

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Ф.М. ДОСТОЕВСКОГО

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Сборник материалов
IX Международной научной конференции,
посвященной 85-летию профессора В.И. Потапова

(Омск, 19 ноября 2021 г.)

© ФГБОУ ВО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского», 2021

ISBN 978-5-7779-2572-5



2021

УДК 004+519+316
ББК 22.18я43+32.973я43
М340

Рецензенты:

канд. физ.-мат. наук, доцент *А.Н. Кабанов*,
канд. техн. наук, доцент *Д.Н. Лавров*

Ответственный за выпуск

канд. физ.-мат. наук, доцент *И.П. Бесценный*

М340 Математическое и компьютерное моделирование : сборник материалов IX Международной научной конференции, посвященной 85-летию профессора В. И. Потапова (Омск, 19 ноября 2021 г.) / [отв. за вып. И. П. Бесценный]. – Омск : Издательство Омского государственного университета, 2021. – 1 CD-ROM. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7779-2572-5

В настоящий сборник включены тезисы докладов, присланные на IX Международную научную конференцию «Математическое и компьютерное моделирование». Она состоялась на факультете компьютерных наук ОмГУ им. Ф.М. Достоевского 19 ноября 2021 г. и была посвящена 85-летию профессора В.И. Потапова.

Для магистрантов, аспирантов и научных работников.

УДК 004+519+316

ББК 22.18я43+32.973я43

Текстовое электронное издание

Самостоятельное электронное издание

Минимальные системные требования:

процессор с частотой 1,3 ГГц или выше; ОЗУ 512 Мб; Microsoft Windows XP/Vista/7/8/10; Adobe Acrobat Reader 8.0 и выше; CD-ROM; мышь

ISBN 978-5-7779-2572-5

© Оформление. ФГБОУ ВО «ОмГУ
им. Ф.М. Достоевского», 2021

*Издается в авторской редакции в соответствии с макетом,
предоставленным оргкомитетом.
Макет подготовлен при участии Издательства ОмГУ*

Дата выпуска: 16.11.2021.
1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.
Тираж 8 копий. Объем 4,8 Мб.

Издательство
Омского государственного университета им. Ф.М. Достоевского
644077, г. Омск, пр. Мира, 55а
тел.: 8(3812) 67-32-55, 64-30-61, 64-13-07

Содержание

Потапов Виктор Ильич. К 85-летнему юбилею	12
---	----

Секция «Математика»

<i>Колосов Н.В., Сташулёнок С.П.</i> Сравнительный анализ различных способов моделирования гамма-распределения.....	16
<i>Гутор А.Г., Сташулёнок С.П.</i> Исследования эффективности обучения статистическими методами.....	19
<i>Бородич С.М.</i> О максимальном аттракторе семейства эволюционных операторов	22
<i>Gorovaya Y.V., Podoksenov M.N.</i> Automorphisms and autometries of one four-dimensional Lie algebra of the Bianchi VI ₂ subtype	24
<i>Трубников Ю.В., Чернявский М.М.</i> Об одном алгоритме нахождения кратных корней полинома седьмой степени	27
<i>Kreinovich V.</i> A possible interpretation of Landes's arithmetic	30
<i>Kreinovich V.</i> Disintegrating sensors: a possible new application area of interval techniques	33
<i>Михайлова Н.В.</i> Философские аспекты понимания в рациональной интерпретации проблемы обоснования математического знания.....	36
<i>Мартон М.В.</i> Интеграция математики и информатики для студентов химических специальностей.....	40
<i>Велько О.А., Мартон М.В.</i> Математика и информационные технологии для студентов социально-гуманитарных специальностей.....	44
<i>Гришков А.С., Ерёмин А.М., Захаров П.В.</i> Временная функция линейно-замедленной диссипативной системы в потенциальном поле	48
<i>Голубятников В.П.</i> О задаче Дирихле для локально-евклидова листа Мёбиуса.....	51
<i>Голубятников В.П., Юношева Е.В.</i> О существовании цикла в модели циркадного осциллятора.....	53
<i>Кириллова Н.Е.</i> Об одной модели циркадного осциллятора	55

<i>Минушкина Л.С.</i> Единственность и устойчивость цикла в моделях генных сетей.....	58
<i>Дурнев В.Г., Зеткина А.И.</i> О финитной неаппроксимируемости однокоэффициентных коммутантных уравнений	60
<i>Гринь А.Г.</i> О гипотезе Ибрагимова-Иосифеску.....	63
<i>Лаптев А.А., Мамонтова М.А.</i> Тема «моделирования» в преподавании математических методов студентам исторического факультета	66
<i>Шапцев В.А.</i> Результат опыта проведения со студентами бесед и проектов вместо лекций и практических занятий.....	69

Секция

«Кибернетика и моделирование»

<i>Гамзаев Х.М., Керимова Ф.З.</i> Задача идентификации источника в модели однофазного потока в пластовой системе.....	73
<i>Гамзаева Н.Х.</i> Исследование влияния температурного режима на процесс осаждения частицы в гравитационном сепараторе.....	76
<i>Гусейнзаде С.О., Гасымова З.И.</i> Численное решение одной граничной обратной задачи однофазного течения в пласте	79
<i>Kosheleva O., Kreinovich V.</i> Same arguments that prove existence of singularity prove existence of acausality.....	82
<i>Yixuan Shuai, Масловская А.Г.</i> Реакционно-диффузионная модель коммуникации бактерий с учетом вариации закона популяционного роста: реализация на платформе COMSOL Multiphysics	85
<i>Хмелёв А.П., Масловская А.Г.</i> Модельное представление динамики численности сообщества бактерий в условиях многократного ингибирования.....	89
<i>Мороз Л.И.</i> Численное моделирование процессов супердиффузионной природы	92
<i>Веселова Е.М.</i> Моделирование гистерезиса в тонких сегнетоэлектрических пленках: реализация в COMSOL Multiphysics	95
<i>Семочкина Е.В.</i> Анализ продаж рекламных услуг, осуществляемых методом «холодных звонков», в универсальной среде «GPSS World».....	98
<i>Семочкина Е.В.</i> Моделирование деятельности издательской рекламной компании по методологии ARIS	101

<i>Бухаров Д.Н., Кучерик А.О., Аракелян С.М.</i> Моделирование проводимости системы микротрубок диоксида титана	104
<i>Чередниченко А.И., Захаров П.В.</i> Формирование начальных условий для дискретного бризера в программном пакете LAMMPS	106
<i>Янковская У.И., Захаров П.В.</i> Построение молекулярно-динамической модели кристалла Pt, армированного УНТ	109
<i>Панкратов И.А.</i> Модифицированный генетический алгоритм выбора траекторий движения космического аппарата.....	112
<i>Ермоленко А.В., Мельников В.А.</i> Многопоточная реализация решения контактной задачи для пластины и основания по теории Кармана.....	115
<i>Мозговой С.И., Филимонов В.А.</i> Сомнение как компонент экспертизы.....	117
<i>Гольяпин В.В., Лобачев А.И.</i> Применение таксономического метода по результатам хронобиологического исследования артериального давления.....	120
<i>Котюргина А.С., Федорова Е.И., Никитин Ю.Б.</i> Математическая модель кинопредпочтений студентов омских вузов	121
<i>Дивольд Е.В., Шафеева О.П.</i> Модель системы охлаждения процессора на элементах Пельтье.....	123
<i>Флоренсов А.Н.</i> О примении теории формальных нейронов для описания динамики социально-биологических систем.....	126
<i>Звонов А.О.</i> Постановка задачи компьютерного моделирования эволюции доминантности	131
<i>Сайфутдинов И.К., Прудников В.В.</i> Особенности неравновесного поведения мультислойных наноструктур с намагниченностью перпендикулярной плоскости пленок.....	134
<i>Минькова А.В., Прудников П.В.</i> Исследование влияния конкурентных типов анизотропии на поведение ультратонких магнитных пленок в мультислойной структуре методами Монте-Карло	136
<i>Никитин М.О., Прудников В.В.</i> Моделирование методом Монте-Карло магнитных свойств спин-вентильных структур, описываемых анизотропной моделью Гейзенберга с различными типами магнитной анизотропии	139
<i>Попова А.П., Попов И.С., Прудников П.В.</i> Процессы взаимодействия вихрей и дефектов структуры неравновесной	

критической релаксации двумерной XY-модели с комплексным структурным беспорядком.....	143
<i>Попов И.С.</i> Эффективная реализация высокоточных численных методов ADER-DG для решения нестационарных задач физической газодинамики диссипативных многокомпонентных реагирующих сред	146
<i>Лизогуб Д.С., Матвеев А.В.</i> Математическое моделирование и дозиметрическое планирование радиойодтерапии на основе пятикамерной модели кинетики.....	149
<i>Сухачев Р.А., Мамонова М.В.</i> Исследование выгодности различных спиновых конфигураций для системы Co/Cu/Co в рамках первопринципных расчетов	152
<i>Шакиров Р.С.</i> Исследование влияния дефектов и искусственных структур на эффекты гистерезиса в мультислойных наноструктурах методами Монте-Карло	154
<i>Володченкова Л.А., Гуц А.К.</i> Стационарные и циклические равновесия в экосистеме «лес-почва»	156
<i>Егорина А.С.</i> Моделирование методом Монте-Карло критических свойств усложненного спинового вентиля	159
<i>Костеннов Т.В.</i> Управление тепличным хозяйством на основе анализа моделей тепличных систем и обработки информации об их функционировании	162

Секция

«Социокибернетика и социология»

<i>Ерovenko В.А., Шувалова Е.Ю.</i> Математика и география: философский синтез методологий когнитивно-педагогического взаимодействия	163
<i>Ерovenko В.А., Прокопчук В.А.</i> Социальный феномен «математической тревожности» у студентов химико-фармацевтического направления	169
<i>Kosheleva O., Kreinovich V.</i> Why historically, many oppressive regimes survived for a long time: a simple mathematics-based explanation.....	173
<i>Kreinovich V.</i> Why gold is so important in folkloric prediction rituals: a possible explanation.....	175
<i>Барзеева А.Ю., Озерова М.В.</i> Противоречивый характер ЕГЭ: тенденции «эксперимента».....	178

<i>Барзеева А.Ю., Кудринская Л.А.</i> Результаты ЕГЭ по обществознанию и математике: сравнение трендов по России и Омской области	182
<i>Соколова А.И., Кудринская Л.А.</i> Возможности моделирования поведения в социальных сетях для борьбы с кибербуллингм.....	185
<i>Павлова А.С., Кудринская Л.А.</i> Методологические и методические особенности таганрогского эксперимента Б.А. Грушина.....	188
<i>Шарובהва Ф.Н., Кудринская Л.А.</i> Особенности развития отечественной социологии массовой коммуникации в 1960-е годы.....	191
<i>Смирнов В.С., Петренко И.А.</i> Генезис стереотипа и его роль в процессе социальной коммуникации.....	194
<i>Вольвач В.Г., Глушакова Д.Ю.</i> Трансформация содержания категорий «досуг» и «свободное время» в современных социологических исследованиях.....	197
<i>Кадоичникова Е.С., Деревянченко Ю.И.</i> Эгалитарная семья и проблемы гендерного равенства	201
<i>Мусаева Л.М., Деревянченко Ю.И.</i> Этническая идентичность российских немцев	205
<i>Деревянченко Ю.И.</i> Политические предпочтения российского среднего класса	209
<i>Фролова Ю.Ю.</i> Рождение ребенка или прерывание беременности: детерминанты принятия решения россиянками ...	212
<i>Кленкина В.В., Чеснокова Л.В.</i> Социальные сети как фактор риска для информационной приватности.....	215
<i>Гуц А.К.</i> Кибернетический поворот vs цифровой поворот в социологии: в чем разница?.....	218

Секция

«Компьютерные науки и информационная безопасность»

<i>Rozanova L., Temerev A.</i> Droplets spreading simulations of Sars-CoV-2 using OpenLB	221
<i>Авельцов Д.О.</i> Разработка модуля виртуализации сенсорных устройств для облачных информационно-измерительных систем	227
<i>Лыченко Н.М., Сороковая А.В.</i> Прогнозирование классов индекса качества воздуха на базе LSTM-нейросетевого классификатора.....	230

<i>Гайдамако В.В.</i> Построение модели облачной информационно-измерительной системы с использованием библиотеки SIMGRID	233
<i>Астапенко Н.В., Арыстан А.Ш.</i> Систематизация направлений автоматизации и компьютеризации административных процессов в аптечном предприятии	236
<i>Астапенко Н.В., Жапаров Е.Е.</i> Обоснование необходимости разработки автоматизированной системы проведения письменного экзамена в соответствии с принципами академической честности.....	239
<i>Астапенко Н.В., Сабирова А.В.</i> Предпосылки разработки автоматизированной аналитической системы эффективного управления продажами	242
<i>Концевой М.П.</i> SCORM в моделировании сетевых образовательных ресурсов.....	245
<i>Кузнецов М.Д.</i> Инструмент разметки для получения многоуровневой иерархической выборки обучающих данных.....	248
<i>Десницкий В.А.</i> Архитектура и программно-аппаратные прототипы средств анализа защищенности компонентов беспроводных сенсорных сетей	251
<i>Десницкий В.А.</i> Анализ требований к обнаружению в реальном времени атак в критически важных инфраструктурах.....	254
<i>Мелешко А.В.</i> Построение прототипа беспроводной сенсорной сети мониторинга окружающего воздуха	257
<i>Мелешко А.В.</i> Анализ атакующих воздействий на прототип беспроводной сенсорной сети	260
<i>Магомедрасулов К.О., Алискеров М.Р.</i> Проблемы информационной безопасности: алгоритм построения системы информационной безопасности предприятия.....	263
<i>Алискеров М.Р.</i> Политика безопасности как основной инструмент реализации информационной безопасности на предприятии	266
<i>Сатиюлаев Ш.М., Качаева Г.И.</i> Кибербезопасность в 21 веке.....	269
<i>Долгой В.Е.</i> Итерационные алгоритмы для решения систем линейных алгебраических уравнений с плохо обусловленными матрицами	271
<i>Рабчевский А.Н., Ашихмин Е.Г., Рабчевский Е.А.</i> Моделирование структуры пропаганды протестного движения	

в социальных сетях с помощью графового анализа и нейросетевых технологий.....	273
<i>Бахтин В.В., Подлесных И.А.</i> Алгоритм построения графа совместной работы каскадов устройств нейросетевого распознавания, реализующих блочные нейронные сети	277
<i>Гарифуллин Т.И., Гарифуллина Н.А.</i> Cat Network. Инстаграм для котов.....	279
<i>Гарифуллин Т.И., Дружинская Е.В.</i> Школьный дневник Murkat	282
<i>Елисеев Е.Э., Бурлаков М.Е., Осипов М.Н.</i> Разработка адаптивного алгоритма оценки эффективности систем обнаружения вторжений для предотвращения web угроз	285
<i>Сухорукова Е.А.</i> Современные подходы к обработке больших данных	288
<i>Бельченко А., Магазев А.А., Никифорова А.Ю.</i> О вероятности заражения восприимчивого узла на случайных графах Эрдёша-Реньи	290
<i>Горохова В.Ф., Магазев А.А.</i> Оптимизация средств защиты информации на основе стохастической марковской модели с непрерывным временем	292
<i>Карабцов Р.Д.</i> Использование генетических алгоритмов при оптимизации систем управления	295
<i>Гергерт А.В., Дорошенко М.С.</i> Обзор изменений модели комиссий на транзакции сети Ethereum (EIP 1559)	297
<i>Блохин А.В., Грицай А.С.</i> Настройка параметров 3D-принтера путём проверки соответствия напечатанной трёхмерной модели её цифровой копии	300
<i>Горшенин А.Ю.</i> Применение аддитивных технологий в технике и производстве.....	302
<i>Еремеев А.В., Захарова Ю.В.</i> Об операторах рекомбинации для случая древовидного представления решений в эволюционных алгоритмах	305
<i>Богаченко Н.Ф., Лавров Д.Н.</i> Портрет безработного на основе анализа сведений службы занятости и данных анкетирования.....	308
<i>Дейнеко Т.А.</i> Опыт автоматизации приемной кампании в Омском государственном техническом университете с помощью 1С	312
<i>Тюменцев Е.А., Мелешенко Т.В.</i> Разработка адаптируемого под пользователя редактора форм ввода данных	315

<i>Вильховский Д.Э.</i> Стеганографический анализ искусственных изображений на предмет обнаружения LSB-вставок	316
<i>Вильховский Д.Э.</i> Стеганографический анализ изображений на предмет обнаружения вставок, выполненных методом Коха-Жао	319
<i>Вахний Т.В., Вахний С.В.</i> Итеративное решение биматричных игр для оптимизации компьютерной безопасности	322
<i>Вахний Т.В., Дзутцев Р.А.</i> Автоматизация случайного выбора регрессионных тестов с использованием теории игр	325
<i>Вахний Т.В., Гуц А.К., Овчинников А.В.</i> Выполнение простейших вычислений на квантовом компьютере IBM Q System One	328

ПОТАПОВ ВИКТОР ИЛЬИЧ к 85-летнему юбилею



Профессор Виктор Ильич Потапов родился 8 июля 1935 года в городе Омске. Окончил радиофизический факультет Томского государственного университета по специальности радиофизика и электроника в 1960 году. С 1961 по 1965 г. работал инженером в СКБ предприятия п/я № 2 Министерства радиопромышленности СССР, где занимался разработкой специализированных вычислительных устройств для систем управления подвижными объектами и технологическими процессами.

В 1968 году окончил аспирантуру на факультете систем управления летательных аппаратов в Московском авиационном институте с защитой кандидатской диссертации. Докторскую диссертацию защитил в Томском государственном университете в 1975 году.

С 1968 года В.И. Потапов работает в Омском государственном политехническом институте (ныне Омский государственный технический университет). Благодаря его энтузиазму была основана кафедра «Электронные вычислительные машины» (1972), начавшая *впервые* в Омске подготовку инженеров по вычисли-

тельной технике. Он организовал общеинститутский вычислительный центр, отраслевую научно-исследовательскую лабораторию «Автоматизации проектирования АСУ», разработал и внедрил с коллегами в ОмГТУ систему учебно-научно-производственных комплексов, создал Научный центр «Информатика» для разработки региональной программы информатизации Омской области.



И.И. Потапов

Его отец – Илья Иванович Потапов (1897–1975), дворянин, начальник штаба связи Красной 5-й Армии – вошел в освобожденный от белой армии адмирала Колчака Омск 14 ноября 1919 года. Именем Ильи Ивановича названа одна из улиц Омска. По окончании гражданской войны И.И.Потапов стал модным в городе парикмахером. Работал он в салоне гостиницы «Октябрьская». Мать – Татьяна Николаевна – работала бухгалтером в управлении банно-прачечного и парикмахерского хозяйства. Сын стал выдающимся ученым, доктором технических наук, профессором Омского государственного технического университета.

Дед – Штанин Николай Филиппович, знаменитый основатель промышленного садоводства в Сибири.

К концу 1970-х омские вузы имели пару ЭВМ ЕС-1020, несколько «Наири», «Раздан-2» и СМ-ок. Проявляя активную гражданскую позицию, Виктор Ильич опубликовал за 1979–1988 гг. более 40 статей в газетах «Омская правда», «Вечерний Омск», «Политехник». Он пропагандировал широкое внедрение вычислительной техники в процессы образования, производства и управления, ратовал за интеграцию научных исследований и учебного процесса. Омская область к 1984 году имела около пятидесяти небольших разобщенных вычислительных центров, в которых работали в основном выпускники кафедры В.И. Потапова. Руководство области очень слабо развивало то, что вскоре

стали называть информатизацией, а сейчас цифровизацией. Виктор Ильич разработал омскую версию программы «АСУ – область», в которой предлагалось создать единую информационную сеть, когда все вычислительные центры и персональные компьютеры различных предприятий отправляли бы свою информацию для обработки на мощный центральный сервер [1]. Программа не была реализована, хотя и было в 1988 году принято Облисполкомом Омской области решение о начале работ по АСУ. Позже об этом же пытался говорить с Главой Омской администрации Л.К. Полежаевым в 1993 году автор статьи, но интереса тот не проявил.

Виктор Ильич продуктивен как ученый и педагог. Им опубликовано более 750 работ, включая 11 монографий, 25 учебных пособий для студентов вузов и 165 изобретений в области информатики и вычислительной техники, из которых 26 внедрены, а в фондах алгоритмов и программ зарегистрировано более 50 программ для ЭВМ.

В 1993 году Указом Президента Российской Федерации профессору В.И. Потапову присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации».

Под его руководством защищено 22 кандидатских диссертации; 3 человека стали докторами наук.

Основные направления научных разработок [2]:

- изобретение формального нейрона и нейронной сети; кандидатская диссертация (1968) «Функциональная надежность сетей из формальных нейронов» и докторская «Основы теории и практические методы анализа и синтеза цифровых вычислительных и логических структур из нейроподобных элементов» (1975) были путем к искусственному интеллекту;

- созданы основы схмотехники, информационной технологии контроля и диагностики многофункциональных элементов с кодовой перестройкой логики в пороговом базисе, схмотехника логически запоминающих структур с перестройкой логики на базе цилиндрических магнитных доменов, нашедших применение в специализированных вычислительных устройствах;

- созданы теоретические основы и новые информационные технологии таблично-алгоритмических вычислений функций на ЭВМ, на базе которых создано и внедрено большое число ориги-

нальных вычислительных алгоритмов и цифровых вычислительных структур для воспроизведения широкого класса функций;

- созданы новые эффективные программно-имитационные комплексы моделирования вычислительных структур и вычислительных процессов для информационных технологий автоматизации проектирования АСУ реального времени;

- решены оригинальные задачи оптимального управления подвижными системами и дифференциально-игровые задачи типа «нападение – защита» между техническими системами.

Научные достижения В.И. Потапов внедрил в учебный процесс. Написанные им учебные пособия в доступной для студентов форме раскрывают важные подробности функционирования вычислительных систем, формируют у них фундамент для дальнейшей научно-исследовательской работы. Таковы, например, «Автоматизация расчета надежности при проектировании резервированных систем вычислительной техники и автоматики», «Проектирование вычислительных процессов для вычислительных комплексов методом моделирования», «Математические модели и методы оптимизации надежности отказоустойчивых вычислительных систем из искусственных нейронных сетей», «Компьютерная арифметика и алгоритмическое моделирование арифметических операций».

В ОмГУ с решающим участием В.И. Потапова как члена комиссии УМО было открыто обучение по инженерной специальности «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети» (1999). В наши дни это направление «Информатика и вычислительная техника». Другими словами, Виктор Ильич сам породил себе конкурента в лице ОмГУ, думая, как государственный человек, о всесторонней подготовке специалистов в области вычислительной техники, пополняя вычислительные центры не только людьми, воспитанными в инженерных традициях, но и людьми с классической фундаментальной подготовкой.

Литература

1. *Викторов И.* Берега: очерки. – Омск: Изд-во Омского института (филиала) РГТЭУ, 2011. – 339 с.
2. *Потапов В.И.* Опережая время: монография. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. – 328 с.

И.П. Бесценный, А.К. Гуц

УДК 519.2

Н.В. Колосов, С.П. Сташулёнок

*Белорусский государственный университет,
г. Минск, Беларусь*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГАММА-РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

В данной работе рассмотрены три подхода к моделированию гамма-распределенных случайных величин, проверка гипотез случайности и о виде распределения, а также сравнение результатов моделирования различными способами.

В каждом из способов моделировалась выборка объема $n = 5000$. Первый способ заключается в следующем алгоритме: моделируется равномерное распределение с помощью мультипликативного датчика [2, с. 21]. В работе представлены варианты моделирования со стартовыми значениями, равными $k_0 = 1, 2, 100, 100\ 000$. Затем методом обратной функции [2, с. 42] получаем выборку из экспоненциального распределения того же объема. Из того, что экспоненциальное распределение является частным случаем гамма-распределения и свойства воспроизводимости гамма-распределения [3, с. 159], получаем выборку в два раза меньшего объема.

Второй подход отличается от первого только тем, что моделирование равномерного распределения происходит автоматически с использованием языка программирования Python.

В третьем же способе непосредственно моделируется в Python гамма-распределение нужного объёма.

Для каждого способа моделирования проверялась гипотеза случайности [1, с. 133]. Для всех величин, смоделированных с помощью мультипликативного датчика (первый способ) гипотеза не отвергалась, а для некоторых случаев моделирования случайных величин с помощью Python (второй и третий способы) гипотеза отвергалась.

Для проверки гипотезы о виде распределения для всех способов использовался критерий согласия Колмогорова [1, с. 107].

Таблица 1

Статистики критерия согласия Колмогорова и истинные уровни значимости для величин, смоделированных с помощью мультипликативного датчика
(k_0 – стартовое число для мультипликативного датчика)

k_0	Статистика критерия				Истинный уровень значимости (p-value)			
	1	2	100	100000	1	2	100	100000
Uniform	0.013	0.0086	0.0075	0.0062	0.0522	0.439	0.629	0.836
Exp	0.013	0.0086	0.0075	0.0062	0.0522	0.439	0.629	0.844
Gamma	0.010	0.0097	0.0110	0.013	0.627	0.739	0.569	0.381

Таблица 2

Статистики критерия согласия Колмогорова и истинные уровни значимости для равномерного, экспоненциального и гамма-распределений соответственно, где равномерное было смоделировано в Python

№	D_{U_n}	Uniform (p-value)	D_{E_n}	Exp (p-value)	D_{G_n}	Gamma (p-value)
1	0.0082	0.54	0.0082	0.54	0.0123	0.46
2	0.0077	0.58	0.0077	0.58	0.0097	0.73
3	0.0085	0.46	0.0085	0.46	0.0099	0.71
4	0.0061	0.85	0.0061	0.85	0.0110	0.58
5	0.0125	0.09	0.0125	0.09	0.0109	0.60
6	0.0111	0.17	0.0111	0.17	0.018	0.09
7	0.0058	0.89	0.0058	0.89	0.0120	0.46
8	0.0063	0.82	0.0063	0.82	0.0116	0.51
9	0.0070	0.71	0.0070	0.71	0.0084	0.87

Окончание табл. 2

№	D_{Un}	Uniform (p-value)	D_{En}	Exp (p-value)	D_{Gn}	Gamma (p-value)
10	0.0073	0.65	0.0073	0.65	0.0109	0.59
11	0.0068	0.75	0.0068	0.75	0.0130	0.39
12	0.0071	0.70	0.0071	0.70	0.0105	0.63
13	0.0147	0.03	0.0147	0.03	0.0135	0.32
14	0.0125	0.09	0.0125	0.09	0.0141	0.27
15	0.0058	0.89	0.0058	0.89	0.0095	0.76
16	0.0048	0.97	0.0048	0.97	0.009	0.86
17	0.0049	0.97	0.0049	0.97	0.008	0.91
18	0.0149	0.02	0.0149	0.02	0.014	0.28
19	0.0096	0.32	0.0096	0.32	0.013	0.39
20	0.0052	0.95	0.0052	0.95	0.012	0.50

Таблица 3

Статистики критерия и истинный уровень значимости для гамма-распределенных случайных величин, смоделированных в Python (проверка гипотезы о виде распределения)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_{Gn}	0.018	0.006	0.011	0.012	0.008	0.009	0.015	0.011	0.010	0.013
p-value	0.07	0.98	0.49	0.52	0.88	0.86	0.19	0.62	0.73	0.33
№	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
D_{Gn}	0.016	0.020	0.014	0.008	0.02	0.015	0.013	0.012	0.016	0.015
p-value	0.15	0.03	0.29	0.92	0.04	0.19	0.38	0.52	0.132	0.24

Как видно из таблиц, лучший результат показывает первый способ моделирования гамма-распределения.

Литература

1. *Ивченко Г. И., Медведев Ю.И.* Математическая статистика: учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1984. – 248 с.: ил.
2. *Лагутин М. Б.* Наглядная математическая статистика: учебное пособие. – М.: БИНОМ; Лаборатория знаний, 2007. – 472 с.: ил.
3. Теория вероятностей. Практикум в двух частях. Ч. 2: учебное пособие / Н. В. Лазакевич, Е. М. Радыно, С. П. Шашулёнок, А. Г. Яблонская, О. Л. Яблонский; под ред. Н. В. Лазакевича. – Минск: БГУ, 2014. – 175 с.

А.Г. Гутор, С.П. Сташулёнок

*Белорусский государственный университет,
г. Минск, Беларусь*

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Настоящая работа является продолжением исследований, изложенных в [1; 2]. Она была проведена в рамках курсов по теории вероятностей и математической статистике. Изучалось влияние выполнения лабораторных работ 1 и 2 на знания, умения и навыки студентов по рассматриваемой теме (использовался статистический критерий знаковых рангов Вилкоксона). С помощью критерия Манна – Уитни проверялась однородность отметок в разных группах. И, наконец, с помощью того же критерия Манна – Уитни была исследована однородность приращений в отметках студентов разных групп.

Группа 1** (той же специальности, что и 1 в [1]) выполняла лабораторную работу 1 без предложенного образца решения, а лабораторную работу 2 по предложенному образцу. Группа 2** (той же специальности, что и 2 в [1]) выполняла лабораторную работу 1 по предложенному образцу решения, а лабораторную работу 2 без предложенного образца. Оценивались знания, умения и навыки до и после выполнения работ. Для этого до и после лабораторных работ предлагались контрольные задания, которые оценивались в непрерывной шкале. Отметки за лабораторные работы не учитывались. С помощью критерия Вилкоксона сравнивались отметки студентов до и после выполнения работ. Таблица 1 даёт точные уровни значимости при сравнении отметок с помощью критерия знаковых рангов Вилкоксона. Из таблицы можно видеть, что на уровне значимости 0,05 гипотеза однородности отвергается во всех рассмотренных случаях.

	1**	2**
до и после ЛР 1	0,002218	0,021682
до и после ЛР 2	0,002218	0,015907

Таким образом, во всех случаях на уровне значимости 0,05 имеются статистически значимые различия в отметках студентов до и после выполнения лабораторных работ 1 и 2 (отметки улучшились).

С помощью критерия Манна – Уитни проверялась гипотеза

$$H_0: a = \int_{-\infty}^{\infty} F_1(x) dF_2(x) = 0,5 \text{ (имеются ли статистически значи-}$$

мые различия в отметках групп одной специальности (2019 и 2021 гг.) , а также групп 1** и 2** до и после выполнения лабораторных работ 1 и 2). Таблица даёт точные уровни значимости при сравнении отметок различных групп с помощью критерия Манна – Уитни. Данные, которые указывают на то, что гипотеза однородности отвергается на уровне значимости 0,05, выделены.

	1 и 1**	2 и 2**	1** и 2**
до ЛР 1	0,000003	0,775768	0,232707
после ЛР 1	0,000982	0,456248	0,065683
до ЛР 2	0,305212	0,248415	0,024582
после ЛР 2	0,039448	0,844243	0,827134

С помощью критерия Манна – Уитни сравнивались приращения в отметках групп 1** и 2** за контрольные задания, выполненные до и после лабораторной работы 1. Точный уровень значимости равен 0,056862. Таким образом, гипотеза однородности не отвергается ни на уровне значимости 0,01, ни на уровне значимости 0,05, т. е. отсутствуют статистически значимые различия в приращениях отметок. Аналогично сравнивались приращения в отметках этих же групп по лабораторной работе 2. Точный уровень значимости равен 0,038545, что говорит о том, что основная гипотеза не отвергается на уровне значимости 0,01, но должна быть отвергнута на уровне значимости 0,05, т.е на уровне значимости 0,05 имеются статистически значимые различия в приращениях отметок.

Литература

1. *Гутор А.Г., Сташулёнок С.П.* Применение статистических критериев Манна – Уитни и Вилкоксона в исследованиях эффективности обучения // Математическое и компьютерное моделирование: сборник материалов VII Международной научной конференции, посвящённой памяти С.С. Ефимова (Омск, 22 ноября 2019 г.) / [отв. за вып. И.П. Бесценный]. – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2019. – С. 38–40.
2. *Гутор А.Г., Сташулёнок С.П.* Статистические критерии Манна – Уитни и Вилкоксона в исследованиях эффективности обучения // Математическое и компьютерное моделирование: сборник материалов VIII Международной научной конференции, посвящённой памяти А.Л. Иозефера (Омск, 20 ноября 2020 г.) / [отв. за вып. И.П. Бесценный]. – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2020. – С. 19–20.

С.М. Бородич

*Витебский государственный университет им. П.М. Машерова,
г. Витебск, Беларусь*

О МАКСИМАЛЬНОМ АТТРАКТОРЕ СЕМЕЙСТВА ЭВОЛЮЦИОННЫХ ОПЕРАТОРОВ

Рассматривается неавтономное эволюционное уравнение

$$\partial_t u = A(u, t), \quad t \geq 0, \quad (1)$$

с начальным условием

$$u(\tau) = u_0, \quad \tau \geq 0, \quad (2)$$

где u_0 принадлежит банахову пространству E . Предполагается, что для любого $\tau \geq 0$ и любого $u_0 \in E$ задача (1), (2) имеет, и притом единственное, решение $u(t)$, $t \geq \tau$, причем $u(t) \in E$ при всех $t \geq \tau$. Тогда уравнение (1) порождает в E семейство эволюционных операторов $\{S_{t,\tau}, t \geq \tau \geq 0\}$: $S_{t,\tau} u_0 = u(t)$.

Для любых непустых множеств $X, Y \subset E$ положим $dist(X, Y) = \sup_{x \in X} \inf_{y \in Y} \|x - y\|$ ($\|\cdot\|$ – норма в E).

Через $\mathcal{B}(E)$ обозначим множество всех ограниченных в E множеств.

Определение 1. Множество $\mathcal{A}_H \subset E$ называется *максимальным аттрактором семейства* $\{S_{t,\tau}\}$, если оно обладает следующими свойствами:

- 1) \mathcal{A}_H компактно в E ;
- 2) $\forall B \in \mathcal{B}(E) \quad dist(S_{t,0} B, \mathcal{A}_H) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow +\infty$ (свойство притяжения);
- 3) если \mathcal{M} – компактное в E множество и $\forall B \in \mathcal{B}(E) \quad dist(S_{t,0} B, \mathcal{M}) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow +\infty$, то $\mathcal{A}_H \subset \mathcal{M}$ (свойство минимальности).

Будем предполагать некоторую асимптотическую автономность уравнения (1), обеспечивающую стабилизацию операторов $S_{t,\tau}$ при $\tau \rightarrow +\infty$. Другими словами, рассматривается ситуация, когда $A(u, t)$ стремится (в некотором смысле) при $t \rightarrow +\infty$ к $\tilde{A}(u)$. Автономное уравнение

$$\partial_t v = \tilde{A}(v)$$

(при соответствующем предположении о существовании и единственности решения $v(t)$, $t \geq 0$, с начальным условием $v(0) = v_0 \in E$) порождает в E полугруппу операторов $\{S_t, t \geq 0\}$.

Определение 2 [1]. Множество $\mathcal{A} \subset E$ называется *максимальным аттрактором полугруппы* $\{S_t\}$, если:

- 1) \mathcal{A} компактно в E ;
- 2) $\forall B \in \mathcal{B}(E) \text{ dist}(S_t B, \mathcal{A}) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow +\infty$;
- 3) $S_t \mathcal{A} = \mathcal{A} \quad \forall t \geq 0$.

Теорема. Пусть $\{S_{t,\tau}, t \geq \tau \geq 0\}$ и $\{S_t, t \geq 0\}$ – соответственно семейство эволюционных операторов и полугруппа операторов, действующие в банаховом пространстве E . Пусть операторы $S_{t,\tau}$ и S_t непрерывны из E в E при любых фиксированных t и τ , $t \geq \tau \geq 0$. Пусть полугруппа $\{S_t\}$ обладает максимальным аттрактором \mathcal{A} . Предполагается также, что $\forall B \in \mathcal{B}(E)$ существуют $t_B \geq 0$ и множество $D_B \in \mathcal{B}(E)$, такие, что

- 1) $S_{t,0} B \subset D_B \quad \forall t \geq t_B$,
- 2) $\forall \theta \geq 0 \quad \|S_{\tau+\theta,\tau} y - S_\theta y\| \rightarrow 0$ при $\tau \rightarrow +\infty$ равномерно по $y \in D_B$.

Тогда семейство $\{S_{t,\tau}\}$ имеет максимальный аттрактор \mathcal{A}_Π , причем $\mathcal{A}_\Pi \subset \mathcal{A}$ и $S_t \mathcal{A}_\Pi = \mathcal{A}_\Pi \quad \forall t \geq 0$. Если дополнительно предположить, что $S_{t,0} x$ непрерывно по $t \in [a, +\infty) \quad \forall x \in E \quad (a \geq 0)$, то \mathcal{A}_Π – связное множество.

Литература

1. Бабин А.В., Вишик М.И. Аттракторы эволюционных уравнений. – М.: Наука, 1989.

Y.V. Gorovaya, M.N. Podoksenov

*Vitebsk State University named after P.M. Masharov,
Vitebsk, Belarus*

**AUTOMORPHISMS AND AUTOMETRIES
OF ONE FOUR-DIMENSIONAL LIE ALGEBRA
OF THE BIANCHI VI₂ SUBTYPE**

Let a nondegenerate scalar product be given in a Lie algebra. A linear transformation of this Lie algebra is called *autoisometry* (respectively, *auto-similarity*) if it is an automorphism of the Lie algebra, and at the same time an isometry (respectively, similarity) with respect to the given scalar product.

Let (G, g) be a homogeneous manifold of a Lie group G equipped with a Riemannian or Lorentzian metric g . The problem of finding such manifolds that are self-similar requires initially solving the problem of finding all one-parameter autoisometry groups of the corresponding Lie algebra equipped with a Euclidean or Lorentzian scalar product [1]. It is also interesting to know the dimension of the isometry group of the manifold (G, g) depending on the specific type of the given metric. For this it is necessary to find all one-parameter autoisometry groups of the corresponding Lie algebra.

Consider the four-dimensional Lie algebra $\mathcal{G}_4 = \mathcal{E}(2) \oplus \mathbf{R}$, where $\mathcal{E}(2)$ – алгебра is the Lie algebra of the group of motions $E(2)$ of the Euclidean plane. This Lie algebra belongs to type VI according to the Bianchi classification, subtype VI₂. In a suitable basis (E_1, E_2, E_3, E_4) , the commutation relations are given by the equalities:

$$[E_1, E_2] = E_3, [E_1, E_3] = -E_2,$$

and all the other brackets are equal to the null vector. Such a basis will be called *canonical*.

The Lie algebra \mathcal{G}_4 is solvable. It contains the three-dimensional commutative ideal $\mathcal{H} = \langle E_2, E_3, E_4 \rangle$, the one-dimensional center $\mathbf{R}E_4$, and the derived Lie algebra is two-dimensional: $\mathcal{G}_4^{(2)} = \mathcal{L} = \langle E_2, E_3 \rangle$,

E_4). All these ideals must be invariant under any automorphism of the Lie algebra.

Proposition 1. *The complete group of automorphisms of the Lie algebra \mathcal{G}_4 consists of transformations that are specified in the canonical basis by one of the matrices of the form*

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ \beta & k \cos t & -k \sin t & 0 \\ \gamma & k \sin t & k \cos t & 0 \\ \delta & 0 & 0 & \varepsilon \end{pmatrix},$$

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 \\ \beta & k \cos t & k \sin t & 0 \\ \gamma & k \sin t & -k \cos t & 0 \\ \delta & 0 & 0 & \varepsilon \end{pmatrix},$$

$\beta, \gamma, \delta, t \in \mathbf{R}, \varepsilon > 0, k > 0$.

Thus, the full group of automorphisms of the Lie algebra \mathcal{G}_4 is six-dimensional.

To solve the problem of finding one-parameter groups of auto-similarities and autoisometries, it is necessary to know the canonical form of the Gram matrix which defines the scalar product in the canonical basis.

Proposition 2. *Let a Euclidean scalar product be given in the Lie algebra \mathcal{G}_4 . Then, using an automorphism of the Lie algebra, we can reduce the Gram matrix in the canonical basis to the form*

$$\begin{pmatrix} g_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & g_{24} \\ 0 & 0 & g_{33} & g_{34} \\ 0 & g_{24} & g_{34} & 1 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

$g_{11} > 0, g_{33} > 0, g_{34}^2 + g_{33}g_{24}^2 < 0$.

Theorem. *Let the Euclidean scalar product be given in the Lie algebra \mathcal{G}_4 , and the Gram matrix is reduced to the form (1), using the Lie algebra automorphisms. Then the given Lie algebra*

1) does not admit autosimilarities,

2) admits a unique one-parameter autoisometry group, the action of which is described in the canonical basis by matrix

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos t & -\sin t & 0 \\ 0 & \sin t & \cos t & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, t \in \mathbf{R},$$

provided that matrix (1) is diagonal and $g_{33} = 1$.

It was proved in [2] that the Lie algebra $\mathcal{E}(2)$ does not admit a one-parameter self-similarity group, for any method of introducing a scalar product with the Lorentzian signature on it. However, the Lie algebra $\mathcal{G}_4 = \mathcal{E}(2) \oplus \mathbf{R}$ under consideration certainly admits one-parameter autosimilarity group for such a scalar product. The immediate task is to find all such one-parameter groups and the conditions for their existence concerning the Lorentz scalar product.

References

1. Podoksenov, M.N. Similarities and isometries of a homogeneous manifold of the Heisenberg group equipped with a left-invariant Lorentzian metric // Vesnik Vitsebskaga dzyarzhavnaga un-ta. 2011. No. 5. S.10–15.
2. Podoksenov, M.N. Homothetic automorphisms of three-dimensional Lie algebras // Uchenye zapiski UO "VSU im. PM Masherov". Collection of scientific papers. Volume 8. Vitebsk, Vitebsk State University Publishing House, 2009. P. 203–211.

Ю.В. Трубников, М.М. Чернявский

*Витебский государственный университет им. П.М. Машерова,
г. Витебск, Беларусь*

ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ НАХОЖДЕНИЯ КРАТНЫХ КОРНЕЙ ПОЛИНОМА СЕДЬМОЙ СТЕПЕНИ

В большинстве современных литературных источников, посвященных исследованию алгебраических полиномов пятой и более высоких степеней, крайне мало внимания уделяется точным методам нахождения кратных корней. Также там не даются готовые формулы для их вычисления. Основной трудностью выступает громоздкость промежуточных аналитических вычислений, которые сложно провести вручную. Еще менее изучены ситуации, когда полином имеет два или более кратных корней одинаковой наибольшей кратности. Однако в последние годы ситуация изменилась благодаря стремительному развитию систем компьютерной алгебры, что поспособствовало возобновлению интереса исследователей к рассматриваемой теме и дало новые фундаментальные результаты. Так, например, авторами настоящего доклада ранее был получен ряд точных аналитических формул для нахождения всех решений алгебраического уравнения пятой степени, имеющего два корня кратности два и один простой корень [1]. Основной идеей для получения этих формул был анализ конструкций частных производных второго порядка от дискриминанта по коэффициентам уравнения.

В настоящей работе проведен анализ частных производных четвертого порядка от дискриминанта полинома седьмой степени, имеющего два корня кратности три, с целью получения формул для вычисления этих корней через коэффициенты полинома.

Рассмотрим полином комплексного аргумента z , имеющий заданную мультипликативную структуру

$$\begin{aligned}
P_7(z) &= z^7 + b_1 z^6 + b_2 z^5 + b_3 z^4 + b_4 z^3 + b_5 z^2 + b_6 z + b_7 = \\
&= (z - z_1)^3 (z - z_2)^3 (z - z_3). \tag{1}
\end{aligned}$$

Теорема. *Корни уравнения (1) z_1 и z_2 кратности 3 связаны с частными производными четвертого порядка от дискриминанта G следующим образом:*

$$z_1 z_2 = \frac{\partial^4 G}{\partial b_j^3 \partial b_{j+1}} : \frac{\partial^4 G}{\partial b_j \partial b_{j+1}^3} \quad (j = \overline{1, 6}),$$

$$\frac{z_1 + z_2}{2} = \frac{\partial^4 G}{\partial b_k \partial b_{k+1}^3} : \frac{\partial^4 G}{\partial b_{k+1}^4} \quad (k = \overline{1, 6}).$$

Доказательство. Вычислим значения частных производных четвертого порядка от дискриминанта исследуемого многочлена (1) по коэффициентам и представим их в терминах корней. Получим

$$\frac{\partial^4 G}{\partial b_1^4} = 17496 z_1^{12} z_2^{12} (z_2 - z_3)^4 (z_1 - z_3)^4 (z_1 - z_2)^6;$$

$$\frac{\partial^4 G}{\partial b_1^3 \partial b_2} = 8748 z_1^{11} z_2^{11} (z_2 - z_3)^4 (z_1 - z_3)^4 (z_1 + z_2) (z_1 - z_2)^6;$$

$$\frac{\partial^4 G}{\partial b_1^2 \partial b_2^2} = 2916 z_1^{10} z_2^{10} (z_2 - z_3)^4 (z_1 - z_3)^4 (z_1^2 + 4z_1 z_2 + z_2^2) (z_1 - z_2)^6;$$

$$\frac{\partial^4 G}{\partial b_1 \partial b_2^3} = 8748 z_1^{10} z_2^{10} (z_2 - z_3)^4 (z_1 - z_3)^4 (z_1 + z_2) (z_1 - z_2)^6;$$

$$\frac{\partial^4 G}{\partial b_1 \partial b_3^3} = 8748 z_1^8 z_2^8 (z_2 - z_3)^4 (z_1 - z_3)^4 (z_1^2 + z_2^2) (z_1 - z_2)^6;$$

$$\frac{\partial^4 G}{\partial b_2^4} = 17496 z_1^{10} z_2^{10} (z_2 - z_3)^4 (z_1 - z_3)^4 (z_1 - z_2)^6;$$

$$\frac{\partial^4 G}{\partial b_2^3 \partial b_3} = 8748 z_1^9 z_2^9 (z_2 - z_3)^4 (z_1 - z_3)^4 (z_1 + z_2) (z_1 - z_2)^6;$$

$$\frac{\partial^4 G}{\partial b_2 \partial b_3^3} = 8748 z_1^8 z_2^8 (z_2 - z_3)^4 (z_1 - z_3)^4 (z_1 + z_2) (z_1 - z_2)^6;$$

$$\frac{\partial^4 G}{\partial b_3^4} = 17496 z_1^8 z_2^8 (z_2 - z_3)^4 (z_1 - z_3)^4 (z_1 - z_2)^6.$$

Продолжая непосредственное вычисление остальных частных производных четвертого порядка от дискриминанта, убеждаемся в справедливости формулировки теоремы. Оставшийся простой корень можно вычислить, используя последнее соотношение Виета.

Рассмотрим конкретный числовой пример. Пусть

$$P(z) = z^7 - 9z^6 + 6z^5 + 124z^4 - 168z^3 - 672z^2 + 640z + 1536 =$$

$$= (z - 4)^3 (z + 2)^3 (z - 3).$$

Тогда, например, найдем

$$\frac{\partial^4 G}{\partial b_6^3 \partial b_1} : \frac{\partial^4 G}{\partial b_6 \partial b_7^3} = -8 = z_1 z_2, \quad \frac{\partial^4 G}{\partial b_6 \partial b_7^3} : \frac{\partial^4 G}{\partial b_7^4} = 1 = \frac{z_1 + z_2}{2}.$$

Литература

1. Чернявский М.М., Трубников Ю.В. Модификация формул Эйткена и алгоритмы аналитического нахождения кратных корней полиномов // *Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта*. – 2021. – № 1(110). – С. 13–25.

V. Kreinovich

*University of Texas at El Paso, El Paso,
Texas, USA*

A POSSIBLE INTERPRETATION OF LANDES'S ARITHMETIC

What is Landes's arithmetic. In [1], Juergen Landes proposed a new arithmetic formalism, in which, in constrast to the usual arithmetic, the product of two negative numbers is negative: $(-a) * (-b) = -ab$ when $a > 0$ and $b > 0$.

This new formalism has many interesting mathematical properties. Because of this, [1] asked for possible interpretation of this new arithmetic. This talk provides such an interpretation.

Main idea behind the interpretation. Multiplication is a natural operation in investments: if we invest an amount a into some financial instrument (stocks, bonds, etc.), then, at the end of investment period, we get an amount $k * a$, where k takes into account the rise (or fall) in stock prices, interest rate, etc.

This is a classical high school example of using a power function: if we place the amount a in a bank that pays r percent interest, then

- next year, we have the amount $k * a$, where $k = 1 + r / 100$,
- and
- in n years, we have the amount $k^n * a$.

These calculations, however, do not distinguish between money obtained by legal or illegal ways, and between legal and illegal investments. A natural idea is to mark the original amount a :

- as positive if it comes from legal sources, and
- as negative if it comes from illegal sources.

Similarly, we mark the coefficient k as positive if it corresponds to a legal investment and as negative if it corresponds to an illegal investment.

This interpretation explains Landes's multiplication. In this interpretation, the only way for the product $k * a$ to be positive – i.e., legal – is when both the source of money is legal and the investment is legal, i.e., when both k and a are positive.

If one or both of the values k and a are negative, i.e., if at some point, law was violated, then the whole resulting amount $k * a$ is illegal – i.e., negative. This is exactly Landes's multiplication.

What about addition? This way, we can also get a different addition operation: e.g., if someone got amount a from a legal source and an amount from an illegal source, then this person's total amount is $a + b$, and this total amount is not purely legal. In other words, similarly to what [1] proposes for multiplication, the sum $a + b$ is positive only if both numbers a and b are positive. In all other cases, the sum is negative and it is equal to $-(|a| + |b|)$.

What about subtraction? With subtraction, the situation is similar: if one has an amount a , and donated the amount b , then this person is left with the amount $a - b$. Here too, if the original amount was obtained by illegal means, and the person donated it to a good cause, the remainder is still illegal (the "Godfather III" movie notwithstanding). Similarly, if the amount was legal, but the person donated the amount b to an illegal organization (e.g., to support his/her favorite eco-terrorist group), the resulting amount is tainted and thus illegal.

Of course, this only applies to the case when donation b was caused by an illegal act of the donator: if somewhat simply steals an amount b from a legal amount a , the difference $a - b$ remains legal.

Caution. This interpretation of subtraction can only be applied to the case when the remainder is positive: otherwise, if someone donates more than he/she owns, then he/she ends up owing money, which is usually indicated by the negative balance $a - b$.

Division. With division by an integer or by a positive number, we can handle it the same way: take a portion of the original amount. If the original amount is was legal, the portion remains legal; if the original amount was illegal, the portion remains illegal.

Division by a non-integer number means unequal division: e.g., two-third goes to one person, one-third to another person.

This naturally leads to an extension to negative numbers: if something cannot be legally divided, but is divided illegally (e.g., if legal heirs hide the actual will and generate a fake will), then we get illegal results. For example, dividing 100 dollars illegally between two folks leads to two illegal amounts of 50: $100 / (-2) = -50$. Here too, a / b is legal (positive) if and only if both a and b are positive.

Acknowledgments. The author is greatly thankful to Juergen Landes for valuable comments.

References

1. *Landes J.* Letter to the editor // *The Reasoner*. 2021. Vol. 15, no. 1. P. 4.

V. Kreinovich

*University of Texas at El Paso, El Paso,
Texas, USA*

**DISINTEGRATING SENSORS: A POSSIBLE NEW APPLICATION
AREA OF INTERVAL TECHNIQUES**

Reminder: one of the many applications of interval techniques. One of the many applications of interval techniques is to estimate how accurate is the result of data processing. In many practical situations, we are interested in quantities y which are not easy to measure directly – e.g., temperature and pressure inside a combustion engine or a jet engine. To gauge the value of such a quantity, we find easier-to-measure quantities x_1, \dots, x_n which are related to y with a known dependence $y = f(x_1, \dots, x_n)$, measure x_i , and use the measurement results X_i to find the estimate $Y = f(X_1, \dots, X_n)$ for the desired quantity. This is a particular case of data processing.

In some practical situations, the only information that we have about the measurement errors $dx_i = X_i - x_i$ is the upper bound d_i on its absolute value. In this case, possible values of x_i form an interval $[X_i - d_i, X_i + d_i]$, and the set of possible values of y is the range of the function $y = f(x_1, \dots, x_n)$ on these intervals. Computing this range is one of the main problems of interval computations; see, e.g., [1,2]; so, at first glance, it looks like interval techniques should be used in many practical applications.

In most practical situations, simple linearization-based methods are sufficient. However, in most applications, practitioners use linearized technique, when they expand the dependence $f(x_1, \dots, x_n) = f(X_1 - dx_1, \dots, X_n - dx_n)$ in Taylor series in dx_i and keep only linear terms in this expansion. In this linearized form, the problem of estimating $dy = Y - y$ is easy to solve, and there is no need for rigorous but more complex interval methods.

In some situations, interval techniques are needed. There are some situations when linearization cannot be used:

- Situations when the measurements are not very accurate. In this case, measurement errors are not small, so we cannot ignore terms which are quadratic (or higher order) in terms of dx_i , and
- Critical situations, when even small errors cannot be ignored: e.g., if we are checking whether the concentration of a certain chemical is still below the allowed maximum, or whether the stress in a construction is still below the maximum value that the construction has been designed to withstand.

In case when, in addition to the intervals of possible values for the measurement errors, we also know the probability distributions of possible values of dx_i , same two cases describe situations when we cannot simply use linearization to find the probability distribution for dy .

New situations. In his unpublished talk, Professor Eric Macdonald from the University of Texas at El Paso talked about a new interesting trend, which goes back to the original motivation of why we need interval techniques. One of these motivations is that we cannot directly measure temperature or pressure inside an engine, since at high temperatures inside the engine, any sensor will melt in a short period of time. What researchers learned to do is to design sensors that can still be functional for a short period of time before melting, sometimes up to a minute or even longer. The measurement results provided by these sensors provide unique information about the corresponding processes.

Why interval computations. As a sensor starts deteriorating, the accuracy of its measurement results decreases. In the last seconds before it stops sending signals, the measurement error becomes so high that linearization is no longer possible. At present, the corresponding last-seconds measurement results are simply ignored. However, if we want to extract as much information as possible, it would be great to be able to squeeze all possible information out of these last seconds – be it by using interval techniques (if we only know

the upper bound on the measurement error) or by using non-linear statistical techniques (if we know the probability distributions).

Caution. This is all preliminary, this is work in progress, but it looks like this is one more area where interval techniques can be useful.

References

1. *Mayer G.* Interval analysis and automatic result verification. Berlin: De Gruyter, 2017.
2. *Moore R.E., Kearfott R.B., Cloud R.G.* Introduction to interval analysis. Philadelphia, Pennsylvania: SIAM, 2009.

Н.В. Михайлова

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь*

**ФИЛОСОФСКИЕ АСПЕКТЫ ПОНИМАНИЯ
В РАЦИОНАЛЬНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ПРОБЛЕМЫ
ОБОСНОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ЗНАНИЯ**

Проблема обоснования знания является главной для философской теории научного познания и теории познания вообще. Эта проблема возникла еще в философской мысли Древней Греции, и ее содержание не ограничено только культурно-историческими рамками эпохи. Сила математического знания состоит в том, что чисто рациональными средствами математика подтвердила недостаточность рационализма. Речь по сути идет о том, что не все истинные утверждения математики можно вывести из заранее определенного перечня аксиом. Так следствием переосмысления развития математического знания в конце XIX – начале XX веков стало провозглашение нескольких философско-математических концепций и направлений обоснования математики.

Рациональное знание, наиболее совершенным образцом которого являются математические теоремы и теории, дает возможность понять реальные подходы к обоснованию знания. Но для понимания проблемы обоснования математики следует сначала уяснить смысл этого понятия. Так в разные периоды под обоснованием теорий математики понимались соответствующие становлению математики как строгой науки философско-методологические проблемы [1]. В частности, для древнегреческой математики это была проблема неизмеримых величин, для математики XVII века это была новая проблема интерпретации иррациональных и мнимых чисел, а для математики XVIII века – актуальная проблема строгости доказательства в теории дифференциального исчисления. Но философско-методологические проблемы обоснования математического знания активно стали обсуждаться на ру-

беже XIX и XX веков, когда Г. Кантор и Д. Гильберт сформулировали новое понимание программы обоснования математики, рассматривая ее как проблему непротиворечивости теорий.

Историк математики М. Клайн допускает, что математика испытала на себе сильное влияние тех культур, в рамках которых она развивалась. Этот тезис, вообще говоря, нельзя прямо экстраполировать на структуру и разделы математического знания. Например, можно аргументировано возразить по поводу попыток доказать, что аксиомы арифметики и логики зависят от культуры, что дискредитирует идею социокультурного влияния на развитие математического знания. В контексте философии математического образования появление новых научных теорий связано и существенно ограничивается неким «мировоззренческим фоном», хотя против общего социокультурного анализа никто из философов науки не пытается возражать. Даже в первоначальных фазах развития математической науки отдельные социальные факторы, влияли на философию математического образования, как теперь пандемия.

В теории обучения высшей математике используется понятие когнитивно-дидактических исследований, основанных на данных когнитивных наук, исследующих процесс познания. «Реальные когнитивные трудности некоторых современных студентов при изучении математики проявляются в том, что поколения прежних студентов отличались “умением учиться” и даже получать удовольствие от процесса познания» [2, с. 61]. В философском контексте «когнитивизм» рассматривается как рациональная концепция или технология образования, которая исходит из того, что студенты не только приобретают новые для себя знания, но и пытаются понять их смысл на основе развития собственных когнитивных способностей. Даже с точки зрения интерпретации смысла излагаемого материала, понимание математических теорий – это важная психологическая проблема когнитивной технологии «научить учиться», в которой внимание смещается на сам процесс обучения, то есть чтобы научить правильно усваивать новую информацию студентам необходим когнитивный процесс обучения, направленный на мотивацию понимания.

Философы и историки науки различают дополнительные понятия, как «внутреннюю историю науки» и «внешнюю историю науки». Внутренняя история включает те события, которые можно реконструировать с помощью критерия научной рациональности. В отличие от внутренней эпизоды внешней истории науки не подвергаются «рациональной реконструкции». Например, известный специалист по квантовым компьютерам и квантовым вычислениям американский исследователь Д. Дойч считает также фундаментальной ошибкой относительно природы математики, допускаемой с античных времен, то, что математическое знание более определено, чем какая-либо другая форма знания. С позиций современной социологии науки из предшествующих концепций нельзя не отметить социокультурные аспекты философии математики. С точки зрения социокультурных аспектов философии математического образования доказательство не абстрактны, поэтому их, вообще говоря, нельзя считать только рациональной областью теоретической математики.

Существуют разные философские концепции понимания, которые трактуют, что означает понимать, даже хорошо отработанный практический навык объяснить математическое понятие – это всего лишь один из критериев понимания, не самый главный в когнитивной технологии обучения математике. Уровень понимания учебных разделов высшей математики, обязательных для технического университета, зависит не только от студентов, но и от уровня культуры преподавателя математики и его умения строить образовательную стратегию в соответствии с уровнем трудности усвоения учебного материала. Но при этом не все зависит только от преподавателя математики, так как, в соответствии с «дидактической истиной», прежде чем рефлексировать по поводу «чему учить» и «как учить», надо, желательно, четко представлять себе «кого учить» [3]. Речь еще идет о том, что преподаватель с высоким уровнем дидактической культуры, анализируя степень математической подготовки студентов разных групп и особенности обучения с учетом специфики разделов высшей математики, ставит себе соответствующие цели, реализующие задачи обучения и делающие акцент на практическом решении задач.

В таком контексте понимание сложных разделов высшей математики для студентов технических специальностей можно по существу рассматривать как дидактическую проблему раскрытия механизмов и когнитивных процессов понимания математики. Анализируя развитие философско-методологических представлений по актуальной проблеме обоснования современных направлений математики, нельзя не связать их с актуальной темой «истины в математике», поскольку особенности математического познания в работах по философии математического образования находят свое отражение также в понимании возможности убедительного доказательства математических теорем в качестве «эталоны истины». Любое утверждение признается математически истинным, например, если оно, будучи включенным в определенный методологический контекст всей математической теории, не приводит к противоречиям, а непротиворечивость конкретной математической теории это уже не идеальная цель, а фактически реализуемое состояние. Кроме того, с точки зрения методологии рационального обоснования современной математики, системный подход представляет собой философски развернутый когнитивный процесс восхождения от абстрактного к практически реализуемому обоснованию действующих направлений и разделов математики.

Литература

1. *Михайлова Н.В.* Рациональная сущность математического образования и проблема обоснования // Математические структуры и моделирование. – 2019. – № 1. – С. 38–46.
2. *Ерovenko В.А.* Когнитивная технология «научить учиться» студентов, изучающих высшую математику // Alma mater (Вестник высшей школы). – 2020. – № 1. – С. 60–65.
3. *Михайлова Н.В.* Феномен понимания как дидактическая проблема обучения студентов учебным разделам высшей математики // Инновации в образовании. – 2021. – № 5. – С. 46–53.

М.В. Мартон

*Белорусский государственный университет,
г. Минск, Беларусь*

ИНТЕГРАЦИЯ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ХИМИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Сегодня деятельность будущего химика немыслима без использования компьютера и применения информационных технологий. В условиях глобальной информатизации общества конкурентоспособность выпускников современного вуза в значительной степени определяется их уровнем владения информационными технологиями и компьютерными средствами при решении профессиональных задач. Анализ физико-химических явлений и процессов в настоящее время невозможно представить без использования математических и компьютерных моделей, применения вычислительной техники для осуществления расчетов и визуализации изучаемых объектов. Математика и информационные технологии сегодня неразделимы, и правильная организация учебного процесса существенно повышает эффективность изучения и понимания каждой из этих дисциплин. Информационные технологии для студентов химиков актуальны и интересны тем, что многие профессиональные задачи моделируются и решаются с помощью математических моделей. На курсе информационных технологий появляется возможность повторить и закрепить изученный математический материал, решить математические задачи уже другими методами и способами.

В чем состоит общая схема преподавания математики и решения математических задач?

- постановка задачи (что мы хотим изучить) и математическая формулировка составляющих проблему задач;
- непосредственно вычислительный этап и получение ответа в математической форме;

- интерпретация ответа в реальном мире и проверка его на достоверность.

Как мы решаем эту математическую задачу? Чаще всего мы это делаем вручную. Например, решаем систему линейных алгебраических уравнений, вычисляем неопределенный интеграл или находим предел функции, строим график функции, а зачем? Ведь большинство математических задач мы можем решить с использованием компьютера. Настоящая математика – это не только вычисления! Математика гораздо шире, чем просто вычисления. Ранее была только одна возможность – вычисление вручную, но с появлением компьютерных информационных технологий все давно изменилось. Сейчас можно смело сказать, что математика освободилась от вычислений, особенно это актуально для студентов химиков. Рутинную вычислительную работу с успехом сейчас может выполнять компьютер, что позволяет большому числу студентов получить «доступ» к математике, сделать ее более понятной и наглядной.

Рассмотрим конкретный *практический пример* «Исследование состава смеси при помощи системы химических сенсоров», который иллюстрирует взаимосвязь химии, высшей математики и реализуется на курсе информационных технологий с помощью табличного процессора MS Excel.

Сенсорами называют химически чувствительные приборы, выходной сигнал которых (ток или напряжение) зависит от концентрации определенного вещества в газовой среде или в растворе.

Задача: Имеется химическая смесь n веществ A_1, \dots, A_n и n сенсоров, чувствительных ко всем компонентам смеси. При этом выполняются следующие условия: а) сигналы, обусловленные присутствием в смеси каждого из веществ, дают аддитивный вклад в общий отклик сенсора; б) величина сигнала от определенного компонента прямо пропорциональна его концентрации. Пользуясь данными таблицы (рис. 1) определить концентрацию веществ A_1, \dots, A_n .

Решение. Условия а) и б) означают, что функции, связывающие величину сигнала и концентрации компонентов, обладают свойством аддитивности и однородности, т. е. являются линей-

ными. Поэтому для нахождения искоемых концентраций необходимо решить систему линейных алгебраических уравнений, понятие и решение которой изучается в курсе высшей математики.

№ сенсора	Коэффициенты пропорциональности				Регистрируемый сигнал
	A ₁	A ₂	. . . .	A _n	
1	a ₁₁	a ₁₂	. . . .	a _{1n}	b ₁
2	a ₂₁	a ₂₂	. . . .	a _{2n}	b ₁
...
n	a _{n1}	a _{n2}	. . . .	a _{nn}	b _n

Рис. 1

Математическая модель: Найти корни системы линейных уравнений вида

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2, \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n = b_n. \end{cases}$$

Или матричная форма системы линейных уравнений вида $\bar{A}\bar{x} = \bar{b}$. Известно, чтобы найти значения x_i , необходимо умножить обе части уравнения слева на матрицу A^{-1} . Получаем, $A^{-1} \cdot \bar{A}\bar{x} = A^{-1} \cdot \bar{b} \Rightarrow \bar{x} = A^{-1} \cdot \bar{b}$.

Реализация с помощью *табличного процессора MS Excel*. Рассмотрим на конкретном примере.

52	Чувствительность сенсоров						Сигнал	Концентрация
53	4,8	2	1,6	8,6	8	4,8	393,114	18,81987
54	2,6	3,7	6	8,2	1,6	2,9	412,186	17,66026
55	8	1,7	5,6	6,7	6,5	1,3	451,167	21,62998
56	6,9	8,8	3,4	8,6	1,5	6,3	578,738	14,66999
57	4,7	8,5	1,4	5,3	3,2	4,5	424,516	5,140171
58	1,4	1,1	6,4	2,7	5,4	3,8	303,479	13,65977

Рис. 2

Формула для нахождения корней общая для всего массива H53:H58. При создании массива формул необходимо: выделить

ячейки массива; ввести в строку формул текст формулы «=МУМНОЖ(МОБР(A53:F58);G53:G58)»; нажать комбинацию клавиш Ctrl+Shift+Enter.

Литература

1. *Скатецкий В.Г., Свиридов Д.В., Яшкин В.И.* Математические методы в химии. – Минск: ТетраСистемс, 2006. – 368 с.
2. *Моханова Л.Ю.* Информационные технологии в современном математическом образовании // Профессиональное образование в России и зарубежом. – 2017. – № 4 (28).

О.А. Велько, М.В. Мартон

*Белорусский государственный университет,
г. Минск, Беларусь*

МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Развитие современного информационного общества, характеризуется высоким уровнем компьютерных информационных технологий, развитыми современными инфраструктурами. Сегодня деятельность человека немислима без использования компьютера и применения информационных технологий, обладающих гибкостью, мобильностью и адаптивностью к внешним воздействиям. При информатизации общества основное внимание уделяется комплексу мер, направленных на обеспечение полного использования достоверного, исчерпывающего знания во всех видах человеческой деятельности. Информационные технологии открывают перед будущим поколением возможности свободного распространения знаний, различных сведений и материалов. Смысл информатизации образования заключается в создании, как для преподавателей, так и для студентов благоприятных условий для свободного доступа к культурной, учебной и научной информации. Информатизация и компьютеризация становятся новыми объектами изучения, применения и использования в образовании, что дает возможность выйти на создание определенной системы образования.

Современная модель развития высшего образования, в том числе и социально гуманитарного во многом связана со сменой образовательных парадигм, переносащих акцент с образовательной деятельности на самообразовательную, что является одной из первоочередных задач профессиональной подготовки студента. Математика является обязательной частью любой серьезной программы подготовки современных гуманитариев наряду с родными

гуманитарными дисциплинами. Заметим, что без качественной математической подготовки, без понимания и усвоения информационных технологий сегодня невозможно сформировать современное мировоззрение будущего интеллектуального специалиста. В условиях быстро развивающегося процесса информатизации общества появились новые возможности использования компьютерных технологий в изучении дисциплины «Основы высшей математики» студентами социально гуманитарных специальностей. Математика и информационные технологии неразделимы, и правильная организация учебного процесса существенно повышает эффективность изучения и понимания каждой из этих дисциплин.

Использование компьютерных информационных технологий в процессе обучения математическим дисциплинам студентов гуманитарных специальностей, способствует реализации личностно-ориентированного подхода, позволяет подобрать индивидуальный темп работы и самостоятельно распределить время по изучению материала. Изучение математики будущими социологами, психологами, философами, а также применение ими современных математических методов анализа социальной реальности, способствует более успешному формированию у студентов профессиональной компетентности, умению задействовать межпредметные связи, осуществлению преемственности в изучении математических понятий, развитию критического и прогностического мышления. В настоящее время невозможно представить себе специалиста, не знающего математических методов исследования основных экономических процессов и закономерностей на производстве и в обществе.

Анализ экономических, социальных, политических явлений и процессов, прогнозирование тенденций их развития невозможно представить без использования математических и компьютерных моделей. Глубокий статистический анализ, обеспечивающий обоснованные, точные и надежные диагностические результаты, немислим без применения современных компьютерных методов. Покажем на конкретных примерах из комбинаторики и вероятности возможности табличного процессора Excel.

Пример 1. Сколькими способами 8 студентов могут встать в очередь друг за другом в университетской библиотеке?

Решение. Для нахождения числа перестановок в *табличном процессоре Excel* можно использовать функцию: =ПЕРЕСТ($n;n$), где n – число переставляемых объектов (рис. 1).

	А	В
1	число студентов $n=$	8
2	число перестановок $Pn=$	=ПЕРЕСТ(В1;В1)
3		

Рис. 1. Режим формулы

В итоге получим, что число перестановок равно 40320 (рис. 2).

	А	В
1	число студентов $n=$	8
2	число перестановок $Pn=$	40320
3		

Рис. 2. Число перестановок

Пример 2. Для проведения социологического опроса социологу необходимо выбрать 4 группы студентов выпускных курсов, имеющих гуманитарное направление обучения. Он подобрал 8 одинаково подходящих групп. Сколько существует способов отбора 4 групп из 8 в случайном порядке?

Решение. Для нахождения числа сочетаний в табличном процессоре Excel используем функцию =ЧИСЛКОМБ($n;k$).

Вводим $n = 8$, $k = 4$ и получаем ответ: 70 способов (рис. 3).

В3		fx	=ЧИСЛКОМБ(В1;В2)
	А	В	С
1	число групп студентов $n=$	8	
2	число выбираемых групп $k=$	4	
3	число сочетаний C_n^k	70	

Рис. 3. Число сочетаний

Пример 3. Вероятность появления фальшивой банкноты в банке равна 0,002. В течение дня банк оперирует с 500 банкнотами. Найдите вероятность встретить в течение дня в ходе две фальшивые банкноты.

Решение. Для решения воспользуемся *Статистической функцией* ПУАССОН и получим искомую вероятность (рис. 4).

V3		fx =ПУАССОН(1;B1*B2;0)		
	A	B	C	D
1	Число банкнот	500		
2	Вероятность появления фальшивой банкноты	0,002		
3	Вероятность появления двух фальшивых банкнот	0,3678794		
4				

Рис. 4. Функция Пуассона

Таким образом, дисциплина «Основы высшей математики» тесно взаимосвязана с дисциплиной «Основы информационных технологий», а обучение будущих гуманитариев математическим дисциплинам с использованием информационных технологий повышает эффективность образования. У студентов формируется информационная компетентность, расширяются их знания и умения по применению информационных технологий в образовании и будущей профессиональной деятельности.

Литература

1. *Велько О.А., Мартон М.В.* Синтез математики и информатики в образовании гуманитариев в условиях инновационных компьютерных технологий // *Инновации в образовании.* – М., 2021. – № 5. – С. 99–114.
2. *Моханова Л.Ю.* Информационные технологии в современном математическом образовании // *Профессиональное образование в России и зарубежом.* – 2017. – № 4 (28).

А.С. Гришков¹, А.М. Ерёмин¹, П.В. Захаров²

¹*Алтайский государственный гуманитарно-педагогический университет имени В.М. Шукшина,
г. Бийск, Россия*

²*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия*

ВРЕМЕННАЯ ФУНКЦИЯ ЛИНЕЙНО-ЗАМЕДЛЕННОЙ ДИССИПАТИВНОЙ СИСТЕМЫ В ПОТЕНЦИАЛЬНОМ ПОЛЕ

Продолжим рассматривать движение материальной точки массы m в однородной диссипативной среде с коэффициентом сопротивления α , оказывающей линейное по скорости сопротивление в поле с потенциалом $U(x)$. В [3, с. 116] было показано, как уравнение относительно скорости частицы $v(x)$

$$mv(x) \frac{dv(x)}{dx} + \alpha v(x) = - \frac{dU(x)}{dx},$$

описывающее пространственную эволюцию данной диссипативной системы (ДС) и являющееся дифференциальным уравнением Абеля второго рода, неинтегрируемым при произвольной правой части [2, с. 37], может быть сведено к уравнению

$$\begin{cases} \frac{dA(x)}{dx} - \gamma \sqrt{K(x) - A(x)} = 0 \\ \gamma = \alpha \sqrt{\frac{2}{m}} \end{cases}, \quad (1)$$

где $A(x)$ – абсолютная величина работы, совершаемой над системой диссипативной силой, $K(x) = E_0 - U(x)$ – кинетическая энергия связанной консервативной системы (СКС) [3, с. 116; 4, с. 92]. В работе [4, с. 93] (1) было преобразовано к форме

$$\begin{cases} \frac{dA(x)}{dx} + \frac{\gamma}{\sqrt{K(x)(1+\sqrt{1-e(x)})}} A(x) - \gamma \sqrt{K(x)} = 0 \\ e(x) = \frac{A(x)}{K(x)} \end{cases}, \quad (2)$$

удобной для асимптотических исследований.

Обратим внимание на линейное по $A(x)$ слагаемое в первом из уравнений (2). Преобразуем множитель при $A(x)$ следующим образом, учитывая, что $\gamma = \alpha \sqrt{\frac{2}{m}} = \frac{2\alpha}{m} \sqrt{\frac{m}{2}}$, тогда

$$\frac{\gamma}{\sqrt{K(x)(1+\sqrt{1-e(x)})}} = \frac{\alpha}{m} \frac{d}{dx} (\mathfrak{T}(x)), \text{ где}$$

$$\mathfrak{T}(x) = \sqrt{2m} \int_{x_0}^x \frac{dx}{\sqrt{K(x)(1+\sqrt{1-e(x)})}}. \quad (3)$$

Функция (3) имеет размерность времени, а сравнивая её с формулой (11.3) из [1, с. 39] и используя равенство $K(x) = E_0 - U(x)$ мы предполагаем, что $\mathfrak{T}(x)$ – назовём её временной функцией – представляет собой время, за которое диссипативная система преодолевает расстояние $|x - x_0|$. От временной функции связанной консервативной системы $\tau(x) = \sqrt{\frac{m}{2}} \int_{x_0}^x \frac{dx}{\sqrt{E_0 - U(x)}}$ её отличает множитель $\frac{2}{1+\sqrt{1-e(x)}}$ под интегралом, который, собственно, и определяет вид временной функции ДС.

К сожалению, (3) непригодна в качестве полноценного решения, так как содержит неизвестную функцию $A(x)$, однако если какие-либо соображения позволят определить значение отношения $e(x)$, она вполне пригодна для анализа. Так, в случае слабого сопротивления из физических соображений понятно, что диссипативная среда совершает над системой малую работу $A(x)$, следовательно, значения функции $A(x)$ будут малы по сравнению с $K(x)$: $A(x) \ll K(x)$, так что мы можем считать $e(x) \approx 0$; $1 + \sqrt{1 - e(x)} \approx 2$, поэтому временная функция ДС совпадает с временной функцией СКС. Напротив, когда среда оказывает сильное сопротивление движению, быстро рассеивая кинетическую энергию ДС, работа диссипативной силы будет велика и пропорциональна значениям функции $K(x)$: $A(x) \approx K(x)$; поэтому $e(x) \approx 0$; $1 + \sqrt{1 - e(x)} \approx 1$, следовательно, значения $\mathfrak{T}(x)$ вдвое превышают значения $\tau(x)$, что полностью соответствует результатам, полученным в [4, с. 95].

Литература

1. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теоретическая физика: учеб. пособие: в 10 т. Т. I. Механика. – 4–е изд., испр. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. – 216 с.
2. *Зайцев В.Ф., Полянин А.Д.* Справочник по нелинейным дифференциальным уравнениям: Приложения в механике, точные решения. – М.: Физматлит, 1993. – 464 с.
3. *Гришков А.С., Вдовин Р.С., Ерёмин А.М., Захаров П.В.* Линейно-замедленное диссипативное движение под действием потенциальной силы в случае слабого сопротивления // «Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики»: сборник трудов международной научной конференции. – Воронеж: Научно-исследовательские публикации, 2021. – С. 114–120.
4. *Гришков А.С., Ерёмин А.М., Захаров П.В., Вдовин Р.С.* Линейно-замедленное диссипативное движение под действием потенциальной силы в случаях слабого и сильного сопротивления // МАК: «Математики – Алтайскому краю»: сборник трудов всероссийской конференции по математике с международным участием. – Барнаул, 2021. – С. 91–95.

В.П. Голубятников

*Институт математики СО РАН им. С.Л. Соболева,
г. Новосибирск, Россия*

О ЗАДАЧЕ ДИРИХЛЕ ДЛЯ ЛОКАЛЬНО-ЕВКЛИДОВА ЛИСТА МЁБИУСА

Изучается Задача Дирихле для листа Мёбиуса с локально евклидовой метрикой:

$$M = [0, \pi] \times [-1, 1]; \quad 0 \leq \varphi \leq \pi; \quad -1 \leq p \leq 1; \quad (0, p) \equiv (\pi, -p).$$

Его граница ∂M отождествляется с окружностью, параметризованной углом $0 \leq \psi \leq 2\pi$. Оператор Лапласа $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2}{\partial p^2}$ корректно определён на этом листе Мёбиуса. Задача Дирихле состоит в поисках функции $u = u(\varphi, p)$, определённой на M , для которой

$$\Delta u = 0; \quad u(\varphi, +1) = f(\varphi); \quad u(\varphi, -1) = f(\varphi + \pi). \quad (1)$$

Заданная на ∂M функция $f(\psi)$ непрерывна и имеет период 2π .

Теорема. Для любой непрерывной 2π -периодической функции $f(\psi)$ существует единственное решение задачи Дирихле (1).

Для доказательства теоремы разложим краевое условие в сумму его чётной и нечётной частей: $f^+(\psi) := \frac{f(\psi) + f(\psi + \pi)}{2}$; $f^-(\psi) := \frac{f(\psi) - f(\psi + \pi)}{2}$. Сложение углов осуществляются по модулю 2π .

Будем искать решение задачи (1) в виде суммы $u = u^+ + u^-$, где первое слагаемое является решением Задачи Дирихле с чётными краевыми условиями: $f^+(\psi)$, а второе – с нечётными краевыми условиями $f^-(\psi)$. Как и в классической Задаче Дирихле для

плоской области, в уравнении $\Delta u = 0$ на M переменные разделяются; решения этих двух краевых задач будем искать в виде сумм произведений $u_m^+(\varphi, p) = A_m^+(\varphi) \cdot B_m^+(p)$, $u_m^-(\varphi, p) = A_m^-(\varphi) \cdot B_m^-(p)$. Здесь $\frac{\partial^2 A^+}{\partial \varphi^2} + \lambda^2 A^+ = 0$; $\frac{\partial^2 B^+}{\partial p^2} = \lambda^2 B^+$ (для всех индексов m , которые мы опускаем для упрощения формул). Аналогичные уравнения выполняются и для функций $A_m^-(\varphi)$ и $B_m^-(p)$.

Чётная часть краевых условий $f^+(\psi)$ имеет период π , поэтому для $A^+(\varphi)$ и $B^+(p)$ имеем $\lambda = \pm 2m$, чётное целое число. Поэтому $A^+(\varphi)$ представимо в виде $\sum_m A_{2m}(\varphi) \cdot B_{2m}(p)$, где

$$A_{2m}(\varphi) = C_{2m} \cos 2m\varphi + D_{2m} \sin 2m\varphi;$$

$$B_{2m}(p) = \exp(2mp) + \exp(-2mp).$$

С точностью до множителей $[\exp(2m) + \exp(-2m)]$ коэффициенты C_{2m} и D_{2m} совпадают с соответствующими коэффициентами ряда Фурье чётной части краевых условий.

Для нечётной части краевых условий функции $A_m^-(\varphi)$ и $B_m^-(p)$ имеют аналогичные представления при $\lambda = \pm(2m + 1)$ и подобным же образом выражаются через коэффициенты ряда Фурье функции $f^-(\psi)$.

Так для Задачи Дирихле (1) конструируется решение $u = u^+ + u^-$; его единственность вытекает из принципа максимума, см. [1].

Аналогичным образом для локально-плоского листа Мёбиуса M рассматриваются Задача Неймана, краевые задачи для уравнений Лапласа и Пуассона, и так называемое отображение Dirichlet-to-Neumann. Некоторые приложения подобных математических задач описаны в [2; 3].

Литература

1. Годунов С.К. Уравнения Математической Физики. – М.: Наука, 1979.
2. Verri A.A. Dirichlet Laplacian in a thin twisted strip // International Journal of Mathematics. 2019. Vol. 30, no. 02. P. 1950006.
3. Friedlander L., Solomyak M. On the spectrum of the Dirichlet Laplacian in a narrow strip // Israel Journal of Mathematics. 2009. Vol. 170. P. 337–354.

В.П. Голубятников¹, Е.В. Юношева²

¹Институт математики СО РАН им. С.Л. Соболева,
г. Новосибирск, Россия

²Новосибирский государственный университет,
г. Новосибирск, Россия

О СУЩЕСТВОВАНИИ ЦИКЛА В МОДЕЛИ ЦИРКАДНОГО ОСЦИЛЛЯТОРА

Мы рассматриваем модель автономного клеточного циркадного осциллятора, ядро которого описано в [1]. В настоящей работе изучается семимерная система нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений кинематического типа.

$$\begin{aligned} \frac{dp}{dt} &= k_1(\Gamma_1(u) \cdot \gamma_1(w) - p); \quad \frac{du}{dt} = k_2(\Gamma_2(x) \cdot L_2(p) - u); \\ \frac{dw}{dt} &= k_3(\Gamma_3(x) \cdot L_3(p) - w); \quad \frac{dz}{dt} = k_4(\Gamma_4(x) \cdot L_4(p) - z); \quad (1) \\ \frac{dy}{dt} &= k_5(\Gamma_5(x) \cdot L_5(p) - y); \quad \frac{dx}{dt} = k_6(\Gamma_6(b) - x); \\ &\quad \frac{db}{dt} = k_7(\gamma_7(y) \cdot L_7(z) - b). \end{aligned}$$

Искомые функции $p(t)$, $u(t)$, ... $b(t)$ в этой системе описывают (неотрицательные) концентрации компонент ядра указанного циркадного осциллятора. Монотонно возрастающие гладкие функции Γ_j , γ_1 , γ_7 описывают положительные связи, а монотонно убывающие гладкие функции L_j соответствуют отрицательным связям.

В фазовом портрете системы (1) построена инвариантная область $Q^7 = [0, a_1\alpha_1] \times [0, a_2b_2] \times [0, a_3b_3] \times [0, a_4b_4] \times [0, a_5b_5] \times [0, a_6] \times [0, a_7b_7]$, где $a_1 = \max \Gamma_1$, $b_2 = \max L_2$, $\alpha_1 = \max \gamma_1$ и т. д. (доказательство её инвариантности аналогично рассуждениям, приведенным в [2]), и показано существование стационарной точки S_0 этой динамической системы. При естественных предположениях о пропорциональности некоторых обратных связей в циркадном осцилляторе, а именно $\Gamma_2 = \mu\Gamma_5$, $\Gamma_3 = \lambda\Gamma_5$, $\Gamma_4 = \tau\Gamma_5$, $L_2 = \delta L_5$, $L_3 = \theta L_5$, $L_4 = \xi L_5$ (здесь все «греческие» коэффициенты

постоянны), получены условия единственности стационарной точки системы (1) и выведены условия неустойчивости этой точки.

При выполнении этих условий из результатов работы [3] вытекает существование в фазовом портрете системы (1) двумерной инвариантной поверхности, содержащей цикл. Таким образом имеет место теорема:

Теорема. *Если матрица линеаризации системы (1) в точке S_0 имеет собственные числа с положительными вещественными частями и не имеет мнимых собственных чисел, то динамическая система (1) имеет цикл в инвариантной области Q^7 .*

Авторы искренне благодарны А.А.Акиньшину, создавшему облачный ресурс (<https://andreyakinshin.shinyapps.io/simulation-2021-09/>) для проведения вычислительных экспериментов с траекториями динамических систем вида (1).

Литература

1. Podkolodnaya O. A., Tverdokhleba N. N., Podkolodnyy N. L. Computational modeling of the cell autonomous mammalian circadian oscillator // BMC Systems Biology. – 2017. – Vol. 11. – P. 27–42.
2. Гайдов Ю.А., Голубятников В.П. О некоторых нелинейных динамических системах, моделирующих несимметричные генные сети // Сибирский журнал чистой и прикладной математики. – 2007. – Т. 7, № 2. – С. 23–32.
3. Кириллова Н. Е. Об инвариантных поверхностях в моделях генных сетей // Сиб. журнал индустриальной математики. – 2020. – Т. 23, № 4. – С. 69–76.

Н.Е. Кириллова

*Институт математики СО РАН им. С.Л. Соболева,
г. Новосибирск, Россия*

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ЦИРКАДНОГО ОСЦИЛЛЯТОРА

Мы рассматриваем базовую модель циркадного осциллятора млекопитающих и строим соответствующую ей нелинейную динамическую систему, состоящую из обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{dp}{dt} &= k_1(\Gamma_1(u) \cdot \gamma_1(w) - p); \quad \frac{du}{dt} = k_2(\Gamma_2(x) \cdot L_2(p) - u); \\ \frac{dw}{dt} &= k_3(\Gamma_3(x) \cdot L_3(p) - w); \quad \frac{dz}{dt} = k_4(\Gamma_4(x) \cdot L_4(p) - z); \quad (1) \\ \frac{dx}{dt} &= k_5(\Gamma_5(b) - x); \quad \frac{db}{dt} = k_6(C \cdot L_6(z) - b). \end{aligned}$$

Во всех уравнениях этой шестимерной динамической системы монотонно возрастающие положительные нелинейные функции γ_1 и Γ_j , $j = 1, 2, 3, 4, 5$, описывают положительные связи, а монотонно убывающие положительные функции L_i , $i = 2, 3, 4, 6$, соответствуют отрицательным связям – как и в [1, 2]. Коэффициенты k_s , $s = 1, 2, 3, 4, 5, 6$, также положительны и означают, с какой скоростью синтезируются и распадаются вещества p , u , w , z , x и b .

Следуя [3], при качественном описании поведения траекторий динамической системы (1) мы не конкретизируем аналитический вид функций L_i , Γ_j и γ_1 , ограничиваясь минимальными требованиями – их гладкостью, монотонностью и равенствами $\gamma_1(0) = \Gamma_1(0) = 0$.

Введём обозначения $a_1 := \max \Gamma_1$, $a_2 := \max \Gamma_2$, $\alpha_1 := \max \gamma_1$, $d_2 := \max L_2$ и т. д.

Лемма. Все траектории системы (1) со временем попадают в параллелепипед

$$Q^6 = [0, a_1 \alpha_1] \times [0, a_2 d_2] \times [0, a_3 d_3] \times [0, a_4 d_4] \times [0, a_5] \times \\ \times [0, C \cdot d_6],$$

лежащий в положительном октанте пространства \mathbb{R}^6 переменных p, u, w, z, x, b . В дальнейшем они из этого параллелепипеда не выходят.

Далее, ищем стационарные точки системы (1), приравнивая все скорости к нулю, и исключаем переменные u, w, z и b , получая соотношения:

$$x = \Gamma_5 \left(C \cdot L_6(L_4(p) \cdot \Gamma_4(x)) \right); \\ p = \Gamma_1(L_2(p) \cdot \Gamma_2(x)) \cdot \gamma_1(L_3(p) \cdot \Gamma_3(x)).$$

Дифференцируем x по p и p по x как неявные функции и, поскольку $L'_2 < 0, L'_3 < 0$ и $\gamma_1(0) = \Gamma_1(0) = 0$, выводим следующее неравенство:

$$\frac{CL'_5 L'_6 L'_4 \Gamma_4}{1 - C\Gamma'_5 L'_6 L'_4 \Gamma'_4} \cdot \frac{\Gamma'_1 L_2 \Gamma'_2 \gamma_1 + \Gamma_1 \gamma'_1 L_3 \Gamma'_3}{1 - \Gamma'_1 L'_2 \Gamma_2 \gamma_1 - \Gamma_1 \gamma'_1 L'_3 \Gamma_3} < 1. \quad (2)$$

Теорема 1. При выполнении неравенства (2) динамическая система (1) имеет единственную стационарную точку.

Теорема 2. Если матрица линеаризации системы (1) имеет собственные числа с положительными вещественными частями и не имеет мнимых собственных чисел, то динамическая система (1) имеет цикл в области Q^6 .

В отличие от работы [4], в которой рассматривалась более простая – трёхмерная модель геной сети, данная динамическая система (1) имеет по крайней мере один цикл, тогда как в малокомпонентной системе была доказана устойчивость стационарной точки.

Литература

1. *Hastings S., Tyson J.J., Webster D.* Existence of periodic solutions for negative feedbacks cellular control systems // *Journal of Differential Equations.* – 1977. – Vol. 25. – P. 39–64.
2. *Акиншин А.А., Бухарина Т.А., Голубятников В.П., Фурман Д.П.* Математическое моделирование взаимодействия двух клеток в пронеуральном кластере крылового имагинального диска *D.melanogaster* // *Сибирский журнал чистой и прикладной математики.* – 2014. – Т. 14, № 4. – С. 3–10.

3. *Glass L., Pasternak J.S.* Stable oscillations in mathematical models of biological control systems // *Journal of Mathematical Biology.* – 1978. – Vol. 6. – P. 207–223.
4. *Голубятников В.П., Кириллова Н.Е.* Фазовые портреты моделей двух генных сетей // *Математические заметки СВФУ.* – 2021. – Т. 28, № 1. – С. 3–11.

Л.С. Минушкина

*Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН,
г. Новосибирск, Россия*

ЕДИНСТВЕННОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЦИКЛА В МОДЕЛЯХ ГЕННЫХ СЕТЕЙ

Модель кольцевой генной сети представляет собой динамическую систему вида

$$\frac{dx_j}{dt} = L_j(y_{j-1}) - k_j x_j; \quad \frac{dy_j}{dt} = \Gamma_j(x_j) - l_j y_j, \quad (1)$$

где k_j, l_j – положительные константы, характеризующие скорость разложения мРНК и белков соответственно, а отрицательные и положительные обратные связи описаны ступенчатыми функциями

$$L_j(w) = \begin{cases} a_j k_j, & 0 \leq w \leq 1; \\ 0, & w > 1; \end{cases} \quad \Gamma_j(w) = \begin{cases} 0, & 0 \leq w \leq 1; \\ b_j l_j, & w > 1, \end{cases}$$

здесь и далее $j = 1, 2, 3, j - 1 := 3$ при $j = 1$.

Шестимерный параллелепипед $Q^6 = [0, a_j]^3 \times [0, b_j]^3$ является положительно инвариантными для всех траекторий данной системы. Он разбивается на 64 блока гиперплоскостями $x_j = 1, y_j = 1$ и при $a_j > 1, b_j > 1$ содержит точку $E = (1, 1, 1, 1, 1, 1)$, в которой все ступенчатые функции, определенные выше, имеют разрыв первого рода.

Определение. Валентностью блока B называется число пятимерных граней, через которые траектория системы (1) выходит из блока B в соседние.

Тогда $Q^6 = W_1 \cup W_3 \cup W_5$, где W_1 состоит из объединения 12 блоков валентности 1, W_5 – из объединения 12 блоков валентности 5, а W_3 содержит 40 блоков валентности 3.

Ранее в [1] было доказано, что при условии $a_j > 1, b_j > 1$ система (1) имеет цикл в области W_1 , проходящий по стрелкам диаграммы:

$$\begin{aligned}
 \dots \rightarrow \{110011\} \rightarrow \{010011\} \rightarrow \{000011\} \rightarrow \{001011\} \rightarrow \{001111\} \rightarrow \\
 \rightarrow \{001101\} \rightarrow \dots \quad (2) \\
 \rightarrow \{001100\} \rightarrow \{101100\} \rightarrow \{111100\} \rightarrow \{110100\} \rightarrow \\
 \rightarrow \{110000\} \rightarrow \{110010\} \rightarrow \dots
 \end{aligned}$$

В настоящей работе мы рассматриваем вопросы единственности и устойчивости этого цикла.

Теорема. Если $a_j > 1$, $b_j > 1$, то отображение Пуанкаре начальной грани $F_0 = \{110011\} \cap \{010011\}$ в себя имеет единственную неподвижную точку, траектория которой является единственным циклом, предельным для всех траекторий, содержащихся в инвариантной подобласти W_1 и проходящих по диаграмме (2).

Схема доказательства теоремы предложена в [2] для трехмерной динамической системы, полученной из (1) редукцией $y_j = x_j$, и переносится на случаи системы (1) и системы размерности 4 (см. [3])

$$\frac{dx_1}{dt} = L_1(x_4) - k_1x_1; \quad \frac{dx_m}{dt} = \Gamma_m(x_{m-1}) - k_mx_m; \quad m=2,3,4. \quad (3)$$

Частный случай системы (3) – при $k_1 = k_2 = k_3 = k_4$ – был изучен в [4].

Литература

1. Голубятников В.П., Минушкина Л.С. Монотонность отображения Пуанкаре в некоторых моделях кольцевых генных сетей // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2019. – Т. 22, № 3. – С. 39–47.
2. Голубятников В.П., Иванов В.В. Единственность и устойчивость цикла в трехмерных блочно-линейных моделях кольцевых генных сетей // Сибирский журнал чистой и прикладной математики. – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 19–28.
3. Golubyatnikov V.P., Minushkina L.S. On uniqueness and stability of a cycle in one gene network // Sib. Electronic Math. Reports. – 2021. – Vol. 18, № 1. – P. 464–473.
4. Glass L., Pasternack J.S. Stable oscillations in mathematical models of biological control systems // J. Math. Biol. – 1978. – Vol. 6. – P. 207–223.

В.Г. Дурнев, А.И. Зеткина

*Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова,
г. Ярославль, Россия*

О ФИНИТНОЙ НЕАППРОКСИМИРУЕМОСТИ ОДНОКОЭФФИЦИЕНТНЫХ КОММУТАНТНЫХ УРАВНЕНИЙ

Обозначим через F_n свободную группу ранга n со свободными образующими a_1, \dots, a_n . Хорошо известно, что свободная группа F_n является финитно аппроксимируемой [1], т. е. для любого неединичного элемента g группы F_n существует конечная факторгруппа F_n/N , в которой образ элемента g отличен от единичного элемента. А.И. Мальцев [2] указал на важность изучения свойств финитной аппроксимируемости групп относительно различных предикатов: из их наличия в группе вытекает разрешимость соответствующей алгоритмической проблемы. Г. Баумслаг [3] установил финитную аппроксимируемость свободных групп относительно сопряженности и возможности извлечения корня простой степени. В работе [4] установлена финитная аппроксимируемость свободных групп относительно разрешимости уравнений вида $[x, y] = g$. В этой же работе построено уравнение вида $\omega(x_1, \dots, x_4, a_1, a_2) = 1$ такое, что оно не имеет решения в свободной группе F_2 со свободными образующими a_1 и a_2 , но уравнение $\omega(x_1, \dots, x_4, \overline{a_1}, \overline{a_2}) = 1$ имеет решение в любой конечной факторгруппе F_2/N , где $\overline{a_1}$ и $\overline{a_2}$ – образы в факторгруппе F_2/N при естественном гомоморфизме свободных образующих a_1 и a_2 группы F_2 . В настоящей заметке усиливается этот результат – строится обладающее аналогичным свойством уравнение, разрешенное относительно неизвестных, имеющее вид $\omega(x_1, \dots, x_m) = [a_1, a_2]$, а слово $\omega(x_1, \dots, x_m)$ не содержит констант и, более того, оно принадлежит коммутанту свободной группы с образующими x_1, x_2, \dots, x_m . Такие уравнения в ряде работ назывались коммутантными уравнениями. Отметим, что в ряде работ [5–8] рассматривались уравнения вида $\omega(x_1, \dots, x_n) = g(a_1, \dots, a_m)$, где $\omega(x_1, \dots, x_n)$ – групповое

слово в алфавите неизвестных x_1, x_2, \dots, x_n , а $g(a_1, \dots, a_m)$ – слово в алфавите констант a_1, \dots, a_m . Они получили название уравнений, разрешенных относительно неизвестных, или уравнений с правой частью. Проблема разрешимости для таких уравнений иногда называется проблемой подстановки или проблемой сравнения с образцом. Традиционно считалось, что уравнения такого вида являются «более простыми», чем произвольные уравнения. В работе [9] доказана следующая теорема

Теорема 1. При любом $n \geq 2$ и любых неотрицательных целых m, p и q уравнение $((x^2u)^{2+p}(z^{-1}y^2vz)^{2+q}t^{2m+3})^4 [u, v] = [a_1, a_2]$ не имеет решения в свободной группе F_n , однако оно имеет решение в любой конечной факторгруппе F_n/N .

Мы усиливаем, в определенном смысле, этот результат. Для произвольных неотрицательных целых чисел p, q и m обозначим через $\omega_{p,q,m}(x, y, z, t, u, v)$ слово $(x^2u)^{2+p}(z^{-1}y^2vz)^{2+q}t^{2m+3}$ и рассмотрим уравнение

$$([\omega_{p,q,m}(x, y, z, t, u, v), u]^2 [\omega_{p,q,m}(x, y, z, t, u, v), v])^4 [u, v] = [a_1, a_2].$$

Заметим, что левая часть уравнения принадлежит коммутанту свободной группы с образующими x, y, z, t, u, v . Справедлива следующая теорема.

Теорема 2. При любом $n \geq 2$ и любых неотрицательных целых m, p и q уравнение $([\omega_{p,q,m}(x, y, z, u, v), u]^2 [\omega_{p,q,m}(x, y, z, u, v), v])^4 [u, v] = [a_1, a_2]$ не имеет решения в свободной группе F_n , однако оно имеет решение в любой конечной факторгруппе F_n/N .

Рассмотренное в теореме уравнение имеет вид $\omega(x_1, \dots, x_6) = [a_1, a_2]$. Представляет интерес вопрос о возможности уменьшения числа неизвестных в левой части уравнения и длины слова в его правой части. Ясно, что число неизвестных в левой части должно быть не меньше двух. Длина правой части 4. Можно показать, что ее нельзя уменьшить.

Литература

1. Каргаполов М. И., Мерзляков Ю.И. Основы теории групп. – М.: Наука, 1972.
2. Мальцев А. И. О гомоморфизмах на конечные группы // Ученые записки Ивановского пед. ин-та. – 1958. – Т. 18. – С. 49–60.
3. Baumslag G. Residual nilpotency and relations in free groups // J. of Algebra. – 1965. – Vol. 2. – P. 271–282.

4. *Coulbois T. and Khelif A.* Equations in free groups are not finitely approximable // Proceedings of the American mathematical society. – 1999. – Vol. 127, № 4. – P. 963–965.
5. *Мальцев А. И.* Об уравнении $z^{-1}xux^{-1}y^{-1}z^{-1} = aba^{-1}b^{-1}$ в свободной группе // Алгебра и логика. – 1962. – Т. 1, № 5. – С. 45–60.
6. *Хмелевский Ю.И.* Системы уравнений в свободной группе. I, II // Известия АН СССР. Серия математика. – 1971. – Т. 35, № 6. – С. 1237–1268; 1972. – Т. 36, № 1. – С. 110–179.
7. *Edmunds C.C.* On the endomorphisms problem for free group // Com. Algebra. – 1975. – Vol. 3. – P. 7–20.
8. *Дурнев В.Г.* О проблеме разрешимости для уравнений с одним коэффициентом // Матем. заметки. 1996. Т. 59. № 6. С. 832 – 845.
9. *Дурнев В.Г.* Об уравнениях в свободных группах // Чебышевский сборник. – 2012. – Т. 13. № 1. – С. 15–18.

А.Г. Гринь

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

О ГИПОТЕЗЕ ИБРАГИМОВА-ИОСИФЕСКУ

Пусть $\{\xi_n\}$ – стационарная последовательность, а $F_{\leq n}$ и $F_{\geq n}$ обозначают σ -алгебры, порожденные соответственно семействами $\{\xi_k, k \leq n\}$ и $\{\xi_k, k \geq n\}$. Говорят, что последовательность $\{\xi_n\}$ удовлетворяет условию φ -перемешивания, если $\varphi(n) = \sup |P(AB) - P(A), A \in F_{\leq 0}, B \in F_{\geq n}| \rightarrow 0, n \rightarrow \infty$, а если при этом $\varphi(1) < 1$, то говорят об условии φ_1 -перемешивания.

Пусть при каждом n определена симметрическая вещественнозначная функция $f_n: R_n \rightarrow R$, то есть $f_n(x_1, \dots, x_n) = f_n(x_{i_1}, \dots, x_{i_n})$ для любых $x_1, \dots, x_n \in R$ и для любой перестановки i_1, \dots, i_n множества $1, \dots, n$. Пусть $X_n = f_n(\xi_1, \dots, \xi_n), a_n = EX_n, \sigma_n^2 = DX_n < \infty$, а $N(0,1)$ обозначает случайную величину с нормальным распределением с параметрами 0 и 1.

Если $\sigma_n^{-1}(X_n - a_n) \xrightarrow{d} N(0,1)$, то будем говорить, что к последовательности $\{X_n\}$ применима центральная предельная теорема, а если при некотором выборе нормирующих постоянных $A_n \in R$ и $B_n > 0$ выполнено $B_n^{-1}X_n - A_n \xrightarrow{d} N(0,1)$, то будем говорить, что последовательность $\{X_n\}$ притягивается к нормальному закону.

Через $L(\xi)$ будем обозначать распределение случайной величины ξ , через $L(f_1)$ множество всех распределений таких, что если $L(X_1) = L(f_1(\xi_1)) \in L(f_1)$, а $\{\xi_n\}$ – последовательность независимых одинаково распределенных величин, то $\{X_n\}$ притягивается к нормальному закону. Далее, пусть $\{\xi_n\}$ удовлетворяет условию φ_1 -перемешивания. Через $L_0(f_1)$ обозначим множество всех распределений таких, что если $L(X_1) \in L_0(f_1)$, то к последовательности $\{X_n\}$ применима центральная предельная теорема, а

через $L_1(f_1)$ – множество всех распределений таких, что если $L(X_1) \in L_1(f_1)$, то последовательность $\{X_n\}$ притягивается к нормальному закону. Ясно, что $L_0(f_1) \subseteq L_1(f_1) \subseteq L(f_1)$. В случае, когда $f_n(x_1, \dots, x_n) = x_1 + \dots + x_n$, $f_1(x) = x$ будем обозначать $L(f_1)$, $L_0(f_1)$ и $L_1(f_1)$ через L , L_0 и L_1 соответственно.

До настоящего времени не доказана и не опровергнута гипотеза Ибрагимова-Иосифеску, утверждающая, что $L = L_1$ (см., например [1]).

Известны следующие результаты, касающиеся этой гипотезы:

1. Если $E|\xi_1|^p < \infty$, $p > 2$, то $L(\xi_1) \in L_0$ (И. А. Ибрагимов [2]);

2. Если $P\{\xi_1 \geq x\}$ - правильно меняющаяся функция порядка -2, то $L(\xi_1) \in L_1$ (М. Пелиград [1]).

Пусть симметрические функции $f(x) = f_n(x_1, \dots, x_n)$ удовлетворяют следующим свойствам: а) $f_n(x_1, \dots, x_{n-1}, 0) = f_{n-1}(x_1, \dots, x_{n-1})$; б) $f(-x) = -f(x)$; в) $f(x+y) \sim f(x) + f(y)$ если $\tau(x, y) = |f(x+y)| + |f(x)| + |f(y)| \rightarrow \infty$. Условие в), являющееся своего рода многомерным аналогом правильного изменения порядка 1, понимается следующим образом: для любого $\varepsilon > 0$ найдется $N = N(\varepsilon) > 0$ такое, что если $\tau(x, y) > N$, то $|f(x+y) - f(x) - f(y)| < \varepsilon|f(x+y)|$.

Обозначим $c_n^p(p) = E|\max(X'_1, \dots, X'_n)|^p$, где X'_1, \dots, X'_n – независимые величины, распределенные так же, как $X_1 = f_1(\xi_1)$.

Получен следующий результат, обобщающий приведенные выше.

Теорема 1.

1. Если при некотором $p > 0$

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \limsup_{n \rightarrow \infty} n \int_N^{\infty} P\{X_1^2 \geq xc_n^2(p)\} dx = 0, \text{ то } L(X_1) \in L_0(f); \quad (1)$$

2. Если при некотором $p > 0$

$$\lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \limsup_{n \rightarrow \infty} n \int_{\varepsilon}^1 P\{X_1^2 \geq xc_n^2(p)\} dx = \infty, \text{ то } L(X_1) \in L_1(f). \quad (2)$$

Для случая, когда $f_n(x_1, \dots, x_n) = x_1 + \dots + x_n$, $f_1(x) = x$ эта теорема получена автором в [3], и если $E|\xi_1|^p < \infty$, $p > 2$, то в ней выполняется (1) и мы получаем результат И.А. Ибрагимова,

а если $P\{\xi_1 \geq x\}$ – правильно меняющаяся функция порядка -2 , то имеет место (2) откуда следует результат М. Пелиград.

Литература

1. *Peligrad M.* On Ibragimov-Iosifescu conjecture for φ -mixing sequences // Stochastic Processes and their Applications. – 1990. – Vol. 35. – P. 293–308.
2. *Ибрагимов И.А., Линник Ю.В.* Независимые и стационарно связанные величины. – М.: Наука, 1965.
3. *Гринь А.Г.* О строгом притяжении стационарных последовательностей к нормальному закону// Теория вероятностей и ее применения. – 1999. – Т. 44, № 4. – С. 1–10.

А.А. Лантев, М.А. Мамонтова

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

**ТЕМА «МОДЕЛИРОВАНИЯ»
В ПРЕПОДАВАНИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
СТУДЕНТАМ ИСТОРИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА**

Процессы информатизации и математизации с каждым годом сильнее проникают в область гуманитарного знания, в том числе и в историю. Осознание необходимости применения математических методов в исторических исследованиях на профессиональном уровне произошло еще в последней трети прошлого века [3]. На современном этапе формирование навыков использования математических методов в исторических исследованиях стало обязательным требованием образовательного стандарта 46.03.01 История (уровень бакалавриата). В структуре образовательного процесса на историческом факультете с этой целью реализуется дисциплина «Естественнонаучные и математические методы в современных исторических исследованиях». Немаловажной частью данной дисциплины является изучение моделирования как способа (метода) реконструкции исторических процессов и явлений.

Моделирование в данной дисциплине рассматривается с двух сторон: по объектам моделирования и по используемым методам и математическому аппарату. По объектам моделирования внимание акцентируется на особенностях реконструкции материальных объектов (оружия, предметов быта и др.), исторических явлений и процессов, где применяются отражательно-измерительные, имитационно-прогностические модели. В качестве объектов моделирования может выступать как исторический источник, так и концепция историка. В первом случае это продемонстрировано на основе моделирования процесса копирования

списков «Закон судный людям» [1], во втором – на основе исследований Н.А. Полевого [4–5].

При изучении методов моделирования даны краткие характеристики дифференциальным уравнениям, синергетике и нелинейной динамике, вероятностным моделям, табличным моделям, клеточным автоматам, фрактальной геометрии, ряду Фибоначчи, нейросетям, семантическим сетям и фреймам.

В завершении студенты, используя имитационно-прогностическую модель, должны представить специфику развития профессионального исторического журнала в определенный хронологический срез. Практическая работа студентов демонстрирует сложности применения моделирования в историческом исследовании при индивидуальном подходе и с отсутствием базы знаний по профильной математике общеобразовательного уровня. Это все осложняет качественное выполнение практических заданий студентами и сводится к освоению моделирования лишь на теоретическом уровне.

В качестве рекомендаций при работе с данной темой хотелось бы обратить внимание на возможность использования групповой работы с четким обозначением задач моделирования, а также при подготовке к практической деятельности использование в качестве основного теоретико-методического материала учебного пособия А.К. Гуца и А.А. Лаптева по моделированию социальных систем [2]. В данном учебном пособии особый интерес представляет динамическое моделирование, показанное на основе модели регионального развития государства, модель социальной сети, а также первый раздел лабораторных работ, в котором дан пошаговый алгоритм работы с моделью этнических полей.

Литература

1. *Бородкин Л.И.* Моделирование исторических процессов: от реконструкции реальности к анализу альтернатив. – СПб.: Алетейа, 2016. – С. 219–258.
2. *Гуц А.К., Лаптев А.А.* Моделирование социальных систем: учебное пособие. – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2019. –164 с.
3. *Ковальченко И.Д.* Методы исторического исследования. – М.: Наука, 2003. – 486 с.

4. *Полевой Н.А.* Нейросетевая модель развития теоретической историографии // История и математика: Анализ и моделирование социально-исторических процессов. – М.: КомКнига, 2007. – С. 82–91.
5. *Полевой Н.А.* Формализация концепции всемирно-исторического процесса Н.Я. Данилевского средствами параметрической общей теории систем // Круг идей: историческая информатика в информационном обществе. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – С. 432–453.

В.А. Шапцев

*Тюменский государственный университет,
г. Тюмень, Россия*

РЕЗУЛЬТАТ ОПЫТА ПРОВЕДЕНИЯ СО СТУДЕНТАМИ БЕСЕД И ПРОЕКТОВ ВМЕСТО ЛЕКЦИЙ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Проблема. Информатизация и современный её этап, более адекватно называемый «цифровизацией» жизнедеятельности сформировали перекося в развитии когнитивных способностей молодёжи в сторону поисковых, копировальных и факто-фиксирующих навыков. В результате мышление как познавательная последовательность мыслей (утверждений), связанная логикой объекта познания («способность следовать логике вещей и событий» [1, с. 3]), стало последовательностью операций «информационного сёрфинга» [2] без усвоения семантики ключевых слов, копирования фрагментов данных (документов и Web-статей, в частности) и запоминания (нередко поверхностного) заключительного утверждения (вывода, факта). Это не формирует в мозгу школьника и студента адекватной «модели мира» [3], так как процессы обоснования и доказательства, формирующие мыслительную способность (интеллект), остаются вне их восприятия. Гипотеза эта - результат многолетнего (> 15 лет) опыта работы автора и его коллег со студентами 1–4-го курсов направлений подготовки «Прикладная информатика» и «Информационные системы и технологии». В итоге: большинство выпускников и школ, и вузов не обладают в достаточной мере математической культурой, что затрудняет усвоение математических основ «искусственного интеллекта», и в конечном счёте имеют ослабленную способность адекватного мышления (Гипотеза 1).

В процессе последующей жизнедеятельности выпускники вузов по всей видимости восполняют в конкретной профессио-

нальной сфере эти потери. Но это происходит лет через 3–5 и узко-специализированно.

Существо эксперимента. Беседы со студентами на встречах проводились по вопросам, возникшим у студентов в самостоятельной работе над источниками из рабочей программы и др. При необходимости (например, массовом непонимании вопроса, пробелах в фундаментальных знаниях и пр.) преподаватель делал лекционную вставку. Параллельно формировалась тема проекта, автономного как задел дипломной работы или как её часть. Проектирование осуществлялось группами: 3 студента и преподаватель. Ориентация проекта декларировалась на статью, курсовую работы, задел или часть ВКР и по максимуму – задел бизнес-проекта с созданием start-up (заявка в инвестиционный фонд). Разрешалось делать проект, объединяющий содержание 2–3-х дисциплин. Проект ориентирован на значительный объем и результат, защищаемый в качестве коллективной ВКР. Всего создано 93 проекта разного объема, качества, с реализацией (около 15 %) и без программного макета (концептуального характера, если крупный). Предлагалось студентам включать концептуальные проекты-мечту в качестве 2-й главы в ВКР. Защищаемый программный макет ВКР в таком случае мог касаться только части такого проекта.

Существенным требованием к проекту цифровой технологии (ЦТ) и системы являлось поддержка решения реальной задачи в быту, образовании или некоторой профессиональной деятельности.

О результатах. 1. Гипотеза 1 о низкой математической культуре многих студентов подтвердилась. 2. Студенты (вплоть до 4-го курса) затрудняются пунктуально описывать сценарий работы клиента с существующей и гипотетической (проектируемой) цифровой системой (ИС, в частности). 3. Процесс проектирования не непрерывен, а с паузами в 1–3 недели. Студенты не «болеют» проблемой, идеей. Поэтому текст проекта и к середине семестра ещё не имеет нулевой версии. 4. Немногие студенты прочитывают источники и вникают в тему ожидаемой очередной встречи (лекционной и практики). Поэтому беседы вынужденно

проводились проработкой текста из Web-среды для демонстрации адекватного процесса работы с источником из Интернета. В частности, производилось формирование лаконичного изложения, семантически адекватного использования терминов, выделение жирным шрифтом наиболее существенных словосочетаний, исправление грамматических ошибок.

Предложения. 1. Начать разработку направления цифровизации *«Цифровые технологии освоения математических методов» в направлении создания цифровой инфраструктуры вуза и школы* (в Национальном проекте «Цифровая школа», например) под девизом «цифровая трансформация – это фундаментальное переосмысление клиентского опыта и создание новых опций...» [4]. 2. Разработать и широко опубликовать методический материал «Непрерывный проектный практикум 2–4-го курсов». 3. Проводить регулярные (не реже 1 в квартал) целевые встречи-семинары преподавателей университетов и школ.

Заключение. Ступение красок в этом тексте – средство обратить внимание ЛППР на значимость затронутой проблемы. Традиционное чтение лекций и практика в виде решения абстрактных задач сегодня, в эпоху свободы доступа к носителям информации и увлечения «информационным» сёрфингом, как поняло и министерство образования, неэффективно [5]. Появляющиеся ЦТ поддержки обучения [6 и др.] несовершенны в контексте парадигмы «цифровая трансформация». Нужен человеко-подобный диалог, ведомый ЦТ, увлекающий обучающегося новыми методическими приёмами, игровыми фрагментами и благоприятным эмоциональным фоном.

Литература

1. Демидов И.В. Логика: учебное пособие для юридических вузов. – М.: Юриспруденция, 2000. – 66 с. – URL: <https://www.litmir.me/bd/?b=232687> (дата обращения: 24.10.2021).
2. Кутрунов В.Н., Шапцев В.А. и др. Mind Mapping и информационный сёрфинг. Развитие мышления посредством создания антагонистической пары // Современный учитель дисциплин естественнонаучного цикла: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – Ишим: Изд-во ИПИ ТюмГУ, 2019. – С. 14–21.

3. Куликовский Л.Ф., Мотов В.В. Теоретические основы информационных процессов: учебное пособие для вузов. – М.: ВШ, 1987. – 248 с.
4. SAP. Что такое цифровая трансформация? – URL: <https://www.sap.com/cis/insights/what-is-digital-transformation.html> (дата обращения: 24.10.2021).
5. *Rebrain I.* В IT-образовании не работают лекции. Давайте это признаем и начнем учиться правильно / 2 декабря 2020. – URL: <https://habr.com/ru/company/rebrainme/blog/531028/> (дата обращения: 24.10.2021).
6. Учи.ру: интерактивная образовательная онлайн-платформа. – URL: <https://uchi.ru/> (дата обращения: 24.10.21).

УДК 519.63

Х.М. Гамзаев, Ф.З. Керимова

*Азербайджанский Государственный Университет
Нефти и Промышленности,
г. Баку, Азербайджан*

**ЗАДАЧА ИДЕНТИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКА
В МОДЕЛИ ОДНОФАЗНОГО ПОТОКА
В ПЛАСТОВОЙ СИСТЕМЕ**

Рассматривается нефтяной пласт, горизонтально расположенный в прямоугольной области $\Omega = \{0 \leq x \leq l_x, 0 \leq y \leq l_y\}$, разрабатываемый гидродинамически совершенной по вскрытия пласта скважиной в упругом режиме. Кровля и подошва, а также боковая внешняя граница пласта считаются непроницаемыми для жидкости. Представляя скважины точечным стоком, описываемым функцией Дирака, математическая модель упругого режима разработки пласта представляется в виде [1; 2]

$$\varphi(x, y) \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (\sigma(x, y) \frac{\partial p}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (\sigma(x, y) \frac{\partial p}{\partial y}) - q(t) \delta(x - x_*, y - y_*), \quad (1)$$

$$(x, y) \in \Omega, \quad t \in (0, T],$$
$$p(x, y, 0) = \varphi(x, y), \quad (2)$$

$$\frac{\partial p(0, y)}{\partial x} = \frac{\partial p(l_x, y)}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial p(x, 0)}{\partial y} = \frac{\partial p(x, l_y)}{\partial y} = 0. \quad (3)$$

где $p = p(x, y, t)$ – давление в точке (x, y) в момент времени t , $\varphi(x, y) = \beta h(x, y)$, $\sigma(x, y) = \chi(x, y)h(x, y) / \mu$, $\delta(x - x_*, y - y_*)$ – дельта функция Дирака, (x_*, y_*) , $q(t)$ – координаты и дебит скважины, $h(x, y)$ – мощность пласта, $\chi(x, y)$ – абсолютная проницаемость пласта, β – коэффициент упругоэластичности пласта.

Предполагается, что помимо функции $p(x, t)$, функция $q(t)$ также является неизвестной и подлежит определению. При этом в качестве дополнительного условия задается закон изменения во времени средневзвешенного пластового давления

$$\frac{1}{S} \int_{\Omega} p(x, y, t) dx dy = r(t), \quad (4)$$

Задача заключается в определении функций $p(x, y, t)$ и $q(t)$, удовлетворяющих уравнению (1) и условиям (2)–(4). Поставленная задача относится к классу обратных задач, связанных с восстановлением правых частей дифференциальных уравнений в частных производных [3].

Для решения поставленной обратной задачи (1)–(4) построен ее дискретный аналог с помощью метода конечных разностей

$$\begin{aligned} \varphi_{ij} \frac{P_{ij}^n - P_{ij}^{n-1}}{\Delta t} &= \frac{1}{\Delta x} \left[\sigma_{i+1/2, j} \frac{P_{i+1, j}^n - P_{ij}^n}{\Delta x} - \sigma_{i-1/2, j} \frac{P_{ij}^n - P_{i-1, j}^n}{\Delta x} \right] + \\ &+ \frac{1}{\Delta y} \left[\sigma_{ij+1/2} \frac{P_{ij+1}^n - P_{ij}^n}{\Delta y} - \sigma_{ij-1/2} \frac{P_{ij}^n - P_{ij-1}^n}{\Delta y} \right] + q^n \delta_{ij}, \\ i &= \overline{1, N-1}, \quad j = \overline{1, M-1}, \quad n = \overline{1, K}, \\ P_{ij}^0 &= \phi(x_i, y_j), \\ \frac{P_{1j}^n - P_{0j}^n}{\Delta x} &= 0, \quad \frac{P_{Nj}^n - P_{N-1j}^n}{\Delta x} = 0, \quad \frac{P_{i1}^n - P_{i0}^n}{\Delta y} = 0, \quad \frac{P_{iM}^n - P_{iM-1}^n}{\Delta y} = 0, \\ &\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \theta_{ij} P_{ij}^n \Delta x \Delta y = S r^j, \end{aligned}$$

Полученная разностная задача представляет собой систему линейных алгебраических уравнений, в которой в качестве неизвестных выступают приближенные значения искомых функций $p(x, y, t)$ и $q(t)$ в узлах разностной сетки, т. е. p_{ij}^n, q^n , $i = 0, 1, 2, \dots, N$, $j = 1, 2, 3, \dots, M$, $n = 0, 1, 2, \dots, K$. Для решения данной системы линейных алгебраических уравнений предлагается вычислительный алгоритм, основанный на использовании специального представления для разделения искомых переменных.

Литература

1. *Азиз Х., Сэттари Э.* Математическое моделирование пластовых систем. – М.: Недра, 1982.
2. *Басниев К.С., Дмитриев Н.М., Розенберг Г.Д.* Нефтегазовая гидромеханика. – М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005.
3. *Самарский А.А., Вабищевич П.Н.* Численные методы решения обратных задач математической физики. – М.: Изд-во ЛКИ, 2009.
4. *Gamzaev Kh.M.* The problem of identifying the trajectory of a mobile point source in the convective transport equation // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mathematical Modelling, Programming & Computer Software (Bulletin SUSU MMCS). – 2021. – Vol. 14, no. 2. – P. 78–84.

Н.Х. Гамзаева

*Азербайджанский Государственный Университет
Нефти и Промышленности,
г. Баку, Азербайджан*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА ПРОЦЕСС ОСАЖДЕНИЯ ЧАСТИЦЫ В ГРАВИТАЦИОННОМ СЕПАРАТОРЕ

Известно, что добываемая из недр земли нефть содержит разнообразные вещества не углеводородного характера, в том числе частицы песка, глины, известняка и других пород. В настоящее время в нефтяной промышленности для очистки нефти от твердых частиц чаще всего применяются гравитационные сепараторы. В гравитационных сепараторах разделение твердых частиц происходит за счет гравитации, то есть частицы с меньшим удельным весом поднимаются вверх, а тяжелые оседают на дне. Вопросы математического моделирования процессов отделения твердых частиц от нефти в гравитационных сепараторах без учета температурного режима исследованы во многих работах [1–3]. В данной работе численно исследуется влияния температурного режима на процесс осаждения частицы в гравитационном сепараторе.

Рассматривается процесс осаждения твердой шарообразной частицы радиусом R в покоящейся вязкой жидкости в гравитационном сепараторе. Предполагается, что на частицу действуют сила тяжести частицы $P = m_p g$, выталкивающая сила Архимеда $F_A = m_p g \frac{\rho_f}{\rho_p}$, сила присоединенной массы $F_D = m_f \frac{du(t)}{dt}$

и сила сопротивления жидкости $F_S = 4\pi R^2 \mu \frac{u(t)}{\delta} + 4\pi R^2 \rho_f l^2 \frac{u^2(t)}{\delta^2}$,

определяемой на основе полуэмпирической теории турбулентности Прандтля [4], где $u(t)$ – скорость движения частицы в направлении оси Oz (скорость осаждения частицы), t – время, g – ускорение свободного падения, m_p – масса частицы, m_f – масса присоединенной жидкости, равной половине массы жидкости в объеме частицы, δ – расстояние от поверхности частицы, на котором скорость жидкости равна нулю, l – длина пути перемешивания, $\mu = \mu(W)$ – вязкость жидкости, W – температура.

Согласно второму закону Ньютона математическая модель процесса осаждения твердой частицы в сепараторе представляется в виде

$$\frac{du(t)}{dt} = \frac{2g(\rho_p - \rho_f)}{2\rho_p + \rho_f} - \frac{6\mu}{(2\rho_p + \rho_f)R\delta}u(t) - \frac{6\rho_f l^2}{(2\rho_p + \rho_f)R\delta^2}u^2(t), \quad (1)$$

$$u(0) = 0. \quad (2)$$

Решение задачи (1), (2) определяется в явном виде

$$u(t) = \frac{\gamma(\lambda + \ell^{-kt})}{\lambda - \ell^{-kt}} - \frac{\mu\delta}{2\rho_f l^2}, \quad (3)$$

$$\text{где } \lambda = \frac{\mu\delta/2\rho_f l^2 + \gamma}{\mu\delta/2\rho_f l^2 - \gamma}, \quad \varphi = \frac{2g(\rho_p - \rho_f)}{2\rho_p + \rho_f} + \frac{3\mu^2}{2R\rho_f l^2(2\rho_p + \rho_f)},$$

$$\beta = \frac{6\rho_f l^2}{R(2\rho_p + \rho_f)\delta^2}, \quad \gamma = \sqrt{\frac{\varphi}{\beta}}, \quad k = 2\sqrt{\varphi\beta}.$$

Для того, чтобы найти время осаждения частицы, решение задачи (1), (2), представленное в форме (3), подставляется в уравнение

$$H = \int_0^T u(t)dt,$$

где H – высота зоны осаждения; T – время осаждения частицы. В результате получено следующее нелинейное уравнение относительно T

$$H = \gamma T + \frac{2\gamma}{k} \ln \left| \frac{\lambda - \ell^{-kT}}{\lambda - 1} \right| - \frac{\mu\delta}{2\rho_f l^2} T. \quad (4)$$

На основе уравнение (4) были проведены численные эксперименты при различных режимах и изучены влияния температурного режима на время осаждения частицы в сепараторе.

Литература

1. *Плановский А.Н., Николаев П.И.* Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987.
2. *Архипов В.А., Усанина А.С.* Движение частиц дисперсной фазы в несущей среде. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2014.
3. *Bürger R., Wendland W.L.* Sedimentation and suspension flows: Historical perspective and some recent developments // *Journal of Engineering Mathematics*. – 2001. – Vol. 41(2). – P. 101–116.
4. *Гасанов А.А., Гамзаева Н.Х.* Моделирование процесса осаждения твердой частицы из потока жидкости в горизонтальном гравитационном сепараторе // *Химическая технология*. – 2020. – № 5. – С. 230–23.

С.О. Гусейнзаде, З.И. Гасымова

*Азербайджанский Государственный Университет
Нефти и Промышленности,
г. Баку, Азербайджан*

ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ОДНОЙ ГРАНИЧНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ОДНОФАЗНОГО ТЕЧЕНИЯ В ПЛАСТЕ

Рассматривается процесс нестационарного течения однофазной жидкости в одномерном пласте с постоянной мощностью, горизонтально расположенный в круговой области $\bar{D} = \{r_w \leq r \leq R\}$. Математическая модель данного процесса представляется в виде [1; 2]

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \lambda(r) \frac{\partial P}{\partial r} \right), \quad r \in D, \quad t \in (0, T] \quad (1)$$

$$P(r, 0) = \varphi(r), \quad (2)$$

$$P(r_w, t) = P_w(t), \quad (3)$$

$$P(R, t) = v(t), \quad (4)$$

где $p = p(r, t)$ – давление в точке r в момент времени t ,

$\lambda(r) = \frac{k(r)}{\mu \beta^*}$, μ – вязкость нефти, $k(r)$ – абсолютная проницаемость пласта, β^* – коэффициент упругоэластичности пласта.

Так как процессы, происходящие на контуре пласта не доступны для непосредственного измерения, давление на контуре пласта $v(t)$ считается неизвестной и подлежит определению наряду с функцией $P(r, t)$. Однако для корректной постановки задачи взамен граничного условия на контуре пласта необходимо ставить дополнительное условие на эксплуатационной скважине.

Предположим, что на эксплуатационной скважине кроме давления также известна скорость течения жидкости. Тогда до-

полнительное условие для уравнения (1) можно представить в виде

$$\frac{k}{\mu} \frac{\partial P(r_w, t)}{\partial r} = q(t). \quad (5)$$

Таким образом, задача заключается в определении функций $P(r, t)$ и $v(t)$ при выполнении условий (1)–(5). Данная задача относится к классу граничных обратных задач [3]. При нахождении решения данной задачи используется метод нелокального возмущения граничных условий [3]. Согласно данному методу граничное условие (3) заменяется на нелокальное :

$$P(r_w, t) + \alpha P(R, t) = P_w(t) \quad (6)$$

Для численного решения задачи (1)–(6) строится ее дискретный аналог с помощью метода конечных разностей

$$\frac{P_i^j - P_i^{j-1}}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta x} \left(\lambda_{i+1/2} \frac{P_{i+1}^j - P_i^j}{\Delta x} - \lambda_{i-1/2} \frac{P_i^j - P_{i-1}^j}{\Delta x} \right), \quad (7)$$

$$i = \overline{1, n-1}; j = \overline{1, m},$$

$$P_i^0 = \varphi(x_i), i = \overline{0, n}, \quad (8)$$

$$P_0^j + \alpha P_n^j = P_w^j, j = \overline{0, m}, \quad (9)$$

$$P_n^j = v^j, j = \overline{0, m}, \quad (10)$$

$$\frac{k}{\mu} \frac{P_1^j - P_0^j}{\Delta x} = q^j, j = \overline{0, m}, \quad (11)$$

Для решения полученной системы разностных уравнений (7)–(11) предлагается специальное представление при каждом фиксированном значении j в виде: $P_i^j = s_i^j + v^j z_i^j$, где s_i^j и z_i^j – неизвестные переменные. В результате решение задачи (7)–(11) при каждом фиксированном значении j сводится к решению двух прямых разностных задач относительно переменных s_i^j и z_i^j . При этом получена явная формула для вычисления приближенного значения функции $v(t)$ при каждом фиксированном значении $t = t_j$.

Литература

1. *Каневская Р.Д.* Математическое моделирование гидродинамических процессов разработки месторождений углеводородов. – М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002. – 148 с.
2. *Басниев К.С., Дмитриев Н.М., Розенберг Г.Д.* Нефтегазовая гидромеханика. – М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2005.
3. *Самарский А.А., Вабищевич П.Н.* Численные методы решения обратных задач математической физики. – М.: Изд-во ЛКИ, 2009.

O. Kosheleva, V. Kreinovich

*University of Texas at El Paso,
El Paso, Texas, USA*

SAME ARGUMENTS THAT PROVE EXISTENCE OF SINGULARITY PROVE EXISTENCE OF ACAUSALITY

Singularity. Most physicists believe that the physical space-time has a singularity. This belief is based on the fact that in General Relativity Theory – which has so far been supported by all the experiments and observations – almost all models have singularity; see, e.g., [1,2]. To be more precise, there are some models that do not have singularity – e.g., the flat Minkowski space-time with no matter in it – but such models are nowhere dense in the following sense:

- for each model with singularity, there exists a neighborhood (in a natural topology) in which all models have singularity, and
- In each neighborhood of each model without singularity, there is a model with singularity.

From this, the physicists conclude that models without singularity, while mathematically possible, are not physically possible – just like while it is mathematically possible that the Brownian molecules of all the molecules in a person's body will become vertical and the person will float in the air, no physicist would believe that this is physically possible.

Acausality. What we show in this talk is that similar arguments show that almost all models are acausal – i.e., have closed time-like curves – and thus, that it is reasonable to conclude that the actual physical space-time contains such a curve.

What is the natural topology: reminder. To explain our point, let us recall what is the natural topology on the set of all space-time models. In General Relativity Theory, each space-time model is char-

acterized by the metric, i.e., by the continuous field $g_{ij}(x)$ on a manifold M . A natural description of a neighborhood of this model is when we select an open subset S in M – whose closure is compact – and a positive real number $d > 0$. This neighborhood contains all the space-time models in which there is an area S' diffeomorphic to S , in which all the components of the metric field different from the S 's values by no more than d .

How to prove the main result. Let us first show that all the models in some neighborhood of an acausal model are also acausal. Indeed, acausal means that there is a closed time-like curve, i.e., a curve $x(s)$, where s is proper time along this curve, for which the expression $g_{ij}(x)e_i(s)e_j(s)$ is positive for all s , where $e_i(s)$ denotes dx_i/ds . Since the metric field is continuous, this means that the minimum of the above expression over all s is positive. Thus, for a sufficiently small d , if another metric h_{ij} is d -close to g_{ij} , then the value $h_{ij}(x)e_i(s)e_j(s)$ will also be positive. In other words, the exact same curve will be closed in the new metric as well.

Suppose now that we have a causal model M , i.e., a model without any closed time-like curves, and let the pair (S,d) describe a neighborhood of this model. Let us show that this neighborhood contains an acausal model. Indeed, since the model is causal it cannot be compact – since in a compact space-time every time-like curve cannot go on infinitely, so it must loop on itself. Thus, there are points in M which are outside the compact closure C of the set S . We can thus artificially add a small time-like curve at one of these points – and thus, get an acausal space-time in the given neighborhood of the original model M .

Conclusion. The above result shows that we need to be honest, and select one of the following two options:

- The first option is to conclude that the actual space-time is acausal – just like we conclude that the actual space-time has a singularity.
- The second option is to still believe – as most physicists do – that the actual space-time is causal, but then explicitly understand that this needs to be presented as an additional postulate. We cannot simply

dismiss acausal space-time models as unusual cases, since, as we have shown, almost all space-time models are acausal, and it is causal models which are unusual cases.

References

1. *Misner C.W., Thorne K.S., Wheeler J.A.* Gravitation. – Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2017.
2. *Thorne K.S., Blandford R.D.* Modern classical physics: optics, fluids, plasmas, elasticity, relativity, and statistical physics. – Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2017.

Shuai Yixuan, А.Г. Масловская

*Амурский государственный университет,
г. Благовещенск, Россия*

РЕАКЦИОННО-ДИФфуЗИОННАЯ МОДЕЛЬ КОММУНИКАЦИИ БАКТЕРИЙ С УЧЕТОМ ВАРИАЦИИ ЗАКОНА ПОПУЛЯЦИОННОГО РОСТА: РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПЛАТФОРМЕ COMSOL MULTIPHYSICS

Развитие математических моделей реакционно-диффузионных процессов в сложных динамических системах, представляет актуальный научный интерес. Подобные модели описываются уравнениями с частными производными и могут быть эффективно реализованы с помощью систем конечно-элементного моделирования. В числе важнейших прикладных задач можно выделить класс моделей взаимодействия биологических сообществ, в частности, колоний бактерий. В концепции реакционно-диффузионного подхода рассматривается серия моделей, описывающих процесс коммуникации сообщества бактерий [1–3]. Модификации базовой модели включают вариации законов популяционного роста [2], наличие отрицательной обратной связи при активации специальных деградирующих ферментов [1], присутствие эффекта запаздывания, эффекты памяти [3] и др. Настоящее исследование ориентировано на развитие модели коммуникации бактерий рода *Pseudomonas* на основе введения закона многофазной популяционной динамики и реализацию этой модели в среде COMSOL Multiphysics для проведения вычислительных экспериментов.

Модель процесса коммуникации бактерий описывает динамику изменения концентрации АНЛ $u(x,t)$ и фермента лактоназы $L(x,t)$ с учетом процессов их диффузии, генерации и деградации [2]:

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} = D_{AHL} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \gamma_{AHL} u - \gamma_{L \rightarrow AHL} L u + F_1, \\ \frac{\partial L}{\partial t} = D_L \frac{\partial^2 L}{\partial x^2} - \gamma_L L + F_2, \end{cases} \quad 0 \leq x \leq l, \quad 0 \leq t \leq \bar{t}, \quad (1)$$

$$\begin{aligned} u(0, t) &= 0, \quad u(l, t) = 0, \\ L(0, t) &= 0, \quad L(l, t) = 0, \\ u(x, 0) &= 0, \quad L(x, 0) = 0, \end{aligned} \quad (2)$$

где l – линейный размер области; \bar{t} – время наблюдения процесса; D_{AHL} , D_L , γ_{AHL} , γ_L , $\gamma_{L \rightarrow AHL}$, β_{AHL} , β_L , u_{th} – параметры модели [1–2]; $F_s(x, u, t)$ – слагаемые, отвечающие за определение численности сообщества бактерий и позицию колоний в области решения:

$$F_s(x, t, u) = (C(t)/C_{\max}) \sum_{k=1}^K f_s(u) \exp\left(-\left(x - x_c^k\right)^2 / \sigma\right),$$

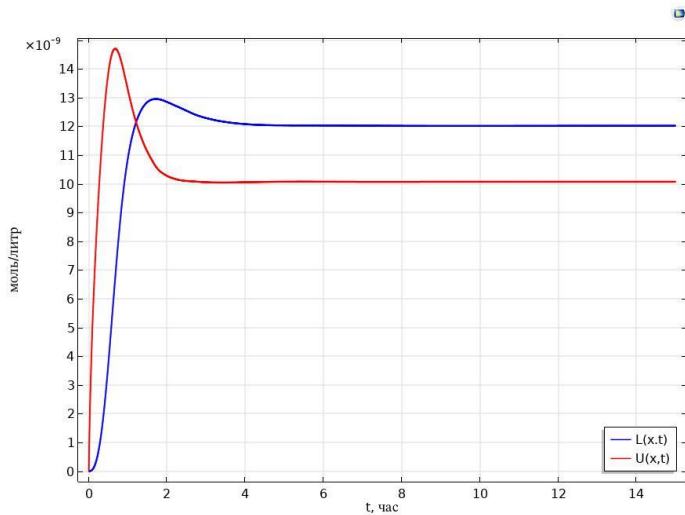
$$f_1(u) = \alpha_{AHL} + \beta_{AHL} u^n / (u_{th}^n + u^n),$$

$$f_2(u) = \beta_L u^n / ((u_{th} + \varepsilon)^n + u^n),$$

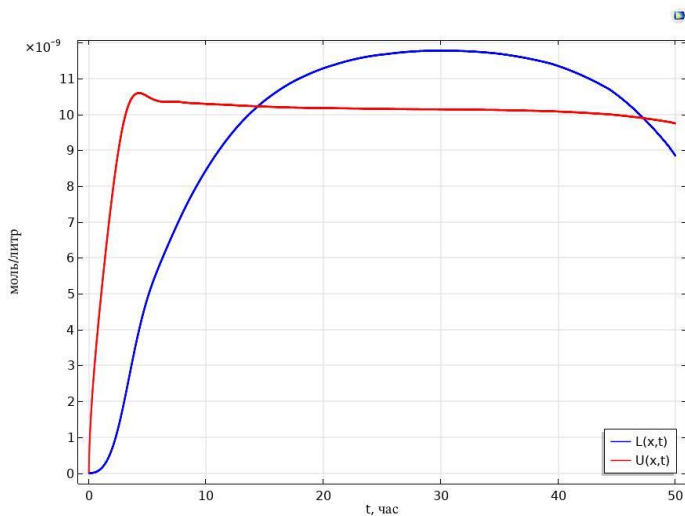
$$C(t) = K \left[1 + \left(\frac{K}{C_0} - 1 \right) \exp(-\mu(1-d \cdot t)t) \right]^{-1},$$

K задает равновесную концентрацию биомассы; C_0 – начальное значение концентрации бактерий; константы μ и d определяют темп динамики изменения численности популяции; нормировочная константа C_{\max} вводится в модель для синхронизации размерностей.

В качестве среды реализации конечно-элементного моделирования выбран пакет прикладных программ COMSOL Multiphysics. На рис. 1 представлены результаты вычислительных экспериментов по оценке динамических характеристик концентрации AHL $u(x, t)$ и фермента лактоназы $L(x, t)$ (профили по времени, вычисленные в центральной позиции области $x = 50$ мкм) для бактериального вида *P. putida*.



а



б

Рис. 1. Динамические профили изменения концентраций АНЛ и фермента лактоказы: реализация базовой модели (а) и модели с учетом естественной деградации (б)

Можно заключить, что введение фазы деградации в модель популяционной динамики адекватно описывает уменьшение концентраций – уровень межклеточной коммуникации после затухания переходных процессов снижается естественным образом. Средства COMSOL предоставляют эффективный инструмент реализации модели коммуникации бактериального сообщества и проведения вычислительных экспериментов.

Литература

1. *Kuttler C., Maslovskaya A.* Computer simulation of communication in bacterial populations under external impact of signal-degrading enzymes // Proc. of the CEUR “Workshop Proceedings”. – 2020. – Vol. 2783. – P. 163–179.
2. *Шуай И., Хмельёв А.П., Масловская А.Г.* Реакционно-диффузионная модель коммуникации бактерий с учетом вариации закона популяционного роста // Вестник АмГУ. Серия «Естественные и экономические науки». – 2021. – Вып. 93. – С. 14–23.
3. *Kuttler C., Maslovskaya A.* Hybrid stochastic fractional-based approach to modeling bacterial quorum sensing // Applied Mathematical Modelling. – 2021. – Vol. 93. – P. 360–375.

А.П. Хмелёв, А.Г. Масловская

*Амурский государственный университет,
г. Благовещенск, Россия*

МОДЕЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ СООБЩЕСТВА БАКТЕРИЙ В УСЛОВИЯХ МНОГОКРАТНОГО ИНГИБИРОВАНИЯ

В настоящее время в математической биологии и *in silico* исследованиях моделирование динамики численности бактериальных сообществ представляет особый научный интерес в связи с развитием свойств резистентности патогенных бактерий по отношению к антибактериальным препаратам [1–3]. Применение математического и компьютерного моделирования позволяет прогнозировать состояние микробиологической системы при воздействии внешних факторов. Одной из важнейших подзадач в этой области является определение режима применения ингибиторов (антибиотиков или натуральных ферментов), действующих оптимально с точки зрения производимых эффектов. Целью настоящего исследования является математическое моделирование динамики численности бактериального сообщества в условиях ингибирования. В качестве объекта моделирования рассматривается динамика популяции *Pseudomonas aeruginosa* – грамотрицательной анаэробной палочковидной бактерии, которая отличается резистентностью ко многим антибиотикам и относится к бактериям – суперинфекторам, вызывающим тяжелые осложнения у пациентов с диагностированным COVID-19.

Одним из простейших законов, наиболее адекватно описывающих динамику популяций микроорганизмов, является логистическая модель [4], которая формализуется в виде задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения. В авторской работе [3] на основе аппроксимации данных эксперимента [5] для *P. aeruginosa* установлено, что логистическая модель достаточно точно описывает динамику роста этого вида бактерий. Статистиче-

ская обработка экспериментальных данных позволила также установить управляющие параметры дифференциальной модели. Рассмотрим модификацию этой модели, учитывающую многократное введение субстанции (антибиотика или фермента), оказывающей ингибирующее воздействие на популяцию микроорганизмов:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{N_{max}} \right) - \sum_{t_i \in T} v \cdot N \cdot H(t - t_i) \cdot A(t - t_i), \quad N(t_0) = N_0, \quad (1)$$

где $N(t)$ – численность популяции в момент времени t ; N_0 – численность популяции в начальный момент времени; N_{max} – максимально возможная численность популяции; r – величина, отвечающая за скорость размножения популяции, v – скорость ингибирования бактерий, T – моменты времени введения ингибитора, $A(t) = 1.65t \exp(-t^2/32)$ – зависимость концентрации ингибитора от времени.

Задача в постановке (1) была решена численно на основе метода Рунге-Кутты IV порядка. Реализация проведена в ППП Matlab. На рис. 1 представлены результаты вычислительных экспериментов как изменение численности популяции бактерий вида *P. aeruginosa* в зависимости от скорости действия и времени введения ингибитора.

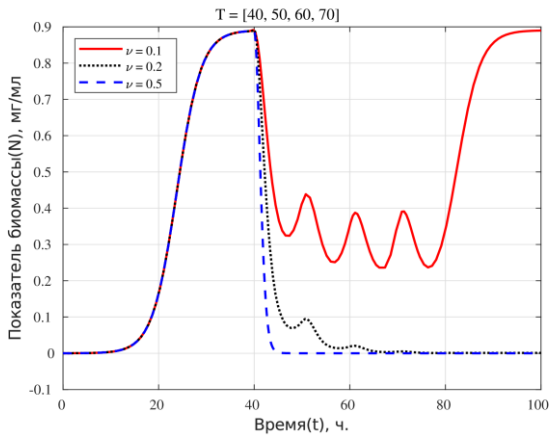


Рис. 1. Динамика изменения численности популяции бактерий *P. aeruginosa* при изменении скорости действия и времени введения ингибитора

Механизмы ингибирующего действия в модели (1) позволяют адекватно воспроизводить экспериментально наблюдаемые закономерности: неоднократное применение быстродействующих антибиотиков приводят к деградации бактериальной популяции. Данный результат может быть учтен в более сложных моделях [1–3], описывающих «чувство кворума» патогенных бактериальных видов.

Литература

1. *Perez-Velazquez J., Gölgeli M., Garcia-Contreras R.* Mathematical modelling of bacterial quorum sensing: a review // *Bull. Math. Biol.* – 2016. Vol. 76. – P. 1585–1639.
2. *Kuttler C., Maslovskaya A.* Computer simulation of communication in bacterial populations under external impact of signal-degrading enzymes // *Proc. of the CEUR “Workshop Proceedings”*. – 2020. – Vol. 2783. – P. 163–179.
3. *Шуай И., Хмельёв А.П., Масловская А.Г.* Реакционно-диффузионная модель коммуникации бактерий с учетом вариации закона популяционного роста // *Вестник АмГУ. Серия «Естественные и экономические науки»*. – 2021. – Вып. 93. – С. 14–23.3.
4. *Eridani W., Purwati U.D.* A new modified logistic growth model for empirical use // *Communication in Biomathematical Sciences*. – 2018. – Vol. 1, iss. 2. – P. 122–131.
5. *Ditmarsch D., Xavier J.B.* High-resolution time series of *Pseudomonas aeruginosa* gene expression and rhamnolipid secretion through growth curve synchronization // *BMC Microbiology*. – 2011. – Vol. 11. – Article number 140 (10).

Л.И. Мороз*Амурский государственный университет,
г. Благовещенск, Россия***ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ
СУПЕРДИФФУЗИОННОЙ ПРИРОДЫ***

В настоящее время дифференциальные уравнения дробного порядка успешно применяют для моделирования сложных физических систем, для которых описание пространственного и временного изменения концентрации вещества, либо сопровождающих процессов переноса не может быть адекватно построено на основе классического подхода [1]. Подобные процессы характеризуются значительными градиентными изменениями анализируемых величин или очень длительным временем ожидания эффектов последствия. Детерминированную модель диффузионного процесса преобразуют к модели аномальной диффузии на основе замены целых производных дробно-дифференциальными аналогами [1–2]. Осуществить поиск точного решения не всегда представляется возможным, поэтому отыскание приближенного решения с помощью численных методов становится актуальной задачей. Работа направлена на построение и реализацию вычислительной схемы для моделирования супердиффузионного процесса на основе решения уравнения с дробной производной по времени в определении Капуто. Математическую постановку задачи представим в следующем обобщенном виде:

$$\frac{\partial^\alpha u(x,t)}{\partial t^\alpha} = a^2 \frac{\partial^2 u(x,t)}{\partial x^2} + f(x,t), \quad 0 < x < L, \quad 0 < t \leq T, \quad (1)$$

с начальными условиями

$$u(x,0) = \psi(x), \quad \partial u(x,0)/\partial t = g(x), \quad 0 \leq x \leq L; \quad (2)$$

и граничными условиями

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-31-90075).

$$u(0,t) = \varphi_1(t), u(L,t) = \varphi_2(t), 0 \leq t \leq T, \quad (3)$$

где $1 < \alpha < 2$ – порядок дробной производной Капуто по времени.

Для решения задачи (1)–(3) введем в рассмотрение неявную вычислительную схему. С этой целью воспользуемся конечно-разностной аппроксимацией дробной производной по времени в определении Капуто [3] и конечно-разностной схемой для второй производной на пространственно-временной сетке $\Omega_h^\tau = \{x_i = (i-1)h, i = \overline{1, N}, t^j = (j-1)\tau, j = \overline{1, K}\}$:

$$\begin{aligned} & \frac{\tau^{-\alpha}}{\Gamma(3-\alpha)} \sum_{k=1}^j \left[b_k \left(u_i^{j-k} - 2u_i^{j-k+1} + u_i^{j-k+2} \right) \right] = \\ & = \frac{a^2}{2h^2} \left(u_{i-1}^{j+1} - 2u_{i-1}^{j+1} + u_{i-1}^{j+1} + u_{i-1}^{j-1} - 2u_{i-1}^{j-1} + u_{i-1}^{j-1} \right) + f(x_i, t^j), \quad (4) \end{aligned}$$

где $b_k = k^{2-\alpha} - (k-1)^{2-\alpha}$, $k = \overline{1, j}$.

Результат реализации алгоритма продемонстрируем на тест-задаче при $\alpha = 1.7$, $a = 1$, $x \in [0, 1]$, $t \in [0, 1]$, $\varphi_1(t) = \varphi_2(t) = 0$, $\psi(x) = g(x) = 0$. На рис. 1а представлено сравнение численного результата с аналитическим решением задачи $u(x,t) = t^2 x^2 (1-x)$. Относительная погрешность δ решения при варьировании числа разбиений сетки приведена на рис. 1б.

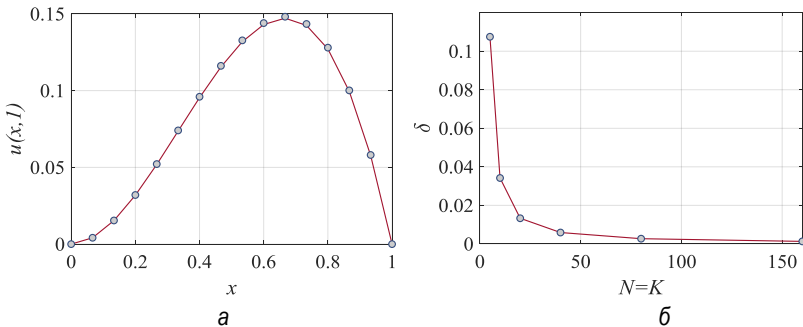


Рис. 1. Визуализация аналитического – 1
и численного решений тест-задачи – 2 (а);
относительная погрешность численного решения (б)

Отметим, что в полученной схеме при фиксированном значении шага по координате относительная погрешность значительно зависит от шага по времени. Если зафиксировать шаг по времени $\tau = 0.0001$, то уже при $h = 0.2$ относительная погрешность δ приобретает значение порядка 10^{-4} и в дальнейшем уменьшается незначительно. Вычислительная схема (4) может быть успешно применена в сочетании с итерационной процедурой для решения задачи моделирования поляризационных процессов в нелинейных диэлектрических материалах [4].

Литература

1. Самко С.Г., Килбас А.А., Маричев О.И. Интегралы и производные дробного порядка и некоторые их приложения. – Минск: Наука и техника, 1987.
2. Мороз Л.И., Масловская А.Г. Численное моделирование процесса аномальной диффузии на основе схемы повышенного порядка точности // Математическое моделирование. – 2020. – Т. 32, № 10. – С. 62–76.
3. Murillo J.Q., Yuste S.B. An explicit difference method for solving fractional diffusion and diffusion-wave equations in the Caputo form // ASME. J. Comput. Nonlinear Dynam. – 2011. – Vol. 6(2). – P. 021014.
4. Moroz L.I., Maslovskaya A.G. Fractional differential model of domain boundary kinetics in ferroelectrics: a computational approach // AIP Conference Proceedings. – 2021. – Vol. 2328. – P. 020001 (5).

Е.М. Веселова*Амурский государственный университет,
г. Благовещенск, Россия***МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИСТЕРЕЗИСА В ТОНКИХ
СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКИХ ПЛЕНКАХ:
РЕАЛИЗАЦИЯ В COMSOL MULTIPHYSICS**

В течение нескольких последних десятилетий сегнетоэлектрики находятся под пристальным вниманием многих исследователей. Основопологающим свойством, которое обуславливает широкое применение этих материалов, является переключение поляризации, индуцированное внешним воздействием. Математически пространственно-временное распределение поляризации может быть описано на основе термодинамической модели Ландау – Гинзбурга – Девошира – Халатникова [1–2] в постановке начально-граничной задачи для уравнения с частными производными. Для реализации данного класса задач может быть успешно применен современный арсенал средств конечно-элементного моделирования – например, пакет COMSOL Multiphysics. В связи с чем, настоящая работа посвящена реализации математической модели сегнетоэлектрического гистерезиса на примере тонких пленок с использованием возможностей среды COMSOL Multiphysics.

Математическая постановка задачи для определения распределения поляризации $P(x, t)$ в одноосном сегнетоэлектрике с фазовым переходом I рода в рамках концепции Ландау – Халатникова формализуется с помощью начально-краевой задачи для дифференциального уравнения в частных производных:

$$\frac{1}{\xi} \frac{\partial P}{\partial t} = \delta \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \alpha P + \beta P^3 - \gamma P^5 + E \sin(\omega t), \quad x \in (0, L), \quad t \in (0, \theta) \quad (1)$$

$$P|_{t=0} = 0, \quad x \in [0, L], \quad \left. \frac{\partial P}{\partial x} \right|_{x=0} = \frac{P}{\lambda}, \quad \left. \frac{\partial P}{\partial x} \right|_{x=L} = -\frac{P}{\lambda}, \quad t \in [0, \theta], \quad (2)$$

где ξ , δ – феноменологические параметры; α , β , γ – положительные термодинамические константы; E – амплитуда напряженности периодического электрического поля; $\omega = 2\pi f$ – радиальная частота приложенного поля, f – частота колебаний поля; L – линейный размер образца; θ – время наблюдения; λ – длина экстраполяции.

Для реализации математической модели в условиях нестационарного режима в постановке (1)–(2) использованы инструментальные возможности универсальной программной платформы COMSOL Multiphysics v5.5, реализованной на основе метода конечных элементов. Процесс моделирования включает следующие этапы: определение модели (размерность пространства для компонент модели, вид уравнения, режим исследования), определение геометрии модели, инициализация материалов, задание граничных условий на областях и определение функции источника, разбиение модели на простейшие элементы, решение задачи, вывод результатов.

Проведена серия вычислительных экспериментов по исследованию переключения поляризации в тонких сегнетоэлектрических пленках на примере титаната бария (BaTiO_3). Для расчетов инициализированы следующие константы и параметры: $\xi = 2 \cdot 10^{-4}$ Ф/(м·с), $\delta = 5 \cdot 10^{-7}$ м³/Ф, $\alpha = 6.68 \cdot (T - 381) \cdot 10^5$ м/Ф, $\beta = 4(3.6 \cdot (T - 448) - 202) \cdot 10^6$ м⁵/(Кл²·Ф), $\gamma = 6(5.52 \cdot (T - 120) + 276) \cdot 10^7$ м⁹/(Кл⁴·Ф), $T = 293$ К, $\lambda = 88 \cdot 10^{-9}$ м, $E = 3 \cdot 10^6 - 6 \cdot 10^6$ В/м, $f = 100$ Гц, $\theta = 0.015$ с. Для построения петли гистерезиса поляризация рассчитывалась как ее среднее значение по толщине пленки L . Результаты моделирования зависимости поляризации от приложенного поля при варьировании толщины пленки приведены на рис. 1.

Результаты указывают на существенную зависимость формы петли гистерезиса от толщины пленки L . В пленках BaTiO_3 толщиной менее 50 нм можно диагностировать размерные эффекты явления гистерезиса – уменьшение толщины пленки приводит к деформации петли гистерезиса с последующим ее исчезновением. Критическое значение толщины пленки составляет 3–4 нм. Таким образом, среда COMSOL Multiphysics

предоставляет эффективные инструменты конечно-элементной реализации модели сегнетоэлектрического гистерезиса и позволяет численно оценить характеристики состояния физической системы в предельных режимах.

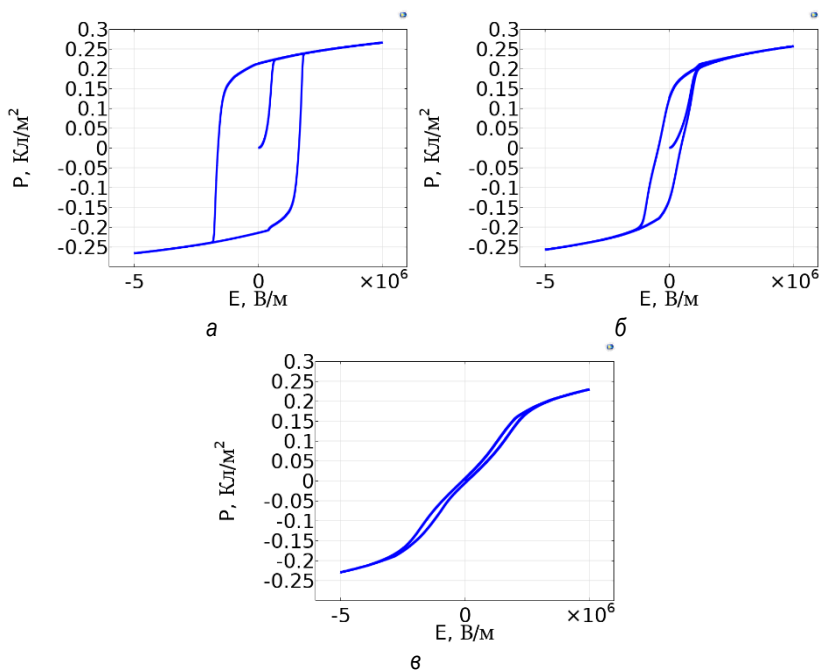


Рис. 1. Зависимость поляризации от электрического поля при варьировании значений толщины пленки:
 $L = 50$ нм (а); $L = 10$ нм (б); $L = 5$ нм (в)

Литература

1. Song T., Kim J., Kim M., Lim W., Kim Y., Lee J. Landau – Khalatnikov simulations for the effects of external stress on the ferroelectric properties of $\text{Pb}(\text{Zr},\text{Ti})\text{O}_3$ thin films // Thin Solid Films. – 2003. – Vol. 424. – P. 84– 87.
2. Maslovskaya A.G., Moroz L.I., Chebotarev A.Yu., Kovtanyuk A.E. Theoretical and numerical analysis of the Landau – Khalatnikov model of ferroelectric hysteresis // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. – 2021. – Vol. 93. – P. 105524 (13).

Е.В. Семочкина

*Московский институт электроники
и математики им. А.Н. Тихонова,
г. Москва, Россия*

АНАЛИЗ ПРОДАЖ РЕКЛАМНЫХ УСЛУГ, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫХ МЕТОДОМ «ХОЛОДНЫХ ЗВОНКОВ», В УНИВЕРСАЛЬНОЙ СРЕДЕ «GPSS WORLD»

Холодные звонки – инструмент продаж при прямых звонках потенциальному клиенту, когда он не ждёт звонка и первоначально не желает ничего покупать или заказывать (холодная реакция потенциального клиента). Ниже на рисунке 1 приводится схема движения транзакта в модели работы менеджера на «холодных звонках».

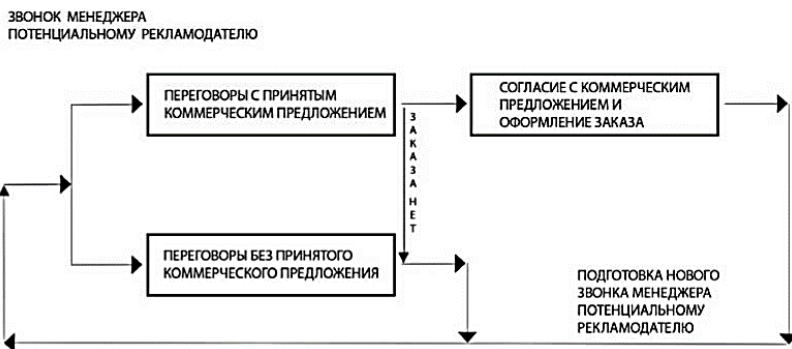


Рис. 1. Движение транзакта в модели работы менеджера на «холодных звонках»

Менеджер звонит по телефону, тратит время только на разговор и оформление заказов (все справочные материалы и бланки заказов лежат у него на столе). Между рабочими операциями перерыв – 1,5 мин. ± 1 мин.

Описание переговоров-отказов: разговор длится 3 ± 1 минут, и трубка телефона кладется на место.

Описание переговоров-ознакомлений с торговым предложением: дается разъяснение возможностей и целесообразности заказа; трубка телефона кладется на место; по электронной почте отправляется торговое предложение. (Оно готовится заранее из прайс-листа, утвержденного руководством.) Время, затрачиваемое на клиента 10 ± 1 минут.

Описание переговоров-продаж товара и услуги: обсуждение и описание деталей оформляемого заказа; трубка телефона кладется на место; клиенту направляются описание заказа и требования к изготовлению макета; оформляется счет и высылается по электронной почте. Время, затрачиваемое на клиента за 10 ± 1 минут и вдобавок 10 минут ± 5 минут. Пояснение – на рис. 1. Сначала обрисовывается возможность заказа, а затем уже происходит детализация и описание заказа.

Статистика переговоров менеджера: вероятность отказных звонков 0,8, звонков с принятием торгового предложения – 0,2. Вероятность получения заказов 0,3, а отказов от предложения 0,7. Менеджер делает 50 звонков.

Время перерывов отбрасывается. В среде моделирования «GPSS World» создается программа с линейным законом распределения звонков.

Программный код модели можно посмотреть в статье [1].

Ниже помещено начало листинга модели с результирующим временем работы.

GPSS World Simulation Report – Manager call.1.1

Tuesday, January 26, 2021 14:41:50

START TIME	END TIME	BLOCKS	FACILITIES	STORAGES
0.000	407.666	19	0	1

По модели время, затрачиваемое на 50 звонков, длится 6 часов и 48 минут (408 минут). Добавим время обеденного перерыва 45 ± 5 минут, утреннего приведения себя в порядок при приходе на работу 5 ± 1 минут, вечернего приведения себя в порядок

при уходе с работы 5 ± 1 минут, время технических перерывов 8 ± 2 минут. Получается рабочий день.

Программный код [1] дает результаты в соответствии хронометрическими и статистическими параметрами работы. По этим итогам принимаются меры: если отношение успешных переговоров к общему числу низкое, то либо проводят тренинги по технике продаж, либо изменяют торговое предложение.

Выводы. Созданная в универсальной среде «GPSS World» модель помогает управлять рабочим процессом менеджеров по продаже рекламных услуг, осуществляющих «холодные звонки».

Литература

1. Семочкина Е.В. «Управление рабочим процессом менеджеров по продаже рекламных услуг, осуществляющих «холодные звонки», с использованием моделирования в универсальной среде «GPSS WORLD» // Современные тенденции управления и экономики в России и мире: цивилизационный аспект: материалы II всероссийской научно-практической конференции с международным участием (15 февраля 2021 г.): в 2 ч. Ч. 1. – М.: Издательский дом ИМЦ, 2021. – С. 339–348. – URL: http://imc-i.ru/userfiles/ufiles/modern_trends_in_management_and_economics_ii_1_3_2021-04-28.pdf (дата обращения: 04.10.2021).

Е.В. Семочкина

*Московский институт электроники
и математики им. А.Н. Тихонова,
г. Москва, Россия*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИЗДАТЕЛЬСКОЙ РЕКЛАМНОЙ КОМПАНИИ ПО МЕТОДОЛОГИИ ARIS

В методологии ARIS деятельность организации отражают в виде понятных графических моделей, удовлетворяющих мировым требованиям качества. Полный список модулей инструментальной среды «ARIS» – в источнике [2].

В работе [3] описывается структура издательской рекламной компании, выпускающей газету, (рис. 1) и ее подразделений. Далее публикуются «Структура целей рекламной компании», диаграммы «Процессы, влияющие на добавленную стоимость выпуска рекламной газеты» (рис. 2) и «Основные процессы выпуска рекламной газеты», а также eEPC-диаграммы, выполненные с помощью инструментальной среды «ARIS EXPRESS».

По данным Аналитической службы «Реального времени» [1], в 2018 г. на каждую открытую российскую компанию приходилось почти 1,8 закрытых. Планирование структуры и деятельности компании по целям, операциям и функциям поможет избежать существенных ошибок. Инструментальная среда «ARIS EXPRESS» поможет в этом: она удобна в применении, обеспечивает высокое качество диаграмм и бесплатно скачивается с сайта производителя.

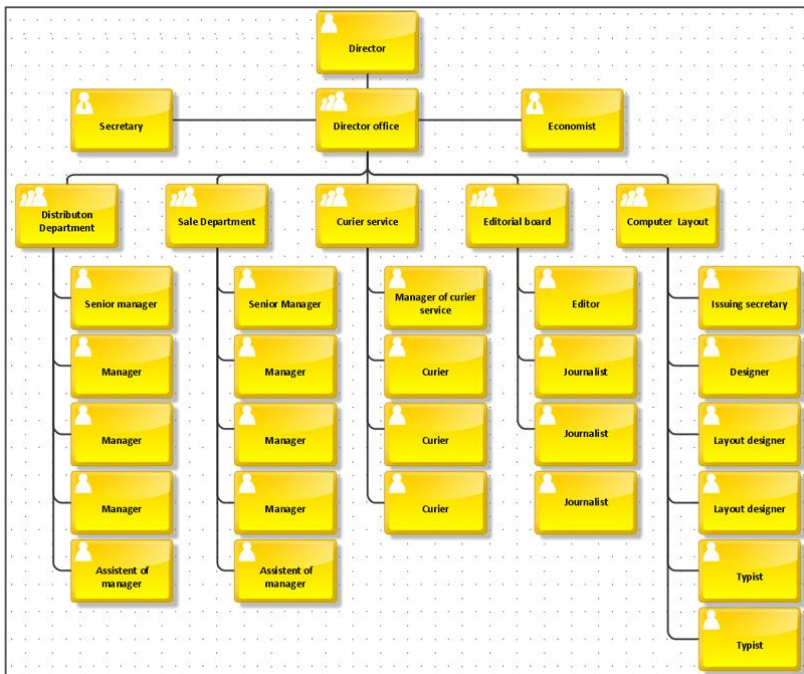


Рис. 1. Организационная структура рекламной организации

Обозначения, принятые на рис. 1 в соответствии с методикой ARIS [2].



– Подразделение: Служба, Отдел, Бюро организации/предприятия, Должность в составе подразделения



– Сотрудник предприятия



– Бизнес-роль

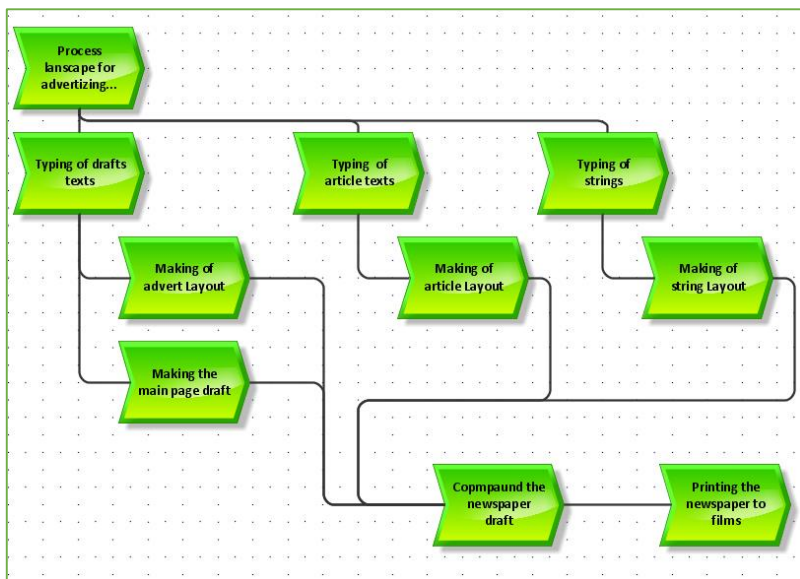


Рис. 2. Диаграммы процессов, влияющих на добавленную стоимость выпуска рекламной газеты

Литература

1. Прикрыть лавочку: ООО и АО в России чаще закрываются, чем открываются // Реальное время: интернет-газета. – 2015–2021 г. – URL: <https://realnoevremya.ru/articles/129653-statistika-otkrytiy-i-zakrytiy-biznesa-v-regionah-rossii> (дата обращения 26.03.2021).
2. Практикум по проектированию в инструментальной среде ARIS 7.0 / Рос. экон. акад. им. Г.В. Плеханова. Каф. информ. систем в экономике и менеджменте, М.В. Бадрина, Р.Р. Вейнберг; сост. В.П. Романов. – М.: Изд-во РЭА им. Г. В. Плеханова, 2009. – 23 с.: ил. – 1,5 : 6.88.
3. Семочкина Е.В. Анализ издательского рекламного бизнеса по методологии ARIS // Вычислительные сети. Теория и практика: электронный журнал». – 2021. – № 1 (37). – URL: <http://network-journal.mpei.ac.ru/cgi-bin/main.pl?l=ru&n=37&pa=10&ar=2> (дата обращения 15.10.2021).

Д.Н. Бухаров, А.О. Кучерик, С.М. Аракелян

Владимирский государственный университет

им. А. Г. и Н. Г. Столетовых,

г. Владимир, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОВОДИМОСТИ СИСТЕМЫ МИКРОТРУБОК ДИОКСИДА ТИТАНА

Сегодня наноструктурированные материалы диоксида титана (TiO_2) представляют научный интерес в связи с наличием у них уникальных эксплуатационных и физических свойств [1–2]. Например, они проявляют металлическую или полупроводниковую электропроводимость в зависимости от степени окисления, а также обладают большой концентрацией поверхностных дефектов и высоким показателем преломления, что делает их перспективными для различных приложений нанoeлектроники и нанофотоники.

Система микротрубок TiO_2 была сформирована путем сворачивания тонких пленок диоксида титана, во внешнем неоднородном магнитном поле, осаждаемых на стеклянную подложку в процессе лазерной абляции титановой мишени в воздушной среде [3]. Полученные образцы (рис. 1) были исследованы с помощью атомно-силового микроскопа Ntegra Spectra, совмещенного с приставкой для рамановского анализа.

Для описания структуры и свойств полученных образцов была предложена модель системы случайно расположенных в расчетной области микротрубок. Они моделировались как система прямых линий со случайными длинами, полученными на основе равномерного распределения (рис. 2). Для сгенерированной системы оценивалось наличие перколяции между двумя границами расчетной области. Указанная оценка осуществлялась путем определения пересекающихся друг с другом линий. На рисунке 2 приведена смоделированная система из 100 микротрубок с длинами от 5 до 100 мкм. В ней реализована перколяция между

границами расчетной области. На рис. 2 возможные траектории протекания отмечены ломаными линиями (1)–(4). Предложенная модель позволяет оценить длины траекторий протекания и их сопротивлений. В связи с этим такая модель может быть полезна для оценки электропроводимости и вольт-амперных характеристик систем микротрубок как диоксида титана, так и структур других материалов, например, полупроводниковых нанопленок и нанокластеров благородных металлов.

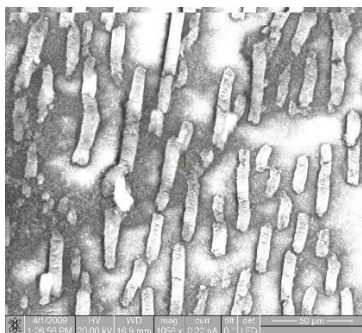


Рис. 1. Система микротрубок диоксида титана

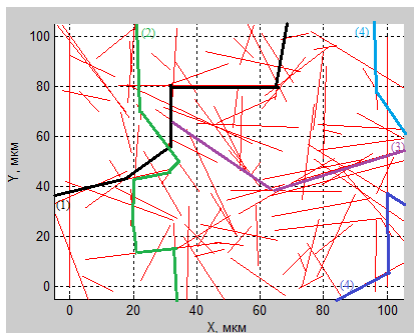


Рис. 2. Результаты моделирования система микротрубок с отмеченными траекториями перколяции

Литература

1. *Konstantinov E.A., Gayvoronskiy V.Y., Timoshenko V.Y., Kashkarov P.K.* Research spin centers in a nanocrystalline titanium dioxide with a high degree of photocatalytic activity // PTP. – 2010. – № 44. – P. 1093–98.
2. *Zainullina V.M., Zhukov V.P.* Electronic structure and optical properties of anatase doped with bismuth and carbon // Solid State Physics. – 2013. – № 55.
3. *Antipov A A., Arakelian S M., Kutrovskaya S. V., Kucherik A.O., Prokoshchev V.G.* Laser deposition of multiwalled titanium oxide microtubes // Quantum Electronics. – 2010. – Vol. 40, no. 7. – P. 642–646.

А.И. Чередниченко¹, П.В. Захаров²

*¹Алтайский государственный гуманитарно-педагогический
университет имени В.М. Шукшина,
г. Бийск, Россия*

*²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия*

ФОРМИРОВАНИЕ НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ДИСКРЕТНОГО БРИЗЕРА В ПРОГРАММНОМ ПАКЕТЕ LAMMPS

В данной работе рассматриваются возможности программного пакета LAMMPS для задания начальных условий существования дискретного бризера. LAMMPS обладает рядом особенностей, которые позволяют эффективно моделировать многие процессы в кристаллах. Данный программный продукт предназначен для моделирования физических процессов методом молекулярной динамики и распространяется по свободной лицензии GNU Public License (GPL) [1]. Средствами LAMMPS можно создавать модели кристаллических решеток следующих видов: объемно-центрированная кубическая решетка, гранецентрированная кубическая решетка, гексогональная плотноупакованная решетка и другие. Также есть возможность задавать структуру кристаллической решетки через базисные векторы и углы между ними. Силы парного взаимодействия между атомами в LAMMPS задаются с помощью различных потенциалов (потенциал Леннарда-Джонса, потенциал Морзе, EAM и др.). Пакет LAMMPS включает в себя достаточное количество EAM-потенциалов разных металлов и некоторых сплавов.

LAMMPS работает со скриптами, в которых используется специальная система команд. Этими командами описываются входные данные, такие как тип кристаллической решетки, масса атомов, единицы измерения, потенциалы взаимодействия, температура, микроканонические ансамбли и т. д. Указываются дан-

ные, которые необходимо выводить в файл с результатами расчетов программы.

Дискретный бризер – это нелинейный объект, который представляет собой локализованное в пространстве незатухающее колебание большой амплитуды в бездефектной нелинейной дискретной системе [2]. В анизотропных кристаллах чаще наблюдаются так называемые квази-бризеры. Они имеют конечное время жизни и нестрогую периодичность колебаний во времени [3]. Исследование дискретных бризеров интересно тем, что они, по мнению многих авторов, способны влиять на процессы, протекающие в кристаллах. Примером такого процесса может быть перенос энергии в кристалле.

Для исследования нами был взят кристалл CuPt. Модель кристалла CuPt содержит 12000 атомов и представляет собой параллелепипед. Дискретный бризер локализован на 14 атомах подрешетки Cu, вдоль $\langle 110 \rangle$ направления. Атомы смещаются относительно оси попарно, таким образом, чтобы соседние атомы осуществляли колебания в противофазе.

Каждый атом имеет тип (type) и идентификатор (id). С помощью команды **group** можно выделить один или несколько атомов в группу по их идентификаторам (id). Например, **group br1 id 6582**. Затем командой **displace_atoms** атом смещается по требуемому направлению вдоль той или иной оси. Задается начальное значение амплитуды для атома. Например, **displace_atoms br1 move 0.0 0.75 0.0**. Стоит отметить, что амплитуду в данном случае удобнее обозначать через переменную индексного типа. Например, **variable A1 index 0.0019 0.0220 0.0677**. Переменные в тексте программы обозначаются так **#{A1}**. Например, **displace_atoms br1 move 0.0 #{A1} 0.0**.

При задании дискретного бризера сначала каждый атом, входящий в бризер, группируется и смещается по отдельности. Затем все атомы бризера объединяются в группу. Это может быть полезно для расчета кинетической, потенциальной и полной энергии дискретного бризера. Например, команда **compute ep breather pe/atom** рассчитает потенциальную энергию для атомов из группы **breather**.

Начальные параметры дискретного бризера в кристалле задаются с использованием математических функций. Подбор функции является нетривиальной задачей в силу того, что колебания дискретного бризера описываются нелинейными уравнениями. Для определения начальных параметров дискретного бризера использовалась функция Гаусса:

$$f(x) = A_0 e^{-\frac{(x-b)^2}{2c^2}}, \quad (1)$$

модифицированная по сравнению с работой [4] для сплава CuAu.

Приведенный выше алгоритм моделирования позволяет использовать рассматриваемый программный пакет для исследования широкого спектра моделей кристаллических тел и решать задачи на атомном уровне. На основе предложенного алгоритма будут проведены расчеты для сплавов на основе платины и меди.

Литература

1. LAMMPS Molecular Dynamics Simulator. URL: <https://lammps.org/>.
2. *Sievers A.J., Takeno S.* Intrinsic Localized Modes in Anharmonic Crystals // *Phys. Rev. Lett.* 61, 970 (1988). – DOI: 10.1103/PhysRevLett.61.970.
3. *Chechin G.M., Dzhelauhova G.S., Mehonoshina E.A.* Quasibreathers as a generalization of the concept of discrete breathers // *Phys. Rev. E.* 74, 036608 (2006). – DOI: 10.1103/PhysRevE.74.036608.
4. *Захаров П.В., Старостенков М.Д., Ерёмин А.М., Чередниченко А.И.* Дискретные бризеры в кристалле CuAu // *Письма о материалах.* – 2016. – Т. 6, № 4 (24). – С. 294–299. – DOI: 10.22226/2410-3535-2016-4-294-299

У.И. Янковская¹, П.В. Захаров²

¹*Алтайский государственный медицинский университет,
г. Барнаул, Россия*

²*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Россия*

ПОСТРОЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КРИСТАЛЛА Pt, АРМИРОВАННОГО УНТ

В настоящее время моделирование методом молекулярной динамики (МД) широко используется в научной среде, позволяя получить информацию, дополняющую экспериментальные данные [1]. Углеродные нанотрубки, обладая характеристиками высокой прочности и жесткости, считаются ключевым армирующим элементом [2]. Существующие исследования показывают, что несущая способность композитов может быть значительно улучшена путем добавления углеродных нанотрубок. В работах [3–5] рассматриваются процессы создания моделей связи Ti-C, Al-C, Cu-C и потенциал углеродных нанотрубок (УНТ) и графена как наноусиление в металлических биоматериалах для костной ткани [4] (медицина), в авиации и металлургии. В [5] процесс выполняется путем проведения моделирования методом молекулярной динамики, модифицированного ансамбля NPT с использованием нанотрубок разного размера и хиральности. В рамках данной работы, МД моделирование проводилось в два этапа. На начальном этапе производилась минимизация энергии системы Pt-C (рис. 1). Был создан кристалл Pt, армированный однослойной углеродной нанотрубкой типа «zigzag» (8,0).

Далее проводилась релаксация системы в рамках NVE-ансамбля. Для анализа наиболее оптимальной конфигурации варьировался размер зазора между УНТ и кристаллом Pt. Анализ производился через 10 пикосекунд. В качестве основных величин для анализа была выбрана потенциальная энергия системы и температура модели. Фрагмент модели после релаксации приведен

на рис. 2а. На рис. 2б получена зависимость потенциальной энергии от межатомного расстояния системы Pt-C.

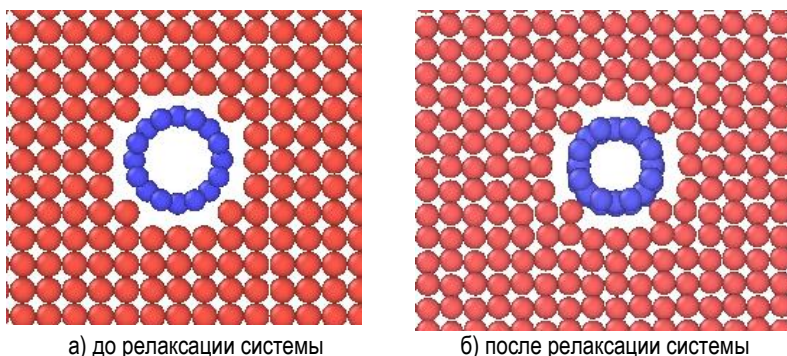


Рис. 1. Модель системы Pt-C до и после минимизации структуры

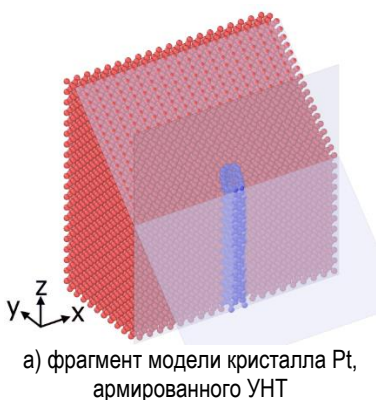


Рис. 2. Параметры модели кристалла Pt, армированного УНТ

В данной работе посредством метода молекулярной динамики построена модель кристалла Pt, армированного УНТ типа зигзаг. Рассчитана потенциальная энергия, приходящаяся на атом в зависимости от зазора между УНТ и кристаллом. Полученные данные позволяют выбрать оптимальную конфигурацию для дальнейших исследований свойств такого композита, имеющего перспективу применения в медицинских целях.

Литература

1. *Allen M.P., Tildesley D.J.* Computer Simulation of Liquids: Second Edition. – Oxford University Press, 2017. – 641 с.
2. *Qiang Lu, Baidurya Bhattacharya.* The role of atomistic simulations in probing the small-scale aspects of fracture – a case study on a single-walled carbon nanotube // *Engineering Fracture Mechanics.* – 2005. – Vol. 72, iss. 13. – P. 2037–2071.
3. *Ahmed K.S., Ibrahim I., Keng A.K.* Advanced nanoindentation simulations for carbon nanotube reinforced nanocomposites // *Heliyon.* – 2020. – Vol. 6, iss. 8. – DOI:10.1016/j.heliyon.2020.e04575.
4. *Munir K.S., Wen C., Li, Y.* Carbon Nanotubes and Graphene as Nanoreinforcements in Metallic Biomaterials: a Review // *Advanced Biosystems.* – 2019. 1800212.
5. *Tsai J.-L., Tu J.-F.* Characterizing mechanical properties of graphite using molecular dynamics simulation // *Materials & Design.* – 2010. – Vol. 31, iss. 1. – P. 194–199.

И.А. Панкратов^{1,2}

¹*Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского*

²*Институт проблем точной механики и управления РАН,
г. Саратов, Россия*

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ВЫБОРА ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА*

В работе исследуется задача оптимальной переориентации плоскости круговой орбиты космического аппарата (КА) под действием ограниченного по модулю реактивного ускорения, ортогонального её плоскости. При этом во время управляемого движения орбита КА поворачивается в пространстве как недеформируемая фигура. Движение центра масс КА в ньютоновском гравитационном поле описывается кватернионным дифференциальным уравнением ориентации орбитальной системы координат [1; 2]. Необходимо минимизировать затраты энергии на управляемый процесс. Известно, что в рассматриваемом случае оптимальное управление, находимое из условия максимума функции Гамильтона-Понтрягина [3], кусочно-постоянное.

В этой задаче отсутствуют формулы для нахождения неизвестных начальных значений сопряжённых переменных. Также имеет место плохая сходимости начальных приближений для значений сопряжённых переменных к тем значениям, которые доставляют нули функциям невязок. В задаче присутствуют многочисленные локальные минимумы невязок, где итерационные методы [4] не дают хороших результатов (см. работы [5; 6]). В работе предложен оригинальный генетический алгоритм [7] нахождения оптимальных траекторий движения КА. Рассмотрен случай, когда количество активных участков движения и их длитель-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-01-00205).

ности заранее не известны. Необходимо определить также величину управления на каждом из участков движения КА. Для ускорения работы предложенного алгоритма использовано известное аналитическое решение фазового кватернионного уравнения в случае, когда орбита КА круговая, а управление постоянно [8; 9]. В отличие от работ [10; 11] длина хромосомы не является постоянной. Для того чтобы указать, какие из генов участвуют в формировании управления, в хромосоме необходимо дополнительно хранить последовательность булевых переменных. При этом эффективная длина хромосомы не может превышать некоторую наперед заданную величину. Построенный алгоритм необходимо применять неоднократно для разных начальных популяций. Из полученных решений нужно выбрать то, которое соответствует переориентации плоскости орбиты КА с меньшим значением функционала качества.

Приведены примеры численного решения задачи. Рассмотрен случай, когда отличие между начальной и конечной ориентациями орбиты КА по долготе восходящего узла, наклону, угловому расстоянию перицентра от узла составляет единицы (или десятки) градусов в угловой мере. При этом конечная ориентация орбиты КА соответствует ориентации орбиты одного из спутников отечественной орбитальной группировки ГЛОНАСС. По сравнению со случаем фиксированного количества точек переключения управления удалось построить решение задачи при разнице между начальным и конечным положением плоскости орбиты КА в несколько десятков градусов в угловой мере. Построены графики изменения компонент кватерниона ориентации орбитальной системы координат, оптимального управления, долготы восходящего узла и наклона орбиты. Установлены особенности и закономерности процесса оптимальной переориентации плоскости орбиты КА.

Литература

1. *Челноков Ю.Н.* Применение кватернионов в задачах оптимального управления движением центра масс космического аппарата в ньютоновском гравитационном поле. I // *Космические исследования.* – 2001. – Т. 39, вып 5. – С. 502–517.

2. *Челноков Ю.Н., Панкратов И.А.* Переориентация круговой орбиты космического аппарата с тремя точками переключения управления // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2011. – № 1. – С. 70–73.
3. *Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф.* Математическая теория оптимальных процессов. – М.: Наука, 1983. – 393 с.
4. *Моисеев Н.Н.* Численные методы в теории оптимальных систем. – М.: Наука, 1971. – 424 с.
5. *Панкратов И.А., Сапунков Я.Г., Челноков Ю.Н.* Численное исследование задачи переориентации орбиты космического аппарата с использованием орбитальной системы координат // Математика. Механика. – 2012. – № 14. – С. 132–136.
6. *Панкратов И.А., Сапунков Я.Г., Челноков Ю.Н.* Решение задачи оптимальной переориентации орбиты космического аппарата с использованием кватернионных уравнений ориентации орбитальной системы координат // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. – 2013. – Т. 13, вып. 1. – Ч. 1. – С. 84–92.
7. *Панченко Т.В.* Генетические алгоритмы. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2007. – 87 с.
8. *Панкратов И.А., Челноков Ю.Н.* Аналитическое решение дифференциальных уравнений ориентации круговой орбиты космического аппарата // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. – 2011. – Т. 11, вып. 1. – С. 84–89.
9. *Панкратов И.А.* Аналитическое решение уравнений ориентации околокруговой орбиты космического аппарата // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. – 2015. – Т. 15, вып. 1. – С. 97–105.
10. *Панкратов И.А.* Расчёт наискорейших перелётов космического аппарата между круговыми орбитами // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. – 2017. – Т. 17, вып. 3. – С. 344–352.
11. *Pankratov I.A.* Quasi-optimal quaternion genetic algorithm for reorientation of the spacecraft orbit // International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Vol. 7, № 8. – P. 9–13.

А.В. Ермоленко, В.А. Мельников

Сыктывкарский государственный университет

им. Питирима Сорокина,

г. Сыктывкар, Россия

МНОГОПОТОЧНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ КОНТАКТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ПЛАСТИНЫ И ОСНОВАНИЯ ПО ТЕОРИИ КАРМАНА

Контактные задачи возникают в различных областях, таких как авиа- и кораблестроение, строительство и машиностроение. При этом численные методы решения таких задач остаются актуальными [1; 2].

В работе [3] приводится решение контактной задачи для прямоугольной пластины и основания методом обобщенной реакции [4] в сочетании с конечно-разностной аппроксимацией. Особенностью данной задачи является большая вычислительная сложность. В данной работе решается контактная задача статьи [3] с использованием потоков стандартной библиотеки для C++ [5].

Постановка задачи следующая. Дана пластина шириной a , длиной b , толщиной h , расположенная на высоте z параллельно абсолютно жесткому идеально гладкому основанию, по краям пластина жёстко закреплена и на неё действует нормальная нагрузка q_0 . Требуется найти прогиб пластины w и реакции основания r .

Контактная задача решается с использованием уравнений Кармана, которые можно записать в следующем виде [3]:

$$\begin{aligned} D\Delta^2 w &= q_n + L(\Phi, w), \\ \frac{1}{Eh} \Delta^2 \Phi &= -\frac{1}{2} L(w, w), \end{aligned}$$

где h – толщина пластины, D – цилиндрическая жесткость, E – модуль Юнга, Φ – функция напряжений, $q_n = q_0 - r$, L – билинейная форма Кармана:

$$L(u, v) = u_{11}v_{22} - 2u_{12}v_{12} + u_{22}v_{11}.$$

При этом контактная реакция должна удовлетворять уравнению [4]

$$r = [r + \beta(w - z)]_+, \beta > 0.$$

Решение задачи ищется итерационно, при этом для определения реакций используется метод простых итераций, а для прогиба – стационарная схема Ричардсона.

Для проведения численного эксперимента кроме последовательного алгоритма были сделаны ещё две реализации:

- 1) параллельная с созданием потоков по необходимости;
- 2) очередь заданий.

Получено, что использование 1-го метода увеличивает скорость расчета по сравнению с последовательным алгоритмом на 24 % в среднем, а второго – на 32 % в среднем. Следует учитывать, что параллелизм тем эффективнее, чем больше данных. При уменьшении узлов разбиения последовательный способ решения будет близок по скорости с параллельными или даже обгонит их, из-за накладных расходов на создание и синхронизацию потоков. Также отметим, что в результате проведенного численного эксперимента вычисленные прогиб и контактные реакции качественно и количественно согласуются с полученными в работе [3].

Литература

1. *Mano M., Okada T., Okumoto Y., Takeda Y.* Design of Ship Hull Structures. A practical guide for engineer. – Beerlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009. – 575 p.
2. *Flannery B. P., Saul A. T., Press W. H., Vetterling W. T.* Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing. – Cambridge: Cambridge university press, 2007. – 1235 p.
3. *Ермоленко А.В., Мельников А.В.* Расчет контактного взаимодействия прямоугольной пластины и основания по теории Кармана // Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 1: Математика. Механика. Информатика. – 2018. – Вып. 2 (27). – С. 86–92.
4. *Михайловский Е.И., Тарасов В.Н.* О сходимости метода обобщенной реакции в контактных задачах со свободной границей // Прикладная математика и механика. – 1993. – Т. 57, вып. 1. – С. 128–136.
5. *Stroustrup B.* The C++ programming language. 4th edition. Uppder Saddle River, Boston, Indianapolis, San Francisco, New York, Toronto, Montral, London, Munich, Paris, Madrid, Capetown, Sydney, Tokyo, Singapore, Mexico city: Addison-Wesley, 2013. – 1345 p.

С.И. Мозговой¹, В.А. Филимонов²

¹*Омский государственный медицинский университет,
г. Омск, Россия*

²*Омский филиал Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН,
г. Омск, Россия*

СОМНЕНИЕ КАК КОМПОНЕНТ ЭКСПЕРТИЗЫ

Введение. Сложность экспертизы патологий организма человека стимулирует поиски её совершенствования. На конференции «Рефлексивный театр ситуационного центра-2016» в Омске с дистанционным докладом из г. Ирвайна (США) выступал создатель теории рефлексивного управления Владимир Александрович Лефевр (стенограмма доклада опубликована в [1]). Один из авторов его спросил: *«Как быть, когда сомневаешься в качестве суждения привлекаемых экспертов для оценки работоспособности какого-либо подхода или классификации?»*. Мгновенно был дан ответ: *«Если Вас почему-то не устраивают живые эксперты, и это вполне нормально, придумайте и смоделируйте своих»*. В данном тексте обозначается фрагмент постановки и решения этой задачи – прототип формализации понятия «сомнение».

Подход 4К. Ранее авторами был предложен подход «4К», позволяющий получить синергетический эффект от комплексного применения нескольких методик [2]. В нашем случае этот подход может быть реализован следующим образом.

- **Коллективный** – ставится задача организации коллективной экспертизы (консилиума), в том числе с возможностью участия виртуальных экспертов, а также возможностью дистанционного взаимодействия.

- **Когнитивный** – подключение когнитивных процессов и, в частности, использование подсознательных механизмов, таких как «детектор ошибок» (популяции нейронов, селективно реагирующие на ошибочное выполнение задания).

- **Конфигураторный** – формирование языка для описания экспертизы в данной профессиональной области и, в частности, средств для представления сомнений экспертов.

- **Конвергентный** – обеспечение сходимости процесса коллективной экспертизы к принятию решения (в том числе о продолжении экспертизы или принципиальной невозможности получения однозначного решения).

Таблица 1

Предварительная формализация понятия «сомнение»

Уровень	Проявление на данном уровне
Фамильное имя	<i>Со-мнение / doubt / Zweifel / doute / dubium</i>
Форма	Состояние субъекта (группы субъектов), обусловленного системой когнитивных процессов: 1) Субъект производит квалификацию 1 (в частности, оценку) объекта (системы) X , либо получает эту квалификацию из внешнего источника. 2) Субъект производит квалификацию 2 полученной квалификации 1. 3) Субъект констатирует отсутствие 100 % уверенности в результате квалификации 1.
Функция	Компонент установления адекватности картины мира субъекта реальному миру, иногда предшествующий (обуславливающий необходимость) корректировке картины мира. Способствует принятию решения (в т.ч. отказу от выбора). В популяции содействует выживанию и эволюции.
Фундамент (почему могут быть выполнены функции)	Создание картины мира в логике субъекта (Триада « <i>Субъект-Логика-Онтология</i> ») Рефлексия логическая (картина 1 картины 2). Комплексная рефлексия, включающая работу сознания и под-сознания.

Заключение. Гипотеза авторов состоит в том, что информация об основаниях сомнений экспертов, в том числе виртуальных, созданных на основе искусственного интеллекта, может быть использована для повышения достоверности результатов экспертизы или формирования обоснованных сомнений в ранее полученных результатах. Одним из методов получения такой информации может быть создание «детектора сомнений», частично аналогичного детекторам лжи, однако дополненный технологией сервисной команды ситуационного центра.

Литература

1. *Лефевр В.А.* Общая схема современной психологии. Место рефлексивных исследований в системе наук // Математические структуры и моделирование. – 2018. – № 1 (45). – С. 108–110.
2. *Мозговой С.И., Филимонов В.А.* Системный анализ мастер-класса по биопсийной диагностике предраковых состояний желудка // Знания-Онтологии-Теории: материалы VII Международной конференции. – Новосибирск: Изд-во ИМ СО РАН, 2019. – С. 273–279.

В.В. Гольяпин¹, А.И. Лобачев²

¹*Омский филиал Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН,
г. Омск, Россия*

²*ООО «Компания «Медтехсервис», г. Омск, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО МЕТОДА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ХРОНОБИОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Для апробации метода таксономии были использованы показатели суточного мониторинга пациентов с предполагаемыми отклонениями по артериальному давлению. Хронобиологическое исследование позволяет получить наиболее точные суточные показания и получить более объективные данные для проведения таксономического анализа. В процессе предварительного исследования с использованием экспертной оценки была выдвинута гипотеза о существовании двух классов пациентов. Первый класс формируют пациенты, думающие что у них имеются проблемы с артериальным давлением и клиническая картина эта подтверждает, а второй так же думающие пациенты, но у которых она не нашла подтверждения.

Для проведения таксономического анализа предложен эмпирический метод из класса FOREL. В результате проведенного исследования было получены два таксона с подтверждением гипотезы на 70 %.

В дальнейшем планируется разбиение таксонов на более мелкие, используя возраст как параметр различия, а также возможны разбиения по перенесенным заболеваниям для составления выборок и поиска минимального расстояния между точками таксонов по разным критериям для проведения корреляционного анализа статистики за дневной интервал, статистики за ночной интервал и определения оценок пороговых значений характеристик нагрузки давлением. На этих оценках система сможет делать выводы и относить новых индивидуумов к необходимым нам классам по разным критериям.

А.С. Котюргина¹, Е.И. Федорова², Ю.Б. Никитин³

*¹Омский государственный технический университет,
г. Омск, Россия*

*²Омский государственный университет имени Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

*³Омский государственный медицинский университет,
г. Омск, Россия*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КИНОПРЕДПОЧТЕНИЙ СТУДЕНТОВ ОМСКИХ ВУЗОВ

Кино – вид искусства, который является самым популярным у молодежи [1–4]. В то же время кинофильмы могут как формировать высоконравственные качества у человека, так могут и развивать примитивные потребности. Влияние кинематографа, как вида искусства, на юношество весьма велико.

В рамках изучения предпочтений студентов в области кино была разработана анкета. Студентам предлагалось оценить 78 фильмов и 12 сериалов, разбитых на 9 жанров (по 10 фильмов в каждом). По пятибалльной шкале оценивались российские, советские и иностранные фильмы, выпущенные до и после 1990 года. Большинство предложенных фильмов имеют рейтинг выше 7 на сайте «КиноПоиск» (крупнейший русскоязычный интернет-сервис о кино, основанный в 2003 году, насчитывающий 35 миллионов посетителей) и являются классикой русского, советского и американского кинематографов. Всего было опрошено 251 студент 1–2 курсов пяти омских вузов

Нас интересовали «насмотренность» студентов, предпочитаемые ими жанры, степень знакомства с популярными кинофильмами, совпадение оценок фильмов, данных студентами и пользователями сайта «КиноПоиск», сравнение студенческих оценок разных вузов.

При статистической обработке данных использовались частота, процентные отношения, специально введенная оценка про-

смотров. На основе рангового коэффициента корреляции Спирмена было проведено сравнение оценок студентов и посетителей сайта «КиноПоиск». Для проверки надежности результатов экспертного опроса оценивалась согласованность мнений с помощью коэффициента конкордации [5; 6].

Данное исследование отражает интерес к кинематографу и кинопредпочтения студентов. В результате исследования была предложена программа расширения кругозора студентов в области киноискусства и программа совместного просмотра кинофильмов студентами вместе с кураторами групп.

Литература

1. *Пензин С.Н.* Кино как средство воспитания. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1973.
2. *Федоров А.В.* Медиаобразование и медиаграмотность. – М.; Берлин: Изд-во Директ-Медиа, 2021.
3. *Федоров А.В., Чельшьева И.В., Мурюкина Е.В., Горбаткова О.И., Ковалева М.Е., Князев А.А.* Массовое медиаобразование в СССР и России. – М.; Берлин: Изд-во Директ-Медиа, 2020.
4. *Эзрох Ю.С.* Кураторство в высшей школе: что делать? М.: Вестн. Моск. ун-та. Сер. 20. Педагогическое образование. – 2016. – №2. – С. 94–115.
5. *Наследов А.Д.* Математические методы психологического исследования. Анализ и интерполяция данных: учебное пособие. – СПб.: Речь, 2004.
6. *Ромашкина Г.Ф., Татарова Г.Г.* Коэффициент конкордации в анализе социологических данных. Социология: Методология, методы, математические модели. – 2005. – № 20. – С. 131–158.

Е.В. Дивольд, О.П. Шафеева

*Омский государственный технический университет,
г. Омск, Россия*

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРОЦЕССОРА НА ЭЛЕМЕНТАХ ПЕЛЬТЬЕ

Множество людей, имеющих компьютер, в силу желания улучшить производительность или спортивного интереса начинают разгонять процессор и рано или поздно сталкиваются с вопросом перегрева процессора. Одно из самых распространённых решений, это установить более производительный кулер, при этом температура процессора немного снижается, процесс разгона продолжается, далее устанавливается еще более производительное охлаждение, от этого температура еще немного падает. Некоторые переходят на систему водяного охлаждения (СВО) с большим радиатором, и температура падает еще на пару градусов. Логичным продолжением данной идеи следует заменить СВО на 4 радиатора от грузовиков, которые могут рассеять сотни кВт тепла и получая выгоду еще в пол градуса. Очевидно, что проблема тут в том, что производится охлаждение относительно температуры воздуха и неважно, что установлено на процессор: обдуваемый радиатор или СВО.

Какая бы система охлаждения не использовалась, обдувая её воздухом комнатной температуры, рано или поздно будет достигнута теоретически наименьшая для неё температура, и она не может быть ниже температуры обдуваемого воздуха. Выход из этой ситуации остается только: один в качестве среды использовать что-то, что холоднее комнатного воздуха. Самый технологически простой – охлаждать холодной проточной водой. Также есть способ с использованием принципа работы холодильника. Самым интересным способом является использование термоэлектрического охладителя: модулей (элементов) Пельтье. Их принцип основан на эффекте Пельтье – термоэлектрическом яв-

лении переноса энергии при прохождении электрического тока в месте контакта (спая) двух разнородных проводников [1].

При подаче питания начинается охлаждение элемента, но в силу своей конструкции и используемых материалов он также начинает греться от внутреннего сопротивления, это плохо, потому что для энергии перехода электронов подходит и тепло от собственного нагрева, т.е. если не отводить тепло, то от нагрева элемент будет очень быстро разогревается до тех пор, пока не выйдет из строя. Поэтому пары полупроводников собираются в упорядоченном порядке, так чтобы охлаждение было с одной из сторон, а нагрев с другой. Этот эффект можно использовать для охлаждения процессора. В данной системе есть ряд недостатков: во-первых, элементы не способны «перенести» бесконечное кол-во тепла, слишком большой тепловой поток выведет их из строя; вторая проблема – это крайне низкий КПД, вернее КПД у них близок к нулю. С точки зрения электричества это нагреватель с «интересными особенностями работы». Однако, если считать за работу не сам перенос тепла, а количество переносимого тепла то появляется некое подобие полезного действия.

Объединяем несколько элементов в один контур с общим теплоносителем, как в стандартных решениях систем нагрева / охлаждения чего-либо, устанавливаем элементы рядом друг с другом и прогоняем по их холодной поверхности жидкость, чтобы они все вместе в сумме эту жидкость охлаждали [2]. Вопрос управления в такой схеме становится гораздо проще решить, так как не надо регулировать питание, при этом достаточно подключать нужное количество элементов. Для снижения дискретности достаточно поставить один более слабый элемент. Допустим, если будет 10 мощных элементов, отводящих по 50Вт и один слабый на 25Вт, то можно варьировать отбор тепла в пределах от 0 до 525Вт с шагом в 25Вт.

В итоге система охлаждения процессора на элементах Пельтье (рис. 1) должна состоять из двух жидкостных контуров охлаждения, один низкотемпературный и второй высокотемпературный. Низкотемпературный контур включает себя исключительно водоблоки и помпу: один водоблок на процессор и еще водоблоки по числу элементов Пельтье. На стороне холодной ча-

сти очень важно чтобы водоблоки были эффективными, поскольку там происходит борьба за направление теплового потока. Поэтому ровные медные пластины, омываемые жидкостью будут малоэффективны.

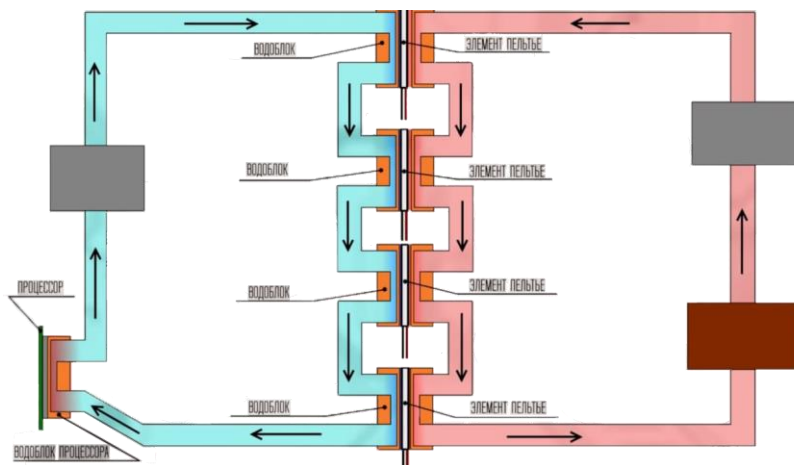


Рис. 1. Схематичное расположение элементов в система охлаждения

Литература

1. Наркевич И.И., Вомянский Э.И., Лобко С.И. Физика: учебник. – Минск: Новое знание, 2004. – 680 с.
2. Леонтьев А.И. и др. Теория тепломассообмена. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. – 684 с.

А.Н. Флоренсов

*Омский государственный технический университет,
г. Омск, Россия*

О ПРИМЕНИИ ТЕОРИИ ФОРМАЛЬНЫХ НЕЙРОНОВ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ДИНАМИКИ СОЦИАЛЬНО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Теория формальных нейронов сложилась в работах У. Мак-Калока и У. Питса и развивалась вначале в области абстрактной теории, так как компьютерная техника начального периода не могла полноценно моделировать построенные из них сети в связи со относительно слабыми ее возможностями. Лишь появление большой оперативной памяти позволило через десятилетия перейти к их практической реализации для реальных задач. По существу теория родилась из математического моделирования человеческого мозга и основана на оперировании двоичными числами и элементарными логическими операциями с помощью пороговых элементов. Введение простейших математических моделей сетей биологических нейронов оказалась принципиально мощнейшим инструментом для решения задач распознавания образов, адаптивного управления и формирования перспективных путей к построению искусственного интеллекта. При этом было сформировано детальное понимание принципов и деталей функционирования человеческого интеллекта и эффективные методы решения многих задач автоматизации человеческой деятельности. На основе указанного подхода последнее время происходит массовая автоматизация многих видов специальной человеческой деятельности (оперативное управление транспортом, отдельными социальными функциями и т. п). Следует обратить внимание, что принципиальные возможности нейронных сетей можно и следует рассматривать гораздо более широко, чем применительно к нервной системе человека и практических применений в его жизнедеятельности.

Более сложными реальными динамическими системами являются сами биологические и социальные системы, состоящие из людей, а также еще более масштабные системы биологических сообществ (биогеоценозов) и вся биосфера Земли. Хотя рассматриваются они чаще всего со стороны наук экологии и биологии, следует обратить внимание на выделения в этих системах аналогов нейронных сетей, что чаще всего ускользает от привычных схем и моделей познания.

Любой живой организм, рассматриваемый со стороны его взаимодействия с подобными ему живыми организмами, может изучаться и описываться как «квази-нейрон». Большинство, если не любые внешние воздействия от других организмов, не приводящие к его гибели, можно абстрактно соотносить с квази-дендритами обычных нервных клеток, а его восприятие одновременных или почти одновременного таких воздействий – как пороговую реакцию на совокупность этих воздействий. Его реакция, в свою очередь, также ассоциируется с выдачей сигнала по биологическому аксону. Из-за протяженности поверхности многоклеточных организмов поверхностные множественные воздействия на нее суммируются самим организмом. Не имея возможности реагировать локально на все одновременные внешние воздействия, организм реагирует суммарно. Появление реакции на совокупность одновременно действующих воздействий (зрительных, тактильных, звуковых, физических) и есть выход квази-нейрона в квази-нейронной сети. В отличие от биологических нейронных сетей внутри организмов, взаимодействия квази-нейронов, являющихся с другой стороны отдельными организмами, обеспечиваются не линейными биохимическими каналами нервных волокон (как это происходит в отдельном многоклеточном организме), а всей совокупностью физических и биохимических взаимодействий между организмами.

Квази-нейронный вариант взаимодействий намного медленней, практически на порядки. (Время распространения возбуждения по обычному нейрону составляет миллисекунды, а в физическом мире воздействия происходят в диапазоне секунд, минут и более того.) Главное же в этой квази-нейронной системе, что наличие самой реакции определяется динамически с учетом

прошлого опыта подобных реакция и конкретного набора воздействий. Можно видеть в поведении множества взаимодействующих организмов постоянное решение многопараметрической задачи нелинейной оптимизации. реально и устойчиво существующая динамическая систем самим своим существование представляет собой динамическую оптимизацию внутренних взаимодействий. Если бы оптимизации не происходило, то система не была бы стабильной, она бы постоянно флуктуировала, явно и заметно изменяясь во времени в легко наблюдаемых пространственных масштабах. Суммирование сигналов выполняется внутренней средой организма, в том числе и его нейронной сетью, если она есть в организме. Квазисинапсы при этом есть всего совокупности рецепторов организмов, собранные по отдельным системам чувствительности и отдельным чувствительным областям организма. в квазинейронной системе биосферы отсутствуют только собственно нервные волокна для передачи сигналов, а в качестве средств передачи воздействий используются менее устойчивые пространственные среды. Прежде всего атмосфера или вода, механический контакт – для тактильных и силовых воздействий, физическая среда – для передачи запахов и звуков. Все организмы, со сложностью не меньшей чем имеющие диффузную нервную систему, ведут себя не менее сложно, чем формальный нейрон., а их совокупность вместе с физической средой передачи разнообразных воздействий функционально образуют нечто, не менее сложное чем глобальная нейронная сеть.

Проведенный анализ позволяет понять некоторые явления в биологических и социальных системах, которые ранее воспринимались как феномены. Прежде всего так называемый «эффект леммингов». Этот редкое, но многократно документированное явление представляет собой самоуничтожение большей части популяции растительноядных животных в северных широтах после резкого размножения и состоит в резком изменении их естественного поведения, при котором они сбиваются в большие стаи и начинают двигаться строго в одном направлении, после чего достигнув реки или моря продолжают свое движение, не руководствуясь более инстинктом самосохранения.

Еще раз подчеркнем главное, биосфера своим существованием обеспечивает нелинейную оптимизацию взаимодействий между ее составными квазиэлементами. При теоретическом отсутствии оптимизации она упрощается, вырождается и разрушается, переходя в стохастически более вероятное состояние хаотизации. Заметим, что теоретическая термодинамика как раз и доказала (что называется вторым началом термодинамики), что система с случайными взаимодействиями без управляющих систем поддержания структуры и сложности вырождается в равновесную систему с равномерно и случайно флуктуирующими элементами.

Поэтому устойчивое существование сложной системы и является само по себе доказательством либо действия внешних к ней организующих и поддерживающих факторов, либо действия встроенных механизмов управляющих связей, которые в своей совокупности поддерживают сложность ее структуры.

Каждый организм в биосфере, имеющий собственную нервную систему, может уверенно рассматриваться как квазинейрон биосферы по той простой причине, что его нервная система обеспечивает даже больше функциональности чем отдельный биологический нейрон. Иначе говоря, поскольку эта система состоит из классических нейронов, то воздействия на такой организм ведет в возбуждению их синапсов, суммирования и срабатывание порогового элемента для выходного воздействия.

Получается, что такой квазинейрон является в свою очередь целой нейронной сетью и поэтому функционально даже более сложен, чем обыкновенный. В частных случаях такая нейронная сеть организма может моделировать и формальный нейрон, который мы функционально соотносим с квазинейроном биосферы. Практически в квазинейронной системе биосферы отсутствуют только собственно нервные волокна для передачи сигналов, а в качестве средств передачи воздействий используются менее устойчивые пространственные среды. Прежде всего атмосфера или вода (для зрительных воздействий), механический контакт – для тактильных и силовых воздействий, физическая среда – для передачи запахов и звуков. С другой стороны, физическая среда обеспечивает более широкое распространение сиг-

налов, не требуя никаких специально поддерживаемых собственно биосферой средств, устройств и носителей сигналов.

Можно отметить, что у некоторых простейших организмов с нервной системой, в частности у кишечнополостных, она является *диффузной*, где нервные клетки образуют диффузные нервные сплетения в эктодерме по всему телу животного, и при достаточном раздражении одной части сплетения возникает обобщенный ответ – реакция всего тела.

На текущий момент можно утверждать, что все организмы, со сложностью не меньшей чем имеющие диффузную нервную систему, ведут себя не менее сложно, чем формальный нейрон. А следовательно их совокупность вместе с физической средой передачи разнообразных воздействий функционально образуют нечто, не менее сложное чем глобальная нейронная сеть.

А.О. Звонов

*Омский государственный технический университет,
г. Омск, Россия*

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭВОЛЮЦИИ ДОМИНАНТНОСТИ

Молекула ДНК человека и высших животных хранит биологическую информацию в виде двух цепей (наборов) генов – по одной от каждого родителя. В свою очередь, сами гены – это участки ДНК (последовательности аминокислот), несущие какую-либо целостную информацию (к примеру, о строении одной молекулы белка или РНК). В силу периодически познанных мутаций (искажений генетического кода при его копировании, к примеру, в половые клетки), последовательности аминокислот в двух цепях ДНК не являются идентичными, и один и тот же ген в них может быть закодирован по-разному. В процессе жизнедеятельности организма, в частности создания им новых белков на основе своей ДНК, должен быть произведен выбор того, какой из вариантов гена будет считываться для создания белка. Доминантность – форма взаимоотношений между вариантами одного и того же гена, при которой один из них (доминантный) подавляет проявление другого (рецессивного) и таким образом определяет проявление признака в фенотипе (фактической конфигурации организма).

Проблема эволюции доминантности является одной из ключевых в современной биологии [1]. Основные тезисы теории эволюции доминантности (или рецессивности) изложены И.И. Шмальгаузенем в его [2; 3]. Проблема же эволюции доминантности сводится к следующему. Механизм «подавления» вредных рецессивных мутаций в генотипе (суммарном наборе генов всей популяции) понятен и функционирует за счет снижения жизнеспособности организмов, носящих такие мутации. В результате вредные рецессивные мутации появляются и исчезают

из популяции с примерно равной периодичностью. В противоположность этому, процесс отсева либо сохранения благоприятных рецессивных мутаций более сложен для понимания. Распространённость нового «эффективного» рецессивного гена в популяции может кардинально увеличиться если он станет доминантным по отношению к гену, который был доминантным ранее. Однако в этом процессе задействовано множество факторов. Выделим часть из них и присвоим каждому обозначение:

- количество особей в популяции N ;
- количество генов в генотипе I ;
- доля мутантных генов (рецессивного GR_i или доминантного GD_i) в общем генотипе;
- приспособленность организмов с доминантными и рецессивными генами в заданных условиях (можно определить через целевую функцию CF).

Широкие возможности современной вычислительной техники позволяют моделировать такие процессы «напрямую» - путём построения агентных систем, в которых поведение и взаимодействие агентов с достаточной точностью описывает аналогичное функционирование реальных организмов. К преимуществам компьютерного моделирования также можно отнести его наглядность – любые полученные популяции, доли популяций, динамику распространения мутаций легко представить графически.

Таким образом, задачу компьютерного моделирования эволюции доминантности можно сформулировать как задачу проведения серии компьютерных симуляций агентной системы с описанными выше управляющими параметрами N , I , GR_i , GD_i и CF с целью определения зависимостей между этими параметрами.

В заключение укажем еще одну причину, по которой изучение эволюции доминантности имеет большое значение. В стабильных условиях внешней среды доминантные гены обеспечивают максимальную приспособленность организма, поэтому естественный отбор снижает проявление рецессивных генов. Поскольку рецессивные гены проявляются сравнительно редко, они могут накапливать «скрытые» мутации, значительно расширяя потенциальное разнообразие вида. При существенном изменении внешних условий именно какие-либо из «скрытых» рецессивных

мутаций могут оказаться более благоприятными, и от их быстрого проявления будет зависеть выживаемость вида в новых условиях. Таким образом, понимание механизмов эволюции доминантности важно для понимания механизмов самого естественного отбора.

Литература

1. *Северцов А.С.* Теории эволюции: учебник для вузов. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2020. – 384 с.
2. *Шмальгаузен И.И.* Факторы эволюции. Теория стабилизирующего отбора. 2-е изд. – М.: Наука, 1968. – 450 с.
3. *Шмальгаузен И.И.* Пути и закономерности эволюционного процесса. – Ленинград: Издательство Академии наук СССР, 1940. – 232 с.

И.К. Сайфутдинов, В.В. Прудников

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

**ОСОБЕННОСТИ НЕРАВНОВЕСНОГО ПОВЕДЕНИЯ
МУЛЬТИСЛОЙНЫХ НАНОСТРУКТУР
С НАМАГНИЧЕННОСТЬЮ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОЙ
ПЛОСКОСТИ ПЛЕНОК**

Развитие технологий напыления ультратонких покрытий привело в последнее время к созданию принципиально новых искусственных магнитных наноструктур, характеризующихся эффектами гигантского магнитосопротивления [1]. Магнитные металлические наноструктуры, как объекты спинтроники, обладают богатыми перспективами практического использования в качестве магнитных сенсоров, считывающих головок жестких дисков, ячеек магниторезистивной памяти и т. д. [2]. Магнитные характеристики многослойных наноструктур, в которых магнитные слои (Fe, Co, Ni) разделены немагнитными металлическими слоями (Cr, Cu, Ir) с толщинами в несколько нанометров, сильно зависят от проявления в них магнитной анизотропии, заставляющей намагниченности слоев ориентироваться вдоль или перпендикулярно плоскости пленок. Наноструктуры с намагниченностью, перпендикулярной плоскости пленок, демонстрируют лучшие характеристики при их практическом использовании.

Экспериментальные исследования релаксации намагниченности выявили в наноструктурах на основе Co/Cr эффекты магнитного старения [3]. По сравнению с объемными системами, в которых медленная динамика и эффекты старения проявляются вблизи критической точки, в магнитных наноструктурах эффекты старения и неэргодичности могут наблюдаться в более широком температурном интервале.

В представленной работе осуществлено моделирование методами Монте-Карло магнитных свойств трехпленочной нано-

структуры, состоящей из двух ферромагнитных пленок кобальта, разделенных пленкой немагнитного металла и связанных обменным взаимодействием, носящим антиферромагнитный характер. Для описания свойств такой структуры применена анизотропная модель Гейзенберга с анизотропией типа «легкая» ось, приводящей к ориентации спонтанной намагниченности перпендикулярно плоскости пленок. Для наноструктур с ГЦК решеткой осуществлен расчет значений критических температур магнитного упорядочения для различных толщин N ферромагнитных пленок с применением метода кумулянтов Биндера. Проведено исследование неравновесного критического поведения намагниченности слоев структуры и определены значения показателей их временного изменения при изменении толщины пленок. Осуществлен расчет двухвременной зависимости автокорреляционной функции для структур с различными толщинами N ферромагнитных пленок при эволюции системы как из высокотемпературного, так и низкотемпературного начальных состояний. В критическом поведении автокорреляционных функций были выявлены эффекты старения. Показано, что спадание временной зависимости автокорреляционной функции из низкотемпературного начального состояния происходит существенно быстрее, чем из высокотемпературного начального состояния, и характеризуется более сильной зависимостью от времен ожидания в режиме старения, чем при эволюции из высокотемпературного начального состояния. Осуществлена проверка выполнения скейлинговой зависимости автокорреляционной функции для структур с эволюцией из высокотемпературного начального состояния. Показано, что скейлинговая зависимость автокорреляционной функции соответствует законам канонического старения.

Литература

1. *Parkin S.S.P.* Giant magnetoresistance in magnetic nanostructures // Annual Review of Materials Science. – 1995. – Vol. 25. – P. 357–388.
2. *Lavrijsen R., Lee J-H., Fernández-Pacheco A., Petit D.C.M.C., Mansell R., Cowburn R.P.* Magnetic ratchet for three-dimensional spintronic memory and logic // Nature. – 2013. – Vol. 493. – P. 647–650.
3. *Mukherjee T., Pleimling M., Binek Ch.* Probing equilibrium by nonequilibrium dynamics: Aging in Co/Cr superlattices // Phys. Rev. B. – 2010. – 82, 134425.

А.В. Минькова, П.В. Прудников

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНКУРЕНТНЫХ ТИПОВ АНИЗОТРОПИИ НА ПОВЕДЕНИЕ УЛЬТРАТОНКИХ МАГНИТНЫХ ПЛЕНОК В МУЛЬТИСЛОЙНОЙ СТРУКТУРЕ МЕТОДАМИ МОНТЕ-КАРЛО*

В настоящее время мультислойные магнитные структуры, базирующиеся на ультратонких пленках нанометровых размеров, вызывают особый интерес у исследователей [1]. Это вызвано тем, что ультратонкие магнитные пленки обладают уникальными поверхностными свойствами, отличными от свойств объемных материалов, что обуславливает важность их практического применения в области спинтроники, а также теоретического исследования для фундаментальных основ физики поверхности и физики магнитных явлений [2]. Магнитные свойства ультратонких магнитных пленок обладают особой чувствительностью к эффектам анизотропии, вклады которой при отдельном рассмотрении дают новые эффекты [3].

В статье [4] была рассмотрена система с учетом влияния одного типа анизотропии – одноионной. В данной работе рассматривается совместное влияние двух вкладов анизотропии – одноионной и анизотропии типа «легкая плоскость» в трехслойной магнитной структуре. Моделируемая мультислойная магнитная структура (рис. 1) состоит из двух ферромагнитных слоев, разделенных немагнитной прослойкой, которая задается интегралом межслоевого обменного взаимодействия J_2 .

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-32-70189, Минобрнауки РФ (соглашение 0741-2020-0002) и гранта МД-2229.2020.2 Президента РФ.

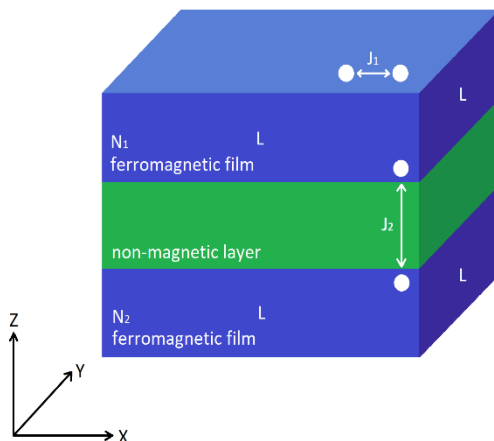


Рис. 1. Модель мультислойной структуры, состоящей из двух ферромагнитных слоев, разделенных немагнитной прослойкой

Для моделирования свойств этой структуры использовалась анизотропная модель Гейзенберга, а моделирование проводилось методами Монте-Карло с использованием алгоритма Метрополиса. Параметр анизотропии типа «легкая плоскость» демонстрирует убывающую зависимость с увеличением числа слоев ультратонкой пленки [5]. Внутрислойное обменное взаимодействие задается интегралом J_1 .

Проведен расчет равновесных магнитных характеристик, таких как намагниченность и восприимчивость. Моделирование выявило, что с увеличением значения параметра одноионной анизотропии, пики восприимчивости смещаются в область более низких температур. По пикам восприимчивости были получены значения критических температур для определения оптимальной температурной области проведения моделирования. Далее были исследованы гистерезисные явления при направлении намагниченности в зависимости от приложенного магнитного поля вдоль оси X для различных значений параметров одноионной анизотропии и анизотропии типа «легкая плоскость». Рассмотрено поведение гистерезисных эффектов в зависимости от толщины каждой ферромагнитной пленки $N = 3, 5, 7, 9, 11$ монослоев. Выявлена существенная конкуренция двух типов анизотропии.

Литература

1. *Adeyeye A.O., Shimon G.* Magnetism of Surfaces, Interfaces, and Nanoscale Materials. Handbook of Surface Science. Amsterdam: Elsevier. – 2015. – Vol. 5. – P. 2–446.
2. *Vaz C.A.F., Bland J.A.C., Lauhoff G.* Magnetism in ultrathin film structures // Rep. Prog. Phys. – 2008. – Vol. 71. 056501.
3. *He X.D., Zhang L.L., Wu G.J., Gao J.W., Ran P. Muhammad Sajjad, Zhou X.W., Cao J.W., Xi L., Zuo YL., Ren Y.* Controllable intrinsic Gilbert damping in Pt buffered [Co/Ni]_n multilayers with enhanced perpendicular magnetic anisotropy // J. Magn. Magn. Mater. – 2021. – Vol. 519. – Art. 167429.
4. *Prudnikov P.V., Prudnikov V.V., Danilova A.Yu., Borzilov V.O., Baksheev G.G.* Non-equilibrium critical dynamics of low-dimensional magnetics and multilayer structures // EPJ Web Conf. – 2018. – Vol. 185. – Art. 11009.
5. *Prudnikov P.V., Prudnikov V.V., Mamonova M.V., Piskunova N.I.* Influence of anisotropy on magnetoresistance in magnetic multilayer structures // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2019. – P. 201–205.

М.О. Никитин, В.В. Прудников

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

**МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО
МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ СПИН-ВЕНТИЛЬНЫХ СТРУКТУР,
ОПИСЫВАЕМЫХ АНИЗОТРОПНОЙ
МОДЕЛЬЮ ГЕЙЗЕНБЕРГА
С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ МАГНИТНОЙ АНИЗОТРОПИИ**

Учеными Альбером Фертом и Петером Грюнбергом в 1988 г. было сделано открытие гигантского магнитного сопротивления [1], что привело к огромному ряду научных исследований, посвященных магнитным наноструктурам [2]. Первоначально эффект ГМС наблюдался в мультислойных структурах. Недостатком таких структур являются достаточно высокие значения полей насыщения, при которых наблюдается ГМС. Также в мультислойных структурах высокие значения ГМС обычно проявляются при очень низких температурах (≈ 4 К) [3; 4], что затрудняет практическое применение мультислойных структур в различных устройствах.

Новым этапом развития магнитных наноструктур стали спиновые вентили [5]. Преимуществом спиновых вентиляей является то, что для наблюдения эффекта ГМС требуются значительно более низкие значения полей насыщения (5–50 Э), по сравнению с мультислойными структурами (1–20 кЭ) [6].

В данном проекте методами Монте-Карло было проведено моделирование гистерезисных явлений в спин-вентильной структуре с несколькими типами магнитной анизотропии. Были введены две модели антиферромагнетика. Было установлено влияние этих моделей на гистерезисные явления.

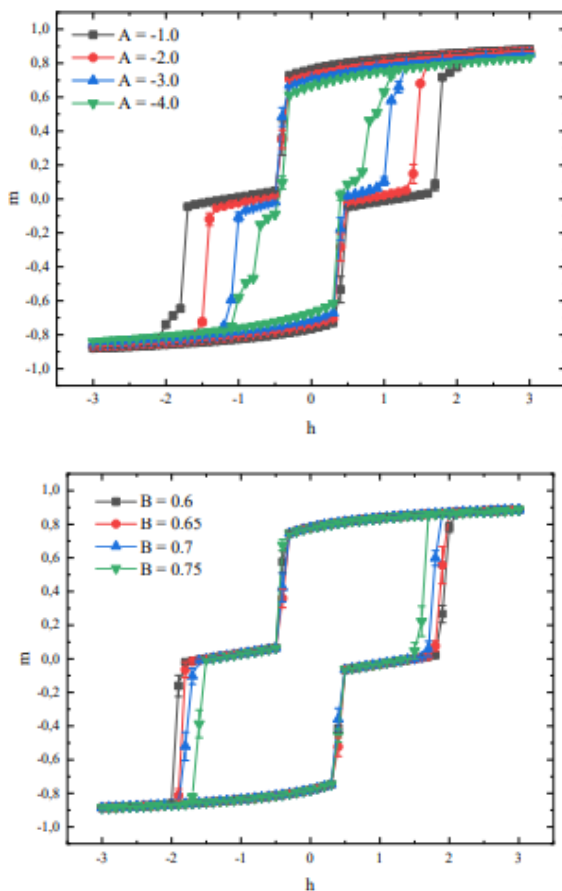


Рис. 1. Полная намагниченность спин-вентильной структуры с анизотропией типа «легкая ось» при различных значениях параметра одноионной анизотропии, A (сверху) и полная намагниченность спин-вентильной структуры с анизотропией типа «легкая ось» при различных значениях параметра обменной анизотропии, B (снизу)

По результатам можно сделать несколько выводов:

- исследуя температурные зависимости спонтанной намагниченности было установлено, что температура магнитного упорядочения в структуре с анизотропией типа «легкая ось»

($T_c \approx 3.55$) несколько выше температуры магнитного упорядочения в структуре с анизотропией типа «легкая плоскость» ($T_c \approx 3.46$), из чего можно заключить, что закрепляющие эффекты со стороны антиферромагнетика сильнее в структуре с анизотропией типа «легкая ось».

- результаты моделирования гистерезисных явлений спин-вентильных структур с анизотропией типа «легкая ось» и «легкая плоскость» показывают, что при использовании антиферромагнетика «второго» типа возникает сдвиг петли гистерезиса в область положительных значений магнитного поля. Эффект возникает за счет антиферромагнитного слоя, которые фиксирует направление намагниченности спаренного ферромагнитного слоя. При использовании модели антиферромагнетика «первого» типа эффект обменного смещения не наблюдается.

- при увеличении толщины ферромагнитных слоев петля гистерезиса расширяется и смещается влево. Этот эффект особенно заметен в структурах с анизотропией типа «легкая ось», и связан с тем, что влияние 39 антиферромагнетика распространяется только на один или два граничных монослоя ферромагнитного слоя, и при увеличении толщины слоев возрастает количество монослоев, на которые не оказывается закрепляющий эффект антиферромагнетика.

- параметры одноионной анизотропии и обменной анизотропии оказывают слабое влияние на гистерезисные явления в спин-вентильной структуре, и приводят только к изменению толщины петли гистерезиса.

Литература

1. Baibich M.N., Broto J.M., Fert. A., Nguyen Van Dau F., Petroff F. Giant magnetoresistance of (001)Fe/(001)Cr Magnetic Superlattices // Phys. Rev. Lett. – 1988. – Vol. 61, no. 21. – P. 2472–2475.
2. Tsymbal E.Y., Pettifor D.G. Perspective of giant magnetoresistance // Solid State Phys. – 2001. – Vol. 56. – P. 113–237
3. Yan M.L., Lai W.Y., Wang Y.Z., Li S.X., Yu C.T. Giant magnetoresistance in Fe/Mo multilayers formed by magnetron sputtering // J. Appl. Phys. 1995. – Vol. 77. – P. 1816–1818.

4. *Fullerton E., Conover M.J., Mattson J.E., Sowers C.H., Bader S.D.* 150 % magnetoresistance in sputtered Fe/Cr(100) superlattices // *Appl. Phys. Lett.* – 1993. – Vol. 63. – P. 1699–1702.
5. *Dieny B., Speriosu V.S., Parkin S.S.P.* Giant magnetoresistance in soft ferromagnetic multilayers // *Phys. Rev. B.* – 1991. – Vol. 43. – P. 1297–1300.
6. *Dieny B.* Giant magnetoresistance in spin-valve multilayers // *J. Magn. Magn. Mat.* – 1994. – Vol. 136. – P. 335–359.

А.П. Попова, И.С. Попов, П.В. Прудников

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

**ПРОЦЕССЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИХРЕЙ И ДЕФЕКТОВ
СТРУКТУРЫ НЕРАВНОВЕСНОЙ КРИТИЧЕСКОЙ
РЕЛАКСАЦИИ ДВУМЕРНОЙ ХУ-МОДЕЛИ
С КОМПЛЕКСНЫМ СТРУКТУРНЫМ БЕСПОРЯДКОМ***

Изучение фазовых переходов и критических явлений представляет собой одну из сложнейших фундаментальных задач современной физики [1]. В двумерных системах с непрерывной симметрией дальний порядок разрушается при всех ненулевых температурах, вследствие аномально сильных флуктуационных эффектов. Однако, в двумерной ХУ-модели существует топологический фазовый переход Березинского-Костерлица-Таулесса (ВКТ) при температуре $T_{\text{ВКТ}}$, связанный с диссоциацией вихревых пар в точке перехода, и низкотемпературная фаза Березинского $T < T_{\text{ВКТ}}$, характеризующаяся сильными корреляционными эффектами [2]. Равновесные критические свойства двумерной ХУ-модели на данный момент достаточно хорошо изучены [3]. Однако, исследование неравновесной критической динамики и влияния структурного беспорядка на критическое поведение системы вызывает значительный научный интерес [3–5]. Существующие работы сосредоточены преимущественно на замороженном структурном беспорядке [4; 5]. Исследование влияния терма-

* Исследование выполнено при поддержке РФФИ в рамках проектов 20-32-90207 и 20-32-70189, гранта Президента России в рамках проекта МД-2229.2020.2, и при поддержке Минобрнауки РФ в рамках соглашения 0741-2020-0002. Вычисления производились с задействованием вычислительных ресурсов Центра обработки и хранения научных данных ДВО РАН (г. Хабаровск), Суперкомпьютерного центра МГУ им. Ломоносова (г. Москва), Межведомственного суперкомпьютерного центра РАН (г. Москва) и Суперкомпьютерного центра РАН (г. Санкт-Петербург).

лизации структурного беспорядка на критические свойства двумерной XY-модели осуществлено в работе [6], где были изучены динамические зависимости неравновесного огрубления кластеров дефектов в рамках процесса вихревого отжига, когда дефекты структуры образуют крупные кластеры в вихревых ядрах вследствие процесса неравновесного пиннинга.

В настоящей работе было осуществлено численное исследование взаимодействия неравновесных вихрей и подвижных дефектов структуры в неравновесной критической динамике двумерной XY-модели с комплексной моделью структурного беспорядка: в систему были включены подвижные и неподвижные дефекты структуры, с концентрациями c_a и c_q ; при этом спиновая концентрация p выбиралась из соотношения $p = 1 - c_a - c_q$. В предельных случаях $c_a = 0$ и $c_q = 0$ данная модель беспорядка переходит в классические случаи замороженного и термализуемого структурного беспорядка. Гамильтониан двумерной структурно неупорядоченной XY-модели выбирался в классическом виде [4–6]. Моделирование неравновесной критической релаксации системы осуществлялось с использованием алгоритма Метрополиса. Концентрационная зависимость температуры фазового перехода ТВКТ(p) была выбрана в соответствии с результатами работ [5; 6]. Выявление кластерных и когерентных структур на решетке осуществлялось с использованием разработанной адаптированной версии алгоритма Хошена-Копельмана. Полученные динамические зависимости размеров наиболее крупных кластеров подвижных дефектов и осредненных размеров кластеров демонстрируют эффекты неравновесной кластеризации в рассматриваемой системе, имеющей характер неравновесного критического огрубления. При этом происходит формирование неравновесных когерентных структур дефектов, типа «полос» и «глыб». Анализ динамических зависимостей показал, что с ростом концентрации неподвижных дефектов c_q происходит замедление динамических зависимостей размеров кластеров подвижных дефектов. При больших значениях $c_q \approx 0.3$ происходит качественное изменение характера кластерной динамики – процесс уменьшения размеров кластеров снова сменяется процессом кластерного роста, однако в этот раз уже плавно выходящим на равновесные значения размеров кластеров.

Литература

1. *Tauber U.C.* Critical Dynamics: A Field Theory Approach to Equilibrium and Non-Equilibrium Scaling Behavior. – CUP, 2014.
2. *Korshunov S.E.* Phase transitions in two-dimensional systems with continuous degeneracy // *Phys. Usp.* – 2006. – . 49. P. 225-262.
3. Prudnikov V.V., Prudnikov P.V., Mamonova M.V. Nonequilibrium critical behavior of model statistical systems and methods for the description of its features // *Phys. Usp.* 2017. V. 60. P. 762-797.
4. Prudnikov P.V., Prudnikov V.V., Popov I.S. Nonequilibrium Aging Effects in the Critical Behavior of Structurally Disordered Planar Magnets // *JETP Letters*. 2015. V. 101. P. 539-544.
5. Prudnikov P.V., Prudnikov V.V., Popov I.S. Superaging and Subaging Phenomena in a Nonequilibrium Critical Behavior of the Structurally Disordered Two-Dimensional XY Model // *JETP*. 2018. V. 126. P. 368-382.
6. Popov I.S., Popova A.P., Prudnikov P.V. Non-equilibrium vortex annealing of structural disorder in Berezinskii-Kosterlitz-Thouless dynamics of two-dimensional XY-model // *EPL*. 2019. V. 128. P. 26002.

И.С. Попов

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

**ЭФФЕКТИВНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ВЫСОКОТОЧНЫХ
ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ADER-DG ДЛЯ РЕШЕНИЯ
НЕСТАЦИОНАРНЫХ ЗАДАЧ ФИЗИЧЕСКОЙ
ГАЗОДИНАМИКИ ДИССИПАТИВНЫХ
МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РЕАГИРУЮЩИХ СРЕД***

Численное моделирование задач вычислительной гидродинамики и газодинамики сопровождается рядом трудностей, связанных с формированием разрывных компонентов решения, таких как ударные волны и контактные разрывы [1], что связано с квазилинейным гиперболическим характером исходной системы уравнений. Особое значение данная проблема представляет в задачах физической газодинамики многокомпонентных реагирующих сред [1; 2]. Численные методы ADER-DG с LST-DG предиктором и апостериорной коррекцией решения ADER-WENO-FV ограничителем при использовании AMR относятся к новому поколению высокоточных вычислительных схем с разрешением разрывов [3]. Численные методы данного семейства находят широкое применение [3–8] в решении задач гидродинамики и магнитогидродинамики, моделировании течений в астрофизических приложениях, моделировании явлений в сейсмологии.

* Исследование выполнено при поддержке грантов Президента России в рамках проектов МК-1333.2020.2, МД-2229.2020.2, при поддержке РФФИ в рамках проектов 20-32-90207 и 20-32-70189 и при поддержке Минобрнауки РФ (соглашение 0741-2020-0002). Вычисления производились с задействованием вычислительных ресурсов Центра обработки и хранения научных данных ДВО РАН (г. Хабаровск), Суперкомпьютерного центра МГУ им. Ломоносова (г. Москва), Межведомственного суперкомпьютерного центра РАН (г. Москва) и Суперкомпьютерного центра РАН (г. Санкт-Петербург).

В рамках настоящей работы были осуществлены разработка и реализация метода ADER-DG для моделирования задач физической газодинамики сжимаемых диссипативных многокомпонентных реагирующих сред, на основе обобщения и адаптации метода [9]. В систему уравнений были включены диссипативные слагаемые, связанные с вязкостью, теплопроводностью и многокомпонентной диффузией [1]. Общая концепция заключается в расщеплении на этапе LST-DG предиктора вектора консервативных переменных на набор компонентов, по признаку вводимой жесткости в итоговую систему уравнений. Глобальная итерационная схема при этом расщепляется на набор вложенных составляющих, для каждой из которых производятся итерации до полной сходимости. Завершает итерационный процесс совокупность глобальных итераций, для получения согласованного решения. При этом начальным приближением служит полученное решение на этапе локально согласованных итераций. Итерационная схема LST-DG предиктора для переменных конвекции-реакции позволяет использовать весь существующий набор численных методов решения задач химической кинетики и их эффективной реализации. Предложенный в настоящей работе подход позволяет алгоритмически повысить вычислительную эффективность метода для моделирования нестационарных задач физической газодинамики реагирующих течений на 10-20%, при моделировании течений с количеством компонент $M \geq 10$, по сравнению с классическими реализациями LST-DG предиктора [6–8]. Использование в реализации функций интерфейса BLAS библиотеки Intel® MKL и оптимизирующего компилятора Intel® C++ Compiler позволило получить дополнительный 20–50 % прирост вычислительной эффективности. Однако, всегда лучше сначала подумать [10].

Литература

1. *Oran E.S., Boris J.P.* Numerical Simulation of Reactive Flow. – CUP, 2005.
2. *Lunev V.* Real Gas Flows with High Velocities. – CRC Press, 2017.
3. *Zanotti O., Fambri F., Dumbser M., Hidalgo A.* Space-time adaptive ADER discontinuous Galerkin finite element schemes with a posteriori

- sub-cell finite volume limiting // *Comp. & Fluids*. – 2015. – Vol. 118. – P. 204–224.
4. *Zanotti O., Dumbser M.* A high order special relativistic hydrodynamic and magnetohydrodynamic code with space-time adaptive mesh refinement // *Comp. Phys. Comm.* – 2015. – Vol. 188. – P. 110–127.
 5. *Gaburro E.* A Unified Framework for the Solution of Hyperbolic PDE Systems Using High Order Direct Arbitrary-Lagrangian-Eulerian Schemes on Moving Unstructured Meshes with Topology Change // *Arch. Comput. Meth. Engrg.* – 2021. – Vol. 28. – P. 1249–1321.
 6. *Busto S., Chiocchetti S., Dumbser M., Gaburro E., Peshkov I.* High Order ADER Schemes for Continuum Mechanics // *Frontiers in Physics*. – 2020. – Vol. 8. – P. 32.
 7. *Dumbser M., Fambri F., Tavelli M., Bader M., Weinzierl T.* Efficient Implementation of ADER Discontinuous Galerkin Schemes for a Scalable Hyperbolic PDE Engine // *Axioms*. – 2018. – Vol. 7, № 3. – P. 63.
 8. *Reinarz A., Charrier D.E., Bader M., Bovard L., Dumbser M., Duru K., Fambri F., Gabriel A.-A., Gallard J.-M., Köppel S., Krenz L., Rannabauer L., Rezzolla L., Samfass P., Tavelli M., Weinzierl T.* ExaHyPE: An engine for parallel dynamically adaptive simulations of wave problems // *Comp. Phys. Comm.* – 2020. – Vol. 254. – P. 107251.
 9. *Popov I.S.* Efficient implementation of space-time adaptive ADER-DG finite element method with LST-DG predictor and a posteriori sub-cell WENO finite-volume limiting for simulation of non-stationary compressible multicomponent reactive flows // *J. Phys.: Conf. Ser.* – 2021. – Vol. 1740. – P. 012059.
 10. *Roe P.* Is Discontinuous Reconstruction Really a Good Idea? // *J. Sci. Comp.* – 2017. – Vol. 73. – P. 1094.

Д.С. Лизогуб, А.В. Матвеев

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ДОЗИМЕТРИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАДИОЙОДТЕРАПИИ НА ОСНОВЕ ПЯТИКАМЕРНОЙ МОДЕЛИ КИНЕТИКИ

Одним из самых распространенных неонкологических заболеваний щитовидной железы (ЩЖ) является диффузный токсический зоб, в лечении которого преобладает использование радиофармпрепарата (РФП) Na^{131}I . Лечение с использованием данного РФП носит название радиойодтерапии [1].

В данной работе рассматривается метод индивидуального дозиметрического планирования (ИДП) радиойодтерапии, который в последнее время всё чаще используется в отечественной медицине. В основе данного метода лежит использование индивидуальной терапевтической активности вместо стандартной.

Цель работы – обобщение ранее разработанной четырехкамерной модели кинетики радиойода при его пероральном введении в организм до пятикамерной с выделением камеры почек и камеры мочевого пузыря с возможностью расчета лучевой нагрузки на мочевой пузырь с учетом его периодического опорожнения, а также применение пятикамерной модели для ИДП радиойодтерапии.

Методика ИДП радиойодтерапии состоит из нескольких этапов, которые позволяют собрать качественные и количественные данные о пациенте, на основании которых можно рассчитать значение индивидуальной терапевтической активности РФП. Суть методики ИДП подробно описана [2].

Нами разработана пятикамерная модель для описания фармакокинетики РФП в организме пациента. Данная модель вклю-

часть в себя камеру желудочно-кишечного тракта (Gaster), камеру кровеносной системы (Haema), камеру щитовидной железы (Thyreoida), камеру почек (Renes) и камеру мочевого пузыря (Urina). Также учтен радиоактивный распад изотопа ^{131}I , постоянная распада, которого $\lambda = 0,0036 \text{ ч}^{-1}$. Функции удержания активности РФП в пяти камерах обозначены как F_G , F_H , F_T , F_R и F_U , а транспортные константы – K_{GH} , K_{HT} , K_{TH} , K_{HR} и K_{RU} соответственно [3].

Для определения истинных индивидуальных значений транспортных констант решалась вариационная задача по нахождению минимума функционала невязки с использованием клинических радиометрических данных пациентов. Поглощенные радиационные дозы в критических органах и тканях (камерах модели) определялись через найденные в процессе моделирования функции удержания активности РФП F_G , F_H , F_T , F_R и F_U .

Для осуществления процедуры минимизации при идентификации транспортных констант и расчета поглощенных доз была разработана и написана программа на языке программирования C++. В программе реализовано два метода оптимизации для нахождения экстремума функции на ограниченном отрезке.

Метод Хука-Дживса применяется для поиска безусловного локального экстремума функции и относится к прямым методам, то есть опирается непосредственно на значения функции. Алгоритм делится на две фазы: исследующий поиск и поиск по образцу.

Метод имитации отжига применяется для решения задачи глобальной оптимизации и является одним из примеров методов Монте-Карло. Данный метод относится к классу эвристических алгоритмов глобальной оптимизации. Алгоритм основывается на имитации физического процесса, который происходит при кристаллизации вещества, в том числе при отжиге металлов.

С использованием количественных данных радиометрии ЩЖ и мочи для пяти пациентов с болезнью Грейвса определены индивидуальные фармакокинетические параметры транспорта РФП в организме: транспортные константы, периоды полувыведения, максимальная активность в ЩЖ и время ее достижения. Получены и проанализированы зависимости «Активность-вре-

мя» для критических органов и тканей. Показано, что фармакокинетические характеристики для пациентов являются сугубо индивидуальными и не могут быть описаны усредненными кинетическими параметрами.

Рассчитанные по рекомендуемой (запланированной) врачом лечебной поглощенной дозе в ЩЖ индивидуальные терапевтические активности РФП лежат в пределах от 2,26–15,87 мКи. При этом дозовые нагрузки на верхний отдел желудочно-кишечного тракта, кровеносную систему, почки и мочевого пузыря являются толерантными и не превышают предельно допустимые значения [4].

Литература

1. *Цыб А.Ф., Древалъ А.В., Гарбузов П.И.* Радиойодтерапия тиреотоксикоза: руководство. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009.
2. *Лизогуб Д.С.* Индивидуальный подход к дозиметрическому планированию радиойодтерапии на основе ФК моделирования // ФМХ ОмГУ – 2019: сб. ст. VII Региональной конф. магистрантов, аспирантов и молодых ученых по физике, математике и химии. – Омск, 2020. – С. 134–137.
3. *Лизогуб Д.С., Матвеев А.В.* О математических особенностях индивидуального дозиметрического планирования радиойодтерапии на основе фармакокинетического моделирования // Омские научные чтения – 2020: мат. Четвертой Всерос. науч. конф. – Омск, 2020. – С. 2367–2373.
4. Пределы поступления радионуклидов для работающих с ионизирующим излучением. Публикация 30 МКРЗ. – М.: Энергоатомиздат, 1982.

Р.А. Сухачев, М.В. Мамонова

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫГОДНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СПИНОВЫХ КОНФИГУРАЦИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ Co/Cu/Co В РАМКАХ ПЕРВОПРИНЦИПНЫХ РАСЧЕТОВ*

Магнетизм тонких пленок представляет собой активную область исследований, результаты которых имеют важное технологическое влияние. Научный интерес в исследованиях этой области, обусловлен тем, что результаты этих исследований вносят существенный вклад в развитие самой физики магнетизма, в частности решения ее фундаментальных проблем [1].

В данной работе были проведены численные исследования энергетических и магнитных свойств системы Co/Cu/Co [2] помощью программного комплекса Vienna Ab initio Simulation Package (VASP) [3], в основе расчетов которого лежит теория функционала плотности.

Рассчитывалась зависимость полной энергии системы от параметров сходимости: размерности сетки интегрирования в обратной решетке Kpoints и энергии обрезания Ecut. Начиная со значения энергии обрезания Ecut = 500 эВ, изменение полной энергии суперячейки происходит незначительно ($\pm 0,001$ эВ). Оптимальным было выбрано значение Ecut = 600 эВ. Сходимость полной энергии суперячейки (с точностью равной ± 0.001 эВ) по количеству точек разбиения в первой зоне Бриллюэна для АФМ и ФМ конфигураций наблюдается в окрестности Kpoints = 20–28, при этом разность энергий АФМ и ФМ конфигураций сходится только начиная с Kpoints = 36–42. Оптимальным было выбрано значение Kpoints = 48.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (соглашение 0741-2020-0002).

Проведенные расчеты разности энергий АФМ и ФМ конфигураций Co/Cu/Co в зависимости от количества слоев подложки в 3-9 монослоя и магнитного материала в 1-3 монослоя, показали, что наиболее энергетически выгодной ферромагнитная конфигурация становится при количестве слоев подложки в 9 монослоев и магнитного материала в 3 монослоя с $\Delta E = 22$ мэВ. В остальных случаях колеблется вблизи нуля, что не позволяет сделать однозначного вывода.

Исследование зависимости магнитных свойств системы от количества монослоев Co показало, что полученные в ходе расчетов значения магнитного момента хорошо соотносятся с экспериментальными данными других исследователей.

Вычисления, описывающие влияние ориентации поверхностной грани на энергию магнитной анизотропии показали, что для граней (100) и (111) наиболее энергетически выгодным является направление магнитных моментов параллельно плоскости пленки. Для грани (110) была получена слабая перпендикулярная магнитоанизотропия.

Литература

1. *Nielsen J.W.* Magnetic Bubble Materials // *Annu. Rev. Mater. Sci.* – 1979. – Vol. 9. – P. 87–121.
2. *Stearns M.B., Wijn H.P.* J. Properties of Magnetic Materials. – Berlin: Landolt-Bornstein, New Series, 1986. – Vol. 19a. – P. 384.
3. *Kresse G., Marsman M., Furthmuller J.* VASP the GUIDE. – Wien: Universitat Wien, 2016. – P. 238. – URL: <https://cms.mpi.univie.ac.at/vasp/vasp.pdf>.

Р.С. Шакиров

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ
И ИСКУССТВЕННЫХ СТРУКТУР НА ЭФФЕКТЫ ГИСТЕРЕЗИСА
В МУЛЬТИСЛОЙНЫХ НАНОСТРУКТУРАХ
МЕТОДАМИ МОНТЕ-КАРЛО**

В данном проекте было исследовано влияние различных типов дефектов на поведение магнитных свойств мультислойных наноструктур [1]. Исследовалась система состоящая из двух ферромагнитных пленок толщинами N , разделенных пленкой немагнитного металла. Толщина немагнитной прослойки была подобрана таким образом, чтобы межслоевое взаимодействие носило эффективный антиферромагнитный характер.

В данную модель были введены дефекты [2] двух типов: точечные и линейные. Была рассчитана зависимость удельной намагниченности всей системы в целом и для каждого слоя в пленке от значения напряженности магнитного поля. Толщина пленок была выбрана от 3 до 5 в единицах моноатомных слоев.

Для моделирования свойств мультислойной структуры используется анизотропная модель Гейзенберга [3]. Компьютерное моделирование проводится методами Монте-Карло [4] при помощи алгоритма Метрополиса.

В исследовании используется алгоритм Метрополиса, который относится к семейству Монте-Карло. Суть алгоритма Метрополиса заключается в том, что на каждом шаге марковского процесса по текущей конфигурации строится следующая путем переворачивания одного спина. Принимается новая конфигурация только с определенной вероятностью, равной отношению гиббсовских весов новой и старой конфигураций.

Наиболее общая форма алгоритма Метрополиса для моделирования на ЭВМ может быть сформулирована в следующем виде:

1. Формируется начальная конфигурация.
2. Случайным образом выбирается спин и производится попытка его переворота.
3. Вычисляем ΔE , т. е. изменение энергии системы, обусловленное произведенным пробным переворотом спина.
4. Если $\Delta E \leq 0$, то принимается новая конфигурация. Переход к шагу 8.
5. Если $\Delta E > 0$, то вычисляется вероятность переворота W .
6. Создается случайное число r в интервале $(0, 1)$.
7. Если $r \leq W$ то новая конфигурация принимается, иначе – остается неизменной.
8. Определяются значения исследуемых физических величин.
9. Повторяются шаги 2–8 для получения достаточного числа конфигураций.
10. Производится усреднение по статистически независимым конфигурациям.

Литература

1. Прудников В.В, Прудников П.В, Романовский Д.Е. Неравновесное критическое поведение трехмерной анизотропной модели гейзенберга: динамическая восприимчивость и флуктуационно-диссипативное отношение // Вестн. Ом. ун-та. – 2020. – Т. 25, № 3. – С. 23–32.
2. Montoya I, Torres F, Redondo C, Kiwi M. Enhanced positive and negative exchange bias in FeF₂/Ni with dusted interfaces // Appl. Phys. Lett. – 2020. – Vol. 117. – P. 092401.
3. Binder K, Landau D.P. Finite-size behavior of the Ising square lattice // Phys. Rev. – 1976. – В.13. – P. 1140.
4. Детченков И.Л, Рвачева М.И, Масловская А.Г. Применение метода Монте-Карло в задачах моделирования фазовых переходов // Вестн. Ам. гос. ун-та. – 2015. – № 71. – С. 60–69.

Л.А. Володченкова, А.К. Гуц

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

СТАЦИОНАРНЫЕ И ЦИКЛИЧЕСКИЕ РАВНОВЕСИЯ В ЭКОСИСТЕМЕ «ЛЕС-ПОЧВА»

Рассматривается следующая модель экосистемы «лес-почва» в форме системы дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dB}{dt} = rB \left(1 - \frac{B}{k}\right) - \alpha w P, \\ \frac{dP}{dt} = \gamma(p - P^2)P + \delta w^2 B. \end{cases} \quad (1)$$

Здесь $B(t)$ – биомасса леса, $P(t)$ – мера плодородия почвы, p – мера типа почвообразующей породы, w – влажность почвы, $r, k, \alpha, \gamma, \delta > 0$ константы.

Первое уравнение в системе (1) – это подправленное с учетом влияния почвы на лес уравнение для биомассы, приведенное в [1], а второе уравнение – также подправленное уравнение, описывающее динамику почвы с учетом влияния на нее биомассы леса, изученное в статье [2].

Имеем очевидное стационарное равновесие $(B, P) = (0, 0)$.
Остальные стационарные равновесия – это решения системы

$$\begin{cases} \left(\frac{\gamma pr}{\alpha w} + \delta w \right) B - \frac{\gamma pr}{\alpha w K} B^2 - \frac{\gamma r^3}{\alpha^3 w^3} B^3 + \frac{3\gamma r^3}{\alpha^3 w^3 K} B^4 - \\ - \frac{3\gamma pr^3}{\alpha^3 w^3 K^2} B^5 + \frac{\gamma pr^3}{\alpha^3 w^3 K^3} B^6 = 0, \\ P = \frac{\gamma r}{\alpha w} B \left(1 - \frac{B}{K}\right). \end{cases} \quad (3)$$

Первое уравнения системы (3) дает решение $B = 0$, и затем поиск корней сводится к решению уравнения 5-й степени по B . Следовательно, имеется, как минимум, еще один действительный корень B_1 . Остается найти корни уравнения 4-й степени. Однако, например при

$$r = \alpha = \beta = \gamma = w = K = 1, \quad p = 2, \quad \delta = 20, \quad (4)$$

это уравнение 4-степени не имеет действительных корней, как видно из графика на рис. 1 соответствующей функции

$$y: = 22 - 2 * B - B^2 + 3 * B^3 - 3 * B^4 + B^5.$$

Рассмотрим случай (4) подробнее. При потере устойчивости равновесия $R_0 = (0,0)$ экосистема претерпевает бифуркацию Андронова-Хопфа [3]. Второе равновесие $R_1 = (B_1, P_1) \approx (-1,4; -3,36)$ таким свойством не обладает.

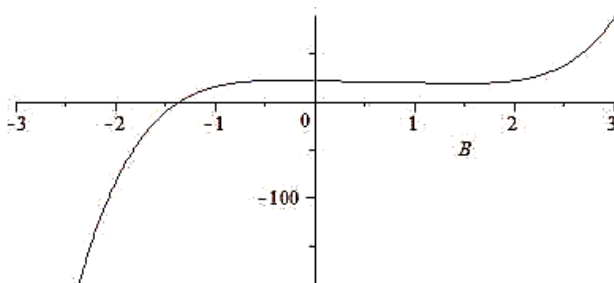


Рис. 1. График функции (5)

Равновесия R_0, R_1 не являются реальными равновесиями, поскольку в реальной ситуации $B(t) > 0, P(t) > 0$, т.е. биомасса и мера плодородия почвы – положительные величины. Поэтому делаем необходимый сдвиг в плоскости (B, P) к реальным значениям. Понятно, что и до сдвига и после сдвига $R_i \rightarrow R_i^* = (B_i^*, P_i^*)$ равновесие R_1^* имеет меньшее значение биомассы, чем R_0^* .

В соответствии с теорией катастроф, равновесие R_1^* при потере устойчивости перейдет скачком в равновесие R_0^* , а последнее в принципе может вернуться к равновесию R_1^* (пожар, рубка леса), но скорее всего следует ожидать бифуркации Андронова-Хопфа [3].

Поэтому скачкообразная смена $R_1^* \rightarrow R_0^*$ стационарного равновесия системы говорит о том, что лес переходит к равновесию, в котором он продуцирует больше биомассы, и при потере устойчивости этот стационарный процесс закончится переходом посредством бифуркации Андронова-Хопфа [3] к периодическому равновесию, к циклическим изменениям биомассы и состояния почвы.

Можно проинтерпретировать это как стационарное существование экосистемы в состоянии R_1^* с малой продукцией биомассы (посадки), затем переход к состоянию R_0^* с большей продукцией биомассы (зрелый лес), и, наконец, экосистема оказывается в состоянии, когда каким-то образом периодически меняется биомасса и плодородие почвы (пожары + восстановление леса после пожаров или вырубки + восстановление леса после вырубок).

Литература

1. Chaudhary M.M., Dhar J., Sah M G.P. Mathematical Model of Depletion of Forestry Resource: Effect of Synthetic Based Industries. // International Journal of Biological Sciences. 2013. Vol. 7, no. 4, P. 798–802.
2. Володченко Л.А. Модель плодородия почвы с точки зрения катастрофы <<сборка>> // Математическое и компьютерное моделирование: сборник материалов Международной научной конференции (Омск, 21 ноября 2014 г.). – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2014. – С. 25–26.
3. Марсден Дж., Мак-Кракен М. Бифуркация рождения цикла и ее приложения. – М.: Мир, 1980.

А.С. Егорина

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, г. Омск,
Россия*

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО КРИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УСЛОЖНЕННОГО СПИНОВОГО ВЕНТИЛЯ

Физика ультратонких магнитных пленок с толщинами от одного-двух атомных слоев до нескольких десятков слоев является направлением интенсивных научных исследований в течение последних лет [1]. Повышенный интерес ученых вызван целым рядом уникальных свойств пленок, отличающихся от свойств объемных материалов, что обуславливает важность этих новых объектов как для развития фундаментальных основ физики магнетизма и физики поверхности, так и для практического приложения [2]. Ультратонкие пленки из магнитных металлов и сплавов являются составляющими элементами магнитных спин-вентильных структур (рис. 1), которые активно применяются в устройствах с эффектами гигантского магнитосопротивления (ГМС) [3].

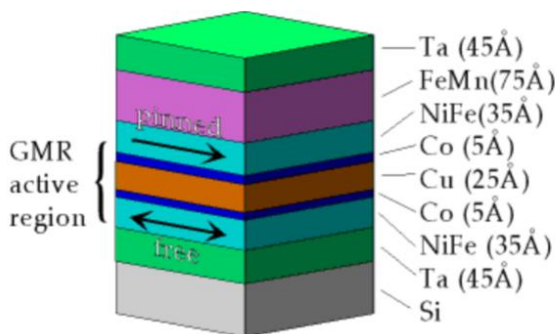


Рис. 1. Спин-вентильная структура на основе ультратонких магнитных пленок [4]

Спиновые вентили, образованные на основе ультратонких магнитных пленок, находят широкое применение в микроэлектронике, вычислительной физике [5], клинической биомедицине [6]. Магнитные пленки обладают рядом уникальных особенностей, способствующих повышению плотности записи информации, точности и быстродействия запоминающих устройств и в ГМС-сенсорах для обнаружения и измерения биомолекул [7].

Проведено моделирование равновесного поведения обычного спинового вентиля, описываемого трехмерной анизотропной моделью Гейзенберга с анизотропией типа «легкая ось». Получены гистерезисные эффекты в зависимости намагниченности от приложенного внешнего магнитного поля в обычных спин-вентильных структурах. Верхний «свободный» слой спин-вентильной структуры, помещенной в слабое магнитное поле, легко изменяет конфигурацию магнитных моментов вслед за полем, выстраивая ее антипараллельно нижнему слою. Присутствие такого перехода указывает на наличие гигантского магнитосопротивления.

Проведено моделирование неравновесного поведения усложненного спинового вентиля, описываемого трехмерной анизотропной моделью Гейзенберга с анизотропией типа «легкая ось». Рассмотрены физические свойства усложненной спиновой структуры, состоящей из трех ферромагнитных слоев, разделенных пленками немагнитных металлов, где один из ферромагнитных слоев спарен с антиферромагнетиком, закрепляющим намагниченность данного слоя. Изучены временные зависимости намагниченности в усложненном спиновом вентиле. Проведен анализ релаксации намагниченности из высокотемпературного и низкотемпературного начального состояния. Выявлены эффекты старения, которые были подтверждены коллапсом данных для динамических скейлинговых зависимостей

Литература

1. *Vaz C.A.F., Bland J.A.C., Lauhoff G.* Magnetism in ultrathin film structures // *Rep. Prog. Phys.* – 2008. – Vol. 71. – P. 056501.
2. *Прудников В.В., Прудников П.В., Мамонова М.В., Медведева М.А.* Теоретические методы описания критических свойств ультратонких пленок: монография. – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2016. – 138 с.

3. *Baibich M.N., Broto J.M., Fert A., Van Dau F.N., Petro F., Etienne P., Creuzet G., Friederich A., Chazelas J.* Giant magnetoresistance of (001)Fe/(001)Cr magnetic superlattices // *Phys. Rev. Lett.* – 1988. – Vol. 61. – P. 2472–2475.
4. *Anthony T. C., Brug J. A., Shufeng Zhang.* Magnetoresistance of symmetric spin valve structures. *IEEE Transactions on Magnetics*, 30(6), 3819–3821.
5. *Прудников В.В., Прудников П.В., Мамонова М.В., Медведева М.А.* Теоретические методы описания критических свойств ультратонких пленок: монография. – Омск: Изд-во Ом.гос. ун-та, 2016. – 138 с.
6. *Subhas Chandra Mukhopadhyay, Komkrit Chomsuwan, Chnithaka P. Gooneratne, Sotoshi Yamada.* A Novel Needle-Type SV-GMR Sensor for Biomedical Applications // *IEEE Sensors journal.* – 2007. – Vol. 7, no. 3. – P. 401.
7. *Djamal M., Ramli, F. Haryanto and Khairurrijal.* GMR Biosensor for Clinical Diagnostic // *Biosensors for Health, Environment and Biosecurity.* – 2011. – P. 149–164.

Т.В. Костеннов

*Омский государственный университет имени Ф. М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

**УПРАВЛЕНИЕ ТЕПЛИЧНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА МОДЕЛЕЙ ТЕПЛИЧНЫХ СИСТЕМ
И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ
ОБ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ**

Питание – неотъемлемая часть жизни любого человека, потребность в еде возникает у нас каждый день. Рост численности населения, изменения климата и урбанизация приводят к повышению спроса на продукты. Однако не всегда этот спрос может быть удовлетворён классическими агротехническими методами. К примеру, в эффективном выращивании агрокультур даже в средних широтах помогают теплицы. Доля теплиц в сельском хозяйстве растёт, и, по прогнозам исследователей, данная тенденция будет сохраняться.

Появление автоматически управляемых теплиц и оранжерей произвело революцию в сельском хозяйстве, повысив эффективность выращивания теплолюбивых растений в холодном климате. С каждым годом в тепличных предприятиях все большее внимание уделяется качественному поддержанию микроклимата.

Правильно выбранный алгоритм поддержания микроклимата – одна из важнейших составляющих, позволяющих повысить урожайность. А эффективное использование энергоресурсов – дополнительная возможность существенно уменьшить себестоимость производимой продукции.

Предложен алгоритм управления тепличным хозяйством на основе анализа опытных данных о функционировании тепличных систем с использованием опытной установки и теоретических моделей тепличных систем с использованием методов теории игр.

Секция
«Социокибернетика и социология»

УДК 51-7

В.А. Еровенко, Е.Ю. Шувалова

*Белорусский государственный университет,
г. Минск, Беларусь*

**МАТЕМАТИКА И ГЕОГРАФИЯ:
ФИЛОСОФСКИЙ СИНТЕЗ МЕТОДОЛОГИЙ
КОГНИТИВНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ВЗАМОДЕЙСТВИЯ**

Путешествующих людей никогда не оставят равнодушными объекты *«географической среды»* европейских стран и особенно вдохновляющая в минуты покоя очаровательная красота природы нашей страны. География, возникшая в ранней античности, представляет сейчас междисциплинарный синтез, который связан с гуманитарной географией, восстанавливающей ее человеческо-значимый характер, и с познавательными возможностями, которые формируются на основе математических и естественнонаучных принципов. «География – наука “*всеядная*”, и за несколько тысяч лет она накопила огромный материал научных и ненаучных фактов, которые осмыслить и, как писала Б. Ахмадулина, “*вылепить из лунного свечения тяжёлый осязаемый предмет*” не смогла» [1, с. 153]. Наша задача более скромная – проанализировать междисциплинарные связи математики и географии с точки зрения их когнитивного взаимодействия. Для этого надо понять место географии среди естественнонаучных дисциплин в изучении *«географической реальности»*, вопрос о которой не так прост.

Римский политик и философ-стоик Сенека писал: «*Docendo discivus*» – «*Обучая, мы учимся сами*». Тогда при совместных эмпатийных усилиях и вспыхивают «искорки интеллекта» в глазах обучаемых. В философии и методологии математического образования очень важно не только мнение профессора математики на взаимодействие математики и географии, но еще и непредвзятое мнение студентки-географа, гармонично сочетающей «восторженность» с «эмоциональной обнаженностью». Ее зовут Лиза, как и красотку-героиню комедии «Укрощение строптивого», которой «добрый внутри» Элиа нарочито-хамовато сказал: «Это не ваша вина». Она никогда не оспаривала того, что математика очень важна, однако за все годы учёбы ей не удалось встретить учителя математики, который был бы увлечён своим предметом. В результате она так и не смогла ни понять, ни принять, ни уж, тем более, полюбить математику. Но все изменилось, когда она поступила в университет и наконец встретила удивительного профессора математики. С каждым занятием у нее просыпался интерес к лекционным темам по математике. Профессор создавал условия для ее развития и учил «*самостоятельно мыслить*», а еще очень щедро поощрял за усердие всех студентов, повышая их мотивацию к изучению своего предмета.

Зачем надо знание высшей математики студентам-географам? Самый первый вопрос, который при этом возникает: зачем вообще нужно знание формально-абстрактных понятий математики, если сама география вполне себе может довольствоваться знаниями эмпирических данных, которые, к сожалению, не поднимают на мировоззренческий уровень географическую культуру. Но актуальная сейчас проблематика абстрактного воображения в географических инновациях возникла еще в середине прошлого века, когда в географической науке появилась «*математическая география*», которая абстрактно-логически, неформально раскрывает понятие «географическое воображение». С одной стороны, «*математический образ*» – это часть воображаемой реальности, а с другой стороны, «*географический образ*» – это уже сама реальность, даже если мы не можем пока формально и строго определить эти понятия [2, с. 30–31]. Однако практически необходимость обращения к математической методологии

диктовалась растущим потоком географической информации. С точки зрения когнитивно-педагогического взаимодействия математики и географии философско-методологический синтез расширяет все «горизонты мыслимого», так как, согласно Берtrandу Расселу, *«синтез ведет от существующего к еще не существующему»*. Поэтому философский синтез в математико-географическом исследовании – это не просто продолжение качественного и количественного анализа, а поворотный момент в когнитивном географическом мышлении.

Математику в географических исследованиях можно применять, если система понятий в них сформулирована настолько четко и ясно, что они допускают *«математическую обработку»*. Поясним сказанное на таком примере. Возьмем общегеографическую карту любого региона Беларуси. Разместим теперь уменьшенную копию карты на карте этого региона. Почему эти карты совпадут ровно в одной географической точке? Ответ на этот «познавательный-знаниевый вопрос» дает известная математическая теорема функционального анализа *«принцип сжимающих отображений»*. Хотя важнейшим условием философского синтеза математики и географии является усовершенствование их понятийного аппарата, есть еще одна ключевая методологическая трудность. «Отмечая важную роль математики в современном познании, следует констатировать, что математические средства имеют пределы своей применимости, а поэтому математику нельзя считать универсальной познавательной отмычкой. Слабость математики заключена в ее силе, в том, что в математическом описании находит отражение формально-количественный аспект действительности» [3, с. 259]. Тем не менее, географическая наука, используя философско-методологический синтез, может формализмы «чистой математики» тоже наполнять своим конкретно-практическим содержанием и строить на этой основе собственные теории, так же как в естествознании уже используется прикладная математика, основанная на теоретическом знании.

Теоретическая география исследует математически формализуемые, и неформализованные или, так называемые, *«содержательные модели»*. Как вообще в любом естественнонаучном знании применение математического моделирования в географии ис-

пользуется довольно широко, так как оно позволяет не только анализировать, но и исследовать, и прогнозировать быстротекущие события. Но результативность географо-математических исследований ограничивается несовершенством системного аппарата. В образовательном контексте математика рассматривается как формально-абстрактное или «условно содержательное» моделирование явлений, что отличает ее от географии, исследующей те же явления менее формальными способами. «С помощью математических методов исследователи не в состоянии до сих пор комплексно осознать и проанализировать всю совокупность элементов территориальных систем. Ученые объясняют это их исключительной сложностью, зависимостью от многих внутренних и внешних факторов и подчеркивают необходимость упрощения и схематизации» [4, с. 9]. Поэтому разумные сочетания как формального, так и неформального при решении проблем географии с использованием математическо-географического моделирования вызывают необходимость методологического обоснования моделирования в географии. Безусловно, сказанное отражается на преподавании даже небольшого курса высшей математики студентам-географам, в котором неизбежная для них проблема понимания является в университетском образовании ключевой.

При изучении математики студент-географ должен демонстрировать понимание, ориентированное на раскрытие смыслов, а не сообщать о них. Заметим, что философско-рефлексивный синтез методологии когнитивно-педагогического взаимодействия наук с помощью критического анализа «*феномена понимания*» выявляет также проблему о критериях оценки результата понимания. Например, если говорить о проверке понимания сущности нового математического понятия, то понимание дидактически сложных математических объектов связано с особенностями формально-логического мышления, поскольку оно по сути включает в себя выделение ключевых понятий математики и выявление их соотношений с другими математическими понятиями и их взаимодействиями. Такой подход к передаче знаний при обучении студентов-географов по существу меняет саму структуру понимания, хотя иногда все же выясняется, что студент даже «*что-то понял, но не так*». Ещё Елизавета Шувалова хочет доба-

вить то, что профессор В.А. Еровенко научил ее рационально-грамотно вести конспекты, чтобы было удобно найти нужную ей информацию. Теперь все ключевые определения и утверждения в ее личных конспектах выделены яркими маркерами, поэтому она быстро находит то, что ей нужно. Но, к сожалению, высшей математики не будет на протяжении всего обучения и ей уже будет не хватать этих увлекательных лекций и практик.

В междисциплинарной специфике географических исследований целесообразно также указать на философско-методологическую проблему *«невычислимой природы понимания»*. Ключ к пониманию тем математики лежит в когнитивном расширении фундаментального опыта познания. Поэтому в междисциплинарном синтезе математической составляющей университетского географического образования следует акцентировать внимание на уровне понимания, как наиболее существенной стороне когнитивного содержания фундаментального знания. Истинный смысл самостоятельного содержательного научного творчества в географической науке заключается в альтернативном понимании того, что не включают другие дисциплины и чем определяется предмет географии. Именно синтез географии с другими теоретическими науками придает ей *«когнитивную конкретность»* и целостное представление об основаниях географической картины мира. «Теоретическая наука формируется на стыке математики и содержательного знания сквозных системных теорий. Она проецирует общезначимые математические соотношения во все области науки с учетом естественных ограничений» [5, с. 123]. В таком общем теоретико-математическом контексте «география и негеография» формируют единое образовательное пространство, обеспечивающее решение задач.

P.S. До сих пор среди преподавателей математики для нематематиков есть еще креативные преподаватели, которых можно репрезентировать как *«локальные максимумы»* на графике *«индивидуальных успехов студентов»*. «Успех не приходит сам по себе» – это преподаватель старательно ведет к нему. Даже если у преподавателя раньше был профессиональный успех, вызывавший позитивные эмоции, то сейчас уже пришли новые студенты и все опять надо начинать сначала. Но, наблюдая за их успехами

в познании высшей математики, профессор в неизбежных философски-рефлексивных размышлениях снова, по-прежнему, *«радуется их радости»*.

Литература

1. *Шальнев В.А.* Успехи и проблемы современной географии на рубеже веков // Наука. Инновации. Технологии. – 2014. – № 1. – С. 153–160.
2. *Ерovenko В.А.* Когнитивные технологии обучения математике в инновационном географическом образовании // Инновации в образовании. – 2019. – № 9. – С. 30–41.
3. *Рубцов В.А., Степин А.Г.* Математика и география (современный взгляд на проникновение математики в географическое знание) // Вестник Ассоциации российских географов-общественников. – 2016. – № 5. – С. 255–269.
4. *Гладкий А.В.* География в постнеклассическом мире: новые концепции и идеи географического пространства // Псковский региональный журнал. – 2015. – № 21. – С. 3–16.
5. *Черкашин А.К.* География и негеография // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – 2015. – Т. 14. – С. 108–127.

В.А. Еровенко, В.А. Прокопчук

*Белорусский государственный университет,
г. Минск, Беларусь*

**СОЦИАЛЬНЫЙ ФЕНОМЕН
«МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТРЕВОЖНОСТИ»
У СТУДЕНТОВ ХИМИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО
НАПРАВЛЕНИЯ**

Математическая тревожность берет свое начало уже в школе, когда родители начинают акцентировать внимание на математике. Поскольку данная наука учит анализировать, заставляет мозг работать, то ученики, а также их родители, ждут хорошие оценки по этому предмету. Думая об оценках, учащиеся начинают на этом заикливаться, так как они боятся получить неудовлетворительную оценку («синдром отличника»). Так в уже проведенных ранее исследованиях было установлено, что тревожные испытуемые при изучении высшей математики, в отличие от студентов с низкой тревожностью, в стрессовых ситуациях отвечают быстрее, но менее точно. Например, под «математической тревожностью» студентов химико-фармацевтического направления явно понимается чувство напряженности, опасений и страхов, возникающих при изучении разных разделов высшей математики. Возможно, именно поэтому «необходимо делать акцент на компоненте контроля и саморегуляции негативных эмоций, а также учитывать значимость “опережающего эффекта” контроля негативных эмоций как условия минимизации негативного влияния математической тревожности на успешность математической деятельности» [1, с. 12]. Однако даже изначально социальный посыл математической тревожности студентов по сути связан с начальным математическим опытом.

Поэтому математическая тревожность естественно присутствует, когда сложно усвоить новый материал, так как бывает та-

кое, что может наступить «ступор» и становится ничего не понятно, что косвенно влияет на понижение веры в себя. Но в философии математического образования студентов-фармацевтов химического факультета университета особый интерес представляет конкретизация и обоснование тревожности с точки зрения дифференциации страха при изучении математики, неуверенности в достижении личного успеха в изучении и понимании высшей математики и разные сопутствующие психофизиологические реакции на ситуативную тревожность, приводящую к *«стабильной нестабильности»* и ошибкам. В состоянии математической тревожности при отсутствии психологического самоконтроля негативные переживания студентов связаны не только с трудностями решения математических примеров, но и с ожиданием оценки выполненной самостоятельной контрольной работы по математике.

Лекционное преподавание в «живом» общении предполагает также эмпатийное взаимодействие преподавателя со студентами, как социальных существ, которым навыки математического стиля мышления дистанционно не передаются [2]. Народная мудрость, которая гласит: *«Научить ничему нельзя, можно только научиться»*, только актуализирует эту проблему. Математическая тревожность не всегда обусловлена только отсутствием способностей к изучению математики, так как, например, она может еще возникнуть благодаря низкой самооценки своих возможностей, ощущения дискомфорта или неуверенности в себе, а также страхе и боязни ответов в аудитории. Что же касается химиков-фармацевтов, то это чаще всего успешные студенты-перфекционисты с складом ума, которые способны рационально анализировать и хорошо логически рассуждать.

Скромная и восприимчивая студентка Вероника Прокочук считает важной роль преподавателя в разрешении ситуаций с математической тревожностью, вселяющего уверенность и спокойствие в студента: «Мне в этом плане повезло, так как поступив на специальность фармацевтическая деятельность мой преподаватель высшей математики, профессор Еровенко Валерий Александрович сразу же заметил мою неуверенность и возможно тревожность, что не могло меня не впечатлить. Наше общение

помогло перестать бояться ошибок, постоянно быть внутри учебного процесса, а не сокрушаться, думая, как это очень сложно и уж лучше я просто посижу и помолчу на занятиях». Также, очень важно, что профессор никогда не отчитывает студента, даже когда у него что-то не получалось, и я считаю это одним из самых очень важных и позитивных моментов в борьбе с математической тревожностью. Студент не испытывает стресс, допускает ошибку, или задает свой вопрос, не боясь показаться глупым, когда знает, что преподаватель отреагирует адекватно и при необходимости объяснит трудное место более доступным, *«образно-метафорическим языком»* и даже может еще при этом пошутить, чтобы снять непонимание.

Связь между математической тревожностью и успехами в изучении высшей математики является взаимно обусловленной. Математическая тревожность слабо подготовленных и пусть даже хорошо мотивированных к изучению высшей математики студентов-фармацевтов не связана линейно только лишь с математической успешностью. С одной стороны, любая математическая тревожность в сущности снижает математическую продуктивность. Справиться с такого рода *«депрессивным настроем»* помогают «бытовые» примеры, использующие математические понятия, но сложность в том, что многие профессиональные примеры есть только в специальной литературе [3]. Однако, с другой стороны, некая избыточная самоуверенность, когда студент начинает *«давать звезду»*, считая, что он всегда прав в неправильном понимании, то неумение рефлексировать над своими знаниями хуже феномена математической тревожности.

Рефлексивный анализ педагогического опыта учебной деятельности в обучении математике позволяет утверждать, что феномен математической тревожности у будущих фармацевтов, возникающий как естественный элемент обучения позволяет развить у студентов способность не бояться математических ошибок, так как осознанное изучение математики – это *«проход через ошибки»*. Создание специальной творческой атмосферы преподавателем – это очень важный способ избавления от математической тревожности. Так, по существу, исследование феномена математической тревожности подтвердило, что для отдельных слабо мотивирован-

ных к обучению студентов наиболее психотравмирующей ситуацией является не сам процесс непонимания какой-либо математической темы, а ситуация, связанная с оценением контрольных мероприятий. Хотя у студентов-фармацевтов математическая тревожность проявляется лишь с некоторыми типами математических вопросов при решении сложных задач.

В психологической литературе различают тревожность как социально постоянное свойство личности и тревогу как относительно длительное реальное отрицательное эмоциональное состояние человека, связанное с изменением когнитивной деятельности в изучении высшей математики. Поэтому стимуляция студентов-фармацевтов, поощрение при выполнении математических заданий, их совместная работа в группе тоже играют существенную роль, снижая тем самым напряженность. Непонимание математики, опираясь на *«тревожные мысли»*, затрудняет выполнение простых математических операций и мешает сосредоточиться на важных стратегиях математического познания. Однако те студенты, которые не стесняются спрашивать, избегают *«проблем непонимания»*.

P.S. В критических ситуациях, избавляясь от тревожных мыслей, у заинтересованных в своем обучении студентов-химиков есть возможность обратиться за помощью к профессору математики. Поэтому для снижения математической тревожности изучение курса высшей математики лучше позиционировать как некий *«особый вызов»*, который следует достойно принять, но не как что-то очень сложное или *«невыполнимое»*.

Литература

1. Богданова О.Е., Ковас Ю.В., Богданова Е.Л., Акимова К.К., Гын-ку Е.И. Феномен математической тревожности в образовании // Теоретическая и экспериментальная психология. – 2013. – Т. 6, № 4. – С. 6–17.
2. Еровенко В.А. Философская рефлексия проблемы мотивации изучения высшей математики будущими химиками в системе дистанционного образования // Инновации в образовании. – 2021. – № 4. – С. 59–74.
3. Зубов Н.Н., Умаров С.З., Бунин С.А. Математические методы и модели в фармацевтической науке и практике. – СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2008. – 248 с.

O. Kosheleva, V. Kreinovich

University of Texas at El Paso, El Paso, Texas, USA

**WHY HISTORICALLY, MANY OPPRESSIVE REGIMES SURVIVED
FOR A LONG TIME:
A SIMPLE MATHEMATICS-BASED EXPLANATION**

Phenomenon. Historically, many oppressive regimes, in which most of the population was unhappy with the rulers, have successfully survived for a long time. Why did it happen that while the vast majority of people were clearly against the regime – and had the power (caused by sheer numbers) to overthrow it – they remain docile. That they had this power can be seen, e.g., from the fact that in many cases, after many decades (and sometime even centuries) of oppression, they reasonably easily overthrew the oppressive regime – but why have not they done this earlier?

In each specific case, historians provide convincing specific explanations for the delay. However, the phenomenon is so general that, in our opinion, deserves a general explanation, explanation not related to any specifics of the regime. Such a general explanation is what we aim to provide.

Our explanation. We are all individuals. We are all different. A person cannot simply follow what others say, cannot simply feel good towards everyone else and towards everyone's actions and ideas -- our feeling of difference necessitates that we actively oppose some other people. For simplicity, let us denote by N the average number of other people with whom an individual actively disagrees.

This negative attitude can be expressed towards people we know – for the simple reason that it is difficult to seriously disagree with someone who we do not know. This means either people in our close vicinity – our family, our neighbors, our co-workers – or people in the elite about whom everyone knows.

In democratic situations, some of the active negative attitude is located against our neighbors, some against the elite, and there is a healthy amount of both. However, in an oppressive regime, an active opposition to the regime is immediately suppressed. As a result, all the active negative attitude becomes directed towards our neighbors. As a result, while most of the folks may be against the regime, they are so much negative against each other than they cannot get together to fight the regime. And so the oppressive regimes survive.

Side effect. An interesting side effect of this analysis is a possible explanation of why some ethnic groups – e.g., Jews – seem to have more internal disagreement than others – the joke says “two Jews, three opinions”. An explanation is simple: most of the time, Jews lived under regimes that were especially oppressive to them, so naturally their natural negativity turned to their own neighbors – i.e., to others from the same ethnic group.

So what do we recommend? Honestly, we are just trying to explain the phenomenon, we do not know what currently oppressed folks should do.

It may seem, at first glance, that a natural idea is for all the oppressed people to forget their negative feelings towards each other and to jointly fight against the oppression, but historical examples show that this is not always the right strategy: there are real and important differences, and some negative feelings towards each other are well justified. Let us give two examples:

- in the early 1930s, German Communists organized several joint strikes with the Nazis, strikes whose ultimate aim was to overthrow the Weimar regime which both considered to be oppressive – and, as history showed, this did not do any good to the German Communists;

- not to mention the French Revolution, when many folks got together to overthrow the oppressive king – and then many heroes of this successful revolution were guillotined by other revolutionaries.

So our goal is just to explain the historical phenomenon.

V. Kreinovich

University of Texas at El Paso, El Paso, Texas, USA

**WHY GOLD IS SO IMPORTANT IN FOLKLORIC PREDICTION
RITUALS: A POSSIBLE EXPLANATION**

Phenomenon to be explained. In many folkloric prediction rituals – e.g., in the traditional Romani predictions – gold is so important for predictions that without it, there can be no prediction. Moreover, gold seems to be used in the prediction process – to get a more accurate prediction, an additional amount of gold is needed. What is the reason behind this?

One may think that this is simply the need to provide something valuable – but this naïve interpretation does not explain why other valuable entities such as cash or precious stones or other precious metals like platinum or silver do not help: what is needed is gold and nothing else.

An explanation. The most natural way to learn what is happening at some spatial location is to get information from this location. For this, it is sometimes necessary to send a request to this spatial location.

Similarly, the most natural way to learn what will be happening at a future moment of time is to receive a signal from there. To get this signal, we need to send a request to this future moment of time.

In principle, we can imagine two different ways of sending this request (and similarly, two different ways of receiving the resulting signal): either as an immediate transition or as a continuous process. So far, most physical processes seem to be continuous; see, e.g., [1; 2]. Even seemingly abrupt transitions like explosions or phase transitions are only abrupt from the macro-time viewpoint: in reality, each atom changes its state continuously. From this viewpoint, it is reasonable to conclude that sending a request to the future moment of time

and getting signals from this future moment of time are also continuous processes.

What does this mean in physical terms? It means that whatever material body is sending this request must go to the future, i.e., it must experience a significant chunk of time – between us and this future – while for us, the corresponding perceived period of time will be much shorter: just the interval between our request for prediction and the moment when the prediction is pronounced. In other words, what could be a minute or so for us will feel like years for the corresponding material body.

We want this material body to travel safely and not disintegrate during this long travel (long from its own time). On Earth, most of the materials eventually undergo some chemical reactions: organic molecules decompose, iron rusts, etc. So, to make sure that the material body can successfully travel to the future (and back), we need to make sure that at least its upper layer is made of the material which is the least vulnerable to chemical reactions – and out of all elements of the periodic table, the least vulnerable is indeed gold (of course, there are also inert gases, but we are interested in solid bodies).

This explains why gold is needed, but why do we need new gold? A simple explanation is that while gold is the most inert, it is completely inert: it does get into chemical reactions. We may not feel it in our everyday life, where, in contrast to objects made from other materials, golden objects remain stable, but during a long period of time, such reactions are possible – especially if we are talking about sped-up travel, where we will probably encounter high temperatures and/or pressures, factors that speed up chemical reactions.

Caution. We are *not* claiming that folkloric predictions are indeed physically real. What we *are* saying is that if we believe – as many people did in the past and some people believe still – that these predictions are real, then it is logically reasonable to conclude:

- that gold is needed for such predictions, and
- that the more gold is utilized, the more information we will get from the future – and thus, the more accurate will be our predictions.

References

1. *Feynman R., Leighton R., Sands M.* The Feynman Lectures on Physics. – Boston, Massachusetts: Addison Wesley, 2005.
2. *Thorne K.S., Blandford R.D.* Modern classical physics: optics, fluids, plasmas, elasticity, relativity, and statistical physics. – Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 2017.

А.Ю. Барзеева¹, М.В. Озерова²

*¹Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

²ООО «СРЕДА-М», г. Москва, Россия

ПРОТИВОРЕЧИВЫЙ ХАРАКТЕР ЕГЭ: ТЕНДЕНЦИИ «ЭКСПЕРИМЕНТА»

Введение единого государственного экзамена как формы итоговой аттестации школьников уже давно перестало быть просто экспериментом. Смысл ЕГЭ – это не примитивная совокупность школьных выпускных и вузовских вступительных экзаменов. ЕГЭ должен стать инструментом снижения дифференциации разных слоев социума с целью выравнивания шансов их представителей на получения качественного образования в равном доступе.

Применение ЕГЭ как итоговой формы проверки знаний и инструмента поступления в высшие учебные заведения – необходимость. Такая форма аттестации является повсеместной. При этом каждый год формат проведения экзаменов становится все более и более жестким, чтобы уничтожить любую, даже чисто гипотетическую, возможность списать.

Но так ли эффективен ЕГЭ как инструмент оценки знаний и равного доступа к получению высшего образования школьниками из разных социальных групп? Увеличился ли доступ к получению качественного образования у школьников из сел, семей с низким уровнем финансового дохода, или данный список социально уязвимых представителей социума расширился другими примерами? Оказываются ли семьи абитуриентов «в плюсе» в материальном плане, или же они несут двойные издержки, так как необходимо одновременно готовить детей и к сдаче ЕГЭ, и к вступительным вузовским экзаменам?

С 2008 года в России ЕГЭ – обязательная форма итогового контроля знаний выпускников школ. В последующие несколько лет начинают активно появляться публикации, посвященные

сравнительному анализу отбора абитуриентов по результатам ЕГЭ и олимпиад, а также их дальнейших успехов в учебной и профессиональной деятельности. Отмечается, что студенты, поступившие по результатам олимпиад, демонстрируют более высокие академические достижения, чем студенты, зачисленные по баллам ЕГЭ [1, с. 42]. Данная тенденция была отмечена во многих учебных заведениях, причем на кардинально отличающихся специальностях (химический и филологический факультеты).

Исследования эффективности вступительных экзаменов для прогнозирования дальнейшей успеваемости в университете имеют давнюю историю. В отличие от России, где ЕГЭ был введен как обязательный экзамен сравнительно недавно, американский аналог Scholastic Assessment Test (SAT) существует более ста лет. По результатам более сотни исследований коэффициент детерминации (R^2) в регрессиях между средним баллом за первый год обучения в колледже и результатами SAT принимал значения от 0.34 до 0.82 с медианой 0.61, что свидетельствует о зависимости среднего балла за первый год обучения в колледже от результатов итогового школьного тестирования [2, с. 307].

Стоит отметить, что аналогично американским прогнозам, отечественные социологи задавались вопросом валидности ЕГЭ как инструмента отбора абитуриентов. Со временем все большей модернизации ЕГЭ проблема доступности качественного высшего образования сменяется проблемой адаптации школьника к вузовской системе и его потенциальным повышением успеваемости за счет высоких баллов ЕГЭ. Т.Ф. Бурухина и В.Г. Винокуров в своем исследовании с помощью методов количественного анализа данных (ранговая корреляция, построение регрессионной модели) пришли к следующим выводам [3, с. 145]:

1. Результаты сдачи единого государственного экзамена не позволяют спрогнозировать уровень успеваемости студента в ВУЗе.

2. Фундаментальность проведения ЕГЭ способствует формированию основы для непрерывного обучения на протяжении всей жизни.

3. Решение проблемы адаптации первокурсников в рамках отдельно взятого ВУЗа способствует повышению успеваемости,

уменьшению отчислений, а также повышает качество самого образования.

Однако при всем этом тема ЕГЭ, его необходимости и эффективности по-прежнему остается дискуссионной. Исследование ВЦИОМ, проведенное в 2019 году, определило ключевое преимущество ЕГЭ – увеличение шансов на поступление в престижные вузы школьников из разных регионов страны, соответственно, проблема доступности постепенно решается (54 % респондентов подчеркнули это обстоятельство) [4]. Научная общественность выделяет главным преимуществом ЕГЭ – восстановление единого образовательного пространства [5, с. 120].

Российские ученые полагают, что введение ЕГЭ при всех своих преимуществах привело к необратимым последствиям: снижение образовательного потенциального молодого поколения, возникновение проблемы систематизировано и логически мыслить, грамотно излагать свою точку зрения. В то же время данные проблемы ЕГЭ не подвергаются системной научной экспертизе [6, с. 73].

Таким образом, введение ЕГЭ как обязательного формата итоговой аттестации школьников породило и обострило немало социальных проблем. Данный «эксперимент» обладает двойственным характером, и до сих пор не представляется возможным оценить формат единого государственного экзамена и его последствий однозначно со знаком плюс или минус.

Литература

1. *Пересецкий А.А., Давтян М.А.* Эффективность ЕГЭ и олимпиад как инструмента отбора абитуриентов // Прикладная эконометрика. – 2011. – № 3 (23). – С. 41–56.
2. *Fishman J.A., Pasanella A.K.* College admission selection studies // Review of Educational Research. – 1960. – Vol. 30, no. 4. – P. 298–310.
3. *Бурухина Т.Ф., Винокуров Е.Г.* Анализ успеваемости студентов младших курсов и ее связи с результатами ЕГЭ // Проблемы современного образования. – 2021. – № 2. – С. 139–147.
4. ЕГЭ как способ поступить в вуз: удобства и сложности. – URL: <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/ege-kak-sposob-postupit-v-vuz-udobstva-i-slozhnosti>.

5. *Мальцев А.В., Шкурин Д.В., Берзин А.Б.* Время идет, а проблема остается: ЕГЭ как зеркало российского образования // Новая психология профессионального труда педагога: от нестабильной реальности к устойчивому развитию. – 2021. – С. 119–122.
6. *Ростовская Т.К., Попова И.В., Кучмаева О.В.* Влияние единого государственного экзамена на состояние образовательного потенциала молодежи // Человеческий капитал. – 2019. – № 4 (124). – С. 64–75.

А.Ю. Барзеева, Л.А. Кудринская

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

РЕЗУЛЬТАТЫ ЕГЭ ПО ОБЩЕСТВОЗНАНИЮ И МАТЕМАТИКЕ: СРАВНЕНИЕ ТРЕНДОВ ПО РОССИИ И ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

ЕГЭ как единственная общероссийская форма выпускных экзаменов по окончании среднего образования введен в Российской Федерации с 2009 г. ЕГЭ проводится по 11 дисциплинам, в том числе по обществознанию и математике. Для анализа в качестве основного индикатора при оценке результатов ЕГЭ нами был взят средний тестовый балл. На основе данных Рособрнадзора нами была проанализирована динамика этого индикатора по двум дисциплинам на двух уровнях: РФ и Омской области [1–6]. Результаты приведены на рис. 1 и 2.

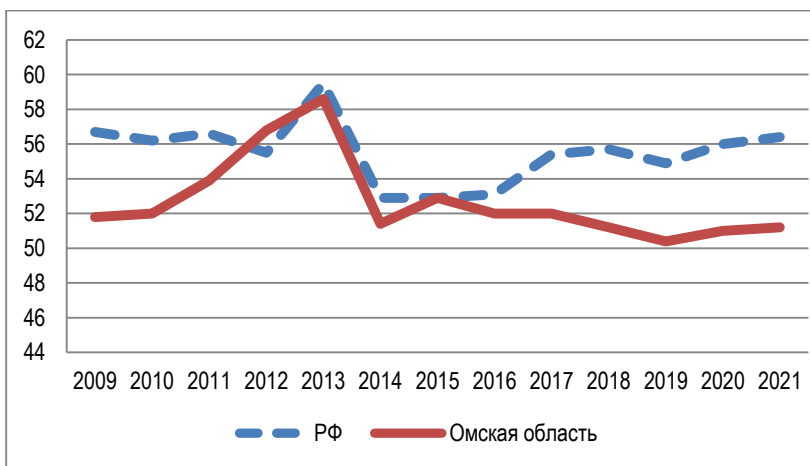


Рис. 1. Динамика среднего балла ЕГЭ по обществознанию в РФ и Омской области

Лишь в период с 2012 по 2016 гг. значения среднего балла ЕГЭ по обществознанию на двух уровнях почти одинаковы. В периоды с 2009 по 2011 гг. и затем в период с 2017 и 2021 гг. наблюдается значимое отставание среднего балла ЕГЭ по Омской области от общероссийских значений. Так, в 2021 году разрыв между РФ и Омской областью составил – 5,2 балла. На наш взгляд, требуется дальнейший углубленный анализ причин выявленного длительного отставания.

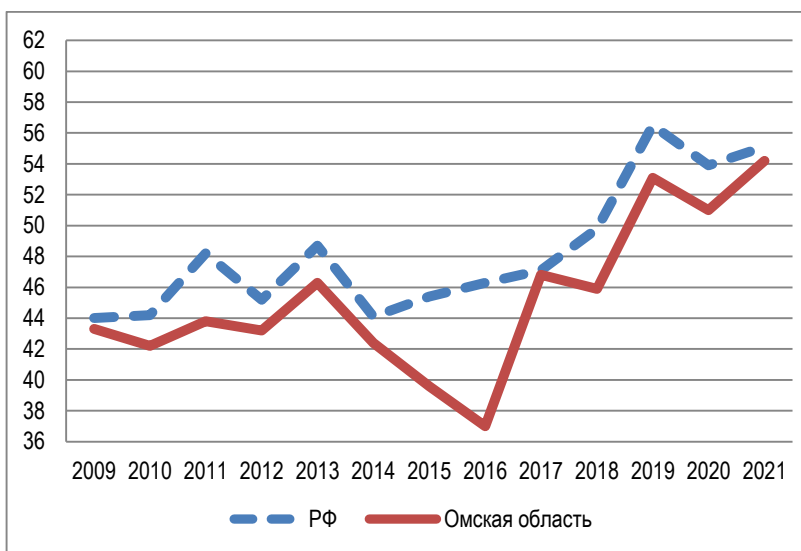


Рис. 2. Динамика среднего балла ЕГЭ по математике в РФ и Омской области

Положение дел с ЕГЭ по математике в Омской области значительно лучше, чем по обществознанию, т.к. нет серьезного отставания в средних баллах от уровня России. Отметим, что в период с 2014 по 2016 гг. наблюдался спад в значениях среднего балла по Омской области. Но начиная с 2017 года, в Омской области начинается постоянный рост среднего балла ЕГЭ по математике. В 2021 г. уровень среднего балла ЕГЭ на уровне России и Омской области практически одинаков.

Таким образом, на основе проведенного анализа следует говорить о необходимости выявления причин более низкого

уровня подготовки школьников по обществознанию в Омском регионе, чем в среднем по России. Одновременный анализ изменения в положительную сторону ситуации с ЕГЭ по математике будет очень полезен для системы управления образованием в нашем регионе. Это позволит разработать систему мер для повышения качества подготовки школьников в области обществоведения.

Литература

1. ЕГЭ 2021. – URL: <http://obrnadzor.gov.ru/tag/ege-2021/> (дата обращения: 21.10.2021).
2. Средние баллы ЕГЭ 2021. – URL: <https://4ege.ru/ege-gia/62402-srednie-bally-ege-2021.html> (дата обращения: 21.10.2021).
3. Средние баллы ЕГЭ 2019. – URL: <https://4ege.ru/ege-gia/58093-srednie-bally-ege-2019.html> (дата обращения: 21.10.2021).
4. Средние баллы ЕГЭ по годам. – URL: <https://4ege.ru/analitika/53609-srednie-bally-ege-po-godam.html> (дата обращения: 21.10.2021).
5. Итоги ЕГЭ и ОГЭ 2021. – URL: <https://www.novus55.ru/итоги-егэ-и-огэ-2021-г/> (дата обращения: 21.10.2021).
6. Рособрнадзор поблагодарил учителей, чья работа позволила сохранить стабильность результатов ЕГЭ в 2021 году. – URL: <http://omskportal.ru/novost?id=/oiv/mobr/2021/06/16/02> (дата обращения: 21.10.2021)

А.И. Соколова, Л.А. Кудринская

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ ДЛЯ БОРЬБЫ С КИБЕРБУЛЛИНГОМ

В современном мире у человека настолько обширны возможности для коммуникаций, что социум не оставляет нас ни на секунду. Мир насыщен людьми вокруг нас, как в реальной жизни, так и в виртуальной. Между тем, социальные сети набрали такую значимость для современного мира, что давно являются его двигателем: рыночная экономика целиком и полностью зависит от виртуального социума, здесь формируют тренды и спрос, определяют поведенческие паттерны для разных слоев общества и поколений. Бесконечный поток людей и информации в виртуальном пространстве словно стирают индивидуальность, а порой и совсем обезличивают.

В связи с таким положением дел, социология выходит на передний план с возможностью внести определенность и ясность в сложившиеся взаимосвязи в виртуальной сети. Анализ социальных сетей является одним из основополагающих принципов социологии, поскольку важность изучения шаблонов социального взаимодействия участников общества нельзя недооценить. Понятие «социальная сеть» введено в теоретическое использование ранним социологом Эмилем Дюркгеймом, задолго до формирования социальных сетей в современном представлении. Однако принципы анализа остаются неизменны – изучение социальных отношений через призму теории сетей, где участники являются узлами, а отношения между ними – связями. На основе анализа каждого узла в отдельности и формирующихся между ними связей, можно выделить ряд параметров: центральность (значимость конкретного человека в определенной группе), плотность (отношение количества связей одного человека над их средним коли-

чеством), сила связи (количество и значимость факторов, определяющих наличие связи), структурные пробелы (отсутствие связей между узлами) [1].

Применение данных методов в отношении социальной сети дает возможность смоделировать и визуализировать как общие закономерности, которые присущи всей социальной сети, так и сформировать портрет каждого участника в отдельности, основываясь на его «цифровом следе».

Американскими социологами С. Матцем, М. Косински в 2017 году было проведено исследование, согласно которому цифровой отпечаток позволяет крайне точно смоделировать психологический портрет каждого пользователя социальных сетей [2]. Данный таргетинг активно используется в современной рекламе, поскольку позволяет более точно попадать в потребности разных категорий людей. Как пример, приводится рекламная акция, которая предлагала пользователям социальной сети онлайн-кроссворды. Более открытым новому опыту – предлагалась яркая и вызывающая реклама, более консервативным – спокойная. Показатель отклика на рекламу был на 30 % выше аналогичной рекламы, но без целенаправленной выборки.

Однако каким ещё образом можно использовать моделирование, основанное на анализе социальных сетей? Опираясь на опыт американских коллег, видится перспективным использование моделирования социального поведения для борьбы с кибербуллингом в социальных сетях. Кибербуллинг – это повторяющееся намеренное воздействие одного либо группы лиц на жертву с целью нанесения ей психологического вреда и разрушения ее социального положения. Кибербуллинг можно определить как форму девиантного поведения, а его последствия носят травматичный характер, как для жертвы, так и для агрессора, поскольку данный способ самоутверждения травмирует психику подростка и стирает нравственные и социальные границы. Присутствует прямая зависимость между кибербуллингом и такими отклонениями в поведении подростков в реальной жизни, как низкая успеваемость, агрессия либо сложности в общении со сверстниками [3]. К России кибербуллинг имеет непосредственное отношение, так как результаты проведенного независимого исследования Ев-

рокомиссии EUKidsOnline говорят о том, что не менее 10 % подростков в России становятся объектами буллинга в социальных сетях. Используя все возможности моделирования поведения конкретного человека или группы, возможно предвосхитить негативные последствия кибербуллинга и создать здоровую среду для коммуникаций в социальных сетях.

Перспективы использования моделирования социальных сетей обширны, часть из которых уже нашла практическое применение. Однако следующий шаг должен быть направлен на повсеместное обеспечение безопасности в виртуальном социуме, поскольку наше будущее, во многом, в социальных сетях.

Литература

1. Правила социологического метода / Эмиль Дюркгейм; пер. с фр. и послесловие А.Б. Гофмана. – М.: Наука, 1991. – 173 с.
2. *Matz S.C., Kosinski M.* Psychological targeting as an effective approach to digital mass persuasion. – Princeton University, Princeton, NJ. – 2017.
3. *Симхович В.А.* Кибербуллинг как социальная проблема современного общества // *Философия и социология.* – 2017. – № 11. – С. 84–91.

А.С. Павлова, Л.А. Кудринская

*Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТАГАНРОГСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА Б.А. ГРУШИНА

Таганрогский эксперимент «Функционирование общественного мнения в условиях города и деятельность государственных и общественных институтов» (1967–1974) был нацелен на решение остро стоящих перед обществом социальных проблем и выделялся по сравнению с другими исследовательскими группами, проводившими одно/два тематических исследования, и масштабом, и системностью рассмотрения поднятых социальных вопросов, которые остаются актуальными до сих пор с позиции современных социологов. Интересно рассмотреть теоретическую и методологическую конструкцию данного проекта. Она основана на концепции массового сознания и предполагает разработку методов и процедур получения эмпирических данных. Предметом данного исследования стали два потока массовой информации: от органов социального управления к населению и от населения к этим органам.

Таганрогский эксперимент включал в себя 76 исследований, 72 из которых были реализованы полностью. Прорывом в этом исследовании стало решение не заниматься узкой пропагандой, а брать всю информацию, во всех ее видах и формах контактов публики с властью, на всех уровнях осуществления этих контактов. В исследовании рассматривалось четыре уровня информационных отношений между населением и властью: 1) страна в целом, центральная власть и каналы центра; 2) область и каналы области; 3) город и каналы города; 4) подразделения города и каналы этого уровня [1, с. 217]. Чтобы понять все эти многочисленные и разнообразные формы информационного взаимодействия между властью и населением, организаторам таганрогского экс-

перимента пришлось во многих случаях стать первопроходцами в разработке методов и техник таких полевых работ, как контент-анализ писем и документов собраний, массовые интервьюирования и тестирования. Например, Т.М. Дридзе первой применила семантический дифференциал Чарльза Осгуда в этой области, а В.Я. Нейгольдберг совместно с Я.С. Капелюшем разработали оригинальный дневник, который городские функционеры должны были вести каждый день, чтобы фиксировать свои контакты с населением [2, с. 19, 39].

В целом в рамках проекта были реализованы такие методы сбора информации, как: анкетирование; анализ содержания, в том числе материалов средств массовой коммуникации, документов государственных и общественных институтов, писем населения; интервью; тестирование; наблюдение; самофотография; анализ статистических данных [2, с.10]. Всего анкетными опросами было охвачено 16 159 респондентов, проведено 10 762 личных интервью и заполнено 8 882 бланков дневников. Методологические результаты этого проекта, сыгравшего роль учебного пособия для советских социологов, большей частью опубликованы под названием «47 пятниц».

Дизайн выборки среди населения Таганрога был построен по пропорциональной квотной выборке. Исследователи получили основу выборки путем проведения сплошной переписи взрослого населения Таганрога, принявших участие в выборах в местные советы весной 1967 г. По результатам этой переписи была рассчитана модель на основе четырех связанных параметров квот: социальное положение; пол; возраст; уровень образования [3, с. 524]. Перепись жителей Таганрога от 18 лет и старше, пришедших к избирательным урнам весной 1967 г., показала ошеломляющий результат: 11,3 % избирателей имели образование ниже 4-х классов и лишь 8,6 % – высшее [3, с. 524]. Несколько лет спустя часть результатов исследования, в том числе расхождение с официальной статистикой, авторы осмелились опубликовать в книге «Массовая информация в советском промышленном городе» [4]. За время исследования коллектив разработчиков полевых документов провел более 70 исследований, которые составляют ныне 93 SPSS-файла в базе Института социологии

ФНИСЦ РАН «Интегральная информационная система социальных данных». Фрагмент базы, относящийся к проекту «Общественное мнение», насчитывает свыше 160 тысяч полевых документов. Эти документы содержат фиксацию около 5 миллионов социальных фактов (ответов, характеристик событий и т. д.).

Таким образом, таганрогский эксперимент – крупнейший проект в истории отечественной социологии и один из крупнейших в рамках мировой социологии в целом по изучению функционирования общественного мнения в типичном российском городе. Проект «Общественное мнение» был и остаётся беспрецедентным явлением в научной и социальной жизни нашей страны, потому что в своем исследовательском коллективе Борис Грушин добивался строжайшего соблюдения профессиональных стандартов, скрупулезного выполнения процедур регистрации первичных данных, а малейшие нарушения карались отстранением от исследования.

Литература

1. *Батыгин Г.С., Ярмолюк С.Ф.* Российская социология шестидесятых годов в воспоминаниях и документах. – СПб.: Русский христианский гуманитарный институт, 1999.
2. *Грушин Б.А., Нейгольдберг В.А., Айвазян М.С., Оников Л.А., Смирнов Г.Л.* 47 пятниц: Программы и документы исследования. – М.: Институт конкретных социальных исследований АН СССР, 1969.
3. *Грушин Б.А., Оников Л.А.* Массовая информация в советском промышленном городе. – М.: Политиздат, 1980.

Ф.Н. Шарובה, Л.А. Кудринская

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СОЦИОЛОГИИ МАССОВОЙ КОММУНИКАЦИИ В 1960-Е ГОДЫ

У отечественных социологов в СССР основной теоретической парадигмой являлся марксизм-ленинизм, зарубежная литература не была легкодоступной. В этот период социологам приходилось работать с терминологией английского языка, где уже многие понятия сложились.

В 60-е годы XX в. начали активно формироваться отдельные предметные области советской социологии: социология труда и социология СМИ, социология города и социология театра и др. Это было детерминировано прикладными задачами развития общества, чем и обусловлен рост необходимости в профессionaлах.

В 1966 году произошла первая встреча социологов в Кяэрику (Эстония), в которой приняли участие наиболее известные социологи того времени (В.А. Ядов, Б.М. Фирсов, А.Г. Харчев, Ю.А. Левада, Б.А. Грушин, Л.А. Седов и др.). Тема встречи – «Методологические проблемы исследования массовой коммуникации». На этой встрече в первую очередь была обозначена роль социологии как «источника информации об обществе, получаемой по линии обратной связи» (Б.М. Фирсов). Также упоминались и цели исследований: с одной стороны, познавательные, поскольку «пока мы судим о том эффекте, который телевидение производит на аудиторию, лишь по собственным впечатлениям», а с другой – по геополитическим, поскольку находимся накануне «мировидения», а уверенности в том, что выдержим конкуренцию, нет.

Ю.А. Левада обозначил две наиболее общие целевые установки исследования массовой коммуникации: первая цель – изучение массовой коммуникации для улучшения эффективности

работы телевидения, радио, кино и т. д.; вторая – необходимость с помощью уже существующих исследований СМИ обозначить тезисы об обществе, его структуре, связях, о тенденциях развития в свете теории массового общества.

Также на этой встрече было дано определение массовой коммуникации и ее социальных функций (правда, без ссылки на ее автора – Г. Лассуэлла и без указания на тот факт, что его модель функций была дана как универсальная – для всех типов коммуникаций в обществе). Упоминалась и функция развлечения, необходимость в которой (как тогда предполагалось и позже подтвердилось) возрастет.

В фокус дискуссии попало и ключевое для социологии СМИ понятие – «масса». Для социологов понятие «масса» совершенно иное, нежели у марксистов (у марксистов делался акцент на роли масс в истории, в то время, как социологи более подробно рассматривали такие понятия, как «массовая политика», «массовая культура» и т. д.). Здесь же Ю.А. Левада дал описание существенных черт массовой коммуникации, ее отличия от других видов коммуникаций, прежде всего – межличностных и специальных.

На встрече были кратко изложены представления о физических, социальных, когнитивных, психологических барьерах в процессе восприятия информации; о видах эффектов, возникающих в процессе массовой коммуникации; обозначены свойства средств массовой коммуникации, социально-психологический смысл оперативности в передаче информации (формирование первичных установок происходит легче, чем их последующее изменение). Далее на последующих встречах в Кяэрику число участников и широта исследуемых вопросов росли.

В 1969 году появился сборник работ, подготовленных по большей части учеными новосибирской «школы» – «Социология печати». Данный сборник вобрал в себя все основные аспекты, которые озвучивались на прошедших встречах в Эстонии.

Также в 1960-х г. вышла известная монография Б.М.Фирсова, в которую он включил анализ результатов ранее проведенного эмпирического исследования телезрителей в контексте проблематики характерных для тех десятилетий научных рассужде-

ний о СМИ в целом и особенно телевидении. Монография содержала многие новые «сюжеты», связанные с методологией и методикой исследований. Автор впервые применил типологию телезрителей по количеству затрачиваемого времени на телепросмотры, а также уделил внимание наблюдениям и результатам исследований, которые привели к обнаружению ряда негативных эффектов влияния телевидения: десенситизации (снижения чувствительности, привыкания к трагическому содержанию), эскейпизма (бегства от действительности в вымышленный мир), ложной идентификации (мнимой близости с персонажами на экране), наркотизации.

1960-е годы сегодня представляются наиболее «богатыми» на теоретические и методологические прорывы в социологии СМИ. Обращает на себя внимание одновременный охват отечественной социологией многих областей исследований, желание исследователей догнать другие страны, наверстать упущенное за несколько десятилетий, освоить терминологию и методику исследований, совершить прорывные шаги и на теоретическом, и на эмпирическом уровнях.

Литература

1. *Фомичев И.Д.* Журналистика и социология. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995.
2. *Корконосенко С.Г.* Социология Журналистики. – М.: Пресс, 2004.
3. *Столочич Л.Н.* Социологи в Кязэрику // Телескоп. – 2010. – № 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsiologi-v-kyaeeriku>.

В.С. Смирнов, И.А. Петренко

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ГЕНЕЗИС СТЕРЕОТИПА И ЕГО РОЛЬ В ПРОЦЕССЕ СОЦИАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ

Динамизм современного мира, обусловленный вступлением общества в постиндустриальный период развития, ценностями которого являются обширный информационный поток и развитая сфера услуг, предопределил и упростил процесс межличностной и социальной коммуникации. Сегодня большая часть социальных действий, совершаемых индивидуумами в обществе, не подлежит критическому осмыслению, что детерминировано занятостью человека в различных сферах общественной жизни. Следовательно, происходит не что иное, как процесс реконструкции социального действия.

Свободный индивидуум, опираясь на сообщения и опыт других членов общества, складывает своё представление о том или ином социальном действии. Результатом этой причинно-следственной связи является фрагментарная атрофия навыка критического осмысления [1], что прослеживается в формировании феномена «стереотипного» мышления, основанного на отражении человеком только тех признаков, которые он может распознать.

Явление социальной стереотипизации является распространённым вариантом механизма перцепции, что прослеживается в неоднозначном восприятии друг друга членами общества. Подвергаясь эффекту стереотипизации, индивид начинает мыслить через призму коллективного сознания, тем самым депривировывая возможность выработки персонифицированного опыта, что подтверждает актуальность выдвинутой проблематики.

Уолтер Липпман, автор оригинальной концепции общественного мнения, подчёркивал, что стереотип является «упро-

ценным, заранее принятым представлением, не вытекающим из собственного опыта человека» [2].

Стереотип, являясь в той или иной мере целостной и упорядоченной картиной окружающего мира, безусловно, может выступать утилитарным механизмом адаптации личности к социальной среде, подверженной постоянным структурным аброгациям в рамках современного дискурса. Детерминантами отмеченного процесса выступают ценностные ориентации личности, его персонифицированный жизненный опыт, вкусы, способности и удовольствия [3].

Следовательно, стереотип отождествляет собой еще и адаптивную функцию, которая проявляется в определении социального положения индивидуума в обществе, формируя ему некий релевантный образ объективного мира, позволяющего чувствовать себя его неотъемлемой частью.

В своей монографии «Общественное мнение» Уолтер Липман выделял следующие теоретические аспекта стереотипов [4]:

1. Стереотип является упрощенной версией реальности;
2. Стереотип является продуктом непосредственной социальной коммуникации людей друг с другом и взаимодействия со средствами массовой информации;
3. Стереотип является ложным представлением, поскольку он приписывает индивидууму ту специфическую черту, которой он обязан обладать ввиду своей принадлежности к той или иной социальной группе;
4. Стереотип является устойчивым представлением, поскольку непосредственно связан с убеждением и основан на когнитивно-поведенческой модели личности.

Основываясь на вышесказанном, необходимо отметить, что стереотип выступает не только специфическим способом организации человеческого сознания. Являясь нетривиальной формой социального мышления, стереотип в достаточной мере асертивен и устойчив. Многовековая кросс-культурная деятельность человека сделала стереотип своим продуктом, который несёт собой информацию, необходимую для успешного прохож-

дения неотъемлемого этапа социализации личности – процесса социальной адаптации. Отметим, что феномен «стереотипного мышления» также носит дихотомичный характер, поскольку свободный и сознательный индивидуум самостоятельно вправе определять вектор социализации посредством использования системы стереотипов (от крайне негативных и радикальных до нейтральных и положительных).

Литература

1. *Луман Н.* Реальность массмедиа / пер. с нем. А.Ю. Антоновского. – М.: Праксис, 2005. – 256 с.
2. *Грошев И.В.* Полоролевые стереотипы в рекламе // Психологический журнал. – 1998. – № 3.
3. *Ослон А.* Уолтер Липпман о стереотипах: выписки из книги «Общественное мнение» // Социальная реальность. – 2005. – № 4. – С. 125–141.
4. *Липпман У.* Общественное мнение / пер. с англ. Т.В. Барчунова; под ред. К.А. Левинсон, К.В. Петренко. – М.: Институт Фонда «Общественное мнение», 2004.

В.Г. Вольвач, Д.Ю. Глушакова

*Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

**ТРАНСФОРМАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ КАТЕГОРИЙ
«ДОСУГ» И «СВОБОДНОЕ ВРЕМЯ»
В СОВРЕМЕННЫХ СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**

Теория досуга, как научное направление, сформировалась относительно недавно, в конце XX века, поэтому учеными активно ведется разработка категориального аппарата, в том числе определение сущности ее основополагающего понятия – досуга.

Прежде всего, следует отметить разное содержание понятий «досуг» и «свободное время», отражающее различные стороны и характеристики одного и того же социального явления. Разница в содержании сводится к тому, что свободное время – это некое пространство в текущей жизни, в рамках которого происходит деятельность, обозначаемая как «досуг». Иными словами, свободное время – это форма, досуг – содержание текущего времени человека.

В современном мире происходят значительные изменения в структуре труда и рабочей занятости, мы наблюдаем тенденцию к сокращению трудовой недели, развиваются формы удаленной вовлеченности в рабочий процесс. Увеличение количества свободного от работы времени приводит к переосмыслению общепринятой дихотомии «труд-отдых».

Исследователи отказываются от понимания досуга как дополнительной части жизни по отношению к ее центральному элементу – рабочему процессу. Трактовка «свободное время» претерпевает переосмысление за счет эфемерного представления, чем это время будет занято. Ученые, обращаясь к Аристотелю, хотят признать досуг как самостоятельную единицу человеческой жизни, осуществляемую ради себя самой.

Одним из основоположников изучения досуга является французский социолог Ж. Дюмазедье, создатель теории «цивилизации досуга». Ж. Дюмазедье определял досуг как деятельность, которая не связана с непосредственными обязательствами человека перед работой, семьей, обществом; такая деятельность обусловлена добровольным желанием социального участия, реализации своего творческого потенциала и необходимостью к отдыху и расслаблению и как центральное явление современной культуры [1, с. 95].

Американский психолог Дж. Келли видел досуг как социальный феномен, производное от культуры и продукт общественной системы [2, с. 173]. Дж. Келли не рассматривает досуг в качестве свободы, потому что в капиталистическом обществе социальная и экономическая среда гетерогенна, так в этом обществе не может быть одинаковых возможностей к реализации «свободного времени и свободного выбора» у всех его членов. Таким образом, досуг становится целенаправленной деятельностью, направленной на процесс в большей степени, чем на результат, очерченной в конкретных пространственно-временных границах, в которой основным ресурсом выступает время и социальное пространство.

Свобода выбора относительно досуговых практик особенно остро воспринимается учеными в современном обществе, которое принято называть «обществом» потребления. Это обусловлено ростом потребления продуктов досуговых центров, в частности в городах-мегаполисах, и тенденцией использования свободного времени для процесса потребления.

Британский профессор «Школы социологии и социальной политики» К. Робертс высказал мнение о таком качестве досуга как релятивность [3, с. 115]. Это качество обеспечивает свободу выбора досуговых практик, ввиду того, что досуг, являясь как будто бы менее значительным социальным институтом, не подвергает индивида такому контролю, как трудовая коллективная деятельность.

Исследования отечественных ученых фиксируют те же самые трансформации в категориях «досуг» и «свободное время», отражающих социальные процессы в современном российском

обществе. Так, Н.В. Зыбуновская и А.Н. Покида подвергают исследованию свободное время как необходимое условие здорового образа жизни [4, с. 37], а Н.С. Матюшенко наполняет содержание категории «досуг» экономическим смыслом, определяя его как часть индустрии развлечений [5, с. 54].

Зарубежные ученые указывают на то, что досуг оказывает влияние на социальные и экономические аспекты жизни человека в категориях «благополучие», «качество жизни» [3, с. 116].

Таким образом, трансформация в содержании категорий «досуг» и «свободное время» отражают изменения описываемых ими социальных процессов, которые сводятся к следующему:

1. «Свободное время», которое ранее трактовалось как «время, свободное от работы», сегодня приобретает вид «время, которым свободно распоряжается человек». Эта трансформация закрепляет, в том числе, все большую неопределенность и прозрачность границы между рабочим и свободным временем.

2. «Досуг», который изначально трактовался как «время отдыха от работы» сегодня наполняется содержанием деятельности, и все больше понимается, как деятельность (в том числе экономическая), организованная самим человеком, в отличие от рабочего времени, контролируемого корпорацией.

В постиндустриальную эпоху досуг становится основополагающим понятием в новой ценностной системе координат, особенно для молодых людей. Прослеживается тенденция становления культуры досуга, как самостоятельного социального института. Современный человек больше не отдыхает до или после работы, он целенаправленно увеличивает количество «свободного времени», осознавая ценность этого времени для личностного развития, продолжения социализации. Поэтому развитие социологии досуга (при использовании прочих научных дисциплин гуманитарного толка) является необходимым для понимания устройства сегодняшнего общества.

Литература

1. *Ярошенко Н.Н.* Понятие «Цивилизация досуга» в контексте зарубежных исследований // Вестник МГУКИ. – 2019. – № 5 (91), сентябрь–октябрь – С. 92–101.

2. *Клюско Е.М.* Современное состояние категориального аппарата теории досуга (по зарубежным исследованиям) // Вестник МГУКИ. – 2016. – № 1 (69), январь–февраль – С. 170–179.
3. *Черников И.А.* Современный досуг: между свободой и потреблением // Вестник МГУКИ. – 2019. – № 5 (91), сентябрь–октябрь. – С. 111–120.
4. *Зыбуновская Н.В., Покида А.Н.* Свободное время и досуг как условия формирования здорового образа жизни российского населения // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Социология. Политология. – 2011. – Т. 11, № 2. – С. 37–41.
5. *Матюшенко Н.С.* Методологические вопросы изучения свободного времени как основы развития индустрии досуга и развлечений // Известия Сочинского государственного университета. – 2013. – № 1 (23). – С. 54–59.

Е.С. Кадочникова, Ю.И. Деревянченко

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ЭГАЛИТАРНАЯ СЕМЬЯ И ПРОБЛЕМЫ ГЕНДЕРНОГО РАВЕНСТВА

Гендерные стереотипы, безусловно, влияют на институт семьи. Особенно сильно их влиянию подвержена сфера разделения домашних обязанностей между мужчиной и женщиной. Так, женщины гораздо больше времени уделяют выполнению дел по дому. Более того, гендерные нормы закрепляют эти обязанности за женщиной. Работа по дому в целом рассматривается как «неотъемлемая часть женской идентичности и расценивается как менее значимая, чем профессиональная занятость в публичной сфере» [1, с. 52]. Мужчине же отводится роль «кормильца семьи», больший упор делается на его достижения в профессиональной сфере, при этом к минимуму сведено его участие в работе по дому.

Наиболее либеральной моделью семьи является эгалитарная модель. Она строится на равноправии супругов: оба заняты в профессиональной деятельности и делят домашние обязанности между собой. Роль главы семьи здесь исчезает, так как все решения супруги принимают совместно; работу по дому выполняет не только женщина, но и мужчина (наравне с ней); к заботе о детях и их воспитанию привлечены оба супруга.

Однако на практике полностью эгалитарная семья является скорее «идеальным типом». Многочисленные исследования служат эмпирическим доказательством феномена «**ложной эгалитарной семьи**». Он заключается в том, что номинально семейные обязанности делятся пополам, однако при более близком рассмотрении выясняется, что большая их часть все еще возложена на женщину.

Ю.С. Задворнова, анализируя результаты проведенного исследования, отмечает следующее.

1. Модель семьи. Большинство респондентов разделяют эгалитарные установки, что проявляется в распределении домашних дел между ними. Так, 65 % опрошенных вносят денежный вклад в семью, 67 % – вместе распределяют семейный бюджет, 63 % респондентов воспитывают детей вместе, 53 % – выполняют домашние дела вместе.

2. Смысл понятия «семейные обязанности». Мужчины и женщины по-разному воспринимают этот термин. Так, для мужчин это материальное обеспечение и поддержка семьи, для женщины – ведение домашнего хозяйства. Поэтому 39 % женщин считают выполнение дел по дому своей обязанностью против всего лишь 2 % мужчин. А обязательства по воспитанию возложены на 36 % женщин и только на 1 % мужчин. Мужчины все же занимаются домашними делами, но лишь по выходным (36 %). В то время как 42 % женщин загружено такой работой ежедневно.

3. Разделение домашних обязанностей по гендерному признаку. Исследование показало, что дифференциация работы по дому между супругами происходит под влиянием гендерных стереотипов. Так, своими обязанностями женщины считают мытье посуды (89 %), стирку (88 %), приготовление еды (70 %), уборка дома (65 %). Обязанностью мужчин, по их мнению, является мелкий ремонт по дому (79 %), строительные работы (70 %), вынос мусора (76 %). Таким образом, делает вывод автор, разделение работы по дому в семьях все еще подвержено стереотипному представлению о гендерной роли женщины и мужчины.

4. Вывод. Выполнение дел по дому женщина воспринимает как свою обязанность, исполнение которой необходимо и не подлежит сомнению, в то время как мужчина расценивает это как **помощь** жене. При этом его участие в домашнем труде минимально и не зависит от занятости женщины на работе.

Таким образом, в семье создается **иллюзия эгалитарных отношений**, когда формально обязанности по дому поделены поровну между членами семьи, но на деле большая их часть закреплена за женщиной, которая воспринимает это как необходимость.

Если обратиться к данным ФОМ, можно увидеть, что именно порождает ощущение эгалитаризма. Согласно данным за 2013 год [3], 83 % респондентов считают, что обязанности по дому должны делиться поровну между мужем и женой. Действительно, и мужчины, и женщины выполняют одинаковые обязанности в семье, что дает ощущение равенства, но делается это не в одинаковом объеме.

Из табл. 1 понятно¹, что распределение домашних обязанностей в большинстве семей не отражает приверженность к эгалитарным установкам. Наоборот, мы видим, что труд дома сильно дифференцирован по гендерному признаку: женщины занимаются ведением домашнего хозяйства примерно в два раза больше мужчин. Исключение составляет только мелкий ремонт, где значительный перевес наблюдается у мужчин.

Таблица 1

<i>Вид деятельности</i>	<i>Мужчина, %</i>	<i>Женщина, %</i>
Мытье посуды	40	89
Приготовление еды	35	87
Покупка продуктов, хозяйственных товаров	47	80
Стирка	17	80
Влажная уборка	18	79
Протираание пыли	18	78
Глажка	11	69
Уборка пылесосом	34	68
Вынос мусора	58	65
Мелкий ремонт	60	24
<i>Другое</i>	8	7
<i>Ничего</i>	2	<1
<i>Затрудняюсь ответить</i>	<1	<1

Итак, распределение домашних обязанностей между членами семьи происходит под влиянием традиционных установок, что можно проследить по процентному соотношению ежедневно выполняемой работы по дому мужчиной и женщиной. Это противоречит мнению о том, что работа по дому в семье должна распределяться равномерно, и позволяет сказать, что на практике

¹ URL: <https://fom.ru/Rabota-i-dom/11595> (дата обращения: 08.06.2021).

эгалитарная модель семьи все еще не сложилась, так как фактическое положение дел свидетельствует о сильном влиянии патриархальных установок на модель поведения респондентов.

Литература

1. *Задворнова Ю.С.* Дифференциация домашнего труда в российской семье: гендерные стереотипы и современные тенденции // *Женщина в российском обществе.* – 2014. – №1 (70). – С. 52–59. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/differentsiatsiya-domashnego-truda-v-rossiyskoy-semie-gendernye-stereotipy-i-sovremennye-tendentsii> (дата обращения: 08.06.2021).
2. *Мезенцева Е.Б.* Мужчины и женщины в сфере домашнего труда: логика экономической рациональности против логики гендерной идентичности? // *Гендерное равенство: поиски решения старых проблем.* Международная Организация Труда. – 2003. – С. 50–72.
3. Семейные роли. – URL: <https://fom.ru/TSennosti/14502> (дата обращения: 08.06.2021).

Л.М. Мусаева, Ю.И. Деревянченко

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского
г. Омск, Россия*

ЭТНИЧЕСКАЯ ИДЕНТИЧНОСТЬ РОССИЙСКИХ НЕМЦЕВ

Происходящие в современном обществе процессы глобализации приводят к смешению и наложению культур, вследствие чего многие этносы теряют свой неповторимый облик, впитывая в себя черты друг друга. В условиях полиэтничного состава населения в среде обитания наблюдается стирание этнических различий. Таким образом, проблема трудности «выживания» этносов становится очевидной. Сохранение самобытности этноса возможно путем совершения определенных действий, но для этого необходимо подробное изучение важнейшей составляющей этноса – этнической идентичности.

Этническая идентичность представляет собой осознание индивидом своей принадлежности к определенному этносу, отождествление с одними и обособление от других. То есть это результат самокатегоризации, которая достигается индивидом в итоге конструирования образа окружающего мира и своего места в нем. Примечательно, что этническая идентичность может не совпадать с этнической принадлежностью, поскольку вторая приписывается обществом на основе объективных критериев. Многие считают себя представителями нескольких этнокультур, в таком случае говорят о множественной этнической идентичности.

По мнению российского социолога В.С. Курске, в России на данный момент сложилась этническая группа российских немцев с отчетливо выраженной ориентацией на множественную идентичность [1, с. 25]. «Под термином “российские немцы” в современной зарубежной и отечественной историографии принято понимать отколовшуюся от своего “этнического материка” немецкую диаспору, которая расселилась в XVIII–XIX вв. на территории Российской империи» [2, с. 4]. Большая часть немецких

эмигрантов («колонисты») прибыла в Россию в период со второй половины XVIII века по первую половину XIX века в результате изданных Екатериной II манифестов, которые положили начало земледельческой иммиграции немцев в Россию. В это время были сформированы основные группы российских немцев: поволжские, причерноморские, волынские.

Политика царского правительства в 1870–90-х гг. вынуждала переселенцев устремляться в Сибирь и на Алтай. В 1923 году была образована АССР Немцев Поволжья, а в 1941 году с наступлением второй мировой войны, был издан указ о переселении немцев в Сибирь и Казахстан, в результате которого проживавшие некогда по большей части в компактных поселениях они были рассеяны по обширным территориям. Разрозненное проживание в условиях спецпоселения, в среде доминирующего воздействия других этносов оказало негативное влияние на этническое самосознание, культурно-бытовой и лингвистический комплексы немцев, а в результате на формирование единого сообщества. По окончании войны возможности вернуться в родные места у них не было. На новых местах проживания население было по большей части многонациональным, вследствие чего сохранить свою этническую идентичность было практически невозможно. Более того, международная обстановка после войны, укоренившееся в обществе клише российских/советских немцев («фашисты», «враги народа») придало негативный характер их этнической идентичности. Многие в то время сменили имена, фамилии, отказались от употребления родного языка, переписали свою национальную принадлежность по объективным в то время причинам.

Лишение этноса территории и его расселение среди других народов приводит к его ассимиляции. Люди, находясь в окружении других, не «своих», приспособляются жить в новых условиях, перенимая характеристики доминирующей группы.

Исходя из числа элементов (частичных идентичностей) и степени признания автономности, можно выделить следующие типы идентичности российских немцев как маргинальной группы:

«1) немецкая (тип диаспоры) – применима концепция чужака Д. Левайна;

2) русская и немецкая одновременно (тип субэтнической общности) – применимы подходы Р. Парка и Э. Стоунквиста;

3) российско-немецкая (самостоятельный этнос) – применим подход Голдберга (маргинальная, но самодостаточная культура);

4) русская, немецкая и российско-немецкая (случай возвращения российских немцев на историческую родину) – применим подход А. Щюца («отчужденный свой» («estranged native») и «возвращающийся домой» («homesomeg»)) [3, с. 90].

На сегодняшний день, утраченные российскими немцами в связи с историческими событиями XX века этнокультурные основы, имеют возможность воспроизводиться в киберпространстве. Оно стало связующим звеном для российских немцев, проживающих в разных регионах и за рубежом. «Интернет стал одним из главных трансляторов немецкой культуры и фактором актуализации исторической памяти» [4, с. 65]. В вопросах идентичности и этничности российские немцы несколько замкнуты, в виртуальном мире они чувствуют себя более раскрепощено. Виртуальные группы, по мнению Б. Хайнца, не представляют собой сообщество со значительной социальной близостью, их участники не знакомы друг с другом, но, не смотря на это, они ориентированы на определенную цель и развивают свою собственную идентичность [4, с. 66]. В некоторой степени, этническая идентичность российских немцев стала приобретать виртуальный характер, поскольку виртуальное пространство предоставляет российским немцам больше возможностей. Интернет позволяет им находить родственников, общаться на родном языке с другими, вести этноблоги, которые способствуют сохранению культуры и традиций.

Общность российских немцев характеризуется пограничным положением: неопределенность собственного образа, маркеров, границ, которые отличали бы представителей данного этноса от других. Изучение параметров этнической идентичности российских немцев позволит направить необходимые усилия на сохранение сущности и неповторимого облика этноса.

Литература

1. *Авдашкин А.А.* “Wer sind sie?”: специфика идентичности российских немцев на рубеже XX–XXI веков (на материалах Челябинской области) // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2014. – № 7 (60). – С. 25–28.
2. *Обухова О.Н., Байкова О.В., Орехова Н.Н.* Этническая идентичность российских немцев: лингвокультурные маркеры. – Киров: Вятский государственный университет, 2019. – 163 с.
3. *Ихисонов Ю.А.* Концепции этнической идентичности российских немцев // Евразийство и мир. – 2013. – № 1. – С. 85–91.
4. *Киссер Т.С.* Виртуальная идентичность российских немцев // Сибирские исторические исследования. – 2019. – № 2. – С. 64–84.

Ю.И. Деревянченко

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ПОЛИТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЯ РОССИЙСКОГО СРЕДНЕГО КЛАССА *

Во многих социологических и политологических работах отмечалась существенная роль среднего класса в развитии демократии. Теории модернизации, исходят из того, что по мере роста уровня образования и благосостояния населения в обществе усиливается запрос на формирование институтов гражданского общества, ограничивающих влияние государства на социальные процессы.

Однако, анализ политической активности российского среднего класса подтверждает данные выводы лишь отчасти. В ряде работ отмечается, что средний класс в России предпочитает воздерживаться от политической активности. Подобное положение характерно для среднего класса в России с момента его возникновения в 90 гг. Выводы о политической индифферентности среднего класса подтверждаются и исследованиями, проводившимися в г. Омске [1].

Причины политической индифферентности или политического консерватизма российского среднего класса анализирует в своих работах К. Росс [2] Английский исследователь отмечает, что политические предпочтения среднего класса зависят от многих факторов и, прежде всего, от отношения к государству, которое в условия модернизации общества выступает главным драйвером развития среднего класса, который начинает связывать свои интересы с интересами государства.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 21-011-31455 «Средний класс города-миллионника: социокультурные ценности и практики гражданской и политической активности»).

Схожая ситуация наблюдается в обществах, в которых социально-экономическое положение средних слоев в значительной мере зависит от политики государств. Наиболее подробно влияние государственной политики на политические предпочтения среднего класса изучено на примере Китая в работах Ц. Чэнь [3], И. Мяо [4], М. Танга [5].

Так И. Мяо отмечает, что средний класс выступает главным бенефициаром инициируемых государством социально-экономических изменений и, поэтому не рискует подвергать опасности те преимущества, которые ему дает существующая система общества, приравнивая демократические реформы к нестабильности. Ц. Чэнь также отмечает, что средний класс в силу своей неоднородности не способен консолидироваться для выдвижения собственных требований, поэтому скорее будет поддерживать государство даже авторитарного толка [6].

Б. Розенфельд отмечает, что во всех странах, где драйвером модернизационных процессов выступает государство именно в государственном секторе экономики формируется рынок высококвалифицированных рабочих мест, занимаемых представителями среднего класса. Тесная связь между возможностью работы в государственном секторе и жизненными перспективами оказывает существенное влияние на политическую активность среднего класса, которая определяется ожиданиями относительно того, как изменения в управлении государством повлияют возможности, предоставляемые государством. По данным исследований Б. Розенфельда люди, работающие в государственном секторе, участвуя в протестных акциях, чаще руководствуются экономической мотивацией и, в целом, зависимость от государства уменьшает вероятность протеста более чем на 25 % по сравнению с представителями среднего класса, работающими в частном секторе [7].

Несмотря на то, что вопрос о характеристиках среднего класса в России остается дискуссионным, можно отметить, что политические предпочтения российского среднего класса имеют сходство с политическими предпочтениями средних классов стран, развивающихся в подобных социально-экономических условиях.

Литература

1. *Karoguzov, E., Chupin R., Kharlamova, M., Pligunova, A.* Social Tension Factors: Estimation and Analysis Issues (Case Study: the City of Omsk) // Journal of Siberian Federal University. Humanities & Social Science. – URL: <http://elib.sfu-kras.ru/handle/2311/128398>.
2. *Росс К.* Российский средний класс: агент демократии или оплот консерватизма? // Политическая наука. – 2017. – № 1. – С. 163–185.
3. *Chen J.* Attitudes toward democracy and the political behaviour of China's middle class // China's emerging middle class beyond economic transformation / Li Ch. (ed.). – Washington, D.C.: Brookings institution press, 2010. – P. 334–358 ; *Chen J., Lu Ch.* Democratisation and the middle class in China: The middle class's attitude towards democracy // Political research quarterly. – Salt Lake City: Utah, 2011. – Vol. 64, no. 3. – P. 705–719.
4. *Miao Y.* The Paradox of the Middle Class Attitudes in China: Democracy, Social Stability and Reform, in: Journal of Current Chinese Affairs. – 45. - 1. -, P. 169–190.
5. *Tang M.* The Political Behavior of the Chinese Middle Class // Journal of Chinese Political Science. – 2011. – Vol. 16, iss. 4. – P. 373–387.
6. *Jie C.* A Middle Class Without Democracy: Economic Growth and the Prospects for Democratization in China. – Oxford: Oxford University Press, 2013. – 210 p.
7. *Rosenfeld B.* The Autocratic Middle Class: How State Dependency Reduces the Demand for Democracy. – Princeton, N.J.; Oxford: Princeton University Press, 2021. – 276 p.

Ю.Ю. Фролова

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

РОЖДЕНИЕ РЕБЕНКА ИЛИ ПРЕРЫВАНИЕ БЕРЕМЕННОСТИ: ДЕТЕРМИНАНТЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ РОССИЯНКАМИ

Согласно официальной позиции Президента РФ, будущее России связано с преодолением кризиса рождаемости, находящего свое отражение в контексте демографических итогов 2020 года: на фоне пандемии COVID-19 и резкого скачка смертности (+18 % к 2019 году) отмечается резкий спад рождаемости (-3,3 %) и, как следствие, беспрецедентная за последние 20 лет естественная убыль населения в размере 688,7 тыс. человек [1].

В этом контексте представляется весьма актуальным эконометрическое исследование факторов, влияющих на принятие женщинами решения о рождении ребенка или прерывании беременности на базе данных 28-й и 29-й волн Российского мониторинга экономического положения и здоровья населения НИУ ВШЭ (RLMS-HSE).

Основой выборки выступила база данных за 2019 г. (28-я волна). В процессе построения выборки из генеральной совокупности были отобраны женщины фертильного возраста (18-45 лет), из которых, впоследствии, исключались женщины, данные о которых отсутствуют в информационной базе за 2020 г. (29-я волна). Общий объем выборочной совокупности составил 2234 женщины.

В качестве объясняемой переменной выступила построенная на основании данных 29-й волны переменная, характеризующая фертильное поведение женщин в период между опросами и дифференцирующая их на три группы:

1. Женщины, у которых не было ни родов, ни аборта;
2. Женщины, у которых были роды или они сейчас ожидают ребенка и планируют его родить;

3. Женщины, у которых был аборт или они сейчас ожидают ребенка, но не планируют его родить.

Набор объясняющих переменных включал в себя: возраст (x_{age}), тип населенного пункта ($status$), образование (x_{diplom}), семейное положение (x_{marst}), наличие ($x_{j72.171}$) и количество детей ($x_{j72.172}$), основная занятость (x_{j1}), боязнь потерять работу (x_{j31}), среднедушевой доход ($x_{j13.2}$), оценка материального положения ($x_{j66.1}$), удовлетворенность жизнью (x_{j65}), оценка собственного здоровья (x_{m3}), наличие хронических заболеваний ($x_{m20.67}$).

Результаты проведенного нами исследования, заключающегося в определении взаимосвязи вероятности родов или прерывания беременности и социально-экономических факторов, позволяют сделать следующие частные выводы. Наибольшая доля женщин, у которых в период между опросами были роды или они беременны в данный момент и собираются родить, наблюдается в возрастных группах 31–35 лет (7,7 %) и 36–40 лет (8,0 %), что свидетельствует о повышении среднего возраста матери при рождении ребенка.

Здесь же следует отметить, что наибольшая доля женщин, реализующих практики abortивного поведения, напротив, наблюдается в более молодой возрастной группе 21–25 лет (2,1 %), что позволяет констатировать снижение моральной ответственности молодежи за последствия полового контакта, базирующейся на высокой интенсивности внебрачных половых связей в совокупности с недостаточной осведомленностью относительно эффективных методов контрацепции, что ведет к увеличению количества незапланированных беременностей и, как следствие, увеличению числа медицинских абортов [2].

Среди женщин, состоящих в незарегистрированном или гражданском браке, наблюдается наибольшая доля родивших или собирающихся родить женщин (11,1 %), что свидетельствует о трансформации института семьи в РФ за счет перехода от институционализованного брака к договорному. Доля женщин, прервавших беременность или собирающихся прервать в 4 раза выше среди разведенных, не состоящих в браке женщин (1,6 %)

по сравнению с женщинами, состоящими в незарегистрированном браке (0,4 %).

Наибольшая доля женщин, у которых в период между опросами были роды или они беременны в данный момент и собираются родить, наблюдается среди женщин, не имеющих детей (6,0 %). В этой же группе наблюдается наименьшая доля женщин, прервавших беременность или собирающихся прервать (0,8 %) в сравнении с женщинами, имеющими детей. Причем, среди женщин, имеющих детей, вероятность совершения аборта коррелирует с количеством имеющихся у них детей, достигая своего максимума у женщин с 4 и более детьми (2,6 %).

Высокий уровень образования детерминирует abortивные практики: среди женщин, имеющих законченное высшее образование и выше, 1,2 % от общей численности женщин данной группы за период между опросами прерывали беременность или собираются ее прервать, в то время как среди женщин, имеющих незаконченное среднее образование доля прервавших беременность или собирающихся ее прервать составляет 0,5 %.

Литература

1. *Старостина Ю.А.* Сокращение населения России на фоне пандемии стало рекордным за 15 лет. – URL: <https://goo.su/8OYQ> (дата обращения: 05.10.2021).
2. *Морозова И.С., Белогай К.Н., Борисенко Ю.В., Отт Т.О.* Проблемы профилактики abortивного поведения молодежи // Вестник КемГУ. – 2015. – № 4-1. – С. 90–94.

В.В. Кленкина, Л.В. Чеснокова

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ КАК ФАКТОР РИСКА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПРИВАТНОСТИ

Мы живем в эпоху сетевой коммуникации, когда на общественную жизнь значительное влияние оказывают новые технологические платформы. Цифровая революция принесла с собой невероятные возможности для образования, творчества, работы и развлечений. Внедрение компьютерных и технологий безгранично увеличило коммуникационные возможности. Наибольшую популярность в интернете приобрели социальные сети, которые служат как поддержанию контактов, так и публичной презентации собственного Я. В социальных сетях люди реализуют свою потребность в общении и внимании со стороны окружающих. Как показывает опрос Левада-центра, проведенный в феврале 2021 года, в последние годы число ежедневных пользователей соцсетей увеличилось в полтора раза. Если в 2017 году 37 % опрошенных заходили в соцсети ежедневно, то в 2021 году – 57 %. Примерно в той же пропорции сократилось число тех, кто не пользуется соцсетями: с 41 % в 2017 году до 26 % в 2021 году. Наиболее популярным сервисом в России является Вконтакте (43 %), на втором месте – YouTube, третье место делят Instagram и Одноклассники (31 %), на четвертом месте – TikTok (14 %)¹.

Однако новые технологии несут в себе не только новые возможности, но и новые опасности. В последнее время все больше говорится о дефиците информационной приватности, когда нарушается способность индивида защищать свои личные данные. Вместе с новыми технологиями возникают новые формы наблюдения и контроля за обществом. Развитие цифровых технологий

привело к беспрецедентному расширению возможностей собирать, хранить и пересылать огромные массивы информации. «По сути, технологические устройства становятся «точками входа» в личное пространство человека, открывая власти и корпорациям новые возможности для манипуляций и контроля» [1, с. 19]. Проблема заключается еще и в том, что зачастую люди сами ради каких-то выгод и удобств готовы отказаться от информационной приватности. Однако отказ от нее может привести к тому, что «уменьшатся возможности для самостоятельно определяемого аутентичного поведения» [2, с. 218].

Вместе с расширением цифровых миров развился «паноптический водоворот, выражающийся в потребности показать себя и быть увиденным другими, превратившийся в одно из средств формирования идентичности» [3, с. 135]. Зачастую в интернете человек не всегда до конца осознает, насколько публичным является то или иное его действие, доступно ли оно только его друзьям или же становится известным гораздо более широкой аудитории. Особенно подростки не всегда умеют различать между жизнью онлайн и офлайн, между близкими друзьями и просто знакомыми. Сегодня Интернет представляет собой потенциально опасную среду, угрозы которой юные пользователи не могут правильно оценить в силу возрастных особенностей и недостатка жизненного опыта.

Между тем, в настоящее время дети начинают контактировать с Интернет-ресурсами еще с дошкольного и младшего школьного возраста. С возрастом родительский контроль ослабевает, доступ к информационным ресурсам, напротив, – расширяется. Хотя современная молодежь гораздо лучше более старших поколений ориентируется в Интернет-пространстве, «несовершеннолетние представляют собой наиболее уязвимую аудиторию для воздействия мощного информационного потока, что может негативно сказываться на их психическом и физическом здоровье» [4]. По мнению исследователей, угрозы деструктивных действий заложены в особенностях Интернет-коммуникации, таких как доступность информации независимо от пространственных и временных границ, «анонимность и безнаказанность, рост количества пользователей, высокая степень публичности и не-

предсказуемости отклика и отсутствие эффективной обратной связи» [5].

Следовательно, развитие современной Интернет-коммуникации, предоставляющей пользователям как невиданные ранее возможности, так и неизвестные ранее риски обуславливают необходимость исследования опасностей деструктивной онлайн-коммуникации и возможностей и перспектив безопасного поведения в Интернет-среде.

Литература

1. *Емелин В.А.* Утрата приватности: идентичность в условиях технологического контроля // Национальный психологический журнал. – 2014. – № 2 (14). – С. 17–24.
2. *Rössler B.* Der Wert des Privaten. – Fr. a. M.: Suhrkamp, 2001.
3. *Altmeyer M.* Das Selbst im Blick des Anderen – die Modernisierung der Psyche // Der (un)durchsichtige Mensch. Wie weit reicht die Blick in die Person? (hg. von C. Bartram). – Heidelberg: Winter, 2012. – S. 129–149.
4. *Рыбакова О.С.* Безопасность несовершеннолетних в информационном обществе: анализ киберрисков и угроз // Мониторинг правоприменения. – 2020. – № 2(35). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bezopasnost-nesovershennoletnih-v-informatsionnom-obschestve-analiz-kiberriskov-i-ugroz>.
5. *Ларионова А.В., Горчакова О.Ю., Фахретдинова А.П.* Особенности активности студенческой молодежи в сети Интернет: опыт деструктивной коммуникации и вопросы безопасности // Социодинамика. – 2021. – № 3. – URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=35227).

А.К. Гуц

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

КИБЕРНЕТИЧЕСКИЙ ПОВОРОТ VS ЦИФРОВОЙ ПОВОРОТ В СОЦИОЛОГИИ: В ЧЕМ РАЗНИЦА?

Социологи заговорили о новом, цифровом повороте в социологии [1]. Это дань чиновничьей моде в России на новые термины, означающие очередную кампанию по улучшению состояния экономики и жизни людей или новые идеи, концепции, новая парадигма в социологии, делающие социологию полноценной наукой с мощной доказательной и предсказывающей базой в сфере описания общества?

Социология уже пережила множество поворотов: исторический, культуральный повороты, поворот к памяти людей, релятивистский, рискологический, материалистический, ресурсный, кибернетический (социокибернетика), аффективный, лингвистический, прагматический, семиотический и этический, онтологический, отношенческий, поворот к повседневности, экзистенциальный, квантовый. Появление нового поворота означает для социолога изменение подходов и методов познания изменяющейся социальной реальности. Повороты в социологии предполагают внедрение качественно иных парадигм, выходящих за пределы собственно социологических теорий, собственного инструментария, разрабатываемые на основе синтеза социологических подходов с другими науками [2]. Так возникли парадигмальные повороты в социологии, предполагающие, строго говоря, обоснование междисциплинарных подходов [2].

Согласно Википедии благодаря кибернетическому повороту в социологии (и других социальных науках) появилась системная наука – социокибернетика, – основной целью которой является создание теоретической основы и инструментов на основе информационных технологий для преодоления стандартных

вызовов, с которыми на сегодняшний день сталкиваются отдельные личности, пары, семьи, компании, организации, страны и международные отношения. Социокибернетика базируется на методах как кибернетики 1-го порядка («изучение наблюдаемых систем» – традиционная кибернетик), так и кибернетики 2-го порядка («изучение наблюдения за системами»). Кибернетика — это наука об управлении, наука об общих закономерностях передачи и преобразования информации в живых организмах и машинах (Винер). С момента создания науки кибернетики предполагалось ее приложение к исследованию общества. Изучение общества с помощью социокибернетики автоматически означало накопление, использование, хранение, переработку поступающей и накопленной информации в *цифровом* виде. Именно в цифровом, поскольку информация в этой форме легко передается на любые расстояния, легко обрабатывается и накапливается. Препятствием для распространения социокибернетики были только недоступность и слабость технических средств обработки, хранения и накопления информации. Практически сразу после появлению кибернетики как системы идей и методов стали рассуждать о сущности категории информации и о ее хранении и обработки на ЭВМ. Сеть из ЭВМ – это и было основой технических средств цифровизации, Сама цифровизация есть внедрение цифровых, т.е. представленных в форме *цифры* – языка ЭВМ, технологий в разные сферы жизни. На момент появления кибернетики и социокибернетики термин «цифровизация» не использовался в социальной повседневности, хотя вместо ЭВМ писали «электронные *цифровые* вычислительные машины» (ЭЦВМ).

Цифровой поворот – означает использование цифровой среды, т. е. объединенных в единое целое посредством Интернета, социальных сетей, корпоративных компьютерных сетей, в которых «живет» значительная часть населения Земли, информационных баз данных и знания и т. д., расширяющих возможности в изучении социальных групп на региональном и международном уровнях. Большое значение в качестве источников информации имеют социальные сети, в которые включены изучаемые соци-

альные общности. На сегодняшний день упомянутая выше «слабость» технических средств стала менее заметной для основной массы ее пользователей.

Следовательно, цифровой поворот – это тот же кибернетический поворот, но ставший реально доступным для многих коллективов социологов. Методы и инструментарий тот же, с точки зрения социок cybernetics, но посредством намного более высокого технического уровня и доступности соответствующих информационных технологий для социологов, наконец-то, развиваются и новые социологические методы и инструментарий исследования общества. Более того, становится возможным задействовать искусственный интеллект, «живущий в Сети» и самостоятельно «вылавливающий» критические моменты в развитии состояний или процессов в отдельных социальных группах, регионах и странах.

Литература

1. Программа научного семинара «Цифровой поворот в социологии: от вызовом к возможностям», 9-10.09.2021 г. Санкт-Петербург, 2021.
2. *Урри Дж.* Социология за пределами обществ: виды мобильности для XXI столетия. – М., 2012.
3. *Титаренко Л.Г.* Современная социология: переосмысление новых тенденций и поворотов // Социология. – 2015. – № 3. – С. 514.

UDC 519

L. Rozanova¹, A. Temerev²

*¹CERN open Lab, Institute of Global Health, University of Geneva,
Geneva, Switzerland*

*²Institute of Global Health, University of Geneva,
Geneva, Switzerland*

DROPLETS SPREADING SIMULATIONS OF SARS-COV-2 USING OPENLB

We have developed a new model and computational tools for high-quality airflow modelling based on OpenLB, simulating aerosol and droplets spreading with different agent's modality.

Although the epidemic theory distinguishes between droplets and aerosols, with the detailed physical modeling we do, taking into account turbulence and gravity, all particles can be modeled as droplets. Due to their physical properties, the smallest particles form an aerosol that remains in the air for a long time (about two hours), and large droplets move in the air along a parabolic trajectory and settle much faster.

We simulate the droplets/aerosol spreading taking into account the distributed size, velocity and evaporation of the droplets. Droplets are physically represented as interacting particles moved by the airflow and gravity. Airflow turbulences significantly influence the diffusion, and so is explicitly represented through a Smagorinsky turbulence model. Particles spreading and air flow simulation using OpenLB is illustrated in Fig. 1.

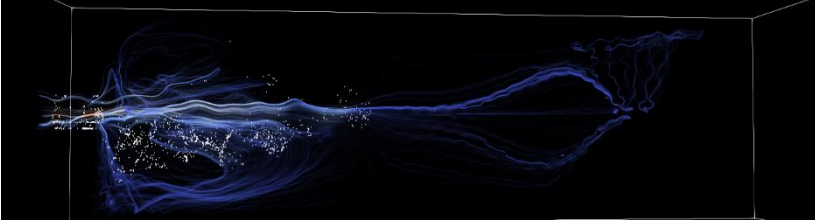


Fig. 1. Simulation of particles spreading and air flow using OpenLB in a physical space of 4x4x20m

Parameters have been calibrated according to real statistical data. This includes the particle size and number distributions, viral load of particles (number of viral particles in a droplet) and the infectious dose (number of viral particles an agent has to receive in order to get infected).

Table 1

Parameters of the BLO model used in the volumetric particle emission concentration from A. Henriques model [3]

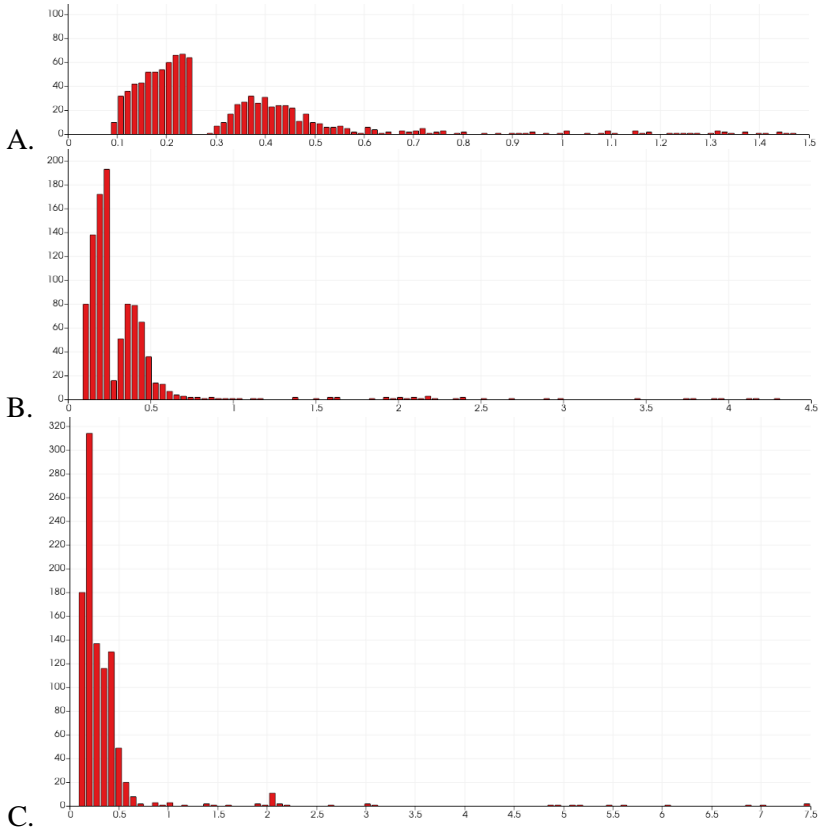
Tri-modal parameters for $E_{c,j}$ ^a					
Mode	$c_{n,i}$ [cm ⁻³]	μ_{D_i} [ln μ m]	GM [μ m]	σ_{D_i} [ln μ m]	GSD [μ m]
B	0.1	1.0	2.7	0.26	1.3
L	1.0	1.4	4.0	0.5	1.65
O	0.001	4.98	145	0.56	1.75

^a Unit conversion will be necessary to compute $E_{c,j}$

Importantly, variations are to be noted in data obtained from experiments. For instance, the number of viral particles an individual has to receive in order to have a 50 % probability to get infected has been reported to be between ten to one thousand. For this reason, a probabilistic approach has been implemented. Thereby, an individual who received a number of viral particles during the simulation will only have a probability to get infected. Likewise, droplets and aerosols particles number expelled by a normal breathing follows a gamma distribution with a shape parameter α of 3.5um and a scale parameter β of 2, while particles number expelled by a cough follows a gamma distribution with a shape parameter α of 14um with a scale parameter β of 2.6.

We have imported the simulation data in VTK to Python via meshio for evaluation droplet locations and masses at each moment in time, and plot all sorts of distributions. 30 seconds of simulation take about 30 minutes of computing time on 8 CPU cores, so if we move to the continuous breathing simulation, 10 minutes will take correspondingly 10 hours.

We realized the BLO model simulation accounting for turbulence and tracking the positions of the droplets in the room, with correct speed profile and droplet size distribution for coughing. About half of the particles settles in a few seconds at the floor with the distance less than one meter. Some of the particles, however, fly as far as 7.5 meters away (Fig. 2).



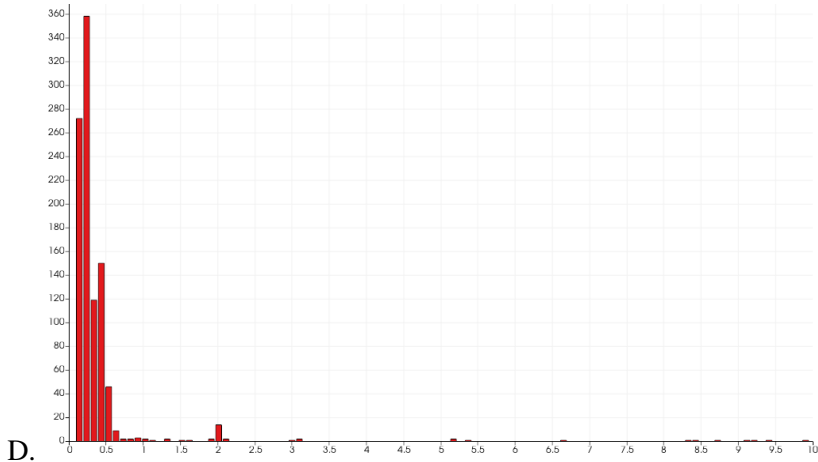


Fig. 2. The droplet distance histograms from the simulation after: **1.5s; B. 6s; C. 15s; D. 30s** - since the start of a cough

Using our simulation software, it is possible to investigate virus spreading in situation where individuals may only stay in contact a limited amount of time. It is possible to better identify the relationship between the number of people in close space, the time spent in the room and the probability to be infected. By implementing specific scenarios, it is possible to investigate the impact of measures preventing virus spreading, such as social distancing or wearing facial masks.

Also, for calibration and investigation the real-cases data about COVID-19 spreading in closed spaces can be simulating. As already stated, an important benefit of our approach is its flexibility, allowing to easily implement new scenario (geometry construction, agents' behaviour) or to take new mechanisms into account for the fluid mechanic simulation (ventilation, convection, etc.).

References

1. *Bake B., Larsson P., Ljungkvist G. et al.* Exhaled particles and small airways. *Respir Res* 20, 8 (2019). DOI: 10.1186/s12931-019-0970-9.
2. *Han Z., To G.N., Fu S.C., Chao C.Y., Weng W., Huang Q.* Effect of human movement on airborne disease transmission in an airplane cabin: study using numerical modeling and quantitative risk analysis. *BMC Infect Dis.* 2014; 14:434. Published 2014 Aug 6. DOI: 10.1186/1471-2334-14-434.

3. *Henriques A., Roglieni M., Devine J., Azzopardi J., Mounet N., Elson Ph., Andreini M., Tarocco N.* Modelling airborne transmission of SARS-CoV-2: Risk assessment for enclosed spaces. Preprint: <https://cds.cern.ch/record/2756083/files/CERN-OPEN-2021-004.pdf?version=2>.
4. *Jayaweera M., Perera H., Gunawardana B., Manatunge J.* Transmission of COVID-19 virus by droplets and aerosols: A critical review on the unresolved dichotomy. *Environ Res.* 2020;188:109819.doi:10.1016/j.envres.2020.109819.
5. *Karimzadeh S., Bhopal R., Nguyen Tien H.* Review of Infective Dose, Routes of Transmission, and Outcome of COVID-19 Caused by the SARS-CoV-2 Virus: Comparison with Other Respiratory Viruses. Preprints 2020070613 (2020): 20944.
6. *Kolinski J.M., Schneider T.M.* Superspreading events suggest aerosol transmission of SARS-CoV-2 by accumulation in enclosed spaces. arXiv preprint arXiv:2007.14807 (2020).
7. *Morawska L.J. et al.* Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. *Journal of Aerosol Science* 40.3 (2009): 256-269.
8. *Noakes C.J., Sleigh P.A.* Applying the Wells-Riley equation to the risk of airborne infection in hospital environments: The importance of stochastic and proximity effects. *Indoor Air 2008: The 11th International Conference on Indoor Air Quality and Cl.* Leeds, 2008.
9. *Papineni R.S., Rosenthal F.S.* The size distribution of droplets in the exhaled breath of healthy human subjects. *Journal of Aerosol Medicine* 10.2 (1997): 105-116.
10. *Riediker M., Tsai D.-H.* Estimation of viral aerosol emissions from simulated individuals with asymptomatic to moderate coronavirus disease 2019. *JAMA network open* 3.7 (2020): e2013807-e2013807.
11. *Shen Ng.C. et al.* Growth of respiratory droplets in cold and humid air. 10.1101/2020.10.30.20222604.
12. *Stadnytskyi V., Bax C.E., Bax A., Anfinrud P.* The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission, *Proceedings of the National Academy of Sciences* Jun 2020, 117 (22) 11875-11877; DOI: 10.1073/pnas.2006874117.
13. *Van Doremalen et al.* Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med.* 2020 Apr 16;382(16):1564-1567. doi: 10.1056/NEJMc2004973.
14. *Van Rijn C. et al.* Reducing aerosol transmission of SARS-CoV-2 in hospital elevators. *Indoor air* 30.6 (2020): 1065-1066.

15. *Vuorinen, V. et al.* Modelling aerosol transport and virus exposure with numerical simulations in relation to SARS-CoV-2 transmission by inhalation indoors, *Safety Science*, Volume 130, 2020, 104866, ISSN 0925-7535, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104866>.
16. *Wang Y., Xu G., Huang Y.-W.* Modeling the load of SARS-CoV-2 virus in human expelled particles during coughing and speaking. *Plos one* 15.10 (2020): e0241539.
17. *Yang S. et al.* The size and concentration of droplets generated by coughing in human subjects. *Journal of Aerosol Medicine* 20.4 (2007): 484-494.

Д.О. Авельцов

*Институт машиноведения и автоматики Национальной академии наук,
г. Бишкек, Кыргызская Республика*

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ВИРТУАЛИЗАЦИИ СЕНСОРНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОБЛАЧНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Широкое и повсеместное использование «умных» сенсоров повышает потребность в решениях, позволяющих подключить их к сети, собирать, хранить и анализировать получаемые данные. Применение облачных технологий позволяет различным пользователям и приложениям получать совместный доступ к устройствам и х данным через технологию виртуализации, когда для физического датчика создается множество его виртуальных представлений [1]. Виртуализация датчиков используется в облачных информационно-измерительных системах, реализующих подходы Sensor-Cloud Infrastructure (SCI) [1], Information-as-a-Service (IaaS), Framework of Sensor-Cloud Integration (FSCI), Virtual Federated Sensor Network (VFSN), Sense-Cloud [2], в Интернете вещей виртуализировать можно также актуаторы.

Физические сенсорные устройства регистрируют параметры окружающей среды, формируют аналоговый сигнал, преобразует в цифровой, информация обрабатывается локальным процессором и передается на коммутатор беспроводной сенсорной сети (координатор, хаб, шлюз), который перенаправляет полученную информацию в облако. Информация от всех объектов хранится в облаке и может предоставляться пользователям и приложениям в сыром или обработанном виде. В системе могут присутствовать самые разные сенсорные устройства, поэтому необходимо придерживаться стандартов описания устройств. В качестве такого стандарта был выбран стандарт OGC (Open Geospatial Consortium) SensorML (Sensor Model Language) [3]. SensorML предоставляет возможность описания датчиков, изме-

рительных процессов, результатов измерений с помощью XML-кодирования для описания датчиков и может быть использован для описания широкого спектра датчиков, в том числе динамических и дистанционных.

При проектировании модуля виртуализации применялся микросервисный подход [4], обеспечивающий масштабируемость и надежность системы, так как сбои в одном микросервисе не повлияют на работу остальных, и система будет функционировать с минимальными простоями. Модуль виртуализации содержит следующие микросервисы: сервис обработки запросов от сенсорных устройств (Sensor Connection Handler), сервис маршрутизации сенсор – контейнер (Sensor Resolver); общее хранилище (реестр) сенсорных данных (Sensor Data Registry) – база данных mongodb; программный интерфейс для взаимодействия бэкенда веб-сайта с платформой (Internal API); программный интерфейс для взаимодействия с клиентами системы (External API), клиенты могут посылать запросы на получение данных за определенный период или подписываться на обновление данных; библиотека с описанием моделей данных OGC-models; сервис виртуализации (Sensor Virtualization Service); Node Proxy – сервис, который принимает запросы от Sensor Resolver и перенаправляет их на контейнеры, которые содержат в себе виртуальные представления устройств; виртуальное представление устройства (Sensor Virtual Instance), создается на основе sensorML шаблона, этот сервис имеет всю информацию о своей физической сущности, он интерпретирует сенсорные данные, полученные от физического устройства, кеширует их и перенаправляет на сервис Sensor Data Registry. Виртуализация устройства производится из пользовательского интерфейса нажатием кнопки “виртуализировать”, запрос через Internal API направляется на сервис виртуализации, который создает контейнер с виртуальным представлением устройства и возвращает пользователю идентификационную строку.

В реализации использованы такие решения, как языки Golang, PHP7.4, TypeScript в сочетании с популярными технологиями: Go-Micro, Protocol Buffers, GRPC, Docker. Система может принимать данные любых типов устройств, описанных при по-

мощи стандарта SensorML, при этом скрывая физические устройства за слоем абстракции. Прототип системы тестировался на параметрах – процессор 2.0GHz, 8GB оперативной памяти, был запущен на десктопной системе. При проведении нагрузочного тестирования было выявлено, что один экземпляр сервиса Sensor Connection Handler может выдержать до 500 запросов в секунду. При возрастании нагрузки требуется запускать дополнительные копии сервиса, требуется балансировка нагрузки. Также качество канала связи между датчиком и системой не может быть известно заранее, что может повлечь за собой проблему медленно читающего клиента. Стоит рассмотреть внесение в систему возможности автоматического масштабирования точек входа для датчиков – Sensor Connection Service.

Литература

1. Khan I., Errounda F.Z., Yangui S., Gliho R., Crespi N. Getting Virtualized Wireless Sensor Networks' IaaS Ready for PaaS / Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS), 2015 International Conference.
2. Mihui Kim, Mihir Asthana, Siddhartha Bhargava, Kartik Krishnan Iyyer, Rohan Tan-gadpalliwari, Jerry Gao. Developing an On-Demand Cloud-Based Sensing-as-a-Service System for Internet of Things // Journal of Computer Networks and Communications, Volume 2016, Article ID 3292783, 17 pages
3. The Home of Location Technology Innovation and Collaboration. – URL: <https://www.ogc.org/> (дата обращения: 08.09.2021).
4. Авельцов Д.О. Применение микросервисной архитектуры в разработке программного обеспечения системы мониторинга параметров окружающей среды // Проблемы автоматизации и управления. – 2019. – № 2 (37).

Н.М. Лыченко, А.В. Сороковая

*Институт машиноведения и автоматики Национальной академии наук,
г. Бишкек, Кыргызская Республика*

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ КЛАССОВ ИНДЕКСА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА НА БАЗЕ LSTM-НЕЙРОСЕТЕВОГО КЛАССИФИКАТОРА

В [1] задача прогноза индекса качества воздуха AQI [2] рассмотрена как задача классификации AQI в зависимости от метеорологических факторов (температуры воздуха, атмосферного давления, относительной влажности, скорости ветра, температуры точки росы, интенсивности осадков).

В настоящей работе изложены результаты прогнозирования AQI г. Бишкек на основе классификатора на базе LSTM-сети [3], позволяющего производить прогноз класса AQI из возможных четырех интегрированных классов: $AQI \leq 50$ («Хороший»), $50 < AQI \leq 100$ («Умеренный»), $100 < AQI \leq 150$ («Нездоровый для чувствительных групп»), $AQI > 150$ («Нездоровый», «Очень нездоровый», «Опасный»). Последние три класса интегрированы в один класс с $AQI > 150$, поскольку количество примеров каждого из этих классов недостаточно представлено в рассмотренном периоде наблюдений за уровнем загрязнения атмосферного воздуха г. Бишкек (06/02/19-31/03/20 + 01/08/20-31/03/21) [4].

Структура нейросетевого классификатора [5]: входной слой, который принимает последовательность векторов признаков длиной S ; первый скрытый слой – слой прямого распространения с числом нейронов 100 и тангенциальной функцией активации, отображает входные векторы в векторы большей длины, для дальнейшего внесения шума в данные; второй скрытый слой – слой регуляризации, который меняет некоторый процент значений выхода предыдущего слоя для предотвращения переобучения (вносит шум); третий скрытый слой – LSTM-сеть с 50 нейронными модулями и тангенциальной функцией активации

как основной классифицирующий слой; четвертый скрытый слой – слой прямого распространения с числом нейронов 10 и тангенциальной функцией активации; выходной слой – слой с количеством нейронов, соответствующим числу прогнозируемых классов и функцией активации *SOFTMAX*. Функция взвешивает входы и предсказывает вероятности активации каждого нейрона. При этом сумма выходов нейронов всегда равна 1.

Входной вектор классификатора включает в себя исторические данные о метеопараметрах [6] и значениях AQI [4]. Выходной вектор определяется параметрами, которые характеризуют вероятность отнесения выхода классификатора к соответствующему классу.

При проведении вычислительных экспериментов по прогнозированию класса AQI варьировались следующие параметры: S – длина последовательности векторов исторических данных входных векторов классификатора (метеофакторов); P – глубина прогноза (на сколько шагов вперед прогнозируется AQI). Шаг прогноза – 3 часа.

Для оценки точности классификатора, также, как в [5], формируются матрицы ошибок, а затем вычисляются соответствующие метрики [7], в частности, так называемая F-мера, которая и характеризует точность классификации (точность прогнозирования).

S	P	F-мера
8	4	0.7641
8	8	0.7449
8	16	0.7286
8	24	0.7270
8	32	0.7139
12	4	0.7669
12	8	0.7728
12	16	0.7571
12	24	0.7556
12	32	0.7456
16	4	0.7895
16	8	0.8007
16	16	0.7773
16	24	0.7772
16	32	0.7733

В таблице представлена F-мера точности модели классификации на 4 класса в зависимости от длины последовательности входных векторов (S) и глубины прогноза (P) для выборки наблюдений 06/02/2019-31/03/2020+01/08/2020-31/03/2021. Классификатор демонстрирует вполне приемлемую точность прогноза. Наилучшая точность $F = 0.8$ соответствует глубине прогноза $P = 8$ (то есть на одни сутки вперед), при этом необходимая «история» наблюдений $S = 16$ (двое суток назад). На 4 суток вперед ($P = 32$) возможен прогноз AQI с точностью $F \cong 0.77$. Классификатор демонстрирует также приемлемые обучающие свойства.

Литература

1. *Лыченко Н.М., Сороковая А.В.* Прогноз индекса качества воздуха как задача классификации в зависимости от метеорологических факторов // Математическое и компьютерное моделирование: сборник материалов VIII Международной научной конференции (20 ноября 2020 г.). – Омск: Изд-во Омск. гос. ун-т, 2020.
2. Air Quality Index (AQI) – A Guide to Air Quality and Your Health. US EPA. 9 December 2011.
3. Understanding LSTM Networks. – URL: <http://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/> (дата обращения: 14.09.2021).
4. AirNow Department of State. – URL: https://airnow.gov/index.cfm?action=airnow.global_summary#U.S._Department_of_State_Bishkek, (дата обращения: 30.04.2021).
5. *Лыченко Н.М., Сороковая А.В.* Прогнозирование классов индекса качества воздуха г. Бишкек с учетом новых данных 2020–2021 гг. на базе LSTM-нейросетевого классификатора // Проблемы автоматизации и управления. – 2021. – № 2 (41). – С. 89–99.
6. Расписание погоды rp5.ru: сайт. Архив погоды в Бишкеке. URL: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Бишкеке (дата обращения: 30.04.2021).
7. Оценка классификатора (точность, полнота, F-мера). – URL: <http://bazhenov.me/blog/2012/07/21/classification-performance-evaluation.html> (дата обращения: 14.09.2021).

В.В. Гайдамако

*Институт машиноведения и автоматики Национальной академии наук,
г. Бишкек, Кыргызская Республика*

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ОБЛАЧНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ SIMGRID

Особенностью облачных информационно-измерительных систем (ОИИС) [1] является виртуализация датчиков, обеспечивающая совместное использование физических датчиков различными пользователями и приложениями. Упрощенная инфраструктура ОИИС включает: физические датчики, объединенные в беспроводные сенсорные сети (БСС); координаторы (шлюзы) БСС принимают сенсорные данные и передают их в облако на облачную станцию; облачные станции принимают данные от координаторов, перенаправляют их на один из серверов хранения, а также на виртуальные датчики, к которым через веб-серверы подключаются приложения пользователей. Веб-серверы предоставляют доступ к сенсорным данным и результатам аналитической обработки, позволяют осуществлять подключение и контроль физических датчиков, поиск и подписку на виртуальные датчики. Сервер балансировки нагрузки определяет веб-сервер, на который будет направлен запрос пользователя, и, в случае необходимости, создает дополнительные экземпляры серверов (в виде виртуальных машин и контейнеров) на наименее загруженных физических машинах (хостах).

Для построения модели использовался интерфейс SimGrid S4U. Основными компонентами модели SimGrid являются акторы (Actor), которые исполняют функции, задаваемые пользователем. Для каждого актора описывается активность (Activity) – действие, потребляющее ресурсы хостов (Host), дисков (Disk), и линий связи (Link) [2]. Ресурсы, имеющиеся в наличии, и акторы

описывается в файле платформы в формате XML или Lua, эксперимент описывается в файле развертывания. В файле платформы также описываются сетевые зоны и маршрутизация внутри и между зонами.

Моделируемая платформа ОИИС содержит следующие типы хостов: хост Sensor, процессор MSP430F47186 (Texas Instruments) с производительностью операций с плавающей точкой до 0.66 Мфлопс, поэтому для датчиков была указана скорость вычислений в 500Кфлопс [3]; хост Координатор (Gateway) – роутер ASRock X10 [4] для беспроводных сетей с процессором Qualcomm ARM Cortex-A7, производительность до 0.8 Гфлопс [5]; все остальные хосты – Intel(R) Core(TM) i5 с 4 ядрами, скорость около 20 Гфлопс для каждого ядра [6]. Линии связи: при подключения датчиков к координатору с использованием протокола ZigBee скорость передачи 20-250 КБ/с, линия связи между координатором, облачной станцией и другими серверами – Интернет соединение, 10–20 Мб/с, линии связи между облачной станцией и другими серверами внутри ЦОД – 1000 Мб/с.

Для каждой активности создается соответствующая функция на C++. Код функции может включать функцию `simgrid::s4u::this_actor::execute(<flops>)`, в этом случае актор будет имитировать исполнение <flops> операций с плавающей точкой. После завершения эксперимента создается файл `simgrid.trace`, позволяющий детально проанализировать работу модели, в том числе с использованием средств визуализации [2].

Эксперименты проводились для упрощенной модели небольшого центра обработки данных, без мониторинга ресурсов облака, с самым простым алгоритмом балансировки RoundRobin [7] и 2–3 беспроводных сетей с 8–16 физическими датчиками. Анализ результатов показал, что модель позволяет определить работоспособность системы при заданных параметрах оборудования и линий связи, оценить эффект от изменения характеристик и количества оборудования, топологии сети, исполняющегося программного кода. Развитие модели предполагает, прежде всего, включение возможности исследования эффективности различных алгоритмов балансировки нагрузки в облаке и средств мониторинга ресурсов, миграции виртуальных ресурсов,

создание различных типов виртуальных датчиков, запуск реальных приложений на хостах. Для задания платформы и анализа результатов эксперимента необходим графический интерфейс, который упростит описание моделируемой платформы и позволит моделировать более сложную и масштабную облачную инфраструктуру.

Литература

1. *Гайдамако В.В.* Инфраструктура Sensor-Cloud – облачные информационно-измерительные системы. // Проблемы автоматки и управления. – 2018. – № 2 (35). – С. 109–118.
2. SimGrid: Versatile Simulation of Distributed Systems. – URL: <https://simgrid.org/> (дата обращения: 25.09.2021).
3. FLOPS of the MSP430 URL: <http://e2e.ti.com/support/microcontrollers/msp430/f/166/t/271433?FLOPS-of-the-MSP430> (дата обращения: 25.09.2021)
4. ASRock Introduces the X10 IoT Router for Smart Homes. – URL: <https://www.techpowerup.com/236163/asrock-introduces-the-x10-iot-router-for-smart-homes> (дата обращения: 25.09.2021).
5. *Reed R.G., Cox M.A., Wrigley T., Mellado B.* A CPU benchmarking characterization of ARM based processors // Компьютерные исследования и моделирование. – 2015. – Т. 7, № 36. – С. 581–586. – URL: http://crm-en.ics.org.ru/uploads/crmissues/crm_2015_3/15728.pdf (дата обращения: 27.09.2021)
6. APP metrics for Intel Microprocessors. – URL: <https://www.intel.com/content/dam/support/us/en/documents/processors/APP-for-Intel-Core-Processors.pdf> (дата обращения: 27.09.2021).
7. *Mishra S.K., Sahoo B., Parida P.P.* Load balancing in cloud computing: A big picture., J. King Saud Univ. - Comput Inf. Sci., 32 (2) (2020), pp.149–158.

Н.В. Астапенко, А.Ш. Арыстан

*Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева,
г. Петропавловск, Республика Казахстан*

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ НАПРАВЛЕНИЙ АВТОМАТИЗАЦИИ И КОМПЬЮТЕРИЗАЦИИ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ В АПТЕЧНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Аптеки – это последнее звено в цепочке движения фармацевтической продукции. В рамках данного предприятия решаются различные управленческие задачи. С ростом конкуренции между аптечными предприятиями, для привлечения клиентов, расширения дополнительных услуг, осуществления контактов с медицинскими и другими организациями, конечными потребителями, создания и сохранения имиджа аптеки становятся очень важными вопросы эффективного управления. Целью данной статьи является изучение перспектив автоматизации и компьютеризации административных процессов в аптеке. Компьютеры могут использоваться во всех аспектах цикла фармацевтического менеджмента.

Административные процессы в аптеке имеют свою специфику, обусловленную сложностью, многомерностью, социально-экономическим характером отрасли. Можно выделить такую особенность управления аптечным предприятием, как интеграцию множества различных функций (информационную, управленческую, медицинскую и др.). С помощью методов анализа и синтеза в данной статье выполняется попытка выявления перспектив, ограничений и направлений автоматизации аптечных предприятий. Результаты исследования базируются на анализе работ [1–11]. Автоматизация управления аптечным предприятием может быть выполнена по ключевым направлениям:

– планирование работ – автоматизация составления рабочих планов, моделирование экономически выгодной деятельности, генерация ежегодных отчетов;

- планирование закупок – количественная оценка фармацевтических потребностей, анализ веса и объема поставок;
- сопровождение закупа – подготовка тендерной документации, мониторинг тендеров, анализ ставок, подготовка заказов на поставку и получение отчетов, мониторинг статуса заказов;
- логистика – маршрутизация и планирование транспортных средств, расчет веса и объема грузов, подготовку транспортных накладных.
- автоматизация справочной информации о лекарствах – формулярная подготовка, литературный поиск, хранение и передачу данных, выпуск фармацевтических бюллетеней, подготовку учебных материалов;
- управление персоналом – программное обеспечение для обучения, ведение кадровой документации, надзорного мониторинга, расчета заработной платы.
- мониторинг продажи – учет и анализ продаж товаров всех категорий, включая рецептурные;
- осуществление коммуникации – внедрение не только традиционных средств коммуникации (факс, электронная почта), но и интернет-приложений для продвижения продаж и поддержки обратной связи с клиентами.

Автоматизированные системы управления - это форма комплексного использования технических и технологических средств информации с целью повышения эффективности управления производственной, управленческой деятельностью организации, повышения производительности труда, совершенствования методов планирования и регулирования. управленческих процессов.

Компьютеризация указанных направлений позволяет повысить обоснованность принятия управленческих решений, эффективность и надежность управленческой деятельности в целом. Возможно, наиболее важным является то, что поэтапный подход к компьютеризации позволяет пользователям разработать более четкое представление о том, что компьютеры могут делать, какую информацию они хотят получить от компьютеризированной системы и какие модификации им необходимо внести в системы отчетности и управления, чтобы получить эту информацию. Компьютеризацию необходимо тщательно спланировать,

чтобы внедрение происходило гладко, с минимумом перерывов и сбоев в работе организации.

Литература

1. *Mnushko Z.* Management and Marketing in Pharmacy: the textbook for foreign M50 students of higher pharmaceutical schools: in 2 parts. – Kharkiv: Publishing center “Dialog”, 2016.
2. *Williams C.* Risk Management and insurance. – New York: McGraw Hill, 2005.
3. *Абрамова С.* IT-технологии в современной аптеке // Российские аптеки. – 2007. – № 14(100). – С. 14–16.
4. *Баранов А.* Проблемы выбора АСУ: учитываем все нюансы // Российские аптеки. – 2010. – № 7 (165). – С. 20–21.
5. *Губский С.М., Пенкин Ю.М., Тарханов С.В.* Информационные технологии в современной организации аптечного бизнеса // Провизор. – 2008. – № 2. – С. 40–44.
6. *Ежова Т.В., Мошкова Л.В.* Методические подходы к оптимизации поведения аптек на рынке информационных продуктов и услуг // Жизнь без опасностей. – 2011. – № 1. – С. 28–30.
7. *Ежова Т.В.* Теоретические и методические основы управления информационной средой аптечных организаций: дис. ... д-ра фарм. наук: 14.04.03, 2012.
8. *Пасечникова М.А.* Инновационные подходы к оптимизации информационной деятельности аптеки: дис. ... канд. фарм. наук: 14.04.03, 2016.
9. *Кантарь И.Л.* Автоматизированные рабочие места управленческого аппарата. – М.: Мысль, 2006.
10. *Кашуба В.М., Журавлев А.М.* Использование информационных технологий при планировании и организации управления производством // Материалы XV международной науч. конференции «Человек, психология, экономика, право, управление: проблемы и перспективы». – 2012. – С. 107–114.
11. *Кивва В.Н.* Коммуникации в управлении фармацевтическими организациями // Аптечный бизнес. – 2014. – № 10. – С. 36–39.

Н.В. Астапенко, Е.Е. Жапаров

*Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева,
г. Петропавловск, Республика Казахстан*

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ ПИСЬМЕННОГО ЭКЗАМЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ПРИНЦИПАМИ АКАДЕМИЧЕСКОЙ ЧЕСТНОСТИ

Образование оказывает непосредственное влияние на развитие каждого человека давая четкое представление об истории и культуре его страны, сказываясь на патриотических чувствах и формируя гражданскую позицию. Неотъемлемой частью образования является экзамен, который представляет собой итоговую форму проверки знаний. На мета уровне экзамен представляется следующими видами: устный, письменный и тестирование.

Наиболее точно оценить знания обучающегося можно только при традиционном виде экзамена – устном. Однако в этом виде экзамена можно увидеть значительные недостатки: возможная предвзятость преподавателя; способность преподавателя подробно опрашивать только небольшие группы, так как вследствие рассеянности внимания объективность оценки снижается. Проведение одного итогового экзамена по определенной дисциплине, в стенах вуза, занимает много времени и задействует большое количество человеческих ресурсов. Проблема звучит более глобальнее если учитывать, что таких экзаменов, как правило, несколько у каждой группы. В соответствии с правилами академической честности необходима непредвзятая объективная оценка достижений обучающихся. Достигнуть этого можно при использовании в контроле знаний автоматизированных систем.

В последнее двадцатилетие получила широкое распространение автоматизированная проверка знаний в виде тестирования, благодаря простоте. Длительный опыт использования позволяет выделить явные недостатки этого вида экзамена:

- сложно проверить глубину знаний
- достаточно часты случаи «угадывания» ответа обучающимся;
- тест не позволяет проявить и оценить творческие или исследовательские компетенции обучающегося;
- ограниченные базы приводят к механическому запоминанию в следствии повторных тестирований;
- предсказуемость и шаблонность тестирования позволяют обучающимся предполагать ответы без наличия точных знаний.

Письменный экзамен по точности оценивания глубины и широты знаний близок к устному экзамену. При этом есть возможность его автоматизации с учетом правил академической честности. Особенно актуальной становится это направление разработки в связи с пандемией COVID-19, когда возник экстренный перевод учебного процесса на дистанционную форму с применением технологий электронного обучения. Решением сложившейся ситуации станет автоматизированная система, которая усовершенствует проведение экзаменов с учетом принципов академической честности, таких как соблюдение правдивости, доверия, уважения, справедливости и ответственности.

Для данной автоматизированной системы необходимо организовать планирование даты и времени экзамена, добавление билетов или тестов, в зависимости от вида экзамена, критерий оценивания ответов учащихся. Предполагается разработка отдельных интерфейсов студента, экзаменатора и преподавателя для взаимодействия с системой, а также раздел утверждения экзамена заведующего кафедрой. Статус экзамена будет прослеживаться и отображаться для наилучшего информирования всех участвующих лиц. Система должна включать в себя рандомайзер предназначенный для более справедливого распределения билетов сдающим экзамен. Интерфейс студента будет содержать поле для письменного ответа, а также поле для прикрепления файлов. Система позаботится о случайных нажатиях на важные кнопки, к примеру, при нажатии «Завершить экзамен» будет выведено окно для подтверждения окончания ответа.

В целом автоматизированная система проведения письменного экзамена позволит снизить нагрузку на преподавателей, сде-

лает процесс проведения экзамена более «прозрачным» и «честным» за счет отсутствия человеческого фактора, увеличит качество экзаменационных работ и повысит процент успеваемости среди студентов.

Литература

1. *Артамонова Е.В.* Экзамен в средней профессиональной школе и развитие его теории и практики в условиях модернизации образования: диссертация. – 2006. – 205 с.
2. *Башмаков А.И., Башмаков И.А.* Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. – М.: Филинь, 2003. – 616 с.
3. *Sharma Bh., Rautaray S.S., Pandey M.* An Examination System Automation Using Natural Language Processing. – URL: https://www.researchgate.net/publication/339406698_An_Examination_System_Automation_Using_Natural_Language_Processing.

Н.В. Астапенко, А.В. Сабирова

*Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева,
г. Петропавловск, Казахстан*

ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОДАЖАМИ

В связи с тем, что каждый день на рынке розничных продаж появляется все больше различных видов товаров и продуктов, потребление становится нерациональным, рынок перенасыщен. На протяжении последних 15 лет продажи одежды по всему миру выросли вдвое, в то время как средний срок ее службы резко сократился [1]. Ежегодно во всем мире выбрасывается больше миллиарда тонн продуктов питания. 20 процентов приходится на Европу [2], что влечет за собой экологические проблемы. Предприятия несут убытки, так как товар и продукты для розничных продаж быстро теряют свою актуальность, истекают сроки годности. Каждому предприятию приходится решать задачи, как увеличить свою прибыль, снизить затраты и добиться большей гибкости в отношении быстрых изменений, то есть необходимо грамотное управление предприятием.

Сложность современных экономических управлений является предпосылкой сложностей в управлении предприятием. Существующие разработки в области эффективного управления розничными продажами, в своей массе основываются на задачах прогнозирования продаж ассортимента предприятия. Методы прогнозирования розничных продаж являются важными этапами ведения бизнеса на предприятии, применение которых позволит повысить эффективность использования денежных средств за счет того, что закуп товара для розничных продаж будет осуществляться с расчетом полной рациональной реализации за запланированный период времени. Однако проведенный анализ показал отсутствие в настоящее время изученности вопросов обес-

печения точности и оперативности в прогнозировании. В математических моделях прогнозирования недостаточно полно отражаются реальные процессы рынка сбыта продукции [3–6].

Программные продукты в области эффективного управления продажами относятся к классу аналитических систем. Отличие представленных продуктов заключается в используемых подходах и количестве, рассматриваемых параметров. Однако всех их объединяет недостаточность использования современных математических методов. Слабо представлен интеллектуальный анализ данных (data mining) и нейросетевые модели, которые могут осуществлять диагностику с гораздо большей точностью. Кроме того, практически все из них слабо сопрягаются с действующими информационными системами предприятия.

Таким образом, необходима разработка автоматизированной аналитической системы эффективного управления продажами на основе технологий data mining и нейронной сети. Разработка данной системы должна проходить в несколько этапов:

Этап 1. Выделить и исследовать существующие интеллектуальные методы прогнозирования, которые подходят для применения в розничных продажах.

Этап 2. Автоматизировать выделенные методы прогнозирования розничных продаж.

Этап 3. Провести сравнительный анализ методов прогнозирования розничных продаж на фактических данных.

Этап 4. Определить наиболее эффективный метод или комплекс методов для управления ассортиментом розничных продаж.

Этап 5. Смоделировать аналитическую систему эффективного управления продажами используя методы системного анализа.

Основным упором в заявленном исследовании должны стать современные математические методы. Разработанные в процессе исследования модели и алгоритмы позволят разработать автоматизированную аналитическую систему эффективного управления продажами на основе технологий data mining и нейронной сети.

Литература

1. *Грундман М., Барановская М.* Чем «быстрая мода» опасна для окружающей среды? URL: <https://m.dw.com/ru/чем-быстрая-мода-опасна-для-окружающей-среды/a-43424648>.
2. *Хасенкызы А.В.* Европе заявили о необходимости сокращения объема пищевых отходов. – URL: <https://24.kz/ru/news/social/item/467693-v-evrope-zayavili-o-neobkhodimosti-sokrashcheniya-ob-ema-pishchevykh-otkhodov>.
3. Временные ряды и модели прогнозирования. – URL: <https://4analytics.ru/prognozirovanie/vremennye-ryadi-i-modeli-prognozirovaniya.html>
4. *Гаецкулов Н.Н.* Обеспечение эффективности розничной торговли на основе совершенствования планирования объемов закупок и прогнозирования динамики продаж: автореферат дис. 2004.
5. *Артекин Д.Е.* Разработка математического и программного обеспечения автоматизированного прогнозирования временных рядов на основе нейрокомпьютерных технологий: автореферат дисс. 2003.
6. *Льюис К.Д.* Методы прогнозирования экономических показателей. – М.: Финансы и статистика, 1986.

М.П. Концевой

*Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина,
г. Брест, Беларусь*

SCORM В МОДЕЛИРОВАНИИ СЕТЕВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

SCORM (Sharable Content Object Reference Model, модель ссылок на совместно используемые объекты содержимого) – XML-стандарт систем удаленного обучения [1]. SCORM (<https://scorm.com/>) обеспечивает совместимость всех медийных компонентов и возможность их многократного модульного использования в системах обучения независимо от того, кем, где и с помощью каких средств они были созданы. Современное образование реализуется в обществе, где существенную роль играет сетевое взаимодействие данных, сервисов, задач, людей и социальных групп. Для новых вызовов требуются новые ответы и новый инструментарий их получения (социальный, технологический, теоретический).

Созданный в формате SCORM образовательный контент легко интегрируется в любую современную систему удаленного обучения. Для данного контента может быть прописан алгоритм и правила его усвоения. Например, настроен доступ к разным модулям материала (дать возможность перейти к следующему фрагменту только после окончания предыдущего), смоделирована система помощи в виде тематических и дидактических подсказок). Может фиксироваться прогресс в освоении материала пользователем. Образовательный контент в SCORM понимается как небольшие образовательные объекты, собранные в курсы, главы, модули, задания и т.п. Эти единицы содержания, сформированные из более мелких образовательных объектов, моделируются с учетом их многократного применения в различных контекстах. Моделирование осуществляется на основе элементов (assets) и разделяемых объектов контента (SCO, Sharable Content Objects).

Элементами являются электронные представления учебного ресурса, которые могут быть обработаны и отображены браузером. Назначение SCO в SCORM-модели – обеспечение интерактивности в форме обмена информацией между обучающимся и системой управления контентом (Learning Management System). Сами элементы образовательного контента в SCORM не могут связываться с LMS-сервером. Это реализуется SCO на основе использования Java-script, поддержка которого должна быть включена в браузере. SCORM-моделирование предоставляет большой выбор форматов материалов. Можно создавать программы, включать текстовые материалы, видео- и аудиолекции, вебинары. Возможности моделирования медийной функциональности SCORM непрерывно расширяются, успешно отвечая на вызовы современных сетевых образовательных сред. Так, в SCORM Cloud можно напрямую (не загружая zip-архив) импортировать аудиофайлы MP3 и документы PDF, видео MP4.

SCORM интегрирован с цифровой платформой «Эквио» (<https://e-queo.com/>) – облачной системой обучения, тестирования, мотивации и управления персоналом со встроенным видеоредактором и Zoom, предполагающей работу в браузере, в том числе с устройствами на iOS и Android. [2]. Инструменты для преобразования образовательного контента в формат SCORM многообразны и могут представлять специализированные редакторы в виде отдельных установочных программ, облачные сервисы, интегрированные в приложения PowerPoint. Среди облачных сервисов широким спектром возможностей обладают iSpring Suite, LearningApps.org, CourseLab, eAuthor, eXeLearning. Новые возможности для SCORM-моделирования и мотивации к такому моделированию открывает веб-платформа SGAME (<https://sgame.dit.upm.es>). SGAME позволяет преподавателям и студентам моделировать образовательные видеоигры, интегрируя обучающие объекты в существующие игры. Программный инструментарий SGAME открыт и доступен на GitHub [4]. SGAME реализует особый менеджер образовательного SCORM-контента, подготавливая его для интеграции в игровой шаблон, что позволяет создавать учебные материалы с использованием внешних инструментов разработки или извлекать их из любых

сетевых хранилищ даже тогда, когда ресурс не соответствует SCORM [4]. Пользовательские игры, обучающие объекты и файлы (включая пакеты SCORM) на платформе SGAME могут быть экспортированы в виде пакетов SCORM и встроены встраивать их в любую виртуальную среду обучения, поддерживающую этот стандарт (например, Moodle). SGAME позволяет моделировать только веб-игры и только на основе предлагаемых игровых шаблонов, в которые могут быть интегрированы только обучающие объекты, совместимые с SCORM. Данные ограничения преодолеваются в процессе развития платформ SGAME и SCORM.

Литература

1. Sharable Content Object Reference Model (SCORM). – URL: <https://www.adlnet.gov/projects/scorm/#scorm-versions-and-resources> (date of access: 21.10.2021).
2. *Hooks C.* Media File Support in SCORM Cloud. – URL: <https://support.scorm.com/hc/en-us/articles/360051304634-Media-File-Support-in-SCORM-Cloud> (date of access: 21.10.2021).
3. *Sgame_platformPublic.* – URL: https://github.com/ging/sgame_platform (date of access: 21.10.2021).
4. *Gordillo A., Barra E., Quemada J.* SGAME: An Authoring Tool to Easily Create Educational Video Games by Integrating SCORM-Compliant Learning Objects // IEEE Access. – 2021. – Т. 9. – P. 126414–126430.

М.Д. Кузнецов

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина),
г. Санкт-Петербург, Россия*

ИНСТРУМЕНТ РАЗМЕТКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МНОГОУРОВНЕВОЙ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ ВЫБОРКИ ОБУЧАЮЩИХ ДАННЫХ

Существующие методы кластеризации текстов с высокой точностью определяют тематики текстов. Однако, если тексты посвящены схожим тематикам, как это было с согласиями на использование персональных данных в работах [1; 2], то такие алгоритмы работают не в полной мере. Хотя и можно судить о содержании подобных текстов, применяя методы кластеризации, наиболее точными остаются методы, основанные на моделях глубокого обучения.

В работах [3; 4] предлагаются похожие подходы, однако эти работы датированы 2016 годом, в то время как в 2018 был принят GDPR [5] – основной юридический документ, регулирующий использование и хранение персональных данных пользователей, в связи с чем появились новые аспекты обращения с персональными данными. В 2021 году в работе [2] был впервые упомянут датасет, посвященный согласиям на использование персональных данных для умных устройств. Датасет состоит из чуть менее 600 пользовательских соглашений на обработку персональных данных. Сформировав датасет, его необходимо разметить для обучения иерархии классификаторов.

Целью работы является разработка инструмента разметки датасета, допускающего разметку многоуровневой иерархии, покрывающей онтологическое метапредставление согласий на обработку данных.

Онтологическое метапредставление согласий на обработку данных представляет собой структуру, состоящую из сущностей

атрибутов и связей. С помощью этих трех элементов можно описать все характерные признаки и особенности предметной области. Для пользовательских согласий таковыми могут являться: тип данных, метод сбора данных, продолжительность хранения данных и т.д. Для того, чтобы добиться автоматизированной структуризации и формализации пользовательских соглашений и представления их в виде онтологий, необходим прообраз. Его наполнение можно произвести на основе данных из датасета. Имея иерархическую структуру – прообраз, становится возможным обучение иерархии классификаторов.

Процесс разметки высокодинамичен, поэтому невозможно избежать написания качественной клиентской части приложения на языке javascript. Это позволит сделать работу аннотаторов максимально производительной, в «одну сессию», так как страница не будет перезагружаться. В функции приложения входит выделение текста с предложением слоев для наложения, по нажатию кнопки слой добавляется; для удаления слоя необходимо кликнуть по элементу, на котором присутствует слой, подлежащий удалению, затем по нажатию кнопки элемент удаляется, причем при удалении базового слоя, удаляются и все слои-потомки. Все манипуляции с разметкой производятся в ограниченной контекстом выделения области, и для пользователя все происходит мгновенно. В инструмент также встроены инструменты администрирования, с помощью которых можно контролировать ход аннотирования. Предусмотрен механизм выгрузки результирующего заполненного данными метапредставления для последующего обучения иерархии классификаторов. Серверная часть основана на приложении, написанном на PHP, которое будет регулировать порядок выдачи текста для аннотирования.

Разработанное приложение для аннотирования, выделяется на фоне конкурентов, таких как Inception и Doccano, поддержкой пересечения разметки и возможностью формирования иерархии разметки. Лучшим решением для платформы аннотирования будет веб-приложение, потому что это один из простейших способов организации краудсорсинга. Данный инструмент – шаг в развитии технологий формализации и структуризации пользовательских согласий на обработку персональных данных. Такие

технологии найдут применение в системах поддержки принятия решений, связанных с управлением персональными данными, позволят пользователям делать осознанный выбор каким соглашениям они могут доверять, а каким – нет.

Литература

1. Кузнецов М.Д., Мядзель В.С., Новикова Е.С. Применение методов интеллектуального анализа текста для исследования согласий на использование персональных данных // Известия ЛЭТИ. – 2021, 4.
2. Kuznetsov M., Novikova E. "Towards application of text mining techniques to the analysis of the privacy policies," 2021 10th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO). – 2021. – P. 1–4. – DOI: 10.1109/MECO52532.2021.9460130.
3. Usable privacy policy project // usableprivacy.org. – URL: <https://usableprivacy.org> (accessed June. 23, 2021).
4. Oltramari A. et al. "PrivOnto: a semantic framework for the analysis of privacy policies," Semantic Web. – 2018. – Vol. 9. – P. 185–203.
5. General Data Protection Regulation. – URL: <https://gdpr.eu> (дата обращения: 14.04.2021).

В.А. Десницкий

*Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН,
г. Санкт-Петербург, Россия*

АРХИТЕКТУРА И ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ ПРОТОТИПЫ СРЕДСТВ АНАЛИЗА ЗАЩИЩЕННОСТИ КОМПОНЕНТОВ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ*

Предложена архитектура средств анализа защищенности программно-аппаратных компонентов беспроводных сенсорных сетей (БСС). Кроме того, ведется разработка прототипа программного средства верификации моделей представления БСС, прототипа средства распределенных сбора, обработки и анализа данных от сенсоров БСС и прототипа средства выявления аномальных данных от сенсоров БСС.

Предложенная архитектура описывает основные структурно-функциональные элементы и поведенческие особенности данных прототипов и специфицируется с использованием диаграмм классов, активностей и последовательности UML.

Целью средства верификации является проверка корректности и согласованности моделей беспроводной сенсорной сети, в частности использующей табличные и иерархические форматы представления данных, csv и json, соответственно, а также сужение множества возможных видов атак на устройства сети с учетом конкретных целей, возможностей и ограничений потенциального нарушителя информационной безопасности сети [1]. Верификация осуществляется на основе системы правил соответствия элементам узлов БСС условиям сети и нарушителя конкретных видов атакующих воздействий. Причем правила соответствия задаются экспертным путем и рассматриваются в качестве исходных данных, на которых базируется процесс верифи-

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского Фонда Фундаментальных Исследований (РФФИ) № 19-07-00953.

кации. Обработка данных осуществляется путем направленного перебора и применения имеющихся правил в отношении анализируемых элементов спецификации сети [2]. В качестве разрешающих методов возможно также применение средств логического вывода с использованием предикативных логик, что позволит, в частности, оптимизировать процесс верификации.

Целью средства сбора, обработки и анализа данных от программных и аппаратных сенсоров БСС является организация эффективных процессов получения и манипуляции данными, получаемыми с различных узлов сети и имеющими отличающиеся структурно-временные характеристики. Данное средство предполагает возможность анализа больших массивов данных с использованием средств параллельного выполнения на нескольких узлах сети. Сбор первичных данных производится на каждом узле, снабженном одним или несколькими сенсорами, измеряющими характеристики среды, живых или неживых объекта – в зависимости от специфики прикладного сценария. Кроме того, собираться могут данные о состоянии исполнительных элементов, а также данные с программно-аппаратных модулей пользовательского интерфейса [3]. После этого данные проходят стадию предобработки и унификации.

Для средства выявления аномальных данных цель – программная обработка данных и их интеллектуальный анализ при помощи экспертных знаний и методов машинного обучения. Данные от сенсоров могут анализироваться непосредственно в рамках вычислительных возможностей каждого из узлов сети с возможностью выбора параметров детектирования, влияющих на точность, полноту и скорость выявления аномалий. В качестве аномалий учитываются отклонения от ожидаемых значений выше некоторых эвристически и экспертно определенных числовых величин. В качестве признаков рассматриваются временные метки получения данных, сами данные, их количественные характеристики, распределения числовых значений во времени и различные их производные признаки.

Средство сбора, обработки и анализа данных от сенсоров, средство верификации и средство выявления аномальных данных реализуется на языке программирования Python с использова-

нием библиотек pandas, numpy, scikit-learn и др. Тестирование на имеющихся образцах данных реализованных процедур подтверждает практическую выполнимость разработанных программных инструментов.

Литература

1. *Panghal J., Verma N.* A Review on Security Analysis in WSN // International Journal of Recent Research Aspects. – 2016. – Vol. 3, iss. 2. – P. 37–40.
2. *Desnitsky V.A., Kotenko I.V.* Security event analysis in XBee-based wireless mesh networks // Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EICon-Rus 2018). – 2018. – P. 42–44.
3. *Desnitsky V., Kotenko I., Rudavin N.* Ensuring availability of wireless mesh networks for crisis management // Studies in Computational Intelligence. – 2018. – Vol. 798. – P. 344–353.

В.А. Десницкий

*Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН,
г. Санкт-Петербург, Россия*

АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К ОБНАРУЖЕНИЮ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ АТАК В КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ИНФРАСТРУКТУРАХ

В настоящее время большую актуальность и практическую важность приобретают вопросы своевременного обнаружения атак, направленных на компрометацию современных критически важных инфраструктур. Ввиду сложности таких систем, их масштабов, возрастающих разнородности, объемов и скоростей передачи данных о текущем программно-аппаратном и физическом состоянии таких систем возникает необходимость исследования и разработки эффективных путей обнаружения таких атак с применением существующего и активно развивающегося аппарата имитационного и графо-ориентированного моделирования [1].

В работе проводится анализ основных требований, предъявляемых к компонентам обнаружения в реальном времени атак на основе имитационного и графо-ориентированного моделирования.

Требования на учет различных существующих актуальных видов атакующих воздействий, вытекающих из анализа известных моделей и классификаций компьютерных атак применительно к конкретному прикладному сценарию, условиям и ограничениям функционирования сети, ценности сетевых активов и допущений о нарушителях.

Требование на учет специфики конкретного прикладного сценария рассматриваемой критической инфраструктуры в процессе выработки перечня актуальных для него видов атак. Вместе с тем при идентификации актуальных видов атак должна учитываться, в частности, стоимость защищаемых активов.

Требование на быстродействие процесса обнаружения атакующих воздействий, которое выражается в необходимости достижения результатов обнаружения атак в режиме близком к режиму реального времени для обеспечения целей последующего своевременного реагирования, отображения информации об атаках и пр.

Требования по поддержке потоковой обработки поступающих данных о критически важной инфраструктуре с возможностью формирования результатов обнаружения, начиная с произвольного момента времени. Данное требование будет обуславливать, в частности, способность к восстановлению продолжающегося во времени процесса обнаружения атак после приостановки, сбоя в работе критически важной инфраструктуры или интерфейсов взаимодействия с ней, а также после переконфигурирования или любого другого штатного изменения состава устройств и условий функционирования инфраструктуры [2].

Требования на достижение значений целевых показателей качества обнаружения атак. К наиболее существенным можно отнести интегральный показатель правильности (ассигасу), поклассовые показатели точности, полноты и f1-меры, а также средние и средневзвешенные показатели точности, полноты и f1-меры, вычисленные суммарно по всем анализируемым классам атакующих воздействий. При этом выбор пороговых – минимально необходимых значений для данных показателей будет задаваться индивидуально для каждого вида атакующих воздействий с использованием данных из открытых, опубликованных работ, в которых моделируются и анализируются такие же или сходные виды атак.

Требования на масштабируемость компонента в части возможностей обработки больших объемом гетерогенных данных, поступающих на вход компонента широким на единицу времени потоком с использованием средств эффективного распараллеливания процессов обнаружения атак.

Требование на высокую степень автоматизации процесса обнаружения атак с минимизацией ручных действий по администрированию, подстройке, обновлению и сопровождению со стороны обслуживающего персонала.

Требования на обеспечение вариативности и возможности выбора конкретных механизмов обнаружения атак и их параметров динамически меняющихся с течением времени.

Требования на защищенность самого компонента обнаружения атак, которая должна включать, в том числе проверку корректности разметки исходных размеченных данных, на которых строятся имитационные и графо-ориентированные модели.

Литература

1. *Ju A., Guo Y., Ye Z., Li T., Ma J.* HeteMSD: A Big Data analytics framework for targeted cyber-attacks detection using heterogeneous multisource data // *Security and Communication Networks*. – 2019. – P. 1–9.
2. *Balueva A., Desnitsky V., Ushakov I.* Approach to detection of Denial-of-Sleep attacks in wireless sensor networks on the base of machine learning // *Studies in Computational Intelligence*. – 2020. – Vol. 868. – P. 350–355.

А.В. Мелешко

*Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН,
г. Санкт-Петербург, Россия*

ПОСТРОЕНИЕ ПРОТОТИПА БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ МОНИТОРИНГА ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА

Расширение сфер применения беспроводных сенсорных сетей (БСС) порождает расширение списка возможных атак на них, а также ставит новые задачи по обеспечению безопасности таких сетей [1]. Вмешательство в нормальную работу БСС, установленных на производственных предприятиях или в транспортной или экологической сфере, может приводить к негативным последствиям. Среди них, например, ложные данные об экологической обстановке на местности или ложные данные о технологических процессах.

Для предотвращения и своевременного выявления атакующих воздействий целесообразно провести моделирование системы и атак на неё [1]. К тому же при выявлении атак и аномалий с применением методов интеллектуального анализа данных необходимо формирование тестового набора данных, например, записи состояний сенсоров БСС, который можно получить путем моделирования реальной БСС. Среди методов моделирования можно выделить следующие: аналитическое, имитационное, натурное и другие [2]. В настоящей работе проводится натурное моделирование БСС на примере программно-аппаратного прототипа БСС мониторинга загрязненности окружающего воздуха.

Предлагаются архитектура программно-аппаратного прототипа БСС, архитектура сенсорных узлов, а также схема децентрализованного протокола управления безопасностью БСС. Целью создания прототипа является возможность моделирования различных атакующих воздействий на БСС и последующая выработка и обучение моделей их детектирования с использованием средств машинного обучения и распределенного анализа

данных. Предложенный прототип представляет собой сеть сенсорных узлов, соединенных между собой с помощью радиоканала связи. Каждый сенсорный узел проводит измерения определенных параметров окружающей среды и отправляет их на дальнейшую обработку и анализ. В состав каждого узла входят следующие элементы: модуль Digi XBee, одноплатный компьютер Raspberry Pi model 3, сенсоры. Модуль Digi XBee предназначен для обмена информацией с другими узлами. Сенсоры предназначены для измерения параметров окружающей среды, таких как давление, влажность, температура. Raspberry Pi необходим для обработки измеряемой сенсорами информации, а также для обработки информации, получаемой через модуль Digi XBee, от других узлов БСС.

Кроме аппаратной части прототип содержит программное обеспечение, которое позволяет проводить анализ и накопление различных данных сети. Для Raspberry Pi разработана управляющая программа на языке Python, которая реализует функции получения и обработки информации от других узлов сети, а также сенсоров конкретного узла. Также с помощью программы реализован механизм децентрализованного управления. То есть функции анализа и хранения информации распределены на несколько узлов сети. Например, в предлагаемом прототипе возможны несколько видов функций для каждого узла – обработка данных, анализ безопасности, хранение. Узел, реализующий функции обработки получает данные от всех узлов сети и проводит их обработку. Узел, реализующий функции анализа безопасности получает данные за определенный промежуток времени и с помощью моделей машинного обучения осуществляет поиск атак на БСС. Узел, отвечающий за хранение данных, получает их и отправляет на другие узлы для обработки и анализа безопасности. Кроме того, на каждом узле проводится локальный поиск атак или аномальных ситуаций.

В работе предложен прототип БСС мониторинга параметров окружающего воздуха. Он состоит из различных аппаратных и программных компонентов. Использование модулей связей XBee позволяет реализовать механизм самоорганизации БСС, а

разработанный протокол децентрализации позволяет распределить функции хранения и обработки на несколько узлов сети. Прототип является ограниченной моделью реальной БСС, но на его основе возможно проводить моделирование атак и выработку механизмов их детектирования. Например, возможно промоделировать атаку «человек посередине» (man-in-the-middle), которая использует механизмы самоорганизации и децентрализации прототипа. Также оказываются выполнимыми и другие атаки, например «отказ от сна» (атака по denial-of-sleep) или атаку отказа в обслуживании. Использование языка программирования Python для управляющей программы позволяет использовать библиотеки машинного обучения, такие как scikit-learn, для реализации механизмов детектирования атак на прототип БСС.

Литература

1. Десницкий В.А., Мелешко А.В. Моделирование атакующих воздействий в беспроводных самоорганизующихся сенсорных сетях // Сборник научных статей IX Международной научно-технической и научно-методической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» (АПИНО-2020). – 2020. – № 1. – С. 389–394.
2. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: учебник. – М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.

А.В. Мелешко

*Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН,
г. Санкт-Петербург, Россия*

АНАЛИЗ АТАКУЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ПРОТОТИП БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ

Работа посвящена анализу атак и их воздействия на программно-аппаратный прототип беспроводной сенсорной сети (БСС) мониторинга загрязнения окружающего воздуха. Прототип представляет ограниченную сеть для мониторинга состояния окружающего воздуха. Он состоит из нескольких узлов сети, каждый из которых оснащен сенсорами, модулем связи и одноплатным компьютером для анализа собираемых данных. Особенностью прототипа является использование протокола децентрализованного управления и механизма самоорганизации.

Рассмотрены несколько существующих работ посвященных анализу атак в БСС [1–3]. Были выявлены атаки, которые наиболее актуальны в рамках рассматриваемого прототипа. Атаки можно классифицировать по цели: полный отказ БСС, отказ одного конкретного узла сети, подслушивание передаваемых по сети данных (нарушение конфиденциальности) и их модификация. Перечисленные цели призваны нарушить три свойства безопасности системы: конфиденциальность, доступность, целостность, поэтому они рассматриваются в первую очередь. Так как в рамках прототипа реализовано децентрализованное управление, которое предполагает распределение функций обработки, мониторинга безопасности и хранения информации, то можно выделить еще одну цель – захват узлом-злоумышленником функции мониторинга безопасности и сокрытие своего присутствия в БСС.

Анализ проводится, используя показатели вероятности возникновения атаки и степень её критичности. Оценивание показателей реализовано с использованием качественной шкалы оценки, а именно значениями «низкий», «средний», «высокий».

Для каждой атаки проанализированы механизмы воздействия, используемые злоумышленником методы и средства и конкретизирован объект воздействия (программное или аппаратное обеспечение БСС, протокол, канал связи).

Полный отказ работы БСС могут вызвать следующие атаки: зашумление канала связи (jamming) и взлом узла-обработчика информации от сенсоров БСС. Зашумление предполагает активное воздействие на канал связи сети с использованием средств глушения, при котором невозможно установить радио соединение между узлами. Вероятность возникновения – низкая – отсутствие связи между узлами будет заметно, степень критичности – высокая, так как работоспособность БСС будет прекращена во время атаки. Атака взлома узла-обработчика предполагает физическое подключение к ПО узла и нарушение его нормальной работы. Вероятность возникновения – низкая, так как для подключения к ПО узла необходим физический доступ к нему, что не всегда реально. Степень критичности – высокая, так как неверный анализ может влиять на другие системы, например на принятие решений. Также атака взлома узла преследует цель отказа работоспособности конкретного узла сети.

Цель отказа одного конкретного узла сети преследует атака модификации показаний его сенсоров и атака физического взлома узла. Атаки предполагают активное воздействие на аппаратную часть узлов путем изменения параметров окружающей среды рядом с сенсорами или физическое разрушение сенсоров или узла. Вероятность возникновения – низкая, так как для реализации необходим физический доступ к сенсорам. Степень критичности – средняя, так как можно атаку обнаружить путем интеллектуального анализа данных от других узлов.

Цели подслушивания или модификации данных сети реализуемы атакой внедрения ложного узла сети. Атака предполагает подключения к сети нелегитимного узла, который оказывает пассивное (подслушивание) или активное (модификация) воздействие на сеть. Атака использует механизм самоорганизации сети. Вероятность возникновения – средняя, так как не требуется физического доступа к сети, однако необходимо знать идентификатор сети. Степень критичности – высокая – атаку можно обнару-

жить интеллектуальным анализом данных, однако при пассивном воздействии это может занять много времени. Описанная ранее атака внедрения ложного узла также может преследовать цель захвата функций мониторинга безопасности сети. В таком случае злоумышленник использует еще свойство децентрализации БСС и воздействует на протокол передачи и сеть в целом.

В работе представлен анализ атакующих воздействий на прототип БСС мониторинга загрязнения воздуха. Выявлены наиболее актуальные в рамках прототипа атаки и проведена их классификация по цели. Также была проведена оценки вероятности возникновения каждого атакующего воздействия и степени его критичности.

Литература

1. *Bangash Y.A., Abid Q.D., Abed Ali A., Yahya E. A. Security Issues and Challenges in Wireless Sensor Networks: A Survey // International Journal of Computer Science. – 2017. – No. 44:2. – P. 1–15.*
2. *Yanga G., Daia L., Sia G., Wanga S., Wanga S. Challenges and Security Issues in Underwater Wireless Sensor Networks Procedia Computer Science. – 2019. – Vol. 147. – P. 210–216.*
3. *Khan M.A., Khan M. A Review on Security Attacks and Solution in Wireless Sensor Networks // American Journal of Computer Science and Information Technology. – 2019. – Vol. 7, no. 1:31. – P. 1–7.*

К.О. Магомедрасулов, М.Р. Алискеров

*Дагестанский государственный технический университет,
г. Махачкала, Россия*

ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

По числу утечек информации Россия, начиная с 2012 года, семь лет подряд занимала второе место в мировом распределении (после США). В 2019 году экспертно-аналитическим центром InfoWatch было зафиксировано 395 случаев утечки данных из российских компаний и государственных органов, что составляет 15,7 % от числа утечек данных по всему миру. Чаще всего в России «утекают» персональные данные и платежная информация – на эти типы данных приходится 87,3 % утечек, случившихся в 2019 году, в результате которых оказались скомпрометированы более 172 млн записей таких данных. В 72,1 % случаев виновными в утечке информации оказались рядовые сотрудники компаний, в 4,6 % случаев – топ-менеджмент организаций, в 18,4 % – хакеры и неизвестные лица. В начале июля 2021 года стало известно о выходе России в мировые лидеры по количеству умышленных утечек информации по итогам 2020 года. Данные также приводят в ИБ-компании InfoWatch.

В связи с этим, практически перед любой организацией стоит задача организации отдела информационной безопасности (ИБ), который будет заниматься вопросами защиты информации. Создание отдела ИБ условно проходит в несколько этапов.

- На начальном этапе следует заручиться поддержкой руководства. Если же ИБ-отдел создан по их инициативе, то как таковой проблемы нет, но зачастую высшее руководство компании не до конца понимает целесообразность и необходимость проведения большинства работ по ИБ. Поэтому, необходима вовлеченность топ-менеджмента и владельцев бизнеса в проблематику

ИБ. Данный подход считается эффективным, поскольку руководство смотрит на ИБ с позиции бизнеса, ведется оценка рисков.

- Следующим шагом является определение состава рабочей группы. Важно определить, какие специалисты будут принимать активное участие в работах по ИБ. В рабочей группе обязательно должен быть представитель владельца информационных ресурсов, так как, в отличие от сторонних экспертов, они могут оценить реальную важность и ценность информационных ресурсов компании.

- После того как сформирована рабочая группа и получена поддержка действий от руководства, переходим к этапу управления рисками. На этом этапе необходимо: идентифицировать информационные активы, представляющие ценность; провести анализ информационных ресурсов, к защите которых предъявляются требования со стороны законодательства; провести анализ информационных ресурсов на существующие уязвимости с точки зрения ИБ; провести анализ источников угроз; проанализировать сами угрозы; оценить возможный ущерб; подготовить отчет для презентации руководству. После проведения этапа должен быть составлен список определенных угроз и оценен ущерб, который может быть потенциально нанесен компании при реализации этих угроз.

- Далее начинается принятие организационных мер: разрабатываются политики, стандарты, руководства и инструкции, направленные на поддержание системы ИБ. Фиксируется ответственность сотрудников за нарушение требований ИБ, разглашение и нарушение конфиденциальности информации.

- Осуществляется выбор средств защиты информации и оценка их эффективности. Оценка эффективности нужна для понимания, окупятся ли затраты, потраченные на СЗИ.

- Важно донести до пользователей необходимую информацию по ИБ доступными для них способами, показать на практике, как безопасно работать и взаимодействовать, провести презентацию или обучение. Руководству полезно будет показать убытки, которые может получить компания в случае невыполнения мер по ИБ.

- После проведения всех этапов необходимо провести мониторинг и оценку результатов работ. Важно понять, насколько изменилось состояние ИБ.

Но на этом работа не заканчивается. Цикличность работ по ИБ связана с тем, что информационная среда очень изменчива. Происходят изменения внутри самих информационных активов, изменения в информационных технологиях, в способах обработки информации, а значит, нужно снова возвращаться к анализу рисков и актуализации системы ИБ.

Литература

1. *Пармон А.С.* Информационная безопасность предприятия: ключевые угрозы и средства защиты. – URL: <https://www.kp.ru/guide/informatsionnaja-bezopasnost-predprijatija.html> (дата обращения: 23.10.2021).
2. Утечки информации в России. – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Утечки_информации_в_России (дата обращения: 23.10.2021).
3. InfoWatch. Утечки данных. Россия. 2019 г. – URL: <https://www.infowatch.ru/analytics/analitika/utechki-dannykh-rossiya-2019-god>.
4. Searchinform. Меры по обеспечению информационной безопасности. – URL: <https://searchinform.ru/informatsionnaya-bezopasnost/osnovy-ib/osnovnye-aspekty-informatsionnoj-bezopasnosti/osnovnye-printsipy-obespecheniya-informatsionnoj-bezopasnosti/mery-po-obespecheniyu-informatsionnoj-bezopasnosti/>

М.Р. Алискеров

*Дагестанский государственный технический университет,
г. Махачкала, Россия*

**ПОЛИТИКА БЕЗОПАСНОСТИ
КАК ОСНОВНОЙ ИНСТРУМЕНТ РЕАЛИЗАЦИИ
ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
НА ПРЕДПРИЯТИИ**

Политика государств в области развития институтов информационного общества стала основой глобальной цифровизации. Развитие компьютерной техники и информационных технологий послужило причиной применения их практически во всех сферах жизнедеятельности человека. В настоящее время деятельность человека стала сильно зависеть от ИТ.

Стремительное развитие сферы технологий, оказалось настоящим вызовом для специалистов по информационной безопасности. Для эффективной реализации задач информационной безопасности, специалистам ИБ необходимо идти в ногу с развитием ИТ.

При организации ИБ наибольший эффект может быть достигнут только в том случае, когда все используемые средства, методы и меры объединяются в единый целостный механизм – комплексную систему защиты информации, предполагающая планомерное использование как программно-технических, так и организационных мер защиты на единой концептуальной основе. Эффективность самых сложных и дорогостоящих средств защиты сводится к нулю, если пользователи игнорируют элементарные правила парольной политики, а сетевые администраторы нарушают установленные процедуры предоставления доступа к ресурсам корпоративной сети и т. п.

В основе организационных мер защиты информации лежит – «Политика безопасности». От ее эффективности в наиболь-

шей степени зависит успешность любых мероприятий по обеспечению информационной безопасности. Часто приходится сталкиваться с неоднозначностью понимания термина «Политика безопасности». В широком смысле политика безопасности определяется как система документированных управленческих решений по обеспечению информационной безопасности на предприятии. В узком как локальный нормативный документ, определяющий требования безопасности, систему мер либо порядок действий, а также ответственность сотрудников и механизмы контроля для определенной области обеспечения информационной безопасности. Примерами таких документов могут служить:

- «Политика управления паролями»;
- «Политика управления доступом к ресурсам корпоративной сети»;
- «Политика обеспечения информационной безопасности при взаимодействии с Internet» и т. д.

Политика безопасности должна гарантировать, что для каждого вида проблем существует ответственный исполнитель. В связи с этим ключевым элементом политики безопасности является доведение до каждого сотрудника его обязанностей по поддержанию режима безопасности (секретности).

Из практики известно, что правильная политика безопасности даже без затраченных больших финансов на средства инженерно-технической защиты дает лучшие результаты, чем средства защиты без эффективной политики безопасности. Политикой безопасности можно назвать и простые правила использования ресурсов.

Для того чтобы политика безопасности оставалась эффективной, необходимо осуществлять непрерывный контроль ее исполнения, повышать осведомленность сотрудников организации в вопросах безопасности и обучать их выполнению правил, предписываемых ею. Регулярный пересмотр и корректировка правил политики безопасности необходимы параллельно с развитием цифровых технологий, для поддержания ее в актуальном состоянии.

Разработка и внедрение политики безопасности – процесс коллективного творчества, в котором должны участвовать представители всех подразделений, затрагиваемых производимыми из-

менениями. Координатором этого процесса является штатный специалист ИБ, или сотрудник, на которого руководство возлагает ответственность за обеспечение информационной безопасности. Этот специалист координирует деятельность рабочей группы по разработке и внедрению политики и средств информационной безопасности на протяжении всего жизненного цикла, включающего в себя проведение аудита безопасности, разработку, согласование, внедрение, обучение, контроль исполнения, пересмотр и корректировку политики безопасности в соответствии с существующими стандартами, техническими спецификациями и рекомендациями в области информационной безопасности.

Литература

1. *Мельников Д.А.* Организация и обеспечение безопасности информационно-технологических сетей и систем: учебник. – М.: Университетская книга, 2012. – 598 с.
2. Деятельность органов внутренних дел по борьбе с преступлениями, совершенными с использованием информационных, коммуникационных и высоких технологий: учебное пособие: в 2 ч. / [А. В. Аносов и др.]. – М.: Академия управления МВД России, 2019. – Ч. 1. – 208 с.
3. Продукты и решения по информационной безопасности. – URL: <http://www.infosecurity.ru/>.

Ш.М. Сатиюлаев, Г.И. Качаева

*Дагестанский Государственный Технический Университет,
г. Махачкала, Россия*

КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ В 21 ВЕКЕ

Проблема цифровой неграмотности в области информационной безопасности в Республике Дагестан является очень острой и актуальной. В целом по России по статистике сайта НАФИ только каждый четвёртый обладает высоким уровнем цифровой грамотности. Это 27 % от всего населения. А в Дагестане этот процент и того меньше. По статистике того же сайта НАФИ цифровая грамотность у молодых людей в возрасте от 18 до 24 лет составляет 23 %. Так 2018-м году только 26 % имели высокий уровень грамотности. По состоянию на январь 2020 г. эта цифра практически не изменилась и составляет 27 %. Из-за этого увеличился уровень кибермошенничества.

Навыки информационной безопасности находятся не на высоком уровне у 80 % людей. Безопасность заканчивается на антивирусе. Это говорит о необходимости создавать культуру защиты информации на всех уровнях. Более 461 000 киберпреступлений зафиксировано в России за 2020 год – пишет газета ТАСС со ссылкой на сборник генеральной прокуратуры о состоянии преступности за 2020 г. По сравнению с 2019 г. киберпреступность выросла на 12 %.

Из всех вышеперечисленных фактов можно сделать вывод, что проблема кибербезопасности является актуальной имеет место быть. Одной из основных причин возникновения компьютерной преступности явилась именно неграмотность элементарных знаний в области безопасности информации. Каждый год отдел по безопасности в организациях проводит тренинги по безопасности, но они не учитывают человеческий фактор и пытаются донести до молодых людей в возрасте от 14 до 25 лет техническим языком, что плохо усваивается, особенно, если это учащиеся гу-

манитарных направлений. И как видим из статистики данные по кибербезопасности не снижаются. Больше половины киберпреступлений случаются из-за человеческого фактора. Люди сами того не зная дают мошенникам свои данные, что влечёт за собой проблемы у обычных людей.

Существование проблемы подтверждается постановлением от 8 декабря 2016 г. № 2589 «О внесении в государственную думу законопроектов об обеспечении безопасности критической информационной инфраструктуры», совещание 3 июня 2016 г. «Об информационной безопасности кредитно-финансовой сфере».

Решение данной проблемы заключается в проведении мастер-классов и семинаров преподавателями Высших учебных заведений, как это делается в крупных компаниях с целью защиты коммерческой тайны. Такой формат мероприятий позволит повысить грамотность в сфере безопасности информации и защиты личных данных.

Литература

1. *Джейсон А.* Защита данных. От авторизации до аудита. 2021.
2. *Хедненги К.* Искусство обмана. 2018.

В.Е. Долгой

*Южный федеральный университет,
г. Таганрог*

ИТЕРАЦИОННЫЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ С ПЛОХО ОБУСЛОВЛЕННЫМИ МАТРИЦАМИ

Разработка эффективных итерационных методов решения систем линейных алгебраических уравнений с плохо обусловленными матрицами является важной задачей, так как при решении данных систем прямыми методами происходит потеря точности при достаточно небольших порядках исходной матрицы. На практике часто требуется решать системы порядков 100–1000 и более.

Рассмотрим систему линейных алгебраических уравнений $Ax = b$. Итерационные методы делятся на одношаговые, например, методы наискорейшего спуска, минимальных невязок и многошаговые, например, метод сопряжённых градиентов. Реализация одношаговых методов проста, объем вычислений для одной итерации небольшой, но они имеют медленную сходимость [1].

Рассмотрим следующий метод [2].

$$x_0 = 0, r_0 = Ax_0 - b, \Delta_0 = r_0, \alpha_0 = \frac{(r_0, r_0)}{(\Delta_0, A\Delta_0)};$$

для $k = 1, 2 \dots$:

$$x_k = x_{k-1} - \alpha_{k-1}\Delta_{k-1}, r_k = \begin{cases} Ax_k - b, \\ r_{k-1} - \alpha_k A\Delta_{k-1}, \end{cases} \beta_k = \frac{(r_k, r_k)}{(r_{k-1}, r_{k-1})},$$

$$\Delta_k = r_k + \beta_k \Delta_{k-1}, \alpha_k = \frac{(r_k, r_k)}{(\Delta_k, A\Delta_k)}.$$

Матрица A является симметрической и положительно-определённой. Вычисление невязки рекуррентным способом дает более высокую точность.

Рассмотрим метод Крейга.

$$x_0 = 0, r_0 = b - Ax_0, \Delta_0 = A^*r_0, \alpha_0 = \frac{(r_0, r_0)}{(\Delta_0, \Delta_0)};$$

для $k = 1, 2 \dots$:

$$x_k = x_{k-1} + \alpha_{k-1} \Delta_{k-1}, \quad r_k = b - Ax_k \quad \beta_k = \frac{(r_k, r_k)}{(r_{k-1}, r_{k-1})},$$
$$\Delta_k = A^* r_k + \beta_k \Delta_{k-1}, \quad \alpha_k = \frac{(r_k, r_k)}{(\Delta_k, \Delta_k)}.$$

Метод является наиболее универсальным для решения систем уравнений с несамосопряжёнными и прямоугольными матрицами [3]. Численно исследовался один из вариантов метода сопряженных градиентов на примере матрицы Гильберта, известной плохой обусловленностью.

В результате вычислений, была получена зависимость погрешности вычислений от порядка матрицы. Методы сопряженных направлений при абсолютно точной их численной реализации являются точными методами, но для плохо обусловленных систем в результате накопления погрешностей вычислительный процесс приобретает итерационный характер. Продолжение итераций до номеров больших порядка системы, улучшает результаты.

Литература

1. *Фадеев Д.К., Фадеева В.Н.* Вычислительные методы линейной алгебры. – СПб.: Лань, 2002.
2. *Голуб Дж., Ван Лоун Ч.* Матричные вычисления. – М.: Мир, 1999.
3. *Тихонов А.Н., Арсенин В.Я.* Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1979.

А.Н. Рабчевский¹, Е.Г. Ашихмин², Е.А. Рабчевский²

*¹Пермский государственный национальный
исследовательский университет,
г. Пермь, Россия*

²ООО «СЕУСЛАБ», г. Пермь, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПРОПАГАНДЫ ПРОТЕСТНОГО ДВИЖЕНИЯ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ С ПОМОЩЬЮ ГРАФОВОГО АНАЛИЗА И НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Использование социальных сетей для пропаганды протестных настроений и мобилизации пользователей для участия в активных политических акциях представляет не только научный, но и практический интерес. Противодействие пропаганде протестных настроений в социальных сетях является одной из важнейших задач по обеспечению безопасности государства и благополучия граждан. По мнению [1–3], все протестные движения неразрывно связаны с созданием автономных сетей связи, поддерживаемых Интернетом. Существенное влияние социальных сетей на уровень мобилизации людей к активным действиям описано в работах [4; 5]. По мнению авторов [6], использование распределенных неорганизованных социальных сетей способствует распространению информации среди протестных групп через межличностные связи и повышает возможности мобилизации участников на конкретные акции.

Несмотря на представления авторов работы [6] о том, что социальные сети являются не организованными, очевидно, что одни пользователи в социальных сетях генерируют идеи, другие распространяют эти идеи, третьи комментируют, а четвертые могут накручивать лайки, чтобы поднять популярность идеи. Анализ показывает, что в каждой информационной волне, связанной с каким-либо информационным поводом, определенные пользователи выполняют определенные роли.

В зависимости от типа социальной сети и исследуемых характеристик пользователей могут использоваться различные определения социальных ролей и методы их классификации. В работе [7] предложено стандартизировать использование термина «социальная роль» в онлайн-сообществе как совокупность социальных, психологических, структурных и поведенческих атрибутов, а также предложены стратегии определения социальных ролей пользователей в некоторых онлайн сообществах. Однако, авторы не предлагают строгой классификации социальных ролей пользователей, так как набор и определение социальных ролей зависит и от типа социального сообщества, и от контекста, в котором рассматриваются роли пользователей.

В контексте противодействия влиянию социальных сетей на протестную активность граждан авторами были выделены следующие роли:

1. Постер – генератор идей, создатель контента, часто является лидером общественного мнения, при наличии большого количества связей может объединять вокруг себя большое количество пользователей.

2. Репостер – распространитель идей, редко создает контент, в основном репостит уже готовые публикации, нацелен на максимальное распространение чужих публикаций.

3. Комментатор – не создает контент, не репостит, зато оставляет множество комментариев, участвует в осуждениях и спорах. Часто создает лишние комментарии для увеличения популярности тем обсуждения.

4. Универсал – активный пользователь. Не является ярко выраженным Постером, Репостером или Комментатором, но активно публикует материалы разного типа.

5. Пассивный участник – пользователь, который не очень активен в сети в части создания контента, репостов или комментариев, но регулярно посещает различные страницы в социальной сети. Является реципиентом всей информации, созданной Постерами, Репостерами, Универсалами и Комментаторами. В последнее время все более популярным становится применение нейронных сетей для определения ролей пользователей [8–12].

Классификация пользователей, вовлеченных в протестное движение, выполнялась с помощью нейросетевой модели, обученной на данных, искусственно синтезированных на основе экспертных знаний в данной предметной области. Использование синтетических данных не требует высоких затрат на создание датасета и обеспечивает конфиденциальность персональных данных пользователей социальных сетей.

Все современные социальные сети имеют ярко выраженную кластерную структуру, в которой кластеры (отдельные сообщества) соединяются с ядром сети. Часто такое соединение осуществляется через одного единственного пользователя. Авторами была предложена методика выявления таких пользователей, называемых мостами.

С помощью графового анализа вычислялась предложенная авторами метрика «Центральность по взвешенному вкладу», которая в отличие от других метрик центральности [13], имеющих вероятностный характер, точно определяет мосты и уровень их информационного влияния в виде веса кластера.

В заключение выполнен анализ графов социальных связей активных пользователей (Постеров, Репостеров, Комментаторов, Универсалов) и Мостов, который показал, что структура графа активных пользователей содержит большое количество узлов, не связанных или слабо связанных с другими узлами сети. В тоже время граф Мостов является полно-связным, где все узлы связаны с другими узлами графа. Сводный граф социальных связей активных пользователей и Мостов показывает, что сеть Мостов является основной полно-связной структурной тканью, на которой крепятся активные пользователи, в большей или меньшей степени связанные друг с другом. То есть, некоторые активные пользователи могут быть не связаны с другими активными пользователями, но они обязательно связаны с сетью с Мостов и через них – с другими пользователями в сети.

Литература

1. *Castells M.* Networks of Outrage and Hope. Social Movements in the Internet Age. – Cambridge: Polity, 2012.
2. *Gerbaudo P.* Tweets and the Streets. Social Media and Contemporary Activism. – London: Pluto Books, 2012.

3. *Faris D.M.* Dissent and Revolution in a Digital Age. I.B.Tauris, 2013.
4. *Tindall D.B.* From metaphors to mechanisms: Critical issues in networks and social movements research // *Social Networks*. – 2007. – Vol. 29, № 1. – P. 160–168.
5. *Bennett W.L., Segerberg A.* THE LOGIC OF CONNECTIVE ACTION // *Information, Communication & Society*. – 2012. – Vol. 15, № 5. – P. 739–768.
6. *Juris J.S.* Reflections on #Occupy Everywhere: Social media, public space, and emerging logics of aggregation // *American Ethnologist*. – 2012. – Vol. 39, № 2. – P. 259–279.
7. *Gleave E., et al.* A Conceptual and Operational Definition of “Social Role” in Online Community // 2009 42nd Hawaii International Conference on System Sciences. IEEE, 2009.
8. *Jabłońska M.R., Zajdel R.* Artificial neural networks for predicting social comparison effects among female Instagram users // *PLOS ONE*. – 2020. – Vol. 15, № 2.
9. *Lin H. et al.* User-level psychological stress detection from social media using deep neural network // *Proceedings of the 22nd ACM international conference on Multimedia*. – New York, NY, USA: ACM, 2014. – P. 507–516.
10. *Segalin C. et al.* What your Facebook Profile Picture Reveals about your Personality // *Proceedings of the 25th ACM international conference on Multimedia*. – New York, NY, USA: ACM, 2017. – P. 460–468.
11. *Wijenayake P. et al.* Automated Detection of Social Roles in Online Communities using Deep Learning // *Proceedings of the 3rd International Conference on Software Engineering and Information Management*. – New York, NY, USA: ACM, 2020. – P. 63–68.
12. *Matsumoto K., Yoshida M., Kita K.* Classification of Emoji Categories from Tweet Based on Deep Neural Networks // *Proceedings of the 2nd International Conference on Natural Language Processing and Information Retrieval - NLPPIR 2018*. – New York, New York, USA: ACM Press, 2018. – P. 17–25.
13. *Lü L. et al.* Vital nodes identification in complex networks // *Physics Reports*. – 2016. – Vol. 650. – P. 1–63.

В.В. Бахтин, И.А. Подлесных

*Пермский национальный исследовательский
политехнический университет,
г. Пермь, Россия*

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФА СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ КАСКАДОВ УСТРОЙСТВ НЕЙРОСЕТЕВОГО РАСПОЗНАВАНИЯ, РЕАЛИЗУЮЩИХ БЛОЧНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ*

Нейронную сеть, все слои которой производят свои вычисления на одном и том же вычислительном устройстве назовем **монолитной нейронной сетью**. Если перед нами стоит задача получения нейронной сети, которая может проводить свои вычисления на нескольких связанных между собой устройствах, то нам потребуется разделить слои этой нейронной сети на блоки последовательных, идущих друг за другом слоев. Каждый из этих блоков будет выполнен на отдельном вычислительном устройстве, а промежуточные результаты будут переданы по сети между ними. Нейронную сеть, разбитую на набор подобных блоков, назовем **блочной нейронной сетью** [1].

Монолитная многослойная нейронная сеть X , результат ее **декомпозиции** – последовательность нейронных сетей $\{\bar{X}_0, \dots, \bar{X}_{D-1}\}$, где результат вычисления $\bar{X}_1 \Leftrightarrow \bar{X}_2 \Leftrightarrow \dots \Leftrightarrow \bar{X}_{D-1}$ совпадает с результатом работы сети X [2]. Рассмотрим две нейронных сети X^1 и X^2 , после их декомпозиции получим две последовательности сетей $\{\bar{X}_0^1, \dots, \bar{X}_{D^1-1}^1\}$ и $\{\bar{X}_0^2, \dots, \bar{X}_{D^2-1}^2\}$. Реализация каскадов устройств нейросетевого распознавания приведет к созданию двух параллельных потоков вычислений, проверим,

* Исследование проводится при поддержке РФФИ на средства гранта № 20-37-90036 Аспиранты «Метод синтеза устройств нейросетевого распознавания для реализации режима Fog computing».

есть ли возможность совместить какие-то из устройств в одно, для этого найдем одинаковые блочные нейронные сети в каждой из последовательностей, если их нет – то совместить устройства не выйдет, если же есть, например, \bar{X}_3^1 эквивалентна \bar{X}_5^2 , то возможно совместить два устройства в одно, увеличив частоту обработки входного сигнала. Для этого случая совмещаем устройства, которые реализуют эти нейронные сети в одно, полученное устройство будет получать сигналы по очереди от \bar{X}_2^1 и \bar{X}_4^2 , а после отдавать поочередно \bar{X}_4^1 и \bar{X}_6^2 соответственно. Синхронизацию по времени нужно реализовать, увеличив частоту обработки входного сигнала для устройства $\bar{X}_3^1 / \bar{X}_5^2$ до 100 Гц, если остальные нейронные сети работают с частотой входного сигнала, например, 50 Гц. В итоге, алгоритм построения графа выглядит следующим образом:

1. Осуществить декомпозицию необходимого числа монолитных нейронных сетей, построить графы работы каждой из полученных блочных сетей.

2. Сравнить полученные последовательности нейронных сетей, если эквивалентные блоки отсутствуют – остановить объединение, иначе:

3. Совместить эквивалентные блоки в одно устройство, объединив соответствующие узлы графа в один узел.

4. Увеличить частоту работы соответствующих устройств во столько раз, сколько узлов было объединено между собой для эквивалентного блока.

Литература

1. *Бахтин В.В.* Модификация алгоритма идентификации и категоризации научных терминов с использованием нейронной сети // *Нейрокомпьютеры: разработка, применение.* 2019. Т. 21, № 3. С. 14-19.
2. *Бахтин В.В.* Математическая модель искусственной нейронной сети для устройств на пЛИС и микроконтроллерах, ориентированных на туманные вычисления. // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления.* 2021 (в печати).

Т.И. Гарифуллин¹, Н.А. Гарифуллина²

*¹Муниципальное Автономное образовательное учреждение «Лицей № 58»,
г. Уфа, Россия*

*²Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия*

CAT NETWORK. ИНСТАГРАМ ДЛЯ КОТОВ

Большие данные (англ. big data) – обозначение структурированных и неструктурированных данных огромных объёмов и значительного многообразия, эффективно обрабатываемых горизонтально масштабируемыми программными инструментами, появившимися в конце 2000-х годов и альтернативных традиционным системам управления базами данных и решениям класса Business Intelligence.

Искусственный интеллект (ИИ; англ. artificial intelligence, AI) – свойство интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека; наука и технология создания интеллектуальных машин, особенно интеллектуальных компьютерных программ.

При обучении разработке мобильных приложений для операционной системы Android было принято решение о написании собственной версии инстаграм.

Проект содержит следующие возможности:

- создание и редактирование профиля пользователя,
- просмотр и добавление постов,
- пагинация и асинхронная загрузка записей,
- определение породы кошки, выборка и сортировка по породам.

Все данные хранятся в облачных сервисах Firebase. Для аутентификации пользователя используются почта и пароль. При регистрации создается запись в облачной базе данных со всеми данными профиля.

На главной странице пользователя ждут свежие записи.

С сайта <http://cfa.org> (Cat Fanciers` Association) были взяты сорок пород кошек. Далее из открытых источников было скачано по 100 фотографий каждой породы.

Результаты обучения ИИ были сформированы в файл Excel.

При загрузке фотографий кошек в постах ИИ определяет породу кошки и записывает информацию о породе в соответствующую переменную.

Используемые инструменты: Android Studio (для реализации мобильного приложения), Figma (для проектирования внешнего вида мобильного приложения), Adobe Photoshop (для создания логотипа мобильного приложения), Сайт firebase.google.com (помогает создавать и поддерживать работу успешных приложений).

Используемые библиотеки: Библиотеки, связанные с Firebase (Firestore, Storage, Authentication, Firebase ML Kit.), Glide (быстрая и эффективная библиотека для управления мультимедиа с открытым исходным кодом и загрузки изображений для Android, которая объединяет декодирование мультимедиа, кэширование памяти и диска, а также объединение ресурсов в простой и удобный интерфейс), Cat Loading (красивая анимация загрузки), Preferences (хранение настроек приложения в памяти устройства), Image Picker (простая в использовании и настраиваемая библиотека для выбора изображения из галереи или захвата изображения с помощью камеры, также позволяет обрезать и сжимать изображение в зависимости от соотношения сторон, разрешения и размера изображения), Paging 3 (одна из новых библиотек Jetpack для эффективного управления и загрузки большого объема набора данных из различных источников данных).

Результатом работы является мобильное приложение, обладающее функционалом, решающим поставленную цель: создание и редактирование профиля пользователя, просмотр и добавление постов, пагинация и асинхронная загрузка записей, определение породы кошки, выборка и сортировка по породам.

Перспективы развития: русифицировать породы кошек, добавить рейтинг, реализовать подписки, добавить поддержку других пород.

Литература

1. Kotlin // Википедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Kotlin> (дата обращения: 02.11.21).
2. Большие данные // Википедия. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Большие_данные (дата обращения: 02.11.21).
3. Искусственный интеллект // Википедия. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственный_интеллект (дата обращения: 02.11.21).
4. Курс: Samsung Innovation Campus Bootcamp: Kotlin for Android. – URL: <https://myitschool.ru/edu/course/view.php?id=16> (дата обращения 02.11.21)
5. The Cat Fanciers' Association, Inc – World's Largest Registry of Pedigreed Cats. – URL: <https://cfa.org/> (дата обращения: 02.11.21).
6. Android Developers. – URL: <https://developer.android.com/> (дата обращения 02.11.21).

Т.И. Гарифуллин¹, Е.В. Дружинская²

*¹Муниципальное Автономное образовательное учреждение «Лицей № 58»,
г. Уфа, Россия*

*²Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия*

ШКОЛЬНЫЙ ДНЕВНИК MURKAT

Школьных дневников в Play market много. Все они похожи друг на друга, у всех практически один и тот же функционал. Например: Школьный Дневник от Free Mobile apps, School (Школа) – Учебный Помощник от Flaring App, Школьный Дневник – MyDiary от Moon Production.

Все дневники бесплатные, но с возможностью покупки дополнительных функций. По опыту использования приложения под номером 2, обнаружено много рекламы, что создает некоторые неудобства. При обучении разработке мобильных приложений для операционной системы Android было принято решение о написании собственной версии школьного дневника.

Проект содержит следующие возможности: хранение базы данных предметов, хранение базы данных учителей, хранение базы данных расписания, хранение базы данных домашнего задания.

Все сведения хранятся в локальной базе данных на устройстве. Это позволяет самому пользователю выбирать, что заносить в базу, а что не следует там хранить. Ещё одно преимущество использования локальной базы данных – это независимость от наличия интернета в телефоне.

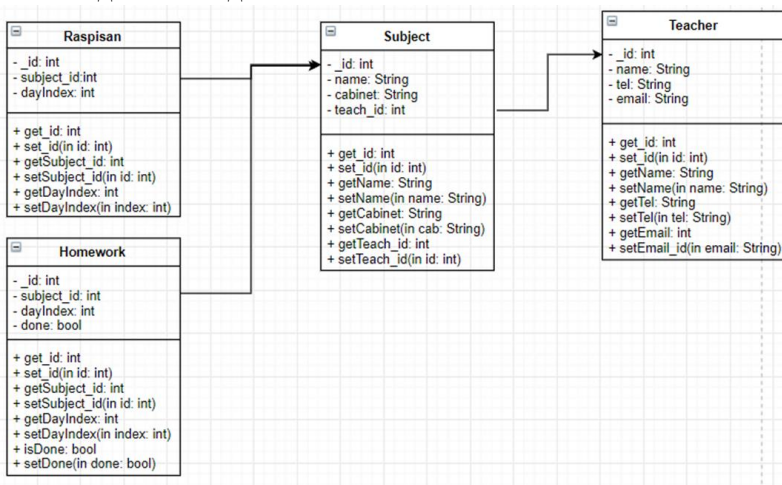
Возможности при работе с приложением: добавление предметов, добавление учителей, редактирование расписания, добавление домашнего задания, просмотр добавленной информации, копирование расписания или домашнего задания на день/неделю.

Используемые инструменты: Android Studio (для реализации мобильного приложения), Figma (для проектирования внешнего вида мобильного приложения), Adobe Photoshop (для создания ло-

готипа мобильного приложения), Сайт flaticon.com/uicons (использование векторных иконок, оптимизированных для Android).

Используемые библиотеки: Room (библиотека для организации работы с локальной базой данных SQLiteDatabase), Material Design (библиотека для создания дизайна приложения), Navigation (управление переходами между активностями, фрагментами и диалоговыми окнами), Preferences (хранение настроек приложения в памяти устройства), Searchable Spinner (экранный элемент для поиска по базе данных).

Модель базы данных:



Результатом работы является мобильное приложение, обладающее функционалом, решающим поставленную цель: заполняется расписание уроков, указывается время уроков, записываются учителя-предметники (можно указать телефон и электронную почту), организован ввод домашнего задания с помощью клавиатуры, с помощью CheckBox можно отметить выполнение домашнего задания по предмету, тема (цвет приложения) выбирается на усмотрение пользователя, есть возможность делиться домашним заданием на выбранный день.

Перспективы развития: добавить картинки к предметам, добавить награды за выполнение домашнего задания, добавить голосовой ввод, сделать умного помощника.

Литература

1. Uicons: +3,000 Free icons, SVG and icon font. Awesome icons for any project. – URL: <https://www.flaticon.com/uicons> (дата обращения: 02.11.21).
2. Освой программирование играючи. – URL: <http://developer.alexanderklimov.ru/> (дата обращения: 02.11.21).
3. Homepage - Material Design. URL: <https://material.io/> (дата обращения: 02.11.21).
4. Android Developers. – URL: <https://developer.android.com/> (дата обращения: 02.11.21).
5. IT Школа и IT Академия Samsung. – URL: <https://myitschool.ru/edu/> (дата обращения: 02.11.21).

Е.Э. Елисеев, М.Е. Бурлаков, М.Н. Осипов

*Самарский национальный исследовательский университет
им. академика С.П. Королева,
г. Самара, Россия*

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОГО АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ WEB УГРОЗ

С ростом требований к информационной безопасности разрабатываются соответствующие программные и программно-аппаратные средства, повышающие уровень защищённости конкретной информационной системы. Одним из таких средств являются системы обнаружения вторжений (СОВ). Первая концепция появилась благодаря Джеймсу Андерсону и его статье [1].

Предлагается разработка адаптивного алгоритма оценки эффективности СОВ *Snort* [2] в задачах обнаружения и предотвращения *WEB*-угроз. Оценка проводится для определённого набора правил СОВ.

Пример угрозы – инъекция кода. СОВ *Snort* использует специальные правила для обнаружения подобных угроз. В целях увеличения эффективности обнаружения исследователи разрабатывают правила с использованием регулярных выражений [3].

В рамках разработки алгоритма оценка эффективности набора правил *Snort* проводится на нескольких различных наборах данных (датасетах), каждый датасет состоит из некоторого количества *HTTP*-запросов. Для каждого *HTTP*-запроса известен его тип – нормальный или аномальный. Реакция СОВ может быть двух типов – игнорирование запроса (*Snort* определяет запрос как нормальный) и уведомление о вероятной атаке (*Snort* определяет запрос как аномальный).

Для определения реакции СОВ на запросы разворачивается сервер с СОВ *Snort* с оцениваемыми набором правил и настройками СОВ (СОВ-сервер), затем с другого сервера (тестирующий

сервер) каждый *HTTP*-запрос из датасета отправляется на СОВ-сервер согласно разработанному алгоритму.

В первую очередь отбираются исходящие порты для тестирования, а тестируемый датасет разбивается на части, каждая часть тестируется отдельно. Для каждого проверяемого запроса ставится в соответствие свой исходящий порт, что позволяет по завершению тестирования определить реакцию СОВ на каждый запрос. Выполнение запросов проводится в любом порядке и таким образом, чтобы минимизировать время тестирования. После завершения тестирования всех частей датасета результаты объединяются, затем вычисляется эффективность набора правил, а также ошибка первого и второго рода, количество верно определённых нормальных запросов, количество верно определённых аномальных запросов, точность (*Precision*), полнота (*Recall*) и *F*-мера.

Для проверки работы алгоритма использовались датасет *CSIC 2010* [4], наборы инструкций для *XSS*-атак и *SQL*-атак [5] и *GET*-запросы некоторого *WEB*-сервера за год. Алгоритм реализован на языке программирования *Python*. В качестве набора правил использовался *Talos Rules* и дополнительно 5 правил обнаружения *SQL*-инъекций, полученные и экспериментально проверенные исследователями [3].

В ходе проведения эксперимента получены результаты на датасетах, вычислены показатели точности (*Precision*), полноты (*Recall*) и *F*-меры, сделаны выводы о низкой неэффективности используемых правил СОВ *Snort* и необходимости их доработки.

Данный алгоритм можно использовать для анализа поступающих запросов в реальном времени, чтобы избежать нагрузки на защищаемый сервер. Алгоритм поддерживает масштабирование, позволяет проводить моделирование атак и адаптировать правила к текущей ситуации при помощи различных методов машинного обучения.

Планируется дальнейшее изучение способов повышения эффективности работы СОВ и их оценка при помощи разработанного алгоритма в задачах предотвращения компьютерных угроз.

Литература

1. Anderson, James P., "Computer Security Threat Monitoring and Surveillance" Washington, PA, James P. Anderson Co., 1980.
2. Snort – Network Intrusion Detection & Prevention System. – 2019. – URL: <https://www.snort.org> (дата обращения: 15.10.2021).
3. Hussein Alnabulsi, Md Rafiqul Islam, Quazi Mamun. Detecting SQL injection attacks using SNORT IDS. – 2014. – URL: https://www.researchgate.net/publication/278677876_Detecting_SQL_injection_attacks_using_SNORT_IDS (дата обращения: 20.10.2021).
4. HTTP DATASET CSIC 2010. – URL: <http://www.isi.csic.es/dataset/> (дата обращения: 12.05.2019).
5. GitHub. SecLists, the security tester's companion. – 2019. – URL: <https://github.com/danielmiessler/SecLists> (дата обращения: 12.05.2019).

Е.А. Сухорукова

*Омский государственный технический университет,
г. Омск, Россия*

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОБРАБОТКЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Приметы информационного общества сегодня можно заметить повсюду: в каждом кармане найдется смартфон. На каждом столе в квартире, офисе или школьном кабинете – современный компьютер или ноутбук, в учебных и научно-исследовательских лабораториях, в рабочих кабинетах – современные ИТ-системы. Да, и сама информация очень сильно изменилась. Всего лишь полвека спустя после того дня, когда были изобретены первые компьютеры и они прочно вошли в нашу жизнь, накопление информации достигло нового, не виданного ранее, уровня. Мир не просто завален информацией, она стала расти в геометрической прогрессии и к сегодняшнему дню достигла огромных масштабов. Когда ученые впервые столкнулись с таким стремительным ростом данных, в русскоязычной среде зачастую стал применяться термин «Big Data», а также понятие «большие данные», которые не имеет строгого определения. Произошло это в середине 2000-х годов, и теперь эта концепция проникает во все сферы человеческой деятельности.

Термин «Big Data» можно рассматривать не только, как какой-то конкретный объём данных и даже не сами данные, а методы обработки большого числа данных для получения новой информации, которые тяжело обработать обычными способами. Эти методы можно применить как к огромным массивам данных (таким как содержание всех страниц в интернете), так и к маленьким (например, содержимое этой статьи).

Большие данные – это широкое понятие для наборов данных, настолько объемных и сложных, что традиционные приложения для обработки данных не способны справиться с ними.

Проблемы включают в себя сбор, анализ, хранение данных, поиск, совместное использование, хранение, передачу, визуализацию и конфиденциальность информации. Сбор, хранение и обработка данных происходит в огромных кластерах объединенных вместе компьютеров. Такие кластеры могут насчитывать тысячи и даже десятки тысяч узлов [1].

Объемы неоднородной и быстро поступающей информации обработать традиционными инструментами просто невозможно. Сам анализ данных позволяет увидеть определённые и незаметные закономерности, которые не может увидеть человек. Анализ и обработка больших данных – непростая и комплексная задача, требующая для решения особых инструментов и больших вычислительных возможностей. В их основе лежат математические алгоритмы, теория вероятностей и многие другие инструменты, которые при применении к большим данным могут принести больше плодов тем, кто не обошёл вниманием это относительно новое явление в информационном сообществе. Учитывая стремительный рост объема больших данных, можно с достаточной уверенностью предполагать, что направления науки, связанные с их анализом, не потеряют актуальность в обозримом будущем [2].

Литература

1. *Билуха И. Н.* Обработка больших данных // Молодой ученый. – 2020. – № 8 (298). – С. 7–9.
2. *Утёмов В.В., Горев П.М.* Развитие образовательных систем на основе технологии Big Data // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2018. – № 6 (июнь). – С. 449–461.
3. *Мамедова Г.А., Зейналова Л.А., Меликова Р.Т.* Технологии больших данных в электронном образовании // Открытое образование. – 2017. – Т. 21, № 6. – С. 41–48.
4. *Бибик И.А.* Big Data конкурентоспособного преподавателя ВУЗа // Аспекты и тенденции педагогической науки: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2017 г.). – Санкт-Петербург: Свое издательство, 2017. – С. 56–61.

А. Бельченко¹, А.А. Магазев², А.Ю. Никифорова²

*¹Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

*²Омский государственный технический университет,
г. Омск, Россия*

О ВЕРОЯТНОСТИ ЗАРАЖЕНИЯ ВОСПРИИМЧИВОГО УЗЛА НА СЛУЧАЙНЫХ ГРАФАХ ЭРДЁША-РЕНЬИ

Математическое моделирование процессов распространения компьютерных вирусов в сложных сетях продолжает оставаться актуальным направлением исследований [1; 2]. Отметим, что подавляющее большинство существующих моделей основано на различных непрерывных приближениях, что позволяет использовать для их исследования аппарат дифференциальных уравнений. С другой стороны, подобные приближения плохо применимы к сетям небольшого размера и, кроме того, они весьма грубо описывают динамику распространения вирусов на малых временах. Указанные недостатки могут быть устранены применением существенно другого класса математических моделей – марковских цепей с дискретным временем. Одной из наиболее интересных моделей этого типа является модифицированная модель Рида-Фроста, описанная в работе [3].

В рамках марковской модели [3] компьютерная сеть рассматривается как ориентированный граф, узлы которого интерпретируются как компьютеры, а рёбра – как возможные каналы передачи вирусов между ними. Состояния марковской цепи, ассоциированной с данной сетью, задаются числом I заражённых узлов, $I = 0, 1, 2, \dots, N$. Параметрами модели служат: вероятность передачи инфекции β между узлами и вероятность δ того, что заражённый узел станет восприимчивым (излечится).

Динамика соответствующей марковской цепи определяется матрицей переходных вероятностей, компоненты которой вычисляются согласно формуле [3]:

$$\pi_{I,I'} = \sum_{x=\max\{0, I-I'\}}^{\min\{I, N-I'\}} C_I^x \delta^x (1-\delta)^{I-x} C_{N-I}^{x+I'-I} \mu^{x+I'-I} (1-\mu)^{N-I'-x}.$$

Здесь величина μ представляет собой вероятность заражения восприимчивого (незаражённого) узла в данном состоянии I . Авторы работы [3] предложили следующее выражение для оценки данной величины:

$$\mu = 1 - (1 - \beta c)^I, \quad (1)$$

обобщающее приближённую оценку $\mu = \beta c I$, используемую в известной статье [4] и переходящую в (1) при $\beta c \ll 1$.

Целью настоящего исследования являлась верификация оценки (1) на сетях, моделируемых случайными графами Эрдёша-Реньи [5]. Для этой цели мы получали оценку величины (1) путём проведения серии имитационных экспериментов, в которых динамика распространения вируса моделировалась на случайных графах, подчиняющихся биномиальному распределению (так называемая $G(n, p)$ модель случайного графа). После статистической обработки полученных экспериментальных результатов, соответствующие интервальные оценки сравнивались с теоретической предсказываемой величиной μ в соответствии с формулой (1). Результаты экспериментов продемонстрировали неплохое согласие с теоретической оценкой.

Литература

1. *Chenquan Gan, et al.* Analysis of computer virus propagation behaviors over complex networks: a case study of Oregon routing network // *Non-linear Dynamics*, – 2020. – Vol. 100.2. – P. 1725–1740.
2. *Arif Muhammad Shoaib, et al.* Numerical simulations for stochastic computer virus propagation model // *Computers, Materials and Continua*, – 2020. – Vol. 62.1. – P. 61–77.
3. *Lora Billings, William M. Spears, Ira B. Schwartz.* A unified prediction of computer virus spread in connected networks // *Physics Letters A*. – 2002. – Vol. 297. – P. 261–266.
4. *Kephart J., White S.* Directed-graph epidemiological models of computer viruses // *Proceedings of the 1991 IEEE Computer Society Symposium on Research in Security and Privacy*. – 1991. – P. 343–359.
5. *Erdős P., Rényi A.* On Random Graphs // *Publicationes Mathematicae (Debrecen)*. – 1959. – Vol. 6. – P. 290–297.

В.Ф. Горохова, А.А. Магазев

*Омский государственный технический университет,
г. Омск, Россия*

ОПТИМИЗАЦИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ СТОХАСТИЧЕСКОЙ МАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ С НЕПРЕРЫВНЫМ ВРЕМЕНЕМ

Настоящая работа является продолжением наших ранних исследований [1; 2], в которых была детально рассмотрена одна стохастическая (марковская) модель кибербезопасности с дискретным временем и на её основе были сформулирован ряд оптимизационных задач. В данной работе мы обсуждаем возможность формулировки подобных оптимизационных задач с использованием аналогичной стохастической модели с непрерывным временем.

Рассматриваемая нами модель защищённой компьютерной системы с непрерывным временем представляет собой марковский случайный процесс, соответствующий граф переходов которой представлен на рис. 1.

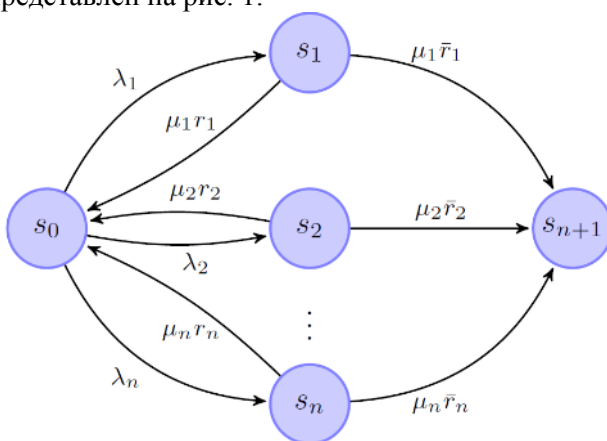


Рис. 3. Граф переходов модели

Здесь s_0 – это *безопасное состояние* системы (кибератаки отсутствуют), s_i – состояние, в котором имеет место i -ая кибератака, $i = 1, 2, \dots, n$, s_{n+1} – состояние *отказа безопасности* (атакующий достигает успеха). Входными параметрами модели являются:

- $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$ – интенсивности потоков кибератак;
- $\mu = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)$ – интенсивности потоков отражений кибератак;
- $r = (r_1, r_2, \dots, r_n)$ – вероятности отражения кибератак.

Для оценки эффективности системы кибербезопасности вводится так называемое *среднее время до отказа безопасности* τ – время до первого попадания в состояние s_{n+1} . В работе получена формула для вычисления данной величины:

$$\tau(\lambda, \mu, r) = \sum_{v=1}^{n+1} \frac{c_{v,n+1}}{\sigma_v},$$

где $c_{v,n+1}$ – $(n + 1)$ -ая компонента собственного вектора c_v стохастической матрицы марковской модели, σ_v – соответствующее собственное число.

В рамках рассматриваемой модели нами также сформулирована следующая задача оптимизации. Допустим, что мы имеем набор m средств кибербезопасности, отражающих данные кибератаки. Мы можем выбрать некоторый поднабор этих средств, характеризующийся m -ым булевым вектором $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_m) \in \{0,1\}^m$. Пусть $r_{i\alpha}$ – вероятность, что i -ая кибератака будет отражена α -ым средством. Тогда вероятность отразить i -ую кибератаку данным поднабором будет равна:

$$r_i(\mathbf{x}) = \sum_{b=1}^m (-1)^b \sum_{\alpha_1 < \alpha_2 < \dots < \alpha_b} (r_{i\alpha_1} x_{i\alpha_1}) (r_{i\alpha_2} x_{i\alpha_2}) \dots (r_{i\alpha_b} x_{i\alpha_b}).$$

Задача оптимизации формулируется следующим образом: найти такой поднабор \mathbf{x} , что

$$C(\mathbf{x}) = \sum_{\alpha=1}^m c_{\alpha} x_{\alpha} \rightarrow \min, \quad \tau(\lambda, \mu, r(\mathbf{x})) \geq \tau_0, \quad (1)$$

где c_{α} – стоимость α -го средства защиты. Задача (1) относится к классу задач нелинейного дискретного программирования, поэтому её решение для больших m представляет собой сложную

задачу. В этой связи мы обсуждаем возможность нахождения решения оптимизационной задачи (1) методом последовательного анализа вариантов [3].

Литература

1. *Magazev A.A., Tsyurulnik V.F.* Investigation of a Markov model for computer system security threats // *Automatic Control and Computer Sciences*. – 2018. – Vol, 52, iss. 7. – P. 615–624.
2. *Magazev A.A., Tsyurulnik V.F.* Optimizing the selection of information security remedies in terms of a Markov security model // *Journal of Physics: Conference Series*, 1096, IOP Publishing Ltd, 2018, 012160.
3. *Ковалев М.М.* Дискретная оптимизация (целочисленное программирование). – Минск: БГУ, 1977.

Р.Д. Карабцов

*Омский государственный технический университет,
г. Омск, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Неоднозначность параметров объекта управления и возмущающих факторов, вызванных внешними условиями, требуется учитывать при проектировании систем автоматического управления (САУ) технологическими процессами (ТП). Использование теории нечетких множеств, является одним из результативных подходов к усовершенствованию систем управления ТП [1].

Нечеткие системы управления (НСУ), которые принадлежат к классу интеллектуальных систем, позволяют сохранить работоспособность системы при помехах и различных погрешностях измерений. Для оптимизации НСУ планируется использовать генетические алгоритмы (ГА), позволяющие находить глобальный экстремум целевой функции. Данная целевая функция характеризует качество работы системы управления, является многоэкстремальной и может быть определена только на основании вычислений [1].

Генетический алгоритм позволяет провести многокритериальную оптимизацию с участием большого количества параметров в системе, так же позволяет получить обоснованное решение полученных результатов.

Генетический алгоритм позволяет оптимизировать разные части пространства решений одновременно и лучше приспособлен к нахождению новых данных с лучшими значениями целевой функции за счет слияния квазиоптимальных решений из разных популяций. Так же алгоритм позволяет провести многокритериальную оптимизацию с участием большого количества параметров в системе, так же позволяет получить обоснованное решение полученных результатов.

Основными недостатками использования генетических алгоритмов можно считать их высокую вычислительную ресурсоёмкость, а также определить критерий отбора хромосом (задать код) и другие параметры ГА может только специалист.

Литература

1. *Карабцов Р.Д., Денисова Л.А.* Проектирование нечёткой системы регулирования с использованием генетического алгоритма оптимизации // Омский научный вестник. – 2017. – № 6 (156). – С. 137–142.

А.В. Гергерт, М.С. Дорошенко

*Омский государственный технический университет,
г. Омск, Россия*

ОБЗОР ИЗМЕНЕНИЙ МОДЕЛИ КОМИССИЙ НА ТРАНЗАКЦИИ СЕТИ ETHEREUM (EIP 1559)

Известно, что в сети Ethereum вследствие применения принципа консенсуса (технического согласия) Proof-of-Work пользователи вынуждены платить за исполнение и приоритизацию транзакций (иными словами, включать в состав транзакции определенную плату в качестве комиссии). 5 августа 2021 г. было применено изменение, описанное в предложении по улучшению Ethereum (EIP) 1559, в котором изменены модели начисления комиссий на транзакции [1].

До внедрения EIP 1559 комиссия, входившая в состав транзакции, называлась GASPRICE и в полном объёме перечислялась майнеру (участнику сети, подтвердившему блок) вместе с вознаграждением за блок от самой сети [2]. Вознаграждение за вычисленный блок было установлено таким образом, что майнеры исполняли транзакции по убыванию их прибыльности, вследствие чего возникали большие переплаты со стороны пользователей. Кроме того, подход к начислению комиссий на транзакции усложнял расчёт необходимого GASPRICE децентрализованными приложениями сети Ethereum.

EIP 1559, в свою очередь, привнёс в Ethereum следующие изменения [3]:

1. Максимальный размер блока был увеличен в 2 раза (до 25 млн gas), но стандартный размер блока остался прежним – 12.5 млн gas. Этот показатель используется системой для определения текущего показателя нагрузки.

2. Комиссия (GASPRICE) получила разделение на базовую комиссию (BASEFEE) и вознаграждение майнеру (TIP) – стоимость, которую пользователь готов заплатить за приоритизацию

транзакции (данный показатель также служит индикатором повышенного спроса на вычислительные ресурсы системы).

3. При превышении сетью 50 % нагрузки показатель BASEFEE увеличивается на 12.5 % каждый блок, удовлетворяющий условию.

4. При падении нагрузки ниже 50 % показатель BASEFEE уменьшается на 12.5 % для каждого блока, удовлетворяющего условию.

5. BASEFEE служит для определения приоритета в хранилище транзакций и их сортировки, но не начисляется майнеру в качестве вознаграждения, а «сжигается» – выводится из объёма доступных средств всей сети.

6. Был введён показатель FEE CAP – максимальная сумма, которую пользователь готов заплатить за транзакцию.

Учитывая пункты 3 и 4 списка изменений, можно сделать вывод, что сеть стремится сбалансировать нагрузку путём изменения показателя BASEFEE для установления запаса в производительности во время кратковременных периодов повышенного спроса.

Фактически вышеперечисленное означает, что вычисление необходимой комиссии для включения транзакции в какой-либо блок было упрощено, поскольку изменение BASEFEE не может превышать 12.5 % на каждый блок, а потребность в ускорении транзакции удовлетворяется увеличением TIP и FEE CAP.

С другой стороны, присутствуют неоднозначные последствия обновления, включающего в себя EIP 1559 – майнеры до обновления вознаграждались большим количеством внутрисетевой валюты, получая и вознаграждение за блок (BLOCK_SUBSIDY), и комиссию транзакции (GASPRICE), где последний компонент зачастую превышал размер первого [4]. Теперь же им доступны исключительно TIP, установленные для каждой транзакции пользователем. В связи с тем, что BASEFEE «сжигается», становится вероятным, что криптовалюта ETH сети Ethereum, в зависимости от соотношения BLOCK_SUBSIDY + TIP и BASEFEE, может проявлять себя как инфляционная или дефляционная. Существуют опасения, что этот факт означает потерю контроля над стоимостью валюты в долгосрочной перспек-

тиве, но, сжигая определенный объём ETH, уменьшается общий доступный объём валюты на рынке, тем самым обеспечивается более высокая рыночная стоимость по причине её дефицита.

Можно сделать вывод, что транзакции в сети Ethereum не станут существенно дешевле после данного обновления, но уменьшится волатильность (изменчивость во времени) их стоимостей. Альтернативами основной сети Ethereum (mainnet) до введения в эксплуатацию Ethereum 2.0 всё ещё остаются так называемые L2-сети (сети, в которых подтверждение транзакций происходит в основной сети, где механизм консенсуса известен, но исполнение транзакций за её пределами сопряжено с меньшими затратами) [5].

Литература

1. Vitalik Buterin, Eric Conner, Rick Dudley, Matthew Slipper, Ian Norden, Abdelhamid Bakhta, «EIP-1559: Fee market change for ETH 1.0 chain», *Ethereum Improvement Proposals*, no. 1559, April 2019. [Online serial]. Available: <https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-1559>.
2. Dr. Gavin Wood. Ethereum: a secure decentralized generalized transaction ledger. Berlin version 888949c. October 2021. – URL: <https://ethereum.github.io/yellowpaper/paper.pdf>.
3. Спецификации EIP-1559. – URL: <https://github.com/ethereum/EIPs/blob/master/EIPS/eip-1559.md>.
4. Статистика изменений значений базовой комиссии. – URL: <https://filfox.info/en/stats/gas>.
5. Tim Roughgarden, «Transaction Fee Mechanism Design for the Ethereum Blockchain: An Economic Analysis of EIP-1559», December 2020. – URL: <http://timroughgarden.org/papers/eip1559.pdf>.

А.В. Блохин, А.С. Грицай

*Омский государственный технический университет,
г. Омск, Россия*

НАСТРОЙКА ПАРАМЕТРОВ 3D-ПРИНТЕРА ПУТЁМ ПРОВЕРКИ СООТВЕТСТВИЯ НАПЕЧАТАННОЙ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ЕЁ ЦИФРОВОЙ КОПИИ

3D-печать (аддитивное производство) – это процесс создания твёрдых трёхмерных объектов любой формы из цифровой компьютерной модели. 3D-печать достигается посредством аддитивных процессов, во время которых каждый слой материала кладётся друг на друга. Объекты, произведённые аддитивно, могут быть использованы на любой стадии жизненного цикла продукции, от создания предварительных образцов (прототипировании) до полноценного производства, в добавок к механической обработке и постпроизводственной доработке [1].

Для нахождения оптимальных параметров печати 3D-модели была построена имитационная модель, представленная в [1].

Для оценки степени соответствия использовался программный продукт в основе работы которого лежит метод оценки степени сходства трехмерных объектов, так же, как и методы формального анализа и анализа с использованием аппарата искусственных нейронных сетей.

Общий принцип данного метода – прост и заключается в приведении эталонного объекта к виду воксельного массива, причем таким образом, чтобы полученный воксельный массив включал в себя только те воксели, в пределах которых находится какая-либо часть исходной 3D-модели, т. е. будет получен массив вокселей, скомбинированный таким образом, чтобы с некоторой, точностью, определяющейся размером, а, следовательно, и количеством, вокселей полученного массива, повторить форму исходного эталонного объекта [2].

При этом данный метод сравнения трехмерных объектов и предложенная мера их сходства обладают такими преимуще-

ствами как: легкость интерпретации результатов, как меры присутствия эталона в результатах сканирования реального объекта, легкость визуализации результатов применения, в некоторой степени устойчивость к помехам в облаке точек, так как при условиях относительно правильного наложения, сравниваемых объектов друг на друга, возможные шумовые точки оказавшись за пределами вокселей массива не будут учитываться, при этом, в пределах размера вокселя сохраняется возможность учета не шумовой точки облака, в условиях некоторого возможного случайного отклонения значений её координат [3].

Для получения оптимальных параметров печати трёхмерной модели был проведён ряд экспериментов. Данные эксперименты включали в себя печать ABS-пластиком трёхмерной модели – «калибровочный куб» при разных настройках принтера и параметров печати трёхмерной модели, задаваемых в программеслайсере и дальнейшее сканирование напечатанных трёхмерных моделей для получения оценки степени соответствия с эталоном.

Результатом экспериментов, стали оптимальные параметры печати модели как для 3D-принтера, так и для подготовки к печати в программе-слайсере, а именно:

- скорость печати – 60 мм/с.;
- температура экструдера – 245 °С;
- диаметр сопла – 0,4 мм.

Стоит отметить, что дынные параметры печати 3D-модели оптимальны при использовании ABS-прутка толщиной 1,75 мм.

Литература

1. *Блохин А.В., Сапилова А.А., Приёмко А.А., Стороженко Н.Р., Фахрутдинов А.А.* Метод настройки 3D-принтера и выбор оптимальных параметров для улучшения качества 3D печати // Информационные технологии в науке и производстве: материалы IV Всерос. молодеж. науч.-техн. конф. – Омск, 2019. – С. 8–16.
2. Трёхмерная фотограмметрия, или От фотографии к 3D-модели: САПР и графика: сайт. – URL: <http://sapr.ru/article/25136/> (дата обращения: 29.10.2019).
3. *Дышкант Н.Ф.* Эффективные алгоритмы сравнения поверхностей, заданных облаками точек: 01.01.09 : дис. ... канд. физ.-мат. наук. – М., 2011. – 139 с.

А.Ю. Горшенин

*Омский государственный технический университет,
г. Омск, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТЕХНИКЕ И ПРОИЗВОДСТВЕ

Аддитивные технологии – это создание изделий, основанное на поэтапном добавлении материала на основу в виде плоской платформы или осевой заготовки. Такой способ изготовления также называют «выращиванием» из-за послойного создания изделия [1].

Таким образом, суть аддитивного производства – в сложении, а не вычитании. Если при традиционном производстве изначально имеется заготовка, от которой потом отсекается все лишнее, то в случае с аддитивными технологиями новое изделие создается с нуля, а точнее, из расходного материала.

Аддитивные технологии позволяют в производстве использовать ровно столько материала, сколько требуется для конкретной детали.

Существует несколько видов технологий 3D-печати, которые будут рассмотрены далее.

Селективное лазерное плавление (SLS) – технология изготовления сложных по форме и структуре изделий из металлических порошков. Изначально формируется равномерный слой порошка на подложке далее происходит плавление порошка при помощи мощного лазерного излучения.

Следующий вид лазерной технологии аддитивного производства – «прямое лазерное выращивание» (DMLS). Суть его заключается в том, что металлический порошок подается через специальное сопло непосредственно в ту же область, куда подводится лазерный луч, образуя локальную ванну жидкого расплава.

Электронно-лучевая плавка (EBM) является еще одной технологией аддитивного производства. Этот метод, по сути, прак-

тически не отличается от SLS/DMLS печати металлом. Единственное отличие заключается в том, что вместо лазерного луча плавление осуществляется при помощи электроимпульсов.

Моделирование методом наплавления (Fused deposition modeling, FDM) – технология, при которой объект формируется путём послойной укладки расплавленной нити из плавкого рабочего материала (пластик, металл, воск). На сегодняшний день, это наиболее популярный и доступный метод изготовления трёхмерных моделей на 3D-принтере.

Лазерная стереолитография (laser stereolithography, SLA) – объект формируется из специального жидкого фотополимера, затвердевающего под действием лазерного излучения (или излучения ртутных ламп).

Аддитивные технологии на сегодняшний день занимают важную роль в науке и производстве и позволяют расширить традиционные способы в моделировании и прототипирования объектов в различных сферах их применения.

Аддитивные технологии в медицине открывают возможности биопечати, а именно печати кожи, органов и биопротезов, печати лекарств, подходящих по параметрам пациента, например, 3D-печать позволяет реализовывать принцип индивидуального подбора компонентов и их дозирования в зависимости от потребности больного. Также в области ортопедии, стоматологии, печати хирургических инструментов, хирургические модели для конкретного пациента [2].

Перспективы в авиаракетостроении также огромны. Снижение веса готовой детали, что особенно актуально для авиационной промышленности. Производители авиадвигателей уже научились создавать аддитивным способом различные кронштейны и втулки, которые при сохранении всех прочностных характеристик на 40-50% легче своих «традиционных» аналогов. Пожалуй, огромным преимуществом аддитивного производства является штучное изготовление изделия любой формы.

В настоящее время строительство домов «традиционным» способом занимает большое количество времени и требует больших затрат, по мимо этого «традиционный» способ вызывает трудности в строительстве различных дизайнерских решений из

за сложности конструкций. Аддитивные технологии предлагают решение этих проблем. На данный момент уже при строительстве используются специальные 3D-принтеры, которые ставятся либо в центре планируемого объекта, либо на рельсы по бокам объекта и послойно возводят конструкции. Тем самым происходит экономия времени, ресурсов и позволяет возводить различной сложности конструкции.

В строительной отрасли перспективы можно видеть в новых материалах, таких как самовосстанавливающийся бетон, аэрогель, наноматериалы, а также в новых подходах к строительству, таких как трехмерная печать и предварительно собранные модули. Все это может снизить затраты, ускорить строительство и повысить качество и безопасность. Наибольшие перспективы просматриваются в сочетании роботизированных комплексов с традиционными технологиями строительства [2].

Литература

1. *Шишковский И.В.* Основы аддитивных технологий высокого разрешения. – СПб.: Питер, 2016, – 400 с.
2. *Валетов В.А.* Аддитивные технологии (состояние и перспективы): учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 63 с.

А.В. Еремеев¹, Ю.В. Захарова²

*¹Институт научной информации по общественным наукам РАН,
г. Москва, Россия*

*²Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ОБ ОПЕРАТОРАХ РЕКОМБИНАЦИИ ДЛЯ СЛУЧАЯ ДРЕВОВИДНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РЕШЕНИЙ В ЭВОЛЮЦИОННЫХ АЛГОРИТМАХ*

В эволюционных вычислениях алгоритмы генетического программирования (ГП), как правило, основаны на древовидном представлении решений. В алгоритме ГП популяция деревьев (решений) итеративно преобразуется посредством операторов воспроизведения, аналогичных процессам селекции, кроссинговера (рекомбинации), мутации и локальных улучшений в живой природе [4; 6]. Такие алгоритмы используются для решения задач построения нелинейных моделей (математических выражений, функций, алгоритмов, программ) на основе заданных экспериментальных данных, множества переменных, базовых функций и операций. Также алгоритмы ГП применяются в синтезе решающих деревьев и в некоторых других методах машинного обучения.

При построении начальной популяции и в операторах воспроизведения уделяется внимание глубине, ширине и структуре формируемых деревьев [4; 8]. Работоспособность алгоритма ГП существенно зависит от выбора оператора кроссинговера, где родительские решения (деревья) обмениваются своими признаками, порождая потомков [8].

Наиболее распространенными вариантами оператора кроссинговера являются одноточечный кроссинговер [1; 8], равномерный кроссинговер [8; 9] и геометрический кроссинговер [7].

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ, проект № 17-18-01536.

При одноточечном кроссинговере в родительских решениях выбираются узлы и осуществляется обмен поддеревьями с корневыми вершинами в выбранных узлах. Равномерный кроссинговер характеризуется тем, что значение каждого из узлов потомка наследуется из соответствующих значений в родительских деревьях с заданной вероятностью. При использовании геометрического кроссинговера [7] принимается во внимание то, что каждое дерево представляет результаты расчетов на наборе тестовых примеров в виде вектора выходных значений. В результате скрещивания строится дерево-потомок, такое что выходной вектор потомка находится в сегменте между выходными векторами родителей согласно некоторой метрике.

Известны различные вариации указанных операторов кроссинговера, где учитываются координаты и значения вершин поддеревьев, их размеры и другие свойства (см., например, [1; 5; 7–9]).

Задача оптимальной рекомбинации состоит в поиске наилучшего возможного потомка в операторе кроссинговера, построенного с учетом свойства передачи генов (значение каждого гена потомка наследуется из значений соответствующих генов родителей). Ранее авторами апробирован данный подход на задачах дискретной оптимизации с представлением решений в виде перестановок и булевых векторов [2; 3]. В настоящей работе обсуждаются вопросы адаптации задачи оптимальной рекомбинации для древовидного представления решений в контексте каждого из представленных ранее видов оператора кроссинговера.

Литература

1. *Dhaeseleer P.* Context preserving crossover in genetic programming // Proceedings of the First IEEE Conference on Evolutionary Computation. IEEE World Congress on Computational Intelligence. – 1994. – Vol. 1. – P. 256–261.
2. *Eremeev A.V.* On complexity of optimal recombination for binary representations of solutions // Evolutionary Computation. – 2008. – Vol. 16, № 8. – P. 127–147.
3. *Eremeev A., Kovalenko Y.* A memetic algorithm with optimal recombination for the asymmetric travelling salesman problem // Memetic Comp. – 2020. – Vol. 12. – P. 23–36.

4. *Koza J.R., Poli R.* Genetic programming // Search Methodologies. Springer, Boston, MA. – 2005. – P. 127–164.
5. *Langdon W.B.* Size fair and homologous tree crossovers for tree genetic programming // Genetic Programming and Evolvable Machines. – 2000. – Vol. 1. – P. 95–119.
6. *Langdon W.B., Poli R.* Foundations of genetic programming. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2013.
7. *Moraglio A., Krawiec K., Johnson C.G.* Geometric semantic genetic programming // Proceedings of International Conference on Parallel Problem Solving from Nature – PPSN XII. – 2012. – LNCS, vol. 7491. – P. 21–31.
8. *Poli R., Langdon W.B.* On the search properties of different crossover operators in genetic programming // Proceedings of Genetic Programming'98. – 1998. – 9 p.
9. *Poli R., Page J.* Solving high-order Boolean parity problems with smooth uniform crossover, sub-machine code GP and demes // Genetic Programming and Evolvable Machines. – 2000. – Vol. 1. – P. 37–56.

Н.Ф. Богаченко, Д.Н. Лавров

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ПОРТРЕТ БЕЗРАБОТНОГО НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СВЕДЕНИЙ СЛУЖБЫ ЗАНЯТОСТИ И ДАННЫХ АНКЕТИРОВАНИЯ*

В нашем распоряжении имелись два массива данных: сведения от службы занятости (СЗ) и данные по анкетированию безработных. Перед нами стояла задача выявить закономерности в предоставленных данных и составить так называемый портрет безработного.

Обезличенные сведения от СЗ содержат 24035 записей. Каждая запись включает в себя данные о гражданине: пол, возраст, образование, сведения о профессии на предыдущем месте работы, динамику услуг, предоставляемых СЗ, причину снятия с учета для граждан с завершённым периодом безработицы и др.

Перед работой с данными, предоставленными СЗ, был произведен ряд операций структурирования. Например, в столбце «Вид услуги» перечислены услуги через запятую, а для анализа удобнее вынести каждую услугу в отдельный столбец и проставить для каждой записи 1, если услуга выбрана, или 0 – в противном случае.

Очистка данных результатов анкетирования (4674 записей) производилась в случаях явных противоречий при ответе на вопросы анкеты. Например, человек отмечает «нет» на вопрос «3. Получаете ли Вы пособие по безработице?», но тут же указывает размер этого пособия [8].

* Работа выполняется при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта «Методология и инструменты оценки эффективности активной политики занятости на рынке труда» № 20-010-00489. Работа является продолжением исследований [1–7].

Для проведения анализа данных использовался MS Excel. С помощью пакета визуализировано распределение обратившихся в СЗ граждан по районам Омской области, по полу, по возрасту. В ходе анализа было выяснено, что разбиение по возрасту не зависит от района области или города, но сильно зависит от гендерной принадлежности. Пример итоговых диаграммы для одного из центров занятости представлен на рис. 1. Эта разбивка примерно одинаковая для всех районов (центров занятости).

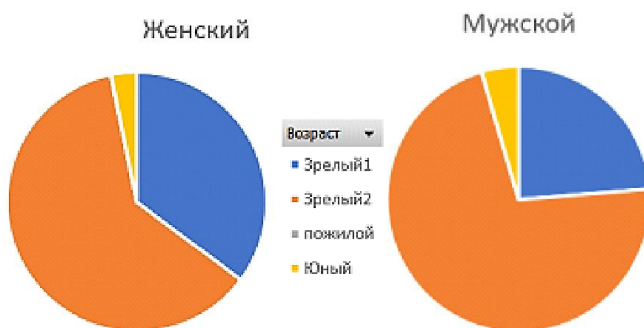


Рис. 1. Распределение возраста обратившихся в СЗ граждан в зависимости от гендерного признака

Были определены наиболее часто оказываемые услуги. Для этого подсчитано количество раз, когда обратившийся гражданин пользовался каждой из услуг, предоставляемых центрами занятости. За исключением редких выбросов, распределение не зависит от подразделения, куда обратился гражданин, пола или возраста обратившегося. Получены данные в разбивке полов с проанжированными услугами (использована функция РАНГ.PB, которая присваивает равный ранг при равенстве значений).

Представляет интерес зависимость трудоустройства от времени ожидания накопительным итогом (рис. 2, оранжевый график). Зависимость достаточно точно описывается полиномом 3-ей степени (синяя пунктирная линия). Самые большие шансы устроиться на работу в первый и на третий месяц после обращения (рис. 2, серый график). Можно сделать вывод, что если после 4-х месяцев работу не получилось найти, то стоит задуматься о смене профессии.

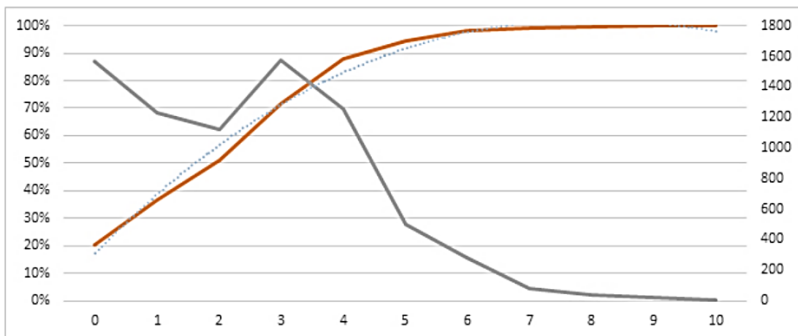


Рис. 2. Устроившиеся на работу граждане.
 Ось X – количество месяцев с момента обращения,
 ось Y – количество граждан с завершившимся периодом безработицы
 накопительным итогом и в абсолютных величинах

Литература

1. *Богаченко Н.Ф., Лавров Д.Н., Стуken Т.Ю.* Анализ данных государственной службы занятости населения о взаимодействии с безработными гражданами // Математическое и компьютерное моделирование: сборник материалов VII Международной научной конференции, посвященной памяти С.С. Ефимова (Омск, 22.11.2019 г.). – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2019. – С. 104–107.
2. *Богаченко Н.Ф., Лавров Д.Н.* Расчёт статистических характеристик с помощью библиотеки pandas для оценки эффективности работы службы занятости // Омские научные чтения – 2019: материалы Третьей Всероссийской научной конференции (Омск, 2–6 декабря 2019 г.). – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2019. – С. 109–112. 1 электрон. опг. диск (CD-ROM) ; 12 см.
3. *Богаченко Н.Ф., Лавров Д.Н.* Об особенностях реализации интервального метода анализа иерархий в задаче оценки эффективности работы службы занятости // Математические структуры и моделирование. – 2020. – № 4(56). – С. 41–48.
4. *Stuken T.Y., Bogachenko N.F., Lavrov D.N.* Evaluating the performance of employment services: experience of building a model // The 14-th International Days of Statistics and Economics, Prague, September 10-12, 2020. – URL: https://msed.vse.cz/msed_2020/article/371-Stuken-Tatiana-paper.pdf.

5. *Богаченко Н.Ф., Лавров Д.Н., Стукен Т.Ю.* Математическая модель эффективности работы службы занятости // Математическое и компьютерное моделирование: сборник материалов VIII Международной научной конференции. – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2020. – С. 151-153.
6. *Богаченко Н.Ф., Лавров Д.Н., Стукен Т.Ю.* Формирование экспертных оценок критериев эффективности работы службы занятости Омской области для метода анализа иерархий // Омские научные чтения – 2020: материалы Четвёртой Всероссийской научной конференции. – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2020. – С. 370–373.
7. *Богаченко Н.Ф., Лавров Д.Н., Стукен Т.Ю.* Трудоустройство как устойчивое паросочетание // Омские научные чтения – 2020: материалы Четвёртой Всероссийской научной конференции. – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2020. – С. 374–376.
8. *Богаченко Н.Ф., Герингер И.А., Лавров Д.Н.* Статистический анализ базы данных и результатов анкетирования безработных за 2020-21 годы // Математические структуры и моделирование. – 2021. – № 3(59) (в печати).

Т.А. Дейнеко

*Омский государственный технический университет,
г. Омск, Россия*

ОПЫТ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИЕМНОЙ КАМПАНИИ В ОМСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ С ПОМОЩЬЮ 1С

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет» (ОмГТУ) – высшее учебное заведение в Омске, история которого начинается в 1942 году. В 2016 году вуз получил статус регионального опорного университета. В составе университета 8 институтов и 8 факультетов, 17 научно-образовательных центров, более 30 НИЛ, 49 предприятий и 19 конструкторских бюро, университетский колледж. Ежегодно в ОмГТУ обучается более 15000 студентов разной формы обучения.

Для приема абитуриентов в Омский государственный технический университет в 2021 году было принято решение о переходе с собственной разработки на программный продукт «1С:Университет ПРОФ» [1]. Было взято «коробочное» решение с намерением минимальных доработок «для себя».

С учетом последних требований нормативных актов от Министерства науки и высшего образования [2–3] и тенденций в области образовательных и информационных технологий, поступающие могут направлять документы, необходимые для поступления в организации высшего образования, следующими способами:

- в электронной форме с помощью информационной системы вуза или суперсервиса;
- через операторов почтовой связи общего пользования;
- лично, если позволяет санитарно-эпидемиологическая обстановка.

Неотъемлемой частью программного продукта «1С:Университет ПРОФ» является портал абитуриентов, который позволил реализовать подачу заявлений в вуз в электронной форме, что становится крайней необходимостью в условиях борьбы с коронавирусом.

В части работы приемной комиссии «1С:Университет ПРОФ» достаточно гибко настраивается с помощью широкого набора справочников и множества опциональных возможностей, что позволяет учитывать различные нюансы организации приема конкретного вуза. Однако было понятно, что некоторые экранные и печатные формы необходимо изменить для удобства работы собственных конечных пользователей.

Прием абитуриентов в ОмГТУ начинается с февраля и заканчивается в октябре. С апреля 2021 года ОмГТУ сотрудничает с Центром компетенции по образованию «Русские Решения». Специалисты ЦКО «Русские Решения» помогали проводить анализ возникавших на портале и в «1С:Университет ПРОФ» ошибок при приеме заявлений и организации приемной кампании, находить пути их решения, исправления, проводить проверку. Специалистами управления информатизации ОмГТУ самостоятельно были сделаны изменения типовых экранных форм (в том числе на портале), печатных форм (личные карточки, заявления абитуриентов, приказы и т. п.) и автоматизированы некоторые групповые и массовые операции (создание договоров, рассылки электронных писем абитуриентам и др.) для удобства работы коллег из приемной комиссии.

В 2021 году в перечень обязательных работ приемных комиссий вузов добавилась необходимость взаимодействия с Единым порталом государственных услуг. Программный продукт «1С:Университет ПРОФ» включает в себя и этот функционал, что также позволило снять часть проблем с поддержкой работы приемной комиссии.

Из достоинств использования программного продукта можно также отметить быструю, по существу, с четкими алгоритмами действий обратную связь технической поддержки разработчиков, что в условиях напряженного графика работы в период приема имеет огромное значение для вуза.

Квалификация сотрудников управления информатизации ОмГТУ позволила провести с помощью нового программного продукта все этапы приемной кампании в режиме полноценного функционирования, с соблюдением необходимых сроков и ограничений.

Литература

1. 1С: Университет. ПРОФ. – URL: <https://solutions.1c.ru/catalog/university-prof> (дата обращения: 17.10.2021).
2. Письмо Минобрнауки России от 05.07.2021 № МН-5/2865 «О направлении разъяснений».
3. Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 01.04.2021 № 226 «Об особенностях приема на обучение по образовательным программам высшего образования-программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре на 2021/22 учебный год» (Зарегистрировано в Минюсте России 29.04.2021 № 63302).

Е.А. Тюменцев, Т.В. Мелешенко

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

РАЗРАБОТКА АДАПТИРУЕМОГО ПОД ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ РЕДАКТОРА ФОРМ ВВОДА ДАННЫХ

Приложения используют формы ввода данных. Нередко их реализация требует навыков программирования. Однако становятся всё более популярными сервисы, предоставляющие быстро и просто создать необходимые поля и даже сложные блоки для сбора данных. У этих сервисов часто ограничен функционал и типы добавления полей, также существуют ограничения на количество создаваемых форм и т. д. Ключевым достоинством является отсутствие необходимости навыков программирования: по нажатию на кнопки добавляются выбранные поля. Таким образом, подобные инструменты могут использовать люди, имеющие лишь опыт работы с браузером.

В данном проекте решено опробовать несколько иной подход к работе с пользователем. А именно – использование голосового ввода с обучением. Для начала необходимо «научить» программу выполнять желаемые действия в любой последовательности, любой сложности. Далее пользователю предоставляется возможность подобное действие воспроизвести с помощью вызова голосовой команды.

Д.Э. Вильховский

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИСКУССТВЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ПРЕДМЕТ ОБНАРУЖЕНИЯ LSB-ВСТАВОК

Стеганографические вставки в наименее значащий бит (LSB-вставки) являются одним из наиболее простых и потому распространенных методов передачи секретной информации. При этом, в связи с развитием методов стегоанализа, позволяющих легко обнаружить стего-изображение с высоким уровнем стегонагрузки [1–3], злоумышленники стремятся снизить вероятность обнаружения путем встраивания в не более чем 20–40 % битов изображения, что влечет необходимость разработки такого метода стегоанализа, который позволит обнаружить секретное сообщение и локализовать область встраивания при низких уровнях стегонагрузки.

В общем виде, алгоритм предлагаемого стеганографического анализа искусственных изображений на предмет обнаружения LSB-вставок имеет следующий вид.

Шаг 1. Анализ пикселей нулевого слоя на предмет их вхождения в уникальные комбинации.

Так, определено, что области встраивания характеризуются большой плотностью уникальных комбинаций наименее значащих битов, поэтому установление таких комбинаций является базовым для всего алгоритма стеганографического анализа.

Анализ производится с использованием комбинаций с окном 5, где центральный пиксель является исследуемым пикселем:

- если карта пикселей анализируемого изображения содержит хотя бы одно повторение исследуемой комбинации, то такая комбинация считается неуникальной;

- если карта пикселей анализируемого изображения не содержит ни одного повторения исследуемой комбинации, то такая комбинация считается уникальной.

Шаг 2. Элиминирование шумов при помощи фильтрации результатов, полученных на предыдущем шаге.

В данном случае, шум – это случайное расположение не-уникальной комбинации пикселей в области высокой концентрации уникальных комбинаций. Такие шумы снижают точность обнаружения секретных сообщений и возможности локализации области встраивания путем сокращения этой области.

Для того, чтобы отсеять шумы, нужно использовать предлагаемый фильтр. Так, пиксели, входящие в ложно-неуникальные комбинации, следует конвертировать в пиксели, входящие в уникальные комбинации, если более 70 % соседствующий пикселей входят в уникальные комбинации. Для этого следует осуществить последовательный прогон всех пикселей с использованием окна пикселей с размерностью 5.

Шаг 3. Определение границ и установление области встраивания.

Установление области встраивания производится путем решения задачи о наибольшем пустом прямоугольнике, алгоритм которого детально рассмотрен в работах [4–6].

В результате последовательных преобразований производится инвертация нулевых значений битов в единичные и наоборот, после чего определяются все возможные прямоугольные области сосредоточения уникальных комбинаций пикселей в нулевом слое, т. е. уникальных комбинации наименее значащих битов.

В итоге производится сравнение площадей всех найденных областей сосредоточения уникальных комбинаций и установление областей, площади которых удовлетворяют заданным условиям. При этом, в качестве заданных условий можно задать определенное соотношение площади исследуемой области и площади всего анализируемого изображения. Так, области, площади которых удовлетворяют заданным условиям, определяются как области встраивания, а само изображение признается изображением, имеющим LSB-вставки.

Литература

1. *Chaeikar A.* Ensemble SW image steganalysis: A low dimension method for LSBR detection // *Signal Process Image Commun.* – 2019. – Vol. 70. – P. 233–245.
2. *Chaeikar. S.S., Ahmadi A.* SW: A blind LSBR image steganalysis technique // *Proceedings of the 10th International Conference on Computer Modeling and Simulation.* – 2018. – P. 14–18.
3. *Chaumont M.* Deep learning in steganography and steganalysis // *Digital Media Steganography.* – 2020. – P. 321–349.
4. *Acharyya A, De M., Subhas C., Pandit S.* Variations of largest rectangle recognition amidst a bichromatic point set // *Discrete Applied Mathematics.* – 2020. – Vol. 286. – P. 35–50.
5. *Sarkar, A., Biswas, A., Dutt, M., Bhattacharya, A.* Finding a largest rectangle inside a digital object and rectangularization // *Journal of Computer and System Sciences.* – 2018. – Vol. 95. – P. 204–217.
6. *Naamad A., Lee D. T., Hsu W.-L.* On the Maximum Empty Rectangle Problem // *Discrete Applied Mathematics.* – 1984. – P. 267–277.

Д.Э. Вильховский

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ПРЕДМЕТ ОБНАРУЖЕНИЯ ВСТАВОК, ВЫПОЛНЕННЫХ МЕТОДОМ КОХА-ЖАО

Стеганографические вставки, выполненные посредством встраивания в частотную область, а именно, в коэффициенты дискретного косинусного преобразования (ДКП), являются одним из наиболее эффективных методов стеганографии, устойчивых к атакам, равно как и устойчивых к сжатию, а также применимых к форматам изображения в формате JPEG. Одним из стеганографических методов является метод Коха-Жао [1].

Таким образом, разработка алгоритма, позволяющего производить успешные атаки на стего-контейнеры в виде цветных и искусственных изображений, является исключительно значимой задачей в рамках стеганографического анализа и повышения информационной безопасности организаций и общества в целом.

Алгоритм предлагаемого стеганографического анализа искусственных изображений на предмет обнаружения вставок, выполненных методом Коха-Жао, имеет низкую размерность и использует всего две сигнатуры, что позволяет добиться высокой экономичности и быстродействия при общем равновысоком уровне эффективности данного алгоритма. В общем виде, алгоритм атаки на метод Коха-Жао имеет следующий вид.

Шаг 1. Построение последовательности коэффициентов ДКП анализируемого изображения C_j .

Для этого производится расчет коэффициентов ДКП в блоках изображения, размерностью 8×8 .

Шаг 2. Преобразование полученной последовательности в последовательность C_j' , содержащую модульные значения коэффициентов ДКП, найденных на предыдущем шаге.

Шаг 3. Производится расчет сигнатур в последовательности C_j' .

В алгоритме используются две сигнатуры:

- отклонение значения анализируемого элемента X_i от максимального значения среди всех элементов последовательности M_j – сигнатура P_i ;

$$P_i = M_j - X_i, \quad (1)$$

- отклонение значения текущего элемента последовательности X_i от его последующего значения X_{i+1} – сигнатура R_i ;

$$R_i = X_i - X_{i+1}, \quad (2)$$

где C_i – значение анализируемого элемента последовательности; C_{i+1} – значение элемента последовательности, следующего за анализируемым.

Шаг 4. Производится кластеризация элементов последовательности согласно значениям из сигнатур с использованием алгоритма кластеризации k-means.

Кластеризация проводится в двухмерной плоскости, где по оси абсцисс откладываются значения сигнатур P_i , а по оси ординат – значения сигнатур R_i . Алгоритм кластеризации k-means детально описан в работе [2, с. 319–332]. Входные параметры кластеризации – количество кластеров.

Шаг 5. Производится выделение кластера, содержащие элементы с наименьшими значениями обоих сигнатур.

При этом, необходимо строгое соблюдение условия принадлежности каждой из сигнатур хотя бы одного элемента кластера к сигнатурам с минимальным значением, стремящимся к нулю.

Таким образом, все элементы, принадлежащие выделенному кластеру, являются коэффициентами ДКП, содержащими встраивание. Следовательно, при наличии стего-кластера, т. е.

кластера, удовлетворяющего заданным условиям по сигнатурам, изображение классифицируется как стего, а область, содержащая элементы, принадлежащие стего-кластеру, является областью встраивания. При отсутствии стего-кластера, изображение классифицируется как чистое.

Литература

1. *Koch E., Zhao J.* Towards robust and hidden image copyright labeling // IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing. – 1995. – P. 452–455.
2. *Жерон О.* Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn, Keras и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем. 2-е изд.: пер. с англ. – СПб.: ООО «Диалектика», 2020. – 1040 с.

Т.В. Вахний, С.В. Вахний

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ИТЕРАТИВНОЕ РЕШЕНИЕ БИМАТРИЧНЫХ ИГР ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

При помощи теоретико-игровых методов можно анализировать взаимодействие между администратором безопасности компьютерной системы и злоумышленниками, имеющими разные интересы [1–3]. В биматричных играх предполагается, что игроки (администратор безопасности и злоумышленник) выбирают свои стратегии одновременно и однократно, но для каждого игрока составляется своя платежная матрица. Ожидаемым итогом такой игры является максимальный гарантированный результат интересующего нас игрока (администратора) и его выигрышная стратегия. Для администратора безопасности выигрышная стратегия определяется наиболее оптимальным набором средств защиты компьютерной системы.

Однако постоянно увеличивающееся количество способов атак и средств защиты сопровождается экспоненциальным ростом количества возможных стратегий хакеров и стратегий администратора безопасности (т. е. различных сочетаний программных средств) соответственно. Это приводит к тому, что решение подобных биматричных игр с платежными матрицами огромных размеров представляет собой трудоемкий и громоздкий процесс, требующий продолжительное время [2]. Поэтому становятся все более актуальными разработка и применение методов приближенного решения биматричных игр, которые менее затратны на вычислительные ресурсы [2; 3].

Для проведения биматричной игры двух игроков, один из которых администратор безопасности, а другой – злоумышленник, нужно составить две платежные матрицы. В одной из них на пересечении строк (стратегий атак) и столбцов (стратегий защиты)

должны стоять, например, значения суммы ущерба от соответствующей атаки и стоимости программных средств соответствующей стратегии защиты, а во второй – значения разности величины дохода от соответствующей атаки и стоимости программных средств для ее реализации. В данной работе для решения биматричной игры между злоумышленником и администратором безопасности при больших размерах платежных матриц игроков предлагается адаптировать и применить итеративный метод Брауна-Робинсона, используемый для решения матричных игр [4].

Для нахождения приближенного решения биматричной игры итеративным методом предлагается многократно фиктивно разыгрывать игру с платежными матрицами двух игроков (администратора безопасности и злоумышленника). В первой партии (при одном повторении игры) оба игрока могут выбрать совершенно произвольные чистые стратегии, а в k -ой партии каждый игрок выбирает ту чистую стратегию, которая максимизирует его ожидаемый выигрыш (или минимизирует проигрыш) против наблюдаемого эмпирического вероятностного распределения противника за все его предыдущие $(k-1)$ партий. Отличие итерационного решения биматричной игры от решения матричной игры состоит в том, что свои оптимальные стратегии злоумышленник выбирает не по общей, а по своей платежной матрице, после чего его ходы соответствующим образом переносятся на платежную матрицу администратора. Данный метод позволяет находить приближенное решение матричной игры и из чистых стратегий выстраивает оптимальные смешанные стратегии обоих игроков. При этом наиболее оптимальная стратегия администратора безопасности будет выстраиваться с учетом не только собственной выгоды, но и интересов злоумышленника.

Для оптимизации компьютерной безопасности наибольший интерес представляет не цена игры при оптимальной стратегии администратора, т. е. не конкретная величина наименьшего ущерба от атак при наименьших затратах на средства защиты, а именно сама оптимальная смешанная стратегия администратора безопасности (набор программных средств), при которой эта цена игры достигается. В процессе итеративного алгоритма как раз и выстраиваются наиболее оптимальные смешанные стратегии игроков, причем, чем больше будет сыграно партий игро-

ками, тем ближе к точному значению приближается решение игры, а также становится понятнее из каких программных средств администратору лучше строить защиту компьютерной системы. Итеративный процесс следует продолжать до тех пор, пока за некоторое количество последних партий не будет повторяться чистая стратегия администратора безопасности при достижении некоторой предварительно задаваемой точности результатов значений игры. Данный метод позволяет находить приближенное решение биматричной игры и из чистых стратегий выстраивает оптимальные смешанные стратегии для игроков.

В матричных играх у игроков имеет место строгое соперничество, поскольку выигрыш одного игрока в точности равен проигрышу другого, а в биматричных играх интересы игроков могут быть любыми, даже похожими. Поэтому анализ результатов расчетов биматричных игр может быть полезен администратору безопасности в принятии более верных решений в вопросах оптимизации защиты компьютерной системы. Предложенный в данной работе итеративный алгоритм даст выигрыш во времени нахождения решения биматричных игр с платежными матрицами огромных размеров по сравнению с нахождением точного решения традиционными способами.

Литература

1. *Гуц А.К., Вахний Т.В.* Теория игр и защита компьютерных систем: учебное пособие. – Омск: Изд-во ОмГУ, 2013. – 160 с.
2. *Вахний Т.В., Гуц А.К., Пахотин И.Ю.* Определение оптимального набора средств защиты компьютерной системы методом Монте-Карло // Математические структуры и моделирование. – 2018. – № 1 (45). – С. 148–158.
3. *Вахний Т.В., Зиновьев С.А., Бесценный И.П.* Игровой подход к защите компьютерных систем и алгоритм «Thompson Sampling» // Математическое и компьютерное моделирование: сборник материалов VII Международной научной конференции, посвященной памяти С.С. Ефимова (Омск, 22 ноября, 2019 г.). – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2020. – С.160-162. – 1 электронный оптический диск (CD-ROM); 12 см.; ISBN 978-5-7779-2458-2. – URL: http://fkn.omsu.ru/nauka/Conf/2019/VII_MCM_Conf_2019.pdf.
4. Петросян Л.А., Зенкевич Н.А., Шевкопляс Е.В. Теория игр: учебник. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 432 с.

Т.В. Вахний, Р.А. Дзутцев

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

АВТОМАТИЗАЦИЯ СЛУЧАЙНОГО ВЫБОРА РЕГРЕССИОННЫХ ТЕСТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕОРИИ ИГР

При сопровождении программ исправление одной ошибки с большой вероятностью (20–50 %) влечёт за собой появление новой. Регрессионное тестирование позволяет минимизировать появление ошибок в работе программного продукта после внесения в его код изменений. Однако количество регрессионных тестов на различных проектах в сфере ИТ растёт соразмерно развитию программного обеспечения, и зачастую тестировщику нужно проверить больше тестовых примеров, чем это возможно с учетом ограничений по времени для каждой итерации разработки. Из-за значительных штрафов за несоблюдение сроков поставки программного продукта разработчики могут отдать в среду промышленного использования недостаточно протестированный код, снижающий в свою очередь качество программного обеспечения.

Исправление ошибки на завершённом этапе обслуживания программного обеспечения стоит в среднем в 200 раз больше, чем на этапе определения требований, а позднее обнаружение ошибок увеличивает общий бюджет проекта на 30-40 %. К тому же если тестировщики стараются рандомизировать выборку тестов для регресса, то обычно они делают это в ручном режиме, что также отнимает достаточное количество времени. Поэтому для тестировщиков как специалистов, призванных следить за качеством ПО, очень актуально иметь в своем арсенале инструмент, который позволил бы им выявлять наибольшее количество ошибок и покрыть проверками наибольшее количество модулей разрабатываемого продукта.

Различие между конечными целями тестировщиков и разработчиков ПО позволяет построить биматричную игру [1], в которой тестировщики оберегают программное обеспечение от потери качества, при этом имея достаточно ограниченные ресурсы [2], а разработчики предпочитают получать вознаграждение за завершение написания функционала программного приложения раньше срока, при этом не потратив дополнительных усилий на проверку кода.

В данной работе математически игра тестировщиков и разработчиков изображается в нормальной форме в виде двух матриц, отображающих одни и те же стратегии, доступные каждому игроку, но с разными величинами их полезности. Полезность определяется вознаграждением или штрафом за выполнение конкретного действия, и выражается положительным или отрицательным числом соответственно. Предполагается, что тестировщики имеют положительную полезность при выборе теста, в котором потенциально обнаружена ошибка и отрицательную полезность из-за отсутствия ошибки. Эти оценки полезности соразмерны оценке условия и могут быть взяты из приоритета условия или из экспертной оценки, как это делается в Planning Poker [3], методе Delphi [4] и других схемах приоритизации [5]. Когда в написанном коде тестировщик сможет обнаружить ошибку, то разработчик получит отрицательную полезность, поскольку он получает штраф и тратит время на ее исправление и откладывает то, над чем работал, тем самым подвергаясь риску нового штрафа уже в других задачах. И наоборот, разработчик получит положительную полезность, если тестировщик не протестировал недостаточно проверенный код и допустил его выход в продуктивную среду.

Проведение регрессионного тестирования и выбора тестов к нему в данной работе предлагается представить в виде игры Штакельберга [6], в которой тестировщики будут придерживаться стратегии произвольных проверок, полностью наблюдаемой разработчиками. То есть разработчики будут знать вероятность тестирования определенного сценария, однако им не будет известно, когда он будет выполнен. Расчет сильного равновесия Штакельберга [6] обеспечивает оптимальное распределение вероятностей для выбранных тестовых сценариев. Полученное рас-

пределение дает тестировщику приоритет над заранее выбранным и участвующим в игре набором тестов. В рассматриваемых играх допускается использование смешанных стратегий тестировщиками, т.е. они могут выбирать конкретное действие с определенной вероятностью. Данное распределение снижает вероятность предсказания со стороны разработчиков следующего действия тестировщиков.

На основе разработанного алгоритма автоматизации выбора регрессионных тестов с применением теоретико-игрового подхода было создано программное приложение. Оно может быть использовано для выбора тестовых сценариев ручной проверки, а также его можно легко встраивать в набор автоматизированных тестов, повышая их эффективность. Посредством оценки тестировщиком ошибок в коде разработчика, созданное приложение выступает как показатель КРІ, оценивающий эффективность последнего в процессе разработки. Данное приложение не имеет аналогов и в дальнейшем может быть использовано совместно с крупными коммерческими системами хранения тестовых сценариев. Оно позволит избежать большого количества затрат, связанных с исправлением недочетов конечного ПО после его релиза.

Литература

1. *Гуц А.К., Вахний Т.В.* Теория игр и защита компьютерных систем: учебное пособие. – Омск: Изд-во ОмГУ, 2013. – 160 с.
2. *Poundstone W., Metropolis N.* Prisoner's Dilemma: John von Neumann, Game Theory, and the Puzzle of the Bomb // *Physics Today*. – 1992. – Vol. 45. – P. 73.
3. *Grenning J.* Planning Poker or How to avoid analysis paralysis while release planning // Hawthorn Woods: Renaissance Software Consulting. – 2002. – Vol. 3. – P. 22–23.
4. *Linstone H.A., Turoff M.* The Delphi method: Techniques and applications. – MA: Addison-Wesley Reading, 1975. – Vol. 29. – 618 p.
5. *Kukreja N., Boehm B., Payyavula S.S., Padmanabhuni S.* Selecting the most appropriate framework for value based requirements prioritization // 20th IEEE International Requirements Engineering Conference (RE). – 2012. – P. 303–308.
6. *H. von Stackelberg.* Market Structure and Equilibrium. – Berlin and Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. – 215 p.

Т.В. Вахний, А.К. Гуц, А.В. Овчинников

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОСТЕЙШИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА КВАНТОВОМ КОМПЬЮТЕРЕ IBM Q SYSTEM ONE

Цель доклада – предельно просто описать программирование на квантовом компьютере концерна IBM, который является одним из мировых лидеров, принимающих участие в разработке, проектировании, изготовлении квантовых компьютеров и привлекающий к своим разработкам максимально возможное количество фирм и энтузиастов со всего мира [1].

IBM Quantum Composer и IBM Quantum Lab (ранее известные под общим названием IBM Quantum Experience (см. рис. 1)) образуют онлайн-платформу, предоставляющую общедоступный и премиум-доступ к облачным услугам квантовых вычислений, предоставляемым IBM Quantum. В данном онлайн-сервисе имеется более 20 устройств (прототипов квантовых процессоров IBM, например IBMQX2, IBMQX4 и др.), шесть из которых находятся в свободном доступе для всех желающих.

Пользователи пишут программный код, используя пакет разработки программ (фреймворк) Qiskit, который представляет на языке Python квантовые схемы (рис. 2). Эти схемы изображают операции, т. е. вычисления, осуществляемые посредством облачных технологий над кубитами на реальном квантовом компьютере (или на симуляторе – выбор за пользователем). Фреймворк Qiskit сам транслирует код, написанный на Python, в команды для железа. Схемы могут быть созданы либо графически с помощью Quantum Composer, либо программно в записных книжках Jupyter в Quantum Lab.

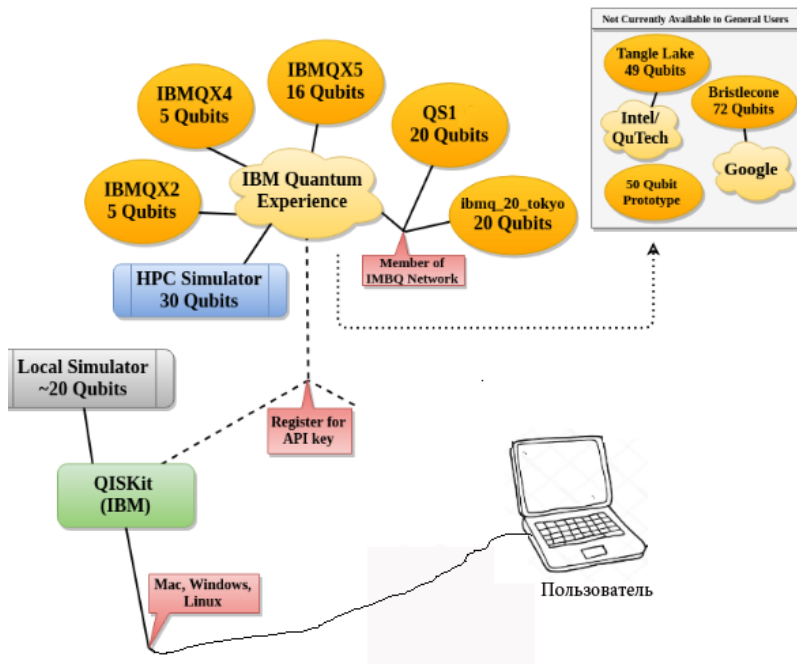


Рис. 1. Подключение пользователя к квантовому компьютеру в облаке (пунктирные линии показывают API / облачные подключения к ресурсам компании IBM, показанным в желтых «облаках») [2]

Например, выполнение последовательности операций (вентилей) X и H (вентиль Адамара), преобразующих на квантовом компьютере кубит $|0\rangle$:

$$|0\rangle \xrightarrow{X} |1\rangle \xrightarrow{H} \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle) \xrightarrow{\text{измерение}} |0\rangle \text{ или } |1\rangle,$$

с последующим выводом результата (измерение) программируется в Qiskit следующим образом:

```
q = QuantumRegister(1)
c = ClassicalRegister(1)
circuit = QuantumCircuit(q, c)
# получение состояния |1> из состояния |0>
circuit.x(q[0])
# Применение оператора Адамара
circuit.h(q[0])
```

```

# Измерение состояния кубита
circuit.measure(q, c)
# Запуск операций на квантовом симуляторе
result = execute(circuit, 'local qasm simulator').result()
print(result.get_counts())

```

Предпоследняя строка говорит о том, что выбирается симулятор. Программе соответствует схема (circuit) на рис. 2.

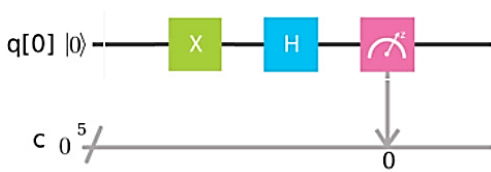


Рис. 2. Пример квантовой схемы, по которой происходит преобразование кубитов, т.е. вычисление на квантовом компьютере

При подготовке к докладу были выполнены простейшие вычисления на квантовом компьютере IBM Q System One (сокр. QS1) как с помощью графических схем на облачном сервисе IBM Quantum Composer, так и в IBM Quantum Lab с применением предназначенных для квантовых вычислений языков программирования Qiskit и OpenQASM [2–4].

Язык программирования OpenQASM позволяет описывать универсальные квантовые вычисления с использованием схемной модели, основанной на измерениях. Он является промежуточным представлением квантовых инструкций и близок к коду виртуальной машины, аналогично ассемблеру для классических компьютеров [3].

Qiskit, как было сказано, – это фреймворк, созданный с целью создания ПО для облачных квантовых вычислений. Программное обеспечение Qiskit можно установить на персональный компьютер; он предоставляет возможность разработки квантового ПО как на высоком уровне абстракции (для пользователей без опыта квантового программирования), так и на низком уровне, близком к машинному коду OpenQASM [4].

С помощью языков программирования Qiskit и OpenQASM был создан квантовый регистр из 4 кубитов и классический ре-

гистр из 4 битов, выполнено преобразование Адамара для создания запутанной пары кубитов, изменено состояния одного кубита на противоположное, проведена проверка работы вентиля Тоффи, гейтом Swap менялись местами состояния двух кубитов (0 и 1), произведен поворот кубита вокруг осей x , y и z , а также вдоль этих осей под заданным углом ($\pi/3$), были построены диаграммы вероятностей состояний системы и выполнено разрушение суперпозиции состояний кубитов.

Хоть результаты всех проделанных манипуляций с кубитами и совпадали, тем не менее проще их было выполнить с помощью языка программирования OpenQASM. Изучив языки программирования OpenQASM и Qiskit можно заметить, что на первом из них код оказывается более компактным, хотя при этом их синтаксис очень схож. Кроме того, есть несколько причин, из-за которых OpenQASM показался удобнее для выполнения квантовых вычислений:

- документацию языка программирования OpenQASM легче найти, к тому же она есть и на сайте концерна IBM, который предоставляет возможность экспериментировать с кубитами;
- синтаксис OpenQASM ближе к C-подобным языкам, которые пользуются популярностью у разработчиков по всему миру, что делает для них порог входа ниже;
- в языке программирования Qiskit необходимо в каждом методе, где используются квантовые или обычные регистры, указывать пространство имен, что усложняет чтение кода, повышает порог вхождения и делает менее удобным для изучения.

Таким образом, в данной работе была реализована уникальная возможность подключиться к реальному квантовому компьютеру и выполнить на нем квантовые вычисления. В результате проделанной работы были выявлены преимущества и недостатки примененных языков программирования Qiskit и OpenQASM. Однако окончательный выбор в пользу какого-то конкретного инструмента для выполнения квантовых вычислений каждый пользователь все-таки должен осуществлять сам, в зависимости от своих целей и предпочтений.

Литература

1. *Вахний Т.В.* Новейшие разработки в области квантовых вычислительных систем // Математическое и компьютерное моделирование: сборник материалов IV Международной научной конференции (Омск, 11 ноября 2016 г.). – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2016. – С. 146–148.
2. *LaRose R.* Обзор и сравнение квантовых программных платформ гейтового уровня. – URL: <https://habr.com/ru/post/418505/> (дата обращения: 25.10.2021).
3. OpenQASM 3.x Live Specification. – URL: <https://qiskit.github.io/openqasm/intro.html> (дата обращения: 29.10.2021).
4. *Хидари Дж.Д.* Квантовые вычисления: прикладной подход / пер. с англ. В.А.Яроцкого. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 370 с.