).

5. Вигерс К., Битти Д. Разработка требований к программному обеспечению. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2014. 311-347 с.