

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
VIII Международной научной конференции,
посвященной памяти А.Л. Иозефера

(Омск, 20 ноября 2020 г.)

© ФГБОУ ВО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского», 2020

ISBN 978-5-7779-2521-3



2020

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 [Электронный ресурс] : сборник материалов VIII Международной научной конференции, посвященной памяти А.Л. Иозефера (Омск, 20 ноября 2020 г.) / [отв. за вып. И. П. Бесценный]. – Омск : Изд-во Ом. гос. ун-та, 2020. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM) ; 12 см.

ISBN 978-5-7779-2521-3

В настоящий сборник включены тезисы докладов, присланные на VIII Международную научную конференцию «Математическое и компьютерное моделирование». Она состоялась на факультете компьютерных наук ОмГУ им. Ф.М. Достоевского 20 ноября 2020 г. и была посвящена памяти А.Л. Иозефера.

Для магистрантов, аспирантов и научных работников.

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

ISBN 978-5-7779-2521-3

© Оформление. ФГБОУ ВО «ОмГУ
им. Ф.М. Достоевского», 2020

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

Дата выпуска: 24.11.2020.
1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.
Тираж 7 копий. Объем 2,8 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

Иозефер Александр Львович (1889–1936).....	11
--	----

Секция «Математика»

<i>Гамзаев Х.М.</i> Восстановление траектории подвижного точечного источника в уравнении конвективного переноса.....	16
<i>Гутор А.Г., Сташулёнок С.П.</i> Статистические критерии Манна – Уитни и Вилкоксона в исследованиях эффективности обучения.....	19
<i>Куница В.Н., Сташулёнок С.П.</i> Моделирование нормально распределённых случайных величин.....	21
<i>Трубников Ю.В., Чернявский М.М.</i> О неполной факторизации полиномов седьмой степени в случае наличия кратных корней.....	24
<i>Бородич С.М.</i> Об одном гиперболическом уравнении, содержащем малый параметр.....	27
<i>Кавитова Т.В., Ашыров А.А.</i> Положительность решений второй начально-краевой задачи для нелинейного параболического уравнения с нелокальностями в уравнении и граничном условии.....	30
<i>Ерovenko В.А., Кострюкова А.И.</i> Формирование профессионально-рефлексивного мышления при изучении высшей математики заинтересованными студентами-географами.....	32
<i>Ерovenko В.А., Ёлкина М.И.</i> Методические проблемы дистанционного обучения высшей математике студентов химфака в условиях внезапной пандемии.....	36
<i>Михайлова Н.В.</i> Философско-методологические проблемы становления математического мышления студентов инженерных специальностей.....	40
<i>Мартон М.В.</i> Высшая математика и информатика для будущих специалистов географических специальностей.....	43
<i>Велько О.А., Мартон М.В.</i> Повышение эффективности преподавания математики с помощью информационных	

технологий для студентов социально-гуманитарных специальностей	46
<i>Голубятников В.П., Кириллова Н.Е.</i> О двух дискретизациях фазовых портретов моделей генных сетей.....	51
<i>Минушкина Л.С.</i> Инвариантные многообразия в модели кольцевой генной сети	54
<i>Clark R., Callejas S., Medina L., Robinson D., Torres N., Kreinovich V., Zakharevich M.</i> Are practical NP-hard problems really hard?	56
<i>Гришков А.С., Ерёмин А.М., Захаров П.В., Вдовин Р.С.</i> Линейно-замедленное диссипативное движение в потенциальном поле при слабом сопротивлении среды.....	59
<i>Панкратов И.А.</i> О приближённом решении кватернионных уравнений движения космического аппарата	62
<i>Нартов Б.К.</i> К алгоритмам оптимизации начальных условий управляемых динамических систем.....	65
<i>Заринов Д.Р., Верхотуров М.А.</i> Об основных условиях предшествования задачи построения пути режущего инструмента при раскрое плоского листового материала	68
<i>Кожгагельдиев Н.В.</i> Расчет купола равного сопротивления.....	71
<i>Мельников Е.В.</i> Математическое моделирование синхронизации псевдослучайных последовательностей при заданном временном ресурсе	73
<i>Моисеев М.Б.</i> Обратная задача теории электромагнитного излучения.....	77
<i>Левичев А.В.</i> Классическая модель нейтрона на основе спэннорного представления конформной группы.....	80
<i>Гуц А.К.</i> Описание распада пространства на «атомы пространства»	82
<i>Кабанов А.Н.</i> О централизаторах группы унитарных автоморфизмов.....	85

**Секция
«Кибернетика и моделирование»**

<i>Яр-Мухамедов И.Г.</i> Оперативное управление балансом фаз распределительной сети 0,4 кВ	87
<i>Гамзаева Н.Х.</i> Об одной модели движения твердой частицы в несущем потоке жидкости	90

<i>Blum C., Ereemeev A., Kovalenko Yu.</i> A survey of evolutionary matheuristics	93
<i>Alvarez K., Kreinovich V.</i> Why tanimoto index	96
<i>Кадырмин А.Д., Астапенко Н.В.</i> Разработка компетентностной информационной модели IT-специалиста	99
<i>Лобурец М.А., Масловская А.Г.</i> Конечно-элементное моделирование стационарной зарядки полярных диэлектриков с использованием инструментария COMSOL MULTIPHYSICS... ..	102
<i>Мороз Л.И., Масловская А.Г.</i> Численное моделирование эредитарных процессов теплопроводности	105
<i>Чернов И.А.</i> Математическое моделирование формирования и разложения бинарных гидридов металлов.....	108
<i>Бухаров Д.Н., Кучерик А.О., Аракелян С.М.</i> Совмещенная модель электропроводимых свойств островковой нанопленки РbTe.....	110
<i>Рязанцева Л.Т., Октябрьский В.П.</i> Математическое моделирование кинетики хемилюминесценции как метод определения активности антиоксидантов	113
<i>Егорова А.В., Рязанцева Л.Т., Октябрьский В.П.</i> Кластеризация пространственных данных о состоянии загрязнения воздушного бассейна	116
<i>Волошко А.Г.</i> Анализ распределенных производственных процессов на основе их цифровых моделей.....	119
<i>Ермоленко А.В., Ладанова С.В.</i> Метод обобщенной реакции в решении контактной задачи для двух пластин с разным закреплением.....	122
<i>Кузнецов М.Д., Новикова Е.С.</i> Применение латентно-семантического анализа для кластеризации схожих по содержанию текстов.....	125
<i>Чернов Н.Н., Палий А.В.</i> Математическое моделирование осесимметричного профиля в потоке газа посредством нейросетевых технологий.....	128
<i>Храмова Н.А.</i> Математическая модель течений вязкой жидкости с погруженным в нее пористым шаром	131
<i>Мамлеев Р.Р., Низамова Г.Ф.</i> Применение методов кластерного анализа для решения задачи сегментации клиентов банковского учреждения	133
<i>Жилин Р.А.</i> Задача кластеризации однородных альтернатив на основе отклонения значимых признаков.....	136

<i>Кучеренко О.В., Филимонова Е.Г.</i> Математическая модель Лотки – Вольтерры (хищник – жертва)	139
<i>Мустафаев М.Г., Моураов А.Г.</i> Модели и методы количественной оценки и принимаемых решений	142
<i>Мустафаев М.Г., Моураов А.Г.</i> Моделирование и прогнозирование показателей в сложных системах управления	145
<i>Гольяпин В.В., Кондратьева Н.А., Глотов А.В., Федорова Т.Н.</i> Построение диагностической шкалы синдрома обструктивного апноэ сна с помощью факторного анализа.....	148
<i>Богаченко Н.Ф., Лавров Д.Н., Стукен Т.Ю.</i> Математическая модель эффективности работы службы занятости	151
<i>Володченкова Л.А.</i> Мозаичность в катастрофической модели лесной экосистемы	154
<i>Лигай А.Р., Реутова О.А.</i> Моделирование и оптимизация распределения сырьевого пула установок глубокой переработки нефти.....	156
<i>Ковалев Ю.В., Лях А.С., Прудников В.В., Прудников П.В.</i> Моделирование методами Монте-Карло влияния анизотропии и дефектов структуры на неравновесное критическое поведение трехмерной модели Гейзенберга.....	159
<i>Горн О.А., Гуц А.К.</i> Моделирование готовности лесного фитоценоза к риску возгорания посредством марковских процессов.....	161
<i>Федорова Е.И., Никитин Ю.Б., Котюргина А.С.</i> Математико-статистическая модель итоговой аттестации студентов вуза.....	164

Секция «Социокибернетика»

<i>Велько О.А.</i> Графы как инструмент моделирования социальных отношений и процессов	166
<i>Bokati L., Kosheleva O., Kreinovich V.</i> How to explain money allocation in “dictator game”	170
<i>Aguilar S., Kreinovich V.</i> Why quantiles are a good description of volatility in economics	172
<i>Пешков М.А., Пешков Д.А., Бекенева Я.А.</i> Разрешение конфликтов при коллаборативной работе.....	175
<i>Шмаков В.С.</i> К проблеме моделирования развития сельских локальных сообществ	178

<i>Ганичева А.В., Ганичев А.В.</i> Модель исследования потребительского спроса	182
<i>Жалеева А.В., Игнашина А.С.</i> Киберспорт и его актуальность в образовании.....	185
<i>Ваныкина Г.В., Сундукова Т.О.</i> Социокибернетика: реконфигурация интеллектуального ландшафта.....	188
<i>Филимонов В.А.</i> Прототип системного анализа науки и образования в России в условиях пандемии	191
<i>Смирнов В.С., Петренко И.А.</i> Процесс трансформации типа социального характера личности в современном обществе	194
<i>Барзеева А.Б., Озерова М.В.</i> Макдональдизация общества сквозь призму семейных отношений	199
<i>Гуц А.К.</i> Квантовая социология, социальная сцепленность (запутанность) и внешний мир.....	203

Секция

«Компьютерные науки и информационная безопасность»

<i>Лыченко Н.М., Сорокова А.В.</i> Прогноз индекса качества воздуха как задача классификации в зависимости от метеорологических факторов	206
<i>Верзунов С.Н.</i> Способ измерения параметров индуктивного компонента магнитометров на основе генетического алгоритма.....	209
<i>Гайдамако В.В.</i> Применение исчисления реального времени для оценки производительности облачных сервисов.....	212
<i>Корчевская Е.А., Маркова Л.В.</i> Нечеткие нейронные сети в задаче классификации заболеваний, вызываемых паразитологическими объектами	215
<i>Концевой М.П.</i> CDF-моделирование в компьютерной алгебре	217
<i>Арыстан А.Ш., Астапенко Н.В.</i> Подход к разработке интеллектуальной системы для фармацевтических предприятий на основе блокчейна.....	219
<i>Быков А.В., Астапенко Н.В.</i> Обоснование необходимости разработки web-сайта для компании по осуществлению грузоперевозок.....	223
<i>Жұмаголи Н.Н., Астапенко Н.В.</i> Анализ систем управления проектами по разработке web-сайтов	226

<i>Сырцев А.П., Астапенко Н.В.</i> Разработка программного модуля для заселения студентов в общежитие университета	229
<i>Bokati L., Glaese L., Molina B., Kreinovich V.</i> A possible alternative definition of average-case feasibility	232
<i>Contreras J., Aun N., Ayala S., Hernandez I., Iglesias M., Obrien D., Perez J., Kosheleva O., Kreinovich V.</i> What is practically feasible: a fuzzy approach	235
<i>Gonzalez L., Marquez Zamudio J., Romero S., Warren J., Galindo O., Kreinovich V.</i> Is deutsch-jozsa the only quantum algorithm that checks whether the input is relevant?	238
<i>Bautista I., Espinosa A., Leos I., Yixin Xie, Galindo O., Kreinovich V.</i> How can we explain grover's quantum algorithm?	241
<i>Khamatyanov M., Medvedeva O.</i> Computer modeling of technical systems under data uncertainty	244
<i>Мелешко А.В.</i> Подход к генерации наборов данных для моделирования атак в системе управления водоснабжением	246
<i>Мелешко А.В.</i> Детектирование атак в системе управления водоснабжением с использованием машинного обучения	249
<i>Десницкий В.А.</i> Архитектура и алгоритмы системы распределенного сбора, обработки и анализа данных в беспроводной сенсорной сети	252
<i>Десницкий В.А.</i> Анализ беспроводных сенсорных сетей для решения задач обеспечения информационной безопасности	255
<i>Грабчак Е.П., Логинов Е.Л.</i> Интеллектуальные инструменты нейтрализации сетевых угроз синхронным режимам работы активных энергетических комплексов промышленного типа	258
<i>Аржиловская А.А.</i> Перспектива изучения компьютерных программ как элемент развития информационного общества	261
<i>Трещев И.А.</i> Использование блокчейн технологий для создания точек роста в области туризма в Хабаровском крае	263
<i>Швалова М.В., Лошманов А.Ю.</i> Автоматизация процесса заполнения документации специалистов по информационной безопасности	266
<i>Обласов А.А., Белоусов С.А., Синица У.В.</i> Использование систем управления информацией о безопасности и событиями безопасности для выполнения требований 187-ФЗ	269

<i>Обласов А.А., Дубровский Е.И., Белоусов С.А., Тимофеева Н.С., Швалова М.В.</i> Нормативно-правовое регулирование в области информационной безопасности	273
<i>Обласов А.А., Тихонов С.Э., Швалова М.В.</i> Применение основ исследования сетевого трафика для сбора данных о структуре сетей	278
<i>Юшков В.С.</i> Применение информационных технологий позволяющих обеспечить повышение безопасности дорожного движения	281
<i>Латин А.Н.</i> Визуализация трехмерных моделей в браузерных приложениях в реальном времени	285
<i>Набиева Д.В., Верхотурова Г.Н.</i> Об оценке целесообразности внедрения автоматизированного тестирования приложений.....	287
<i>Гавришев А.А.</i> К вопросу определения требуемого количественного показателя скрытности для беспроводных систем связи	290
<i>Расковалов А.А., Иванов А.В., Пантюхина М.И.</i> Излучательный термостат в методе молекулярной динамики и его реализация на CUDA	293
<i>Богаченко Н.Ф.</i> Проблемы оценки эффективности внедрения системы управления разграничением доступа	295
<i>Дейнеко Т.А., Епанчинцева О.Л.</i> Некоторые результаты перехода к электронному расписанию в ОмГУ	298
<i>Вахний Т.В., Заполин В.С.</i> Использование интервальной матричной игры для оптимизации защиты компьютерных систем	301



**ИОЗЕФЕР АЛЕКСАНДР ЛЬВОВИЧ
(1889–1936)**

Александр Львович Иозефер родился 7 апреля 1889 года в окрестностях Санкт-Петербурга в семье немецкого коммерсанта. В 1912 году окончил математическое отделение физико-математического факультета Московского университета с дипломом первой степени.

Преподавательскую деятельность начал в Хабаровском реальном училище в 1913 году. К этому времени относится статья в «Приамурском педагогическом листке» № 1 «Несколько слов о задачниках по типам».

С началом Первой мировой войны в 1914 году был призван в армию в звании подпоручика. Службу проходил в Омске.

В Омске в 1917 году был организован Омский политехнический институт, и А.Л. Иозефер совмещал службу адъютантом военно-статистического отделения в штабе округа с преподаванием высшей математики. В 1918 году он был приглашен на работу в Омский сельскохозяйственный институт.

С приходом к власти адмирала Колчака Иозефер как нестроевой офицер служит «по нездоровью» в Главном штабе делопроизводителем цензурного отделения. В 1919 году с отступающими частями колчаковской армии он оказывается в Красноярске. В январе 1920 года он уже властью Ревкома назначается инструктором по внешкольному образованию в Енисейске, откуда командировается в Омск в распоряжение местного отдела народного образования.

С марта 1920 года Иозефер избран преподавателем по кафедре высшей математики в Сибирский институт сельского хозяйства и промышленности (который объединил сельскохозяйственный и политехнический институты). Читал курсы анализа, аналитической геометрии, высшей алгебры.

12 августа 1921 года утвержден Главпрофобром на должность профессора и заведующего кафедрой высшей математики.

Двадцатые годы характеризуются нестабильностью и частыми реорганизациями. Например, с 1922 года после слияния с земельным институтом вуз назывался Сибирской сельскохозяйственной академией (СибАка), с 1924 г. Сибирским институтом сельского хозяйства и лесоводства, а в 1930 он разделился на четыре отраслевых института. В таких условиях проявился организаторский талант Иозефера.

В автобиографии он пишет: «В 1921 году получил командировку от Сибревкома и института на Дальний Восток для установления связи с научными организациями Востока и приобретения учебного имущества. Мне удалось за день до белого (Меркуловского) переворота вывезти из Владивостока два вагона ценного научного имущества, затем провезти его (не без затруднений) через японскую заставу на станции Евгеньевка, где был задержан на 8 дней, и все привезти в институт. В 1922 году получил вторичную командировку в Харбин. За обе удачно выполненные командировки получил благодарность от правления института и Ученого бюро».

В это время им опубликованы работы:

1. О нулевом множителе знаменателя общей формулы кратного интеграла элементарной степенной функции, обобщен-

ной на случай отрицательных показателей (напечатана в научном сборнике Сиб. института, 1921).

2. Об изложении вопроса о максимуме и минимуме функций одного переменного // Сибирская природа. – 1922. – № 1.

3. Опыт обоснования отрицательного дифференциального исчисления для функций одного независимого переменного / А.Л. Иозефер. – Омск, 1922. – 36 с. (Труды Западно-Сибирского отделения Русского географического общества; Вып. 4).

4. Дифференцирование функций: курс лекций, читанных студентам Сибирской академии / А.Л. Иозефер. – Омск, 1923. – 160 с.

5. К вопросу о возможности некоторых обобщений общих формул производных n -го порядка» (в трудах Сибирской сельскохозяйственной академии (т. III, 1924).

С 1922 года А.Л.Иозефер был избран руководить кафедрой при Западно-Сибирском медицинском институте, где читал особый курс высшей математики для медиков до 1924 года, когда кафедра в институте была закрыта. В журнале «Медицинский журнал» напечатал статью «Математика в медицинском образовании» (Омск, Медицинский журнал 1926, № 4-5).

В 1924 году он организовал математический кабинет-лабораторию. В характеристике, данной ректором Н. Грибановым, отмечается: «почти при полном отсутствии средств он за короткое время сумел так обставить математический кабинет пособиями и моделями, что теперь имеется полная возможность вести не только учебную, но и научную работу. Иозефер сумел настолько заинтересовать студенчество своей дисциплиной, что они буквально осаждают математический кабинет».

Самыми значительными его публикациями были:

1. Основы математики в применении к естествознанию... [Текст] / А.Л. Иозефер, Л.И. Аронтрихер. – Омск: Сиб. инст-т сельского хоз-ва и лесоводства, 1928 (типо-лит. изд-ва «Рабочий путь»). – VIII, 476 с. (Прилож. к VI тому Трудов Сибкадамии).

2. Об одном способе получения функций Fredholm'a / А.Л. Иозефер. – Омск: Сиб. инст-т сельского хоз-ва и лесоводства, 1929. – 20 с.

3. Лекции по дифференциальному исчислению / А.Л. Иозефер. – Омск: Сиб. инст-т сельского хоз-ва и лесоводства, 1929. – 327 с.

4. Наука и СССР / А.Л. Иозефер. Издание Омского медицинского общества, 1928. - 13 с.

В 1925 году избран членом правления Сибинститута с возложением обязанностей заместителя ректора, а в 1928 году звание профессора было подтверждено Главным ученым советом.

Разносторонность интересов Александра Львовича удивительна. Это и многочисленные просветительские лекции, работа в высших военно-геодезических курсах, публикация популярных статей на темы описательной астрономии. Один из его студентов И.Н. Язев стал известным советским астрономом, работал в Ленинграде (Пулково), Полтаве, Новосибирске и позже в Иркутске.

Иозефер был действительным членом Западно-Сибирского отдела Русского географического общества. С момента основания в 1925 году Иртышского яхт-клуба был его членом и выполнял почётные обязанности вице-командора, владел яхтой «Шалунья». Дружил с известным сибирским ученым П.Л. Дравертом, писал стихи, не претендуя на их публикацию.

В 1930 г. в Омске открылся Сибирский автодорожный институт, и А.Л. Иозефер стал первым заведующим кафедры математики в СибАДИ.

В марте 1931 г. был арестован по статье 58-4-7-13 УК РСФСР (так называемое «дело ОИС» (общество изучения Сибири), но за отсутствием состава преступления освобожден. В скором времени он уезжает в г. Горький (ныне Нижний Новгород), преподаёт в институте инженеров водного транспорта и университете. Там он публикует последний учебник: Дифференциальное исчисление / проф. А.Л. Иозефер. – Горький: изд-во и лит. Горьк. ин-та инж-ров водного транспорта, 1935. – 229 с.

Был снова арестован и 05.07.36 г. особым совещанием был приговорен к 5 годам пребывания в Исправительно-трудовом лагере (по ст. 58-10-11¹). Заключение УХТ Печлага Александр

¹ Ст. 58-10-11: Шпионаж, т.-е. передача, похищение или собирание с целью передачи сведений, являющихся по своему содержанию специально-охраняемой государственной тайной, иностранным государствам, контр-революционным

Львович Иозефер умер 10 декабря 1936 года. Реабилитирован Президиумом Горьковского облсуда 23 января 1957 года.

Литература

1. Ученые Омского сельскохозяйственного института (1918–1993) / В.Н. Червоненко. – Омск, 1995. – 298 с.
2. *Поварцов С.Н.* Математик, яхтсмен, поэт // Вечерний Омск. – 1992. – 17 апреля.
3. 175 лет Омской области: краеведы Омского Прииртышья. – Омск, 1998.
4. Архив общего отдела ФГБОУ ВО «Омский ГАУ». Личное дело А.Л. Иозефера. ЛЛ. 6, 47, 85–86, 119–121.
5. Судьбы, связанные с Омским ГАУ. Иозефер Александр Львович. URL: www.omgau.ru/100let/novosti/sudby-svyazannye-s-omskim-gau-iozefer-aleksandr-lvovich/ (дата обращения: 16.11.2020).
6. Книга памяти Омской обл. Архивное дело: П-2032.
7. Книга памяти Нижегородской обл. Дело: 1531.

организациям или частным лицам; Активные действия или активная борьба против рабочего класса и революционного движения, проявленные на ответственных или особо-секретных должностях при царском строе или у контр-революционных правительств в период гражданской войны.

УДК 519.63

Х.М. Гамзаев

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

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ
ПОДВИЖНОГО ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА
В УРАВНЕНИИ КОНВЕКТИВНОГО ПЕРЕНОСА**

Известно, что широкий класс процессов в экологии, теплопередаче, гидродинамике, акустике, физике плазмы и др. описывается одномерным уравнением конвективного переноса [1; 2]

$$\frac{\partial u}{\partial t} + v(x, t) \frac{\partial u}{\partial x} + \lambda(x, t)u = g(x, t),$$

где функция $g(x, t)$ описывает действие внешнего источника. Во многих практических случаях внешние источники представляются в виде подвижного точечного источника и для описания таких источников используется дельта функция Дирака, т. е.

$$g(x, t) = q(t)\delta(x - r(t)),$$

где $r(t)$ – закон движения точечного источника, $q(t)$ – мощность источника. Одной из основных задач, возникающих при исследовании процессов с подвижными точечными источниками, является определение закона движения источника, т. е. траектории источника.

Рассматривается уравнение конвективного переноса при наличии подвижного точечного источника

$$\frac{\partial u}{\partial t} + v(x,t) \frac{\partial u}{\partial x} + \lambda(x,t)u = q(t)\delta(x-r(t)), \quad 0 < x \leq l, \quad 0 < t \leq T, \quad (1)$$

со следующими условиями

$$u(x,0) = \varphi(x), \quad u(0,t) = \theta(t). \quad (2)$$

Предполагается, что помимо функции $u(x,t)$ неизвестной является также траектория движения подвижного точечного источника $r(t)$ и требуется восстановление этой функции по следующему дополнительному условию

$$u(l,t) = f(t). \quad (3)$$

Поставленная задача относится к классу обратных задач, связанных с восстановлением правых частей дифференциальных уравнений в частных производных [3].

Сначала для устранения сингулярности в уравнении (1) дельта функция аппроксимируется непрерывной функцией $\delta(x-r(t)) = \sqrt{\varepsilon/\pi} e^{-\varepsilon(x-r(t))^2}$.

Предварительно обезразмерив пространственную переменную x с введением масштаба l^{-1} , задача (1)–(3) с учетом аппроксимации дельта функции представляется в виде

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{v(x,t)}{l} \frac{\partial u}{\partial x} + \lambda(x,t)u = q(t) \frac{\sqrt{\varepsilon/\pi}}{l} e^{-\varepsilon(x-\xi(t))^2}, \quad 0 < x < 1, \quad 0 < t \leq T, \quad (4)$$

$$u(x,0) = \varphi(x), \quad u(0,t) = \theta(t), \quad u(1,t) = f(t), \quad (5)$$

где $\xi(t) = r(t)l^{-1}$.

Далее вводится равномерная разностная сетка в прямоугольной области $\{0 \leq x \leq 1, \quad 0 \leq t \leq T\}$ $\bar{\omega} = \{(t_j, x_i) : x_i = i\Delta x, \quad t_j = j\Delta t, \quad i = 0, 1, 2, \dots, n, \quad j = 0, 1, 2, \dots, m\}$ и строится дискретный аналог задачи (4), (5) на разностной сетке $\bar{\omega}$

$$\frac{u_i^j - u_i^{j-1}}{\Delta t} + \frac{v_i^j}{l} \frac{u_i^j - u_{i-1}^j}{\Delta x} + \lambda_i^j u_i^j = \frac{q^j \sqrt{\varepsilon/\pi}}{l} e^{-\varepsilon(x_i - \xi^j)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, n-1, \quad (6)$$

$$u_i^0 = \varphi(x_i), \quad u_0^j = \theta^j, \quad u_n^j = f^j, \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad (7)$$

Построенная разностная задача (6), (7) представляет собой систему линейных алгебраических уравнений, в которой в качестве неизвестных выступают приближенные значения искомых функций $u(x,t)$ и $\xi(t)$ в узлах разностной сетки $\bar{\omega}$, т. е. u_i^j, ξ^j , $i = 0, 1, 2, \dots, n$, $j = 1, 2, 3, \dots, m$. Для решения полученной разностной задачи предлагается специальное представление, позволяющее расщепить задачи на двух взаимно независимых линейных разностных задач первого порядка. В результате получена явная формула для определения положения подвижного точечного источника при каждом дискретном значении временной переменной. На основе предложенного вычислительного алгоритма были проведены численные эксперименты для модельных задач.

Литература

1. *Андерсон Д., Таннехил Дж., Плетчер Р.* Вычислительная гидромеханика и теплообмен. – М.: Мир, 1990.
2. *Пасконов В.М., Полежаев В.И., Чудов Л.А.* Численное моделирование процессов тепло- и массообмена. – М.: Наука, 1984.
3. *Самарский А.А., Вабищевич П.Н.* Численные методы решения обратных задач математической физики. – М.: Изд-во ЛКИ, 2009.

А.Г. Гутор, С.П. Сташулёнок

*Белорусский государственный университет,
г. Минск, Беларусь*

**СТАТИСТИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ
МАННА – УИТНИ И ВИЛКОКСОНА
В ИССЛЕДОВАНИЯХ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБУЧЕНИЯ**

Данная работа является продолжением исследований, изложенных в [1]. Она была проведена в рамках курсов по теории вероятностей и математической статистике. Было изучено влияние выполнения лабораторной работы 1 (см. [1]) на знания, умения и навыки студентов по рассматриваемой теме (использовался критерий знаковых рангов Вилкоксона). Отличие данной работы от [1] состоит в том, что контрольные тесты до и после выполнения лабораторной работы обучающимися были выполнены удалённо. Также с помощью критерия Манна – Уитни проверялась однородность отметок в группах одной специальности, но разных курсов. И, наконец, с помощью того же критерия была исследована однородность приращений в отметках студентов двух групп разных курсов.

Группа 2* (группа той же специальности, что и группа 2 в [1]) выполняла такую же лабораторную работу 1 как и группа 2 по предложенному образцу. Оценивались знания, умения и навыки до и после выполнения работы. Согласно критерию знаковых рангов Вилкоксона, отвергая гипотезу $H'_0: \theta = 0$, мы совершаем ошибку с вероятностью 0,207. Следовательно, нет оснований отвергать проверяемую гипотезу ни на уровне значимости 0,01, ни даже на 0,05. Таким образом, при удалённой работе не было найдено статистически значимых различий в отметках студентов до и после лабораторной работы 1, которая выполнялась по предложенному образцу.

С помощью критерия Манна – Уитни было установлено, что *нет статистически значимых различий в отметках групп 2 и 2* ни до, ни после выполнения лабораторной работы 1*, т. е. даже на уровне значимости 0,1 нет оснований отвергать гипотезу

$$H_0: a = \int_{-\infty}^{\infty} F_1(x) dF_2(x) = 0,5 \text{ [2, с. 129].}$$

Также, с помощью критерия Манна – Уитни, была исследована однородность приращений отметок для студентов групп 2 и 2*. Проверяемая гипотеза отвергается на уровне значимости 0,025 (тем более на 0,05). На уровне значимости 0,01 нет оснований отвергать гипотезу. Данные можно интерпретировать следующим образом: *на уровне значимости 0,05, приращения в отметках рассматриваемых групп нельзя считать однородными.*

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. *Ивченко Г.И., Медведев Ю.И.* Математическая статистика. – М.: Высшая школа, 1984. – 248 с.

В.Н. Куница, С.П. Сташулёнок

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

МОДЕЛИРОВАНИЕ НОРМАЛЬНО РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

В работе рассматриваются 5 способов моделирования случайных величин, имеющих нормальное распределение с параметрами (0; 1). Для каждого случая было смоделировано 10000 случайных величин. В каждом из них проверена гипотеза о нормальном распределении по критерию Колмогорова. Укажем критическое значение статистики $\sqrt{n}D_n$ при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Оно равно 1,358.

Рассмотрим первый случай. Равномерное распределение моделируется с помощью мультипликативного датчика [1, с. 21], а случайные величины, имеющие нормальное распределение, моделируются из равномерно распределенных случайных величин с помощью метода Бокса – Мюллера [2].

Значение статистики $\sqrt{n}D_n$ критерия Колмогорова в этом случае равно 0,802. Как видим, данное значение меньше критического, следовательно, нет оснований отвергать гипотезу нормальности.

Во втором способе равномерное распределение моделируется с помощью генерации случайных чисел в пакете анализа Excel, а случайные величины, имеющие нормальное распределение, моделируются из равномерно распределенных случайных величин с помощью метода Бокса – Мюллера.

В этом случае значение статистики критерия Колмогорова равно 0,904. Данное значение меньше критического, значит, нет оснований отвергать гипотезу нормальности.

В третьем случае нормальное распределение моделируется с помощью генерации случайных чисел в пакете анализа Excel.

Значение статистики $\sqrt{n}D_n$ в этом случае равно 1,281. Данное значение меньше критического, следовательно, нет оснований отвергать гипотезу нормальности.

Рассмотрим еще один случай. Равномерное распределение моделируется с помощью мультипликативного датчика, а случайные величины, имеющие нормальное распределение, моделируются из равномерно распределенных случайных величин с помощью метода обратной функции, используя встроенную в табличный процессор Excel функцию НОРМ.РАСП [1, с. 42].

В этом случае значение статистики критерия Колмогорова равно 1,261. Как видим, данное значение меньше критического, поэтому, нет оснований отвергать гипотезу нормальности.

Наконец, равномерное распределение моделируется с помощью генерации случайных чисел в пакете анализа Excel, а случайные величины, имеющие нормальное распределение, моделируются из равномерно распределенных случайных величин с помощью метода обратной функции, используя встроенную в табличный процессор Excel функцию НОРМ.РАСП.

Значение статистики $\sqrt{n}D_n$ в этом случае равно 0,905. Данное значение меньше критического, следовательно, нет оснований отвергать гипотезу нормальности.

Сравнивая полученные значения статистик, можно сделать вывод, что наиболее качественно смоделированным является нормальное распределение, полученное методом Бокса – Мюллера из равномерно распределенных случайных величин, сгенерированных с помощью мультипликативного датчика.

Проверим гипотезу однородности нормального распределения (5000 величин), полученного с помощью метода Бокса – Мюллера из равномерно распределенных случайных величин, сгенерированных с помощью мультипликативного датчика и нормального распределения (10000 величин), полученного с помощью пакета анализа Excel.

Нормальные распределения будут однородны, если их дисперсии и математические ожидания равны.

Равенство дисперсий проверим с помощью пакета анализа данных в Excel, используя функцию двухвыборочный F -тест для

дисперсии (критерий Фишера [1, с. 103]) для уровня значимости $\alpha = 0,05$.

Так как $F = 1,034 < F_{кр} = 1,041$, то можно сделать вывод, что гипотеза о том, что данные нормальные распределения имеют одинаковую дисперсию не отвергается. Следовательно, проверяемые дисперсии нормальных распределений равны.

Равенство математических ожиданий проверим с помощью пакета анализа данных в Excel, используя функцию двухвыборочного t -теста с одинаковыми дисперсиями (критерий Стьюдента [1, с. 105]) для $\alpha = 0,05$.

Так как t -статистика равна $1,394 < t_{кр} = 1,960$, то можно сделать вывод, что гипотеза о том, что данные нормальные распределения имеют равные математические ожидания не отвергается.

Исходя из полученных результатов, получаем: так как дисперсии и математические ожидания равны, то нормальное распределение, полученное с помощью метода Бокса – Мюллера из равномерно распределенных случайных величин, сгенерированных с помощью мультипликативного датчика и нормальное распределение, полученное с помощью пакета анализа Excel, однородны.

Литература

1. *Лагутин М.Б.* Наглядная математическая статистика: учебное пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.
2. *Vox G.E.P., Muller M.E.* A Note on the Generation of Random Normal Deviates. *Ann. Math. Stat.* **29**, 610-611, 1958.
3. *Чернова Н.И.* Математическая статистика: учеб. пособие / Новосиб. гос. ун-т. – 2-е изд., испр. и доп. – Новосибирск: РИЦ НГУ, 2014.
4. *Куница В.Н.* Функциональные преобразования и моделирование случайных величин: дис. ... магистра физ.-мат. наук / Белорусский государственный университет. – Минск, 2020.

Ю.В. Трубников, М.М. Чернявский

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

О НЕПОЛНОЙ ФАКТОРИЗАЦИИ ПОЛИНОМОВ СЕДЬМОЙ СТЕПЕНИ В СЛУЧАЕ НАЛИЧИЯ КРАТНЫХ КОРНЕЙ

Известно, что в общем случае корни алгебраического полинома пятой или более высокой степени не могут быть выражены через комбинацию арифметических действий и радикалов от коэффициентов полинома. Несмотря на это, существует большое число классов полиномов, которые допускают такое выражение для всех или некоторых своих корней. Например, это могут быть полиномы, являющиеся суперпозицией полиномов меньших степеней или имеющие кратные корни. Также к таким классам можно отнести классы возвратных полиномов и полиномов, обладающими некоторыми специфическими свойствами [1].

Важно отметить, что для алгебраических уравнений высоких степеней, допускающих символическое решение, общих универсальных методов решения практически не существует, и в каждом конкретном случае приходится применять свои специфические методы. В последние два десятилетия такие методы активно развиваются вследствие бурного развития возможностей вычислительной техники [2].

В настоящей работе в терминах коэффициентов установлены критерии факторизации алгебраических многочленов седьмой степени вида (1) на два биномиальных множителя.

$$P_7(z) = z^7 + a_1 z^6 + a_2 z^5 + a_3 z^4 + a_4 z^3 + a_5 z^2 + a_6 z + a_7$$

$$(a_i \in \mathbb{C}, \quad i = \overline{1,7}) \quad (1)$$

Теорема 1. *Полином $P_7(z)$ вида (1) представим в форме*

$$P_7(z) = (z - z_1)^4 (z - z_2)^3$$

тогда и только тогда, когда

$$a_3 = (3a_1^2 - 7a_2)\gamma - \frac{10}{49}a_1^3 + \frac{5}{7}a_1a_2,$$

$$a_4 = -\frac{13}{1372}a_1^4 - \frac{9}{98}a_1^2a_2 + 4\gamma\left(\frac{3}{7}a_1^3 - a_1a_2\right) + \frac{29}{84}a_2^2,$$

$$a_5 = \frac{3}{196}(-30a_1^4 + 196a_1^2a_2 - 294a_2^2)\gamma + \frac{153}{9604}a_1^5 - \frac{67}{686}a_1^3a_2 + \frac{29}{196}a_1a_2^2,$$

$$a_6 = \frac{1}{1372}(-276a_1^5 + 1400a_1^3a_2 - 1764a_1a_2^2)\gamma - \frac{11}{67228}a_1^6 + \\ + \frac{31}{4802}a_1^4a_2 - \frac{43}{1372}a_1^2a_2^2 + \frac{2}{49}a_2^3,$$

$$a_7 = \frac{1}{67228}(2838a_1^6 - 22120a_1^4a_2 + 57330a_1^2a_2^2 - 49392a_2^3)\gamma - \\ - \frac{983}{3294172}a_1^7 + \frac{81}{33614}a_1^5a_2 - \frac{187}{28812}a_1^3a_2^2 + \frac{2}{343}a_1a_2^3;$$

где $\gamma = \frac{1}{441}\sqrt{18a_1^2 - 42a_2}$.

При этом,

$$z_1 = -\frac{1}{7}a_1 + \frac{63}{2}\gamma,$$

$$z_2 = -\frac{1}{7}a_1 - 42\gamma.$$

Теорема 2. *Полином $P_7(z)$ вида (1) представим в форме*

$$P_7(z) = (z - z_1)^5(z - z_2)^2$$

тогда и только тогда, когда

$$a_3 = (6a_1^2 - 14a_2)\alpha - \frac{10}{49}a_1^3 + \frac{5}{7}a_1a_2,$$

$$a_4 = \frac{1}{7}(24a_1^3 - 56a_1a_2)\alpha - \frac{53}{1715}a_1^4 + \frac{2}{245}a_1^2a_2 + \frac{8}{35}a_2^2,$$

$$a_5 = \frac{1}{1225}(-684a_1^4 + 5292a_1^2a_2 - 8624a_2^2)\alpha +$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{81}{12005} a_1^5 - \frac{94}{1715} a_1^3 a_2 + \frac{24}{245} a_1 a_2^2 \\
a_6 = & \frac{1}{8575} \left(-2568 a_1^5 + 13384 a_1^3 a_2 - 17248 a_1 a_2^2 \right) \alpha + \frac{2026}{420175} a_1^6 - \\
& - \frac{1891}{60025} a_1^4 a_2 + \frac{552}{8575} a_1^2 a_2^2 - \frac{48}{1225} a_2^3, \\
a_7 = & \frac{1}{420175} \left(-14358 a_1^6 + 79534 a_1^4 a_2 - 130928 a_1^2 a_2^2 + 54880 a_2^3 \right) \alpha + \\
& + \frac{11092}{20588575} a_1^7 - \frac{1511}{420175} a_1^5 a_2 + \frac{472}{60025} a_1^3 a_2^2 - \frac{48}{8575} a_1 a_2^3; \\
\text{где } \alpha = & \frac{1}{245} \sqrt{15 a_1^2 - 35 a_2}.
\end{aligned}$$

При этом,

$$z_1 = -\frac{1}{7} a_1 + 14 \alpha,$$

$$z_2 = -\frac{1}{7} a_1 - 35 \alpha.$$

Литература

1. Антипова И.А., Михалкин Е.Н., Цих А.К. Рациональные выражения для кратных корней алгебраических уравнений // Математический сборник. – 2018. – Т. 209, № 10. – С. 3–30.
2. Астапов И.С., Астапов Н.С. Алгоритмы символьного решения алгебраических уравнений // Программная инженерия. – 2017. – Т. 8, № 9. – С. 422–432.

С.М. Бородич

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

ОБ ОДНОМ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОМ УРАВНЕНИИ, СОДЕРЖАЩЕМ МАЛЫЙ ПАРАМЕТР

Рассматривается гиперболическое уравнение

$$\partial_t^2 u + \gamma \partial_t u = \Delta u - f(u, t, \varepsilon) - g(x), \quad x \in \Omega, \quad t \geq 0, \quad u|_{x \in \partial\Omega} = 0, \quad (1)$$

где $\gamma > 0$, ε – малый параметр, $|\varepsilon| \leq \varepsilon_0$, $\varepsilon_0 > 0$, Ω – ограниченная область в \mathbf{R}^3 с гладкой границей $\partial\Omega$, функция $f(u, t, \varepsilon)$ класса C^1 по u и ε и непрерывна по t , $g(x) \in L_2(\Omega)$. Предполагаем, что $f(u, t, 0)$ не зависит от t :

$$f(u, t, 0) \equiv \varphi(u). \quad (2)$$

Предполагается также, что

$$f(u, t, \varepsilon)u \geq -C, \quad -C \leq f'_u(u, t, \varepsilon) \leq C(1 + u^2),$$

$$|f'_\varepsilon(u, t, \varepsilon)| \leq C(1 + |u|^3), \quad \int_0^u \varphi(s) ds \geq -C$$

для всех $u \in \mathbf{R}$, $t \geq 0$, $\varepsilon \in [-\varepsilon_0, \varepsilon_0]$.

Уравнение (1) рассматривается при начальных условиях

$$u|_{t=0} = u_0, \quad \partial_t u|_{t=0} = p_0, \quad (3)$$

где $u_0 \in H_0^1(\Omega)$, $p_0 \in L_2(\Omega)$.

Пусть $E = H_0^1(\Omega) \times L_2(\Omega)$. При любом ε , $|\varepsilon| \leq \varepsilon_0$, задача (1), (3) имеет, и притом единственное, решение $u(t, \varepsilon)$, для которого

$$(u(t, \varepsilon), \partial_t u(t, \varepsilon)) \in C([0, +\infty); E)$$

(см. [1; 2]).

В силу условия (2) уравнение (1) автономно при $\varepsilon = 0$. В этом случае оно порождает в пространстве E полугруппу операторов $\{S_t, t \geq 0\}$:

$$S_t(u_0, p_0) = (u(t, 0), \partial_t u(t, 0)).$$

Пусть $w = (z, 0) \in E$ – стационарная точка полугруппы $\{S_t\}$. Обозначим через $M^H(w)$ совокупность всех точек $(u, p) \in E$, через которые проходят траектории $S_t(u_0, p_0)$, продолжаемые для всех $t \leq 0$ и удовлетворяющие условию: $S_t(u_0, p_0) \rightarrow w$ в E при $t \rightarrow -\infty$.

Будем предполагать, что функция $g(x)$ является регулярным значением оператора

$$Av \equiv \Delta v - \varphi(v), \quad v \in H_0^1(\Omega) \cap H^2(\Omega).$$

В этом случае полугруппа $\{S_t\}$ имеет конечное множество стационарных точек $\{w_1, \dots, w_n\}$ и, кроме того, множества $M^H(w_i)$ являются гладкими конечномерными многообразиями (см. [2]).

Пусть B – ограниченное в E множество, $V_\varepsilon(B)$ – совокупность всех фазовых траекторий $(u(t, \varepsilon), \partial_t u(t, \varepsilon))$ уравнения (1), выходящих в момент времени $t = 0$ из точек множества B . Под семейством составных предельных траекторий, соответствующих $V_\varepsilon(B)$, будем понимать совокупность кусочно-непрерывных по t траекторий $(\tilde{u}(t), \partial_t \tilde{u}(t))$ полугруппы $\{S_t\}$, таких, что:

- 1) число точек разрыва $(\tilde{u}(t), \partial_t \tilde{u}(t))$ конечно;
- 2) $(\tilde{u}(t), \partial_t \tilde{u}(t)) = S_t(u_0, p_0)$ при $0 \leq t < t_1$ для некоторых $(u_0, p_0) \in B$ и $t_1 > 0$;
- 3) при $t \geq t_1$ $(\tilde{u}(t), \partial_t \tilde{u}(t))$ состоит из конечного числа непрерывных кусков траекторий полугруппы $\{S_t\}$, лежащих на конечномерных многообразиях $M^H(w_i)$.

Теорема. Для любого ограниченного в E множества B найдутся такие малые $\varepsilon_1 > 0$ и $q > 0$ и достаточно большое число

C_0 , что при $|\varepsilon| \leq \varepsilon_1$ для любой траектории $(u(\cdot, \varepsilon), \partial_t u(\cdot, \varepsilon)) \in V_\varepsilon(B)$ существует составная предельная траектория $(\tilde{u}(t), \partial_t \tilde{u}(t))$, такая, что $(\tilde{u}(0), \partial_t \tilde{u}(0)) = (u(0, \varepsilon), \partial_t u(0, \varepsilon))$ и

$$\sup_{t \geq 0} \|(u(t, \varepsilon), \partial_t u(t, \varepsilon)) - (\tilde{u}(t), \partial_t \tilde{u}(t))\|_E \leq C_0 |\varepsilon|^q.$$

Литература

1. Лионс Ж.-Л. Некоторые методы решения нелинейных краевых задач. – М.: Мир, 1972.
2. Бабин А.В., Вишик М.И. Аттракторы эволюционных уравнений. – М.: Наука, 1989.

Т.В. Кавитова, А.А. Ашыров

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

**ПОЛОЖИТЕЛЬНОСТЬ РЕШЕНИЙ
ВТОРОЙ НАЧАЛЬНО-КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ
ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОГО ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ
С НЕЛОКАЛЬНОСТЯМИ В УРАВНЕНИИ
И ГРАНИЧНОМ УСЛОВИИ**

Рассматривается нелинейное параболическое уравнение

$$u_t = \Delta u + a(x, t)u^r \int_{\Omega} u^p(y, t) dy - b(x, t)u^q, \quad x \in \Omega, t \in (0, T), \quad (1)$$

с нелинейным нелокальным граничным условием

$$u(x, t) = \int_{\Omega} k(x, y, t)u^l(y, t)dy, \quad x \in \Omega, t \in (0, T), \quad (2)$$

и начальным условием

$$u(x, 0) = u_0(x), \quad x \in \Omega, \quad (3)$$

где r, p, q, l – положительные постоянные, Ω – ограниченная область в R^n , $n \geq 1$, с гладкой границей $\partial\Omega$, $T > 0$.

Относительно данных задачи (1)–(3) делаются следующие предположения:

$$a(x, t), b(x, t) \in C_{loc}^{\alpha}(\bar{\Omega} \times [0, +\infty)), \quad 0 < \alpha < 1, \quad a(x, t) \geq 0, \quad b(x, t) \geq 0;$$

$$k(x, y, t) \in C(\partial\Omega \times \bar{\Omega} \times [0, +\infty)), \quad k(x, y, t) \geq 0;$$

$$u_0(x) \in C^1(\bar{\Omega}), \quad u_0(x) \geq 0, \quad x \in \bar{\Omega}, \quad \frac{\partial u_0(x)}{\partial \nu} =$$

$$= \int_{\Omega} k(x, y, 0)u_0^l(y) dy, \quad x \in \partial\Omega.$$

Пусть $Q_T = \Omega \times (0, T)$, $S_T = \partial\Omega \times (0, T)$, $\Gamma_T = S_T \cup \bar{\Omega} \times \{0\}$.

Определение 1. Назовем неотрицательную функцию $u(x,t) \in C^{2,1}(Q_T) \cap C^{1,0}(Q_T \cup \Gamma_T)$ верхним решением задачи (1)–(3) в Q_T , если

$$u_t \geq \Delta u + a(x,t)u^r \int_{\Omega} u^p(y,t) dy - b(x,t)u^q, (x,t) \in Q_T,$$

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial \nu} \geq \int_{\Omega} k(x,y,t)u^l(y,t) dy, (x,t) \in S_T, \quad (4)$$

$$u(x,0) \geq u_0(x), x \in \Omega.$$

Неотрицательную функцию $u(x,t) \in C^{2,1}(Q_T) \cap C^{1,0}(Q_T \cup \Gamma_T)$ назовем нижним решением задачи (1)–(3) в Q_T , если неравенства (4) выполнены с противоположным знаком. Функцию $u(x,t)$ будем называть решением задачи (1)–(3) в Q_T , если $u(x,t)$ одновременно является верхним и нижним решениями задачи (1)–(3) в Q_T .

Определение 2. Назовем решение $u(x,t)$ задачи (1)–(3) в Q_T максимальным, если для любого другого решения $v(x,t)$ задачи (1)–(3) в Q_T выполнено неравенство $v(x,t) \leq u(x,t)$, $(x,t) \in Q_T$.

Теорема 1. Для некоторого $T > 0$ задача (1)–(3) имеет максимальное решение в Q_T .

Теорема 2. Пусть $u_0(x)$ – нетривиальная функция в Ω и выполнено одно из следующих условий:

- 1) $q \geq 1$;
- 2) $b(x,t) \equiv 0$ в Q_T ;
- 3) $r + p < q < 1$, $a(x,t) > 0$ при $x \in \bar{\Omega}$ и $t \in [0, T)$.

Предположим, что $u(x,t)$ – решение задачи (1)–(3) в Q_T . Тогда $u(x,t) > 0$ в $Q_T \cup S_T$.

В.А. Еровенко, А.И. Кострюкова

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНО-РЕФЛЕКСИВНОГО МЫШЛЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫМИ СТУДЕНТАМИ-ГЕОГРАФАМИ

Теоретическая география представляет сейчас целостную систему общегуманитарных и естественнонаучных направлений, объединенных географическим аспектом исследования, структура которой со времени своего появления с учетом изучения многообразных природных и социальных процессов значительно усложнилась. Еще в античные времена греческий философ Эратосфен считал, что география должна использовать имеющийся в то время астрономический опыт и математические знания. В определенном смысле современная география является математическим учением, что созвучно пророческой мысли Эратосфена о математизации географических исследований. В качестве дополнительной аргументации приведем следующее высказывание: «Теоретическая география отличается повышенной формализацией, в связи с чем [в ней] широко используют математические методы. Математизация географии привела к тому, что ряд ученых стал выделять новую научную дисциплину – *математическую географию*» [1, с. 6]. С точки зрения методологии науки в этой дисциплине проявляется сопряженность теоретической географии и математических теорий, имеющих собственные предметы и задачи исследования.

Однако теоретическая география, вообще говоря, шире по объему и разнообразнее по методам, чем математическая география, которая по сути выполняет роль специальной методики, так как уникальность современных теорий географии проявляется в глубоких исследованиях материальных и нематериальных элементов географического пространства в его целостном проявлении.

нии и анализе их взаимосвязей. В таком контексте одной из основ интеллектуального развития студентов-географов является математическая культура, своеобразным образцом которой служит «бескомпромиссность» математики, поскольку такая многогранная наука как география зависит от уровня университетского математического образования. Поэтому вполне естественным является включение части математических дисциплин в профессиональную подготовку студентов-географов для формирования у них профессионально-рефлексивного стиля научного мышления. Основная методологическая трудность, тесно связанная с когнитивной проблемой понимания математического знания, часто возникает из-за упрощенной трактовки процесса познания и правильного понимания.

Указанные обстоятельства уже являются достаточным основанием для беспокойства за качество университетского образования студентов-географов, так как целью формирования профессионально-рефлексивного мышления при изучении учебных разделов высшей математики состоит в географическом образовании, образно говоря, «в превращении отчасти бессмысленного и непонятного для нас в осмысленное и понятное в известных нам профессиональных терминах» [2]. Математическая теория не является эмпирическим знанием в силу логики своего развития, что не мешает рефлексивно использовать приобретенные математические знания и новые умения в практической географической деятельности. Реализации формирования профессионально-рефлексивного мышления способствуют *когнитивные технологии* математического образования, к которым явно относятся логические способности, смысловое понимание, первичность познания, а не только получение готовых математических знаний.

Но, можно ли сделать занятия по высшей математике для студентов-нематематиков понятными и даже интересными? Второй соавтор этого сообщения счастливая студентка факультета географии и геоинформатики БГУ Александра Кострюкова, слушавшая лекции, которые читал первый соавтор, считает, что можно преподавать интересно: «Благодаря богатой фантазии, креативности и харизматичности Валерия Александровича, лекции никогда не бывают скучными! Он выделяется умением сде-

лать из обычного примера веселую и интересную задачу, которую можно легко запомнить». Такая методика проведения занятий оставляет послевкусие «*мягкого восхищения*», дающего нужный результат. А еще формированию профессиональной рефлексии мышления на занятиях способствуют яркие структурированные конспекты, в которых четко выделены все понятия, а также аргументированы утверждения, используемые на занятиях.

В связи с развитием геоинформатики обратим особое внимание на новые связи географии, математики и информатики. При создании общей теории и методов распознавания природных аномалий, последние как раз характеризуются еще нечеткими понятиями. Российский ученый-геофизик, известный специалист в области геоинформатики член-корреспондент РАН А.А. Соловьев считает, что в таких ситуациях можно использовать теорию нечетких множеств математика Лотфи Заде или аппарат *нечеткой математики*. «Основная идея Заде заключалась в том, что человеческий способ рассуждений, опирающийся на естественный язык, не может быть описан в рамках традиционных математических формализмов. Этим формализмам присуща строгая однозначность интерпретации, а все, что связано с использованием естественного языка, имеет многозначную интерпретацию» [3, с. 196–197]. Такая рефлексия и ранее разработанный математический аппарат способствует выявлению новых географических закономерностей в процессах Земли и околоземного пространства.

Учеба в университете – это обоюдный взаимосвязанный процесс, так как не только преподаватель должен учить, но и студент должен учиться. При формировании профессионально-рефлексивного мышления, следует признать, что анализ количественных формализованных географических исследований ограничен из-за несовершенства математического аппарата, обусловленного исключительной сложностью и зависимостью от многих внутренних и внешних факторов природных процессов в территориально сложных географических системах. В обширное поле зрения современной географической науки попадают не только частные природные явления, происходящие на Земле, но также их итоговые взаимодействия, которые требуют математического и естественнонаучного инструментария для анализа новых гео-

графических открытий. Поэтому синтез географического и математического познания приобретает новые качества рефлексивности, которые в философской интерпретации означают способность мышления к критическому самоанализу разных областей научного знания.

P.S. В заключение можно добавить, что при преподавании высшей математики студентам-географам надо еще учитывать психологические особенности образного мышления самих студентов, раскрывая культурную ценность математических знаний и эстетические впечатления от объектов географического познания. Особые проявления художественной передачи географических артефактов, созданных на основе природного ландшафта, взаимодействуют с математическим познанием, поскольку соотносится с тем, как импрессионистов интересовало не строгое соответствие природе, а жизненное впечатление от нее, подобно, по выражению Мандельштама, *«глубокому обмороку сирени»* о цветущем кусте сирени Клода Моне. При изучении математики студентам важны не только полученные знания, но и впечатления от них после изучения математики. Можно гипотетически вполне уверенно утверждать, что все, делающее реально заинтересованных студентов в новых знаниях при изучении разделов высшей математики счастливее, делает также преподавателей счастливым за них.

Литература

1. Шарыгин М.Д., Чупина Л.Б. Современное состояние и место теоретической географии в системе научного знания // Географический вестник. – 2010. – № 3. – С. 4–10.
2. Еровенко В.А. Когнитивные технологии обучения математике в инновационном географическом образовании // Инновации в образовании. – 2019. – № 9. – С. 30–41.
3. Соловьев А.А. Методы геоинформатики и нечеткой математики в анализе геофизических данных // Чебышевский сборник. – 2018. – Т. 19, вып. 4. – С. 194–214.

В.А. Еровенко, М.И. Ёлкина

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ
ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ
СТУДЕНТОВ ХИМФАКА
В УСЛОВИЯХ ВНЕЗАПНОЙ ПАНДЕМИИ**

Курс высшей математики относится к профессиональному блоку фундаментальных дисциплин в системе подготовки будущих химиков. Целью изучения курса математики студентами научно-производственного отделения является приобретение математических знаний для понимания методов исследования, необходимых в их профессиональной деятельности при изучении математических моделей химических процессов. Но все студенты разные, так как кто-то плохо рисует, кто-то плохо поет, а кто-то *плохо понимает* математику. На занятиях используются коммуникативные методические приемы обучения студентов высшей математике. Во-первых, это хороший контакт и диалог с преподавателем; во-вторых, правильное оформление конспекта лекций с выделением ключевых понятий и теорем; в-третьих, дружелюбная приятная обстановка на очных занятиях, которая помогает сплотиться одногруппникам, а они поэтому стараются, не боясь озвучить свое пусть, возможно, неправильное решение примера.

Следует отметить, что университетский курс высшей математики для химиков содержит в себе, следующие фундаментальные разделы: теорию множеств, линейную алгебру, аналитическую геометрию, математический анализ, числовые и функциональные ряды, дифференциальные уравнения, теорию вероятностей. Этот выбор обусловлен тем, что данные разделы применяются в таких востребованных областях химии, как аналитическая, органическая, неорганическая, физическая, квантовая и

другие химии, а также в ряде спецкурсов. «Поэтому целью обучения математике студентов химических направлений подготовки должно быть <...> формирование у них умений применять изученный математический аппарат при решении химических задач, составлять и исследовать математические модели химических процессов и явлений...» [1, с. 28]. Заметим, что очные лекции по математике отличаются еще тем, что лектор может взаимодействовать со студенческой аудиторией, задавая вопросы и даже устраивая иногда «*демократическое голосование*» за тот или иной вариант ответа на ранее озвученный вопрос. А для концентрации внимания он может использовать юмор, подстегивающий интерес. Второй из соавторов этого сообщения, успешная, строгая и трудолюбивая студентка научно-производственного отделения химфака объясняла своему профессору и первому соавтору, как, по мнению студентов группы, очное и возникшее дистанционное изучение математики влияет на мотивацию университетского образования.

У многих студентов быстро прошла эйфория от «свободы в обучении» при внеаудиторном изучении математики. Есть «*логика намерений*» и есть «*логика обстоятельств*». Учебное время идет, а знаний не прибавляется. Но профессора, который отвечает на все вопросы и помогает преодолеть сложности обоснования темы, рядом нет. Как тогда, не прилагая особых усилий, учиться студенту? Ведь научить такого студента решать сложные математические задачи нельзя. Хотя, учитывая психологические проблемы трудностей усвоения высшей математики, научить его задавать вопросы, помогающие понять и решать трудные задачи можно. Значимость многих психологических аспектов изучения математики актуализируется еще благодаря тому, что в психологии нет понятия «плохого» или «хорошего» метода обучения, есть «адекватное» или «неадекватное» его использование [2]. Даже психологический анализ обычной математической лекции или отдельно взятого любого аудиторного практического занятия по высшей математике изначально многогранен. В нем основной трудностью является укоренившееся в психику обучаемых негативное восприятие новых идей. Кроме того, при удаленном взаимодействии преподавателя со студентами с объяснениями стано-

вится сложнее, хотя времени появилось много, но понимания оно не прибавляло, так как вопросы снова возникали.

Внезапная пандемия показала, что сегодня недостаточно имеющихся новаций в системе технологий обучения и содержания университетского образования с точки зрения его контроля, эффективности и доступности «образовательных услуг». Что сейчас можно сказать об образовательных возможностях дистанционного обучения. «Под дистанционным обучением авторы понимают такой процесс обучения, при котором используются технологии, [по сути] не предполагающие непосредственного присутствия преподавателя, в первую очередь, информационно-коммуникационные» [3, с. 165]. С одной стороны, каждый преподаватель не обязан быть человеком «*принудительного обаяния*», его роль не сводится к консультированию, а также к благожелательным ответам на вопросы по теории и практике. С другой стороны, речь идет о студентах, которые хотят учиться, но как быть с теми студентами, которые даже при очном обучении не хотели напрягать себя при снижении их учебной нагрузки. Даже во время очных занятий студентам-химикам бывает иногда интеллектуально сложно сопоставлять лекционный материал с методическими замечаниями и контрпримерами с решением предлагаемых на практических занятиях примеров, не понимая сути решения без аргументированных комментариев профессора.

Возможно, лучшим выходом из сложившейся ситуации станет новый опыт применения «смешанного», или «комбинированного», аудиторного и дистанционного обучения. Но полезных, а также хорошо апробированных учебно-методических моделей пока не существует, так как каждое высшее образовательное учреждение ориентируется на свой собственный опыт при изучении разделов курса высшей математики студентами-нематематиками, учитывающей возможности компьютерно-информационных технологий. Так «*неприятной ожиданностью*» методических проблем дистанционного обучения, стало еще то, что проблемно-ориентированные математические задачи, для решения которых используются информационные технологии, должны иметь собственную обоснованную методологию, а сложность ее реализации часто упирается в декларируемое требование «акаде-

мической честности» студентов в эпоху интернета. Последнее качество непременно выявляется при проведении практических занятий в аудитории.

Электронная образовательная среда заменить преподавателя высшей математики не может, хотя обучение в ней для тех студентов, которые хотят самостоятельно учиться, возможно, становится более легким. Из разных образовательных практик и сравнений можно сделать такой вывод: высшая математика, вообще говоря, непростая наука, поэтому ее нельзя свести только к дистанционному обучению, отличающемуся «завышенной себестоимостью». Более того, она по сути требует обязательного контакта студентов с владеющим материалом, а также уверенным в себе, преподавателем, который не только заинтересует обучаемых, но еще объяснит им трудные места доступным и понятным для студента-химика языком и возможно исправит его недочеты в знаниях. Однако, когда студент необоснованно считает, что сделал больше чем мог, но меньше чем хотел, то появляется опасность возникновения «*дефицита понимания*» даже традиционных тем курса высшей математики.

Закончить хочется принципом жизни обаятельного французского актера Жана-Поля Бельмондо: «Не жди, что тебя будут любить и уважать». После дистанционного эксперимента для преподавателя математики это звучит очень актуально. А для любого студента университета подойдет его принцип: «И самое главное – не будь слишком серьезен!».

Литература

1. *Евсеева Е.Г., Попова С.С.* Математическое моделирование в профессиональном обучении математике будущих химиков // Дидактика математики: проблемы и исследования. – 2018. – Вып. 48. – С. 28–36.
2. *Еровенко В.А.* Когнитивная технология «научить учиться» студентов, изучающих высшую математику // *Alma mater* (Вестник высшей школы). – 2020. – № 1. – С. 60–65.
3. *Поляков Е.А.* «Математика – экспресс курс» опыт применения смешанного обучения в высшем образовании // Вестник Костромского государственного университета. Серия: Педагогика. Психология. Социология. – 2018. – № 3. – С. 165–170.

Н.В. Михайлова

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТАНОВЛЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

При анализе стиля математического мышления студентов инженерных специальностей необходимо осознать природу стиля мышления на базе философско-методологических представлений, которые выражают основные, исходные особенности познания на том или ином важнейшем этапе развития математического знания, позволяющие понять особенности постановки и анализа рассматриваемых исследовательских задач в контексте их инженерных приложений. В разной философско-методологической литературе рассмотрены факторы, формирующие разные типы математического мышления, без чего понимание методических проблем математического образования будущих инженеров будет далеко неполным. Например, с прагматичной точки зрения эффективности высшей математики в технических приложениях, традиционно выделяют такие три типа математического мышления, как аналитический, интуитивный и практический. Аналитический тип математического мышления стремится к алгоритмизации, которая позволяет зафиксировать отдельные этапы исследования, а интуитивный тип мышления часто осуществляется с пропусками отдельных звеньев сложного математического рассуждения.

Для понимания общих проблем становления математического мышления, актуализируемого в инновационной практике технического университетского образования, необходимо осознать природу стиля мышления на базе различных методологических представлений. По существу, речь идет о концептуальном потенциале понятия стиля научного мышления в философии математических наук, который выражает основные, исходные особенности познания на том или ином этапе его развития, позволяющие

понять особенности постановки и анализа рассматриваемых исследовательских задач [1]. Индивидуальные стили математического мышления различают по мотивации, по восприятию идей, по методу получения результатов, наконец, по типу создаваемых математических моделей. Математическое мышление основано на глубоком понимании сути аксиоматического метода, поэтому различие между повседневным мышлением и нормами строгого математического рассуждения будет всегда сохраняться, если мы хотим, чтобы высшая математика выполняла свои функции.

Заметим, что для абстрактных понятий, которые иногда кажутся хорошо воспринимаемыми чувственной интуицией, соответствующие им объекты, могут значительно отличаться от того, что о них думают сами студенты. Это обусловлено прежде всего тем, что остается некоторое расхождение между исходной первичной интуитивной идеей математического доказательства и математическим языком, описывающим ее в логических терминах. «Однако нередко преподаватели математики, стремясь усовершенствовать свой курс в чисто теоретическом отношении, сделать его более цельным и стройным, в меньшей степени задумываются о том, что для студентов технических вузов важна методологическая связь, получаемых знаний с их практическими приложениями» [2, с. 17]. Ведь практическая эффективность математического знания – это основная методологическая проблема компьютерной математики. Эффективность математики проявляется в том, что ее теории имеют более широкое смысловое содержание, чем это закладывается в их аксиоматику.

Существенным философским фактором, влияющим на формирование стиля математического мышления, является знание, которое часто используется неосознанно. Философы науки называют его «неявным знанием», поскольку практически в любой математической модели, описывающей технический процесс, имеется множество неявных посылок. Для понимания такой модели, с точки зрения ее математического описания, необходимо сделать эти посылки явными. «Опыт выделения функциональных моделей предметных теорий обобщается на этапе модельно-теоретических представлений в сочетании абстрактных алгебраических определений категорий функции, композиции, обращения, дискретности, непрерывности и их модельных кон-

кретизаций» [3, с. 205]. Стиль математического мышления обладает «высокой степенью надежности», гарантируемой доказательствами отдельных математических результатов и пониманием логико-символической формы математических рассуждений и их эффективности в инженерных приложениях.

Философская критика пока сосредоточена на компьютерных вычислениях, рассматриваемых в качестве доказательства. Заметим, что компьютерному моделированию поддаются по существу лишь некоторые частные проблемные вопросы, поскольку при исследовании инженерной модели используются такие рассуждения, которые, вообще говоря, не носят дедуктивного характера в методологическом аппарате. Общезначимым критерием познания является надежность полученных результатов, и до тех пор, пока соблюдается это важное условие, вычисления, произведенные с помощью компьютера, будут по сути столь же убедительны, как и сделанные самим человеком.

Принципы рационального мышления пронизывают нашу жизнь и даже вплетены в эмоциональные ее проявления, но доказательства являются его фундаментальной характеристикой. Чтобы иметь достаточные основания для веры в истинность общей теории, излагаемой в математических курсах университетского инженерного образования, эта теория должна включать в себя преимущества, содержащие признаки истинности и выделяющие ее среди других подобных теорий, поскольку, например, математическая достоверность все же не является исключительно психологическим понятием.

Литература

1. *Михайлова Н.В.* Формирование математического стиля мышления в области инновационного инженерного образования // *Инновации в образовании.* – 2020. – № 1. – С. 18–29.
2. *Горбачев В.И.* Теория функций в методологии теоретического типа мышления: содержание учебной деятельности уровня общего образования // *Вестник Брянского государственного университета.* – 2010. – № 3. – С. 204–211.
3. *Ерovenko В.А.* «Синдром Саймона» как проблема надежности компьютерных доказательств // *Математические структуры и моделирование.* – 2018. – № 1. – С. 23–29.

М.В. Мартон

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

**ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА
ДЛЯ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ
ГЕОГРАФИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

Сегодня никто не будет отрицать, что развитие современного информационного общества, характеризуется высоким уровнем информационных технологий, развитыми инфраструктурами. Без качественной математической подготовки, без понимания и усвоения информационных технологий невозможно сформировать современное мировоззрение будущего интеллектуального специалиста любой специальности. Сегодня уже появились новые возможности использования компьютерных технологий в обучении основ математике. Современная математика и информатика неразделимы, и правильная организация учебного процесса существенно повышает эффективность изучения и понимания каждой из дисциплины [1, с. 253].

Отметим, курс «Высшая математика с основами информатики» для студентов-географов Белорусского государственного университета появился в результате объединения курсов: «Высшая математика» и «Основы информатики», которые читались ранее на факультете, до перехода на 4-летний срок обучения. Сейчас необходимо большое внимание уделять методам моделирования природных и социальных процессов. Ведь именно рассмотрение прикладных задач демонстрирует студентам востребованность математических объектов в их специальности, закладывает первые навыки построения математических моделей и воспитывает специалиста, который бы не избегал простейшей математической интерпретации своих данных и не смотрел на математику как на средство, годное разве лишь для вычислений.

Много внимания мы уделяем дифференциальному моделированию, так как многие процессы, протекающие в природных и природно-хозяйственных системах, могут быть описаны с помощью дифференциальных уравнений, которые используются в геоморфологии при изучении склоновых процессов, в динамической метеорологии, экологии. Однако не все эти уравнения могут быть рассмотрены на занятиях, так как представляют значительную сложность для студентов. Преподаватель сам выбирает подходящие задачи и после соответствующей методической обработки предлагает их студентам. Среди таких задач – задача о росте населения, динамическая модель осыпного склона, описываемая системой обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка.

Практические задания по информационным технологиям вместе с теоретической частью студенты получают в электронном виде на лабораторных занятиях и реализуют их с помощью табличного процессора Excel. Отмечу, что практическая реализация многих задач возможна благодаря изучению теоретического и практического материала на занятиях по курсу Высшая математика, где студенты получают фундаментальную важную базу, которую смогут применять для решения практических задач по своей специальности. Как пишет профессор О.В. Зимица «...в компьютеризированном обществе цели обучения должны определяться как по отношению к студенту, так и к программному обеспечению его компьютера, а так же к умению студента использовать компьютер для выполнения учебных и учебно-исследовательских работ. Таким образом возникает новый объект обучения – тандем «студент + компьютер» [2, с.59].

В рамках реализации принципа профессиональной направленности преподавания дисциплин математического цикла на факультете географии и геоинформатики БГУ преподаватели кафедры общей математики и информатики предлагают студентам ряд практических задач, включающих данные географических и геологических исследований, для составления математических моделей и последующего решения при помощи компьютера. В заключение рассмотрим несколько конкретных примеров [3, с.154].

Задача 1. В рудах одного из полиметаллических месторождений присутствует золото, которое рассматривается как сопутствующий компонент. На одном из участков месторождения обнаружено, что корреляционная связь между концентрациями золота и свинца в рудах проявляется только при содержании свинца ниже 1,5 %, для богатых руд она практически отсутствует, а руды среднего качества характеризуются обратной корреляционной связью. Для подтверждения этой гипотезы и распространения её на закономерности формирования всего месторождения необходимо провести анализ результатов опробования руд соседнего неизученного участка месторождения.

Требуется:

1) определить наличие корреляционной связи между золотом и свинцом в рудах на неизученном участке месторождения по выборочным данным;

2) при наличии корреляционной связи рассчитать уравнение зависимости содержания золота от свинца в рудах.

Для решения данной задачи используется инструмент «регрессия» пакета анализа MS Excel.

Задача 2. Построить двумерную поверхность (Горы Грос-Питон и Пти-Питон), заданную формулой, где x от π до 3π ; y от π до 3π и

$$z = \begin{cases} f(x, y), f(x, y) \geq 0 \\ 0, f(x, y) < 0 \end{cases}, \quad f(x, y) = \frac{x}{2} \sin x \sin y.$$

Литература

1. Мартон М. В. Интеграция математики и информатики для студентов гуманитарных направлений // Методология и фил. преп. матем. и инф-ки: к 50-летию основания кафедры ОМиМ БГУ: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 24–24 апреля 2015 г. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2015. – С. 252–255.
2. Зимина О.В. Проблемное обучение высшей математике в технических вузах // Математика в высшем образовании. – 2006. – № 4. – С. 55–78.
3. Мартон М.В., Матейко О.М. Курс «Высшая математика и информатика» для студентов географических специальностей // Математическое образование: современное состояние и перспективы: материалы межд. научн. конф., Могилев, 20-21 февраля 2019 г. – Могилев: МГУ им. А.А. Кулешова, 2019. – С. 152–155.

О.А. Велько, М.В. Мартон

Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ
С ПОМОЩЬЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ СТУДЕНТОВ СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫХ
СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

Сегодня в современном информационном обществе деятельность человека немислима без использования компьютера и применения информационных технологий, обладающих гибкостью, мобильностью и адаптивностью к внешним воздействиям. Информационные технологии открывают перед будущим поколением возможности свободного распространения знаний, различных сведений и материалов. Информатизация и компьютеризация становятся новыми объектами изучения, применения и использования в образовании, что дает возможность выйти на создание определенной системы образования.

Заметим, что без качественной математической подготовки, без понимания и усвоения информационных технологий сегодня невозможно сформировать современное мировоззрение будущего интеллектуального специалиста-гуманитария. В условиях быстро развивающегося процесса информатизации общества появились новые возможности использования компьютерных технологий в преподавании математических дисциплин. Математика и информационные технологии неразделимы, и правильная организация учебного процесса существенно повышает эффективность изучения и понимания каждой из дисциплины [1]. Использование 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. Для эффективности преподавания математики на гуманитарных факультетах преподавателю необходимо использовать следующие методы в процессе обучения математике:

- 1) осуществлять профессиональную направленность математической подготовки;
- 2) использовать дифференцированный подход;
- 3) осуществлять работу по устранению затруднений студентов;
- 4) вводить более объективные процедуры контроля знаний студентов;
- 5) использовать информационные технологии для повышения качества математического образования [2].

Учитывая общие принципы и особенности обучения студентов-гуманитариев, в том числе и социологов, с использованием информационных технологий, преподаватели реализуют их в преподавании, учитывая возрастные и психологические особенности студента, уровень развития его профессиональной компетентности, умение самостоятельно работать [3].

В настоящее время анализ экономических, социальных, политических явлений и процессов, прогнозирование тенденций их развития невозможно представить без использования математических и компьютерных моделей.

В основе большинства социологических опросов лежит процедура преобразования ответов респондента в диагностический показатель. Глубокий статистический анализ, обеспечивающий обоснованные, точные и надежные диагностические результаты, немыслим без применения современных компьютерных методов [4]. Например, в теме теории вероятностей рассматриваются основные законы распределения. Покажем как решить некоторые задачи по этой теме с помощью табличного процессора Excel.

Пример. Известно, что кандидата в высший орган власти поддерживает 65 % населения. Число избирателей равно 2000000. С какой вероятностью число проголосовавших «за» на выборах находится в пределах от 1299000 до 1302000.

Решение. Решая данную задачу, необходимо вспомнить из курса математики Интегральную теорему Лапласа, которая звучит следующим образом:

Теорема: Если вероятность появления события A в каждом из n независимых испытаний равна одной и той же постоянной p ($0 < p < 1$), то вероятность $P_n(k_1, k_2)$ того, во всех этих испытаниях событие A появится не менее k_1 раз и не более k_2 раз, приближенно определяется формулой:

$$P_n(k_1, k_2) = P_n(k_1 \leq m \leq k_2) \approx \Phi(x_2) - \Phi(x_1),$$

$$\text{где } \Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad x_1 = \frac{k_1 - np}{\sqrt{npq}}, \quad x_2 = \frac{k_2 - np}{\sqrt{npq}}.$$

Функция $\Phi(x)$ называется **функцией Лапласа**. Её значения можно найти в таблицах любого учебного пособия «Теория вероятностей и математическая статистика». Чтобы не считать вручную аргумент и значения функции Лапласа, обратимся к табличному процессору Excel.

1. Для реализации решения задачи создадим следующую таблицу:

	А	В
1	Число избирателей	2000000
2	Вероятность поддержки	0,65
3	Число проголосовавших "за"	
4	от	до
5	1299000	1302000
6	$\Phi(k_1)$	=НОРМ.СТ.РАСП((A5-B1*B2)/КОРЕНЬ(B1*B2*(1-B2));1)
7	$\Phi(k_2)$	=НОРМ.СТ.РАСП((B5-B1*B2)/КОРЕНЬ(B1*B2*(1-B2));1)
8	Вероятность нахождения в интервале	=B7-B6

2. В ячейку В7 введём формулу: =НОРМ.СТ.РАСП((B5-B1*B2)/КОРЕНЬ(B1*B2*(1-B2));1).

3. В ячейку В6 введём формулу: =НОРМ.СТ.РАСП((A5-B1*B2)/КОРЕНЬ(B1*B2*(1-B2));1).

4. В ячейку В8 введём формулу: =В7-В6 и получим требуемый результат, который отражается в следующей таблице:

	А	В
	Число избирателей	
1		2000000
	Вероятность поддержки	
2		0,65
3	Число проголосовавших "за"	
4	от	до
5	1299000	1302000
6	$\Phi(k_1)$	0,069103833
7	$\Phi(k_2)$	0,998486572
	Вероятность нахождения в интервале	
8		0,929382738

Таким образом, использование информационных технологий в процессе обучения математическим дисциплинам студентов социально-гуманитарных специальностей способствует реализации личностно-ориентированного подхода, позволяет подобрать индивидуальный темп работы и самостоятельно распределить время по изучению материала. Обучение математическим дисциплинам с использованием информационных технологий – это интегрирование в единый процесс повышения эффективности образования.

Литература

1. *Мартон М.В.* Интеграция математики и информатики для студентов гуманитарных направлений // Методология и фил. преп. матем. и инф-ки: к 50-летию основания кафедры ОМиМ БГУ: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 24–24 апреля 2015г. – Минск: Изд. Центр БГУ, 2015. – С. 252–255.
2. *Мартон М.В., Матейко О.В., Велько О.А.* Основы информационных технологий: типовая учебная программа для высших учебных заведений по специальности 1-23 01 05 «Социология» // Типовая учебная программа располагается в коллекциях: Кафедра общей математики и информатики. [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/218163>.
3. *Велько О.А.* Потенциал информационных технологий в процессе обучения математическим дисциплинам студентов социально-гумани-

тарных специальностей // Интеллектуальная культура Беларуси: методологический капитал философии и контуры трансдисциплинарного синтеза знания: материалы Третьей международной научной конференции, Минск, 15–16 ноября 2018 г., В 3 т. / Ин-т философии НАН Беларуси; редкол.: А. А. Лазаревич (пред.) [и др.]. – Минск: Четыре четверти, 2018. – Т. III. – С. 45–48.

4. *Велько О.А., Моисеева Н.А.* Математика и информатика для студентов гуманитарных специальностей: возможности междисциплинарного синтеза // Математика у технічному університеті XXI сторіччя: дистанційна Всеукраїнська наукова конференція, Донбаська державна машинобудівна академія, 15–16 травня 2017 р. [Електронний ресурс]. – Краматорськ, 2017. – Режим доступа: <http://www.dgma.donetsk.ua/mkonf-2017-dopovidy-it.html> (дата обращения: 20.05.2017).

В.П. Голубятников, Н.Е. Кириллова

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

О ДВУХ ДИСКРЕТИЗАЦИЯХ ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ МОДЕЛЕЙ ГЕННЫХ СЕТЕЙ*

Мы изучаем поведение траекторий и фазовые портреты гладких динамических систем кинетического типа:

$dx_1/dt = f_1(x_3) - x_1$; $dx_2/dt = f_2(x_1) - x_2$; $dx_3/dt = f_3(x_2) - x_3$, (1)
моделирующих закон действующих масс в функционировании простейших кольцевых генных сетей, у которых концентрации компонент описываются неотрицательными переменными $x_j(t)$. Гладкие монотонно убывающие неотрицательные функции f_j моделируют отрицательные обратные связи, см. [1; 2]. Здесь и далее $j=1, 2, 3$; следуя [2; 3], мы будем также предполагать, что $j-1=3$ при $j=1$.

Подобным же образом конструируются и более сложные модели генных сетей, см. [1–4], но для простоты изложения мы ограничимся трёхмерным случаем. Как было установлено в работах [1–3], параллелепипед $Q^3=[0, f_1(0)] \times [0, f_2(0)] \times [0, f_3(0)]$, а также его многомерные аналоги, является инвариантной областью системы (1) и содержит её единственную стационарную точку $S_0=(x_1^0, x_2^0, x_3^0)$. Все траектории этой системы со временем попадают в область Q^3 , и в наших работах фазовым портретом мы часто называем именно её.

Разобьём Q^3 цилиндрическими поверхностями $x_1=f_1(x_3)$, $x_2=f_2(x_1)$, $x_3=f_3(x_2)$ на восемь криволинейных блоков и обозначим их бинарными мультииндексами:

$$\mathcal{E} = \{\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3\}, \quad (2)$$

где $\varepsilon_j = 0$, если $x_j \leq f_j(x_{j-1})$, и $\varepsilon_j = 1$, если $x_j > f_j(x_{j-1})$.

* Работа поддержана РФФИ, грант 20-31-90011.

Следуя [3; 4], назовём **валентностью** блока \mathcal{E} количество смежных с ним блоков, в которые траектории точек блока \mathcal{E} могут переходить через общую грань.

Теорема. 1. Внутри каждого криволинейного блока разбиения (2) вдоль траекторий гладкой динамической системы (1) функции $x_j(t)$ изменяются монотонно.

2. Если стационарная точка S_0 является гиперболической, то система (1) имеет цикл, проходящий по одновалентным блокам разбиения (2) согласно стрелкам следующей кольцевой диаграмме:

$$\dots \rightarrow \{001\} \rightarrow \{011\} \rightarrow \{010\} \rightarrow \{110\} \rightarrow \{100\} \rightarrow \{101\} \rightarrow \{001\} \rightarrow \dots \quad (3)$$

Следствие. На каждом цикле системы (1) для каждой координатной функции $x_j(t)$ есть в точности одна точка максимума и одна точка минимума.

Отметим, что для системы (1) блоки $\{000\}$ и $\{111\}$ имеют валентность три, и циклы системы (1) через эти два блока проходить не могут.

Ранее в [1; 2] были построены разбиения (дискретизации) фазовых портретов вида Q^3 , плоскостями $x_1 = x_1^0$, $x_1 = x_2^0$, $x_1 = x_3^0$ на мелкие параллелепипеды, которые мы будем обозначать так: $[\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3]$ и, как и выше, называть блоками. Для таких разбиений справедлив второй пункт теоремы: цикл гладкой динамической системы (1) пробегает по блокам диаграммы

$$\dots \rightarrow [001] \rightarrow [011] \rightarrow [010] \rightarrow [110] \rightarrow [100] \rightarrow [101] \rightarrow [001] \rightarrow \dots$$

согласно её стрелкам. Однако внутри каждого из одновалентных блоков $[\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3]$ монотонно изменяется только одна координатная функция $x_j(t)$ из трёх. Это затрудняет описание фазового портрета системы (1), в частности контроль знаков вторых производных этих функций, а также проверку монотонности отображения Пуанкаре, установленную в [3; 4] для кусочно-линейных моделей генных сетей, подобных системе (1). Разбиения фазовых портретов на прямоугольные блоки строились в [1–4] и для многомерных аналогов области Q^3 . Криволинейные разбиения вида (2) фазовых портретов представляются более удобными, так как ука-

занное выше Следствие доказывается и для многомерных динамических систем, моделирующих функционирование кольцевых генных сетей.

Литература

1. *Glass L, Pasternack J.S.* Stable oscillations in mathematical models of biological control systems // *Journal of Mathematical Biology.* – 1978. – Vol. 6. – P. 207–223.
2. *Golubyatnikov V.P., Kirillova N.E.* On cycles in models of functioning of circular gene networks // *Journal of Mathematical Sciences.* – 2020. – Vol. 246, № 6. – P. 779–787.
3. *Golubyatnikov V.P., Ivanov V.V.* Cycles in odd-dimensional models of circular gene networks // *Journal of Applied and Industrial Mathematics.* – 2018. – Vol. 12, № 4. – P. 648–657.
4. *Golubyatnikov V.P., Minushkina L.S.* Monotonicity of the Poincaré mapping in some models of circular gene networks // *Journal of Applied and Industrial Mathematics.* – 2019. – Vol. 13, № 3. – P. 472–479.

Л.С. Минушкина

*Новосибирский государственный университет,
г. Новосибирск, Россия*

ИНВАРИАНТНЫЕ МНОГООБРАЗИЯ В МОДЕЛИ КОЛЬЦЕВОЙ ГЕННОЙ СЕТИ*

Рассматривается несимметричная шестимерная динамическая система, моделирующая функционирование кольцевой генной сети с отрицательными и положительными обратными связями, описанными монотонно убывающими функциями L_j и монотонно возрастающими функциями Γ_j соответственно:

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

Ступенчатые функции L_j и Γ_j заданы соотношениями

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

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

Траектории данной системы содержатся в положительно инвариантной области $Q^6 = [0, a_j]^3 \times [0, b_j]^3$. Разобьем эту область на 64 блока, проведя гиперплоскости через точку $E = (1, 1, 1, 1, 1, 1)$, в которой описанные выше ступенчатые функции имеют разрыв первого рода.

Определение. Валентностью блока B называется число соседних с ним блоков, в которые траектория может выходить из блока B .

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.

* Работа поддержана РФФИ, грант 18-01-00057.

Ранее в [3] было установлено, что система (1) имеет цикл в области W_1 , если $a_j > 1$, $b_j > 1$. Этот цикл проходит по стрелкам диаграммы:

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

В настоящей работе исследуется фазовый портрет системы (1) в области W_5 , в которой траектории системы (1) проходят по блокам согласно диаграмме:

$$\begin{aligned} \dots \rightarrow \{111001\} \rightarrow \{011001\} \rightarrow \{011000\} \rightarrow \{011010\} \rightarrow \\ \rightarrow \{011110\} \rightarrow \{010110\} \rightarrow \{000110\} \rightarrow \{100110\} \rightarrow \\ \rightarrow \{100111\} \rightarrow \{100101\} \rightarrow \{100001\} \rightarrow \{101001\} \rightarrow \dots \end{aligned} \quad (3)$$

Рассмотрим частично симметричный случай

$$k_j = l_j = 1; a_j = a > 1, b_j = b > 1. \quad (4)$$

Система (1) имеет блочно-линейный вид, поэтому можно в явном виде построить траекторию, проходящую по блокам диаграммы (3). Такая траектория прямолинейна, а сдвиги внутренних точек граней, по которым пересекаются блоки диаграммы, являются проективными преобразованиями. Геометрические свойства преобразований сдвигов позволяют установить, что поведение траектории, содержащейся в инвариантной поверхности, не носит периодического характера.

Теорема. При выполнении условий (4) система (1) имеет двумерную кусочно-линейную инвариантную поверхность $\Sigma_5^2 \subset W_5$. Траектории точек из Σ_5^2 по спирали притягиваются к точке $E = (1,1,1,1,1)$ при $t \rightarrow +\infty$.

Литература

1. Elowitz M.B., Sprinzak D. Reconstruction of genetic circuits // Nature. – 2005. – Vol. 438. – P. 443–448.
2. Аюпова Н.Б., Голубятников В.П., Казанцев М.В. О существовании цикла в одной несимметричной модели молекулярного репрессилатора // Сибирский журнал вычислительной математики. – 2017. – Т. 20, № 2. – С.121–129.
3. 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.

**R. Clark¹, S. Callejas¹, L. Medina¹,
D. Robinson¹, N. Torres¹, V. Kreinovich¹, M. Zakharevich²**

¹ *University of Texas at El Paso, El Paso, Texas, USA*

² *SeeCure Systems, Inc., San Jose, California, USA*

ARE PRACTICAL NP-HARD PROBLEMS REALLY HARD?

Many practical problems are NP-hard. In most practical problems, we need to select the best possible alternative.

Each possible alternative can be described by the values of the corresponding parameters. The relative quality of different alternatives can be described by an objective function. In these terms, finding the best possible alternative means finding the values of the parameters for which the objective function attains the largest possible value – i.e., attains its global maximum.

Such global optimization problems are, in general, NP-hard – which means that unless $P = NP$ (which most computer scientists do not believe to be possible), no feasible algorithm is possible that would solve all particular cases of this problem.

NP-hardness was also proven for many specific classes of optimization problems. In this sense, many practical problems are NP-hard.

But are these problems really hard? Sometimes, practical problems are indeed hard to solve, but in many cases, they are reasonably easily solved. How can we explain this seeming contradiction between the theoretical result – that everything is hard – and the practical observation – that most problems are feasibly solvable?

Our explanation: idea. The usual definitions underlying the notion of NP-hardness implicitly assume that we solve the problem “from scratch”: we have the formulation of the problem, we know nothing else, and we need to come up with a solution.

Such situations really happen, especially when we go into the unknown – when we plan a spaceflight into an area that has not yet been explored, when we design a completely new type of device, etc.

However, such “from scratch” situations are rare. For example, in control, the situation usually changes gradually, so by the time we need a control decision, we have, at our disposal, optimal or close-to-optimal solutions to very similar optimization problems that we have solved in the past. In such situations, we do not need to start from scratch: we can start with the previous solution and modify it a little bit.

Let us show that this indeed explains why many practical problems are feasible.

An important fact that we use in our explanation. An important fact that we will use in our explanation is that in almost all cases – almost all in some reasonable sense – the global maximum is attained at exactly one location.

This fact is, actually, a technically complex result using different probability distributions on the class of all objective functions. However, as we will show, this result also has a commonsense explanation that does not require us to deal with not-very-intuitive technical details of the corresponding mathematics.

Commonsense explanation of the above important fact. Let D denote the domain on which the objective function $f(x)$ is defined. Let us divide this domain into two disjoint parts D_1 and D_2 . Let m_1 and m_2 denote the maxima of the objective function $f(x)$ on each of these domains. From the purely mathematical viewpoint, it is possible that these maxima are equal. However, from the commonsense viewpoint, the probability that the two values corresponding to two different subdomains should be equal is zero – e.g., if we measure the heights of two different mountains, it would be improbable that we end up with exactly the same number. Maybe we will get close numbers, but more accurate measurements will show the difference.

We can thus dismiss such improbable cases when the objective function attains the exact same maximum on two different subdomains. In this case, if we have a location x_M at which $f(x)$ attains its

global maximum M , and we divide the domain D into two parts one of which contains this location, the maximum on the remaining part should be different from M – and thus, smaller than M .

This indeed implies that the maximum is attained in only one location.

Explanation continues. The objective function corresponding to the next moment of time is close to the objective function corresponding to the previous moment of time – for which we already know the solution.

The closer the moments of time, the closer the objective functions. It is possible to show that if a new function $g(x)$ is sufficiently close to the function $f(x)$ that attains its global maximum at a single point x_M , then the global maximum of $g(x)$ will also be attained close to x_M .

It is known that for smooth objective functions – and objective functions are usually smooth – finding the maximum in a small vicinity of a point is a feasible task.

Conclusion. Thus, we have indeed explained why many practical problems are indeed feasible.

А.С. Гришков, А.М. Ерёмин, П.В. Захаров, Р.С. Вдовин

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

ЛИНЕЙНО-ЗАМЕДЛЕННОЕ ДИССИПАТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ В ПОТЕНЦИАЛЬНОМ ПОЛЕ ПРИ СЛАБОМ СОПРОТИВЛЕНИИ СРЕДЫ

Рассмотрим движение материальной точки массы m в однородной диссипативной среде с коэффициентом сопротивления α , оказывающей линейное по скорости сопротивление в поле с потенциалом $U(x)$. Одномерное движение данной диссипативной системы (ДС) описывается уравнением

$$m\ddot{x} + \alpha\dot{x} = -\frac{dU(x)}{dx}. \quad (1)$$

Подстановка $\dot{x} = v(x)$ приводит (1) к уравнению

$$mv(x)\frac{dv(x)}{dx} + \alpha v(x) = -\frac{dU(x)}{dx}. \quad (2)$$

(2) – дифференциальное уравнение Абеля второго рода, неинтегрируемое при произвольной правой части [2, с. 37].

Структура первого слагаемого (2) позволяет перейти от дифференцирования скорости $v(x)$ к дифференцированию кинетической энергии ДС $T(x) = \frac{mv^2(x)}{2}$, а с помощью теоремы об изменении полной механической энергии (2) приводится к уравнению

$$\frac{dA(x)}{dx} - \gamma\sqrt{K(x) - A(x)} = 0, \quad (3)$$

где $A(x)$ – абсолютная величина работы диссипативной силы, $\gamma = \alpha\sqrt{\frac{2}{m}}$. Здесь функция $K(x) = E_0 - U(x)$ есть кинетическая энергия т. н. связанной консервативной системы (СКС), т. е. системы, имеющей те же значения массы, начальной скорости и координаты, что и ДС, но движущейся так, как если бы сопротивление отсутствовало (E_0 – начальное значение полной энергии

ДС). Структура уравнения (3) приводит нас к идее определения диссипативного движения посредством сравнения его со связанным консервативным движением, как и в работе [3, с. 76].

В случае слабого сопротивления ($A(x) \ll K(x)$) разложение радикала в (3) в ряд Тейлора по степеням $A(x)$ и отбрасывание всех членов разложения порядка малости выше первого даёт линейное относительно $A(x)$ дифференциальное уравнение:

$$\frac{dA(x)}{dx} + \frac{\gamma}{2\sqrt{K(x)}}A(x) - \gamma\sqrt{K(x)} = 0, \quad (4)$$

интегрируя которое в пределах $[x_0, x]$, получаем соотношение

$$A(x) = \gamma \exp\left(-\frac{\gamma}{2} \int_{x_0}^x \frac{dx}{\sqrt{K(x)}}\right) \left(\int_{x_0}^x \sqrt{K(x)} \exp\left(\frac{\gamma}{2} \int_{x_0}^x \frac{dx}{\sqrt{K(x)}}\right) dx \right). \quad (5)$$

Функция (5) для рассматриваемого случая слабого сопротивления решает поставленную задачу в общем виде при произвольном потенциале поля $U(x)$.

Проанализируем фигурирующее в (5) выражение $\frac{\gamma}{2} \int_{x_0}^x \frac{dx}{\sqrt{K(x)}}$. Произведём элементарные преобразования:

$$\frac{\gamma}{2} \int_{x_0}^x \frac{dx}{\sqrt{K(x)}} = \frac{\alpha}{2} \sqrt{\frac{2}{m}} \int_{x_0}^x \frac{dx}{\sqrt{E_0 - U(x)}} = \frac{\alpha}{m} \sqrt{\frac{m}{2}} \int_{x_0}^x \frac{dx}{\sqrt{E_0 - U(x)}}$$

Но $\tau(x) = \sqrt{\frac{m}{2}} \int_{x_0}^x \frac{dx}{\sqrt{E_0 - U(x)}}$, как известно [1, с. 39], есть время, за которое преодолевает расстояние $|x - x_0|$ консервативная система, движущаяся в поле с потенциалом $U(x)$, т. е., в принятой нами терминологии – СКС. Таким образом, определяющая диссипативное движение величина, $A(x)$ по крайней мере, для рассматриваемого случая слабого сопротивления оказывается, выражена посредством функций $K(x)$ и $\tau(x)$, характеризующих движение связанной консервативной системы, как и в работе [3, с. 82].

Литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: учеб. пособие. – Т. I. Механика. – 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.* Одномерное движение под действием потенциальной силы в однородной диссипативной среде // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сборник трудов международной научной конференции. – Воронеж: Изд-во «Научно-исследовательские публикации», 2020. – С. 75–82.

И.А. Панкратов^{1,2}

¹ *Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, г. Саратов, Россия*

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

О ПРИБЛИЖЁННОМ РЕШЕНИИ КВАТЕРНИОННЫХ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА*

В кватернионной постановке рассмотрена задача математического моделирования движения космического аппарата (КА) по эллиптической орбите под действием постоянного по модулю управления. Управление (вектор ускорения от реактивной тяги) направлено ортогонально плоскости орбиты КА. Движение центра масс КА описано с помощью кватернионного дифференциального уравнения ориентации орбитальной системы координат [1; 2]. В случае, когда управление есть произвольная функция, аналитическое решение этого уравнения не найдено. Известны лишь некоторые частные решения этой задачи (см. работы [3–5]). При этом оптимальное по Понтрягину [6] управление, соответствующее задаче быстродействия и задаче минимизации затрат характеристической скорости, сохраняет постоянное значение на смежных участках активного движения КА [7].

В работе построено приближённое аналитическое решение вышеуказанного кватернионного дифференциального уравнения в виде разложения по системе линейно независимых базисных функций. Неизвестные кватернионные коэффициенты этого разложения были найдены методом поточечной коллокации [8]. Рассматриваемое уравнение допускает аналитическое решение для случая, когда орбита КА является круговой [9; 10]. Это позволило упростить вид разложения по системе базисных функций. Построена система линейных алгебраических уравнений относи-

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

тельно искомым кватернионных коэффициентов (компоненты матрицы жёсткости и столбца свободных членов также являются кватернионами). Для проведения численного моделирования движения КА была составлена программа на языке Python. Показано, что результаты расчётов по аналитическим формулам, полученным в работе, согласуются с результатами численного решения задачи Коши методом Рунге-Кутты [11] 4-го порядка точности. Составлены таблицы погрешности определения положения КА для случаев, когда в качестве базисных функции были взяты полиномы и тригонометрические функции.

Даны примеры численного решения задачи для случая, когда начальная ориентация орбитальной системы координат соответствует ориентации орбиты одного из спутников орбитальной группировки ГЛОНАСС. Построены графики изменения компонент кватерниона погрешности определения ориентации орбитальной системы координат. Проведён анализ полученных решений. Установлены особенности и закономерности процесса движения КА по эллиптической орбите. В частности, при увеличении количества базисных функций уменьшается погрешность. Также в отличие от результатов работы [12] удалось в десять раз увеличить максимальное значение эксцентриситета орбиты КА (эксцентриситет не обязательно должен быть малой величиной).

Литература

1. *Челноков Ю.Н.* Применение кватернионов в теории орбитального движения искусственного спутника. I // *Космические исследования.* – 1992. – Т. 30, вып. 6. – С. 759–770.
2. *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.
3. *Бранец В.Н., Шмыглевский И.П.* Применение кватернионов в задачах ориентации твердого тела. – М.: Наука, 1973. – 320 с.
4. *Зубов В.И.* Аналитическая динамика гироскопических систем. – Л.: Судостроение, 1970.
5. *Молоденков А.В.* К решению задачи Дарбу // *Изв. РАН. Механика твердого тела.* – 2007. – № 2. – С. 3–13.

6. *Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкrellидзе Р.В., Мищенко Е.Ф.* Математическая теория оптимальных процессов. – М.: Наука, 1983.
7. *Челноков Ю.Н.* Оптимальная переориентация орбиты космического аппарата посредством реактивной тяги, ортогональной плоскости орбиты // Прикладная математика и механика. – 2012. – Т. 76, вып. 6. – С. 895–912.
8. *Коннор Дж., Бреббиа К.* Метод конечных элементов в механике жидкости. – Л.: Судостроение, 1979.
9. *Челноков Ю.Н.* Об определении ориентации объекта в параметрах Родрига-Гамильтона по его угловой скорости // Изв. АН СССР. Механика твердого тела. – 1977. – № 3. – С. 11–20.
10. *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.
11. *Моисеев Н.Н.* Численные методы в теории оптимальных систем. – М.: Наука, 1971.
12. *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.

Б.К. Нартов*Омский филиал Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН,
г. Омск, Россия***К АЛГОРИТМАМ ОПТИМИЗАЦИИ НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ
УПРАВЛЯЕМЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ***

Рассмотрим следующую гладкую неавтономную динамическую систему:

$$\dot{P}_i(t) = f_i(\bar{P}(t), \bar{a}(t), \bar{x}(t)) \cdot \varphi(x_i(t), t), i = \overline{1, N}, \quad (1)$$

где f_i – функция, непрерывно дифференцируемая на интервале управления $(0, T)$; $\bar{P}(t) = (P_1(t), \dots, P_N(t))$ – вектор состояния; $\bar{a}(t)$ – заданные на $(0, T)$ процессы – например, заданные движения группы неуправляемых подвижных объектов; $\bar{x}(t) = (x_1(t), \dots, x_N(t))$ – вектор управления – например, движения управляемой группы подвижных объектов; $\varphi(x, t)$ – распределенный в области управления фактор.

Не оговаривая ограничений на управления, запишем для заданных начальных условий системы (1) задачу:

$$J(\bar{P}(t)) \rightarrow \inf, \quad (2)$$

где J – непрерывно дифференцируема по $P_1(t), \dots, P_N(t)$.

Рассмотрим ([1]) следующее расширение исходной системы (1):

$$\begin{aligned} \dot{P}_i(t) = f_i(\bar{P}(t), \bar{a}(t), \bar{x}(t)) \cdot \varphi(x_i(t), t) - U_i(t)P_i(t) + \\ + \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N U_k(t)P_k(t), i = \overline{1, N}, \end{aligned} \quad (3)$$

* Аналитический раздел работы выполнен при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проекты № 18-08-01284, № 18-07-00526. Имитационное моделирование и верификация аналитических результатов работы выполнены при поддержке программы фундаментальных научных исследований СО РАН № I.5.1., проект № 0314-2019-0020.

где $(U_1(t), \dots, U_N(t))$ – вектор управления коммутатором фиктивных потоков, связывающим модули вектора состояния $\bar{P}(t)$; $U_1(0), \dots, U_N(0)$ – заданы.

Для системы (3) сохраняем исходную задачу (2):

$$J(\bar{P}(t)) \rightarrow \inf. \quad (4)$$

Рассмотрим далее следующую задачу, обратную исходной задаче (1), (2):

$$\dot{P}_i(t) = -f_i(\bar{P}(t), \bar{a}(T-t), \bar{x}(t)) \cdot \varphi(x_i(t), T-t), \quad (5)$$

$$J(\bar{P}(t)) \rightarrow \sup. \quad (6)$$

Задача (5), (6) отличается от исходной задачи следующим:

1) обращением знаков правых частей исходной системы дифференциальных уравнений;

2) обращением заданных процессов – например, движений неуправляемой группы подвижных объектов;

3) обращением функции, описывающей изменение распределенных в области управления факторов;

4) обращением знака функционала качества.

Для вычисления оптимальной пары $(\bar{x}(0), \bar{P}(0))$ исходной задачи (1), (2) – при сохранении исходной суммы модулей составляющих вектора состояния – реализуем далее последовательность чередующихся решений задачи (3), (4) и задачи (5), (6), используя в качестве начальных условий задачи (5), (6) конечные значения задачи (3), (4). При этом значения $U_1(t), \dots, U_N(t)$ из задачи (3), (4) мажорируются функцией, зависящей от параметров задачи, а конечные значения $P_1(T), \dots, P_N(T)$ корректируются специальным алгоритмом, восстанавливающим исходное значение

$$\sum_{i=1}^N P_i(0).$$

(В моделях управления конфликтом подвижных объектов в системе (3) расширятся лишь уравнения для объектов управляемой группы, а векторы $\bar{a}(t)$ и $\bar{a}(T-t)$ в исходной и вспомогательных задачах описывают заданные и обращенные движения неуправляемой группы объектов.)

Представленный подход проработан до схемы реализующего алгоритма, частично верифицированного с помощью программы [2].

Литература

1. *Мурзин Ф.А., Нартов Б.К.* Проблемы траекторного управления. Формализация, отслеживание, параллельные вычисления. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2018. – 90 с.
2. *Нартов Б.К., Полуянов А.Н.* Программа для ЭВМ «Моделирование запаздываний, колебаний и резонансов в задачах замкнутого обмена ресурсами» – RU 2018665696.

Д.Р. Зарипов, М.А. Верхотуров

*Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия*

ОБ ОСНОВНЫХ УСЛОВИЯХ ПРЕДШЕСТВОВАНИЯ ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ ПУТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ РАСКРОЕ ПЛОСКОГО ЛИСТОВОГО МАТЕРИАЛА

Одним из наиболее важных этапов фигурного раскроя листов является построение корректного пути, который проходит режущий инструмент (лазерный, газовый, плазменный, гидроабразивный и т. д.) [1]. Для обеспечения корректности маршрута необходимо учитывать условия предшествования, соблюдение которых является фактически обязательным при использовании режущих станков с ЧПУ различных типов [2]. Рассмотрим математическую модель, учитывающую данные ограничения и предложим метод решения.

Дано:

R – прямоугольная область, ограничивающая раскраиваемый лист;

n – количество заготовок для резки;

W – множество контуров, доступных для резки;

$\{D_i\}$ – заготовки на листовом материале для резки, где $i = 1 \dots n$ – номер заготовки;

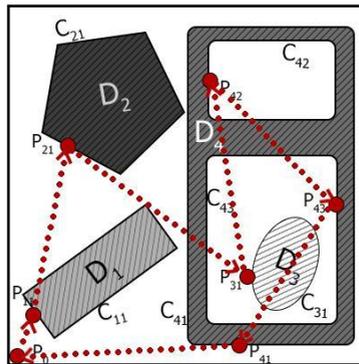
$\{C_{ij}\}$ – контуры заготовок для резки, где $i = \overline{1, n}$ – номер заготовки, которой принадлежит данный контур; $j = \overline{1, m_i}$ – номер контура ($m_i \geq 1$ – количество внутренних и внешних контуров заготовки. Если $j = 1$ то контур заготовки внешний, в противном случае – внутренний);

$IN_{C_{ij}}$ – множество всех заготовок, находящихся внутри контура C_{ij} ($j > 1$);

IN_{D_k} – множество всех контуров, составляющих заготовку D_k ;

P_0 – начальное (и конечное) положение режущего инструмента;

$\{P_{ij}\}$ – точки врезки в контуры заготовок на листовом материале, где $i = \overline{1, n}$ – номер заготовки, $j = \overline{1, m_i}$ – номер контура заготовки.



Карта раскроя

Найти:

$$S(P_0, \dots, P_{ij}, \dots, P_0),$$

где $S(P_{ij})$ – маршрут режущего инструмента по точкам врезки P_{ij} , удовлетворяющий следующим условиям предшествования:

Пусть Q_{ij} – порядковый номер осуществления резки контура C_{ij} :

$$\forall C_{ij} \exists! Q_{ij} : Q_{ij} \in Z, Q_{ij} \geq 0$$

При переходе от контура C_{ij} к контуру C_{kl} : $Q_{kl} - Q_{ij} = 1$

Условие 1:

При резке какой-либо заготовки, перед тем, как вырезать ее внешний контур, необходимо сначала вырезать все ее внутренние контуры:

$$\forall C_{kb} : b > 1 \exists! Q_{kb} : Q_{kb} < Q_{k1}$$

Условие 2:

При резке какого-либо внутреннего контура заготовки необходимо убедиться, что он либо не содержит вложенных заготовок, либо все вложенные заготовки вырезаны:

$$\forall C_{k1} : D_k \in IN_{Cil}, l \in (1; m_i] \exists! Q_{k1} : Q_{k1} < Q_{il}.$$

Разработанный метод решения предполагает осуществление следующих действий:

1. Формирование множества доступных для резки контуров (W), то есть контуров, которые к данному моменту времени не являются вырезанными и удовлетворяют ограничениям 1 и 2;
2. Выбор очередного контура из сформированного множества W , осуществляемый в зависимости от поставленных требований;
3. Обработка выбранного контура и обновление множества доступных для резки контуров: после резки очередного контура, необходимо удалить его из множества W и, если возможно, добавить во множество W контуры, ставшие доступными для резки.

В данной работе было представлено математическое описание задачи построения пути режущего инструмента при фигурном раскрое плоского материала с учетом условий предшествования, которые накладываются на последовательность обработки внешних и внутренних контуров заготовок. Также рассмотрены основные этапы метода решения данной задачи.

Литература

1. *Верхотуров М.А.* Задача нерегулярного раскроя фигурных заготовок: оптимизация размещения и пути режущего инструмента // Вестник УГАТУ. – 2007. – Т. 9, № 2 (20). – С. 106–118.
2. *Петунин А.А., Таваева А.Ф.* Об оптимизации маршрута инструмента для машин фигурной листовой резки с ЧПУ при условии непостоянства скорости рабочего хода. // Фундаментальные исследования: науч. журнал. – 2015. – № 6-1. – С. 56–62.

РАСЧЕТ КУПОЛА РАВНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Оболочки имеют широкое применение во всех отраслях хозяйственной деятельности, в строительстве, при возведении самых разнообразных промышленных, сельскохозяйственных и гражданских объектов. Например, различного рода резервуары представляют собой оболочные конструкции [1]. Обусловлена эта распространённость высокой прочностью оболочек и экономической выгодой. При различных очертаниях и конструктивных формах они позволяют обеспечить наименьший расход материалов по сравнению с другими конструкциями.

Форма оболочки (далее купола), напряжения во всех сечениях которого одинаковы, называется куполом равного сопротивления.

Форма купола равного сопротивления описывается тремя уравнениями:

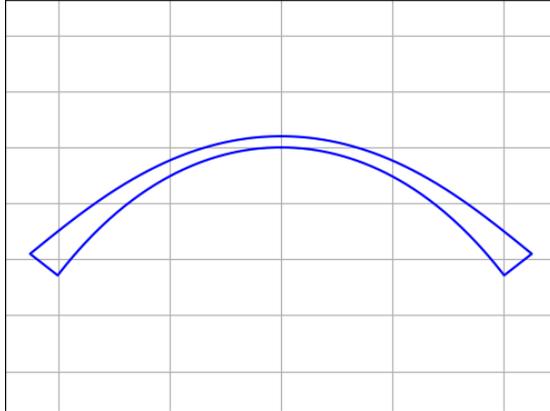
$$\frac{dx_1}{d\theta} = \frac{-x_1}{\operatorname{tg} \theta - x_1}, z_1 = \int_0^\theta \frac{dx_1}{d\theta} \operatorname{tg} \theta d\theta, \quad (1)$$

$$h(z_1) = h_0 e^{z_1}, \quad (2)$$

где x_1 и z_1 – относительные координаты меридиана купола, h_0 – толщина купола в верхней точке, а $h(z_1)$ – утолщение оболочки в точке z_1 [2].

Дифференциальное уравнение (1)₁ устанавливает зависимость между координатой x_1 и углом θ . Будем решать это дифференциальное уравнение численным методом при начальных условиях $\theta = 0$ и $x_1 = 0$. А определенный интеграл (1)₂ также придётся вычислять численным методом, например, методом трапеций.

Для решения дифференциального уравнения (1)₁ и вычисления определенного интеграла (1)₂ была написана программа на языке Python с использованием математической библиотеки matplotlib [3]. Пример расчета купола показан на рис.



Пример расчета формы купола равного сопротивления

Чтобы решить дифференциальное уравнение (1)₁ достаточно было применить метод Рунге-Кутты 2-го порядка:

$$(x_1)_{i+1} = (x_1)_i + \frac{1}{2}(k_1 + k_2), \quad \theta_{i+1} = \theta_i + h,$$

$$k_1 = f(\theta_i, (x_1)_i),$$

$$k_2 = f(\theta_i + h, (x_1)_i + hk_1).$$

Определённый интеграл (1)₂ можно вычислить методом трапеций, т. е:

$$z_1 = \int_0^{\theta} \frac{dx_1}{d\theta} \operatorname{tg} \theta \, d\theta = h \sum_{i=1}^N \frac{f(\theta_i) + f(\theta_{i-1})}{2},$$

где $f(\theta_i) = \frac{-x_1(\theta_i)}{\operatorname{tg} \theta_i - x_1(\theta_i)} \operatorname{tg} \theta_i$, h – шаг интегрирования.

Литература

1. Ермоленко А. В., Кожгаельдиев Н. В. Графоаналитический метод расчета резервуара равного сопротивления // Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 1: Математика. Механика. Информатика. – 2020. – Вып. 2 (35). – С. 74–81.
2. Новожилов В. В., Черных К. Ф., Михайловский Е. И. Линейная теория тонких оболочек. – Л.: Политехника, 1991. – 656 с.
3. Ермоленко А. В., Осипов К. С. О применении библиотек Python для расчета пластин // Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 1: Математика. Механика. Информатика. – 2019. – Вып. 4 (33). – С. 86–95.

Е.В. Мельников

*Кубанский институт профессионального образования,
г. Краснодар, Россия*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ПРИ ЗАДАННОМ ВРЕМЕННОМ РЕСУРСЕ

При организации связи в условиях деструктивных помех (ДП) [1] первоначальная синхронизация псевдослучайных последовательностей (ПСП) всегда будет происходить при отсутствии организованных помех. Это обусловлено инерционностью средств подавления злоумышленника [2]. В связи с этим важно оценить возможность синхронизации ПСП до постановки помех злоумышленником. Процесс фазирования ПСП является случайным, поэтому время фазирования T_ϕ может характеризоваться функцией плотности распределения вероятности того, что время фазирования лежит в пределах от t до t_{don} [3]:

$$f(t) = P\{t < T_\phi \leq t_{don}\}. \quad (1)$$

Если время выделения синхроросылки на приеме обозначить как t_{cn} , а время запаздывания в канале как $t_{зк}$, то при идеальном канале, фазирование возможно за время:

$$t_c = t_{зк} + t_{cn}. \quad (2)$$

При наличии ошибок это время возрастает, причем для различных каналов и схем синхронизации по-разному [4; 5]. Оценкой систем синхронизации по времени вхождения в синхронизм может служить среднее время синхронизации \bar{t}_c , определяемое как математическое ожидание функции $f(t)$ [3]. Предположим, что ошибки в канале взаимно независимы и распределены по биномиальному закону, тогда представив поток ошибок двоичной последовательностью, в которой единицы будут соответствовать появлению ошибки, а нули – их отсутствию, среднее время синхронизации можно оценить, как время возвращения серии успехов [3]:

$$\bar{t}_e = \frac{1 - q^n}{pq^n} \quad (3)$$

где n – число успехов (длина «зачетного отрезка»); P – вероятность ошибки в канале; $q = 1 - P$.

С учетом скорости передачи (3) переписывается как [2]:

$$\bar{t}_c = \frac{1 - q^n}{pq^n U} \quad (4)$$

где U – скорость передачи в канале.

Из (3) видно, что среднее время синхронизации зависит от вероятности ошибки в канале P , скорости передачи U и длины зачетного отрезка n . Причем, при увеличении скорости передачи U , среднее время синхронизации t_c будет убывать медленнее, чем при уменьшении длины зачетного отрезка (ЗОТ) “ n ”, так как “ n ” стоит в показателе степени. Расчеты показали, что при ухудшении качества канала даже незначительное увеличение “ n ” приводит к резкому увеличению t_c . Так, например, если при $P = 10^{-2}$ и скорости передачи 50 Кбод увеличение ЗОТ от 20 до 30 увеличивает среднее время синхронизации примерно в 1,5 раза, то на каналах с $P = 10^{-1}$ при аналогичных условиях среднее время синхронизации увеличивается более чем в 3,5 раза.

Для дисперсии времени синхронизации можем записать [3]:

$$D[T_\Phi] = \frac{\sigma^2}{U^2} = \frac{1}{(pq^n U)^2} - \frac{2n+1}{pq^n U^2} - \frac{q}{(pU)^2} \quad (5)$$

Известно, что при достаточно большом периоде « N » число серий длины « n », полученных в « Z » испытаниях имеет приблизительно нормальное распределение [2]. Это относится и ко времени возвращения указанных серий, то есть и среднему времени синхронизации. Тогда, используя функцию Лапласа, можем приближенно определить вероятность правильного приема ПСП за допустимое время $t_{\text{дон}}$ как [3]:

$$P_{nn} = P\left(|T_\Phi - \bar{t}_c| < t_{\text{дон}} / 2\right) = F\left(\frac{t_{\text{дон}}}{2\sigma\sqrt{2}}\right), \quad (6)$$

где $F(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt$ – нормированная функция Лапласа; σ – среднеквадратическое отклонение времени синхронизации, как корень квадратный из дисперсии (4); $t_{\text{дон}}$ – допустимый интервал времени для вхождения в синхронизм, который определяется от момента излучения передатчика до постановки помех злоумышленником.

Тогда подставив (5) в (6) окончательно получим:

$$P_{mn} = P\left((T_{\Phi} - \bar{t}_c) < t_{\text{дон}} / 2\right) = F\left(\frac{t_{\text{дон}}}{\sqrt{\frac{8}{(Pq^n U)^2} - \frac{16n+8}{Pq^n U^2} - \frac{8q}{(PU)^2}}}\right). \quad (7)$$

Расчеты с использованием, полученных формул (4) и (7) показали, что в каналах низкого качества при $P = 10^{-1}$ с высокой вероятностью обеспечивается синхронизация ПСП за время меньшее времени инерционности средств подавления злоумышленника, а именно менее чем 1с. В частности, при $n = 30$ с вероятностью $P_{mn} = 0,999$ можно установить синхронизацию по методу ЗОТ за время равное $2,7 \cdot 10^{-2}$ или 27 мс. При увеличении ЗОТ до 50, допустимое время синхронизации $t_{\text{дон}}$ увеличивается до 210 мс, если сохранить вероятность правильной синхронизации на уровне $P_{mn} = 0,999$. То есть при увеличении ЗОТ в 1,6 раза, допустимое время синхронизации $t_{\text{дон}}$ увеличивается примерно на порядок при сохранении вероятности правильного приема на прежнем уровне.

На каналах с памятью, как показали сравнительные расчеты, следует ожидать еще большего уменьшения времени вхождения в связь. Таким образом, при первоначальном установлении связи всегда будет возможность синхронизации датчиков ПСП при отсутствии оптимизированных помех со стороны злоумышленника.

Легко заметить, что полученная формула (7) будет давать нижнюю оценку для вероятности правильного приема P_{mn} , поскольку здесь, в отличие от известных формул, вычисляется вероятность правильного приема на интервале между двумя сери-

ями успехов. Поэтому для вероятности неприема ПСП будет справедлива оценка:

$$P_H(N) \leq 1 - F(x), \quad (8)$$

$$\text{где } x = (N - 2n) \sqrt{\frac{8}{(Pq^n)^2} - \frac{16n + 8}{Pq^n} - \frac{8q}{P^2}}.$$

Анализ, полученных результатов показал, что наиболее хорошее приближение оценка (7) дает на каналах низкого качества ($P > 0,1$). То есть, если при $N = 63$ и $n = 12$ на каналах с вероятностью ошибки до $P < 0,1$ оценка (8) дает погрешность на один десятичный порядок, то при $P > 0,1$ эта погрешность убывает практически до нуля. Это показывает целесообразность использования (8) для расчетов на каналах низкого качества, то есть в системах инвариантных к ДП. Тем более, что найденная оценка имеет важное преимущество перед известными формулами, а именно: позволяет просто определять вероятность неприема ПСП (P_H) при любом как угодно большом периоде N . При этом расчеты можно выполнять даже без использования ЭВМ.

Литература

1. Целевые атаки (APT) // Fortinet Security Day: официальный сайт. URL: <https://www.anti-malware.ru/threats/target-attack>.
2. Мельников Е.В., Ажмухамедов И.М. Математическое моделирование синхронизации датчиков ПСП на каналах низкого качества // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). – 2020. – № 01(155). – С. 99–106. URL: <http://ej.kubagro.ru/2020/01/pdf/08.pdf>.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: учебник. – 11-е изд., стер. – М.: КНОРУС, 2010. – 664 с.
4. Мальцев Г.Н., Сакулина А.Н. Статистические характеристики ускоренного поиска сигналов по задержке с использованием псевдослучайных последовательностей с локально оптимальными корреляционными свойствами // Информационно-управляющие системы. – 2015. – № 4. – С. 78–86. – URL: <https://rucont.ru/efd/326428>.
5. Зинчук В.М., Смагина М.В., Гриднева Л.В. Анализ эффективности циклических процедур поиска сигналов со случайно изменяющимся во времени параметром // Труды VIII Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь», Воронеж, Россия, апрель 2002 г. – Т. 1. – С. 138–163.

М.Б. Моисеев

*Омский государственный университет путей сообщения,
г. Омск, Россия*

ОБРАТНАЯ ЗАДАЧА ТЕОРИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Электромагнитное излучение имеет крайне широкое распространение и применение. При не высоких частотах излучения существует возможность измерения как функции спектра, так и поля излучения, порождающего этот спектр. С ростом частоты излучения такая возможность исчезает. Может быть измерена лишь функция спектра.

Однако, независимо от частоты излучения существует необходимость, например, в медицине, биологии в науке, технике и других областях для заданной функции спектра излучения определить функцию поля, создающей этот спектр. Приборы, в которых реализуется такая возможность не зависящая от частоты излучения в широких пределах, существуют, например, ондуляторы [1; 2].

Возникает необходимость иметь устойчивый алгоритм, который по заданной функции спектра позволял бы определить функцию поля. Это приводит к обратной задаче теории электромагнитного излучения.

Прямая задача исследования излучения предполагает вычисление по модулю в квадрате Фурье преобразования от известной функции поля, с целью определить функцию спектра.

В решении обратной задачи теории электромагнитного излучения всё наоборот. По известной функции спектра $S(\omega)$ необходимо вычислить функцию поля, т. е. решить уравнение

$$\left| \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} E(t) \cdot e^{i\omega t} \cdot dt \right|^2 = S(\omega) \quad (1)$$

относительно функции $E(t)$.

Извлечение квадратного корня в равенстве (1), как показано в работах [3; 4], не приводит ни к какому результату. Решение данной задачи сводится к решению краевой задачи Римана, выполненной не в интегралах типа Коши, а в односторонних интегралах Фурье, заданных на действительной оси.

Левая часть равенства (1) записывается как произведение комплексной величины на комплексно-сопряженную величину.

Далее необходимо выполнить ограничения, накладываемые на краевую задачу, а именно, функция $S(\omega)$ должна удовлетворять условию Гёльдера [5]. Существенную роль играют нули функции $S(\omega)$, они приводят к разрывам первого рода коэффициента задачи Римана, которые, в свою очередь определяют функции, в классе которых отыскивается решение. Задавая класс ограниченных, физически реализуемых функций, приходим к набору условий разрешимости задачи, которые с физической точки зрения означают, что поле, выраженное ограниченной функцией $E(t)$, может создать спектр, задаваемый функцией $S(\omega)$ между её нулями.

Выполнив равенство Сохоцкого и, проведя обратные преобразования Фурье, найдем поле, которое при реализации условий разрешимости задачи создает наперед заданную функцию спектра.

Таким образом, с математической точки зрения, по известному по модулю в квадрате преобразования Фурье, которое является энергетической характеристикой какого-либо колебательного процесса определяется функция, вызвавшая этот колебательный процесс.

Литература

1. *Моисеев М.Б. и др.* Движение и излучение релятивистских электронов в ондуляторе специального вида // Изв. вузов. Физика. – 1978. – № 4. – С. 14–17.
2. *Моисеев М.Б., Никитин М.М.* Излучение релятивистского электрона при плоскостном каналировании в кристалле // Изв. вузов. Физика. – 1981. – № 3. – С. 23–26.

3. *Моисеев М.Б., Неворотов Б.К.* Формирование спектра излучения заданной формы на конечном отрезке частот // Омский научный вестник. – 2006. – № 3 (36). – С. 71–74.
4. *Моисеев М.Б., Неворотов Б.К.* Формирование спектра излучения заданной формы на конечной системе отрезков частот // Омский научный вестник. – 2006. – № 4 (38). – С. 71–74.
5. *Гахов Ф.Д.* Краевые задачи. Изд. 3-е. – М.: Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 1977. – 640 с.

А.В. Левичев

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

КЛАССИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НЕЙТРОНА НА ОСНОВЕ СПЭННОРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ КОНФОРМНОЙ ГРУППЫ

В [1] утверждалось, что имеются четыре элементарные хронометрические частицы спина $\frac{1}{2}$. Использовалось определённое (неразложимое) индуцированное представление конформной группы (с алгеброй Ли $su(2,2)$). В литературе это представление называется спэннорным (определение спэннора, т. е. искривлённого спинора, было дано в Хронометрии Сигала). Исходя из этого же самого представления (но используя другую, нежели в [1], параллелизацию), в [2] было доказано, что имеются лишь три такие частицы.

В [2] эти хронометрические фермионы были интерпретированы как протон, электронное нейтрино и электрон. Математически эти частицы соответствуют факторам композиционного ряда и трём пространствам неприводимых унитарных представлений: F_p , F_ν и F_e . Автор данных тезисов предлагает интерпретировать пространство F_ν как совокупность (всех возможных) волновых функций (электронного) анти-нейтрино. Получается альтернативный, по сравнению с имеющимся в Стандартной Модели, состав нейтрона. Именно, вместо нейтрона, составленного из кварков (двух d и одного u), он теперь представим как состоящий из протона, анти-нейтрино и электрона. Т.е., именно из тех частиц, на которые он распадается. Тем самым, предьявлено новое математическое обоснование гипотезы А.О. Барута [3].

Литература

1. *Segal I.E.* Is the cygnet the quintessential baryon? // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 1991. – Vol. 88. – P. 994–998.

2. *Jakobsen H.P., Levichev A.V.* The representation of $SU(2,2)$ which is interpreted as describing chronometric fermions (proton, neutrino, and electron) in terms of a single composition series // *Physics of Elementary Particles and Atomic Nuclei, Letters*. – 2020. Submitted.
3. *Barut A.O.* A return to 1932: proton, electron and neutrino as true elementary constituents of leptons, hadrons and nuclei // *Quantum Theory and the Structures of Time and Space*. – Munich: Carl Hanser Press, 1981. – Vol. 4. – P. 152–163.

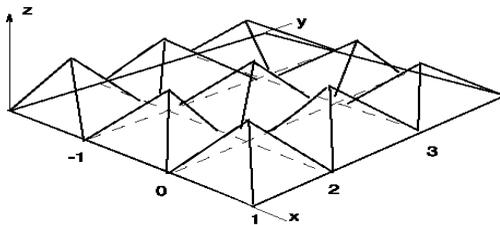
А.К. Гуц

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

ОПИСАНИЕ РАСПАДА ПРОСТРАНСТВА НА «АТОМЫ ПРОСТРАНСТВА»

Мы покажем каким-образом можно математически смоделировать распад пространства на бесконечное число несвязных друг с другом кусочков, т. е. на «атомы пространства». В какой-то мере этот процесс отвечает полной потери сцепленности (запутанности) частей бесконечно удаленной конформной границы пространства (балка) в теории голографической вселенной.

1. «Исчезновение» плоскости. Прежде всего разорвем на «атомы» плоскость. Для описания изменения топологии плоскости \mathbb{R}^2 , ведущей к потере связности и распада плоскости на квадраты с целочисленными координатами вершин (k, m) , $k, m \in \mathbb{Z}$ квадратов, по аналогии с предыдущим параграфом вводим семейство функция $z = f_t(x, y)$, причем при $t < 1$ $f_t(x, y) \in C^\infty$, $f_0(x, y) \equiv 1$, $0 < f_t(x, y) \leq 1$, $f_t\left(\frac{k}{3}, \frac{m}{2}\right) = 1$, $f_t(x, y) > f_{t'}(x, y)$ ($t < t'$), $f_1(x, y) < f_t(x, y)$, $\lim_{t \rightarrow 1-0} f_t(x, y) = f_1(x, y)$ и функция $f_1(x, y)$ показана на рис.



Функция $f_1(x, y)$

Мы видим, что функция $f_1(x, y)$ теряет гладкость на прямых $x = k$ и $y = m$, по которым будем разрывать плоскость.

Точки (a, b) и (c, d) считаем эквивалентными, если $a = c = k/2$ и $b = d = m/2$. Если этот случай не имеет места, то $(a, b), (c, d) \in \mathbb{R}^2$ назовем t -эквивалентными, если

$$1) a = b, c = d;$$

$$2) f_t(a, b) = f_t(c, d);$$

$$3) \lim_{\substack{x \rightarrow a-0 \\ y \rightarrow b-0}} \frac{\partial f_t}{\partial x}(x, y) = \lim_{\substack{x \rightarrow c+0 \\ y \rightarrow d+0}} \frac{\partial f_t}{\partial x}(x, y),$$

$$\lim_{\substack{x \rightarrow a-0 \\ y \rightarrow b-0}} \frac{\partial f_t}{\partial y}(x, y) = \lim_{\substack{x \rightarrow c+0 \\ y \rightarrow d+0}} \frac{\partial f_t}{\partial y}(x, y).$$

Профакторизуем пространство \mathbb{R}^2 по введенному отношению эквивалентности \sim_t . Получаем фактор-пространство $\Gamma_t = \mathbb{R}/\sim_t$.

Нетрудно увидеть, что это фактор-пространство Γ_t при $t < 1$ гомеоморфно плоскости \mathbb{R}^2 , а при $t = 1$ – несвязному пространству, состоящего из счетного числа компонент связности S_α , каждая из которых гомеоморфна квадрату $[0, 1] \times [0, 1]$. Другими словами, плоскость распалась на счетное объединение непересекающихся квадратов, т. е. на «атомы» пространства $S_\alpha = [k_+, (k + 1)_-]$, $k \in \mathbb{Z}$:

$$\mathbb{R}^2 \rightarrow \Gamma_1 = \bigcup_{\alpha \in \mathbb{Z}} S_\alpha.$$

2. «Исчезновение» пространства. Для описания изменения топологии плоскости \mathbb{R}^3 , ведущей к потере связности и распаду плоскости на квадраты с целочисленными координатами вершин (k, m, n) , $k, m, n \in \mathbb{Z}$ кубов, по аналогии с предыдущим параграфом вводим семейство функция $u = f_t(x, y, z)$, причем при $t < 1$ $f_t(x, y, z) \in C^\infty$, $f_0(x, y, z) \equiv 1$, $0 < f_t(x, y, z) \leq 1$, $f_t(k/3, m/2, n/2) = 1$, $f_t(x, y, z) > f_{t'}(x, y, z)$ ($t < t'$),

$f_1(x, y, z) < f_t(x, y, z)$, $\lim_{t \rightarrow 1-0} f_t(x, y, z) = f_1(x, y, z)$ и функция $u = f_1(x, y, z)$ строится по аналогии с предыдущей функцией $f_1(x, y)$. Но показать ее затруднительно, поскольку ее график выходит в 4-е измерение u . Функция $f_1(x, y, z)$ теряет гладкость на плоскостях $x = k$, $y = m$ и $z = n$, по которым будем разрывать пространство на кубы.

Точки (a, b, v) и (c, d, w) считаем эквивалентными, если $a = c = k/2$ и $b = d = m/2$ и $v = w = n/2$.

Если этот случай не имеет места, то $(a, b, v), (c, d, w) \in \mathbb{R}^2$ назовем t -эквивалентными, если

- 1) $a = b, c = d, v = w$;
- 2) $f_t(a, b, v) = f_t(c, d, w)$;
- 3) $\lim_{\substack{x \rightarrow a-0 \\ y \rightarrow b-0 \\ z \rightarrow v-0}} \frac{\partial f_t}{\partial x}(x, y, z) = \lim_{\substack{x \rightarrow c+0 \\ y \rightarrow d+0 \\ z \rightarrow w+0}} \frac{\partial f_t}{\partial x}(x, y, z),$
 $\lim_{\substack{x \rightarrow a-0 \\ y \rightarrow b-0 \\ z \rightarrow w-0}} \frac{\partial f_t}{\partial y}(x, y, z) = \lim_{\substack{x \rightarrow c+0 \\ y \rightarrow d+0 \\ z \rightarrow w+0}} \frac{\partial f_t}{\partial y}(x, y, z),$
 $\lim_{\substack{x \rightarrow a-0 \\ y \rightarrow b-0 \\ z \rightarrow v-0}} \frac{\partial f_t}{\partial z}(x, y, z) = \lim_{\substack{x \rightarrow c+0 \\ y \rightarrow d \\ z \rightarrow w+0}} \frac{\partial f_t}{\partial z}(x, y, z).$

Профакторизуем пространство \mathbb{R}^3 по введенному отношению эквивалентности \sim_t . Получаем фактор-пространство $\Gamma_t = \mathbb{R}^3 / \sim_t$. Нетрудно увидеть, что это фактор-пространство Γ_t при $t < 1$ гомеоморфно пространству \mathbb{R}^3 , а при $t = 1$ – несвязному пространству, состоящего из счетного числа компонент связности Q_α , каждая из которых гомеоморфна кубу $[0,1] \times [0,1] \times [0,1]$.

Другими словами, плоскость распалась на счетное объединение непересекающихся кубов, т. е. на «атомы» пространства Q_α :

$$\mathbb{R}^3 \rightarrow \Gamma_1 = \bigcup_{\alpha \in Z} Q_\alpha.$$

Непрерывно деформируя плоскости $x = k, y = m$ и $z = n$, мы можем привести ситуацию к разрыва пространства на деформированные кубы разной формы и размера.

А.Н. Кабанов

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

О ЦЕНТРАЛИЗАТОРАХ ГРУППЫ УНИТРЕУГОЛЬНЫХ АВТОМОРФИЗМОВ

Пусть N – конечно порожденная нильпотентная алгебра Ли над полем F с множеством свободных порождающих $\{x_1, \dots, x_n\}$.

Напомним, что любой элемент алгебры N можно представить, как линейную комбинацию элементов вида $[[[a, b], c], d], \dots]$, поэтому для краткой записи будем опускать скобки, положив

$$[[a, b], c] = abc.$$

Введем на множестве порождающих линейную упорядоченность: $x_1 < x_2 < \dots < x_n$.

Выделим в группе $\text{Aut } N$ всех автоморфизмов алгебры N подгруппу унитарных автоморфизмов U_n , порожденную автоморфизмами вида:

$$\tau_i(y_i): \begin{cases} x_i \rightarrow x_i + y_i, \\ x_j \rightarrow x_j, \quad j \neq i, \end{cases}$$

где y_i принадлежит подалгебре, порожденной x_{i+1}, \dots, x_n .

Для краткости будем записывать произвольный автоморфизм φ из U_n как

$$\varphi = (x_1 + f_1(x_2, \dots, x_n), \dots, x_i + f_i(x_{i+1}, \dots, x_n), \dots, x_n).$$

В работах автора [1–3] исследовалась структура центрального ряда группы унитарных автоморфизмов алгебр Ли. В данной работе описана структура централизаторов этой группы для нильпотентных алгебр Ли.

Напомним, что централизатором элемента φ в группе $\text{Aut } N$ называется множество $C(\varphi) = \{\psi \in \text{Aut } N \mid \varphi\psi = \psi\varphi\}$.

Рангом свободной алгебры называется мощность множества ее свободных порождающих. Рангом группы называется минимальная мощность множества образующих группы.

Теорема: Пусть φ – унитарный автоморфизм свободной конечно порожденной нильпотентной алгебры Ли ранга n . Тогда централизатор автоморфизма φ в множестве всех унитарных автоморфизмов этой алгебры имеет ранг n^2 .

Литература

1. *Кабанов А.Н.* Гиперцентральная структура группы унитарных автоморфизмов свободной метабелевой алгебры Ли // Сиб. мат. ж. – 2009. – Т. 50, № 2. – С. 329–333.
2. *Кабанов А.Н.* Центр группы унитарных автоморфизмов свободной алгебры Ли // Математические структуры и моделирование. – 2014. – № 3 (31). – С. 57–61.
3. *Кабанов А.Н.* Верхний центральный ряд группы унитарных автоморфизмов свободной алгебры Ли // Математическое и компьютерное моделирование: материалы III Международной научной конференции (Омск, 12 ноября 2015 г.). – 2015. – С. 100–102.

Секция
«Кибернетика и моделирование»

УДК 519.8: 621.316: 681.3

И.Г. Яр-Мухамедов

*Институт машиноведения и автоматики Национальной академии наук
Кыргызской республики, г. Бишкек, Кыргызская республика*

**ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ БАЛАНСОМ ФАЗ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ 0,4 КВ**

Обеспечение баланса фазных нагрузок распределительных электросетей является важным условием минимизации потерь и повышения качественных показателей электроснабжения [1]. В условиях внедрения систем автоматизации появляется возможность оперативного регулирования, в том числе, и подключений абонентов к тем или иным фазным линиям в целях минимизации токов нулевого провода [2].

Исходной информацией для оперативного управления подключениями могут служить данные систем контроля и учета электроэнергии, в составе которых имеются сведения о действующих значениях токов, потребляемых абонентами. Обозначим их следующим образом: I_{uc} ($u = \overline{1, n}$; $c = \overline{1, 3}$) – действующее значение тока абонента c участка u . В общем случае токи абонентов одного участка различны и могут вызвать разбаланс, величину которого будем оценивать величиной: $I_u = \max_c I_{uc} - \min_c I_{uc}$ ($u = \overline{1, n}$). Для указания подключений абонентов введем переменные X_{uc}^p . Здесь верхний индекс указывает на фазу, к которой подключен конкретный абонент указанного участка, если значение переменной истинно, либо не подключен, если оно

ложно. Разбаланс токов последнего межабонентского участка (J_n) будет совпадать с величиной I_u . Для всех остальных межабонентских участков фазные токи J_u^p могут быть оценены на основе межабонентского тока предыдущего участка и потребления подключенного абонента данного участка I_u^p . Модель сети представим в виде следующих ограничивающих соотношений и целевых функций:

$$I_u^p = \sum_{c=1}^3 I_{uc} X_{uc}^p, u = \overline{1, n}, p = \overline{1, 3}; \quad (1)$$

$$I_u = \max_p I_u^p - \min_p I_u^p, u = \overline{1, n}; \quad (2)$$

$$J_n^p = I_n^p, p = \overline{1, 3}; \quad (3)$$

$$J_u^p = I_u^p + J_{u+1}^p, p = \overline{1, 3}, u = \overline{1, n-1}; \quad (4)$$

$$J_u = \max_p J_u^p - \min_p J_u^p, u = \overline{1, n}; \quad (5)$$

$$\sum_{c=1}^3 X_{uc}^p = 1, u = \overline{1, n}, p = \overline{1, 3}; \quad (6)$$

$$\sum_{p=1}^3 X_{uc}^p = 1, u = \overline{1, n}, c = \overline{1, 3}; \quad (7)$$

$$X_{uc}^p \in \{0, 1\}, u = \overline{1, n}, c = \overline{1, 3}, p = \overline{1, 3}; \quad (8)$$

$$J_u \rightarrow \min, u = \overline{1, n}; \quad (9)$$

Здесь под номером (9) заданы целевые функции, смысл которых заключается в минимизации разбалансов фазных токов межабонентских участков. Условия подключения к каждой из фаз только одного абонента участка и подключения абонента только к одной из фаз заданы соотношениями (6) и (7).

Для решения задачи следует оценить возможные или допустимые разбалансы (R_u). Во-первых, для отдельных межабонентских участков ориентиром могут служить величины разбалансов соответствующих участков. Во-вторых, в качестве критических могут быть выбраны и иные значения, вытекающие из имеющихся нормативов и данных сети. В-третьих, изменяя допустимые границы, мы можем минимизировать количество требуемых переключений, если это необходимо.

Метод решения задачи может быть представлен следующей последовательностью действий.

1. Ввод данных (I_{uc}, X_{uc}^p), расчеты и проверки по формулам модели. Вычисление или задание допустимых разбалансов (R_u).

2. Выполнение для каждого из межабонентских участков, начиная с предпоследнего, если $J_u > R_u$:

- $(g, h) = \operatorname{argmax}_{p,c} \{I_{uc} X_{uc}^p \mid p = \overline{1,3}, c = \overline{1,3}, X_{uc}^p = 1\}$;
 - $(q, r) = \operatorname{argmin}_{p,c} \{I_{uc} X_{uc}^p \mid p = \overline{1,3}, c = \overline{1,3}, X_{uc}^p = 1\}$;
 - $v = \operatorname{argmax}_p \{J_{u+1}^p \mid p = \overline{1,3}\}$; $w = \operatorname{argmin}_p \{J_{u+1}^p \mid p = \overline{1,3}\}$;
 - если $g \neq w$: $X_{uh}^g = 0$; $y = \operatorname{arg}_c (X_{uc}^w = 1)$; $X_{uy}^w = 0$; $X_{uh}^w = 1$;
 - если $q \neq v$: $X_{ur}^q = 0$; $z = \operatorname{arg}_c (X_{uc}^v = 1)$; $X_{uz}^v = 0$; $X_{ur}^v = 1$;
 - если $y + z \neq 0$: $y = y \in (U \setminus \{g, q\})$; $z = z \in (U \setminus \{v, w\})$;
- $X_{uy}^z = 1$; пересчет изменений и проверки по формулам (1) – (5) и (6) – (8).

3. Вывод данных (X_{uc}^p) для формирования управляющих воздействий.

Следует отметить, что и модель, и метод решения задачи базируются на предположении, что не учитываемые в модели характеристики нагрузок и сети в целом не выходят из рекомендуемых нормативных пределов.

Литература

1. *Воротницкий В.Э.* Потери электроэнергии в электрических сетях: анализ и опыт снижения. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2008. – 104 с.
2. *Железко Ю.С., Артемьев А.В., Савченко О.В.* Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях: Руководство для практических расчетов. – М.: Изд-во НИЦЭНАС, 2004. – 280 с.

Н.Х. Гамзаева

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

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ ТВЕРДОЙ ЧАСТИЦЫ В НЕСУЩЕМ ПОТОКЕ ЖИДКОСТИ

Известно, что во многих технологических процессах в химической, пищевой, нефтехимической, микробиологической, энергетической и других отраслях промышленности важную роль играют двухфазные потоки [1]. При исследовании двухфазных потоков, содержащих твердых частиц в несущей среде, очень важно адекватно описать реальный процесс при помощи математической модели. Характер движения твердых частиц в несущем потоке является определяющим в процессах седиментации, разделении фаз, тепломассопереносе и т. д.

Рассматривается процесс одномерного стационарного движения несущего потока вязкой жидкости с плотность ρ_f в направлении оси Ox . В некотором сечении $x = 0$ в поток попадает твердая сферическая частица радиусом R и плотностью ρ_p . Предполагается, что в направлении оси Ox со стороны потока жидкости на частицу действует только сила давления жидкости F_p (сила сопротивления). Согласно второму закону Ньютона математическая модель движения частицы в несущем потоке жидкости представляется в виде

$$m_p \frac{du(t)}{dt} = F_p,$$

где $u(t)$ – скорость частицы в направлении оси Ox , $m_p = \frac{4}{3} \pi R^3 \rho_p$
– масса частицы.

Традиционно для силы давления жидкости используется формула, предложенная Ньютоном [1; 2]

$$F_p = \frac{C}{2} \pi R^2 \rho_f (V - u(t))^2,$$

где V – скорость движения потока жидкости, ρ_f – плотность жидкости, C – безразмерный коэффициент сопротивления.

Известно, что значение коэффициента сопротивления зависит от режима движения частицы, т. е. от значения критерия Рейнольдса. Для того чтобы выбрать значение коэффициента сопротивления, необходимо предварительно знать значение критерия Рейнольдса Re , в который входит искомая скорость частицы $u(t)$. В практических задачах для разрешения этой проблемы применяется недостаточно обоснованный и трудоемкий метод последовательных приближений. В связи с этим в настоящей работе для определения силы давления F_p предлагается подход, основанный на использовании полуэмпирической теории турбулентности Прандтля [3]. Согласно данному подходу, сила давления F_p предложенная к сферической частице представляется в виде

$$F_p = 4\pi R^2 \mu \frac{u(t)}{\delta} + 4\pi R^2 \rho_f l^2 \frac{u(t)}{\delta},$$

где μ – вязкость жидкости, δ – некоторое расстояние от поверхности частицы, l – длина пути перемешивания. В результате математическая модель движения твердой сферической частицы в несущем потоке вязкой жидкости представляется в виде

$$\frac{du(t)}{dt} = \frac{3\mu}{\delta R \rho_p} u(t) + \frac{3\rho_f l^2}{\delta^2 R \rho_p} u^2(t), \quad (1)$$

$$u(0) = u_0. \quad (2)$$

Построено решение задачи (1), (2) в аналитическом виде и исследованы влияния различных параметров на движение частицы в несущем потоке жидкости.

Литература

1. *Архипов В.А., Усанина А.С.* Движение частиц дисперсной фазы в несущей среде. –Томск: Изд. дом Томского государственного университета, 2014.

2. *Vodor'yanov I.S., Petrov A.G., Shunderyuk M.M.* Unsteady sedimentation of a spherical solid particle in a viscous fluid // *Fluid Dynamics*. – 2010. – Vol. 45, № 2. – P. 254–263.
3. *Прандтль Л.* Гидроаэромеханика. – М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002.

C. Blum¹, A. Ereemeev^{2,3}, Yu. Kovalenko^{2,3}

¹*Artificial Intelligence Research Institute (IIIA-CSIC), Bellaterra, Spain,*

²*Institute of Scientific Information for Social Sciences RAS, Moscow, Russia*

³*Sobolev Institute of Mathematics SB RAS, Omsk, Russia*

A SURVEY OF EVOLUTIONARY MATHEURISTICS*

Recent developments of evolutionary algorithms (EAs) for combinatorial optimization problems are often characterized by hybridization with well-known methods from the field of mathematical programming. Metaheuristics of this type are also termed *matheuristics*. In this survey, we investigate some of the most interesting approaches to employing mathematical programming in evolutionary algorithms and provide some examples of this type of hybridization.

We consider the optimized reproduction operators in evolutionary algorithms. In such operators a subproblem of the initial problem is formulated and solved exactly or approximately. Optimal recombination consists in searching the best possible offspring as a result of a binary crossover operator, which satisfies the property of gene transmitting recombination [12]. Dynamic programming, branch and cut or branch and bounds methods, and specialized enumeration techniques are successfully used for solving such subproblems in the case of permutation-based solution representation [2; 6; 8; 16; 17]. Mixed integer programming (MIP) based crossover and mutation operators have been proposed and experimentally tested on set covering problems, scheduling and supply management problems [2; 3; 9; 10; 15].

Local optimization is often used in different stages of hybrid evolutionary algorithms. Experimental results showed that neighborhoods of exponential size may be effectively applied for perturbations in EAs. For example, dynasearch, ejection chains, and assignment

* The research was supported by the Russian Science Foundation, project number 17-18-01536 (A. Ereemeev, Yu. Kovalenko). Moreover, it was supported by project CI-SUSTAIN funded by the Spanish Ministry of Science and Innovation (PID2019-104156GB-I00) (C. Blum).

type neighborhoods can be explored in polynomial time and space in some cases [1; 4; 5; 7; 11; 14].

Finally, various types of hybridizations of metaheuristics with metaheuristics (local search, large neighborhood search, ant colony optimization, beam search and others) can be found in [2; 13].

References

1. *Angel E., Bampis E., Gourves L.* A dynasearch neighborhood for the bicriteria traveling salesman problem // *Metaheuristics for Multiobjective Optimisation*. – 2004. LNEMS. – Vol. 535. – P. 153–176.
2. *Blum C., Puchinger J., Raidl G., Roli A.* Hybrid metaheuristics in combinatorial optimization: A survey // *Applied Soft Computing*. – 2011. – Vol. 11, № 6. – P. 4135–4151.
3. *Borisovsky P., Dolgui A., Ereemeev A.* Genetic algorithms for a supply management problem: MIP-recombination vs greedy decoder // *European Journal of Operational Research*. – 2009. – Vol. 195, № 3. – P. 770–779.
4. *Brandao J.* Iterated local search algorithm with ejection chains for the open vehicle routing problem with time windows // *Comp. and Ind. Eng.* – 2018. – Vol. 120. – P. 146–159.
5. *Capua R., Frota Y., Ochi L.S.* A study on exponential-size neighborhoods for the bin packing problem with conflicts // *Journal of Heuristics*. – 2018. – Vol. 24. – P. 667–695.
6. *Chicano F., Ochoa G., Whitley D., Tinos R.* Quasi-optimal recombination operator // *Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization*. – 2019. LNCS. – Vol. 11452. – P. 131–146.
7. *Ding J., Lu Z., Cheng T.C., Xu L.* A hybrid evolutionary approach for the single-machine total weighted tardiness problem // *Comp. and Ind. Eng.* – 2017. – Vol. 108. – P. 70–80.
8. *Ereemeev A., Kovalenko Y.* A memetic algorithm with optimal recombination for the asymmetric travelling salesman problem // *Memetic Comp.* – 2020. – Vol. 12. – P. 23–36.
9. *Ereemeev A.V.* A genetic algorithm with a non-binary representation for the set covering problem // *Proceedings of OR-98*. – 1999. Springer-Verlag. – P. 175–181.
10. *Ereemeev A.V., Kovalenko Y.V.* On scheduling problem with groping machines by technologies // *Diskretnyj analiz i issledovanie operacij*. – 2011. – Vol.18, № 5. – P. 54–79. (in Russian)
11. *Potvin J.Y., Naud M.A.* Tabu search with ejection chains for the vehicle routing problem with private fleet and common carrier // *Journal of the Operations Research Society*. – 2011. – Vol. 62. – P. 326–336.

12. *Radcliffe N.J.* The algebra of genetic algorithms // *Annals of Mathematics and Artificial Intelligence*. – 1994. – Vol. 10, № 4. – P. 339–384.
13. *Raidl G., Puchinger J., Blum C.* Metaheuristic hybrids // *Handbook of Metaheuristics*, 3-rd Edition. – 2019. – Vol. 12. – P. 385–418.
14. *Rego C., Gamboa D., Glover F.* Doubly-rooted stem-and-cycle ejection chain algorithm for the asymmetric traveling salesman problem // *Networks*. – 2016. – Vol. 68, № 1. – P. 23–33.
15. *Rothberg E.* An evolutionary algorithm for polishing mixed integer programming solutions // *INFORMS J. Comput.* – 2007. – Vol. 19, № 4. – P. 534–541.
16. *Tinos R., Whitley D., Ochoa G.* A new generalized partition crossover for the traveling salesman problem: Tunneling between local optima // *Evolutionary Computation*. – 2020. – Vol. 28, № 2. – P. 255–288.
17. *Yagiura M., Ibaraki T.* The use of dynamic programming in genetic algorithms for permutation problems // *Eur. J. Oper. Res.* – 1996. – Vol. 92. – P. 387–401.

K. Alvarez, V. Kreinovich

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

WHY TANIMOTO INDEX

Tanimoto index: reminder. In many practical applications, efficient algorithms use the value $r = (AB) / (A^2 + B^2 - AB)$ – or some function of this value – to describe the similarity between the vector A and B. Here, AB is a scalar (dot) product of the two vectors, and A^2 is the same as AA, i.e., the square of the vector's length. The expression r is known as *Tanimoto index*.

Formulation of the problem. Usually, the main motivation for using the Tanimoto index is that it helps solve practical problems. However, the empirical success of this index prompt a natural question: why is this expression successful – and others are not as successful?

In this paper, we will provide a possible explanation for this success.

Preliminary analysis of the problem. Once we know the ratio r, we can also compute the ratio $R = 1 / r + 1 = (A^2 + B^2) / (AB)$. Any function f(R) of the ratio R is also a function of r: $f(R) = f(1 / r + 1)$. Vice versa, since $r = 1 / (R - 1)$, every function f(r) of the ratio R is also a function of the ratio R:

$$f(r) = f(1 / (R - 1)).$$

Thus, functions of the ratio r are exactly functions of the ratio R, and usefulness of functions of r means usefulness of the functions of the ratio R.

From this viewpoint, to explain the usefulness of Tanimoto index, it is sufficient to explain the usefulness of the ratio R.

Towards an explanation: the simplest case. The simplest case is when each of the two vectors A and B has only one component. In

other words, instead of the two vectors A and B , we had two numbers a and b – e.g., the two numbers obtained in two experiments. In this case, a natural data processing idea is:

- to estimate the mean E , i.e., the average, the first order moment, as

$$E = (a + b) / 2,$$

- and to estimate the second moment as $M = (a^2 + b^2) / 2$.

Then, we can process these two values, i.e., come up with some function of E and M .

Comment. Another way to describe this situation is to consider the mean and the variance V (or the mean and the standard deviation – which is square root of V), but this is equivalent to estimating E and M , since $V = M - E^2$ and thus,

$$M = V + E^2.$$

Towards the general case. What if we have vectors A and B instead of numbers? In this case, the sum $A + B$ is also a vector, and the sum $A^2 + B^2$ is a number.

So, we need a characteristic c that depends on the sums $A + B$ and $A^2 + B^2$:

$$c = f(A + B, A^2 + B^2).$$

We want a numerical characteristic that will not change if we rotate a vector – i.e., equivalently, if we choose another basis in the corresponding space. The only characteristic of a vector that is preserved under all rotations is its length. The square of the length of the vector $A + B$ is equal to

$$(A+B)^2 = A^2 + 2AB + B^2.$$

So, a general rotation-invariant function of $A + B$ and $A^2 + B^2$ should depend on $(A + B)^2$ and $A^2 + B^2$:

$$c = f((A + B)^2, A^2 + B^2) = f(A^2 + 2AB + B^2, A^2 + B^2).$$

One can easily check that this is equivalent to $c = g(AB, A^2 + B^2)$, where we denoted $g(x, y) = f(2x + y, y)$.

Final requirement: scale-invariance. We would also like to have a value that does not change if we change the measuring unit. If we replace the original measuring unit by a new unit which is k times

smaller, then all the numerical components of both vectors A and B are multiplied by k.

For example, if we go from feet to inches, then all the numerical values of length are multiplied by $k = 12$.

Under this transformation,

- AB becomes $k^2 * (AB)$, and
- $A^2 + B^2$ becomes $k^2 * (A^2 + B^2)$.

So, invariance means that

$$g(k^2 * (AB), k^2 * (A^2 + B^2)) = g(AB, A^2 + B^2).$$

In particular, for $k^2 = 1 / (A^2 + B^2)$, we get

$$c = g(AB, A^2 + B^2) = g((AB) / (A^2 + B^2), 1) = g(1 / R, 1).$$

Conclusion. So, indeed any rotation- and scale-invariant characteristic of the two vectors which is based on the first two moments is a function of R , i.e., equivalently, a function of the Tanimoto index.

The use of the Tanimoto index is thus justified.

А.Д. Кадырмин, Н.В. Астапенко

*Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева,
г. Петропавловск, Республика Казахстан*

РАЗРАБОТКА КОМПЕТЕНТНОСТНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ИТ-СПЕЦИАЛИСТА

В современном веке развития интернет технологии, программирования и образовательных услуг наиболее важной становится проблема целенаправленной подготовки будущих специалистов. Благоприятными предпосылками для создания накопленного опыта являются формализация процесса оценки образовательных услуг и многофакторный анализ. Однако, наиболее востребованными задачами являются анализ и управление процессом образования в совокупности с потребностью предприятий. Актуальной стала проблема качества оценивания подготовки ИТ-специалистов и моделирования услуг образования.

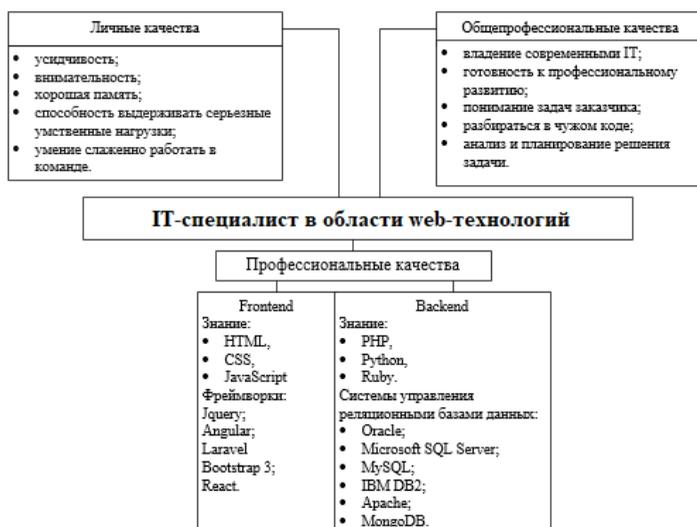
За последние несколько лет характеристики качества трудовых ресурсов сильно возросли: значительно возрос образовательный потенциал трудоспособного населения; в образовательной структуре выросла доля более высоких ступеней образования. С другой стороны, участие предпринимательских и государственных структур, организаций региона и предприятий в процессе обучения ИТ-специализации в вузе, начиная с начальных этапов подготовки, придает большое влияние на своевременность адаптации к конъюнктуре рынка труда структуры и содержания образовательного процесса. Согласование с интересами работодателей предоставляемых образовательных услуг позволит повысить социально-профессиональную адаптацию выпускников и студентов вузов к постоянно изменяющимся тенденциям рынка труда.

Таким образом, актуальной является задача создания информационной модели ИТ-специалиста с учетом процессом подготовки специалистов и рынка труда, особенно в области web-технологий и программирования.

С целью выявления компетенций специалистов в области web-технологий, востребованных на рынке труда в Республике Казахстан, были проанализированы требования работодателей, представленные на сайте headhunter. Анализ представленных вакансий показал, что специалисты в области проектирования, создания и сопровождения web-сайтов востребованы в различных отраслях. К таким отраслям относятся: информационные технологии, телекоммуникационные услуги, консалтинговые услуги, интернет-торговля, производство, туризм, банки, образование [1; 2].

В результате проведенного исследования были систематизированы требования к специалистам в области web-технологий. Наиболее востребованными языками программирования являются: HTML, PHP, CSS и JavaScript. Среди фреймворков в основном востребованы: jquery, angular. Также были выявлены СУБД, наиболее востребованные в области web на рынке труда: MySQL и PostgreSQL. Неплохим плюсом является владением распределенной системой управления версиями GIT [1].

Исходя из полученных данных сформирована информационная модель специалиста в области web-технологий и программирования, представленная на рис.



Модель IT-специалиста в области web-технологий

Таким образом, разработана информационная модель, в которой определены следующие компетенции: личные качества, относящиеся к самой личности; общепрофессиональные качества, что присуще смежным областям; профессиональные качества, указывающие специализированные требования к IT-специалисту данной области.

Литература

1. *Слугина Н.Л., Трофимов М.В.* Повышение уровня подготовки специалистов в области web-программирования с учетом потребностей рынка труда // *Современные проблемы науки и образования.* – 2013. – № 3.
2. *Дудина И.П., Ярыгин А.Н.* Образовательная модель IT-специалиста // *Вектор науки ТГУ.* – 2012. – Т. 3, № 21. – С. 231–234.
3. *Кадырмин А.Д.* Обзор требований работодателей в области веб-технологии и программирования // *Материалы международной научно-практической онлайн-конференции «Молодежь и наука-2020».* – 2020. – № 3. – С. 160–163.

М.А. Лобурец, А.Г. Масловская

Амурский государственный университет, г. Благовещенск, Россия

**КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
СТАЦИОНАРНОЙ ЗАРЯДКИ ПОЛЯРНЫХ ДИЭЛЕКТРИКОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНСТРУМЕНТАРИЯ
COMSOL MULTIPHYSICS**

В междисциплинарных исследованиях особое место занимают процессы типа «конвекция-реакция-диффузия». К указанному классу математических моделей можно отнести диффузионно-дрейфовую модель процесса зарядки диэлектриков в неравновесных внешних условиях. В данной модели рассматривается «дрейф» носителей заряда, представляющий некоторый аналог процессов конвекции или адвекции, представленных в других приложениях. Одной из частных задач является развитие диффузионно-дрейфового подхода для моделирования процесса зарядки полярных диэлектриков, индуцированного электронным облучением. В серии авторских работ [1–3] представлены результаты разработки средств и методов моделирования динамических процессов зарядки в сегнетоэлектриках с учетом собственной радиационной-стимулированной проводимости. Однако, если облучение материала поддерживается достаточно длительное время, в практике электронного зондирования будет реализован стационарный режим. В связи с чем, целью настоящей работы является компьютерное моделирование процессов стационарной зарядки полярных диэлектриков с использованием системы конечно-элементного анализа COMSOL Multiphysics.

Математическая модель формализуется в виде начально-граничной задачи для системы уравнений:

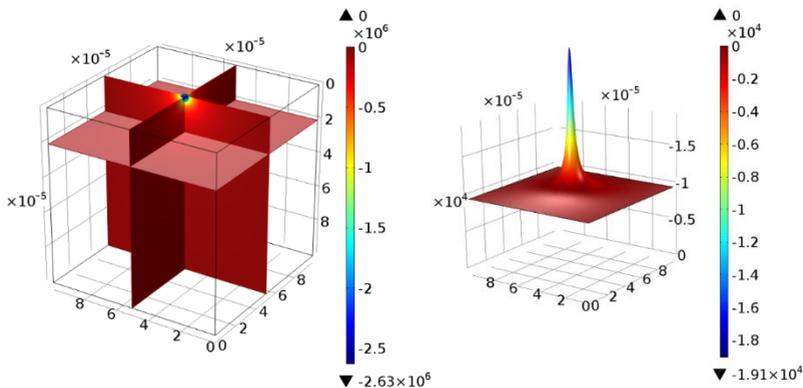
$$D\Delta\rho - \frac{\mu_n}{\varepsilon\varepsilon_0}\rho^2 - \mu_n(E, \nabla\rho) = -G, \Delta\varphi = -\frac{\rho}{\varepsilon\varepsilon_0}, E = -\text{grad } \varphi,$$

где $0 < x < L, 0 < y < L, 0 < z < L$; $\rho(x, y, z)$ – объемная плотность зарядов, Кл/м³, м; ε – диэлектрическая проницаемость материала; $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ – электрическая постоянная, Ф/м; G – генерационное слагаемое, Кл/(м³·с); φ – потенциал, В; E – напряженность поля, В/м; D – коэффициент диффузии электронов, м²/с; μ_n – дрейфовая подвижность электронов, м²/(В·с).

Пусть сфокусированный источник зарядов действует перпендикулярно плоскости поверхности верхней грани кристалла $z = 0$. Примем, что поток зарядов и градиент потенциала через эту грань являются нулевыми: $\partial\rho/\partial n = 0$ и $\partial\varphi/\partial n = 0$ при $z = 0, 0 \leq x \leq L, 0 \leq y \leq L$, а остальные границы удалены от градиентной зоны на значительное расстояние: $\rho = 0$ и $\varphi = 0$ при $z=L$, при $x = L$ и при $y=L$. Функция источника рассчитывалась как функция потерь энергии электронами в веществе на основе моделирования транспорта электронов методом Монте-Карло [2–3]. Позиция источника в объекте – $(L/2, L/2, 0)$.

Рассмотрим компьютерную реализацию математической модели процесса стационарной зарядки сегнетоэлектрика ниобата лития LiNbO₃ в условиях облучения электронным пучком средних энергий (1-40 кэВ) [4]. В качестве среды реализации конечно-элементного моделирования выбран COMSOL Multiphysics. На рисунке представлены результаты моделирования основных характеристик процесса зарядки LiNbO₃ при заданных параметрах вычислительного эксперимента с учетом знака инжектированных зарядов.

Электронно-стимулированная зарядка диэлектрика стимулирует появление электрических полей в кристалле, что вызывает интенсивные поляризационные процессы. Именно этот эффект лежит в основе управляемого переключения поляризации сегнетоэлектриков [4]. Таким образом, реакционно-диффузионно-дрейфовая модель может быть использована для прогнозирования эффектов последствия электронного облучения на полярные диэлектрики.



Визуализация модельного расчета объемной плотности распределения зарядов ρ – а и профиль распределения потенциала φ в плоскости $z = 0$ – б

Литература

1. Maslovskaya A.G., Sivunov A.V. Simulation of electron injection and charging processes in ferroelectrics modified with the SEM-techniques // Solid State Phenomena. – 2014. – Vol. 213. – P. 119–124.
2. Maslovskaya A.G., Pavelchuk A.V. Simulation of delay reaction-drift-diffusion system applied to charging effects in electron-irradiated dielectrics // Proc. of IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. – 2019. – P. 012009 (6).
3. Павельчук А.В., Масловская А.Г. Подход к численной реализации диффузионно-дрейфовой модели полевых эффектов, индуцированных движущимся источником // Известия вузов. Физика. – 2020. – Т. 63, № 1 (745). – С. 94–100.
4. He J., Tang S.H., Qin Y.Q. et al. Two-dimensional structures of ferroelectric domain inversion in LiNbO₃ by direct electron beam lithography // J. Appl. Phys. – 2003. – Vol. 93. – P. 9943–9947.

Л.И. Мороз, А.Г. Масловская

Амурский государственный университет, г. Благовещенск, Россия

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭРЕДИТАРНЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ*

В настоящее время в прикладных исследованиях наблюдается заметный интерес к применению дробно-дифференциального исчисления. Это связано с необходимостью адекватного описания сложных физических систем [1]. Характерной чертой таких систем является временная и/или пространственная нелокальность. В современной научной практике дробно-дифференциальный подход используется при моделировании: массообмена на границе контакта движущихся сред, квазистатического и динамического растяжения тел, уравнения диффузии и дрейфа носителей заряда в неупорядоченных полупроводниках, движения доменных и межфазных границ и др. Особое место среди таких явлений и процессов занимают задачи теплопереноса и теплообмена в эредитарных системах или системах с эффектами памяти. Для этого в уравнении теплопроводности целая производная по времени заменяется дробной. В серии авторских работ рассмотрены задачи моделирования динамических процессов в средах, проявляющих свойства самоорганизации и эффекты памяти [2–4]. Настоящая работа направлена на построение и реализацию математической модели эредитарного процесса теплопроводности на основе вычислительной схемы повышенного порядка точности.

Математическая постановка задачи формализуется в виде начально-граничной задачи для дифференциального уравнения с нецелой производной по времени:

$$\frac{\partial^\alpha T(x, t)}{\partial t^\alpha} = a^2 t^* \frac{\partial^2 T(x, t)}{\partial x^2} + t^* f(x, t), \quad 0 < x < L, \quad t > \frac{t_0}{t^*}; \quad (1)$$

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-31-90075.

$$T(x, t_0) = \varphi(x), \quad 0 \leq x \leq L;$$

$$T(L, t) = \psi_1(t), \quad T(L, t) = \psi_2(t), \quad t \geq \frac{t_0}{t^*}, \quad (2)$$

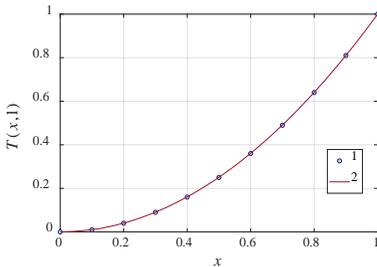
где T – температура, К; a^2 – коэффициент температуропроводности, $\text{м}^2/\text{с}$; $f(x, t)$ – функция источника, $\text{К}/\text{с}$; $0 < \alpha < 1$ – порядок дробной производной Капуто по времени, t^* – характерное время процесса, с; t – безразмерное время, L – линейный размер объекта, м.

Для численного решения задачи (1)–(2) используем модифицированную неявную вычислительную схему [5]. С этой целью воспользуемся конечно-разностной аппроксимацией дробной производной по времени в определении Капуто и конечно-разностной схемой для второй производной на пространственно-временной сетке $\Omega_h^i = \{x_i = ih, i = \overline{0, M}, t^j = jt^*, j = \overline{0, N}\}$:

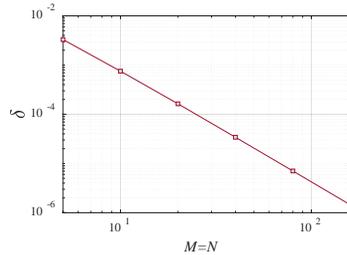
$$\begin{aligned} & \frac{\tau^{-\alpha}}{\Gamma(3-\alpha)} \sum_{l=0}^{j-1} \left[w^{j-l} (T_i^{l+1} - T_i^{l-1}) + s^{j-l} (T_i^{l+1} - 2T_i^l + T_i^{l-1}) \right] = \\ & = \frac{a^2 t^*}{h^2} (T_{i+1}^j - 2T_i^j + T_{i-1}^j) + t^* f(x_i, t^j) + O(\tau^{3-\alpha} + h^2), \end{aligned} \quad (3)$$

где w^{j-l} , s^{j-l} – весовые функции, определенные согласно [5].

Результат реализации алгоритма продемонстрируем на тест-задаче (1) – (2) при $a^2 = 1$, $f(x, t) = 24x^2 t^{3.3} / \Gamma(4.3) - 2t^4$, $x, t \in [0, 1]$, $\varphi(x) = 0$, $\psi_1(t) = 0$, $\psi_2(t) = t^4$. Численное решение в сравнении с аналитическим решением $T(x, t) = x^2 t^4$ представлено на рис. а. Относительная погрешность δ решения приведена на рис. б.



а



б

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

Приведенная вычислительная схема позволяет проводить адекватное моделирование эредитарных процессов теплопроводности. Потенциально такой класс задач является востребованным для описания пироэлектрического эффекта в условиях интенсивного прогрева сегнетоэлектриков.

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.* Дробно-дифференциальная модель процесса теплопроводности сегнетоэлектрических материалов в условиях интенсивного нагрева // Математика и математическое моделирование. – 2019. – Т. 2. – С. 29–47.
3. *Мороз Л.И., Масловская А.Г.* Гибридный фрактально-стохастический подход к моделированию кинетики переключения сегнетоэлектриков в режиме инжекции // Математическое моделирование. – 2019. – Т. 31, № 9. – С. 131–144.
4. *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.
5. *Li C., Wu R., Ding H.* High-order approximation to Caputo derivative and Caputo-type advection-diffusion equations // CAIM. – 2015. – Vol. 6, № 2. – P. 1–33.

И.А. Чернов

*Институт прикладных математических исследований
Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗЛОЖЕНИЯ БИНАРНЫХ ГИДРИДОВ МЕТАЛЛОВ

Математические модели формирования и разложения гидридов металлов необходимы для понимания кинетики, важной для приложений. Водород обладает рядом достоинств в качестве топлива, а гидриды металлов – в роли метода его хранения.

Модель сложного многоступенчатого процесса разложения или формирования гидрида – гидридного фазового перехода – должна опираться на законы сохранения, а ее сложность – соответствовать информативности экспериментальных данных. В докладе будут представлены модели гидридного фазового перехода в форме неклассических нелинейных диффузионных краевых задач (в основном, для формирования) и в форме нелинейных систем обыкновенных дифференциальных уравнений (для разложения). Адекватность подтверждена численными экспериментами и аппроксимацией серий экспериментальных кривых для ряда материалов.

Для нелинейных моделей нет общеприменимых методов решения обратных задач оценки параметров модели (характеристик материала) по измеренным показателям. На практике применяются варианты метода сканирования (слепого поиска), что приводит к экспоненциальному росту объема вычислений. Для таких задач целесообразно использовать высокопроизводительные вычислительные средства, в том числе вычислительные сети на базе персональных компьютеров: они дают высокую пиковую производительность при околонулевых затратах.

Модели для различных материалов и условий эксперимента имеют различия, хотя принципиально сходны. Требуется

средство для гибкой адаптации расчетных алгоритмов к новым данным, условиям и вычислительным конфигурациям, позволяющим описывать широкий спектр физико-химических процессов в материале при минимальных затратах времени и усилий.

Нами предложена библиотека программных компонент, призванная решить указанные задачи.

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

*Владимирский государственный университет
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир, Россия*

СОВМЕЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОПРОВОДИМЫХ СВОЙСТВ ОСТРОВКОВОЙ НАНОПЛЕНКИ PbTe

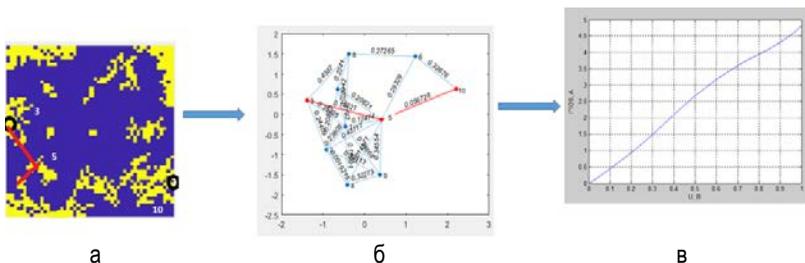
Электропроводимые свойства лазерно-индуцированных наноструктурированных островковых пленок теллурида свинца (PbTe) представляют научный интерес в сфере создания инновационных материалов, которые могут применяться для разработки технологий завтрашнего дня для электроники и фотоники.

Исследуемые полупроводниковые нанопленки PbTe были получены при непосредственном воздействии источника движущегося лазерного излучения и были исследованы с использованием РЭМ Quanta 200 3D и инструментов среды MATLAB, которые показали их фрактальный характер [1]. Исследование электропроводимых свойств островковых нанопленок реализовывалось через измерение вольтамперных характеристик (ВАХ) с использованием четырехзондовой схемы с линейным расположением контактов. Напряжение варьировалось от 0.1 до 1 В. Величина сопротивления в исследуемом диапазоне составляла порядка 10^9 Ом. Сила тока составляла величину порядка 10^{-6} А и носила в среднем линейный характер с резонансным всплеском в интервале (0.4; 0.65) В [2], обусловленным участием в поверхностной электропроводности слабо и сильно связанных электронов, находящихся изначально на уровнях размерного квантования в наноточках. Кроме этого электропроводимые свойства островковых нанопленок существенно зависят от структуры: от количества, близости друг от друга, формы островков и т. д.

Поэтому была разработана модель оценки ВАХ, учитывающая туннелирование по островку и прыжки электроном между ними [3]. Сила тока оценивалась по закону Ома, сопротивление рассчитывалось по классической формуле с учетом того, что

длина возможной дорожки прохождения тока выбиралась как кратчайшее расстояние между точками приложения напряжения и составляла сумму траекторий прохождения тока по островку и прыжков между ними. Структура островка генерировалась клеточным автоматом (КА) в рамках окрестности Мура порядка 1 с учетом коэффициента диффузии [4]. Дорожка проводимости в островке определялась через оценку диаметра минимальной сферы покрытия, с помощью алгоритма Джарвиса [5]. Расчет длины возможной дорожки проводимости в рамках прыжковой проводимости между островками проводился на основе случайного взвешенного графа по алгоритму Дейкстры [6], у которого вершины соответствуют островкам нанопленки, а ребра - вероятным траекториям прохождения тока, которые формируются как прыжки электронов через потенциальные ямы.

На рисунке показано применение предложенного подхода для островковой пленки PbTe с 10 островками, сгенерированными КА (рис. а), соответствующий случайный граф с напряжением, подведенным к островкам 3 и 10 и отмеченным кратчайшим расстоянием между ними (рис. б) и ВАХ (рис в). Погрешность моделирования составила 10 %, что свидетельствует об удовлетворительной точности моделирования.



Модельная структура пленки, коэффициент диффузии 0.5 (а), соответствующий ей случайный граф с 10 вершинами (б), расчетная ВАХ(в)

Таким образом, использование совмещенной модели электропроводности: туннелирование по островкам и прыжки между ними позволяет удовлетворительно описывать экспериментально наблюдаемые явления для островковых нанопленок PbTe.

Литература

1. *Arakelian S.M. et al.* Laser nanostructuring of the PbX thin films for creation of the semiconductor devices with controlled properties // *Physics Procedia*. – 2014. – № 56(C). – P. 1115–1125.
2. *Антипов А.А. и др.* Электропроводимость нанокластерных структур РЬТе с управляемой топологией: проявление макроскопических квантовых эффектов // *Изв. РАН. Серия физическая*. – 2016. – Т. 80, № 7. – С. 818–827.
3. *Alexey Kavokin et al.* The crossover between tunnel and hopping conductivity in granulated films of noble metals // *Superlattices and Microstructures*. – 2017. – Vol. 111. – P. 335–339.
4. *Кучинский Н.А. и др.* Моделирование процесса формирования покрытия гранул на основе теории клеточных автоматов // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 4–5. – С. 1069–1073.
5. *Jarvis R.A.* On the identification of the convex hull of a finite set of points in the plane // *Information Processing Letters*. – 1973. – Vol. 2, № 1. – P. 18–21.
6. *Wang, Xiao* The Comparison of Three Algorithms in Shortest Path Issue // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. 1087. 022011. 10.1088/1742-6596/1087/2/022011.

Л.Т. Рязанцева, В.П. Октябрьский

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

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕТИКИ ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ КАК МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ АНТИОКСИДАНТОВ

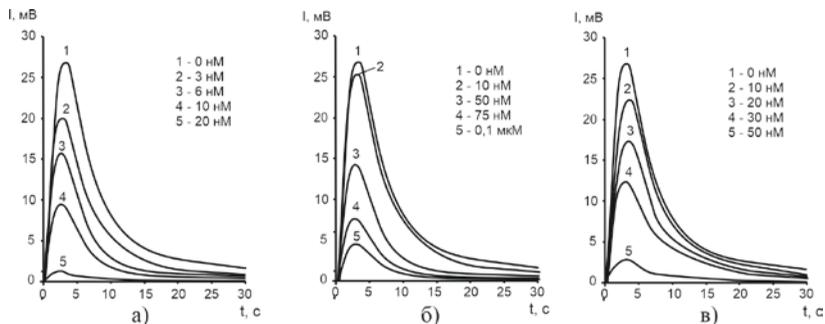
В настоящее время в хемилюминесцентных (ХЛ) методах определения антиоксидантной активности или количества антиоксидантов используются характеристики ХЛ-кривой – интенсивность свечения, светосумма, длительность латентного периода [1]. Но ни один из этих параметров не может быть использован в качестве универсальной меры активности любых антиоксидантов, так как разные антиоксиданты по-разному изменяют кривую хемилюминесценции. Предлагаем в качестве метода анализа антиоксидантного действия различных веществ использовать математическое моделирование кинетики ХЛ, в результате которого создавать математическую модель, включающую систему химических реакций, способных воспроизвести наблюдаемую в эксперименте кинетику ХЛ. Математическое моделирование позволяет объяснить различное влияние антиоксидантов на кинетику ХЛ, а также использовать расчетные кинетические параметры в качестве количественных и качественных характеристик антиоксидантов.

Регистрацию свечения в реакции образования супероксидных анион-радикалов осуществляли на биохемилюминиметре БХЛ-06М [2]. Расчет процесса, инициированного реакцией образования супероксидных анион-радикалов, осуществляли численным решением уравнений химической кинетики. Систему дифференциальных уравнений решали численно с помощью пакета MathCad 14. Задача моделирования заключалась в исследовании особенностей процесса хемилюминесценции на основе известных характеристик реакций, протекающих в системе.

Кинетика хемилюминесценции в присутствии антиоксидантов (АО) моделируется путем добавления реакции взаимодействия активной формы кислорода с антиоксидантом (рис.):



Константы скорости реакций образования супероксидных анион-радикалов и реакции их с люминолом составили $3 \pm 0,2$ и $5 \pm 0,3$ л(мкмоль·с)⁻¹.



Кинетика люминолзависимой хемилюминесценции в системе генерации супероксидных анион-радикалов в присутствии аскорбиновой кислоты (а), тиамин хлорида (б) и ретинола ацетата (в)

Результаты по значениям амплитуд и светосумм ХЛ-ответа близки, но формы кинетической кривой различных АО отличаются, поэтому наиболее адекватной характеристикой антиоксидантной активности вещества в определенных условиях можно считать константу скорости реакции взаимодействия с радикалами. Значения констант скорости реакции взаимодействия АО-витаминов с радикалами представлены в таблице.

Константы скорости реакций антиоксидантов с супероксидными анион-радикалами

Антиоксидант	$k_{ХЛ}$, л(мкмоль·с) ⁻¹
аскорбиновая кислота	$12,7 \pm 0,7$
тиамин хлорид	$3,2 \pm 0,2$
ретинола ацетат	$5,1 \pm 0,3$

Таким образом, проведенное математическое моделирование кинетики реакции генерации супероксидных анион-радикалов в присутствии антиоксидантов, позволило предложить в качестве меры антиоксидантной активности значение константы скорости реакции взаимодействия антиоксиданта с активной формой кислорода.

Литература

1. *Artyukhov V.G., Basharina O.V., Ryazantseva L.T., Bolotova A.Yu.* Investigation of laser irradiation influence on the some components of blood enzyme antioxidant system // *Radiation Biology. Radioecology.* – 2020. – Т. 42, № 2. – С. 181–185.
2. *Рязанцева Л.Т., Федянин В.И.* Способ определения концентрации аскорбиновой кислоты // Патент на изобретение RU 2486509 С2, 27.06.2013. Заявка № 2010102437/15 от 25.01.2010.

А.В. Егорова, Л.Т. Рязанцева, В.П. Октябрьский

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

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОГО БАССЕЙНА

Результаты исследований за уровнем загрязнения атмосферного воздуха г. Санкт-Петербург за 2018 год показали превышение нормативов по озону и оксидам азота в некоторых районах, причем выявлена обратная корреляция между концентрациями озона и диоксида азота [1].

Для формирования интегративной шкалы качества воздуха и оценки связи заболеваемости с загрязнением воздуха необходимо классифицировать многообразные профили мультиполлютантных выбросов в атмосферу, то есть разделить их на группы (кластеры). Все исходные данные должны быть стандартизованы, так как каждая переменная должна иметь одинаковый вес в классификации. Для этого используют метод кластеризации, основанный на оценке сходства переменных между собой, которая достигается в результате построения матрицы расстояний. Матрица расстояний определяет меру сходства переменных для каждой выборки данных. Для всей выборки переменные рассчитываются по формуле:

$$Z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x},$$

где x_i – значение параметра; \bar{x} – среднее значение в выборке; σ_i – среднеквадратичное отклонение.

В нормированных значениях также необходимо учитывать поправочные коэффициенты для разных классов опасности вещества:

$$Z_i^k = Z_i \times k_i,$$

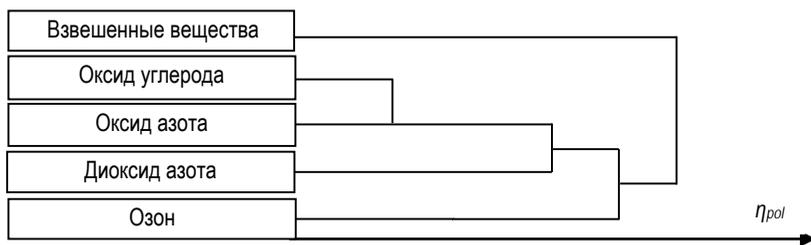
где Z_i – нормированное значение i -го признака, k_i – коэффициент, учитывающий класс опасности вещества, который рассчитывают по следующим уравнениям: $k_i = 4 \times x_i - 3$ (для веществ I класса), $k_i = 1,5 \times x_i - 0,5$ (для веществ II класса), $k_i = x_i$ (для веществ III класса), $k_i = 0,75 \times x_i + 0,25$ (для веществ IV класс), где x_i – значение концентрации загрязнителя.

Далее для кластеризации данных выбирают метрику и метод анализа, использование которого предполагает распределение загрязняющих веществ в атмосфере по кластерам, объединяющим загрязняющие вещества с однотипным соотношением параметров. Для кластерного анализа используется одна из самых распространенных метрик - евклидово расстояние, определяемое по формуле:

$$d_e(X_i, X_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^p (X_{ik} - X_{jk})^2},$$

где $d_e(X_i, X_j)$ – расстояние между объектами i и j ; X_{ik} и X_{jk} – значение k -ой переменной для i -го и j -го объекта соответственно.

Иерархическую связь между загрязнителями атмосферы можно определить, построив дендрограмму (рис.).



Горизонтальная дендрограмма связей регистрируемых загрязняющих веществ в воздухе Санкт-Петербурга

Для интегральной оценки состояния атмосферного воздуха рассчитывается индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) по формуле [2]:

$$ИЗА = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{ПДК_i} \right) \times K_i,$$

где C_i – содержание вещества, $ПДК_i$ – предельно допустимая среднесуточная концентрация i -го вещества, K_i – коэффициент, учитывающий класс опасности вещества.

Учитывая трудоемкость метода, очевидна необходимость разработки программной системы, позволяющей изучать связи между загрязняющими веществами атмосферы, почвы и водоемов.

Литература

1. *Рязанцева Л.Т., Октябрьский В.П., Павленко А.А.* Оценка загрязнения озоном атмосферы крупных городов на примере Санкт-Петербурга // Сборник статей по материалам XVI Междунар. науч.-практ. конф. «Комплексные проблемы техносферной безопасности». – Воронеж: ВГТУ, 2020. – С. 205–209.
2. *Рязанцева Л.Т.* Химия окружающей среды: учебное пособие. – Воронеж: ВГТУ, 2009. – 236 с.

А.Г. Волошко

Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ИХ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ*

Современное развитие технологий информатизации позволяет организовать распределенное производство, с наличием офисов, а также отдельных производственных мощностей на значительном расстоянии. Однако такие процессы для того, чтобы демонстрировать эффективность, должны быть грамотно организованы и иметь в распоряжении необходимые средства автоматизации. Анализ того, насколько хорошо функционирует предприятие в целом и что можно улучшить, представляет собой нетривиальную задачу. Для всестороннего анализа необходимо иметь его цифровую модель. Такой моделью может служить модификация сетей Петри – расширенная сеть Петри с семантическими связями (РСПСС) [1]. РСПСС является цветной временной сетью Петри (примеры таких сетей для моделирования производства можно найти во многих работах, например, [2]) со следующими модификациями.

РСПСС представляет собой трехдольный ориентированный граф с вершины трех видов: позиции, переходы по управлению и переходы по семантическим связям.

Позиция данной сети представляет собой отдельные операции или этапы процесса. При этом сеть строится по принципу декомпозиции, и одна позиция РСПСС может сама представлять собой подсеть, отображающую развитие процессов.

Разделение переходов на два типа по управлению и по семантике вызвано необходимостью анализа слабых мест произ-

* Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук МК-1160.2020.9.

водственных процессов с позиции временных затрат. Переход по управлению в данной модели представляет собой изменение деятельности – то есть переход от выполнения одной операции к другой. Переход по семантическим связям характеризует возможность выполнения новой операции на основании завершенности предыдущих и предоставления доступа к информации или физического доступа к объектам. Так в сети имеются данные о времени, связанном с переходом по управлению, что показывает время выполнения предшествующей ему операции, а также данные о времени, связанном с переходом по семантическим связям, что показывает время на предоставление данных либо время на транспортировку объектов или передачу информации к другим участниками производственного процесса. При недостаточной автоматизации процессов время перехода по семантическим связям может быть сравнимо или даже больше времени соответствующего перехода по управлению, что свидетельствует о необходимости модернизации именно данных операций. Кроме того, возможны ситуации, когда одна и та же информация может требоваться нескольким участникам процесса, а возможности ее использования с точки зрения организации производственного процесса, может быть как параллельной, так и последовательной, что и представляется с использованием переходов по управлению.

Анализ эффективности процессов с точки зрения временных затрат включает в себя несколько этапов:

1. Расчет общего времени исполнения процесса, как максимума из сумм времен переходов по управлению и по семантике для переходов, входящих в путь от начальной позиции к конечной (или заданной) позиции.

2. Поиск максимальных значений времени, сравнение с возможными значениями времени для этих операций, представленных в базе данных статистики.

3. Результат анализа на предыдущих этапах может потребовать более детального исследования процесса на другом уровне абстракции для выявления самых затратных по времени операций.

4. Сравнение времен совместных переходов по управлению и по семантическим связям. В случае превышения времени пере-

хода по семантическим связям над временем перехода по управлению, возможно требуется введение автоматизированной системы для передачи информации, или изменение расположения отдельных этапов в пространстве, если требуется постоянная транспортировка объектов. Однако такие решения должны приниматься с учетом материальных и ресурсных возможностей предприятия.

Предложенный подход к анализу моделей распределенных производственных процессов поможет выявить узкие места организации их информатизации и управления, что позволит предложить стратегию их модернизации.

Литература

1. *Voloshko A., Kryukov O.* Extended Petri Nets Based Approach for Simulation of Distributed Manufacturing Processes // 2020 9th Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO). – IEEE, 2020. – С. 1–4.
2. *Седых И.А., Аникеев Е.С.* Применение раскрашенных временных сетей Петри для моделирования цементного производства // Вестник Донского государственного технического университета. – 2016. – Т. 16, № 4 (87).

А.В. Ермоленко, С.В. Ладанова

*Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
г. Сыктывкар, Россия*

МЕТОД ОБОБЩЕННОЙ РЕАКЦИИ В РЕШЕНИИ КОНТАКТНОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ДВУХ ПЛАСТИН С РАЗНЫМ ЗАКРЕПЛЕНИЕМ

При построении математических моделей в строительстве и при конструировании сложных механизмов возникают контактные задачи, для решения которых необходимо использовать специальные методы. В данной работе рассматривается одна такая задача.

Постановка задачи следующая. Даны две цилиндрически изгибаемые пластины толщиной h и шириной $2l$, расположенные параллельно друг другу на расстоянии Δ . Под действием нормальной нагрузки $q_n^+ \equiv q_0 = \text{const}$ верхняя шарнирно закрепленная пластина изгибается и давит на нижнюю жестко закрепленную пластину, образуя область контакта $[x_0, 2l - x_0]$. Требуется определить прогибы пластин и возникающие контактные реакции.

Для решения поставленной задачи воспользуемся уравнением Софи Жермен-Лагранжа, имеющем в случае цилиндрического изгиба вид [1]

$$Dw^{IV} = q_n,$$

где w – прогиб пластины, $q_n = q_n^+ - q_n^-$, q_n^+ , q_n^- – действующие на верхнюю и нижнюю лицевые поверхности пластины нагрузки, D – цилиндрическая жесткость пластины.

Учитывая симметричность задачи, будем рассматривать пластину на отрезке $[0, l]$. При этом при $x = l$ выполняется условие симметричности, а при $x = 0$ на верхней пластине – условие шарнирного закрепления и на нижней пластине – условие жесткого закрепления. В результате получаем следующие граничные условия (i – номер пластины):

$$w_i'(l) = 0, w_i'''(l) = 0, w_1(0) = 0, w_1''(0) = 0, \\ w_2(0) = 0, w_2'(0) = 0,$$

где w_1, w_2 – прогибы пластин верхней и нижней соответственно.

Функции Грина для соответствующих краевых задач записываются так:

$$G_1(x, \xi) = \frac{1}{6}(x - \xi)^3 H(x - \xi) + \\ + \frac{1}{2}(2l\xi - \xi^2)x - \frac{1}{6}x^3, \\ G_2(x, \xi) = \frac{1}{6}(x - \xi)^3 H(x - \xi) + \\ + \frac{1}{4l}(2l\xi - \xi^2)x^2 - \frac{1}{6}x^3,$$

где H – функция Хевисайда.

Учитывая, что на верхнюю пластину действуют активная нагрузка $q_{n1}^+(x) \equiv q_0$ и реактивная $q_{n1}^-(x) \equiv r(x)$, а на нижнюю – только нагрузка $q_{n2}^+(x) \equiv r(x)$, получаем, что $q_{n1} = q_0 - r(x)$, $q_{n2} = r(x)$.

Для поиска нагрузки $r(x)$ воспользуемся методом обобщенной реакции [2]. Учитывая, что $w_1(x) - w_2(x) - \Delta = 0$ при $x \in (x_0, l)$, приходим следующей итерационной схеме (k – номер итерации):

$$r^k = [r^{k-1} + \beta(w_1^{k-1} - w_2^{k-1} - \Delta)]_+, \beta > 0, \\ w_1^k = \frac{1}{D} \int_0^l G_1(x, \xi)(q_0 - r^k(\xi))d\xi, \\ w_2^k = \frac{1}{D} \int_0^l G_2(x, \xi)r^k(\xi)d\xi.$$

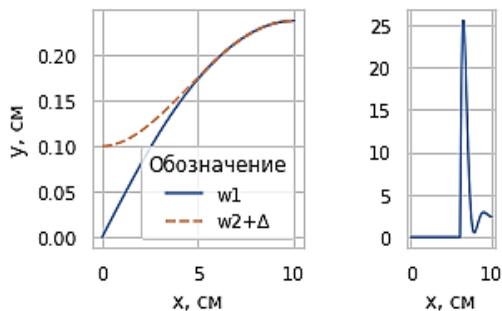
Здесь $[f]_+ = \frac{1}{2}(f + |f|)$ – положительная срезка функции.

Начальные значения задаются в следующем виде:

$$r^0 = 0, w_2^0 = 0, w_1^0 = \frac{1}{D} \int_0^l G_1(x, \xi)q_0 d\xi.$$

На рисунке приведен результат расчета для двух пластин при следующих физических и геометрических параметрах:

$$l = 10 \text{ см}, h = 0,4 \text{ см}, E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ кГ/см}^2, \\ \nu = 0,3, q_0 = 5 \text{ кГ/см}^2, \Delta = 0,1 \text{ см}.$$



Графики прогибов двух пластин и график контактной реакции

Литература

1. Михайловский Е.И., Бадюкин К.В., Ермоленко А.В. Теория изгиба плоских пластин типа Кармана без гипотез Кирхгофа // Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 1: Математика. Механика. Информатика. – 1999. – Вып. 3. – С. 181–202.
2. Михайловский Е.И., Тарасов В.Н. О сходимости метода обобщенной реакции в контактных задачах со свободной границей // РАН. ПММ. – 1993. – Т. 57. – Вып. 1. – С. 128–136.

М.Д. Кузнецов¹, Е.С. Новикова²

¹ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина),
г. Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН,
г. Санкт-Петербург, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАТЕНТНО-СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ СХОЖИХ ПО СОДЕРЖАНИЮ ТЕКСТОВ

Современные методы кластеризации текстов позволяют с высокой точностью определять их тематики. Однако большинство таких задач рассматривают в качестве входных данных тексты, посвященные сильно различающимся тематикам. В то же время тексты, относящиеся к схожим тематикам, могут быть подвержены повторной кластеризации для еще большей конкретизации тематики. Такой подход был бы полезен при анализе политик безопасности (как документов, относящихся к одной тематике) и извлечении таких ключевых аспектов, как сбор персональных данных, передача данных третьим лицам и т. д. Эти сценарии использования характеризуются высоким семантическим подобием, но при этом для оценки рисков, связанных с обработкой персональных данных, их необходимо различать.

Целью работы является оценка применимости латентно-семантического анализа для автоматического определения наличия подкластеров в текстах политик безопасности, которые представляют собой сценарии использования персональных данных.

На этапе подготовки исходных данных были использованы модели BoW (мешок слов) и TF-IDF (инверсная частотная модель документа), которые впоследствии были использованы для обучения моделей анализа и выполнения экспериментов. В случае использования модели BoW наибольший вес имеют слова, употребленные наибольшее количество раз. В случае использования

TF-IDF применяется инверсная мера частоты использования слова, которая оценивает распределение слов по всему множеству документов.

Латентно-семантический анализ полагается на глобальный текстовый контекст с утратой информации о локальных закономерностях употребления слов, было сделано предположение, что на фоне схожих составов текстов будут выделены и окажутся более весомыми именно те фрагменты, где эти тексты различаются. Данный подход был протестирован на наборе данных, представленном в открытом доступе, который содержит размеченные в ручную политики безопасности. Для каждого абзаца политики безопасности ставится в соответствие непустое множество сценариев использования персональных данных, таким образом, каждый абзац может иметь несколько меток – «сбор персональных данных», «передача третьим лицам», «управление персональными данными», «механизмы защиты персональных данных» и т. д.

Результаты экспериментов с использованием разных частотных моделей имели определенные различия, однако они оказались незначительными. Среди большинства выделенных кластеров не прослеживались связи со сценариями использования персональных данных. Кластеры характеризовались координатами в многомерном семантическом пространстве. Далее, после определения состава кластеров, по их координатам в многомерном семантическом пространстве были произведены расчеты косинусной меры сходства с фрагментами политик безопасности, относящимися к разным сценариям использования персональных данных. Расчет меры сходства показал, что фрагменты, описывающие сценарий «сбор персональных данных», имели наибольшее сходство с одним и тем же кластером, что является правильным результатом. Следующим фрагментом, для которого была вычислена мера сходства, стал абзац, посвященный сценарию «передача третьим лицам» и не содержащий при этом информации о «сборе персональных данных». Несмотря на то, что в нем были употреблены слова “third” и “party”, имеющие непосредственное отношение к сценарию «передача третьим лицам», наибольшее сходство было также выявлено с тем же кластером, к которому были отнесены фрагменты, посвященные сценарию

«сбор персональных данных», т. е. тексты по сценариям «сбор персональных данных» и «передача третьим лицам» оказались в одном кластере без явных причин, в связи с чем результаты были признаны неудовлетворительными.

В результате проведенных экспериментов было выяснено, что алгоритму латентно-семантического анализа не удалось выделить подкластеры среди схожих по тематике текстов, и все они были отнесены к одному подкластеру.

Литература

1. An Introduction to Latent Semantic Analysis. Thomas K. Landauer, Peter W. Foltz, Darrell Laham. DOI: 10.1080/01638539809545028
2. Latent Semantic Analysis using Python. URL: <https://www.datacamp.com/community/tutorials/discovering-hidden-topics-python>.

Н.Н. Чернов¹, А.В. Палий²

¹ Южный федеральный университет, г. Таганрог

² Донской государственный технический университет, г. Таганрог

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ПРОФИЛЯ В ПОТОКЕ ГАЗА ПОСРЕДСТВОМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В настоящее время, одной из важных и актуальных задач современной аэродинамики является оптимизация формы тела в потоке газа с целью минимизации его аэродинамического сопротивления [1].

В работе рассматривается математическая модель профиля в потоке газа и возможность применения эволюционных алгоритмов для оптимизации его аэродинамических характеристик. Данный подход к решению проблемы минимизации аэродинамического сопротивления тела в потоке является актуальным ввиду сложности ее решения на основе системы дифференциальных уравнений Навье–Стокса. Аналитическое решение подобных задач возможно при помощи конформных отображений и только для узкого круга тел простых форм. Представленная в работе модель весьма гибкая и может описывать широкий диапазон тел (профилей) при помощи определенного, сведенного к минимуму количества свободных параметров [2].

Основной задачей исследования является получение оптимальной формы аэродинамического профиля с использованием нейросетевых алгоритмов, позволяющих производить моделирование профиля на основе данных по начальной скорости и первоначальной форме профиля. Основным критерием оценки является показатель аэродинамического качества профиля. Подобная задача уже решалась ранее [3], и мы можем воспользоваться известными наработками для решения своей.

Ранее нами [4] была получена формы оптимального аэродинамического тела с минимальным аэродинамическим сопро-

тивлением, получение которой сводилась к вычислению математической формулы кривой (линии тока) образующей данное тело путем вращения относительно оси, совпадающей с направлением потока заданной скорости.

Данная форма была получена путем вращения профиля (кривой), относительно оси, совпадающей с направлением потока. Результаты вычислительного эксперимента, проведенного в универсальной программной системе конечно-элементного (МКЭ) анализа *Ansys Fluent* показали, что при обтекании данной формы аэродинамическим потоком с заданной скоростью отрыва потока от поверхности практически не наблюдается, что подтверждает наше предположение, что для такого эффекта форма тела должна совпадает с линиями тока [4].

Применение метода оптимизации посредством эволюционных алгоритмов позволяет получить математическую модель описывающую форму аэродинамического профиля, которая достаточно легко позволяет оператору варьировать параметры.

В работе показано, что значение силы аэродинамического сопротивления для рассмотренного осесимметричного тела оптимизированной формы ниже аналогичных значений для тел вращения и взятых для сравнения известных профилей.

В результате работы проведено имитационное моделирование аэродинамического профиля, заданного параметрическим образом, при помощи коэффициента базовой формы профиля, параметра толщины хорды крыла и других параметров.

Результаты моделирования представляют собой профиль, построенный по набору координат, описывающих оптимизированную структуру профиля с учётом 20 % допущения изменения начальной геометрии.

Литература

1. *Лойцянский Л. Г.* Механика жидкости и газа. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
2. *Палий А.В.* Массоперенос и основное уравнение аэродинамики. – Таганрог: Изд. ТТИ ЮФУ, 2012. – 192 с.
3. *Yin Z., Gao C., Yang X.* Numerical study of hydrodynamic behavior of heaving cylinder buoy under regular wave // *Taiyangneng Xuebao/Acta Energiae Solaris Sinica.* – 2017. – Vol. 38(12). – P. 3363–3367.

4. *Chernov N.N., Palii A.V., Saenko A.V., Maevskii A.M.* A method of body shape optimization for decreasing the aerodynamic drag force in gas flow // *Technical Physics Letters*. – 2018. – T. 44, № 4. – P. 328–330.

Н.А. Храмова

*Мордовский государственный педагогический институт
им. М.Е. Евсевьева, г. Саранск, Россия*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕЧЕНИЙ ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ С ПОГРУЖЕННЫМ В НЕЕ ПОРИСТЫМ ШАРОМ

Пористая среда, насыщенная жидкостью, предполагается недеформируемой, однородной и изотропной. Предполагается также, что пористая среда имеет достаточно большую пористость и высокую проницаемость. При таких свойствах пористой матрицы в ней могут возникать колебательные движения жидкости, в которых скорость жидкости может заметно отличаться от скорости матрицы [1].

Задача решается в сферической системе координат с ортонормированным базисом, с началом в центре шара. Полярная ось этой системы направлена вдоль единичного вектора. Единичный вектор направлен по оси вращения. Предполагается, что от азимутального угла величины не зависят вследствие осевой симметрии.

Предполагая скорость движения шара достаточно малой и, отбрасывая нелинейные слагаемые в ускорении, модель Бринкмана представим в приближении Стокса.

Частицы жидкости будут двигаться по окружностям с центрами на оси вращения. Вследствие осевой симметрии относительно оси вращения градиент давления в касательном к этим окружностям направлении будет равен нулю. Поэтому давление выпадет из уравнений движения.

Для формулирования граничных условий на поверхности пористого шара можно рассматривать эту поверхность, как в подвижной, так и в неподвижной системе координат.

Одно из условий должно выражать непрерывность скорости на поверхности раздела пористой среды и свободной жидко-

сти в системе отсчета, в которой эта поверхность покоится. А второе условие принимает вид, аналогичный условию непрерывности касательных напряжений на поверхности раздела двух жидкостей. Также следует добавить условия конечности величин всюду в области их определения. Для удобства следует ввести безразмерные переменные. Затем следует найти коэффициенты и построить графики поля скоростей [2].

Наличие разрывов на построенных графиках связано с тем, что скорость фильтрации не является скоростью частиц жидкости. По определению скорость фильтрации равна произведению пористости на среднюю скорость жидкости в порах. Из первого граничного условия получается, что при пористости близкой к единице разрывы в графиках исчезают.

Литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Гидродинамика. – М.: Физматлит, 2006.
2. Ochoa-Tapia J.A., Whitaker S. Momentum transfer at the boundary between a porous medium and a homogeneous fluid – I. Theoretical development // Int. J. of Heat and Mass Transfer. – 1995. – Vol. 38, № 14. – С. 2635–2646.

Р.Р. Мамлеев, Г.Ф. Низамова

*Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия*

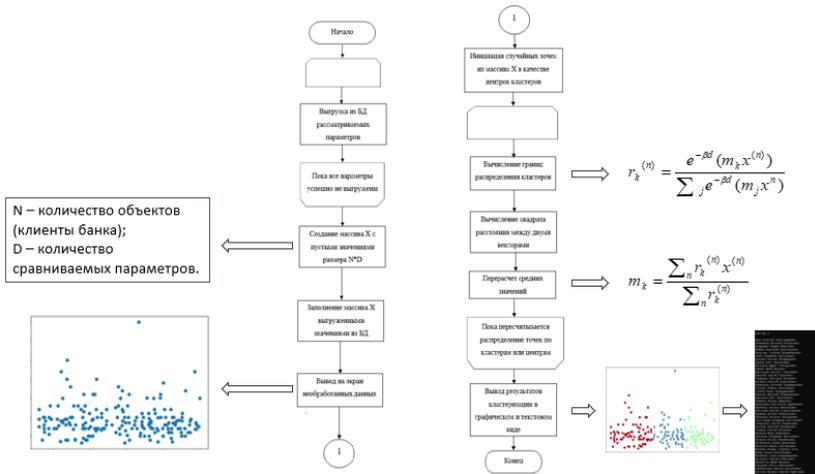
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ СЕГМЕНТАЦИИ КЛИЕНТОВ БАНКОВСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

В настоящее время банковские учреждения активно внедряют в свою деятельность методы анализа данных и машинного обучения. Это объясняется тем, что, с одной стороны, деятельность любого банковского учреждения сопровождается большими объемами данных: множество клиентов, множество признаков, характеризующих этих клиентов, множество услуг, предоставляемых учреждением, с другой стороны, как показывает практика, продвижение банковских услуг методом «холодных» звонков и с помощью смс- или e-mail-рассылки зачастую не приносит ожидаемого эффекта. Поэтому использование методов и технологий, способствующих таргетированному, направленному на определенные сегменты потребителей, продвижению банковских услуг, является актуальной задачей [2].

Задачу сегментации клиентов банковского учреждения можно рассматривать как задачу кластерного анализа [1], в которой в качестве объектов кластеризации выступает множество клиентов банка, в качестве признаков – характеристики клиентов, такие как, возраст, пол, месячный доход, семейное положение, количество кредитов, стоимость недвижимости, стоимость автомобиля, год начала трудовой деятельности, образование и дополнительный месячный доход.

Для решения рассматриваемой задачи разработаны функциональная модель процесса сегментации клиентов в соответствии с методологией IDEF0, информационная модель процесса в виде UML-диаграммы классов, описывающая структуру базы

данных, также разработан алгоритм сегментации клиентов на основе метода k-средних.



Для практической реализации процесса кластеризации банковских клиентов выбран язык программирования Python, использованы следующие его библиотеки: NumPy – для выполнения операций над массивами и матрицами, Matplotlib – для визуализации данных, PySimple – для создания пользовательского интерфейса. Разработанное приложение позволяет загружать данные о клиентах из базы данных, выбирать параметры кластеризации и число кластеров. Результаты кластеризации и содержимое каждого из полученных кластеров можно просмотреть в текстовой форме, также можно видеть графическую интерпретацию результата разбиения.

Оценка эффективности разработанного приложения показала, что разработанное приложение успешно справляется с поставленной задачей. Например, в ходе одного из экспериментов была обнаружена группа клиентов с достаточно высоким доходом (заработная плата), не имеющая вкладов в данном банковском учреждении, соответственно, этой группе клиентов можно предложить открытие вкладов или программу пенсионных накоплений. Таким образом, сегментация клиентов методами

кластерного анализа, в частности методом k -средних, предоставляет для банковских специалистов огромные возможности в сфере маркетинга.

Литература

1. *Вьюгин В.В.* Математические основы машинного обучения и прогнозирования. – М.: МЦНМО, 2013. 387 с.
2. *Миркин Б.Г.* Методы кластер-анализа для поддержки принятия решений: обзор / Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», 2011. – 88 с.

Р.А. Жилин

Воронежский институт МВД России, г. Воронеж, Россия

ЗАДАЧА КЛАСТЕРИЗАЦИИ ОДНОРОДНЫХ АЛЬТЕРНАТИВ НА ОСНОВЕ ОТКЛОНЕНИЯ ЗНАЧИМЫХ ПРИЗНАКОВ

Данный численный метод предполагает, что усиление показателей данных признаков будет способствовать повышению интегрального показателя.

Использование метода анализа иерархий вместе с методом кластерного анализа для оценки однородных групп объектов охраны можно условно поделить на несколько этапов [1–2]:

1. Оценка интегральных показателей исследуемых объектов.
2. Выбор однородных объектов (объекты с очень близким интегральным показателем, расхождение которых не превышает 5 %) из всего множества представленных, а также ранжирование признаков, исходя из значений весового коэффициента.
3. Сравнение оценок в матрице различий.
4. Анализ наиболее значимых признаков.

Матрица парных сравнений для категории технические средства:

$$A_{tc} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ 0.5 & 1 & 1.5 & 3 & 3.5 & 4 & 4.5 \\ 0.33 & 0.66 & 1 & 2 & 2.33 & 2.66 & 3 \\ 0.16 & 0.33 & 0.5 & 1 & 1.16 & 1.33 & 1.5 \\ 0.14 & 0.28 & 0.42 & 0.85 & 1 & 1.14 & 1.28 \\ 0.12 & 0.25 & 0.37 & 0.75 & 0.87 & 1 & 1.12 \\ 0.11 & 0.22 & 0.33 & 0.66 & 0.77 & 0.88 & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

Матрица парных сравнений для категории инженерные средства:

$$A_{ис} = \begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 & 9 \\ 0.33 & 1 & 1.66 & 2.33 & 3 \\ 0.2 & 0.6 & 1 & 1.4 & 1.8 \\ 0.14 & 0.42 & 0.71 & 1 & 1.28 \\ 0.11 & 0.33 & 0.55 & 0.77 & 1 \end{pmatrix} \quad (2)$$

Матрица парных сравнений для категории организационные мероприятия:

$$A_{ом} = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 7 & 8 & 9 \\ 0.5 & 1 & 1.5 & 3.5 & 4 & 4.5 \\ 0.33 & 0.66 & 1 & 2.33 & 2.66 & 3 \\ 0.14 & 0.28 & 0.42 & 1 & 1.14 & 1.28 \\ 0.125 & 0.25 & 0.375 & 0.875 & 1 & 1.125 \\ 0.111 & 0.222 & 0.333 & 0.777 & 0.888 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

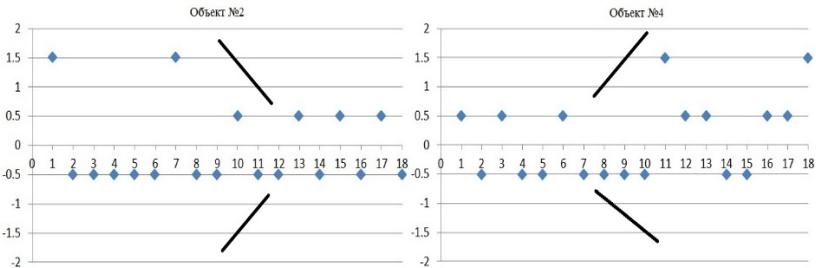
Для матриц парных сравнений найдем собственные векторы с нормированными значениями:

$$W_{l, mex} = (0,027; 0,055; 0,083; 0,167; 0,195; 0,222; 0,251) \quad (4)$$

$$V_{j, инж} = (0,04; 0,012; 0,20; 0,28; 0,36) \quad (5)$$

$$U_{f, орг} = (0,033; 0,066; 0,10; 0,234; 0,267; 0,3) \quad (6)$$

$$\hat{G}_{гр} = (0,167; 0,333; 0,501) \quad (7)$$



Результаты распределения признаков объектов № 2 и № 4

Данный численный метод с использованием кластерно-иерархического подхода позволяет выбрать конкретные охраняемые объекты, у которых количественное изменение признака приведет к увеличению значения интегральных показателей по всему множеству объектов.

Литература

1. *Жилин Р.А.* Численный метод предварительной экспертизы альтернатив нарушителей охраны объектов общекриминальной направленности // Вестник Воронежского института МВД России. – 2019. – № 3. – С. 46–54.
2. *Мандель И.Д.* Кластерный анализ. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 177 с.

О.В. Кучеренко, Е.Г. Филимонова

*Государственный университет аэрокосмического приборостроения,
г. Санкт-Петербург, Россия*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЛОТКИ – ВОЛЬТЕРРЫ (ХИЩНИК – ЖЕРТВА)

В период с 1925 по 1926 год независимо друг от друга Альфред Джеймс Лотка и Вито Вольтерра предложили интересную модель описания одного из примеров коэволюции – «хищник-жертва». Это сложная экосистема с долговременными отношениями между видами хищников и жертв. Математическая модель Хищник – жертва – это удивительная модель, описывающая существование двух оппонентов (наборов ресурсов, видов и т.п.) прямо зависящих друг от друга в определенный момент времени.

Суть модели на первый взгляд может звучать парадоксально: растет популяция жертв, следовательно, растет популяция хищников, но если растет популяция хищников, то падает популяция жертв, соответственно, падает и популяция хищников. На самом же деле все довольно логично. На последнем этапе круг (а точнее эллипс) замыкается и все начинается заново.

Математическая форма модели выглядит так:

$$\begin{aligned}\frac{\partial x}{\partial t} &= (\alpha - \beta y)x, \\ \frac{\partial y}{\partial t} &= (-\gamma + \delta x)y,\end{aligned}$$

где x – количество жертв, y – количество хищников, t – время, $\alpha, \beta, \delta, \gamma$ – коэффициенты, описывающие взаимодействия видов между собой.

Когда изменение численности популяции равно нулю, тогда система приобретает следующий вид:

$$\begin{aligned}\alpha x - \beta x y &= 0, \\ -\gamma y + \delta x y &= 0,\end{aligned}$$

Тогда, так называемая, стационарная точка системы находится так:

$$\dot{x} = \frac{\gamma}{\delta},$$

$$\dot{y} = \frac{\alpha}{\beta}$$

При условии колебаний с малыми отклонениями ($\tilde{x} \ll \dot{x}$ и $\tilde{y} \ll \dot{y}$) мы пренебрегаем степенями, тогда x и y описываются следующим образом:

$$x = \dot{x} + \tilde{x}$$

$$y = \dot{y} + \tilde{y}$$

Модель:

$$\frac{\partial \tilde{x}}{\partial t} = \frac{\beta\gamma}{\delta} \tilde{y}$$

$$\frac{\partial \tilde{y}}{\partial t} = \frac{\delta\alpha}{\beta} \tilde{x}$$

Дифференцирование и подстановка:

$$\frac{\partial^2 \tilde{x}}{\partial t^2} = \frac{\beta\gamma}{\delta} \frac{\delta\alpha}{\beta} \tilde{x} = -\alpha\gamma\tilde{x},$$

$$\frac{\partial^2 \tilde{x}}{\partial t^2} + \alpha\gamma\tilde{x} = 0.$$

Данное выражение пропорционально гармоническому осциллятору при периоде $T = \frac{2\pi}{\sqrt{\alpha\gamma}}$.

Данная описательная модель является очень гибкой и поэтому применима не только в задачах биологии, но и при описании задач социологии, экономики, экологии, политики и многих других наук. Например, в геополитике можно проследить и описать макроэкономический потенциал двух союзов: БРИКС и Большой семерки. В экономических системах чаще всего биомасса заменяется капиталом, и модель работает точно так же. В социологии управления существуют работы на тему исследования и описания местного самоуправления методом «хищник-жертва».

Одной из самых актуальных областей применения является экология и охрана окружающей среды. А именно: проблема существования природы (в виде природных ресурсов) и человека, так как человек выступает в роли «хищника», истощая природные ресурсы. Математическая модель Лотки – Вольтерры должна помочь найти точки взаимовыгодного сосуществования человека и природы.

Литература

1. *Титов В. А., Вейнберг Р.Р.* Анализ существующих динамических моделей на базе системы уравнений Лотки-Вольтерры «хищник-жертва» // *Фундаментальные исследования.* – 2016. – № 8 (часть 2). – С. 409-413 .
2. *Петухова Н. А.* Уравнения Лотки – Вольтерры в экономике // *КОНТЕНТУС. Информационная Мордовия (Саранск).* – 2016. – № 8 (49). – С. 40–44.
3. *Гордеева Т. Н.* Применение «универсальных» математических моделей в исследовании процессов муниципальных образований. // *Russian Journal of Education and Psychology.* – 2017. – Т. 8, № 6–1. – С. 134–149.
4. *Вольтерра В.* Математическая теория борьбы за существование. – М.: Наука, 1976. – 286 с.

М.Г. Мустафаев, А.Г. Моураов

*Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет), г. Владикавказ, Россия*

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ И ПРИНИМАЕМЫХ РЕШЕНИЙ

В условиях управления сложными системами необходимо обеспечить достижение цели с учетом влияния внешнего мира и меняющейся конкурентной среды. Для решения поставленной задачи проводится анализ и подробная проработка значительного числа факторов, возможностей и последствий в связи с изменениями среды. При такой постановке необходимо выбрать соответствующий метод для принятия решений. Для анализа ситуаций предпочтительно применение экспертной оценки, которая характеризуется значительным числом критериев при принятии решений [1–3].

В условиях жесткой конкуренции такие характеристики, как адаптивность к изменениям, верность и точность принимаемых решений, считаются главными преимуществами развития предприятия, что позволяет своевременно реагировать на внешние изменения. Существенным средством оперативного реагирования выступает система поддержки принятия решений (СППР), она позволяет постигать результаты аналитики, прогнозов и оценок, на основе которых выбираются конкретные варианты достижения целей предприятия.

Развитие информационных технологий привело к созданию экспертных систем, предназначенных для принятия решений. Поиск альтернатив на основе данных, взаимодействие лица, принимающего решения (ЛПР) и вычислительных средств обеспечивает создание системы поддержки принятия решений. Архитектура системы существенно зависит от задач, для решения которой она была создана.

Реализуемые в СППР информационная, модельная, экспертная решения являются информационными системами, вызванными поддержать в решении неструктурированных задач, генерировании альтернатив. Принятие решений пользователем системы СППР носит субъективный характер. ЛПР действует на основе собственных знаний и опыта. Поэтому СППР является средством содействия пользователю для поиска решений, которые представляются наилучшими на основе анализа данных. СППР включают в себя: базы данных и базы знаний; интерактивные компьютерные системы; методы математического и имитационного моделирования.

При разработке метода количественного анализа на основе СППР используются технологии: хранилища данных; средства и методы извлечения, обработки и загрузки данных; многомерная база данных и средства анализа. При решении сложных задач имеет место стратегический анализ с использованием статистики нечисловых данных, т.е. применяются высокие статистические технологии на основе прикладной математической статистики. Статистические методы применяют, когда принимают взвешенные решения на основе данных и интуиции.

В различных системах управления для принятия решений применяются методы и алгоритмы обработки больших массивов данных. Система поддержки принятия решений, основанная на их использовании, выражается необходимой составляющей для эффективной и результативной работы предприятий, которая является инструментом для ЛПР, а также в поиске альтернатив в сложных слабоструктурированных многокритериальных задачах, что позволяет учитывать различные условия изменяющейся среды. В ходе функционирования СППР применяются методы математического моделирования и алгоритмы поиска решений, реализуемые с использованием соответствующих инструментальных средств.

Для количественного оценивания последствий принимаемых решений целесообразно использование искусственных нейронных сетей на основе учета предназначенных требований к аппаратным средствам, что позволяют учитывать нелинейную природу данных и событий. Эффективные инструменты модели-

рования и обработки данных позволяют автоматизировать аналитическую деятельность, повысить оперативность результатов решений.

При исследовании сложных систем средством оперативного реагирования выступает СППР, позволяющая постигать результаты аналитики, прогнозов и оценок, на основе которых выбираются конкретные варианты достижения целей. СППР, основанная на методе и алгоритме обработки больших массивов данных, используется как необходимая составляющая для эффективной и результативной работы, являющаяся инструментом для ЛПР, а также в поиске альтернатив в сложных слабоструктурированных многокритериальных задачах, что позволяет учитывать различные условия изменяющейся среды. В ходе функционирования СППР применяются методы математического моделирования и алгоритмы поиска решений, реализуемые с использованием соответствующих инструментальных средств.

Литература

1. *Советов Б.Я., Яковлев С.А.* Моделирование систем. – М.: Высшая школа, 2009. – 343 с.
2. *Тарасик В.П.* Математическое моделирование технических систем. – М.: Инфра-М, 2017. – 160 с.
3. *Голубева Н.В.* Математическое моделирование систем и процессов. – СПб.: Лань, 2016. – 192 с.

М.Г. Мустафаев, А.Г. Моураов

*Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет), г. Владикавказ, Россия*

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В СЛОЖНЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ

Моделирование позволяет исследовать свойства систем, процессов на их моделях, а также возможность прогнозирования. При построении модели прогнозирования выбирают соответствующий математический аппарат, от которого зависит область применения модели [1; 2]. Моделирование как способ научного познания позволяет исследовать признаки, свойства объектов, процессов на их моделях. Полученные с помощью моделей прогнозы позволяют оценить состояние рассматриваемой системы с учетом управленческих решений, принимаемых в текущем и будущих периодах.

Важным этапом в процессе построения модели прогнозирования является выбор математического аппарата, от которого зависят возможности и область применения модели. Анализ источников при моделировании и прогнозировании показал, что основными методами, используемыми для прогнозирования показателей в сложной системе, являются: эконометрические методы, включающие в себя анализ временных рядов, экстраполяционные модели, корреляционно-регрессионный анализ; нормативно-балансовые методы; экспертные системы; искусственные нейронные сети; имитационное моделирование; модели общего экономического равновесия.

Эконометрические методы разделяют на экстраполяционные и факторные. К первым относятся трендовые модели, модель Бокса-Дженкинса, экспоненциальное сглаживание и др. К факторным методам относятся регрессионные модели. Моделью из нормативно-балансовых методов можно отметить модель межотраслевого баланса, которая включает матрицу коэффициентов

производственных затрат и представляет собой систему линейных уравнений.

Для решения качественных задач, при отсутствии статистических данных, применяют экспертные системы, как на базе нечеткой логики, так и когнитивное моделирование. Аппарат нечеткой логики удобно применять, когда трудно построить формализованную математическую модель. Аппарат когнитивного моделирования используется, когда отсутствует достаточная количественная статистическая информация: описания разовых, неповторяющихся событий или социальных явлений. Необходимость использования экспертных систем возникает в условиях недостатка статистических данных, они позволяют объединить знания нескольких экспертов.

Искусственные нейронные сети используются как инструмент моделирования и позволяют описывать сложные нелинейные процессы. В процессе обучения нейронная сеть сама подбирает функцию, аппроксимирующую моделируемые процессы. Необходимо учитывать, что процесс создания модели на базе нейронных сетей (выбор конфигурации сети, обучение и дальнейшая эксплуатация сети) требует индивидуального подхода.

Имитационное моделирование аппарат исследования стохастических систем, подходит для получения «усредненных» характеристик моделируемого процесса при неточных данных. К имитационному моделированию причисляется: агентное моделирование, метод Монте-Карло, системно-динамическое моделирование. Агентное моделирование используется для исследования децентрализованных систем – получаем представление о поведении системы и взаимодействии объектов в ней. При системно-динамическом моделировании строятся графические диаграммы причинных связей и влияний одних параметров на другие во времени – позволяет выявить причинно-следственные связи между объектами и явлениями, изучить свойства системы и оценить её восприимчивость к внешним параметрам. Метод Монте-Карло основан на получении большого числа реализаций случайного процесса, который формируется так, чтобы его вероятностные характеристики совпадали с аналогичными величинами решаемой задачи. Имитационные модели позволяют получить полез-

ную информацию об исследуемом объекте и процессах в условиях информационной неопределенности. Они применимы для первичного исследования свойств моделируемого объекта.

Модели экономического равновесия используются для комплексного описания социально-экономической системы. Синтез различных подходов позволяет построить адекватные модели, соответствующие реальному объекту.

Анализ подходов к прогнозированию показал, что для моделей, позволяющих проводить прогнозные расчеты, являются эконометрические методы и нейронные сети. Проведен анализ процессов моделирования и прогнозирования, рассмотрены основные методы прогнозирования показателей в сложных системах управления. Для построения комплексных моделей, позволяющих проводить прогнозные расчеты, наиболее подходящими являются эконометрические методы, нейронные сети и модели общего экономического равновесия.

Литература

1. *Сирота А.А.* Компьютерное моделирование и оценка эффективности сложных систем. – М.: Техносфера, 2006. – 280 с.
2. *Чикуров Н.Г.* Моделирование систем и процессов. – М.: Риор, 2015. – 312 с.

***В.В. Гольтяпин¹, Н.А. Кондратьева¹,
А.В. Глозов², Т.Н. Федорова³***

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

² Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия

³ Сибирский государственный университет физической культуры
и спорта, г. Омск, Россия

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ СИНДРОМА ОБСТРУКТИВНОГО АПНОЭ СНА С ПОМОЩЬЮ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

Цель работы – построение диагностической шкалы синдрома обструктивного апноэ сна посредством использования формулы Байеса на латентно-интегративных факторах. Статья посвящена проблеме выявления факторов прямо или косвенно оказывающих влияние на наличие у пациентов синдрома (СОАС) и использование найденных факторных значений в задаче распознавания образов. Актуальность связана с большой распространенностью заболевания, которая составляет 5–10 % во взрослой популяции и с возрастом увеличивается. В результате факторного исследования выявлены и проинтерпретируемы значимые факторы, которые будут использоваться для построения диагностической шкалы СОАС.

СОАС – это синдром, который характеризуется повторными эпизодами обструктивного апноэ, который сопровождается снижением насыщения крови кислородом и вызывающие нарушение нормальной структуры сна. Это обуславливает патологическое изменение систем организма и выраженную дневную сонливость.

Исследование проводилось на базе сомнологического отделения многопрофильного центра современной медицины «Евромед» (г. Омск) в рамках совместного научного сотрудничества. В нем приняли участие 254 пациента, у которых определялись зна-

чимые параметры, связанные с нарушением нормального функционирования верхних дыхательных путей, индекс дестурации и сатурации, и другие. Факторное исследование проводилось последовательно согласно ниже следующей схеме.

$$Y_{mn} \rightarrow Z_{mn} \rightarrow R_{mm} \xrightarrow{\lambda} A_{mr} \rightarrow V_{mr},$$

где $\mathbf{Y} = (y_{ij})$ – матрица исходных данных, $\mathbf{Z} = (z_{il})$ – матрица стандартизованных исходных данных, $\mathbf{R} = (r_{ik})$ – корреляционная матрица, λ – матрица собственных значений и \mathbf{U} – матрица собственных векторов матрицы \mathbf{R} , $\mathbf{A} = (a_{il})$ – матрица отображения, элементами которой являются факторные нагрузки, $\mathbf{V} = (v_{il})$ – факторная структура после варимакс вращения.

Далее в исследовании использовалось свойство ортогональности факторов в вероятностной задаче распознавания с применением Байесовского критерия для построения диагностической шкалы.

Известно, что Байесовский метод решения задачи распознавания состоит в вычислении условных апостериорных вероятностей и принятии решения посредством сравнения их значений. Такой подход обеспечивает минимум среднего риска и минимум ошибочных решений. Когда исходный объект \vec{y}_0 характеризуется n признаками y_i , $i = 1, \dots, n$, и признаки распознаваемого объекта принимают значения $y_1 = y_1^0, \dots, y_n = y_n^0$, вероятность того, что при осуществлении события $a_n = (y_1^0, \dots, y_n^0)$ объект относится к r -му классу, равна

$$P(\Omega_r / a_n) = \frac{P(\Omega_r) p_{Y_0 r}(y_1^0, \dots, y_n^0)}{\sum_{j=1}^k P(\Omega_j) p_{Y_0 j}(y_1^0, \dots, y_n^0)},$$

где n – количество параметров, k – количество классов, Ω_r – r -й класс, $P(\Omega_r)$ – априорная вероятность того, что объект, случайным образом выбранный из общей совокупности, окажется принадлежащим классу Ω_r , где $p_{Y_0 r}(y_1^0, \dots, y_n^0)$ – n -мерная плотность распределения объекта. Для нахождения $p_{Y_0 r}(y_1^0, \dots, y_n^0)$

используется ниже следующая формула перехода от n -мерной плотности распределения исходного объекта к r -мерной плотности факторного объекта

$$p_Y(y_1, \dots, y_n) = |U^T| \prod_{i=1}^n s_i^{-1} \prod_{k=1}^n \lambda_k^{-1/2} p_F(f_1, \dots, f_r).$$

где $p_{F_j}(\vec{f}_j) = p_{F_j}(f_{1j}, \dots, f_{nj})$ – n -мерная плотность распределения j -го факторного объекта, s_i – стандартное отклонение i -го параметра, λ_k – k -ое собственное значение матрицы R , а U^T – транспонированная матрица собственных векторов.

Н.Ф. Богаченко, Д.Н. Лавров, Т.Ю. Стуken

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

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СЛУЖБЫ ЗАНЯТОСТИ*

Эффективность реализации активной политики занятости на рынке труда оценена с помощью математической модели, учитывающей как причины снятия безработных с учёта (для завершённых периодов безработицы), так и услуги, оказанные им службой занятости (см. табл. 1, 2).

Функция эффективности работы службы занятости имеет следующий вид:

$$F = \alpha G - \beta R, \quad (1)$$

$$G = \frac{\sum_{i=1}^N w_i x_i}{\sum_{i=1}^N x_i}, \quad (2)$$

$$R = \frac{\sum_{k=1}^M v_k \sum_{i=1}^X u_{ik}}{\sum_{k=1}^M \sum_{i=1}^X u_{ik}}, \quad (3)$$

$$x_i \geq 0, \sum_{i=1}^N x_i = X, u_{ik} \geq 0, \sum_{k=1}^M u_{ik} \geq 1, u_k = \stackrel{def}{=} \sum_{i=1}^X u_{ik}.$$

Здесь x_i – число безработных с i -ой причиной снятия с учёта; N – число причин снятия с учёта; w_i – условная результативность или вес i -ой причины снятия с учёта; X – общее число

* Данная работа является продолжением исследования [1; 2], выполняемого при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-010-00489.

безработных; u_{ik} – число услуг вида k , оказанных i -ому безработному; v_k – условная трудоёмкость оказания услуги (вес услуги) вида k ; M – число видов услуг; $\alpha, \beta > 0$ – действительные нормировочные коэффициенты.

Таблица 1

Статистически значимые причины снятия с учёта [1]

<i>№</i>	<i>Причины снятия с учёта</i>
1	Самостоятельное трудоустройство
2	Профобучение
3	Трудоустройство по направлению службы занятости
4	Длительная неявка в органы СЗ без уважительных причин
5	Отказ от услуг
6	Общественные работы
7	Временное трудоустройство
8	Назначение пенсии
9	Субсидируемое рабочее место

Таблица 2

Услуги, оказываемые службой занятости [1]

<i>№</i>	<i>Услуги</i>
1	Временное трудоустройство
2	Другие услуги
3	Информирование
4	Общественные работы
5	Организация ярмарок вакансий
6	Профобучение
7	Профорientация
8	Психологическая поддержка
9	Самозанятость
10	Содействие в переселении в другую местность
11	Содействие в переселении для работы в сельской местности
12	Содействие в поиске работы
13	Сопровождение при содействии занятости инвалидов
14	Социальная адаптация

Построенная функция состоит из двух компонент. Первая компонента G оценивает результативность работы службы занятости. Для этого причинам снятия с учёта присвоены веса w_i . Величина G нормирована по числу обратившихся граждан с завершённым периодом безработицы (см. формулу (2)). Вторая компонента R является оценкой трудоёмкости или оценкой потраченных усилий на оказание всех видов услуг. Для этого услугам присвоены веса v_k . Величина R нормирована по общему числу оказанных услуг (см. формулу (3)). Функция эффективности работы службы занятости F вычисляется как взвешенная разность результативности и трудоёмкости (см. формулу (1)). Нормировочные коэффициенты могут быть оценены экспертами, а в простейшем случае равенства значимостей компонент оба коэффициента можно положить равными единице. Часть параметров определяется статистически из предоставленных службой занятости данных. Это x_i , N , X , u_{ik} , M . Например, $N = 9$, $M = 14$ (см. табл. 1, 2). Оставшаяся часть параметров x_i и v_k не может быть построена на основе статистического анализа и должна быть определена экспертами.

Литература

1. Богаченко Н.Ф., Лавров Д.Н., Стукен 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 [Электронный ресурс]: материалы Третьей Всероссийской научной конференции (Омск, 2–6 декабря 2019 г.). – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2019. С. 109–112. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

Л.А. Володченкова

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

МОЗАИЧНОСТЬ В КАТАСТРОФИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЛЕСНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

Лесные биоценозы, как правило, обладают более или менее выраженной пространственной структурированностью и сильной неоднородностью. Другими словами, леса имеют *мозаичную структуру* (рис. 1): в лесных биоценозах большинство видов растений заполняют свои места обитания весьма неравномерно, образуя скопления (пятна) и пустоты (gap).

Помимо компьютерных gap-моделей, описывающих мозаичность лесных насаждений, создаются и аналитические модели.

В работе [1] предложена аналитическая модель роста биомасса лесного биоценоза, учитывающая пространственно неоднородную структуру состояния лесной экосистемы, но не описывающую ее явно:

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{\partial}{\partial x} V(x, k, m, a, w), \quad (1)$$

где

$$V(x, k, m, a, w) = \frac{\alpha}{p+2} x^{p+2} + kx^4 + mx^3 + ax^2 + wx, \quad (2)$$

где $\alpha = \alpha_1 \dots \alpha_p$ – фактор, учитывающий p ярусов, k – фактор, учитывающий конкуренцию, m – фактор мозаичности (оконная динамика, gap), a – антропогенный фактор, w – влажность почвы. Отметим, что наличие конкуренции характеризуется неравенством $k < 0$, действенность оконной динамики – неравенством $m > 0$; вырубка лесов, пожары – неравенством $a < 0$, недостаток влаги – неравенством $w < 0$.

Нас интересовало, действительно ли влияет учет мозаичности в предложенной модели на продукцию биомассы?

Если да, то можно говорить об определенной действенности предлагаемой модели (1)–(2). Для того чтобы понять, как мо-

жет влиять фактор мозаичности m на продукцию биомассы, мы приводили имитации различных ситуаций, которые могут иметь место в лесу (см. рис. 2).

В качестве примера, приводим соответствующие имитации для решений модельного уравнения вида:

$$\frac{dx}{dt} = -6x^5 + x^3 + mx^2, a = w = 0, x(0) = 1, t \in [0, 20],$$

учитывающего только наличие конкуренции и степень мозаичности.

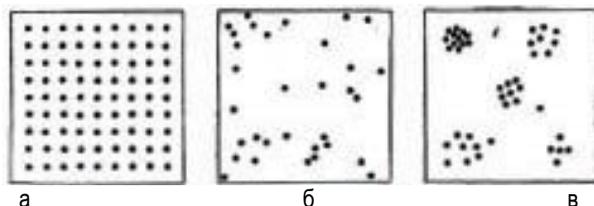


Рис. 1. Способы размещения деревьев в лесу:

а) регулярное распределение ($m < 0$), б) случайное (равномерное) распределение ($m = 0$), в) контактиозное (пятнистое, мозаичное) распределение ($m > 0$)

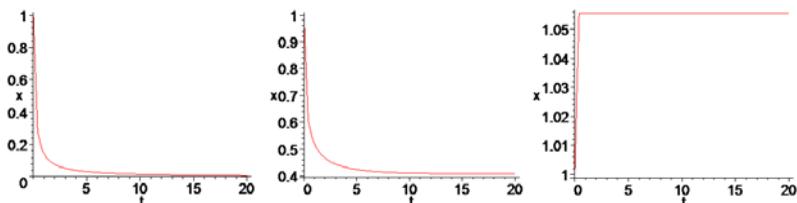


Рис. 2. Продукция биомассы в зависимости от типа пространственного распределения деревьев в лесу:

а) регулярное распределение ($m = -6 < 0$), б) случайное (равномерное) распределение ($m = 0$), в) контактиозное (пятнистое, мозаичное) распределение ($m = 6 > 0$)

Мы видим из графиков рис. 2, что модель (1)–(2) достаточно уверенно реагирует на значения фактора мозаичности лесной экосистемы при определении биомассы и отличает регулярное и мозаичное распределения деревьев в лесу.

Литература

1. Володченко Л.А., Гуц А.К. Кибернетика катастроф лесных экосистем. – Омск: Изд-во КАН, 2012. – 220 с.

А.Р. Лигай, О.А. Реутова

Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЫРЬЕВОГО ПУЛА УСТАНОВОК ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ

В современных условиях развития и модернизации процессов нефтепереработки и изменений рыночных предпосылок вопросы оптимизационного планирования выдвигаются на первый план. Основным инструментом, при составлении плана производства, выступают инженерные модели, разрабатываемые посредством специализированных программных продуктов, например продукты Aspen Technology Inc (HYSYS, RefSYS, PIMS и др.). Подобные модели находят применение не только для прогнозирования работы установок, но и при исследовании процессов нефтепереработки, режимов работы установки и т. п. [1]

На АО «Газпромнефть-ОМПЗ» функционируют две установки каталитического крекинга: КТ-1/1 и 43-103, общей производительностью по сырью 3500 тыс. тонн в год [2]. На 2021 год запланирован пуск комплекса глубокой переработки нефти (КГПН), в состав которого входит установки гидрокрекинга [3]. Предполагается возникновения дефицита сырья, в результате распределения общего сырьевого потока между установками каталитического крекинга и гидрокрекинга.

Цель данной работы – предложить вариант технологического решения, позволяющий оптимально функционировать при сценарии дефицита сырья. В связи со скорым пуском КГПН не рассматривались комплексные решения, требующие существенных капитальных и временных затрат.

Определение наименее эффективной установки происходит в результате анализа решения LP-модели в ПО Aspen PIMS. В качестве критерия выбрано минимальное ограничение по про-

В результате расчета основных показателей эффективности проекта $NPV > 0$, $PI > 1$, DPP в течении года, следовательно данное мероприятие экономически эффективно.

Литература

1. *Фуфаев А.Л., Козлов П.В., Писаревский Д.В.* Эффективность применения Aspen PIMS в процессах планирования ООО «Газпром Нефтехим Салават» // Газовая промышленность. – 2018. – № 4. – С. 72–74.
2. *Дмитриченко О.И., Дубков И. В., Бородин Е.В., Шаяхметова В.Ш.* Каталитический крекинга в Газпромнефть-ОМПЗ // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2010. – № 7. – С. 16–18.
3. Газпромнефть-ОМПЗ. – URL: <https://www.gazprom-neft.ru> (дата обращения: 27.04.2020).

Ю.В. Ковалев, А.С. Лях, В.В. Прудников, П.В. Прудников

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДАМИ МОНТЕ-КАРЛО ВЛИЯНИЯ АНИЗОТРОПИИ И ДЕФЕКТОВ СТРУКТУРЫ НА НЕРАВНОВЕСНОЕ КРИТИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ГЕЙЗЕНБЕРГА*

Трехмерная классическая модель Гейзенберга является одной из традиционных статистических моделей, используемых для описания фазовых переходов в самых различных спиновых системах, в частности, в таких переходных металлах как Fe, Co, Ni и их сплавах. Известно, что поведение систем вблизи температуры фазового перехода второго рода характеризуется медленной динамикой, так как время релаксации таких систем аномально растет с приближением к критической температуре. В результате, статистическая система при критической температуре не может достичь состояния равновесия в течение всего процесса релаксации. Неравновесное поведение системы демонстрирует в этом случае целый ряд необычных свойств: эффекты старения, память о начальных состояниях и нарушение флуктуационно-диссипативной теоремы [1].

В данной работе осуществлено численное Монте-Карло исследование влияния магнитной анизотропии типа легкая ось и дефектов структуры на неравновесное критическое поведение классической трехмерной модели Гейзенберга. Анализ временной зависимости намагниченности и автокорреляционной функции для изотропной модели Гейзенберга показал существенное влияние начальных состояний на релаксацию намагниченности и эффекты старения в поведении автокорреляционной функции, характеризующиеся аномальным замедлением релаксации и корреляции в системе с ростом времени ожидания.

* Работа поддержана РФФИ, проект № 20-32-70189, Минобрнауки РФ (соглашение 0741-2020-0002) и грантом МД-2229.2020.2 Президента РФ.

Исследование анизотропной модели Гейзенберга выявило, что в долговременном режиме поведение намагниченности и автокорреляционной функции характеризуется критическими показателями трехмерной модели Изинга с более быстрым временным спаданием автокорреляционной функции, чем для изотропной модели. Впервые для анизотропной модели Гейзенберга проведен расчет динамической восприимчивости и флуктуационно-диссипативного отношения при эволюции системы из высокотемпературного начального состояния.

Показано, что присутствие дефектов структуры при эволюции изотропной модели из низкотемпературного начального состояния приводит к аномально сильному замедлению автокорреляционной функции. Данные особенности в поведении автокорреляционной функции характеризуются эффектами «сверхстарения» и связаны с пиннингом доменных стенок на дефектах структуры в процессе неравновесного изменения доменной структуры системы. При эволюции из высокотемпературного начального состояния дефекты структуры приводят к усилению эффектов старения в режиме старения, а в долговременном режиме их влияние оказывается несущественным.

Показано, что для анизотропной модели Гейзенберга с анизотропией типа легкая ось присутствие дефектов изменяет характеристики неравновесного критического поведения при эволюции как из высокотемпературного, так и низкотемпературного начальных состояний. При эволюции из высокотемпературного начального состояния дефекты структуры в режиме старения приводят к усилению эффектов старения, а в долговременном режиме их влияние характеризуется изменением критических показателей неравновесного поведения со значениями, соответствующими структурно неупорядоченной трехмерной модели Изинга. При эволюции анизотропной модели из низкотемпературного начального состояния выявлено аномально сильное замедление автокорреляционной функции, обусловленными эффектами «сверхстарения».

Литература

1. Прудников В.В., Прудников П.В., Мамонова М.В. Особенности неравновесного критического поведения модельных статистических систем и методы их описания // УФН. – 2017. – Т. 187, вып. 8. – С. 817–855.

О.А. Горн, А.К. Гуц

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

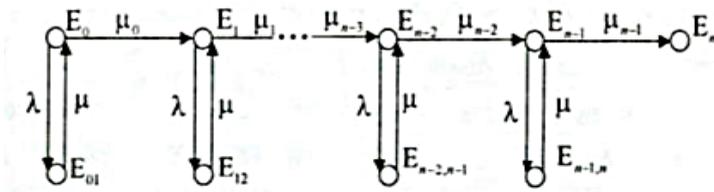
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОТОВНОСТИ ЛЕСНОГО ФИТОЦЕНОЗА К РИСКУ ВОЗГОРАНИЯ ПОСРЕДСТВОМ МАРКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ

Управления лесного хозяйства регионов осуществляют охрану лесов от пожаров (тушение пожаров), для чего организуют выполнение противопожарных мероприятий на землях лесного фонда. К противопожарным мероприятиям, определяющим готовность леса в противостоянии пожарам относятся: устройство противопожарных минерализованных полос; прочистка и обновление противопожарных минерализованных полос; эксплуатация лесных дорог, предназначенных для охраны лесов от пожаров; благоустройство зон отдыха граждан, пребывающих в лесах; установка и размещение стендов и других знаков и указателей, содержащих информацию о мерах пожарной безопасности в лесах; проведение профилактического контролируемого противопожарного выжигания хвороста, лесной подстилки, сухой травы и других лесных горючих материалов; иные мероприятия.

Предполагаем, что перечисленные мероприятия – это шаги $i = 1, 2, \dots, n$ в подготовке леса к противостоянию пожару. Очевидно, что любой шаг может быть не выполнен по вине людей или той или иной организации. Тогда называем это отказом системы защиты леса от пожара. Будем рассматривать процесс подготовки лесного фитоценоза к существованию в ситуации угрозы пожара в предположении, что возможности лесных хозяйств имеет конечную надежность – отсюда отказы, а люди, выполняющие противопожарные работы, так и восстановительные работы по завершению противопожарного мероприятия абсолютно надежны.

Обозначим E_i ($i = 0, 1, \dots, n$) – состояние лесного фитоценоза на i -м шаге процесса подготовки к противостоянию пожарам («подготовки к работе»); $\mu_i = \text{const}$ ($i = 0, 1, \dots, n-1$) – интенсивность выполнения i -й операции подготовки к противостоянию леса пожарам; E_{ij} ($i = 0, 1, \dots, n-1; j = 1, 2, \dots, n$) – состояние лесного фитоценоза на i -м шаге работ в случае отказа и соответственно возобновления мероприятия с последующим переходом к шагу j ; λ – интенсивность отказов подразделений системы подготовки к работе, а μ – интенсивность возобновления мероприятия после отказа.

Тогда поведение рассматриваемой системы подготовки леса к противостоянию пожару может быть описано (при условии марковского процесса) графом переходов на рис.



Граф переходов

Пусть $p_i(t)$ – вероятность нахождения лесной системы в состоянии E_i ($i = 0, \dots, n$); $p_{i,j}(t)$ – вероятность нахождения системы в состоянии E_{ij} ($i = 0, 1, \dots, n-1; j = 1, 2, \dots, n$). Тогда система подготовки к противостоянию пожарам описывается дифференциальными уравнениями Колмогорова для графа на рис. [1; 2, с. 128]:

$$\begin{aligned} p'_0 &= \mu p_{01}(t) - (\mu_0 + \lambda)p_0(t), \\ p'_k(t) &= \mu_{k-1}p_{k-1}(t) + \mu p_{k,k+1}(t) - [\mu_{k+1} + \lambda]p_k(t), \\ & \quad k = 1, 2, \dots, n-1, \\ p'_n(t) &= \mu_{n-1}p_{n-1}(t), \\ p'_{k,k+1}(t) &= \lambda p_k - \mu p_{k,k+1}. \end{aligned}$$

Решая эту систему с начальными данными $p_0(0) = 1, p_k(0) = 0, p_{i,j}(0) = 0, (k = 1, \dots, n; i = 0, \dots, n-1; j = 1, \dots, n)$, находим степень готовности леса к риску пожара

$$\Gamma(t) = 1 - \left[\sum_{i=0}^{n-1} p_i(t) - \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=1}^n p_{ij}(t) \right].$$

Первым автором разработано программное приложение, которое вычисляет это выражение [3,4].

Таким образом, мы продемонстрировали возможность использовать марковские процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем к описанию подготовки лесных фитоценозов к рискам возгорания.

Литература

1. *Потапов В.И.* Противоборство технических систем в конфликтных ситуациях: модели и алгоритмы. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2015. – 168 с.
2. *Венцель Е.С.* Исследование операций. – М.: Советское радио, 1972. – 550 с.
3. *Потапов В.И., Горн О.А.* Математические модели и программный комплекс для анализа функциональной готовности человеко-машинной динамической системы в конфликтной ситуации // Омский научный вестник. – 2016. – № 5 (149). – С. 136–146.
4. *Потапов В.И., Горн О.А.* Программа для решения задач оптимального управления противоборствующими подвижными объектами // Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 2014617425 от 22.07.2014 г. – М.: ФИПС, 2014.

Е.И. Федорова¹, Ю.Б. Никитин², А.С. Котюргина³

¹ Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского,

² Омский государственный медицинский университет,

³ Омский государственный технический университет,
г. Омск, Россия

МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ СТУДЕНТОВ ВУЗА

Переход на дистанционное обучение весной 2020 в связи с пандемией Ковид-19 привел не только к перестройке процесса обучения в вузах, но и новому дистанционному приему экзаменов. Преподаватели вузов в кратчайшие сроки овладели новыми для себя формами и методами ведения дистанционных занятий, контроля знаний, проведения экзаменов. Для анализа недостатков и преимуществ дистанционной формы обучения несомненную помощь может оказать сравнительный анализ результатов традиционной (очной) и дистанционной форм обучения.

В исследовании предпринята попытка провести такой анализ на примере результатов экзаменов в летние сессии 2017–2020 годов в Омском государственном университете и Омском государственном медицинском университете. Были рассмотрены результаты итоговой аттестации по математике, физике, информатике и статистике у более 3 000 студентов. В математико-статистической модели были использованы:

1. Описательная статистика результатов итоговой аттестации.
2. Проверка гипотезы о нормальном законе распределения результатов итоговой аттестации.
3. Проверка гипотез о равенстве математических ожиданий и о равенстве дисперсий результатов итоговой аттестации.

Построенные математико-статистические модели позволили сделать вывод о том, что результаты итоговой аттестации традиционной (очной) и дистанционной форм обучения в данных

вузах и по данным предметам могут быть рассмотрены как выборки из одной генеральной совокупности. Что позволяет говорить о соответствии в некоторых случаях результатов обучения при дистанционном и традиционном (очном) форматах.

**Секция
«Социокибернетика»**

УДК 316.472.4

О.А. Велько

*Белорусский государственный университет,
г. Минск, Беларусь*

**ГРАФЫ КАК ИНСТРУМЕНТ МОДЕЛИРОВАНИЯ
СОЦИАЛЬНЫХ ОТНОШЕНИЙ И ПРОЦЕССОВ**

Заметим, что в последние годы связь социологии и математики становится все более тесной и многоплановой. Потребности развития, как теории социальной коммуникации, так и ее экспериментальных и прикладных направлений требуют использования математических методов для описания и анализа тех явлений, которые она изучает, наблюдается стремление выражать законы социальной сферы в математической форме. Проникновение математических методов в социально-гуманитарную сферу, связанное, прежде всего с развитием экспериментальных и прикладных исследований, оказывает достаточно сильное влияние на ее развитие.

Социология, преследующая цель научной точности выводов, закономерно включает в свою исследовательскую практику математические методы, но их использование плодотворно лишь в той мере, в какой они отражают содержание социальных связей. Это обстоятельство делает актуальным изучение взаимодействия в структуре моделирования социологических и математических методов исследования.

Применение методов математического моделирования в социологических исследованиях и различных процессах природы и общества; а также изучение методов построения и анализа математических моделей с применением различных принципов идеализации, развивают коммуникативные компетентности и творческую самореализацию.

В основе решения многих прикладных социально–гуманитарных задач лежат методы математического моделирования. Умения корректно сформулировать вопрос на языке узких специалистов, адекватно интерпретировать полученные результаты с точки зрения науки, уточнить и скорректировать выстроенную математическую модель являются важнейшими в методологическом арсенале социолога.

В связи с этим одним из аспектов профессиональной подготовки студентов социально-гуманитарных специальностей является формирование знаний и умений по использованию метода математического моделирования. Типовая и учебная программы по дисциплине «Основы высшей математики» для специальности Социология [1; 2] содержат несколько важнейших разделов, охватывающих основные направления применения математических методов в социологии. В частности раздел «Основы математического моделирования в социологии» включает в себя такие темы как «Моделирование социальных процессов с помощью бинарных отношений», «Математические модели в экономике и социологии в виде систем линейных алгебраических уравнений», «Моделирование социальных процессов с помощью графов».

Остановимся более подробно на теме «Моделирование социальных процессов с помощью графов». Графы находят применение в социологии, антропологии, экономике, теории коммуникаций, социальной психологии и многих других сферах, где анализируются социальные сети. Элементы социальной структуры (люди, сообщества, группы) представляются в виде узлов графа, а отношения между ними (организационные, экономические зависимости, уровни принятия решений, коммуникации) представляются в виде рёбер, соединяющих вершины графа.

Неориентированные графы могут быть использованы для изображения симметричных (двусторонних) отношений между

объектами, например, отношения сотрудничества или дружбы между людьми. Пусть два человека имеют одинаковое увлечение, например, футбол. Таким образом, между ними существует взаимосвязь. Следует отметить, что в данном случае можем выделить два типа связи: 1) между человеком и интересом; 2) между двумя людьми, имеющими одинаковое увлечение. Эти связи удобно изобразить с помощью графа.

В последнее время широко используется граф интересов, который является онлайн представлением интересов любого человека, полученным на основе его активности в социальных сетях. Вершинами графа являются увлечения личности, также вершиной может быть профиль человека в социальной сети, ребра графа отображают взаимоотношения между вершинами графа. Таким образом, граф интересов помогает выяснить, чем человек интересуется, что покупает или хочет купить, куда и с кем хочет пойти, за чьими сообщениями в социальных сетях следит и т.д. Рассмотрим такой вид романтических взаимоотношений между тремя людьми как «любовный треугольник». Известно, что этот термин означает, что первый человек увлечен вторым, которому он безразличен, а второй увлечён третьим, которому безразличен второй, но он не равнодушен к первому. Таким образом, всех троих связывают взаимоотношения, которые можно изобразить при помощи графа.

Ориентированные графы могут быть использованы для изображения отношения порядка. Если $x > y$, то мы соединяем x и y ребром, идущим в направлении от x к y , а если x и y несравнимы, то ребра между ними нет. Таким образом, любые две вершины либо соединены ребром лишь в одном направлении, либо не соединены вовсе. Ориентированные графы удобны для изображения несимметричных (т.е. могущих быть односторонними) отношений. Например, любви, зависти, заботы, подчиненности.

Если рядом с каждым ребром графа записать соответствующую вероятность, то получим так называемый вероятностный граф. Вероятностные графы нашли практическое применение во всех областях, где нужно смоделировать сложные сети.

В настоящее время анализ экономических, социальных, политических явлений и процессов, прогнозирование тенденций их

развития невозможно представить без использования математических моделей. А графы являются наглядным инструментом моделирования социальных отношений и процессов.

Литература

1. *Ерovenko В.А., Мартон М.В., Велько О.А.* Основы высшей математики: типовая учебная программа для высших учебных заведений по специальности 1-23 01 05 «Социология» // Типовая учебная программа располагается в коллекциях: Кафедра общей математики и информатики. – 2019. – URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/218164>.
2. *Велько О.А., Моисеева Н.А.* Основы высшей математики: учебная программа УВО для специальности 1-21 02 01 Философия // Белорусский государственный университет. – Минск, 2019. – URL: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/237340> (дата обращения: 04.12.2019).

L. Bokati, O. Kosheleva, V. Kreinovich
University of Texas at El Paso, El Paso, Texas, USA

HOW TO EXPLAIN MONEY ALLOCATION IN “DICTATOR GAME”

What is Dictator Game. In this experiment, a person is asked to allocate a small amount of money – e.g., \$10 – between him/herself and a stranger with whom this person is randomly paired.

How money is allocated. Interestingly, when people are reminded of God – consciously or even subconsciously – they divide the given amount practically equally, so that each of them gets \$5.

However, without such a reminder, the average amount that a person gives to a stranger is \$2.60.

How can we explain this amount?

Our explanation. In general, the amount allocated to a stranger is smaller than the amount of \$5 corresponding to the “fair” division.

Based on this, we can conclude that this amount can take any value from interval $[0, 5]$. We have no a priori reason to believe that some values from this interval are more probable while others are less probable. It is therefore reasonable to conclude that all the values from this interval are equally probable.

In other words, we have a uniform distribution on the interval $[0, 5]$. The mean value of this uniformly distributed random variable is equal to the midpoint of this interval, i.e., to the value \$2.50.

This value is within small-sample estimation error of the observed result \$2.60.

Conclusion. Thus, the observed money allocation in the Dictator Game is indeed explained!

References

1. *Henrich J.* The WEIRDest People in the World: How the West Became Psychologically Peculiar and Particularly Prosperous, Farrar, Straus, and Girous, New York, 2020.
2. *Shariff A.F., Norenzayan A.* God is watching you: priming God concepts increases prosocial behavior in an anonymous economic game // *Psychological Science*. 2007. Vol. 18, № 9. P. 803–809.

S. Aguilar, V. Kreinovich

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

WHY QUANTILES ARE A GOOD DESCRIPTION OF VOLATILITY IN ECONOMICS

What is volatility. One of the main problems in economics is how to best invest money. Money can be invested in different financial instruments: stocks, bonds, derivatives, etc.

- For some of these instruments – e.g., for some bonds – we know exactly how much interest we will get in the next year.
- For other instruments, e.g., for stocks, we may gain a lot – or we may even lose, if the price of this stock goes down.

In economics, this unpredictability of gain is known as *volatility*.

Comment. Usually, the riskier instruments – i.e., instruments with higher volatility – provide better expected return: otherwise, why would someone invest in a riskier instrument if it is possible to invest in a less risky instrument with the same (or even better) expected return on investment.

How can we describe volatility in numerical terms. To make investment decisions, we need to be able to compare the risks of different instruments. For this, we need to be able to describe volatility in numerical terms.

Originally, volatility was described in terms of the standard deviation of the return. However, it turned out that standard deviation does not always adequately describe our intuitive idea of volatility; sometimes:

- instruments with higher standard deviations are perceived as less risky, and,
- vice versa, instruments with lower standard deviations are perceived as more risky.

It turns out that a better description of intuitive volatility is provided by *quantiles* of the distribution – i.e., the values x for which the probability that the return r is smaller than x is equal to some selected value p . For example:

- for $p = 1 / 2$, we get a median;
- for $p = 1 / 4$ and $p = 3 / 4$, we get quartiles, etc.

Comment. Quantiles are usually defined in terms of the *cumulative distribution function* (cdf) $F(x) = \text{Prob}(X < x)$, as the corresponding value $F^{-1}(p)$ of the inverse function.

Natural question: why quantiles? A natural question is: why namely quantiles – and not any other characteristics of a probability distribution – provide a description of volatility which is the closest to the intuitive understanding of volatility.

In this paper, we provide an explanation.

Main idea. In our explanation, we use the fact that the effect of money on a person's happiness is unusually nonlinear.

This fact is easy to explain:

- if you have no money at all, and you gain a dollar, you are happy, but
- if you already have \$1,000 and you gain one more dollar, you will barely notice the difference.

Psychological experiments show that this nonlinear dependence of happiness on money is somewhat different for different people.

How is this related to the intuitive idea of volatility? When people think of volatility, they think in terms of changes in their happiness level – which is related to money by some non-linear transformation.

So, what we want is a characteristic that would not change if we consider a different person, with a different non-linear function relating money and happiness level. In other words, as a volatility characteristic, we want to have a characteristic $c(X)$ of a random variable X (that describes possible gains) to have the following property:

- if the volatility characteristic measured in the money scale is $c(X)$,

- then for any monotonic re-scaling function $f(x)$, the volatility $c(Y)$ of a re-scaled variable $Y = f(X)$ should be equal to the same value $c(X)$ described in the new scale, i.e., we should have

$$c(f(X)) = f(c(X)).$$

This natural invariance requirement leads to quantiles. Let us show that this natural invariance requirement explains the appearance of quantiles. Indeed, it is known that if we have the cdf $F(x)$, then the variable $Y=F(X)$ is uniformly distributed on the interval $[0,1]$.

Let p denote the value of the desired characteristic $c(U)$ for the case when the random variable is uniformly distributed on the interval $[0,1]$. Since $F(X) = U$, we have $c(F(X)) = p$. Thus, the above invariance requirement takes the form $c(F(X)) = F(c(X))$, i.e., the form $p = F(c(X))$. By applying the inverse function $F^{-1}(z)$ to both sides of this equality, we conclude that $c(X) = F^{-1}(p)$.

This is exactly the quantile value that we tried to explain.

Conclusion. We have indeed explained why quantiles are the best description of intuitive notion of volatility.

М.А. Пешков, Д.А. Пешков, Я.А. Бекенева

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический
университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова,
г. Санкт-Петербург, Россия*

РАЗРЕШЕНИЕ КОНФЛИКТОВ ПРИ КОЛЛАБОРАТИВНОЙ РАБОТЕ

В последние годы большую популярность получили облачные хранилища, предоставляющие пользователям дополнительные платформы для редактирования хранимых данных. Определенные настройки позволяют получать доступ для редактирования разным пользователям. Такая функция является удобной для пользователей, но создает некоторые проблемы, которые необходимо решать разработчикам. При работе нескольких пользователей над разделяемыми данными, например текстом или JSON объектом, могут возникать конфликты. Конфликт – это состояние, возникающее при конкурентном изменении одних и тех же данных двумя или более пользователями.

В качестве простейшего примера, разделяемыми данными может выступать текстовый документ, который одновременно редактируется двумя пользователями с разных компьютеров. Каждый компьютер пользователя отображает его собственную версию документа. Чтобы такая система работала корректно, необходимо, чтобы между компьютерами пользователей происходила постоянная синхронизация, – изменения текста с компьютеров обоих пользователей объединялись, образуя конечную версию документа. Конфликтом в такой системе будет являться одновременное изменение обоими пользователями пересекающихся участков текста.

Существуют несколько подходов и алгоритмов для решения конфликтов.

Самым простым способом устранения конфликтов является их избежание. Например, при использовании репликации с

одним лидером, все записи идут через него, и затем реплицируются через лог репликации на все узлы, соответственно записи не могут конкурировать между собой. К сожалению, не всегда возможно избежать конфликтов.

Последняя запись выигрывает (LWW), – при использовании данного подхода каждой записи сопоставляется временная отметка (timestamp) и в качестве результата конфликтующих записей, выбирается запись с максимальной временной меткой. Минусом данного подхода является «перезапись» последним изменением одного пользователя изменения другого, что ведёт к потерям данных.

Операциональное преобразование (OT) – алгоритм, чаще всего используемый для обеспечения согласованности при совместном редактировании простых текстовых документов. Главным минусом данного подхода является необходимость в наличии одного центрального сервера для обработки всех действий клиентов [1].

Бесконфликтные реплицированные типы данных (CRDT) – это структура данных, которая может реплицироваться на несколько компьютеров в сети и позволяет гарантированно сойтись к одному значению, при любом количестве сбоев, не зависимо от структуры сети и без согласования между репликами [1].

Данная проблема решается многими компаниями и есть множество продуктов, основанных на коллаборативном взаимодействии.

Операциональное преобразование – используется в таких приложениях как Google Docs и MS Office Online.

LWW – в базах данных Riak, Cassandra.

CRDT – Riak, Tom Tom GPS, текстовый редактор Atom.

Одним из плюсов CRDT является работа без центрального сервера. Так, например, работает Atom, пересылая изменения напрямую между компьютерами пользователей. К недостаткам данного подхода относится возросшая нагрузка на компьютеры клиентов и в случае с web-приложениями ограничение на использование преимущественно одного языка программирования – JavaScript.

В данной работе предлагается решение проблемы с использованием CDRT в микросервисной архитектуре.

Микросервисная архитектура – вариант сервис-ориентированной архитектуры программного обеспечения, ориентированный на взаимодействие насколько это возможно небольших, слабо связанных и легко изменяемых модулей – микросервисов. Это помогает добиться независимости в разработке; использования разных технологий для сервисов; выделения разного количества ресурсов для сервисов, увеличивая мощность для высоконагруженных компонентов [2].

В случае с CRDT данная архитектура позволяет четко отделить сервис для работы с CRDT от остальных функций приложения и легко увеличить вычислительную мощность для сервиса.

Литература

1. *Kleppmann M.* Designing Data-Intensive Applications // O'Reilly Media. – 2017. – 613 с.
2. *Richardson C.* Microservices Patterns. // Manning, 2019. 522 с.

В.С. Шмаков

Институт философии и права СО РАН, г. Новосибирск

К ПРОБЛЕМЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ЛОКАЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ

Исследования устойчивого развития агропромышленного комплекса Российской Федерации и сельских территорий, опираются на социо-эколого-экономическом подход. В литературе анализируются способы, посредством которых сельские сообщества приспособляются к изменениям, вызванным внешними экономическими и социокультурными сдвигами, вследствие глобализации и других широкомасштабных трансформаций. Сельские локальные сообщества мы рассматриваем как открытую, равновесную, целостную социально-экономическую и социокультурную систему членов сообщества, объединенных общей территорией проживания, связанных экономическими, политическими, социокультурными, социально-психологическими, этническими и кровнородственными связями. Сообщество выступает как субъект управления, определяющий и защищающий общие интересы [1, с. 142].

Наши исследования развития современного села, с использованием кластерного анализа, позволяют определить дифференциацию сельских ареалов, построить типологии стратегий развития сельскохозяйственных регионов в условиях реформирования. Выделение в качестве критериев, таких факторов пространственной дифференциации как природные условия, социально-экономические ресурсы, демографический потенциал населения, транспортно-географическое положение, наличие рынков сбыта сельскохозяйственной продукции, позволяет выделить, в рамках единого сельского социально-экономического пространства, кластеры инновационный изменений АПК, что предопределяет формирование моделей развития сельских локальных сообществ.

Производственно-экономическое и социокультурное развитие села, формируется на основе развивающейся многоукладной экономики, в результате социально-экономической модернизации. В сельскохозяйственных регионах прослеживается кристаллизация своеобразного гибрида организационных структур, состоящего из различающихся социально-экономических форм.

1. Развивающиеся крупные сельскохозяйственные предприятия (агрохолдинги) играют основную роль в производстве товарной продукции.
2. Личные подсобные хозяйства (ЛПХ) сельских локальных сообществ выполняют вспомогательную роль в процессе адаптации жителей сельских сообществ к новым социально-экономическим условиям жизнедеятельности (обеспечение продуктами питания, частично реализуемые на рынке).

Рассматривая проблему моделирования современного развития сельских сообществ, определение перспектив развития, мы использовали имитационную многоагентную модель разного уровня детализации. Моделирование, с нашей точки зрения, является перспективным инструментом измерения социально-экономических явлений, количественной и качественной оценки последствий управленческих решений, их корректировке. Отбор объектов исследования и базисных данных производится с использованием алгоритма четырехэлементного стратегического анализа внешней среды – PEST-анализа. SWOT-анализ способствует изучению проблемной области. Сельские локальные сообщества выступают как социально-экономические агенты, непосредственно связанные с происходящими трансформационными процессами и вырабатывающие специфические формы социально-экономической адаптации. В симуляционном процессе случайным образом активируется агент, который выбирает состояние или действия из банка данных. При проведении вычислительных экспериментов изменяется один или несколько экзогенных параметров.

Сформулированные принципы моделирования сельских локальных сообществ (См., подробнее [2, с. 149]), дали основу для формирования типологии агентов в зависимости от размера получаемого дохода и количества членов домохозяйства.

В нашем случае, применение агентной модели анализа и прогнозирования стратегий поведения населения на локальном уровне позволило учесть местную специфику производственно-экономических и социокультурных условий, проследить ретроспективные закономерности, выявить генеральные тенденции производственно-экономического и социокультурного развития сельских локальных сообществ на перспективу.

Основные выводы.

1. Сформировавшийся в ходе реформ 90-х – начала 2000-х гг. симбиоз экономики «крупхозов» и мелкотоварного производства в лице личных подсобных хозяйств претерпевает значительные изменения, доходы от ЛПХ не способствуют поддержанию удовлетворительного жизненного уровня жителей села.

2. В процессе производственно-экономических и социокультурных трансформаций в АПК сформировалась инновационная модель развития, характеризующаяся активным типом социально-экономического поведения. Жители села становятся наемными работниками. Экономически модель базируется на экономике агрохолдингов и фермерства. В сельском хозяйстве прослеживаются процессы географической дифференциации [2, с. 105–106].

3. Происходит формирование новой социальной структуры сельского социума. Расслоение прослеживается по доходам жителей сельских локальных сообществ. выделяется на три основных доходных группы: среднего класса (5–7 %); балансирующие на грани бедности переходные группы (40–45 %); бедные слои (в пределах 50 %). Большую часть сельского социума составляют наемные работники и самозанятые в ЛПХ, включая неформальный сектор экономики и отходничество. Сельский средний класс состоит из «новых богатых» и преуспевающих мелких собственников, включающих в себя помимо фермеров, часть представителей сельских домохозяйств. Можно сказать, что это дифференциация классовая, сформировавшаяся в процессе приватизации колхозно-совхозной собственности, основанная на субъективно-личностном факторе, определявшем процессы приватизации. Выделенные типы дифференциации закрепляют стратификацию сельских социумов и обуславливают альтернативы сельского развития.

Для поддержания устойчивого развития АПК, с нашей точки зрения, необходима разработка механизмов стабилизации и поддержания социального равновесия в сельских локальных сообществах: обеспечение занятости населения села, развитие инфраструктуры, ликвидированной в процессе реформ 90-х гг., установление диалога хозяйствующих субъектов с жителями сельских сообществ.

Литература

1. *Шмаков В.С.* Сельские локальные сообщества: к методологии исследования // Сибирский философский журнал. – 2017. – Т. 15, вып. 4. – С. 135–146.
2. *Шмаков В.С.* Динамика социокультурной трансформации села: модели эволюции // Сибирский философский журнал. – 2020. – Т. 18, № 1. – С. 99–109.

А.В. Ганичева¹, А.В. Ганичев²¹ Тверская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Тверь, Россия² Тверской государственный технический университет,
г. Тверь, Россия**МОДЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО СПРОСА**

Для исследования мнений покупателей применяются методы непараметрической статистики, позволяющие обрабатывать не количественные, а качественные данные. Одним из таких методов является метод рангов Кендалла [1]. Рассмотрим его на примере изучения предпочтений покупателей. Имеются данные опроса покупателей одного из магазинов молочных продуктов города Твери. Покупателям разных возрастных категорий было задано два вопроса:

1. Довольны ли вы качеством творога?
2. Устраивает ли вас цена творога?

Систематизированные результаты ответов приведены в 1-4 столбцах таблицы.

Требуется определить, зависит ли мнение респондентов от их возраста.

Исходные данные и расчеты

№ п/п	Возраст (лет)	% положительных ответов		ран-жиро вание X%	ран-жиро вание Y%	R ₁	R ₂	R ⁺	R ⁻
		1 вопрос X%	2 вопрос Y%						
1	20-25	89	87	96	79,8	1	2	4	1
2	25-30	72	65	89	87	2	1	4	0
3	30-40	69,3	68	72	65	3	4	2	1
4	40-50	96	79,8	69,3	68	4	3	2	0
5	50-60	67	59	67	59	5	5	1	0
6	60-70	65	50	65	50	6	6	0	0

В пятом и шестом столбце таблицы приведены ранжированные по убыванию последовательности значений признаков X и Y соответственно. В столбце R₁ рассчитаны ранги значений признака X, в столбце R₂ – ранги резульативного признака Y (большему значению соответствует меньший ранг).

В столбце R⁺ для каждого значения Y подсчитывается количество следующих за ним в столбце R₂ значений Y с большими, чем у него рангами. В последнем столбце R⁻ для каждого значения Y подсчитывается количество следующих за ним в столбце R₂ значений Y с меньшими, чем у него рангами. Сумма чисел в столбце R⁺ (R⁺=13) рассматривается как мера соответствия последовательностей рангов X и Y. Сумма чисел в столбце R⁻ (R⁻=2) характеризует несоответствие последовательностей рангов по X и Y.

Вычисляется разность S = R⁺ – R⁻ = 11.

Ранговый коэффициент корреляции Кендалла τ определяется по формуле [2].

$$\tau = \frac{2S}{n(n-1)},$$

где n – число наблюдений.

Для рассматриваемого случая

$$\tau = \frac{2 \cdot 11}{6(6-1)} = \frac{22}{30} = 0,73.$$

Таким образом, для данного опроса ответы на вопросы в достаточной степени зависят от возраста респондентов.

Проверим гипотезу о статистической значимости рассчитанного коэффициента ранговой корреляции.

Для проверки гипотезы используется статистика

$$u = \tau \sqrt{\frac{9n(n-1)}{2(2n+5)}}.$$

Проверяется нулевая гипотеза о незначимости коэффициента ранговой корреляции H₀: τ = 0 при критическом значении

$$u_{1-\alpha} = \Phi^{-1}((1-\alpha)/2).$$

Правило принятия гипотезы имеет вид:

если $|u| \leq u_{1-\alpha}$, то гипотеза H_0 принимается; $|u| > u_{1-\alpha} - H_0$ отвергается (τ значим).

Для рассматриваемого случая при уровне значимости $\alpha = 0,05$; $n = 6$ имеем [3]

$$u = 0,73 \sqrt{\frac{9 \cdot 6 \cdot 5}{2 \cdot 17}} = 2,06 > 1,96 = u_{1-\alpha}.$$

Таким образом, на уровне значимости 0,05 (т. е. с доверительной вероятностью 0,95) можно считать, что ответы на вопросы зависят от возрастной группы респондентов.

Литература

1. *Кендэл М.* Ранговые корреляции М.: Статистика, 1975. – 216 с.
2. *Ганичева А.В.* Прикладная статистика: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2020. – 169 с.
3. *Ганичева А.В.* Математические модели и методы оценки бизнеса, имущества, интеллектуальной собственности. – Тверь: ЦННОТ, 2016. – 166 с.

А.В. Жалеева, А.С. Игнашина

Юргинский Технологический Колледж, г. Юрга

КИБЕРСПОРТ И ЕГО АКТУАЛЬНОСТЬ В ОБРАЗОВАНИИ

Киберспорт представляет из себя игровые соревнования с использованием компьютерных технологий, где компьютер моделирует виртуальное пространство, внутри которого происходит состязание. ИТ развивается семимильными шагами – гаджетов, девайсов множество, а как приложение к ним развиваются и виртуальные игры. Современные многопользовательские компьютерные игры позволяют состязаться людям друг с другом в реальном времени на виртуальной арене при помощи специальных девайсов. Киберспорт развивает координацию и интуицию, способность к концентрации.

7 июня 2016 года был опубликован приказ Министерства Спорта о включении Компьютерного спорта в реестр официальных видов спорта Российской Федерации. Это долгожданное событие для всех поклонников Компьютерного спорта, которое открывает следующие возможности:

- проведение официальных соревнований;
- возможность присвоения спортивных разрядов на основании спортивного рейтинга;
- разработка образовательных программ по подготовке судейского и тренерского составов.

Компьютерный спорт встал в один ряд с традиционными видами спорта, как футбол, хоккей или баскетбол. Это стало возможным благодаря многолетней деятельности Федерации Компьютерного спорта России по изучению, популяризации, организации и проведению соревнований по компьютерному спорту, а также в результате научно-исследовательской деятельности по подготовке спортсменов.

Тренировки в киберспорте называются «буткемп». Как правило, там команда отработывает стратегию, которую будет

использовать на предстоящем турнире. В киберспорте команды игроков традиционно называются кланами. Некоторые виды компьютерных игр, например Conter-Straike, созданы только для командного соревнования, другие же позволяют играть как в разmere «1x1», так и команда на команду.

Как и в каждом спорте, киберспорт содержит свои плюсы и минусы. С одной стороны, в нём действуют главные принципы любого спорта: чётко следуй правилам, и пусть победит сильнейший. С другой стороны, – чтобы победить, киберспортсмен не нуждается в особых физических способностях. Скорость реакции, стратегическое мышление, азарт – всё это спортсмен с приставкой кибер – реализует с помощью компьютера, подключённого к Интернету. В этом спорте могут проявить себя те, кто ни при каких обстоятельствах не победил бы в беге, плавании или даже гольфе. Больше того, это, видимо, единственный вид спорта, где не имеет значения гендерная принадлежность.

На первый взгляд, кибернетика и спорт – вещи совершенно несочетаемые. Однако и простое развлечение тоже не имеет особого смысла, если в нём нет места достижениям и состязательности. Киберспорт – профессия-хобби. Это значит, что всё начинается с увлечения какой-то онлайн-игрой, и лишь когда игрок достигает в ней заметных высот, спорт становится профессией. Киберспортсменов не готовят в специальных учебных заведениях. Свой профессионализм они оттачивают в виртуальных битвах, а лучшие из них зарабатывают вполне реальные деньги.

Данный вид спорта имеет большие преимущества. Во многих странах мира уже представлены вузовские программы подготовки игроков в ВУЗах – например, в киберспортивной академии Азиатско-тихоокеанского университета технологии и инноваций учат игре в LoL, Dota 2 и CS:GO, а также готовят комментаторов, менеджеров, организаторов турниров, тренеров, судей и психологов. В США более 20 университетов реализуют программы в сфере eSport, обучают команды игре в Overwatch, CS:GO, League of Legends, Rocket League и Hearthstone, выдают игрокам команд стипендии, открывают свои арены и участвуют в турнирах. Государственный исследовательский университет Майами в США с 2016 года проводит курс комплексного изучения киберспорта и

создает команды по 5 играм. В Великобритании университеты Йорка и Лестера с 2018 года готовят ивент-менеджеров и организуют стажировки.

В 2018 году Высшая школа экономики провела пробную полугодовую программу профессиональной подготовки «Управление киберспортом / E-Sports Management» при поддержке ФКС России, которую громко освещали в деловой прессе. На курсе преподавали эксперты-практики: среди них региональный директор Riot Games, генеральный секретарь International e-Sports Federation, представитель ESL. Слушатели должны были получить навыки для руководства киберспортивными проектами, изучать спортивные, юридические, маркетинговые и финансовые аспекты. Всего прошли обучение 15 человек, и новый набор в итоге пока не состоялся.

Образование в этой сфере набирает обороты.

Литература

1. *Ли Р.* Киберспорт. – М.: Эксмо, 2018.

Г.В. Ванькина, Т.О. Сундукова

*Тульский государственный педагогический университет
им. Л.Н. Толстого, г. Тула, Россия*

СОЦИОКИБЕРНЕТИКА: РЕКОНФИГУРАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЛАНДШАФТА

Стремительные темпы технического прогресса ускоряют преобразование существующей глобальной структуры в общество знаний, а новые многоуровневые и взаимосвязанные вызовы мобилизуют практиков и ученых переосмыслить свою систему мышления, чтобы соответствовать особенностям цифрового общества. Рассматриваемые проблемы часто носят многопараметриальный характер и не следуют традиционным схемам, что часто делает их непредсказуемыми. Обеспечение безопасности субъекта, государственная или частная, никогда не было более сложным, чем в эпоху гибридных угроз, когда информационные войны создают новые поля сражений на неизведанных территориях, в частности, в киберпространстве. Аналитики в современном обществе разрабатывают научные теории, где обосновывают методы работы с данными с целью одновременно отличать преобразованную информацию от реальной и соединять точки под давлением времени с ограниченными ресурсами, одновременно отслеживая любые потенциально возникающие проблемы.

Одним из возможных и актуальных решений этой задачи является переход к более системной перспективе, основанной на принципах традиционной кибернетической теории систем (системный фрейминг). Признавая разрыв в знаниях между реалиями на местах, меняющимися иногда мгновенно, потребностями аналитики и информационными потребностями лиц, принимающих решения для обеспечения безопасности предприятий или стран, возникла новая концепция – социокибернетика. Социокибернетика – это раздел кибернетики второго порядка, также известный как кибернетика наблюдаемых систем, применяемый в

социальных науках и способствующий более упорядоченному пониманию общественных процессов.

Проблемным аспектом для каждого аналитика, особенно в области социальных наук, является осмысление качественных данных и преобразование их в ценные знания объективным образом, без личных ошибок суждения или предубеждений. Такая проблема часто возникает из-за природы самой области, поскольку современные измерительные приборы не могут количественно оценить человеческое и социальное поведение теми же методами, как в исследованиях STEM. Общественные связи с течением времени множились как по вертикали, так и по горизонтали, ученые отмечали, что расхождения в исследованиях в области социальных наук становятся помехой и в других академических начинаниях, поскольку исследования теперь предполагают более согласованный подход к значимому воздействию. Актуальная в ближайшем будущем необходимость комплексного подхода к изучению различных социальных, политических или экономических явлений, по мнению исследователей [1; 2], требует применения принципов, используемых при изучении систем, к исследованиям в области социальных наук. Данный подход был встречен с первоначальным скептицизмом в шестидесятых годах XX века, когда уровень информационных технологий находился на ранней стадии развития, а многие отрасли науки, которые мы считаем жизненно важными сегодня, концептуально трансформировались с течением времени. Первое поколение, первый порядок или классический подход были сосредоточены на разработке систем, которые управляют интеллектуальными машинами, тем самым устанавливая ступеньки к общей автоматизации процессов и развитию теории информации. Второе поколение, второй порядок или современный подход ориентированы на создание новых методов, облегчающих управление самоорганизующимися и самореферентными процессами. Такая новая линия мышления впоследствии была приспособлена для поддержки социологии как науки. Точность социокибернетики была поставлена под сомнение в последние годы исследователями, которые опровергают идею о том, что живые организмы ведут себя так же рационально, как организованная система или как упорядоченная.

Социокибернетика не является единственным возможным систематизированным подходом, который мог бы предложить поддержку аналитикам, в частности, необходимо взаимодействие с другими разделами, анализирующими аналогичные понятия, относящиеся к поведению агентов в сложных системах, например, теории катастроф, хаоса или сложности. В настоящее время такой научный подход часто используется при анализе социальных сетей и связей между акторами. Положительным опытом в данном вопросе можно считать создание Eurasia Group egX-платформы, которая автоматизирует мониторинг и сбор данных, связанных с геополитическими рисками. Благодаря такой платформе невозможно заменить человеческий элемент интерпретации для полного анализа, но можно значительно сократить общее время, необходимое аналитику для доставки конечного продукта лицам, принимающим решения, управляя значительной частью потока данных.

Смещая точку зрения в сторону междисциплинарного, комплексного подхода, можно легче связать внешне несопоставимые события и получить ценное представление о стратегических целях исследуемой стороны за более короткий промежуток времени, что особенно актуально в эпоху асимметричной войны, гибридных, многоуровневых тактик, нацеленных на ослабление сплоченности и стабильности общества. Сокращение времени отклика на выявленную проблему имеет решающее значение в эпоху высокоскоростного интернета, в котором любая информация может быть распространена с разными целями в считанные секунды.

Литература

1. *Almaguer-Kalixto P.E., Giglietto F.* Steering the world from where we are: An introduction to the sociocybernetics perspective // *Current Sociology*. – 2019. – Т. 67. – №. 4. – С. 479–494.
2. *Hornung B.R.* The challenges for sociocybernetics // *Current Sociology*. – 2019. – Т. 67. – №. 4. – С. 511–526.

В.А. Филимонов

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

ПРОТОТИП СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ

Ситуация бессилия. Ни учёные, ни астрологи не берутся делать прогнозы, и даже утверждать, что они предсказывали что-то похожее на пандемию 2020 г. Системы поддержки решений никого не поддержали, равно как и ситуационные центры. Из информационных систем чётко работает только система отслеживания граждан (пропуска, покупки и т. п.).

Дистанционный коллапс. Преподаватели школ и вузов столкнулись с клубком проблем при организации процессов дистанционного образования. В социальных сетях имеется масса информации на эту тему. Дополнительно отметим проблемы типа «*сервер упал из-за перегрузки*». Близкий пример – почта организации, где работает автор (автор удалил вручную 17К писем спама из своего почтового ящика на сервере).

Наука на дистанции. Аналогичные проблемы возникли в научных организациях. В качестве курьёза рыночной экономики можно отметить активность Российской академии естествознания (РАЕ), которая запустила десятки проектов платных публикаций, конференций, конкурсов и наград, включая собственную премию имени А. Нобеля.

Анализ Н. Талеба. Одним из наиболее компетентных аналитиков, применительно к рассматриваемой ситуации, является Нассим Талеб: финансовый аналитик из США, автор известных книг «Чёрный лебедь», «Антихрупкость» и «Рискуя собственной шкурой». Существующую мировую систему науки он называет «*советско-гарвардской школой*» и констатирует её полный отрыв

от реальной жизни. Им сформулированы фундаментальные принципы учёта асимметрии рисков и «антихрупкости» как способности систем повышать живучесть в критических ситуациях за счёт адаптации.

Анализ В.Н. Крючкова. Хорошим примером анализа реальной ситуации является монография В.Н. Крючкова [1]. Автор, в частности, рассматривает то, что редко делают разработчики моделей, методов и систем поддержки принятия решений: восприятие пользователем результатов моделирования и их интерпретаций. В этой связи упомянем реакцию новосибирских математиков на указание на неработоспособность предложенной ими модели распространения COVID-19: *«Модель правильная, просто люди ведут себя неадекватно».*

Способ прототипирования. Автор тезисов считает, что предложенный им подход «4К» (коллективный, когнитивный, конфигурационный, конвергентный) [2], включая его компоненты, такие, например, как [3–5], может быть в существующих условиях использован для прототипирования при создании технологий коллективной работы, в том числе дистанционной.

Почему подход «4К» относится к теме публикации. Насколько известно автору, только в этом подходе участники обсуждения, разработки, проектирования, экспертизы, форсайта и т. п. мероприятий могут формировать и наблюдать когнитивные образы собственной деятельности (типа фейкодеров [4]), её результатов и вариантов последствий предлагаемых решений. Иными словами, каждый участник коллективной работы имеет образ своей репутации, а также знает, что этот образ доступен всем остальным участникам. Напомним, что участвовать в работе можно и под определённой маской, однако и в этом случае ошибки и бессодержательность обнаруживаются достаточно легко. Уточним, что критерии репутации отличаются от таких характеристик, как ПРНД (показатель результативности научной деятельности), критериев системы «ИСТИНА» МГУ и аналогичных.

Что виновато и кто делает. Автор поддерживает приведённую модификацию классических вопросов, предложенную американским специалистом в области управления доктором Э. Демингом. В настоящее время он занимается разработкой

инструментов для реализации подхода «4К» в двух школах и двух вузах г. Омска, а также в нескольких вузах г. Владивостока. Результаты, как положительные, так и отрицательные, оперативно докладываются на конференциях и публикуются, в основном на портале ResearchGate <https://www.researchgate.net>.

Литература

1. *Крючков В.Н.* Уравнение Ван-дер-Ваальса в экономике и политологии. – М.: Русайнс, 2020. – 92 с.
2. *Филимонов В.А.* Конфигуратор технологий коллективной работы для виртуальных ситуационных центров // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Информатика и вычислительная техника»: сб. статей II Всеросс. науч.-техн. конф. Федеральное государственное автономное учреждение «Военный инновационный технополис “ЭРА”». – Анапа, 2020. – С. 126–131.
3. *Филимонов В.А.* БАРТЭКС: Быстрый и простой анализ результатов индивидуального тестирования в Эксель // ResearchGate. DOI: 10.13140/RG.2.2.21688.29442.
4. *Филимонов В.А.* Применение простого конструктора «4 уровня» для обеспечения научной новизны публикаций // ResearchGate. DOI: 10.13140/RG.2.2.24636.90240.
5. *Филимонов В.А.* Искусственный интеллект-2030: взгляд из-под ЗОНТа-2019 // Математическое и компьютерное моделирование: сб. материалов VII междуна. науч. конф. – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2019. – С. 74–75.

В.С. Смирнов, И.А. Петренко

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

ПРОЦЕСС ТРАНСФОРМАЦИИ ТИПА СОЦИАЛЬНОГО ХАРАКТЕРА ЛИЧНОСТИ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

Процесс трансформации личности человека в объект инвестирования и торговли, ценность которого напрямую определяется его меновой стоимостью, интенсифицировался в результате перехода общества от индустриального типа к информационному, что привлекло научное внимание психолога и философа Эриха Фромма, концепции и теории которого остаются актуальными на сегодняшний день. Цель данной статьи заключается в интерпретации концепции «рыночной» ориентации личности Эриха Фромма применительно к современному обществу.

При написании данной статьи был использован метод теоретического анализа научных трудов Эриха Фромма: «Бегство от свободы», «Иметь или быть?», «Человек для самого себя», «Душа человека», который позволил разложить его теорию на отдельные элементы, дальнейших анализ которых позволил сделать вывод об их действительном соответствии современному обществу.

Объективный процесс перехода человеческого общества от одного качественного состояния к другому тождественен понятию социальной эволюции. Другими словами, общество совершило огромный скачок, перейдя от индустриального типа к информационному. Указанный феномен, несомненно, повлек за собой ряд коренных преобразований во всех сферах общественной жизни – культуре, труде, экономике, политике, социальных отношениях. Сущность человека начинает самопроизвольно реорганизовываться в соответствии с доминирующими социальными установками современного общества. Под эгидой указанных факторов происходит процесс активного формирования нового типа

социального характера личности – личности «рыночной» ориентации. Данный термин был введен в научный оборот Эрихом Фроммом. Перед тем, как давать субъективную оценку о соответствии человеческой действительности указанному типу социального характера, необходимо как можно подробнее проанализировать его природу и экстраполировать позитивные и негативные черты на социальные и экономические ценности современного общества.

Как говорилось выше, социальные установки, господствующие в обществе, напрямую влияют на процесс формирования социального характера личности. Эрих Фромм в своей книге «Бегство от свободы» отмечает, что преобладающая часть черт характера человека зиждется не на физиологической основе, а является проявлением его социальной породы и имеет приобретенный характер [1, с. 31]. Отмеченная Фроммом особенность позволяет сделать справедливый вывод о прямом влиянии социума на процесс формирования основных черт социального характера человека.

Эрих Фромм в своем труде «Иметь или быть?» давал «рыночной» ориентации следующую характеристику: «Я назвал это явление рыночным характером, потому что в этом случае человек ощущает себя как товар. Живое существо становится товаром на “рынке личностей”» [2, с. 165]. Иными словами, понятие «рыночной» ориентации тождественно некой психологической установке, направленной на сознательное отношение человека к себе, как к абстрактному набору личностных качеств, которые направлены на стремление к максимизации величины меновой стоимости на «рынке личностей». Отношение к другим людям аналогично формируется через призму коммерческой выгоды и функционирования рыночного механизма.

Развивая мысль Фромма о том, что индивидуум подвергается процессу вхождения на «рынок личностей» под видом товара, перманентной целью которой является максимально выгодный обмен себя на рынке [3, с. 90] справедливо провести параллель в современное общество, каждый член которого стремится занять высокое положение в социальной структуре посредством высокооплачиваемой работы, престижного образования, объема власти и качественного образования.

Продолжая идею Карла Маркса об отчуждении труда, Эрих Фромм в своей книге «Душа человека» констатирует, что произошедшая в общественной системе трансформация социально-экономических факторов явилась следствием тотального и всеобъемлющего отчуждения труда среди пролетариата [4, с. 398]. «Белые воротнички», лишённые орудий и средств производства, вынуждены предлагать себя на «рынке личностей», законы функционирования которого идентичны законам функционирования товарного рынка. Материальное благополучие «товаров» в лице работников на «рынке личностей» прямо пропорционально величине спроса на этом рынке со стороны «покупателей» - других участников «рынка личностей».

Чертами «рыночной личности» Фромм называет *неразборчивость в социальных связях, бесцельность, эмоциональную опустошенность* [2, с. 166–167]. На наш взгляд, недопустимо рассматривать критерий неразборчивости в социальных связях как проявление пониженной социальной ответственности человека. Напротив, неразборчивость «рыночного» архетипа может привести к «положительному» результату. Личность «рыночной» ориентации в своём непосредственном социальном кругу видит потенциальных «покупателей», при непрерывной коммуникации с которым, можно получить выгоду, продав себя в качестве «товара».

То, что воспринимается под бесцельностью в классическом варианте, аналогично является антитезой к бесцельности «рыночного» типа социального характера. Отмеченная противоречивая ситуация зиждется на абсолютном множестве низменных целей, в бесконечной гонке за которыми, теряется философский критерий любой деятельности – осмысление жизни со стороны прекрасного. Личности с «рыночной» ориентацией не свойственно психологическое самоистязание себя философскими и религиозными догмами с целью поиска смысла жизни. Его смысл – это бесконечное движение вперёд. «Рыночный» архетип, с присущей ему структурой психики, блокирует определенную группу эмоций, которая, по его мнению, мешает ему функционировать в соответствии с механизмом «рынка личностей». Действуя на рассудочном уровне и избегая любых привязанностей, которые, не вписыва-

ются в рамки концепции «рыночной» ориентации, человек, подобно роботу, выполняет функции, которые предписаны ему его «меновой стоимостью». Описанный процесс является содержанием понятия эмоциональной опустошенности.



*РЛ – «Рыночная» личность Эриха Фромма.

Рис. 1

Метод теоретического анализа позволил нам разложить теорию Фромма на отдельные элементы, специфика которых отражена в уникальной диаграмме, трактующей единство всех элементов теории как отправной точки личности «рыночной» ориентации. В случае отвержения хотя бы одного элемента теории, понятие «рыночной» ориентации становится невозможным для применения по отношению к человеку. Вызванный диссонанс, скорее, составляет основу феномена дихотомии личности.

Теория «рыночной» ориентации личности Фромма остаётся актуальной на сегодняшний день, подтверждение чего можно найти в окружающей нас социальной действительности современного общества.

Литература

1. *Фромм Э.* Бегство от свободы. Человек для себя / пер. с англ. – М.: АСТ, 2006. – 571 с.
2. *Фромм Э.* Иметь или быть? Ради любви к жизни / пер. с англ. П.С. Гуревича. – М.: Айрис-пресс, 2004. – 384 с.
3. *Фромм Э.* Человек для самого себя. Исследование психологических проблем этики / пер. с англ. Э. Спириной. – М.: АСТ, 2010. – 352 с.
4. *Фромм Э.* Душа человека / пер. с англ. Т.В. Панфилова, Т.И. Перепелова. – М.: Республика, 1992. – 430 с.

А.Б. Барзеева, М.В. Озерова

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

МАКДОНАЛЬДИЗАЦИЯ ОБЩЕСТВА СКВОЗЬ ПРИЗМУ СЕМЕЙНЫХ ОТНОШЕНИЙ

Не каждый человек размышляет о том, каким образом механизмы потребления влияют на нашу жизнь. Большинство людей вкладывают в понятие «макдональдизации» лишь одноименную корпорацию ресторанов быстрого питания.

Но стоит осознать, что макдональдизация – процесс, основанный на принципах эффективности, просчитываемости, предсказуемости и контроля, благодаря которым организация добивается успеха. Нашу жизнь поглощают не гигантские бургеры с двойной порцией картошки, а подмена качества количеством. Не что иное, как квантификация, преобладает в современной системе здравоохранения, образования, спорте, политике и даже телевидении.

Соответственно, исследование Дж. Ритцера не просто актуально, оно метко вписывается в ритм изменений современного общества, относя его к обществу потребления.

Автор развивает свою концепцию на основе теории «формальной» рациональности М. Вебера. Основное отличие в теориях этих ученых – в примерах, с помощью которых рассматривается рационализация. Для Вебера – это принципы организации и деятельности западной бюрократии, в то время как для Ритцера – организация массового потребления в современном мире.

Дж. Ритцер писал не о «Макдональдсе» как таковом, и даже не об индустрии ресторанов быстрого питания. Он рассматривал их в совокупности как пример и парадигму процесса широкого масштаба, который и назвал «макдональдизацией». «У нее налицо все признаки крайне безжалостного процесса, сметающего на своем пути все казавшиеся неуязвимыми институты и подминающего под себя все области» [5, с. 52].

Макдональдизация – процесс, в ходе которого принципы работы ресторана быстрого обслуживания начинают определять все большее и большее число сфер как американского общества, так и остального мира... макдональдизация затрагивает не только ресторанный бизнес, но и образование, труд, здравоохранение, туризм, отдых, питание, политику, семейные отношения и буквально каждый другой сегмент общества [6, с. 30].

В первую очередь, из-за популяризации ресторанов фаст фуда многие люди стали забывать о таком понятии как «семейный ужин». Возвращаясь к истокам культуры трапезы, стоит отметить, что процесс приема пищи всегда сопровождался коммуникацией ее участников. К примеру, античный пир можно рассмотреть как предпосылку формирования греко-римской цивилизации. За столом была возможность стать свидетелем зарождения и демонстрации социальных связей, заключения перемирий, создания замыслов империи. Ксенофон (VI в. до н. э.) описывал пир с помощью определенного ритуала, который начинался со священной песни и возлияния в честь богов [7, с. 87]. Семейный ужин предполагает неспешные разговоры о том, что беспокоит каждого члена семьи. Кроме того, существование подобных ресторанов дает возможность подросткам провести ужин вне дома, оставив остальную часть семьи. Так же нельзя не упомянуть о легендарных «проездных окошках», которые во многом ограничивают семейный ужин. Вместо привычного приема пищи за столом семья наспех жует в машине, как правило, по пути куда-либо, при этом определенно теряя драгоценные минуты общения.

В современном обществе существует множество рассуждений на тему распада института семьи, однако именно рестораны фаст фуда внесли в него значительный вклад. Многие семьи прекратили собираться вместе на обед, затем на завтрак, а теперь эту же участь ждет ужин. Теперь, даже дома он проходит не так, как раньше. Люди подсознательно следуют модели «Макдоналдса», пытаясь как можно быстрее перекусить и бежать дальше. В то же время, исходя из принципов макдональдизации, люди считают простое потребление пищи неэффективным и стремятся делать что-то параллельно: читать новости, смотреть телевизор, играть в компьютерные игры и так далее, что определенно пагубная тен-

денция как для здоровья, так как пища не усваивается, так и для коммуникации внутри семьи.

Одна из главных технологий разрушения семьи, как ни странно, – микроволновая печь. Раньше люди были готовы потратить несколько часов на приготовление блюд для всей семьи, в то время, как сейчас делается упор на скорость. Это позволяет членам семьи есть в разных местах в любое время и поодиночке. Отказ от полноценного создания блюда и переход к банальному «облучению» разрушает традиции института семьи.

Тем не менее, трапеза – не единственный аспект жизни семьи, попавший под воздействие макдональдизации. К примеру, многие молодые родители теперь не читают детям сказку на ночь, а прибегают к использованию аудиозаписей. С одной стороны, это также развивает образное мышление детей, экономит время уставших на работе родителей, но с другой стороны, это может привести к расстоянию между ребенком и родителями.

Говоря о ключевых аспектах семейной жизни, нельзя не рассмотреть репродуктивную функцию. Вы удивитесь, но макдональдизация проникла и сюда. Современные технологии настолько ушли вперед, что процесс зачатия ребенка может быть абсолютно контролируемым. В начале 1970-х годов была разработана технология, позволяющая заранее предопределить пол будущего ребенка. Она заключалась в фильтрации семя белком, которым впоследствии искусственно оплодотворяли женщину. Таким образом, в современном обществе ребенка можно выбрать, словно модель автомобиля. Превращение ребенка в «продукт» не сулит ничего хорошего институту семьи и его традиционным ценностям. Как следствие, обществу грозит дегуманизация рождения. Безусловно, мы в данный момент находимся лишь на начальной стадии макдональдизации зачатия, но сама мысль о такой перспективе ужасающа.

Резюмируя все вышеприведенное, налицо вывод: институт семьи претерпевает модернизацию, которая сопровождается утратой привычных ценностных ориентиров и традиций. В какой-то степени, это облегчает жизнь в современном обществе потребления, так как позволяет по максимуму удовлетворять свои потребности. С другой стороны, упор на эффективность и повсе-

местный контроль пугает, ведь человек постепенно превращается в «продукт», который, по сути, сам и создает.

Литература

1. *Гречко П.К.* Современность, или какая нынче эпоха на дворе? // *Власть.* – 2012. – № 5. – С. 185–187.
2. *Дмитриев Т.А.* Осовременивая Макса Вебера: Макдональдизация, новые средства потребления и современная социальная теория // *Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены.* – 2011. – № 7 – С. 4–56.
3. *Кравченко С.А.* Социология модерна и постмодерна в динамически меняющемся мире. – М.: МГИМО-Университет, 2007. – 264 с.
4. *Платонова С.И.* Постмодернистские социальные теории: Социально-философский анализ // *Теория и практика общественного развития.* – 2013. – № 5. – С. 43–46.
5. *Ритцер Дж.* Макдональдизация общества 5. – М.: Праксис, 2011. – 591 с.
6. *Сидоренко И.Н.* Альтернативные модели модернизации // *Труды БГТУ. Серия 6: История, философия.* – 2009. – № 2. – С. 28–30.
7. *Соболева А.П.* Символические функции еды в современной политике // *Власть.* – 2013. – № 12. – С. 87–90.

А.К. Гуц

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

КВАНТОВАЯ СОЦИОЛОГИЯ, СОЦИАЛЬНАЯ СЦЕПЛЕННОСТЬ (ЗАПУТАННОСТЬ) И ВНЕШНИЙ МИР

Весь трехмерный мир – это всего лишь иллюзия, информация, закодированная на двумерной поверхности.

Марк Ван Раамсдонк

Квантовая социология исходит из того, что квантовые свойства частиц *A* и *B* свойственны социальным объектами. Это дает социологу, по меньшей мере, новый язык, на котором он описывает поведение социальных объектов и социальные явления.

Появляется возможность говорить о сцепленности (запутанности) двух социальных объектов, которая говорит о том, что изменения, претерпеваемые одним объектом, *мгновенно* откликаются некоторым изменением состояния другого объекта. Это неклассическое (немеханическое), неньютоновское и неэйнштейновское взаимодействие открывает неожиданные перспективы, как в описании социальных действий, так и в описании воздействия социального сознания на структуру Внешнего Мира, который при классическом механическом описании был практически суверенен по отношению к человеческим мыслям.

В последние годы в квантовой физике развиваются идеи так называемого AdS/CFT – соответствия [1], согласно которому взаимодействие квантовых объектов на *абстрактной* конформной бесконечно удаленной границе Внешнего мира мгновенно сказывается на структуре Внешнего мира. В частности сцепленность объектов на границе гарантирует связность (целостность) Внешнего мира, и, наоборот, потеря сцепленности влечет распад Внешнего мира на куски [1–3].

Сцепленность – информация об общем состоянии объектов. Информации без ее осознания не бывает. Следовательно, некоторая информация в умах людей – социальных объектов – говорит о сцепленности умов. Формально эта сцепленность представляется согласно теории Хамероффа-Пенроуза [4] квантовыми состояниями табулинов (димеров) в микротрубочках нейронов головного мозга (рис. 1). Абстрактное пространство мыслей людей вполне может быть частью абстрактной конформной границы Внешнего мира. Иначе говоря, мы мыслим, строим единое земное общество, и, как результат, Внешний мир меняется, и как подсказывает нам теория квантовой сцепленности, гораздо более радикально, чем мы это можем думать, опираясь на классические механистические представления (рис. 2).



Рис. 1. Квантовые состояния микротрубочек



Рис. 2. Мир из мыслей: коллективный разум создает Мир посредством голографии

Мы предполагаем, что запутанность людей основана на физических конструкциях. В ином, более мягком изложении квантовой социологии социальная запутанность людей осуществляется через общие социальные институты, такие как, например язык. На наш взгляд это является шагом назад и обрекает квантовую социологию на поверхностные изменения, не затрагивающими серьезно основу социологии.

Литература

1. *Maldacena J.* TASI 2003 lectures on AdS/CFT. URL: <https://arxiv.org/abs/hep-th/0309246v5>.
2. *Van Raamsdonk M.* Building up spacetime with quantum entanglemen. URL: <https://arxiv.org/pdf/1005.3035v1.pdf>.
3. *Ryu S., Takayanagi T.* Holographic Derivation of Entanglement Entropy from *AdS/CFT*. URL: <https://arxiv.org/abs/hep-th/0603001v2>.
4. *Пенроуз Р.* Тени разума. М.: Институт компьютерных исследований, 2005

**Секция
«Компьютерные науки
и информационная безопасность»**

УДК 004.89

Н.М. Лыченко, А.В. Сороковая

*Институт машиноведения и автоматики Национальной академии наук
Кыргызской Республики, г. Бишкек, Кыргызская Республика*

**ПРОГНОЗ ИНДЕКСА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА КАК ЗАДАЧА
КЛАССИФИКАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

В связи с продолжающейся урбанизацией и индустриализацией современного мира в последнее время все большее внимание уделяется исследованию процессов загрязнения воздуха и предотвращению опасной концентрации вредных примесей в приземном слое атмосферы. Основными загрязнителями воздуха в городских районах являются диоксид углерода (CO₂), оксид углерода (CO), диоксид азота (NO₂), оксид азота (NO) и твердые частицы PM_{2.5}, PM₁₀. Наиболее опасным фактором загрязнения воздуха являются PM_{2.5} или твердые частицы диаметром до 2,5 микрон. В качестве интегрированного показателя загрязненности атмосферного воздуха в мире принято использовать индекс качества воздуха (Air Quality Index, AQI) [1].

Для Кыргызстана, и, в частности, для г. Бишкек проблема загрязнения атмосферного воздуха стоит крайне остро и построение прогностических моделей на основе актуальных для данной местности данных – важная задача. Зная потенциальную картину загрязнения воздуха, можно предпринимать упреждающие дей-

ствия: ограничить выбросы основных источников загрязнения воздуха (таких как угольные предприятия, например) до тех пор, пока показатели степени загрязнения не опустятся до приемлемых значений.

Универсальных моделей для прогноза AQI быть не может, поскольку в них необходимо учитывать региональные природные, экономические, антропогенные и климатические особенности территории. В настоящей работе задача прогноза индекса качества воздуха AQI рассмотрена как задача классификации в зависимости от метеорологических факторов (метеофакторов), соответствующих определенным уровням AQI.

Математически задачу классификации можно сформулировать следующим образом [2]. Дано множество описаний объектов X и множество номеров (наименований) классов Y . Описание объекта $x \in X$ представляет собой вектор признаков $x = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x))$, называемый признаковым описанием объекта x . Существует неизвестное отображение $y': X \rightarrow Y$, значения которого определены на обучающей выборке. Требуется построить алгоритм $a: X \rightarrow Y$, способный классифицировать любой объект $x \in X$.

Для задачи классификации AQI в зависимости от метеофакторов вектор признаков x – метеоданные: температура воздуха, атмосферное давление, относительная влажность, скорость ветра, температура точки росы; классы Y – уровни загрязнения воздуха, соответствующие определенному значению AQI.

Из анализа данных [3] за период 06.02.2019 г. – 31.03.2020 г. выявлено, что количества наблюдений недостаточно для решения задачи классификации AQI по всем классам, поскольку в подавляющем числе зафиксированы значения AQI класса «Умеренный». Поэтому предложено классифицировать AQI по двум классам: «Хороший» (объединяет классы «Хороший» и «Умеренный») и «Нездоровый» (объединяет классы «Нездоровый для чувствительных групп», «Нездоровый», «Очень нездоровый» и «Опасный»). При таком распределении данных, если всегда предсказывать «Умеренный» класс, точность такого «наивного» прогноза составит 70 %.

В силу инерционности процессов загрязнения важно учитывать метеофакторы не только на текущий срок измерения, но также и историю изменения этих факторов. Очевидно предположить, что прогностические модели, учитывающие историю наблюдений, будут работать лучше, чем модели, основанные на оценке исключительно текущих данных. Кроме того, степень загрязнения воздуха может реагировать на различные метеофакторы с разной скоростью. История каждого фактора должна быть оценена по-разному – для каких-то факторов важны только последние данные, влияние других может сказываться продолжительное время. Учитывая этот факт, в настоящей работе для классификации AQI использованы LSTM-нейронные сети (сети с так называемой долгой краткосрочной памятью) [4]. Их архитектура содержит некое подобие фильтров, которые в процессе обучения настраиваются выборочно сохранять/забывать информацию о различных факторах и, таким образом, могут взвесить влияние каждого фактора во времени, позволяя обнаруживать как длинные, так и короткие шаблоны в данных.

В результате разработан классификатор индекса качества воздуха [5], позволяющий выполнять прогноз AQI по двум классам до 4-х дней вперед с точностью 88–90 %, что значительно выше точности «наивного» прогноза.

Литература

1. Air Quality Index (AQI) - A Guide to Air Quality and Your Health. US EPA. 09.12.2011.
2. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 336 с.: ил.
3. AirNow Department of State // [https://airnow.gov/index.cfm?action=airnow.global_summary#U.S._Department_of_State\\$Bishkek](https://airnow.gov/index.cfm?action=airnow.global_summary#U.S._Department_of_State$Bishkek), (дата обращения: 30.04.2020).
4. Zhao X., Zhang R., Wu J.-L., Chang P.-C. A Deep Recurrent Neural Network for Air Quality Classification // Journal of Information Hiding and Multimedia Signal Processing. – 2018. – Vol. 9, № 2, March.
5. Лыченко Н.М., Сороковая А.В. Применение LSTM-нейронных сетей для классификации индекса качества воздуха г. Бишкек // Проблемы автоматизации и управления. – 2020. – № 1 (38). – С. 70–80. DOI: 10.5281/zenodo.3904130.

С.Н. Верзунов

*Институт машиноведения и автоматики Национальной академии наук
Кыргызской Республики, г. Бишкек, Кыргызская Республика*

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИНДУКТИВНОГО КОМПОНЕНТА МАГНИТОМЕТРОВ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

Катушки индукционных магнитометров отличаются от типовых индукционных элементов тем, что содержат, как правило, сотни тысяч витков, в связи с чем обладают достаточно большой индуктивностью, паразитной емкостью и активным сопротивлением, выходящим за пределы измерений серийных приборов. Кроме того, катушка индуктивности магнитометра с большим числом витков является активным элементом, в котором генерируется значительная ЭДС индукции, оказывающая сильное влияние на работу серийных LCR-метров любого типа. Тем не менее, задача определения параметров индуктивных элементов часто возникает при создании, отладке и ремонте магнитометров. В связи с этим возникает необходимость разработки устройства способного работать в широких диапазонах измерения L , C , R , несмотря на присутствие ЭДС в измеряемом элементе.

Структурная схема предлагаемого устройства показана на рис. 1. Так как амплитуда напряжения ЦАП задается программно и АЦП имеет программируемые пределы измерения, необходимость дополнительных аналоговых модулей отсутствует, а формула для вычисления полного комплексного сопротивления в связи с этим имеет вид [1]:

$$Z_x = R_0(U_{zx} - U_{R0})/U_{R0}. \quad (1)$$

Напряжение U_{zx} генерируется ЦАП устройства в режиме синхронного циклического вывода с аппаратно заданной частотой дискретизации, амплитуда, частота и фаза при этом известны, т.к. задаются программно, так что:

$$U_{zx} = A_0 \sin(2\pi vt_0 + \varphi_0), \quad (2)$$

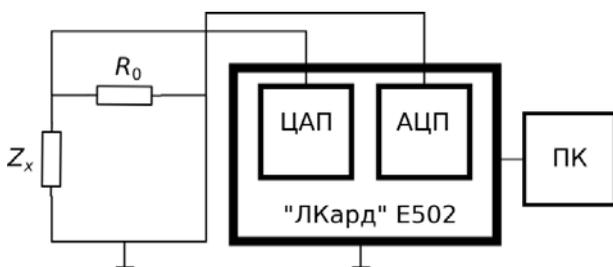
где A_0 – амплитуда; ν – частота; φ_0 – фаза U_{Zx} ; $t_0 = 0, \Delta_0, 2\Delta_0, 3\Delta_0, \dots, \varphi_0 = 0$. В формуле (2) возникает задача определения амплитуды и фазы измеренного с помощью АПЦ напряжения U_{R0} , которое можно представить в виде модели

$$\hat{U}_{R0}(t_1) = A_1 \sin(2\pi\nu t_1 + \varphi_1), \quad (3)$$

где A_1 – амплитуда; ν – частота; φ_1 – фаза напряжения \hat{U}_{R0} ; $t_1 = 0, \Delta_1, 2\Delta_1, 3\Delta_1, \dots, p\Delta_1$, где Δ_1 – известная частота дискретизации АЦП. Среднеквадратическая ошибка модели равна

$$E_p = \frac{1}{2} (U_{R0,p} - \hat{U}_{R0,p})^2 = \frac{1}{2} e_p^2,$$

где $p = 1, 2, \dots, n$ – количество измерений U_{R0} .



Устройство для измерения параметров катушки индуктивности на базе платы сбора данных Л Кард E502

Для нахождения A_1 и φ_1 таких, чтобы ошибка (4) была минимальна, нужно ввести определение суммарной среднеквадратической ошибки:

$$\Omega_n = \frac{1}{n} \sum_{p=1}^n E_p = \frac{1}{2n} \sum_{p=1}^n e_p^2 = \frac{1}{2n} \sum_{p=1}^n (U_{R0} - \hat{U}_{R0})^2.$$

Тогда задача определения амплитуды и фазы напряжения записывается как

$$\Omega_n \rightarrow \min_w,$$

где $w = \{A_1 \text{ и } \varphi_1\}$ – параметры модели (3) и она представляет собой типичную задачу многомерной оптимизации, при этом параметры модели находятся с помощью генетического алгоритма, описанного в работе [2].

Таким, образом, параметры катушки индуктивности вычисляются по множеству измерений полного комплексного сопротивления на различных частотах и находятся исходя из

наилучшего соответствия измеренным значениям в смысле минимума суммарного квадратического отклонения.

Литература

1. *Verzunov S.N., Bochkarev I.V., Khramshin V.R.* Device for Measuring Parameters of Coils of Induction Magnetometers. International Russian Automation Conference (RusAutoCon). – 2020. P. 699–703. – DOI 10.1109/RusAutoCon49822.2020.9208108.
2. *Lee W., Kim H.-Y.* (2005). Genetic algorithm implementation in Python. 8 - 11. 10.1109/ICIS.2005.69.

В.В. Гайдамако

*Институт машиноведения и автоматики Национальной академии наук,
г. Бишкек, Кыргызская Республика*

ПРИМЕНЕНИЕ ИСЧИСЛЕНИЯ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ

Одним из перспективных подходов к аналитической оценке производительности облачных сервисов является сетевое исчисление и исчисление реального времени. [1]. Исчисление реального времени (ИРВ) применяется для определения и предсказания соблюдения жестких ограничений времени исполнения в системах реального времени, используется математический аппарат сетевого исчисления – min-плюс и max-плюс алгебра.

Для проведения модульного анализа производительности с ИРВ (МА-ИРВ) необходимо построить абстрактную модель производительности, включающую модель нагрузки (задачи) и модель обслуживания, реальная система представляется в виде абстрактных аналитических компонент (ИРВ-компоненты), поведение которых может быть детерминированным или недетерминированным [1–3] и описывается функциями/кривыми поступления и функциями/кривыми обслуживания. Кривая поступления входного потока событий α описываются кумулятивной кривой поступления, которую можно построить на базе реальных данных, полученных с работающих серверов, или искусственных моделей рабочей нагрузки. В результате анализа и кусочно-линейной аппроксимации получают минимальную α^l и максимальную α^u огибающие кривой поступления. Характеристики обслуживания задаются кривой обслуживания β , отражающей количество доступных ресурсов, строятся минимальная β^l и максимальная β^u огибающие кривой обслуживания. Обработка представляется как преобразование кривых поступления и обслуживания в выходные кривые α^l , α^u и β^l , β^u , и их можно получить с помощью сетевого

исчисления, для этого используются операции min- и max-плюс алгебры (свертка, обратная свертка) [1, 3]. Если поток событий проходит через множественные ресурсы с минимальными кривыми обслуживания $\beta^1, \beta^2, \beta^3, \dots, \beta^n$ с использованием дисциплины очереди (FIFO), минимальная кривая обслуживания этого потока событий может быть вычислена с помощью итеративной свертки [1].

$$\beta^1 = (((\beta^1 \otimes \beta^2) \otimes \beta^3) \otimes \dots) \otimes \beta^n$$

Таким образом, при моделировании веб-приложения задается максимальная кривая запросов и минимальные кривые обслуживания для каждой из ИРВ-компонент в виде количества поступающих и обслуженных запросов, вычисляется суммарная кривая обслуживания.

Максимальная задержка будет выражена максимальным горизонтальным расстоянием между максимальной кривой поступления и минимальной суммарной кривой обслуживания, а максимальное количество запросов в очереди – максимальным вертикальным расстоянием [1–3].

Рассмотрим пример веб-приложения, включающего уровень презентации – веб-сервер (W), уровень приложения – сервер приложений (P) и уровень данных – сервер баз данных (D), в облачных системах все эти серверы существуют в нескольких экземплярах и являются программными, так как работают на виртуальных машинах. Цель моделирования – предсказать время ответа для веб-приложения и определить, будет ли оно меньше критического срока при известных характеристиках работы изолированного приложения на каждом уровне. Запрос пользователя проходит через виртуальные машины VM1(W), VM2(P), VM3(D), затем обратно к VM2(P), VM1(W). Таким образом, трехуровневое веб-приложение можно смоделировать как пять ИРВ-компонент, у каждой из которых своя кривая поступления и кривая обслуживания. Построение кривых и расчеты производятся с использованием пакета RTC Toolbox для Matlab, Disco для Eclipse [4].

Изменяя кривые поступления и обслуживания, можно варьировать количество серверов на каждом уровне (горизонтальное масштабирование), пропускную способность серверов (вертикальное масштабирование), дисциплину обслуживания для

серверов – в этом случае для вычисления суммарной минимальной кривой обслуживания β' нужно будет использовать другую функцию [2]. Также в качестве серверов можно рассматривать сетевое оборудование и каналы передачи данных, это позволит более точно оценить влияние коммуникационных сетей на производительность.

В целом использование сетевого исчисления и исчисления реального времени представляется перспективным направлением в аналитическом моделировании, а также мониторинге облачных систем.

Литература

1. *Гарай Г.Р., Черных А., Дроздов А.Ю.* Сравнительный анализ методов оценки производительности многоуровневых облачных приложений. // Труды ИСП РАН. – 2015. – Т. 27, вып. 6. – С. 199–224. DOI: 10.15514/ISPRAS-2015-27(6)-14.
2. *Haid W., Perathoner S., Stoimenov N., Thiele L.* Modular Performance Analysis with Real-Time Calculus // PhD Course on Automated Formal Methods for Embedded Systems DTU - Lyngby, Denmark - June 11, 2007.
3. *Росляков А.В., Лысиков А.А.* Применение теории стохастических сетевых исчислений к анализу характеристик VPN // Т-Comm. 2013. № 7.
4. *Bondorf S., Schmitt J. B.* The DiscoDNC v2 - A Comprehensive Tool for Deterministic Network Calculus // Proc. of the International Conference on Performance Evaluation Methodologies and Tools, ValueTools'14, 2014. URL: <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2747659>.

Е.А. Корчевская, Л.В. Маркова

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

НЕЧЕТКИЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В ЗАДАЧЕ КЛАССИФИКАЦИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ, ВЫЗЫВАЕМЫХ ПАРАЗИТОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

В настоящее время во всем мире регистрируются многочисленные случаи гибели животных в результате различных болезней. Вспышки заболеваний являются мало управляемыми и слабо предсказуемыми. В работах [1–2] разработана интеллектуальная система для диагностики паразитологических заболеваний, однако входные данные часто представляют собой нечеткие знания. Поэтому актуальным является разработка системы, базирующейся на нечетком представлении знаний методами теории нечетких множеств [3].

Нечеткая логика выведена из теории нечетких множеств, которая имеет дело с представлениями, которые в большей степени проявляются как приближенные. Истинность в нечеткой логике передает принадлежность к нечетко установленным множествам. Нечеткая логика предполагает вариацию значений принадлежности к множеству в диапазоне 0 до 1 включительно, кроме этого применяются такие неопределенные понятия, как «немного», «до некоторой степени», «более». Это дает возможность реализовывать частичную принадлежность к множеству.

Целью работы является разработка рекомендаций по применению нечеткой нейронной сети для постановки диагноза.

Системы нечеткого вывода предназначены для модификации значений входных данных в выходные переменные на основе использования нечетких правил продукций. Ключевыми этапами нечеткого вывода являются: выработка системы нечетких правил; фаззификация входных переменных; агрегирование под-

условий в нечетких правилах продукций; композиция подзаключений в нечетких правилах продукций; аккумулярование заключений нечетких правил продукций; дефаззификация выходных переменных.

Модель нейрона оперирует не значениями идентификационных параметров, характеризующих объекты, а значениями функций принадлежности к определенной группе нечетких характеристик.

Нечеткие знания в интеллектуальных системах постановки диагноза могут быть очень эффективными, поскольку большинство входных параметров, описывающих состояние объекта по своей природе являются нечеткими.

Литература

1. *Мироненко В.М., Корчевская Е.А.* Использование нейронных сетей для идентификации ооцист эймерий крупного рогатого скота // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. – 2014. – № 2(80). – С. 54–59.
2. Паразитозы животных в Национальном парке «Припятский» и меры борьбы с ними с использованием IT-технологий: монография / Е.А. Корчевская [и др.]. – Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2014. – 42 с.
3. *Дудкин А.А.* Нечеткая нейронная сеть для анализа топологии интегральных микросхем // Искусственный интеллект. – 2015. – № 1–2. – С. 79–86.

М.П. Концевой

*Брестский государственный университет им. А.С. Пушкина,
г. Брест, Беларусь*

CDF-МОДЕЛИРОВАНИЕ В КОМПЬЮТЕРНОЙ АЛГЕБРЕ

Открытый формат вычисляемых документов (Computable Document Format или CDF) обеспечивает создание динамически сгенерированного мультимедийного интерактивного контента.

Интеграция CDF с Wolfram Language, системой компьютерной алгебры Mathematica, Wolfram Language и Wolfram|Alpha, расширяет возможности материала до функциональности интерактивного приложения и предоставляет средства управления его содержимым в режиме реального времени. Встроенная возможность производить вычисления на материале контента (текстовом, числовом, формульном, табличном, графическом, картографическом) позволяет анализировать материал и получать из представленной информации новые знания. Файлы в формате CDF можно включать в веб-страницы или просматривать непосредственно в браузере как полноэкранные документы, их содержимое обновляется при взаимодействии с графическими элементами пользователя. Бесплатный CDF-Player содержит библиотеку времени исполнения системы Mathematica, содержимое документа может генерироваться в ответ на действие пользователя с помощью любых алгоритмов или функций визуализации. Это делает CDF удобным для визуализации материала, оперирующего большим числом разнообразных данных. Общий алгоритм создания в Mathematica интерактивной CDF-модели на основе набора произвольных данных: генерация набора случайных данных на основе заданных синтаксических конструкций; копирование и вычисление готового кода; символьные вычисления на основе выбора нужных функций; визуализация кода; преобразование графического отображения в интерактивную модель на основе определения элементов управления, набора данных, изменя-

емых переменных, начальных значений, диапазонов изменений значений. Вычисление и копирование готового кода; оформление интерактивной модели и добавление опции инициализации; преобразование интерактивной модели в формат CDF.

CDF-модели интересны в качестве интерактивного иллюстративного материала и объектов изучения, для исследовательской или образовательной деятельности, могут представлять интерес в качестве основы собственного компьютерного моделирования на основе символьных вычислений.

А.Ш. Арыстан, Н.В. Астапенко

*Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева,
г. Петропавловск, Республика Казахстан*

ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ БЛОКЧЕЙНА

Внедрение технологии блокчейна является ключевым моментом в цифровой революции, и исследования в этом направлении определили огромный потенциал блокчейн для фармацевтических предприятий. Информационно-коммуникационные технологии и блокчейн являются ключевыми технологиями, обеспечивающими децентрализацию и цифровизацию учреждений здравоохранения и предоставляющими современную и цифровизированную экосистему здравоохранения пациентам, а также поставщикам услуг [1]. Блокчейн-приложения для управления данными здравоохранения создают утилиты для пациентов, фармацевтов и медицинских институтов в направлениях доступа и контроля записей пациентов, управления претензиями и платежами, управления безопасностью медицинского Интернета и проверки данных исследований и обмена ими для финансового аудита и прозрачности [2]. В этих приложениях выполняется обновление в режиме реального времени зашифрованной децентрализованной книги блокчейн для понимания, мониторинга и контроля медицинской информации. Это также облегчает фармацевтическим предприятиям ограничение доступа неавторизованного лица к конфиденциальной информации.

Управление фармацевтическим предприятием включает в себя множество процессов, таких как управление финансами, персоналом, клиентами, юридическими вопросами, логистикой, запасами и т.д. Медицинские процессы часто включают в себя повторяющиеся задачи, связанные с фактическим оказанием услуг по отпуску лекарственных препаратов, которые могут быть

построены как ряд условных шагов. Они предназначены для обеспечения лучшего внутреннего контроля и повышения эффективности, соответствия нормативным требованиям, производительности и снижения риска, рабочих циклов и накладных расходов в поставщиках медицинских услуг. В этой статье рассмотрены системы блокчейна для управления медицинскими данными и оптимизации сложных процедур на фармацевтических предприятиях [3; 6].

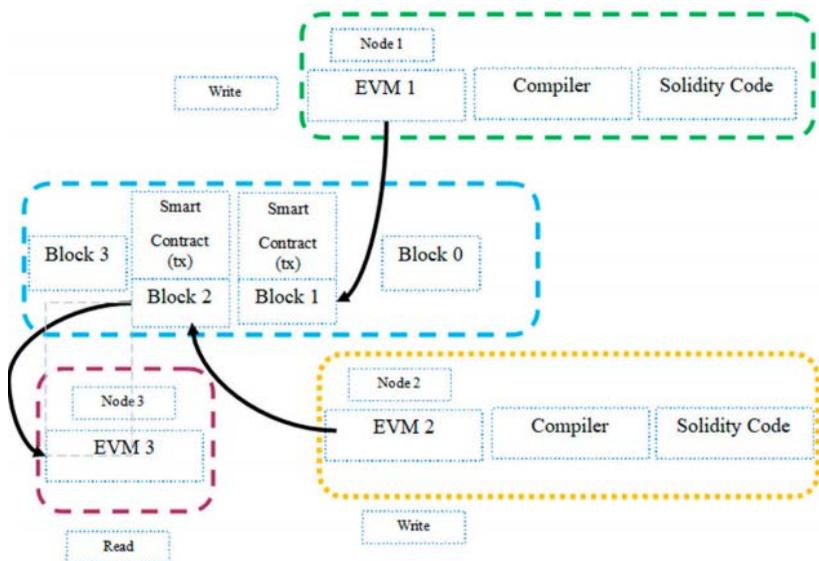
Для реализации интеллектуальной системы возможно применение децентрализованного приложения (DApp), поддерживающего блокчейн-сеть с внутренней распределенной файловой системой. В настоящее время для внедрения системы блокчейн smart-контрактов в сфере здравоохранения используется Эфириум (Ethereum). Это сеть с открытым исходным кодом и в настоящее время одна из крупнейших публичных блокчейн-сетей с активным сообществом и большим открытым репозиторием DApp. В настоящее время платформа использует консенсусный алгоритм проверки работы (PoW) называемой Etash [5; 7].

На рисунке показана работа блокчейна Эфириум, где контракт компилируется в байтовый код на уровне машины, и каждый байт представляет операцию, затем загружается в блокчейн как EVM 1 транзакция. Его забирает следующий и подтверждает как Block 1. Как только пользователь отправляет запрос через web-интерфейс, EVM 2 запрашивает web-интерфейс, где данные встраиваются в транзакцию tx и развертываются в блокчейне.

Статус транзакции tx обновляется в Block 2. Если узел 3 хочет проверить данные, которые хранятся в контракте, для этого он должен синхронизироваться по крайней мере до Block-2, чтобы увидеть изменения, вызванные tx.

Используя технологию блокчейн, систему управления фармацевтическим предприятием основе smart-контрактов показала, как принципы децентрализации могут применяться в медицинской экосистеме для крупномасштабного управления данными и оптимизации сложных сопутствующих процедур. Блокчейн позволяет сократить операционные издержки за счет использования smart-контрактов, которые являются встроенными протоколами общего назначения, для упрощения процедур, уменьшения адми-

нистративной нагрузки и устранения посредников. Другие усилия по блокчейну направлены на улучшение сбора, использования и обмена данными.



Механизм работы блокчейн Эфириум

Данное решение применимо для многих проблем текущих систем здравоохранения, включая уничтожение данных, несвязанность устаревших сетей, неструктурированные трудности со сбором данных, непомерно высокие административные расходы, отсутствие безопасности данных и нерешенные проблемы конфиденциальности.

Литература

1. Linn L.A., Martha B.K. Blockchain for Health Data and Its Potential Use in Health It and Health Care Related Research. In Use of Blockchain for Healthcare and Research Workshop; ONC/NIST: Gaithersburg, MD, USA, 2016.
2. Janette Young Personal Knowledge Capital // The Inner and Outer Path of Knowledge Creation in a Web World, A volume in Chandos Information Professional Series, Elsevier Book, 2012.

3. Jerome Miller, Radford Jones Personnel Protection: Advance Procedures // Proven Practices, Elsevier Book, 2013.
4. Francis J. D'Addario Personal Safety and Security Playbook // Risk Mitigation Guidance for Individuals, Families, Organizations, and Communities, Elsevier Book, 2014 ISBN - 978-0-12-417226-5
5. Tim Menzies, Laurie Williams and Thomas Zimmermann Perspectives on Data Science for Software Engineering, Morgan Kaufmann Book, 2016.
6. Sachidananda Kangovi Peering Carrier Ethernet Networks, Morgan Kaufmann Book, 2017.
7. Vinod Joseph and Srinivas Mulugu Deploying Next Generation Multicast-enabled Applications // Label Switched Multicast for MPLS VPNs, VPLS, and Wholesale Ethernet, Morgan Kaufmann Book, 2011.

А.В. Быков, Н.В. Астапенко

*Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева,
г. Петропавловск, Республика Казахстан*

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ВЕБ-САЙТА ДЛЯ КОМПАНИИ ПО ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ ГРУЗОПЕРЕВОЗОК

Любая фирма, начиная от малого бизнеса и заканчивая гигантскими компаниями, имеет свой персональный сайт. Если у компании в XXI веке нет даже сайта-визитки, то у этого бизнеса скудные перспективы развития. Всемирная паутина предоставляет огромные возможности для связи заказчиков и исполнителей с любой точки мира. И сфера грузоперевозок не является исключением, хотя многие пренебрегают их важностью. Но, по сути, они являются одной из важных частей инфраструктуры государства и способствуют развитию экономических связей.

Но что же даст компании грузоперевозчика наличие собственного сайта? Во-первых, значительное расширение клиентской базы. Это является одной из основных целей подобного сайта – привлечь новых клиентов и соответственно увеличение прибыли, что и является целью любого бизнеса. Например, согласно статистике, около 30 % доходов от грузоперевозок в Казахстане теряется из-за низкой цифровизации компаний. Также в Казахстане поисковые запросы на тему грузоперевозок являются распространенными, что можно наблюдать в сервисе анализа запросов Google Trends.

Во-вторых, автоматизация работы предприятия. В грузоперевозках имеется множества аспектов, которые необходимо рассчитывать при оформлении заказов клиентов. Например, только для расчета цены доставки нужно учесть общий вес, объем, габариты груза, характер груза (мебель, топливо, одежда и др.), а также расстояние до пункта назначения. При наличии качественного сайта пользователь сможет сам ввести эти значения и рас-

считать стоимость и время доставки. Также это облегчит работу сотрудникам компании, которые смогут использовать уже введенные данные. На основе вышеперечисленного мы имеем повышение производительности сотрудников.

В-третьих, повышение имиджа компании. При положительной динамике посещаемости сайта будет расти имидж компании, узнаваемость бренда. Это также будет влиять на количество привлеченных клиентов.

В-четвертых, мгновенная доступность информации о компании. При создании сайта для компании необходимо делать акцент на ее принципы, концепцию и возможности. Помимо этого, необходимо помещать информацию о ценах на доставку, доступные виды грузоперевозок и другую профильную информацию.

Обоснование необходимости создания web-сайта для компании по осуществлению грузоперевозок наилучшим образом можно осуществить посредством SWOT-анализа. SWOT – вид ситуационного анализа, при помощи которого можно оценить текущую и будущую конкурентоспособность товара, анализируя внутреннюю и внешнюю среду организации [1]. В таблице представлены результаты анализа ситуации до внедрения и после внедрения сайта компании по осуществлению грузоперевозок.

	<i>Анализ ситуации до внедрения сайта</i>	<i>Анализ ситуации после внедрения сайта</i>
<i>Strengths</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствует необходимость в найме сотрудника для администрирования сайта. 2. Отсутствует необходимость в лишних затратах на оплату хостинга, домена, раскрутку сайта. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Оптимизация временных затрат. 2. Возможность для пользователей самостоятельно узнать всю необходимую информацию и оформить заказ. 3. Популяризация компании посредством возможностей сети интернет.
<i>Weaknesses</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Время менеджера, затрачиваемое на работу с клиентом. 2. Слабая информативность об организации 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Появление дополнительных расходов на рекламу сайта, хостинг, домен.

Окончание табл.

<i>Opportunities</i>	1. Улучшения информативности организации за счет публикаций сообщений рекламного характера в периодических изданиях.	1. Улучшение имиджа организации исходя из выше перечисленных пунктов в Strengths. 2. Распространение рекламных сообщений со ссылкой на сайт в социальных сетях и популярных мессенджерах.
<i>Threats</i>	1. Ухудшение имиджа организации ввиду отсутствия сайта.	1. Вероятность раскрытия информации о клиентах в случае несанкционированного доступа к базе данных.

Анализ показал положительное влияние внедрения сайта в деятельность компании по грузоперевозкам: следует уменьшить слабые стороны и ослабление внешних угроз, повышение имиджа организации, оптимизация временных затрат, а главное повышение шансов, чтобы клиент узнал об организации и сделал заказ, благодаря повышению информативности. Все перечисленные выше преимущества доказывают, что компания-грузоперевозчик обязательно должна иметь свой web-сайт, который будет отражать аспекты ее деятельности и позволит конкурировать с более развитыми компаниями.

Литература

1. SWOT-анализ: теория и практика. – URL: http://powerbranding.ru/marketing_lessons/swot-analisyis.

Н.Н. Жумаголи, Н.В. Астапенко

*Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева,
г. Петропавловск, Республика Казахстан*

АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ ПО РАЗРАБОТКЕ WEB-САЙТОВ

Современные организации и предприятия, являются по структуре своей сложными системами. Работа подобных систем тесно связана с выполнением огромного числа различного рода работ, проектов, приказов, поручений, а также ведением собственного оборота документации. Для эффективности функционирования предприятий и организации необходимым условием является грамотно продуманное, стратегическое планирование различного рода работ и действий [1].

Если рассматривать дельность организации занимающейся разработкой web-сайтов, то можно отметить, что стратегическое планирование этапов проекта по разработке сайта, ключевым образом определяет эффективность функционирования такой организации. На практике, каждая организация, занимающаяся разработкой web-сайтов, так или иначе, использует некоторую систему стратегического планирования в контексте своих проектов [2]. Ранее такие системы не были автоматизированы, но сегодня, с развитием информационных технологий, существует множество комплексных программных пакетов, решающих данную проблему.

Вопрос выбора подходящего программного инструмента планирования, является довольно значимым. Как правило перед использованием какого-то определенного решения, имеет смысл заранее изучить параметры такого продукта, а также сопоставить его возможности с теми критериями, которые будут необходимы организации. Важнее всего то, чтобы выбранный программный продукт, упростил управление проектами, а вовсе не добавил ненужной сложности [3]. Для выбора среди большого числа пред-

ставленных на рынке систем управления проектами используются в основном следующие критерии:

- возможность управления проектами и задачами.
- возможность построения диаграммы ганта.
- возможность учета ресурсов и финансов.
- возможность управления документами.
- возможность формирования отчетов.
- наличие мобильного приложения.
- наличия эмоджи или стикеров.

Среди большого числа различных существующих систем были определены, как наиболее подходящие по рассмотренным критериям, следующие: Trello, Basecamp, Wrike, Asana, Битрикс 24, TeamLab. В таблице представлен результат анализа систем управления проектами.

Анализ систем управления проектами

	<i>Управление проектами</i>	<i>Диаграмма Ганта</i>	<i>Учет ресурсов</i>	<i>Управление документами</i>	<i>Отчеты</i>	<i>Мобильное приложение</i>	<i>Стикеры смайлики</i>
Trello	+	-	-	+	+	+	+
Basecamp	+	-	-	+	+	+	+
Asana	+	-	+	+	+	+	+
Битрикс 24	+	+	+	+	+	+	+
TeamLab	+	+	+	+	+	-	-

Таким образом, можно заметить, что лишь одна система, полностью удовлетворяет всем заявленным изначально критериям и требованиям.

В настоящее время существует огромное множество различных, комплексных программных решений для управления проектами. Однако, как показывает статистика, большинство

крупных компаний, занимающихся разработкой web-сайтов и различных сервисов, использует именно систему Битрикс 24. Такой результат, отчасти связан с тем что анализ производился путем изучения данных по сегменту компаний стран СНГ. Единая система управления web-проектами, позволяет поднять эффективность управления на совершенно новый, более высокий уровень, упорядочить рабочие процессы, объединит в одном целом различные направления деятельности, требующие постоянного анализа и контроля.

Литература

1. Антонов Г.Д., Иванова О.П., Тумин В.М. Управление проектами организации: уч. – М.: Инфра-М, 2018. – 64 с.
2. Верзух Э. Управление проектами: ускоренный курс по программе МВА. – М.: Диалектика, 2019. – 480 с.
3. Вольфсон Б.И. Гибкое управление проектами и продуктами. – СПб.: Питер, 2020. – 144 с.

А.П. Сырцев, Н.В. Астапенко

*Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева,
г. Петропавловск, Республика Казахстан*

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ЗАСЕЛЕНИЯ СТУДЕНТОВ В ОБЩЕЖИТИЕ УНИВЕРСИТЕТА

В Северо-Казахстанском университете имени М.Козыбаева обучается большое количество студентов, не являющихся жителями г. Петропавловск. Студенты приезжают из разных поселков, деревень, городов и стран, некоторые поступают по различным программам обмена. В основном все приезжающие студенты заселяются в общежития вуза. В результате возникает огромное количество заявок на заселение, каждая из которых подкреплена сопроводительными документами. Все эти заявки необходимо обработать вовремя. Таким образом, возникла необходимость автоматизации всего процесса: от принятия заявки до заселения в комнаты.

Разработка программного модуля для заселения студентов в общежитие университета позволила избавиться от бумажной волокиты, и перенести все в электронный формат. Сейчас студенту необходимо иметь только доступ в интернет и весь необходимый пакет документов в электронном формате. Главная страница подачи заявки выглядит в соответствии с рис. 1.

В данном программном модуле студент может ознакомиться с информацией об общежитии, просмотреть фотографии комнат общежития и узнать о его преимуществах, а также отправить свою заявку на заселение. Студенту необходимо будет выбрать свой курс, указать свои персональные данные и загрузить все необходимые документы, затем заявка будет отправлена на рассмотрение администрации, после чего остается ждать письма на почту об успешном заселении или отказе.



Рис. 1

После подачи заявки студентом, администрации придет заявка, которую они смогут просмотреть и добавить студента. Примеры форм просмотра заявок и просмотра одной заявки изображены на рисунках 2 и 3 соответственно.

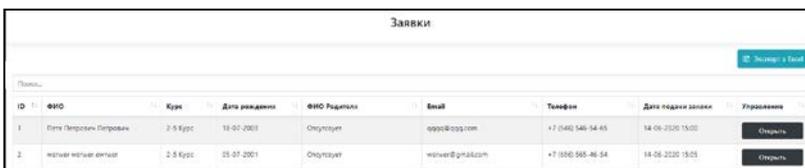


Рис. 2. Просмотр заявок



Рис. 3. Просмотр одной заявки

После проверки администрация просто добавляет студентов в базу данных, программный модуль сам распределяет студентов по корпусам общежитий в зависимости от загруженных документов студентами.

Реализация программного модуля для заселения студентов в общежитие университета автоматизирует процесс подачи заявки, избавляет от бумажной волокиты, позволяет автоматически выполнить расселение по корпусам в соответствии с загруженными данными.

L. Bokati, L. Glaese, B. Molina, V. Kreinovich

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

A POSSIBLE ALTERNATIVE DEFINITION OF AVERAGE-CASE FEASIBILITY

Some algorithms are feasible and some are not: reminder. From the practical viewpoint, some algorithms are feasible, while some are not: algorithms that require an unrealistic amount of computation time are clearly not practically feasible.

Two ways to gauge computation time. There are two ways to gauge how the computation time $T(n)$ depends on the length n of the input:

- we can use worst-case complexity, i.e., the longest time $t(n) = \max \{t(x) : \text{len}(x) = n\}$ that the algorithm takes on all the inputs of length n , or
- we can use average-case complexity, i.e., the mean value $m(n) = E_n[t(x)]$ of the computation time on all the inputs of length n .

How feasibility is defined for worst-case complexity. For worst-case complexity, feasibility is defined as polynomial boundedness: an algorithm is feasible if there exists a polynomial $P(n)$ such that for all n , the time $t(n)$ does not exceed $P(n)$.

Comment. This is not a perfect definition. For example, according to this definition, an algorithm that requires time 10^{100} for all inputs is feasible – since its computation time is a constant, and every constant is a polynomial.

However, such cases are rare. In most practical situations, this definition correctly reflects the intuitive idea of feasibility.

The usual definition of worst-case feasibility does not change if we switch to a feasibly equivalent device. The above definition has the following useful property: whether an algorithm is feasible or not does not change if we replace the computational device with another one which is feasibly (= polynomial) related to the original one – i.e., for which the computation times $s(x)$ and $t(x)$ are mutually polynomially bounded: $s(x)$ does not exceed $P(t(x))$ and $t(x)$ does not exceed $P(s(x))$ for some polynomial $P(n)$.

A seemingly natural definition of average-case feasibility. At first glance, it may seem natural to expect that average-case feasibility be defined as the existence of a polynomial bound on the average-case complexity $m(n)$. Let us call such algorithms *average-case feasible on a given computational device*.

It may indeed sound reasonable to call such algorithms average-case feasible, but if we make this a definition of average-case feasibility, then we have a problem: what is feasible on one computational device is not necessarily feasible on a feasibly equivalent computational device.

Current definition of average-case feasibility. To retain the invariance property, computer science uses a different definition of average-case feasibility: namely, average-case feasibility is defined as the existence of a polynomial bound on the expected value $m_a(n) = E[(t(x))^a]$ of some power $(t(x))^a$ of computation time $t(x)$, for some $a > 0$.

An additional useful property of the current definition. One of the useful properties of the current definition of average-case feasibility is that every algorithm which is feasible in the usual worst-case sense is also average-case feasible in the sense of this definition.

Towards an alternative definition. In terms of the above definition of average-case feasibility of a computational device, the current definition of average-case feasibility means the following: an algorithm is average-case feasible if it is average-case feasible on *some* feasibly equivalent computational device.

This reformulation naturally leads to the following alternative definition of average-cases feasibility: an algorithm is average-case feasible if it is average-case feasible on *all* feasibly equivalent computational devices.

Relation between the two definitions. The new definition describes a narrower class of algorithms: the requirement to be feasible on *all* feasibly equivalent devices is clearly stronger than the requirement to be feasible on one of the possible feasibly equivalent devices.

Properties of the new definition. Similarly to the current definition of average-case feasibility, the new definition that also does not change if we replace the original computational device by a feasibly equivalent one

The new definition also has the same additional property as the current one: every algorithm which is feasible in the usual worst-case sense is also average-case feasible in the sense of this new definition.

Our hope. We hope that the study of this stronger alternative definition of average-case feasibility can help us better understand what is feasible and what is not.

*J. Contreras, N. Aun, S. Ayala, I. Hernandez, M. Iglesias,
D. Obrien, J. Perez, O. Kosheleva, V. Kreinovich*

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

WHAT IS PRACTICALLY FEASIBLE: A FUZZY APPROACH

What is practically feasible: a challenging question. Some algorithms are practically feasible, in the sense that they require reasonable time for inputs of reasonable length. Other algorithms are not practically feasible. How can we describe what is practically feasible in precise terms?

The best known approximation to this definition is the notion of feasibility in theoretical computer science, according to which an algorithm is feasible if there exists a polynomial $P(n)$ such that for each input x of length n , the computation time $t(x)$ is bounded by $P(n)$.

This definition can be described even easier if we use the notion of worst-case complexity $T(n)$ – defined as the largest computation time $t(x)$ on all inputs x of length $\text{length}(x) = n$: $T(n) = \max\{t(x) : \text{length}(x) = n\}$. In these terms, feasibility means that for all n , the time $T(n)$ is smaller than or equal to $P(n)$.

In many cases, this definition captures the meaning of practical feasibility, but not always. For example, if the computation time $T(n)$ is $10^{100} * n$ for all n :

- then, as a linear function, $T(n)$ is a polynomial, thus the corresponding algorithm is feasible according to the formal definition,
- but of course, even for $n = 1$, the time $10^{100} * n$ is not practically feasible.

So how can we describe practical feasibility?

Let us use fuzzy approach. The above informal description of practical feasibility uses the notion of what is reasonable. This notion is not precise: some lengths and some times are feasible to some ex-

tent. It is not like all the lengths up to some constant N are reasonable, while an input of length $N + 1$ is already not reasonable.

In this sense, the notion “reasonable” is similar to many other commonsense notions like “small”. To describe the meaning of such notions:

- We can assign, to each possible length n , the degree $L(n)$ (ranging from 0 to 1) to which this input length is reasonable: 1 means that we are absolutely sure that n is a reasonable length, 0 means that we are absolutely sure that n is not a reasonable length, and values between 0 and 1 correspond to intermediate degrees of confidence.

- Similarly, we can assign, to each possible time t , the degree $R(n)$ to which this time is reasonable.

This approach – going back to Lotfi Zadeh – is known as fuzzy approach.

An algorithm with worst-case complexity $T(n)$ is feasible if for every n for which the corresponding length is reasonable, the time $T(n)$ is also reasonable, i.e., for all n , we have the implication $L(n) \rightarrow R(T(n))$. In other words, we have the implication corresponding to $n = 1$ *and* the implication corresponding to $n = 2$, etc.:

$$(L(1) \rightarrow R(T(1))) \& (L(2) \rightarrow R(T(2))) \& \dots \& (L(n) \rightarrow R(T(n))) \& \dots$$

Fuzzy approach allows us to describe the degree to which this statement is true:

- the easiest way to describe the degree to which the statement $A \& B$ is true is $\min(A, B)$, and

- the easiest way to describe the degree to which the implication $A \rightarrow B$ is true is $\max(B, 1 - A)$.

The last expression comes from the fact that:

- in the usual logic, $A \rightarrow B$ is equivalent to $B \vee \text{not } A$,

- the degree of belief in “not A ” is naturally described as $1 - A$, and

- the degree of belief in “or” of two statements can be estimated as the maximum of the degrees of belief in the two statements.

By using these formulas, we can describe:

- the degree to which statement $L(n) \rightarrow R(T(n))$ is true by the expression $\max(R(T(n)), 1 - L(n))$, and

- the resulting degree d to which an algorithm with time complexity $T(n)$ is feasible as $d = \min\{\max(R(T(n)), 1 - L(n)): n = 1, 2, \dots\}$

How can we compute this degree. The larger n , the smaller the degree $L(n)$ that n is a reasonable length, so the larger the difference $1 - L(n)$.

On the other hand, the larger n , the larger $T(n)$ and thus, the smaller the degree $R(T(n))$ that the time $T(n)$ is reasonable.

Thus, if $R(T(n_0)) < 1 - L(n_0)$ for some n_0 , then this inequality is true for all larger values n as well: since with an increase in n , the value $R(T(n))$ will become even smaller and the value $1 - L(n)$ will become even larger. For all these values, the maximum is thus equal to $\max(R(T(n)), 1 - L(n)) = 1 - L(n)$. This value increases with n , so its minimum is attained for $n = n_0$.

Similarly, if $R(T(n_1)) > 1 - L(n_1)$ for some n_1 , then this inequality is true for all smaller values n as well: since with a decrease in n , the value $R(T(n))$ will become even larger and the value $1 - L(n)$ will become even smaller. For all these values, the maximum is thus equal to $\max(R(T(n)), 1 - L(n)) = R(T(n))$. This value decreases with n , so its minimum is attained for $n = n_1$.

Thus, to find the degree d , it is sufficient to consider the first value f for which $R(T(f)) < 1 - L(f)$, and to consider only two values $n = f$ and $n = f - 1$:

$$d = \min(R(T(f - 1)), 1 - L(f)).$$

*L. Gonzalez, J. Marquez Zamudio, S. Romero, J. Warren,
O. Galindo, V. Kreinovich*

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

IS DEUTSCH-JOZSA THE ONLY QUANTUM ALGORITHM THAT CHECKS WHETHER THE INPUT IS RELEVANT?

Problem. To avoid unnecessary computations, it is desirable to find the input bits that do now affect the computation result.

In the simplest case when only have one input bit x and the output $f(x)$ also consists of only one bit, the question is whether the results depend on this bit at all, i.e., whether $f(0) = f(1)$.

Non-quantum and quantum algorithms for solving this problem: a brief reminder. In the non-quantum case, we can only input 0 or 1. So, to check whether $f(0) = f(1)$, we need to compute both values $f(0)$ and $f(1)$ and compare them. This requires two calls to computing $f(x)$.

In some cases, computing the yes-no answer $f(x)$ requires several hours on a high-performance computer. In such cases, it would be great to be able to reduce the numbers of calls to $f(x)$. A quantum algorithm DJ proposed by Deutsch and Jozsa shows that in quantum computing, such a reduction is indeed possible.

Quantum computing: main features. In quantum computing, a general state is a linear combination of classical states s (denoted by $|s\rangle$) with coefficients c for which the sum of $|c|^2$ is equal to 1. For example, a general quantum state of a 1-bit state with classical states 0 and 1 is $c_0|0\rangle + c_1|1\rangle$.

In quantum computing, a classical function $f(x)$ is represented as a transformation $|x,y\rangle \rightarrow |x,y+f(x)\rangle$, where $+$ means additional modulo 2 (i.e., exclusive “or”).

DJ algorithm. In the DJ algorithm, we apply the tested function $f(x)$ to the state

$$(1/2)|00\rangle - (1/2)|01\rangle + (1/2)|10\rangle - (1/2)|11\rangle.$$

As a result:

- for the constant functions $f(x) = 0$ and $f(x) = 1$, we have one state (to be more precise, two state differing by a sign), and
- for non-constant functions $f(x) = x$ and $f(x) = \text{not } x$, we have another state (again, two states different by a sign).

The states corresponding to constant and non-constant functions are orthogonal to each other – which allows us to separate these two cases with probability 1.

Comment. In quantum mechanics, the only thing we observe are squares of absolute values of the coefficients – which are probabilities of different outcomes. From this viewpoint, states differing by a sign are different mathematical representations of the same physical state.

Natural question. A natural question is: are there other starting states

$$S_0 = a_{00}|00\rangle + a_{01}|01\rangle + a_{10}|10\rangle + a_{11}|11\rangle$$

that lead to the same separation of cases when the input x is relevant and when it is irrelevant?

In this paper, we answer this question for the case when all the coefficients a_{ij} are real values – as is usual in quantum computing algorithms.

Analysis of the problem. Applying $f(x) = 0$ does not change the state; applying $f(x) = 1$ leads to the new state $a_{00}|01\rangle + a_{01}|00\rangle + a_{10}|11\rangle + a_{11}|10\rangle$. The two states corresponding to $f(x) = 0$ and $f(x) = 1$ must either coincide or differ by a sign. If they coincide, we get $a_{00} = a_{01}$ and $a_{10} = a_{11}$. If they differ by a sign, then $a_{00} = -a_{01}$ and $a_{10} = -a_{11}$.

If we apply $f(x) = x$ and $f(x) = \text{not } x$, we get two new states

$$a_{00}|01\rangle + a_{01}|00\rangle + a_{10}|10\rangle + a_{11}|11\rangle \text{ and } a_{00}|00\rangle + a_{01}|01\rangle + a_{10}|11\rangle + a_{11}|10\rangle.$$

If we had $a_{10} = a_{11}$, then we would not be able to distinguish between the results of applying $f(x) = 0$ and $f(x) = x$. Thus, we must have $a_{00} = -a_{01}$ and $a_{10} = -a_{11}$.

So, the starting state has the form $a_{00}|00\rangle - a_{00}|01\rangle + a_{10}|10\rangle - a_{10}|11\rangle$, and the result of applying $f(x) = x$ is $a_{00}|00\rangle - a_{00}|01\rangle - a_{10}|10\rangle + a_{10}|11\rangle$.

Orthogonality means that the dot product of the corresponding vectors $(a_{00}, -a_{00}, a_{10}, -a_{10})$ and $(a_{00}, -a_{00}, -a_{10}, a_{10})$ is 0, i.e., that $a_{00}^2 = a_{10}^2$. Thus, we have two possible cases:

- the case when $a_{00} = a_{10}$; in this case, the condition that the squares of all the coefficients is equal to 1 leads to $a_{00} = a_{10} = 1/2$, i.e., to the starting state of the original DJ algorithm (to be more precise, we also get minus this starting state), and

- the case when $a_{00} = -a_{10}$; in this case, the condition that the squares of all the coefficients is equal to 1 leads to $a_{00} = 1/2$ and $a_{10} = -1/2$, i.e., to the slightly different starting state:

$$(1/2)|00\rangle - (1/2)|01\rangle - (1/2)|10\rangle + (1/2)|11\rangle.$$

Conclusion. Modulo the above minor modification, we can conclude that the starting state used in the DJ algorithm is the only one that allows us, by using only one call to the function $f(x)$, to separate functions that do not actually depend on the input from function that do – i.e., to check whether the input x is indeed relevant.

In this sense, the Deutsch-Jozsa algorithm is the only quantum algorithm that checks, in one call to $f(x)$, whether the input affects the computation result.

*I. Bautista, A. Espinosa, I. Leos, Yixin Xie,
O. Galindo, V. Kreinovich*

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

HOW CAN WE EXPLAIN GROVER'S QUANTUM ALGORITHM?

Grover's quantum algorithm: the task. In many practical situations, we need to look for an element with the desired property in an unsorted list of n element.

In the traditional (non-quantum) computing, to find the desired element, we need, in some cases, to check all n elements – because if we miss even one element, we may thus miss the desired element. So, in some cases, we need to make at least n computational steps to find the desired element.

The quantum algorithm proposed by Lov Grover enables us to find the desired element much faster – in time proportional to square root of n .

Formulation of the problem. Grover's algorithm works – but it is very technical. It is desirable to come up with a natural explanation of this algorithm, so that we can explain, based on the task, why we need to perform the corresponding steps.

As of now, the only available explanation is that this algorithm works, but it would be nice to have a more natural explanation.

Quantum computing: in brief. In quantum physics, in addition to traditional (non-quantum) states s (which are denoted by $|s\rangle$), we can also have *superpositions* of these states, i.e., states of the type $c_s|s\rangle + c_{s'}|s'\rangle + \dots$, where c_s, \dots are complex-valued coefficients for which $|c_s|^2 + |c_{s'}|^2 + \dots = 1$. (In quantum computing, usually, only real-valued coefficients are used.)

Each value $|c_s|^2$ represents the probability that we get s when we measure the superposition state. These probabilities should add up to 1, which explains the above condition on the coefficients c_s .

Each such state can be represented by a vector (c_s, c_s', \dots) . All changes are described by linear transformations that transform orthogonal vectors into orthogonal ones – this requirement is motivated by the need to preserve the property that the sum of probabilities is equal to 1.

Grover’s algorithm: in brief. In the non-quantum case, to find the desired element in a list of n elements, we input the index $i = 1, 2, \dots, n$, and we check whether the i -th element has the desired property.

In quantum physics, according to the above general description, in addition to integer values of i , we can also have superpositions:

$$c_1|1\rangle + c_2|2\rangle + \dots + c_n|n\rangle.$$

The quantum analog of checking is the following transformation:

$$(c_1, \dots, c_{d-1}, c_d, c_{d+1}, \dots, c_n) \rightarrow (c_1, \dots, c_{d-1}, -c_d, c_{d+1}, \dots, c_n),$$

where d is the index of the element that has the desired property.

Grover’s algorithm starts with the state $c * (1, 1, \dots, 1)$ for an appropriate value c , and then interchangingly applies the above checking transformation and a special transformation known as Grover’s transformation.

Questions: Why should we select this particular starting state? Why should we use Grover’s transformation and not some other formula?

In this paper, we provide answers to these two questions.

Our explanation. The choice of the starting state is the easiest to explain. A priori, we have no reason to assume that some elements of the list are more probable to have the desired property and some are less probable – we have the same ignorance about all the elements. In mathematical terms, our knowledge does not change if we perform an arbitrary permutation of the indices. It is therefore reasonable to require that the starting state should also be invariant with respect to such permutations. Since we can always swap i -th and j -th elements, this implies that the coefficients at every two elements must be equal – which explains the starting state of Grover’s algorithm.

What about Grover's transformation? In general, this transformation must be linear: $c_i \rightarrow a_{ii} * c_i + a_{ij} * c_j + \dots$ for some coefficients a_{ij} . This transformation should not change if we apply any permutation. If we swap two indices i and j , we change a_{ii} to a_{jj} , so we should have $a_{ii} = a_{jj}$ for all i and j . Let us denote the common value of these diagonal terms by d .

Every two pairs (i,j) of different indices can also be transformed into each other by some permutation, so all non-diagonal terms should also be equal to each other; let us denote the common value by a .

The states $(1,0,0,\dots)$ and $(0,1,0,\dots)$ are orthogonal, so the states (d,a,a,\dots) and (a,d,a,\dots) obtained after this transformation should also be orthogonal, i.e., their dot product should be 0: $2a * d + (n - 2) * a^2 = 0$. This is equivalent to

$$a * (2d + (n - 2) * a) = 0.$$

If $a = 0$, then the state practically does not change, so for a non-trivial transformation, we have $d = -(n - 2) * (a / 2)$. Substituting this value into the probability-1 requirement $|d|^2 + |a|^2 + |a|^2 + \dots = 1$, we get exactly Grover's transformation (plus the same transformation followed by multiplication by -1 , which, in quantum physics, does not change the state).

Conclusion. Thus, Grover's algorithm can indeed be explained – by natural invariance with respect to all possible permutations.

M. Khamatyanov, O. Medvedeva
Kazan Federal University, Kazan, Russia

COMPUTER MODELING OF TECHNICAL SYSTEMS UNDER DATA UNCERTAINTY

When modeling most real systems, it is impossible to do without taking into account various impacts and random events. These can be both external influences on the system, and inaccuracy of coefficients in mathematical models, inaccuracy of physical and chemical laws, changes in coefficients in mathematical models during the operation of the system, and the random nature of internal connections of system components. You can use interval analysis to solve the uncertainty problem. The use of interval analysis methods allows solving many problems and methodological difficulties that arise when solving applied problems using statistical methods. In interval analysis, the uncertainty of the source data may have different sources and nature.

The subject of interval analysis is the solution of problems with interval uncertainties and ambiguities in the data that arise during the formulation of the problem or at intermediate stages of the decision-making process. Interval analysis methods are characterized by considering uncertainty sets as independent integral objects and performing arithmetic and analytical operations and relations on them. Interval uncertainty is a state of incomplete (partial) knowledge of the desired variable, when only its belonging to a certain interval is known, that is, when we can specify only the limits of possible values of this variable (the limits of its change). In the interval model, the uncertainty of the parameter x is described by the boundaries of its possible values in the following form: $[x] = [x-\Delta; x+\Delta]$. Unlike probability theory, there is no probability measure inside the interval $[x]$, meaning all values within the interval are considered equally possible. Interval analysis methods are characterized by considering uncertainty sets as independent integral objects and performing arithmetic and analytical operations and relations on them

It is known that the probabilistic-statistical model does not allow to take into account the uncertainty factors caused by systematic measurement errors and rounding errors. In addition, the normal distribution postulated in a probability model that defines an unlimited range of values is often inadequate in practice, for example, for obviously positive variables. The interval model allows you to take into account any uncertainty factors.

Functions with interval coefficients are widely used in various fields of knowledge. It is enough to mention physics, in which the phenomena of the surrounding world are described by empirical formulas with experimentally determined constants, or mathematical modeling of natural and man-made processes based on experimental data and observations. Other numerous examples can be found in computational mathematics, inverse problem theory, optimization methods, and operations research.

References

1. *Antonova O.A., Mustafina S.A., Spivak S.I.* Search for the optimal temperature regime of a multistage consecutive reaction in the conditions of uncertainty of the kinetic data // Bashkir chemical journal. – Ufa, 2010. – T. 17, no. 3. – P. 36–38.
2. *Ostrovsky G.M.* Technical systems in conditions of uncertainty: analysis of flexibility and optimization. – M.: BINOM, 2008.
3. *Pontryagin L.S., Boltyanskii V.G., Gamkrelidze R.V.* Mathematical theory of optimal processes. – M.: Science, 1976.
4. *Slinko M.G.* Fundamentals and principles of mathematical modeling of catalytic processes. – Novosibirsk: G.K. Boreskov, 2004.

А.В. Мелешко

*Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН,
Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН,
г. Санкт-Петербург, Россия*

ПОДХОД К ГЕНЕРАЦИИ НАБОРОВ ДАННЫХ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ АТАК В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ*

В современном мире вопросы защиты различных компьютерных и киберфизических систем от атак получают все более важное значение. Многие подобные системы могут носить критический характер функционирования, и нарушения в работе, вызванные злоумышленником, способны приводить к катастрофическим последствиям. В настоящей работе объектом исследования является киберфизическая система (КФС) управления водоснабжением. Прототип такой системы сформирован при помощи натурального моделирования критически важного объекта инфраструктуры системы управления водоснабжением.

Описание построенной модели системы приводилось в предшествующих работах, например в [1]. В системе имеются два резервуара, управляемый кран, управляемый насос, набор сенсоров и управляющих компонентов. Кроме того, в статье [1] предложен подход к обеспечению безопасности системы управления водоснабжением. Он основан на использовании данных от сенсоров системы в процессе детектирования атак на неё. Имея набор данных от сенсоров и актуаторов системы, можно, используя машинное обучение, своевременно выявлять атаки в новых данных. В работе [2] показана работоспособность предложенного подхода на упрощенной версии модели системы. В настоящей работе показан процесс создания программной модели системы, ко-

* Работа выполнена в СПИИРАН при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-07-00953).

торая позволяет быстро проводить моделирование длительной работы КФС и формирование объемных наборов данных с записями состояний системы. Данный подход пригоден для дальнейшего обучения и детектирования атакующих воздействий на систему. В целях обеспечения возможности использования машинного обучения наборы данных должны содержать не только записи атак, но и записи нормального функционирования системы.

Разработанная программная модель моделирует состояния системы в определённые моменты времени. Сначала задается начальное состояние, а далее проводится корректировка показаний сенсоров и актуаторов в заданном временном интервале. После корректировки значения записываются в выходной файл формата csv. Результирующий файл содержит следующие поля: идентификатор записи, показания сенсоров уровня воды в резервуаре 1 (три бинарных значения 0 или 1), процент наполненности резервуара 1, процент открытия крана, показатель потока воды между резервуарами, показания сенсоров уровня воды в резервуаре 2 (три бинарных значения 0 или 1), процент наполненности резервуара 2, состояние управляемого насоса, показатель потока воды передаваемой через насос между двумя резервуарами, время от начала работы системы, наличие атаки (бинарное значение), класс атаки (целое число от 0 до 5, отражающее тип атаки).

В сгенерированных наборах данных содержатся пять различных типов атакующих ситуаций. Первый класс представляет собой искажение показаний сенсоров уровня воды в резервуарах, то есть их показания не соответствуют показаниям сенсоров наполненности резервуаров. Второй тип атаки заключается в несоответствии показателям уровня воды одного резервуара, уровню воды в другом. Третий тип атак это подмена показаний сенсора потока воды между резервуарами, когда уровень воды в резервуарах не меняется и управляемый кран закрыт или насос выключен, а сенсор потока воды фиксирует ей течение. Четвертый тип атаки схож с третьим, только в данном случае происходит подмена показаний при включенном насосе или открытом кране. А именно, сенсор показывает отсутствие потока воды, в то время как на самом деле он есть. Пятый тип атаки – фальсификация данных от сенсора потока воды относительно степени откры-

тия управляемого крана. Кроме указанных атак можно выделить нулевой тип, показывающий отсутствие атаки.

Результатом работы является реализованная программная модель системы управления водоснабжением, а также сгенерированные наборы данных. Наборы данных содержат пять типов атакующих ситуаций. Всего сгенерировано семь наборов данных – пять наборов для каждого типа атаки, один набор без атакующих ситуаций и последний со всеми типами атак одновременно. Полученные наборы позволят в дальнейшем более детально протестировать предложенный в [1] подход к детектированию атак на данных системы, а также провести тестирование подхода к обнаружению аномалий.

Литература

1. Мелешко А.В., Десницкий В.А. Подход к выявлению аномальных данных от сенсоров в киберфизических системах управления водоснабжением на основе методов машинного обучения // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2019. – № 4. – С. 69–72.
2. Мелешко А.В., Десницкий В.А. Выявление аномалий данных в киберфизических системах управления водоснабжением // XI Санкт-Петербургская межрегиональная конференция информационная безопасность регионов России. Материалы конференции. – 2019. – С. 136–137.

А.В. Мелешко

*Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН,
Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН,
г. Санкт-Петербург, Россия*

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ АТАК В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

В настоящее время все большую важность получают вопросы недостаточной защищенности компьютерных систем от различного вида атакующих воздействий, своевременного их детектирования и принятия защитных мер. Применительно к киберфизическим системам, выявить атаку можно, анализируя данные сенсоров системы, а именно, анализируя зависимость показаний сенсоров друг от друга (корреляция показаний сенсоров). Анализ данных можно проводить с использованием простых правил или с использованием методов машинного обучения. В связи с разнообразием атак, целесообразно использовать подход, сформированный на машинном обучении. Применительно к системе управления водоснабжением подробно данный подход описан в статье [1]. В настоящей работе проведена серия экспериментов и показана практическая реализация подхода, описанного в [1], на наборах данных, полученных на имеющейся модели системы.

Для детектирования атак используются методы машинного обучения, содержащиеся в специализированной библиотеке `scikit-learn` языка программирования Python. Были использованы следующие методы машинного обучения: `AdaBoost Classifier`, классификатор `Random Forest`, байесовский классификатор, `Logistic Regression`, метод опорных векторов (`SVM`), дерево решений (`DecisionTreeClassifier`), классификатор `RidgeClassifier`.

* Работа выполнена в СПИИРАН при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-07-00953).

Наборы данных для реализации подхода представляют собой записи состояний сенсоров системы и её актуаторов в определенные моменты времени. Было использовано шесть наборов данных, которые содержат пять типов атак на сенсоры системы. Наборы данных представляются в виде файлов формата csv и имеют следующие характеристики: 0_1.csv (3000 атакующих записей 1-го типа), 0_2.csv (3000 атакующих 2-го типа), 0_3.csv (2435 атакующих 3-го типа), 0_4.csv (3000 атакующих 4-го типа), 0_5.csv (551 атакующих 5-го типа), 0_1_2_3_4_5.csv (4787 атакующих всех типов атак). Наборы данных содержат следующие поля: id_record_inc, watLevel_R1_3_bool, watLevel_R1_2_bool, watLevel_R1_1_bool, Fullness_R1_percent, Crane_state_percent, Flow_state_percent, watLevel_R2_3_bool, watLevel_R2_2_bool, watLevel_R2_1_bool, Fullness_R2_percent, Pump_state_bool, PumpFlow_state_percent, Time_sec, isAttack, classAttack.

Перед началом экспериментов была посчитана корреляция каждого поля из наборов данных с целевой переменной (isAttack). Корреляция рассчитана с использованием встроенных в scikit-learn функций mutual_info_classif и f_classif, а также с помощью классификатора ExtraTrees (параметр importances_). Все функции отражают степень влияния каждого поля на результат. Сильно коррелирующие с результатом поля были исключены. Также при проведении экспериментов были исключены такие поля как идентификатор записи, класс атаки и показатель атаки. Подбор наиболее подходящих параметров для каждого метода машинного обучения был реализован с помощью функции GridSearchCV().

Результаты экспериментов позволили установить, что на имеющихся наборах данных наилучший результат показал метод дерева решений (DecisionTreeClassifier). Он показал точность детектирования каждого типа атак со значением показателя точности 100%. Методы AdaBoost Classifier и классификатор Random Forest также показали высокую точность детектирования всех типов атак кроме пятого. На наборах данных 0_5.csv и 0_1_2_3_4_5.csv они показали точность детектирования 94 % и

99 %, соответственно. Методы Logistic Regression, метод опорных векторов (SVM) и классификатор RidgeClassifier имеют высокую точность детектирования только для атаки 2-го типа.

Проведенные эксперименты позволили подтвердить применимость подхода к детектированию различных атак на систему управления водоснабжением с использованием методов машинного обучения. При реализации эксперимента каждый набор данных делился на обучающую и тестовую выборку. Были выявлены наилучшие методы машинного обучения для детектирования каждого типа атак. Наиболее универсальным оказался метод дерева решений. Однако методы AdaBoost Classifier и Random Forest тоже имеют довольно высокую точность детектирования разных типов атак. Применимость на практике подхода, предложенного в статье [1] экспериментально показана. Дальнейшие исследования будут направлены на обнаружение аномальных данных в системе управления водоснабжением с учетом характера изменения показаний сенсоров на заданных временных интервалах.

Литература

1. *Meleshko A., Desnitsky V., Kotenko I.* Machine learning based approach to detection of anomalous data from sensors in cyber-physical water supply systems // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 709. – P 1–7.

В.А. Десницкий

*Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН,
г. Санкт-Петербург, Россия*

АРХИТЕКТУРА И АЛГОРИТМЫ СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕННОГО СБОРА, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ В БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ

В работе предложены архитектура и алгоритмы системы распределенного сбора, обработки и анализа данных в беспроводной сенсорной сети, предназначенные для обеспечения процессов анализа защищенности сети. В основу данной программно-аппаратной системы заложены алгоритмы сбора, обработки и анализа данных, поступающих от узлов сети в процессе ее функционирования. К особенностям предложенных алгоритмов относится распределенный характер их выполнения, включающий вовлечение заранее не фиксированного числа узлов и вычислительных модулей с возможностью динамического изменения их состава [1]. К особенностям разработанной архитектуры можно отнести отсутствие в системе заранее выделенного центрального управляющего сервера, причем основные управляющие и бизнес-функции делегируются конкретным узлам сети.

Все вычислительные мощности децентрализованной беспроводной сети делятся на три основные группы. Во-первых, это модули сбора, предварительной обработки, нормализации и агрегации данных, поступающих от узлов сети. Во-вторых, модули организации вычислительного кластера, функционирующие на основе предварительно заложенных в них алгоритмов параллельной обработки данных. В-третьих, управляющий узел сети, отвечающий за назначение ролей всех узлов, контроль согласованности операций, а также за обеспечение хранения обработанных данных сети и осуществление функций анализа ее защищенности.

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского Фонда Фундаментальных Исследований (РФФИ) № 19-07-00953.

Предложенные алгоритмы апробируются на программно-аппаратном стенде моделирования самоорганизующихся беспроводных сенсорных сетей и процессов обеспечения информационной безопасности в них. Данный стенд включает в свой состав множество узлов, осуществляющих коммуникацию по беспроводному протоколу передачи данных ZigBee. Типовой узел сети представляет собой беспроводной интерфейс XBee s2, функционирующий в связке с одноплатным компьютером Raspberry Pi 3. Беспроводной интерфейс отвечает за выполнение функций приема и передачи данных по сети, а также функций маршрутизации проходящих через него сетевых потоков. Модуль XBee предполагает возможность подключения к нему ограниченного числа простейших аппаратных сенсоров, являющихся источниками исходных бизнес-данных системы. Кроме того к модулю XBee возможно также подключение элемента ввода/вывода пользовательских данных, управляемых оператором – владельцем данного узла.

На микроконтроллер Raspberry Pi возлагаются функции сбора, предобработки, фильтрации, агрегации, а также функции инициации передачи данных между узлами сети, функции хранения данных, функции групповой агрегации данных и функции анализа защищенности. В соответствии с предложенной архитектурой состав реализованных функций модуля Raspberry Pi каждого узла сети определяется ситуативно, в зависимости от роли, возлагаемой на данный узел в рамках распределенной системы сбора, обработки и анализа данных.

Наличия вычислительного кластера в рамках беспроводной сети обуславливается потенциально недостаточной ресурсной обеспеченностью каждого узла и мало прогнозируемой структурой и объемами вычислений, которые в соответствии с практическими требованиями должны осуществляться в режиме близком к режиму реального времени. Основным выигрыш в обеспечении эффективного ресурсопотребления возникает, во-первых, в результате динамического перераспределения ролей между узлами сети и, во-вторых, за счет распараллеливания алгоритмов анализа данных, в том числе с применением принципа map-reduce. В соответствии с данным принципом вычисления на первичных данных и их агрегация, а также последующая обработка произво-

дятся на разных узлах с использованием функций отображения и свертки данных различных типов.

К ожидаемым приложениям системы, реализующей предложенные распределенные алгоритмы сбора, обработки и анализа данных можно отнести системы сбора данных и управления процессами Цифрового города и оперативно разворачиваемые сети реагирования и управления инцидентами безопасности в чрезвычайных ситуациях. Необходимость предложенной децентрализованной архитектуры для подобных систем определяется, в том числе, использованием беспилотных транспортных средств в качестве объектов носителей узлов беспроводной сети и их слабо предсказуемыми перемещениями в пространстве с необходимостью динамического перераспределения ролей узлов обеспечивающей инфраструктуры.

Литература

1. Десницкий В.А., Чечулин А.А. Модели процесса построения безопасных встроенных систем // Системы высокой доступности. – 2011. – Т. 7, № 2. – С. 97–101.

В.А. Десницкий

*Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН,
г. Санкт-Петербург, Россия*

АНАЛИЗ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Беспроводные сенсорные сети (БСС) получают все большее распространение в различных сферах приложения. В [1] выделяются следующие основные виды функций, накладываемые на узлы беспроводные сенсорные сети и их узлы: вычисление, коммуникация и детектирование. Вычислительные функции ограничиваются аппаратными возможностями микроконтроллеров, установленных на узлах сети, и позволяют выполнять возложенные на них программные функции, в частности, обеспечивающие локальное считывание и обработку данных.

Коммуникация предполагает получение и отправку на другие узлы сети различного вида данных, способных к циркуляции по сети и имеющих свою собственную семантику, в том числе, фрагментов бинарных данных, мультимедиа данных, данных аутентификации и других служебных команд. Коммуникация возможна в режиме запрос-ответ с выделением логических и функциональных зависимостей между узлами сети, в режимах синхронной, асинхронной передачи данных. Функции коммуникации определяют также различные количественные параметры информационного обмена, такие как пропускная способность коммуникационного канала, скорость и задержки при передаче данных – с использованием качественных величин QoS, LQI, вычисляемых на основе статистики успешно доставленных пакетов [2].

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского Фонда Фундаментальных Исследований (РФФИ) № 19-07-00953.

Детектирование применяется за счет использования аналоговых и цифровых сенсоров и позволяет разово или с определенной периодичностью считывать показания измерений параметров окружающих объектов и физической среды, преобразовывать их, нормализовать, агрегировать и направлять их на другие устройства для последующей обработки этих данных и их использования. Вместе с тем к функциям узлов БСС можно также отнести инициацию действий, направленных на физические перемещения элементов инфраструктуры, в том числе срабатывание пусковых механизмов, открытие и закрытие запорных механизмов, затворов, электроприводных кранов, срабатывание электронных замков и различных электрических реле. Приведенные особенности БСС определяют специфичные требования к обеспечению их защищенности, основанные на свойствах конфиденциальности, целостности, доступности и их производных.

К функциям коммуникации можно также отнести маршрутизацию и опосредованную доставку сетевых пакетов узлу-адресату по заданному маршруту, включающему промежуточные узлы сети в качестве связующих элементов. Поэтому на все или часть узлов БСС накладывается необходимость обеспечения связности напрямую не соединенных между собой узлов сети. В функции узла-маршрутизатора входит передача целевых и служебных данных, управляющих команд другим узлам, в том числе направленных на координацию и согласование значений идентификаторов, адресов и характеристик сетевых подключений, параметров механизмов защиты.

Ключевыми особенностями БСС являются также потенциальная ненадежность и не доверенность программно-аппаратного и физического окружения, в которых функционируют и осуществляют коммуникации узлы БСС. При этом недостаточная развитость применяемых средств и протоколов сетевого обмена обуславливают подверженность БСС угрозам информационной безопасности и возникновение инцидентов безопасности в результате намеренных действий, как внутреннего нарушителя, так и внешнего атакующего, пытающегося скомпрометировать БСС и предоставляемые ею сервисы. Эксплуатация уязвимостей программно-аппаратного обеспечения сети может приводить к реа-

лизации угроз потери и модификации критически важных данных сети, нарушению доступности узлов сети, захвату узла сети, использованию БСС в качестве ботнета с последующим выполнением распределенных атак типа отказ в обслуживании и других видов атак.

Наличие функций самоорганизации сети, поддерживающих ее адаптивность при обеспечении перестроения ее структуры, могут сопровождаться рядом рисков информационной безопасности, частности, потерей связи между отдельными узлами и нарушениями доступности целых областей сети. Таким образом, указанные особенности БСС обуславливают специфику программно-технических решений, которые целесообразно применять в качестве средств анализа защищенности БСС.

Литература

1. *Chong C.-Y., Kumar S. P.* Sensor networks: evolution, opportunities, and challenges // Proceedings of the IEEE. – 2003. – Vol. 91, no. 8. – P. 1247–1256. DOI: 10.1109/JPROC.2003.814918.
2. *Bildea A., Alphan O., Rousseau F., Duda A.* Link quality metrics in large scale indoor wireless sensor networks // Proceedings of 24th IEEE Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC). – 2013. – P. 1888–1892.

Е.П. Грабчак, Е.Л. Логинов

*Министерство энергетики Российской Федерации,
г. Москва, Россия*

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ
СЕТЕВЫХ УГРОЗ СИНХРОННЫМ РЕЖИМАМ РАБОТЫ
АКТИВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ
ПРОМЫШЛЕННОГО ТИПА**

Активно развиваются новые smart-системы поддержания работы активных энергетических комплексов, которые построены на основе комплексирования синхронизирующихся ансамблей микроэнергоячеек – интеллектуальных компонентов промышленного микрогрида [1]. Эти smart-системы хотя и используют все более развитые алгоритмы стабилизации системы, должны обеспечить достаточные гарантии защищенного выполнения команд и анализа соответствия режимов работы поддержанию нормативных уровней частоты и напряжения [2; 3].

Внедрение информационной защиты необходимо осуществлять в виде программных и аппаратно-программных средств, обеспечивающих анализ потоков данных в соответствии с серией национальных стандартов ГОСТ Р 58651, выдающих сигналы службам поддержания управляемых интеллектуальных соединений в рамках работы активных энергетических комплексов промышленного типа для принятия мер по нейтрализации возникших угроз.

Предлагается внедрение типовых поведенческих моделей сегмента цифровых автоматизированных систем, описываемых небольшим числом характеристик, настройкой которых можно обеспечить различие стандартного поведения сегмента цифровых автоматизированных систем и поведения сегмента цифровых автоматизированных систем подвергнувшегося атаке [4; 5].

Выводы: необходимые меры

1) Разработка методологии построения математических оценок показателей поддержания управляемых интеллектуальных соединений в рамках работы активных энергетических комплексов промышленного типа в виде аналитических зависимостей и защиты уровней администрирования (интерфейсов администрирования) с учетом комплексного характера взаимоотношений систем управляемых интеллектуальных соединений с учетом политики трафика уровня управления, которые обеспечивают поддержание работы гибких распределительных сетей, распределенной энергетики (в том числе генерации), а также потребительских сервисов.

2) Разработка программных инструментов выявления аномалий в сетевой активности при обеспечении унифицированных способов управления энергетическими объектами, вне зависимости от их назначения и производителя оборудования на основе анализа высокоуровневых поведенческих характеристик сегмента цифровых автоматизированных систем.

3) Разработка методов идентификации кластера интеллектуальных компонентов промышленного микрогрида с расширенной smart-составляющей для обеспечения достоверности наблюдения за работой системы.

4) Разработка технологий анализа совокупности данных, их характеристик и связей для обеспечения их штатной интерпретации всеми участниками технологического информационного обмена для защищенного выполнения команд и анализа соответствия режимов работы поддержанию нормативных уровней частоты и напряжения (с ориентацией на совместимость информационных технологий, разрабатываемых независимо разными производителями).

5) Разработка многофункциональной системы поддержания управляемых интеллектуальных соединений в рамках работы активных энергетических комплексов промышленного типа, базирующейся на использовании ансамблей микроэнергодячек – интеллектуальных компонентов промышленного микрогрида для интеграции в энергосистему распределенной генерации.

Литература

1. *Агеев А.И., Грабчак Е.П., Логинов Е.Л.* Smart-коллапс в цифровой энергетике будущего: угрозы глобального обрушения информационных систем управления в условиях возможной самоорганизованной информационной блокады // Энергетик. – 2020. – № 6. – С. 10–14.
2. *Грабчак Е.П., Логинов Е.Л.* Анализ и прогнозирование критических ситуаций в электро- и теплоэнергетике России на основе внедрения инновационных информационных сервисов // Инновационная деятельность. – 2019. – № 4 (51). – С. 24–28.
3. *Грабчак Е.П.* Цифровая трансформация электроэнергетики. – М.: Кнорус, 2018. – 340 с.
4. *Иванов С.Н., Логинов Е.Л., Михайлов С.А.* Энергосбережение: проблемы достижения энергоэффективности: монография. – М.: Национальный институт энергетической безопасности, 2009. – 329 с.
5. *Колосок И.Н., Гурина Л.А.* Повышение кибербезопасности интеллектуальных энергетических систем методами оценивания состояния // Вопросы кибербезопасности. – 2018. – № 3 (27). – С. 63–69.
6. *Логинов Е.Л., Логинов А.Е.* Интеллектуальная электроэнергетика: новый формат интегрированного управления в единой энергетической системе России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2012. – Т. 8, № 29 (170). – С. 28–32.

А.А. Аржиловская

Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

ПЕРСПЕКТИВА ИЗУЧЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ КАК ЭЛЕМЕНТ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА

9 мая 2017 года президентом Российской Федерации был подписан указ № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы». В документе указано, что «...Настоящая Стратегия определяет цели, задачи и меры по реализации внутренней и внешней политики Российской Федерации в сфере применения информационных и коммуникационных технологий, направленные на развитие информационного общества, формирование национальной цифровой экономики, обеспечение национальных интересов и реализацию стратегических национальных приоритетов...» [1, с. 1]. Действительно, в настоящее время существует большое количество информационных компьютерных программ, с помощью которых возможно спрогнозировать ряд характеристик, влияющих на дальнейшее решение одной из поставленных производственных задач. В последствие данные комплексы позволят построить целостную модель будущих проектов стратегического назначения.

Для внедрения данных программ в профессиональную сферу деятельности необходимо произвести ряд интеграций по изучению концепций интерфейса перспективных информационных продуктов. Данная процедура необходима для того, чтобы повысить уровень использования программ, а также масштабировать области ее эксплуатации. Одними из наиболее рентабельных методик по внедрению компьютерного моделирования во всеобщий профессиональный обиход являются следующие:

1. Детальное изучение программных технологий на уровне высшего образования;

2. Снижение стоимости лицензии на перспективные информационные продукты;

3. Создание бесплатных профессиональных курсов по изучению программ на базе предприятий-разработчиков компьютерных комплексов;

4. Создание в открытом доступе общей базы имитационных программ, являющихся перспективными в данный момент времени;

5. Проведение международных форумов и конференций в направлении изучения тенденций развития информационного общества.

При соблюдении в совокупности всех перечисленных методик важно также обращать внимание на статистику использования программных комплексов на территории нашего государства и ряда других зарубежных стран. В первую очередь, это необходимо для развития России в сфере имитационного моделирования, так как данный опыт позволит ускорить темпы повышения уровня национальной цифровой экономики, а также поспособствует достижению целей политики информационных технологий.

Литература

1. Указ президента Российской Федерации от 09.05.2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы». – URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919> (дата обращения: 20.09.2020).

И.А. Трещев

*Комсомольский-на-Амуре государственный университет,
г. Комсомольск-на-Амуре, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТОЧЕК РОСТА В ОБЛАСТИ ТУРИЗМА В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ

В настоящее время происходит активное формирование туристических услуг в Хабаровском крае. Это перспективный рынок информационных, логистических и других услуг, который будет постоянно развиваться и совершенствоваться.

Предполагается, что на территории Хабаровского края к 2035 году будет действовать более 20 000 точек предоставления услуг в области туризма, обслуживающих единый рынок работ и услуг для удовлетворения различных, постоянно возрастающих потребностей экономики.

Сегодня отсутствует «единое окно» для доступа к информации относительно туристической деятельности в Хабаровском крае (например, об автомобильных и авиа-маршрутах).

Использование блок-чейн технологий позволит создать распределенную базу данных с широким спектром возможностей по получению информации в рамках концепции «единого окна» и выполнению различных действий вплоть до оплаты услуг и невозможности «продать билет два и более раз».

Существуют проблемы, присущие именно распределенной обработке данных, такие как синхронизация, сериализация и другие. При обработке больших массивов данных проблемы взаимодействия в информационных системах становятся высокоприоритетными и требуют адекватных механизмов решения. Современные методы решения указанных задач не позволяют использовать ресурсы доступные на ЭВМ в сетях, таких как например, интернет, а предполагают выделение отдельных подсетей и сетей для решения задач по обработке данных.

Использование пиринговых сетей и создание на основе блок-чейн технологий баз данных позволит решить проблемы взаимодействия в сетях, за счет существующих в рамках цепочек блоков механизмов для взаимодействия в распределенных информационных системах, задействовать существующую сетевую инфраструктуру без необходимости создания отдельных вычислительных кластеров.

Предлагаемый подход можно рассматривать как надсистемный, то есть надстраиваемый на уже существующей базе, что позволит существенно сократить затраты и оптимизировать процессы обработки массивов данных.

Предполагается что зона охвата интернет в 2030 году составит на территории Хабаровского края 100%. Автором предлагается использовать вычислительные мощности всех устройств, которые могут их предоставить построив на их основе распределенную информационную систему.

Формирование динамически меняющейся базы данных распределенной между «пирами» и «сидами» с возможностью устранения коллизий и отсутствием «двойной оплаты», решением существующих проблем синхронизации и сериализации является новым результатом, который позволит, используя современный аппарат построения и хранения данных в цепочках, избежать, присущих современным системам, проблем.

Блок-чейн технологии по мнению автора станут краеугольным камнем положенным в основу распределенных баз данных и обеспечения защиты информации, ее обработки, систематизации. Ресурсы tiu.ru, avaisales.com, yandex.ru ведут разработку собственных баз данных оставаясь все-таки локальными в пределах компании. Зарубежный опыт в последние пять лет привел к образованию централизованных порталов по доступу к информации, но так и не перешел грань существующих проблем.

Использование блок-чейн технологий для криптовалют является ярким примером успешно реализованной распределенной информационной системы на основе современных информационных технологий, но ограничивается использованием в области электронной коммерции и банковского сектора.

Разработка систем, использующих нестандартные алгоритмы, внесет значительный вклад в развитие научного приоритета отечественных разработок в различных областях, в частности для кластеризации и консолидации ресурсов в области туризма в Хабаровском крае и выявлении потенциальных точек роста.

Литература

1. *Богачев А.А., Батулин М.А., Трещев И.А.* О подходе к созданию единой информационной системы аттестованных по требованиям информационной безопасности объектов // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: материалы международной научно-практической конференции, г. Комсомольск-на-Амуре / редкол.: С.В. Белых (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГУ, 2017. – С 30–34.
2. *Трещев И.А.* Многомерные пространства дискреционных моделей доступа // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: материалы международной научно-практической конференции, г. Комсомольск-на-Амуре / редкол.: С.В. Белых (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГУ, 2017. – С. 154–160.
3. *Трещев И.А., Григорьев Я.Ю.* Обеспечение информационной безопасности в распределенных информационных системах на удаленных рабочих // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: материалы Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 309–312.

М.В. Швалова, А.Ю. Лошманов

*Комсомольский-на-Амуре государственный университет,
г. Комсомольск-на-Амуре, Россия*

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЗАПОЛНЕНИЯ ДОКУМЕНТАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

С каждым годом компьютерные технологии становятся все более и более совершенными [1–3], их развитие растет с огромной скоростью, еще недавно первый компьютер был размером с комнату, а сейчас один лишь смартфон может иметь в себе мощность компьютера. С совершенствованием мощности техники и развитием сетей Интернет открывается множество чудесных перспектив не только для законопослушных пользователей компьютеров и смартфонов, но и для злоумышленников.

Развитие технологических мощностей компьютеров позволяет злоумышленникам заниматься такими вещами, как, например, взломом учетных записей пользователей Интернета путем подбора паролей к ним, то есть брутфорсом.

С учетом стремительно развивающихся компьютерных технологий, зачастую в созданном оборудовании и программном обеспечении есть уязвимости, незамеченные разработчиками и производителями, чем пользуются злоумышленники, создавая вредоносные программы, наносящие значительный ущерб, прежде чем удастся их заметить и избавиться от них.

Можно долго продолжать этот список вещей, которые получают все лучше и лучше у злоумышленников в мире компьютерных технологий и несут все большую угрозу. Однако известно одно – бороться со злоумышленниками должны специалисты по информационной безопасности путем создания защитного программного обеспечения, проведения проверок оборудования и программного обеспечения и организации защитных мер как на физическом, так и программном уровне. С учетом увели-

чения угроз от злоумышленников, для специалистов по информационной безопасности все большей проблемой становится нехватка времени на выполнение своих задач.

Эту проблему можно решить путем автоматизации как можно большего количества процессов в работе специалиста по информационной безопасности. Так, можно создать программу, позволяющую уменьшить количество бумажной работы, проводимой специалистом, что позволит ему сконцентрировать большее внимание на осуществлении самой защиты информации.

Такая программа может содержать в себе шаблоны всех документов, с которыми регулярно работает специалист по информационной безопасности, а удобная форма программы может позволить автозаполнение всех документов при вводе нужной информации в определенные поля, например в поле «Название организации» или «Дата». Так же можно позволить самим специалистам изменять программу, предоставив им ее открытый код и инструкцию по ее эксплуатации и модификации.

Подобное программное обеспечение улучшит качество работы специалиста по информационной безопасности, так как оно избавит его от утомительной рутины бумажной работы и освободит его время для действительно важных вещей – защиты информации от злоумышленников.

Литература

1. *Лошманов А.Ю., Васильев Г.В., Кожин И.А., Куликов А.А., Белюсов С.А.* Обеспечение безопасности систем «умного дома» на основе искусственного интеллекта // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: материалы Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 198–202.
2. *Васильев Г.В., Лошманов А.Ю., Васильев А.В.* «Определение жизни» с помощью машинного зрения // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 ч. / редкол.: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – 2020. – С. 235–238.
3. *Жданкина А.К., Лошманов А.Ю.* Технология блокчейн, децентрализация и их применение для хранения данных // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследова-

ний: материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 ч. / редкол.: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – 2020. – С. 258–260.

А.А. Обласов, С.А. Белоусов, У.В. Сеница

*Комсомольский-на-Амуре государственный университет,
г. Комсомольск-на-Амуре, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИЕЙ О БЕЗОПАСНОСТИ И СОБЫТИЯМИ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ТРЕБОВАНИЙ 187-ФЗ

Федеральный закон №187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» описывает систему ГосСОПКА (Государственная система обнаружения, противодействия и ликвидации последствий компьютерных атак). Цель её создания – формирование между различными организациями страны системы обмена информацией о ведущихся атаках на информационные системы (ресурсы организаций). Это позволит вести превентивную защиту ресурсов организации (защиту до наступления инцидента). ГосСОПКА контролируется Национальным Координационным Центром по Компьютерным Инцидентам (НКЦКИ).

Появление документа «Требования к средствам, предназначенным для обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак и реагирования на компьютерные инциденты» (приказ ФСБ №196) вносит конкретные требования к субъектам КИИ (критической информационной инфраструктуры).

В документе указаны пять подсистем центра ГосСОПКА:

- 1) Средства обнаружения;
- 2) Средства предупреждения;
- 3) Средства ликвидации;
- 4) Средства поиска признаков компьютерных атак;
- 5) Средства обмена информацией;
- 6) Средства криптографической защиты каналов связи.

Каждая подсистема может быть как отдельным программным средством, так и находиться в составе комплекса (плат-

формы). Основным вопросом администраторов субъектов КИИ является выбор средств, которые можно использовать. До появления конкретных требований было неясно, достаточно ли системы обнаружения вторжений, или нужно иное средство.

Основное требование для средств обнаружения – сбор событий информационной безопасности. Притом в документе определён список источников, которые должны эти события отдавать. В этом списке кроме средств защиты (межсетевых экранов, антивирусов и т. д.) находятся и инфраструктурные источники (сетевое оборудование, операционные системы).

К средствам предупреждения предъявляются требования функциональности сканеров угроз безопасности.

Средства ликвидации должны вести учёт и обработку компьютерных инцидентов и взаимодействовать с НКЦКИ.

Средства поиска признаков компьютерных атак должны иметь функциональность средств обнаружения вторжений.

Средства обмена информацией тесно связаны со средствами криптографической защиты информации: средства обмена отвечают за приём, передачу и целостность информации (как между ресурсами в пределах организации, так и между организацией как субъектом КИИ и центром ГосСОПКА), а средства криптографической защиты обеспечивают шифрование канала связи.

Кроме вышеописанных требований документ указывает на необходимость наличия функциональности корреляции и агрегации событий безопасности. Все эти требования в совокупности определяют платформу SIEM.

Но не любая SIEM-система может использоваться в субъектах КИИ. К таким системам предъявляются ещё два важных требования.

Первое требование состоит в том, что SIEM-система должна не только коррелировать и выявлять инциденты информационной безопасности, но и сохранять итоги их обработки.

Второе требование – SIEM-система должна иметь возможность оперативной доработки списка и состава подключаемых источников событий. Это накладывает требования по наличию открытого интерфейса для возможности внедрения новых источников.

Кроме того, система должна обеспечивать возможность проводить повторный анализ ранее зарегистрированных событий и выявление ранее не обнаруженных угроз.

Помимо требований регуляторов существуют общие требования к SIEM-системам. Такие системы должны обеспечивать решение ряда задач, связанных с информационными ресурсами субъектов критической информационной инфраструктуры:

1) Получение информации о реальном состоянии уровня защищённости ресурсов;

2) Обнаружение расхождения между реальным состоянием ресурсов и состоянием, определяемым регуляторами или внутренними актами предприятия;

3) Своевременное устранение или снижение рисков безопасности ресурсов.

Многие современные отечественные SIEM-системы реализуют все описанные требования. Администраторам безопасности субъектов КИИ остаётся лишь грамотно внедрить SIEM-систему (в соответствии с приказом ФСБ от 19.06.2019 г. № 281) и обеспечить приемлемую экономическую стоимость принимаемых решений.

Литература

1. Федеральный закон № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».
2. Приказ ФСБ России № 196 «Об утверждении Требований к средствам, предназначенным для обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак и реагирования на компьютерные инциденты».
3. Приказ ФСБ России № 281 «Об утверждении Порядка, технических условий установки и эксплуатации средств, предназначенных для обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак и реагирования на компьютерные инциденты, за исключением средств, предназначенных для поиска признаков компьютерных атак в сетях электросвязи, используемых для организации взаимодействия объектов критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

4. *Kotenko I., Chechulin A.* Common Framework for Attack Modeling and Security Evaluation in SIEM Systems // 2012 IEEE International Conference on Green Computing and Communications, and Conference on Cyber, Physical and Social Computing, 2012. – P. 94–101.
5. *Котенко И.В., Саенко И.Б.* Интеллектуальные сервисы защиты информации в компьютерных сетях и системах // Защита информации. Инсайд. – 2013. – №2. – С. 32–41.
6. *Котенко И.В., Десницкий В.А.* Управление инцидентами и противодействие целевым киберфизическим атакам в распределённых крупномасштабных критически важных системах // Защита информации. Инсайд. – 2017. – №4. – С. 66–69.

*А.А. Обласов, Е.И. Дубровский, С.А. Белоусов,
Н.С. Тимофеева, М.В. Швалова*

*Комсомольский-на-Амуре государственный университет,
г. Комсомольск-на-Амуре, Россия*

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В современном мире информационные технологии получили широкое распространение. Информация является особо ценным ресурсом и вопросы информационной безопасности становятся особенно остро.

Существует большое разнообразие источников угроз безопасности информации. Для построения эффективной системы защиты субъектов информационных отношений требуется комплексный подход, который достигается при сочетании мер различной направленности [1, с. 26].

Одним из наиболее важных уровней обеспечения информационной безопасности (ИБ) является законодательный, нацеленный на установление и применение ограничительных мер для нарушителей закона в сфере безопасности информации, а также на регулирование и наставление в вопросах организации и применения защитных мер в сфере ИБ. [2, с. 62].

Главной проблемой обеспечения защиты на законодательном уровне является актуализация разрабатываемой документации в соответствии с уровнем развития информационных технологий [3, п. 31]. Практически невозможно утверждать законы, идущие в ногу с современными технологиями, но важно стремиться к сокращению этого отставания, которое может отрицательно сказаться на уровне информационной безопасности.

Современное российское законодательство в области ИБ является молодой отраслью, и в данном направлении ему следует ориентироваться на выполнение координирующей роли, ликви-

дируя пробелы в знаниях и вводя поощрения для субъектов, соблюдающих и выполняющих действующие нормы.

Основные положения об информационной безопасности РФ закреплены в «Доктрине информационной безопасности Российской Федерации» от 05.12.2016 г. [4] Данный документ обновлен с учетом актуального состояния информационной сферы и вектором развития национальной безопасности РФ, первая версия была утверждена в 2000 году.

Доктрина отражает систему взглядов правительства на информационную безопасность, базирующуюся на национальных интересах в информационной сфере. Также описаны основные угрозы безопасности информации и приведены организационные основы обеспечения защиты.

В данном документе приводятся главные понятия в сфере защиты информации. Выделяется конкретный информационный объект, подлежащий защите – информационная инфраструктура РФ и соответствующие средства и субъекты – государственные органы, должностные лица и организации, реализующие выполнение поставленных задач ИБ, применяемые ими методы и используемый инструментарий.

Настоящая доктрина имеет правовую базу, закрепленную в Конституции Российской Федерации. Основным законом является федеральный закон № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» от 27.07.2006 г. в последней редакции от 08.06.2020 г. [5]

В данном правовом акте закреплены основные положения и общие требования, взгляды и принципы, на которых основан процесс организации защиты информации. Помимо этого, закон регламентирует правовые статусы участников информационных процессов, их права и обязанности.

Специальные федеральные законы регламентируют следующие виды информации, требующие защиты согласно действующему законодательству:

– государственная тайна – особо ценная информация для государства;

– коммерческая тайна – режим ограничения доступа к сведениям, которые приносят потенциальную выгоду своему владельцу в силу их недоступности для третьих лиц;

– персональные данные – информация в любом виде, позволяющая определить субъект, к которому она относится.

Сведения, относящиеся к государственной тайне, порядок их засекречивания и рассекречивания, принципы защиты регулируются законом РФ «О государственной тайне» от 21.07.1993 № 5485-1 в последней редакции от 29.07.2018 г. [6].

Вопросами защиты государственной тайны, занимается федеральная служба безопасности (ФСБ РФ). В нормативно-правовых актах и приказах, утвержденных данной организацией приводятся требования и методы организации защиты.

Защитой информации, не являющейся государственной тайной, уполномочена заниматься федеральная служба технического и экспортного контроля (ФСТЭК РФ), согласно ПР ФСТЭК № 17 от 11.02.2013 в последней редакции от 28.05.2019 [7]. Соответственно, требования, рекомендации и методология обеспечения ИБ в отношении конфиденциальных сведений закреплены в нормативных актах и приказах данного органа исполнительной власти РФ.

Правоотношения, возникающие при работе с коммерческой тайной, регулирует федеральный закон «О коммерческой тайне» от 29.07.2004 № 98-ФЗ в последней редакции от 18.04.2018 [8].

Данный закон устанавливает порядок отнесения информации к коммерческой тайне, установления, изменения и прекращения режима ограничения доступа к этим сведениям. Также в настоящем законе определяется перечень материалов, которые могут быть отнесены к коммерческой тайне.

Последней категорией, подлежащей к защите по требованию законодателя, являются персональные данные. Правовые отношения, возникающие, при обращении данных сведений, регламентированы в федеральном законе «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152-ФЗ в последней редакции от 24.04.2020 [9].

Этот закон определяет порядок сбора, обработки и хранения персональных данных, осуществляемой государственными,

муниципальными органами или иными лицами с применением средств автоматизации или без них.

Все рассмотренные вышеизложенные положения регламентируют жизненные циклы информации, обязанности и права обладателей и порядок обработки информации. Обращая внимания на даты последних редакций данных законов и постановлений, можно сделать вывод, что все они поддерживаются в актуальном состоянии, в соответствии с уровнем развития информационных технологий и национальных интересов государства.

Литература

1. *Вострецова Е.В.* Основы информационной безопасности: учебное пособие для студентов вузов. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 204 с.
2. *Макаренко С.И.* Информационная безопасность: учебное пособие для студентов вузов. – Ставрополь: СФ МГТУ им. М.А. Шолохова, 2009. – 372 с.
3. Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы». – Доступ из СПС «Консультант Плюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_216363/.
4. Доктрина информационной безопасности Российской Федерации от 05.12.2016. – Доступ из СПС «Консультант Плюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_208191/4dbff9722e14f63a309bce4c2ad3d12cc2e85f10/.
5. Федеральный закон «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» от 27.07.2006 № 149-ФЗ (ред. от 08.06.2020). – Доступ из СПС «Консультант Плюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61798/.
6. Закон РФ «О государственной тайне» от 21.07.1993 № 5485-1 (ред. от 29.07.2018). – Доступ из СПС «Консультант Плюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_2481/.
7. Приказ ФСТЭК России от 11.02.2013 г. № 17 «Об утверждении требований о защите информации, не составляющей государственную тайну, содержащейся в государственных информационных системах» (ред. от 28.05.2019) // Сайт ФСТЭК России. – URL: <https://fstec.ru/normotvorcheskaya/akty/53-prikazy/702-prikaz-fstek-rossii-ot-11-fevralya-2013-g-n-17/>.

8. Федеральный закон «О коммерческой тайне» от 29.07.2004 № 98-ФЗ (ред. от 18.04.2018) – Доступ из. СПС «КонсультантПлюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_48699/.
9. Федеральный закон «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152-ФЗ (ред. от 24.04.2020) – Доступ из. СПС «КонсультантПлюс». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61801/.

А.А. Обласов, С.Э. Тихонов, М.В. Швалова

*Комсомольский-на-Амуре государственный университет,
г. Комсомольск-на-Амуре, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ ОСНОВ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕТЕВОГО ТРАФИКА ДЛЯ СБОРА ДАННЫХ О СТРУКТУРЕ СЕТЕЙ

Процесс исследования сетевого трафика в наше время составляет достаточно значимую роль среди IT-специалистов, занимающихся сетевыми технологиями. С помощью самого процесса исследования сетевого трафика можно понять для чего используется та или иная сеть, какая нагрузка на сеть идёт и не только.

Усложнение схем сетей и многообразие сетевых устройств привели к усложнению их настройки и поддержки сети в работоспособном состоянии. Соответственно необходим был инструмент позволяющий предоставить как можно более исчерпывающую информацию о сети во время её работы. Одним из решений такой проблемы явились функции самих маршрутизаторов, поддерживающих работоспособность сети, а именно специализированное их использования для исследования сетевого трафика, проходящего через заданную сеть [1].

Однако стоит отметить, какова конкретная цель исследования сетевого трафика.

В первую очередь это изучение логики работы распределенной вычислительной системы на основе событий, происходящих в сети. Данный момент реализуется путем перехвата и анализа пакетов обмена на канальном уровне.

Также исследование сетевого трафика позволяет перехватить поток данных, которыми обмениваются объекты распределенной вычислительной системы.

Один из наиболее распространённых способов определить структуру сети – это использовать встроенные в маршрутизатор сети функций, способствующие исследованию сетевого трафика,

фигурирующему в сети, который данный маршрутизатор поддерживает. Можно также использовать невстроенные в маршрутизатор функции, однако они требуют не столько время затрат, сколько использование функций, не встроенных в маршрутизаторы, а навязанных из вне по сети [2].

К основным методам, использующим встроенные в маршрутизаторы функции и используемым для процесса исследования сетевого трафика, можно отнести:

1 – использование протокола простого сетевого мониторинга (SNMP), RFC 1157 [3];

2 – использование удалённого мониторинга (RMON), RFS 1757 [4];

3 – использование Netflow, RFS 3954 [5].

Одними из методов, которые используют функции, невстроенные в маршрутизаторы, являются:

1 – проведение просмотра ресурсов на концах сети (WREN) [6];

2 – использование сетевого монитора с собственной конфигурацией (SCNM) [7].

Если есть необходимость проводить руководство над планированием масштабирования сети, её производительностью, а также поиском сетевых проблем, SNMP тому способен помочь.

Главное отличие RMON от SNMP преимущественно в том, что второй посылает запросы, а первый – настраивает эти же запросы на базе устанавливаемых критериев.

Среди разработок компании Cisco есть расширение Netflow, предоставляющее возможность собирать сетевой трафик.

Для определения полезной пропускной способности сети существует метод WREN, который по своей сути проводит трассировку пакетов трафика, создаваемого приложением.

С целью сбора данных о различных точках сети применяют SCNM, представляющий собой инструмент для проведения мониторинговой деятельности в сети, используя пассивные и активные средства измерения для детектирования информации на требуемом уровне проникновения.

Выбор методов исследования сетевого трафика – использовать методы, основанные на маршрутизаторах, или методы, осно-

ванные на комбинированном мониторинге – зачастую зависит от практичности их использования самим администратором сети. Фактически, методы, основанные на маршрутизаторах, способны предоставить данные в более дружелюбном виде для пользователя таким методом.

Литература

1. Компьютерные сети / Э. Таненбаум, Д. Уэзеролл. – 2016. – № 5. – С. 960.
2. Одом, Уэнделл «Официальное руководство Cisco по подготовке к сертификационным экзаменам CCNA ICND2 200-101: маршрутизация и коммутация», акад. изд.: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2015. – 736 с.: ил. – Парал. тит. англ.
3. SNMP. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Simple_Network_Management_Protocol (дата обращения: 21.10.2020).
4. RMON. URL: <https://intuit.ru/studies/courses/3591/833/lecture/14284?page=4> (дата обращения: 21.10.2020).
5. Cisco Netflow. URL: https://www.cisco.com/c/ru_ru/tech/quality-of-service-qos/netflow/index.html (дата обращения: 21.10.2020).
6. WREN. URL: https://studwood.ru/1270649/informatika/tehnologii_osnovannye_marshrutizatorah (дата обращения: 21.10.2020).
7. SCNM. URL: https://www.cse.wustl.edu/~jain/cse567-06/ftp/net_monitoring/index.html (дата обращения: 21.10.2020).

В.С. Юшков

*Московский педагогический государственный университет,
Анапский филиал, г. Анапа, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЗВОЛЯЮЩИХ ОБЕСПЕЧИТЬ ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Недостаточный уровень транспортного образования населения и водителей приводит к конфликтным ситуациям, которые возникают на автомобильных дорогах, что в свою очередь приводит к ошибочным действиям водителей транспортных средств, отсутствием традиций организации движения, а также формирования поведения на дорогах, как водителей, так и пешеходов, а также несовершенство соответствующей законодательной базы [2].

Также необходимо отметить, что оснащенность городов и населенных пунктов не отвечает требованиям к техническим средствам организации дорожного движения. Например, существующая нормативная потребность в светофорных объектах и дорожных знаках реализована всего на 50,0 % и 30,0 % соответственно. При этом часто эксплуатационное состояние светофоров, дорожных знаков, дорожной разметки, как в населенных пунктах, так и за их пределом находятся в неудовлетворительном состоянии. Как правило, мероприятия, направленные на организацию безопасного движения транспорта и в том числе пешеходов носят региональный характер, поэтому они не взаимосвязаны и не составляют в целом единую общегородскую систему [3].

В данной статье предлагается один из способов снижения аварийности на автомобильных дорогах в виде создания искусственной неровности в виде виброполосы, предназначенной для предотвращения выезда транспортного средства на встречную полосу движения или съезда с обочины дороги [4; 5].

Для возможности практического исследования влияния искусственной неровности в виде виброполосы применялись четырех типов транспортных средств: грузовой КамАЗ-53212, автобус ЛИАЗ-5256, кроссовер Lifan X60, легковой ВАЗ – 2110.

По результатам анализа существующих технических средств можно выделить отличительную особенность разработанной полосы от уже существующих, то что данная полоса устанавливается на автомобильных дорогах продольно, а не поперечно. Необходимо также обратить внимание на тот факт, что поперечные искусственные неровности устанавливаются в населенных пунктах перед образовательными учреждениями, детскими садами, пешеходными переходами и т. д. Разработанную полосу рекомендуется создавать в не населенных пунктах на автомагистралях. Также для улучшения видимости виброполосы, особенно в темное время суток рекомендуется ее выделение цветным асфальтобетоном.

На основании проведенных теоретических и практических экспериментов рекомендуется устройство данной полосы со следующими параметрами: глубина неровности 50 мм; длина волны неровности 200 мм; ширина элемента искусственной неровности 150 мм; ширина виброполосы 150 мм [4].

В связи с бурным развитие информационных технологий в наше время позволяет моделировать не только технологические и производственные процессы, но также наглядно смоделировать и продемонстрировать движение различных типов транспортных средств по искусственной неровности в виде виброполосы. С этой целью с помощью языка программирования PascalABC.NET была написана программа, которая позволяет моделировать и визуализировать процесс движения транспортных средств по искусственной неровности (рис. 1, 2).

Принцип работы программы состоит в том, что при движении транспортного средства по полосе движения автомобильной дороги и засыпания водителя приведет к съезду автомобиля с проезжей части, что наглядно продемонстрировано на рис. 1. На рис. 2 показано движение грузового транспортного средства в момент засыпания водителя и начала движения в сторону обочины.

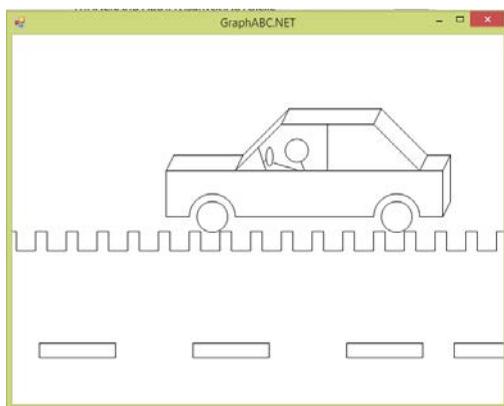


Рис. 1. Визуализация процесса движения «легкового автомобиля» по виброполосе

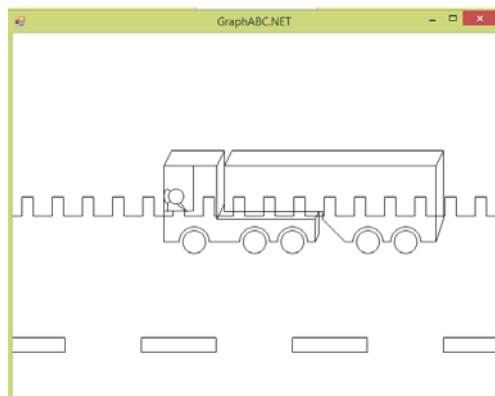


Рис. 2. Визуализация процесса движения «КАМАЗа» по виброполосе

Созданную программу рекомендуется использовать, в качестве наглядной демонстрации водителям нарушающих правила дорожного движения в рамках проведения мероприятий по повышению безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах сотрудниками ГИБДД.

Таким образом, не рациональное применение множества технических средств, обеспечивающих регулирования дорожного движения не всегда приводит к ожидаемым результатам. Прежде, чем обустроить автомобильную дорогу различными

средствами необходимо изучить обстановку на том или ином аварийном участке и только после этого осуществлять монтирование технического средства. Также для снижения аварийности требуется внедрять и информационные технологии с процессами визуализации работоспособности тех или иных средств. Поэтому рекомендуется использовать системный подход для решения данной проблемы с учетом не только сложившейся обстановки, но и климатическими условиями разных регионов нашей страны [5; 6].

Литература

1. *Орехов П.В.* Модели и алгоритмы оптимизации размещения сил и средств обеспечения безопасности дорожного движения: дис. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 2016. – 161 с.
2. *Эвленов Р.Г.* Разработка мероприятий по повышению безопасности дорожного движения на примере Республики Дагестан: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2007. – 217 с.
3. *Кондратьев В.Д.* Модели и методы управления безопасностью дорожного движения: автореф. ... дис. д-ра техн. наук. – Воронеж, 2008. – 42 с.
4. *Юшков В.С., Овчинников И.Г.* Обоснование геометрических параметров виброполосы устанавливаемой на автомобильных дорогах // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2017. – Т. 9, № 5. – URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/33TVN517.pdf>.
5. *Юшков В.С., Овчинников И.Г., Пугин К.Г.* Значение искусственных неровностей для обеспечения безопасности движения автомобильного транспорта // Интернет-журнал «Транспортные сооружения». – 2018. – № 1. – URL: <https://t-s.today/PDF/07SATS118.pdf>. DOI: 10.15862/07SATS118.
6. *Юшков В.С.* Инновационная технология, обеспечивающая повышение безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах // Образование. Наука. Культура: традиции и современность: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции / Анапский филиал ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет». – Анапа, 2019. – С. 143–146.

А.Н. Латин

*Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия*

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ В БРАУЗЕРНЫХ ПРИЛОЖЕНИЯХ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

В современных условиях человеку необходимо обрабатывать большой объем информации в различных сферах его деятельности. Одним из способов повышения эффективности восприятия является использование современных технологий представления данных в виртуальном пространстве [1]. Рассмотрим проблематику визуализации трехмерных моделей в браузерных приложениях в реальном времени, используя мощности центральных процессоров компьютеров.

Для проведения исследования было разработано специальное программное обеспечение на основе технологии Canvas языка гипертекстовой разметки HTML 5 и скриптового языка JavaScript [2]. Был проведен ряд тестов с замером контрольных значений затрачиваемого времени на отрисовку одного кадра. Для тестирования было выбрано несколько современных моделей центральных процессоров от компании Intel.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что использование центрального процессора для отображения виртуальных сцен в браузерных приложениях достаточно ограничено и не может быть пригодно для обработки информации в реальном времени [3]. Причина состоит в том, что центральный процессор не позволяет самостоятельно визуализировать трехмерные сцены с необходимой частотой кадров, поэтому для решения задач, в которых важным критерием является высокий показатель количества кадров в секунду, целесообразно использовать мощности графических подсистем.

В результате проведенного исследования было создано программное обеспечение, которое позволяет выявлять зависи-

мости между сложностью отображаемых моделей, тактовой частотой центрального процессора компьютера и затрачиваемым временем на отрисовку одного кадра.

Очевидно, что использование графических подсистем является наиболее эффективным, но далеко не у всех пользователей современных компьютеров такие есть. Таким образом, система позволяет адаптивно генерировать трехмерные сцены исходя из возможностей клиентского оборудования за счет снижения разрешения изображения, сложности трехмерных моделей и полноты сцены.

Делая вывод из всего вышесказанного, визуализация трехмерных моделей в браузерных приложениях в реальном времени может и должна использовать современные графические библиотеки и соответствующее аппаратное обеспечение в виде графических ускорителей.

Литература

1. *Антипов В.Н.* Трехмерное восприятие плоскостных изображений в условиях компьютеризованной среды обитания // Экспериментальная психология. – 2014. – Т. 7, № 3. – С. 97–111.
2. *Флэнаган Д.* JavaScript. Подробное руководство. – СПб.: Символ-Плюс, 2013.
3. *Минасов Ш.М.* Обработка информации в системах реального времени. – Уфа: УГАТУ, 2008.

Д.В. Набиева, Г.Н. Верхотурова

*Уфимский государственный авиационный технический университет,
г. Уфа, Россия*

ОБ ОЦЕНКЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ

Тестирование программного обеспечения является неотъемлемой частью процесса разработки программных решений. Правильно протестированный программный продукт обеспечивает надежность, безопасность и высокую производительность, что в дальнейшем приводит к экономии времени, рентабельности и удовлетворенности клиентов.

Тестировать программу можно на разных уровнях: код (юнит-тесты и интеграционное тестирование), API (если оно есть) и GUI (интерфейс пользователя). Разные виды тестов лучше подходят в разных ситуациях.

В зависимости от того, используют ли тестировщики дополнительные программные средства для тестирования, выделяют:

- Ручное тестирование – без использования дополнительных программных средств;
- автоматизированное тестирование – с использованием программных средств.

Автоматизированное тестирование отличается от ручного тем, что не требует прямого участия человека в процессе тестирования, а выполняется с помощью наборов тестов и сценариев.

Как правило, автоматизированное тестирование полностью не устраняет необходимость в ручных тестах, но приносит существенные преимущества по сравнению с ручными тестами.

1. Автоматизированное тестирование дешевле.

Стоимость тестирования приложения вручную возрастает со временем. Автоматизированное тестирование дешевле в дол-

госрочной перспективе, потому что после создания тестовых сценариев можно повторно использовать их круглосуточно и без дополнительных затрат.

2. Автоматизированное тестирование экономит время.

Каждая выпускаемая версия программного обеспечения может быть протестирована на всех поддерживаемых операционных системах и конфигурациях оборудования. Повторение этих тестов вручную требует больших затрат и времени.

3. Автоматизированное тестирование повышает точность.

Сгенерированные тестовые примеры более точны, чем люди, проводящие тестирование.

4. Автоматизированное тестирование увеличивает охват тестами.

Автоматизация позволяет тратить время на написание новых тестов и добавление их в автоматизированный набор тестов. Кроме того, автоматизированное тестирование позволяет разработчикам писать более глубокие тесты, проверяющие сложные варианты использования.

5. Более быстрый выход на рынок программного продукта.

При изменении исходного кода тесты могут запускаться автоматически и уведомлять разработчиков в случае неудачи. Это экономит время разработчиков и сокращает цикл тестирования и обратной связи, что позволяет компаниям быстрее выводить свои продукты на рынок.

Формат автоматизированного тестирования имеет особое значение в таких важных областях как ERP-системы, биллинговый софт, системы ПО, используемые для массового обслуживания клиентов, CRM-решения.

Выбор инструмента зависит от специфики приложения и требований к тестовым сценариям. Чаще всего выбирается несколько инструментов – отдельно для каждого уровня архитектуры системы.

Среди самых популярных инструментов автоматизации тестирования программного обеспечения можно выделить:

- Selenium – это инструмент для тестирования веб-приложений в различных браузерах и платформах.

- TestComplete – это инструмент, которая предлагает решения для автоматизации тестирования настольных, мобильных приложений.

- Katalon Studio – это инструмент на основе Selenium, Appium со специализированным интерфейсом для тестирования API, веб-приложений и мобильных устройств.

- Unified Functional Testing (UFT), ранее QuickTest Professional (QTP) – один из самых популярных коммерческих инструментов для автоматизации функциональных тестов, который предлагает полный набор функций, охватывающих большинство функциональных задач автоматического тестирования на десктопных, мобильных и веб-платформах.

- Watir – инструмент для автоматизации тестирования веб-приложений, использующий в своей работе библиотеки Ruby. Имеет открытый исходный код, есть возможность кросс-браузерного тестирования во многих современных браузерах: Opera, Firefox, IE, headless-браузерах, поддерживает тестирование, управляемое данными.

Таким образом, оба вида тестирования (ручное и автоматизированное) имеют как преимущества, так и недостатки. Комбинация обоих – идеальный способ получить от тестирования максимальный результат.

Литература

1. Статья про целесообразность внедрения автоматизированного тестирования. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-tselesoobraznosti-vnedreniya-avtomatizirovannogo-testirovaniya/viewer> (дата обращения: 20.10.2020).

А.А. Гавришев

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРЕБУЕМОГО КОЛИЧЕСТВЕННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ СКРЫТНОСТИ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

В настоящее время одним из редко затрагиваемых вопросов в литературе по беспроводным системам связи является значение количественного показателя скрытности для них, которое является приемлемым в условиях воздействия различных деструктивных факторов [1–4].

Проведем далее анализ литературных источников по данной тематике [3]. Так в работе [5] требуемым уровнем скрытности беспроводных систем связи считается уровень близкий, к значению 0,84. В работе [6] требуемым уровнем скрытности беспроводных систем связи считается уровень близкий, к значению 0,62. В работах [7; 8] требуемым уровнем скрытности беспроводных систем связи считается уровень близкий, к значению 0,80. В работе [9] требуемым уровнем скрытности беспроводных систем связи считается уровень, находящийся в диапазоне $[0,6 \div 0,8]$. В работе [10] требуемым уровнем скрытности беспроводных систем связи считается уровень близкий, к значению 0,63. В работе [11] требуемым уровнем скрытности беспроводных систем связи, с учетом работы [2], считается уровень, близкий к значению 0,6.

Из приведенного анализа можно заключить, что округленное количественное значение условного требуемого показателя скрытности беспроводных систем связи лежит в интервале [3]:

$$P_{\text{скр}} \in [0,60 \div 0,80]. \quad (1)$$

Условимся, что интервал, представленный выражением (1), является условным, то есть его возможно применять к количественным оценкам скрытности разной природы (как вероятностным, так и не вероятностным).

Таким образом, выражение (1) можно рассматривать в качестве требуемого показателя скрытности беспроводных систем связи и использовать в различных практических приложениях, в частности при оценке и сравнении скрытности различных беспроводных систем связи.

Литература

1. *Литвиненко В.П.* Энергетическая скрытность сигналов и защищенность радиолиний. – Воронеж: Воронежский гос. технический ун-т, 2009. – 166 с.
2. *Тузов Г.И., Сивов В.А., Прытков В.И., Урядников Ю.Ф., Дергачев Ю.А., Сулиманов А.А.* Помехозащищенность радиосистем со сложными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. – 264 с.
3. URL: https://www.ncfu.ru/export/uploads/dokumenty-dissertacii/disser_gavrishev_a_a.pdf (дата обращения: 10.10.2020).
4. *Орёл Д.В.* Моделирование стохастических систем двоичных квазиортогональных кодовых последовательностей на основе метода функциональных преобразований: дис. ... канд. техн. наук. – Ставрополь, 2013. – 204 с.
5. *Егоров С.В.* Оценка защищённости комплекса управления подвижными объектами на базе игровой модели // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. – 2006. – № 25. – С. 141–145.
6. *Кильдишева О.Э.* Количественный метод определения уровня развития средств и систем связи // Электросвязь. – 2010. – № 10. – С. 50–53.
7. *Сиващенко С.И.* Скрытность радиосистем со сложными и хаотическими сигналами // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2009. – № 3 (11). – С. 56–58.
8. *Файзуллин Р.Р., Васильев В.И.* Метод оценки защищенности сети передачи данных в системе мониторинга и управления событиями информационной безопасности на основе нечеткой логики // Вестник УГАТУ. – 2013. – Т. 17, № 2 (55). – С. 150–156.
9. *Гавришев А.А.* Разработка математической модели процесса обеспечения скрытного информационного обмена в системах радиоохраны и вычислительного метода оценки скрытности для них // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2019. – № 7(4). – С. 17–18.
10. *Ивануткин А.Г., Данилин М.А., Пресняков М.Ю.* Подход к выбору показателей эффективности связи и радиотехнического обеспечения полетов авиации // Труды МАИ. – 2016. – № 86. – С. 12.

11. *Алекаев А.Е., Липатников В.А., Ряскин Р.Ю., Капкин Ю.А.* Модель многоступенчатой адаптации низкоэнергетической радиолинии коротковолнового диапазона с учетом затрачиваемых ресурсов радиолинии и прогнозирования сигнально-помеховой обстановки // Системы управления, связи и безопасности. – 2020. – № 3. – С. 158–183.

А.А. Расковалов, А.В. Иванов, М.И. Пантюхина

*Институт высокотемпературной электрохимии
Уральского отделения РАН, г. Екатеринбург, Россия*

ИЗЛУЧАТЕЛЬНЫЙ ТЕРМОСТАТ В МЕТОДЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ДИНАМИКИ И ЕГО РЕАЛИЗАЦИЯ НА CUDA*

Одним из наиболее распространённых методов компьютерного моделирования атомистических систем является метод молекулярной динамики (МД). Традиционно, МД использует определение температуры из молекулярно-кинетической теории, в которой температура пропорциональна среднекинетической энергии частиц. Для задания температуры используются специальные алгоритмы [1–3], которые масштабируют скорости тем или иным способом. В данной работе предложен другой подход к термостатированию системы, за счет виртуального излучения/поглощения частицами фотонов определенной энергии. Дисперсия распределения фотонов по энергии зависит от температуры и задана формулой Планка.

Алгоритм построен следующим образом: для заданной пользователем температуры генерируется массив энергий фотонов с числом элементов равным числу атомов. Затем генерируется массив такой же размерности, содержащий вектора единичной длины и случайного направления. Импульс фотона определяется произведением двух случайных элементов этих массивов с коэффициентом $1/c$ (где c – скорость света). Каждый атом при поглощении/испускании такого фотона изменяет свою скорость согласно закону сохранения импульса. Таким образом, новый тип термостата не масштабирует скорости, а вводит их небольшие

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-03-00897 А.

возмущения. Поскольку термостат использует законы излучения, мы предложили назвать его «излучательным».

Программа для вычислений разработана на базе программы azTotMD [4, 5], написанной на языке C++. Для ускорения вычислений было использовано расширение языка CUDA, позволяющее выполнять расчеты общего назначения на видеокартах фирмы Nvidia. Благодаря распараллеливанию вычислений на огромное количество графических процессоров, удалось произвести моделирование с несколькими десятком тысяч частиц на персональном компьютере. При моделировании газов с применением предложенного термостата получены основные экспериментально известные закономерности.

Литература

1. *Andersen H.C.* Molecular dynamics simulations at constant pressure and/or temperature // *The Journal of Chemical Physics*. – 2008. – Vol. 72. – P. 2384–2393.
2. *Berendsen H.J.C., van Postma J.P.M., van Gunsteren W.F. et al.* Molecular-Dynamics with Coupling to An External Bath // *The Journal of Chemical Physics*. – 1984. – Vol. 81. – P. 3684–3690.
3. *Hoover W.G.* Canonical dynamics: Equilibrium phase-space distributions // *Physical Review A*. – 1985. – Vol. 31. – P. 1695–1697.
4. *Raskovalov A.A.* azTotMD: Software for non-constant force field molecular dynamics // *SoftwareX*. – 2019. – Vol. 10. – Article number 100233.
5. Молекулярная динамика с непостоянным полем сил. URL: <http://aztotmd.ru>.

Н.Ф. Богаченко

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

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАЗГРАНИЧЕНИЕМ ДОСТУПА

Задача адекватного построения политики разграничения доступа крупномасштабной информационной системы (КМИС) является не менее важной, чем, например, стойкость используемых криптографических алгоритмов [1]. Подсистема разграничения доступа КМИС, реализующая заданную политику, также обладает признаками сложной системы [2], а значит для ее реализации и сопровождения востребованы автоматизированные системы управления. В настоящее время в этом направлении активно ведутся программно-технические разработки – создаются системы управления идентификационными данными и доступом пользователей. Такие системы либо позволяют автоматизировать процессы управления пользователями, ролями, правами доступа и т. п., либо представляют собой системы поддержки принятия решений, предоставляя администратору безопасности набор возможных альтернатив. При внедрении подобных систем управления разграничением доступа (СУРД) остаётся открытым вопрос оценки и обоснования технико-экономической эффективности их использования. Иными словами, если цель использования СУРД – автоматизация процесса управления разграничением доступа, то, как оценить результаты такой автоматизации?

При оценке эффективности СУРД следует учитывать основную задачу этой автоматизированной системы, а именно: обеспечение информационной безопасности КМИС. Согласно [3] эффективность любой системы разграничения доступа определяется двумя противоположными по смыслу и направлению составляющими: во-первых, способностью системы обеспечить безопасный доступ пользователей к ресурсам («эффективность кон-

фиденциальности информации» F_1); во-вторых, способностью системы обеспечить необходимое пользователям множество доступов для выполнения ими своих должностных обязанностей («эффективность доступности информации» F_2). Тем самым, в эффективной системе разграничения доступа должен достигаться компромисс между конфиденциальностью и доступностью информации. Отметим, что в [3] не затрагиваются вопросы автоматизации самой системы разграничения доступа и функция эффективности системы представляется линейной комбинацией функций F_1 и F_2 . Общепринято считать, что для оценки эффективности автоматизации какого-либо процесса необходимо рассчитать прирост производительности и выразить его в экономических показателях. Таким образом, третьей составляющей эффективности СУРД является «экономическая эффективность» F_3 .

Примеры оценочных мероприятий, направленных на сбор информации для построения функций F_1 , F_2 и F_3 , представлены в таблице. Все эти мероприятия требуют внедрения СУРД и наблюдения как за работой подсистемы разграничения доступа, так и за функционированием КМИС в целом на протяжении некоторого времени. Тем самым для оценки эффективности внедрения СУРД требуется написание дополнительного ПО, осуществляющего мониторинг показателей эффективности.

Примеры показателей эффективности внедрения СУРД

<i>Функция эффективности</i>	<i>Показатель</i>	<i>Влияние снижения показателя на эффективность</i>
F_1	Количество (или вероятность) ошибок администрирования	Повышение конфиденциальности (снижение рисков информационной безопасности)
F_2	Время предоставления доступа	Повышение доступности
F_3	Объём работ администратора безопасности	Повышение производительности

Разработке системы мониторинга показателей эффективности СУРД будет посвящено дальнейшее исследование в рамках построения и внедрения СУРД КМИС.

Литература

1. *Богаченко Н.Ф.* Анализ проблем управления разграничением доступа в крупномасштабных информационных системах // Математические структуры и моделирование. – 2018. – № 2 (46). – С. 135–152.
2. *Богаченко Н.Ф.* О сложности подсистем разграничения доступа крупномасштабных информационных систем // Математические структуры и моделирование. – 2018. – № 4(48). – С. 92–98.
3. *Гайдамакин Н.А.* Разграничение доступа к информации в компьютерных системах. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. – 328 с.

Т.А. Дейнеко, О.Л. Епанчинцева

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

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРЕХОДА К ЭЛЕКТРОННОМУ РАСПИСАНИЮ В ОМГУ

В рамках проекта «Электронное расписание» в Омском государственном университете (ОмГУ) внедряется [1, 2] автоматизированная система «1С: Автоматическое составление расписания. Университет» [3] (АСР).

В весеннем семестре 2019/2020 учебного года отлажен полный цикл работ в системе – от загрузки данных из системы распределения индивидуальной нагрузки преподавателей до публикации составленного расписания на официальном сайте ОмГУ <http://omsu.ru>.

Проведена большая работа по систематизации сложившихся бизнес-процессов. Совместно с разработчиками адаптированы экранные и печатные формы под особенности работы диспетчеров ОмГУ (например, см. рис.). В АСР были введены новые понятия, например, «фиктивные группы» [4].

Это позволило провести тестовые запуски автоматического составления расписания на весенний семестр 2019/2020 учебного года для трех факультетов университета (юридический, культуры и искусств, философии и теологии) на выверенных исходных данных в учебных планах АСР.

Основными проблемами остаются организационные (например, нагрузка на некоторых факультетах утверждается всю первую половину семестра), а также человеческий фактор. Да, сделав себе аудиторную карту формата А2, диспетчеру проще отслеживать занятость аудиторий с карандашом и ластиком в руках. Проблема в том, что остальным участникам учебного процесса эта бумажная карта аудиторий не видна. Для того, чтобы реализовать основной тезис любой автоматизации – «Однократ-

ный ввод информации, многократное ее использование» – нужна сильная мотивация конечных пользователей, в том числе диспетчеров. Сейчас ее нет, по-прежнему диспетчеры предпочитают составлять расписание «на бумаге». Сложности для автоматического составления расписания добавили реалии настоящего времени, связанные с COVID-19: не допускать к очному проведению учебных занятий педагогов старше 65 лет, пересмотреть режим занятий, изменив время начала занятий и проведения перерывов для разведения потоков учащихся и т. д. [5].

ФГБОУ ВО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского»
Исторический факультет

УТВЕРЖДАЮ
профессор
Смирнова Т.Б.
20__ г.

РАСПИСАНИЕ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ (2 Семестр 2019/2020)
2 Курс. Форма обучения: Очная

Дни недели	Часы	ИПБ-601.0 Документоведение и правописание		НОБ-601.0 Социальная работа		ИПБ-601.0 Политология	
		Ауд. 1	Ауд.	Ауд. 1	Ауд.	Ауд. 1	Ауд.
Понедельник	8:00-8:35						
	8:45-11:20						
	11:30-13:05			1-17 вид Технологии социальной работы (Лек) доцент Гребенкина И.С.	2-208		
	13:45-15:20			1-17 вид Технологии социальной работы (Практ) преподаватель Шанин В.А.	2-208		
	15:30-17:05						
	17:15-18:50						
	Вторник	8:00-9:35			1,3,3.7,9,11,13,15 вид Правовое обеспечение социальной работы (Лек) старший преподаватель Шанин В.В.	2-208	1-3,6,8,10,12,14,16,18 вид Демократия: теория и практика (Практ) доцент Голован Ю.В. 2-306
9:45-11:20				1,3,3.7,9,11,13,15 вид Безопасность жизнедеятельности (Лек) доцент Кузнецов В.С. 2-308		2,7-10 вид Выходные и политическое географ (Лек) доцент Голован Ю.В. 2-306	
11:30-13:05				2,4,6,8,10,12,14,16 вид Безопасность жизнедеятельности (Практ) доцент Кузнецов В.С. 2-329		11-17 вид Выходные и политическое географ (Практ) доцент Голован Ю.В. 2-306	
13:45-15:20				1-18 вид Правовые физическая культура и спорт (Специальная дисциплина) (Практ) преподаватель Урманов О.Э. 1-210, преподаватель Кузнецова Ж.Т. 6-113, 114, Мельнико А.В. 6-31, доцент Салугин Ф.В. 1-330, доцент Сиренко Ю.И. 2-46			
15:30-17:05							
17:15-18:50							
8:00-9:35							1,3-7,11,13,15,17 вид Международные организации (Лек) доцент Голован Ю.В. 2-306

Печатная форма сводного расписания (на весь семестр)

Но даже последующий ввод «ручного» расписания в АСР дает существенное преимущество остальным участникам учебного процесса при публикации расписания на сайте из системы по сравнению с pdf-файлами.

Литература

1. *Дейнеко Т.А.* Переход к автоматизированному составлению расписания учебного процесса в ОмГУ // Математическое и компьютерное моделирование: сборник материалов VI Международной научной конференции, посвященной памяти Б.А. Рогозина. – Омск, 2018. – С. 170–171.

2. *Дейнеко Т.А.* Описание проблем перехода к автоматизированному составлению расписания учебного процесса в ОмГУ // Математическое и компьютерное моделирование: сборник материалов VII Международной научной конференции, посвященной памяти С.С. Ефимова. – Омск, 2019. – С. 150–151.
3. 1С: Автоматическое составление расписания. Университет. – URL: <http://largenumbers.ru/software/> (дата обращения: 17.10.2020).
4. *Дейнеко Т.А., Епанчинцева О.Л.* Особенности перехода от ручного к автоматизированному составлению расписания в ОмГУ // Омские научные чтения-2019: сборник материалов Третьей Всероссийской научной конференции / редкол.: П.В. Прудников [и др.]. – Омск, 2019. – С. 932–934.
5. Рекомендации по профилактике новой коронавирусной инфекции (COVID-19) в образовательных организациях высшего образования. Методические рекомендации МР 3.1/2.1.0205-20. Государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование РФ [утверждены руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом РФ А.Ю. Поповой 29.07.2020]

Т.В. Вахний, В.С. Заполин

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРВАЛЬНОЙ МАТРИЧНОЙ ИГРЫ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАЩИТЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ

Теория игр позволяет представить защиту компьютерной системы в виде математической игры [1]. Нахождение наиболее оптимальных стратегий такой игры помогает администратору безопасности принимать наилучшие решения в условиях неопределенности, благодаря чему сводится к минимуму возможный ущерб компьютерной системе и минимизируются затраты на обеспечение безопасности информационного ресурса.

Для проведения матричных игр обычно используются детерминированные параметры (платежные матрицы). Однако оценка величины ущерба, причиненного некоторой атакой, может варьироваться индивидуально для каждой организации или компьютерной системы. К тому же не всегда есть возможность определить точную стоимость всех программных средств, из которых строятся стратегии игроков. В прикладных исследованиях платежная матрица часто определяется посредством экспертных оценок, задается на основе предположений об имеющейся конфликтной ситуации или находится с некоторыми численными погрешностями. Интервальная матричная игра может использоваться для моделирования такого рода неопределенностей [2, 3].

В интервальной матричной игре элементы платежной матрицы – величины ущерба от проведенной атаки и стоимость используемого ПО для стратегии защиты – представлены интервалами. Классическая интервальная арифметика позволяет работать с величиной ущерба от атаки как со значением, известным лишь приближенно. Для этого определяется конечный интервал, содержащий предполагаемое значение x :

$$a = [\underline{a}, \bar{a}] = \{x \in R, \underline{a} \leq x \leq \bar{a}\}.$$

Общая величина ущерба от атаки злоумышленника зависит от количества реализованных угроз и величины ущерба от каждой из них, т.е. общая величина ущерба – это сумма всех интервальных величин. Результатом суммирования интервалов оказывается также интервал. Операция сложения интервалов может быть рассчитана по формуле:

$$a + b = [\underline{a} + \underline{b}, \bar{a} + \bar{b}].$$

Стоимость набора средств защиты может быть фиксирована, если на сайтах производителей указана цена за каждый продукт стратегии или за подписку на его использование. В таком случае ее величину также можно представить конечным интервалом, в котором будут совпадать начальное и конечное значения, то есть интервалом нулевой ширины $[a, a]$.

В данной работе интервальная матричная игра $\Gamma(A)$ представлена платежной матрицей A , состоящей из интервальных элементов $[\underline{a}_{ij}, \bar{a}_{ij}]$, $i = 1, 2, \dots, m$; $j = 1, 2, \dots, n$; множеств стратегий администратора $X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$ и стратегий злоумышленника $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$. Наилучший гарантированный выигрыш администратора безопасности определяется критерием минимакса по формуле:

$$W_{opt} = \min_j \max_i \max_{a_{ij}} a_{ij} = \min_j \max_i \bar{a}_{ij}.$$

Для нахождения наиболее оптимальной стратегии администратора безопасности (т.е. набора программных средств защиты) сравнивались верхние границы интервалов суммы величины ущерба компьютерной системе и затрат на ПО, среди них для каждой стратегии защиты определялась величина наибольшего урона. Результирующая же величина дает выигрыш администратора безопасности – указывает минимально возможное значение суммы величины ущерба компьютерной системе и стоимости стратегии защиты в некотором диапазоне значений.

На основе описанного подхода было создано программное приложение, которое находит решение интервальной матричной игры, вычисляя несколько наиболее оптимальных наборов средств защиты из имеющихся в распоряжении администратора безопасности программных продуктов. Полученные результаты

расчетов сравнивались с результатами расчетов для неинтервальных матричных игр. Оказалось, что интервальные исчисления не повлияли на выбор оптимальной стратегии и итоговую сумму ущерба от атак. Однако использование интервальной арифметики, позволяет существенно упростить составление платежной матрицы игры.

Литература

1. *Гуц А.К., Вахний Т.В.* Теория игр и защита компьютерных систем: учебное пособие. – Омск: Изд-во ОмГУ, 2013. – 160 с.
2. *Шарый С.П.* Конечномерный интервальный анализ. – Новосибирск: Изд-во «XYZ», 2019. – 635 с.
3. *Ащепков Л.Т., Гуторова С.В., Карначев А.А., Ли С.* Интервальные матричные игры // Дальневосточный математический журнал. – 2003. – Т. 4, № 1. – С. 276–288.