МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ,
СВЯЗИ И МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
(СПбГУТ)
ИНСТИТУТ МАГИСТРАТУРЫ

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МАГИСТРАНТОВ И ИХ РУКОВОДИТЕЛЕЙ

ПОДГОТОВКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ В МАГИСТРАТУРЕ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

(ПКМ-2023)

5 декабря – 7 декабря 2023 года

Сборник лучших докладов

Том 1

Санкт-Петербург

2023

УДК 621.39:004
ББК 32.74

Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2023). Всероссийская научно-техническая и научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей; Сборник лучших докладов: в 2 т. Т. 1. / сост. Н. Н. Иванов. – СПбГУТ.: – Санкт-Петербург, 2023. – 502 с.

ISBN 978-5-89160-306-6

Том 1

ISBN 978-5-89160-307-3

В сборник помещены доклады, признанные лучшими по результатам работы научных направлений конференции 2023 года. Тематика работ охватывает вопросы: теоретические основы радиоэлектроники и систем связи, радиотехнологии связи, инфокоммуникационные сети и системы, информационные системы и технологии, цифровая экономика и управление в инфокоммуникациях, гуманитарные проблемы информационного пространства.

Доклады, не вошедшие в число лучших и не представленные в настоящем сборнике, размещены в материалах конференции ПКМ-2023 на сайте PKM.SUT.RU.

Издание рассчитано на магистрантов, их руководителей, аспирантов, студентов старших курсов вузов.

ISBN 978-5-89160-307-3 (Т. 1)
ISBN 978-5-89160-306-6

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Антонцев М.В., Бессонова Е.Д. (СПбГУТ) Об участии базовой кафедры ВТС DWDM в подготовке специалистов для современного рынка труда…… 11

Бучатский А.Н., Иванов Н.Н., Степанов А.Б. (СПбГУТ) Рейтинговая система оценки магистрантов…….. 16

Волошинов Д.В. (СПбГУТ) Формализация, инвариантная неопределенность и научное творчество 21

Рощинский Р.С. (СПбГУТ) Оценка качества покрытия мобильной сети Архангельской области..... 26

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

1.1 Микроволновая техника: материалы, компоненты, устройства

Жикин С.А., Седышев Э.Ю. (СПбГУТ) Интеграция диэлектрических резонаторов в объемные интегральные схемы СВЧ 31

Иванищева Е.Ф., Седышев Э.Ю. (СПбГУТ) К вопросу синтеза устройств мультиплексирования сигнала на связанных нерегулярных линиях в интегральном исполнении..... 38

Иванищева Е.Ф., Могилатов А.В., Седышев Э.Ю. (СПбГУТ) Пеленгатор на основе микрополосковой патч-антенны..... 43

Леонтьев А.С., Седышев Э.Ю. (СПбГУТ) О применяемости кольцевых эллиптических резонаторов для синтеза устройств СВЧ..... 47

Седышев Э.Ю., Федоров С.И. (СПбГУТ) Генератор СВЧ на круглом волноводе с интегральной вставкой 50

РАДИОТЕХНОЛОГИИ СВЯЗИ

2.1 Медиатехнологии и телерадиовещание

Антипин Б.М., Бучатский А.Н., Виноградов Е.М., Шаброва Е.В. (СПбГУТ) Влияние помехового окружения пункта управления на дальность связи с беспилотным летательным аппаратом…… 55

Антипин Б.М., Виноградов Е.М., Терновая А.К. (СПбГУТ) Отбор потенциально опасных источников помех для приёмника пункта управления беспилотных авиационных систем …….. 61

Антипин Б.М., Виноградов Е.М., Швец М.А. (СПбГУТ) Радиоконтроль за излучениями радиотехнического оборудования беспилотных авиационных систем …… 67

Сучкова Д.М. (СПбГУТ) Исследование применимости существующих известных и малоизвестных формул для расчета времени реверберации…….. 72

2.3. Проектирование и технология радиоэлектронных средств

Савинов И.А. (СПбГУТ) Исследование применения системы индивидуального мониторинга рабочего в добывающей промышленности 77

2.4. Радиотехнические системы и антенны

Барышникова А.Н., Ликонцев А.Н. (СПбГУТ) Разработка модели расчёта параметров солнечно-синхронных спутников 83

Бойко И.А., Глушанков Е.И., Щедрин А.А (СПбГУТ) Методы оценки шума измерения приемной адаптивной антенной решетки, работающей на принципах Калмановской фильтрации..... 88

Глушанков Е.И. (СПбГУТ), Сыроветник Д.С. (ООО «ЭЙРТЭГО») Определение координат источников сигналов с использованием алгоритмов сверхразрешения 94

Хренов А.А. (СПбГУТ) Сравнение точности некогерентных и когерентных способов измерения времени задержки сигналов..... 99

Шойтов И.А. (СПбГУТ) Исследование возможности разработки кросплатформенного оптического IOT радара для indoor-позиционирования…... 104

2.5 Информационные технологии Арктики

Запайщиков А.В., Козлов Д.В., Степанов А.Б. (СПбГУТ) Алгоритм вейвлет-анализа сейсмических сигналов..... 109

Запайщиков А.В., Козлов Д.В., Степанов А.Б. (СПбГУТ) Приёмопередатчик малой мощности на базе микрокомпьютера..... 114

Запайщиков А.В., Козлов Д.В., Степанов А.Б. (СПбГУТ) Результаты испытания автоматического портативного электроэнцефалографа на полуострове Таймыр 118

Козлов Д.В., Рощинский Р.С., Степанов А.Б. (СПбГУТ) Исследование приемника спутниковой связи «Вьюнок» в рамках Арктической экспедиции СПбГУТ по побережью Белого моря 122

2.6 Экология формирования информационного пространства

Обатнин В.А. (СПбГУТ) Применение данных о фоновых концентрациях тяжелых металлов в почвах национального парка «Смоленское Поозерье»…….. 128

Пищугина А.Д. (СПбГУТ) Картографирование электромагнитных полей радиочастотного диапазона в урбанизированной среде (на примере г. Мурино)... 133

Судьина Е.В. (СПбГУТ) Очистка промышленных сточных вод на основе мембранных технологий..... 138

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ

3.1 Безопасность компьютерных систем и сетей связи

Алехин Р.В. (СПбГУТ) Встроенные механизмы обеспечения сетевой безопасности облачной инфраструктуры OpenStack 142

Амалиев Х.С. (СПбГУТ) Исследование свойств ассимиляционной памяти в среде обработки Больших данных 148

Держко Д.Я. (СПбГУТ) Сравнительный анализ технологий VPN на базе маршрутизаторов компании Eltex 152

Федотовская А.Д. (СПбГУТ) Анализ методов обеспечения безопасности платформ больших данных 156

Часовских Е.И. (СПбГУТ) Использование сканера уязвимости для аудита безопасности и анализ выявленных уязвимостей в программе архивирования….. 161

3.2 Интернет вещей и гетерогенные сети

Бабанов З.Д., Кукунин Д.С., Максименко С.О. (СПбГУТ) Повышение защиты заголовка IP-пакета при помощи кодов Рида-Соломона..... 167

Баталин Н.С., Кукунин Д.С., Подайко С.В. (СПбГУТ) Архитектура системы управления удаленным роботизированным комплексом на базе стека TCP/IP…. 172

Березкин А.А, Вивчарь Р.М., Лазарев А.А. (СПбГУТ) Исследование алгоритмов сжатия данных как элемента системы информационного обмена для управления беспилотными комплексами в гибридных сетях связи 177

Волков А.Н., Королев Д.С. (СПбГУТ) Исследование методов эффективного развертывания микросервисов в распределенной вычислительной среде с подтверждением подлинности 183

Волков А.Н., Модель М.В., Мутханна А.С.А. (СПбГУТ) Концепция цифровых двойников для автомобильных сетей на основе MEC 188

Демидов Н.А, Коваленко В.Н., Мутханна А.С.А. (СПбГУТ) Применение многоуровневой облачной архитектуры MEC и Cloudlet для хранения собранных данных..... 193

Комаров И.И., Мутханна А.С.А. (СПбГУТ) Архитектура взаимодействия распределенных вычислений с поддержкой миграции сервисов для V2X-сетей… 199

Кукунин Д.С. (СПбГУТ) Применение рекуррентных последовательностей для управления роем БПЛА 204

Кукунин Д.С., Петушков И.О. (СПбГУТ) Моделирование сигналов, обеспечивающих прямое расширение спектра 209

Кукунин Д.С., Подайко С.В. (СПбГУТ) Проблемы оценки команд управления удаленным роботизированным комплексом 213

Леонова М.Д., Мутханна А.С.А. (СПБГУТ) Анализ методов управления микросервисной архитектурой на основе оркестратора MANO 217

Мутханна А.С.А., Никонова Е.Ю., Харламов М.А. (СПбГУТ) Метод взаимодействия в сети для телехирургии с использованием технологии граничных вычислений..... 222

Мухтанна А.С.А., Севостьянов Г.К. (СПбГУТ) Анализ методов интеграции архитектур распределенных вычислений для услуг телеприсутствия 226

Мутханна А.С.А., Хасанова В.А. (СПбГУТ) SDN, NFV и MEC для предоставления мультимедийных услуг на основе QoE: путь к сетям 6G..... 232

3.3 Мультисервисные телекоммуникационные системы и технологии

Апанасов Д.Б., Елагин В.С. (СПбГУТ) Технологические аспекты обеспечения гарантированного уровня задержки в беспроводных сетях 5G и интернета вещей 237

Бабич В.Н., Пупцев Р.И. (СПбГУТ) Разработка методики предобработки данных и подготовка многомерного обучающего массива для алгоритмов прогнозирования, использующих методы машинного обучения и нейронные сети 243

Баталин Н.С., Кукунин Д.С., Подайко С.В. (СПбГУТ) Генераторы М-последовательностей..... 248

Баталин Н.С., Кукунин Д.С., Подайко С.В. (СПбГУТ) Применения кодов Голда и Касами в системах спутниковой навигации для повышения точности и надежности позиционирования..... 253

Баталин Н.С., Кукунин Д.С., Подайко С.В. (СПбГУТ) Расширение спектра сигнала при помощи кодов Голда 257

Баталин Н.С., Кукунин Д.С., Подайко С.В. (СПбГУТ) Роль М-последовательностей в задачах расширения спектра сигнала..... 262

Баталин Н.С., Кукунин Д.С., Подайко С.В. (СПбГУТ) Способы расширения спектра прямой последовательностью 267

Божедомов А.Ю., Гончаров Е.Е., Елагин В.С. (СПбГУТ) Анализ алгоритмов граничных вычислений MEC на основе SDN 271

Борисов А.А., Елагин В.С. (СПбГУТ) Подходы к применению систем идентификации сетевых аномалий на сетях MVNO..... 277

Виницкий М.А., Дусталев Е.В., Пупцев Р.И. (СПбГУТ) Экспериментальное сравнение методов прогнозирования ARIMA и Catboost на многомерном массиве данных 282

Дмитриева Ю.С., Елагин В.С. (СПбГУТ) Анализ методов идентификации трафика для искусственного интеллекта 287

Карпычев М.О., Нихаенко К.М., Пупцев Р.И. (СПбГУТ) Анализ особенностей применения аппарата нейрокогнитивных архитектур для динамического управления сетью SDN/NFV 293

3.4 Оптоэлектронные технологии (фотоника) в инфокоммуникациях

Бразовский Г.Р., Былина М.С., Исупов А.И. (СПбГУТ) Лабораторная работа по исследованию влияния фильтра и фазовращателя на поведение одиночных фотонов в интерферометре Маха-Цендера..... 299

Мажирина А.А., Сигаев А.Н. (ОАО «СУПЕРТЕЛ») Экспериментальная оценка влияния вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна на ошибки в канале ВОЛС..... 305

Наседкин Б.А., Сурин Д.А., Шумигай В.С., Яшин Д.А. (ИТМО) Атака на систему квантового распределения ключей с помощью генерации второй гармоники в кристалле фазового модулятора 310

3.5 Программная инженерия

Бакатов В.Н., Исхаков Э.Э., Помогалова А.В. (СПбГУТ) Исследование моделей машинного обучения для обнаружения мошеннических транзакций в сети Ethereum 315
Березкин А.А., Данилин С.В., Матвеев Д.В., Туманов И.А. (СПбГУТ) Исследование применимости кодов БЧХ при обучении нейросетевых моделей архитектуры autoencoder..... 319
Березкин А.А., Матвеев Д.В., Савелов Д.Ю. (СПбГУТ) Оптимизация модели предсказания видео с помощью tensorrt для уменьшения задержек при управлении БПЛА 328
Березкин А.А., Матвеев Д.В., Слепнев А.В., Суходоева А.В. (СПбГУТ) Моделирование и проектирование нейросетевого решения для уменьшения задержек при управлении беспилотными системами в гибридных сетях связи…. 335
Березкин А.А., Нагорнов М.Н., Савелов Д.Ю. (СПбГУТ) Оптимизация нейросетевых дифффузионных моделей для сжатия видеопотока в реальном времени..... 343
Березкин А.А., Никифоров Е.В., Парфенов Д.Д. (СПбГУТ) Повышение стабильности конутров на изображениях при использовании сжатия с помощью диффузионных нейросетей..... 352
Березкин А.А., Слепнев А.В., Суходоева А.В. (СПбГУТ) Гибридные сети и их основные виды с учетом областей применения 358

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

4.1 Интеллектуальные коммуникационные технологии

Бондаренко И.Б., Пелих Д.А. (СПбГУТ) Мультиагентное планирование в управлении городской инфраструктурой 365
Еремеев М.А., Мутханна А.С.А. (СПбГУТ) Анализ технологии оценки позы человека и нейронных сетей для обеспечения технологии телеприсутствия 369
Ковальчук А.В., Литвинов В.Л. (СПбГУТ) Исследование модельно-аналитического интеллекта рекомендательных систем 374
Коровкина Е.В., Литвинов В.Л., Поведайко М.Д. (СПбГУТ) Угрозы информационной безопасности, возникающие из-за сервисов по поиску работы.. 379
Красавцева К.А., Раковский О.В. (СПбГУТ) Интеграция данных о микроклимате оранжереи с интеллектуальными сельскохозяйственными системами..... 383
Литвинов В.Л., Митченкова Е.Д. (СПбГУТ) Исследование методов калибровки уверенности принимаемых решений в нейросетевых моделях 386
Рожкова Д.А., Смородин Г.Н. (СПбГУТ) Анализ методов обработки данных экологического мониторинга с пропущенными значениями 391
Филиппов Ф.В., Шульгин Ф.Э. (СПбГУТ) Применение цепей Маркова для оптимизации движения общественного транспорта..... 396

4.2 Интеллектуальные технологии в автоматизации и цифровых системах управления

Барбанель Е.С., Бойков М.С., Бухинник А.Ю., Точилов В.Н. (СПбГУТ) Автоматизированная система сбора и передачи телеметрической информации на основе универсального контроллера 401
Котцов И.А. (СПбГУТ) Методы и технологии генерации тайлов географических карт 406
Пархачева О.С. (СПбГУТ) Адаптивные технологии в системах электронного обучения 411
Петров Д.Ю. (СПбГУТ) Разработка объектной-модели для системы управления рабочими учебными планами 415

ГУМАНИТАРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

6.1 Вопросы регионоведения и межкультурных коммуникаций в цифровую эпоху

Аверьянов М.А. (СПбГУТ) Создание Французского иностранного легиона и его участие в колонизации Алжира 419
Гехт А.Б. (СПбГУТ) СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича как один из отечественных центров изучения стран Северной Европы и Арктического региона 425
Жадан Р.А. (СПбГУТ) История женского движения в турции в XX веке 429
Замятин Р.Д. (СПбГУТ) Сахель как геополитический регион в современном мире 434
Лещинский П.В., Неровный А.В. (СПбГУТ) Роль и значение Генри Киссинджера в истории международных отношений второй половины XX века . 439
Терентьева Е.А. (СПбГУ, СПбГУТ) Маленькая героическая европейская страна против русского великана: риторика освещения советско-финляндского конфликта на страницах французских газет 1939-1940 гг. 441
Цверианашвили И.А. (СПбГУТ) Альфред Натгорст (1850 – 1921): геолог, биолог, полярный исследователь 446

6.2 Реклама и связи с общественностью в цифровом обществе

Арутюнян И.А. (СПбГУТ) Формирование положительного имиджа компании средствами рекламы и связей с общественностью 450
Еникеева Е.М. (СПбГУТ, СПбГУ) Концептуальные изменения политических конфликтов в контексте цифровизации 454
Желтова Е.П., Маршева Н.В. (СПбГУТ) Грантовый конкурс для преподавателей магистратуры: от идеи до реализации 460

Карачурин А.М. (СПбГУТ) Использование искусственного интеллекта в области SMM-продвижения и рекламы в условиях кризисной ситуации 2023 года 466
Клейн Е.Г., Кульназарова А.В. (СПбГУТ) Ребрендинг, как продвижение современной компании на рынке 471
Щетинина Д.А. (СПбГУТ) Коммуникационное сопровождение национальных проектов РФ в сфере образования в социальных медиа 475

Сведения об авторах 481

всероссийская научно-техническая и научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей

ПКМ

ПОДГОТОВКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ В МАГИСТРАТУРЕ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

УДК 378.1
ГРНТИ 14.35.07

ОБ УЧАСТИИ БАЗОВОЙ КАФЕДРЫ ВТС DWDM В ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО РЫНКА ТРУДА

Е. Д. Бессонова, М. В. Антонцев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Стремительный технический прогресс в индустрии связи диктует необходимость повышения требований к подготовке специалистов телекоммуникационной отрасли. Созданная в Санкт-Петербургском университете телекоммуникаций им.проф. М.А. Бонч-Бруевича базовая кафедра высокоскоростных магистральных транспортных DWDM-систем призвана решать эту задачу. Программы дополнительного образования и сложившаяся система работы кафедры со студентами позволяет осуществлять эффективную подготовку востребованных сегодня специалистов.

базовая кафедра, DWDM, ВТС DWDM, транспортные сети

Транспортные телекоммуникационные сети обеспечивают доступность инфокоммуникационных услуг, необходимых для каждого современного человека. Мир инновационных технологий периодически выставляет перед магистральными сетями новые требования или ужесточает уже существующие. Модернизация затрагивает все аспекты технологии, от совершенствования технических характеристик до разработки новых решений проектирования и эксплуатации. Но созданием нового оборудования, отвечающего вызовам современности, процесс развития не исчерпывается. В телекоммуникационной сфере обязательно должны быть люди, умеющие работать с новой технологией. Именно заинтересованность в свежих умах, профессионалах и будущих специалистах и инженерах диктуют необходимость обращения бизнеса в высшие учебные заведения [1].

В декабре 2021 года в Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций имени проф. М.А. Бонч-Бруевича (СПбГУТ), на факультете Инфокоммуникационных сетей и систем (ИКСС), создана кафедра высокоскоростных магистральных транспортных DWDM-систем (ВТС DWDM) – базовая кафедра компании «Т8», ведущего российского разработчика и производителя телекоммуникационного оборудования спектрального уплотнения (Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM) и инновационных решений для оптических сетей связи. Главная цель кафедры – предложить рынку труда инженеров, разбирающихся в системах DWDM и сетях, построенных с применением данной технологии [2].

Открытие базовой кафедры ВТС DWDM вывело многолетнее взаимодействие университета и компании Т8 на новый уровень, позволило эффективно объединить усилия и ресурсы в подготовке высококвалифицированных кадров, проведении научных исследований, использовании инновационного потенциала в области разработки, проектирования, строительства и эксплуатации высокоскоростных транспортных оптических систем, а также внедрении перспективных оптических и квантовых технологий [2].

В середине декабря 2021 года заведующим базовой кафедрой, заместителем генерального директора по стратегическому развитию ООО «Т8» К.В. Марченко новый проект был представлен студентам университета. Работа с первым набором слушателей проводилась в формате годового обучения, с переходом к активным практическим занятиям на экваторе проекта [2].

Студенты приняли проект с большим интересом и включенностью в процесс. Большая часть студентов отметила заинтересованность преподавателей, их желание поделиться имеющимся опытом и знаниями, уникальность курса. С точки зрения студентов, предлагаемый материал был интересным и мотивировал на углубленное изучение темы.

Столь позитивный прием со стороны слушателей курса можно объяснить совмещением форматов обучения: с одной стороны, основа в виде теоретической базы, предлагаемой преподавателями СПбГУТ, с другой стороны, практико-ориентированный вектор преподавания специалистами компании Т8, обеспечивающий постоянное развитие.

Первыми выпускниками базовой кафедры в 2022 году стали 22 студента, каждый второй из которых был трудоустроен в саму компанию Т8 и компании-партнеры. Высокая мотивированность студентов проявилась в стопроцентной явке практически на все занятия кафедры и, главное, в достаточно высоким уровне выпускных проектов, что было отмечено представителями компании на итоговой встрече со слушателями.

Рис. 1. Первый выпуск ВТС DWDM. 2022 г.

На базовой кафедре реализуются несколько программ обучения - основная годовая программа (144 академических часа) для студентов старших курсов бакалавриата и специалитета, ускоренный курс обучения (72 часа) для магистров и выпускных курсов бакалавриата и специалитета, а также программа повышения квалификации специалистов (курсы повышения квалификации). Этот подход сформировался по итогам первого года активной образовательной деятельности базовой кафедры. Были учтены трудности и несовершенства, связанные с отсутствием строго регламентированных правил набора слушателей (в первом потоке занимались студенты разных курсов обучения бакалавриата, специалитета и магистратуры). В первом полугодии 2023 года в опытном формате реализовали “ускоренный курс” по обучению студентов, завершавших свое обучение в университете. Базовая кафедра дала возможность без пяти-минут выпускникам бакалавриата и магистратуры, желающим получить знания по DWDM-технологии, использовать свой шанс обучения на базовой кафедре. Курс был минимизирован в объеме теории и практики, но обеспечивал получение первичных, самых необходимых, представлений и знаний об актуальной и востребованной технологии. Предлагая программу по повышению квалификации специалистов, базовая кафедра руководствовалась высокой востребованностью курса инженерами и проектировщиками и соответствующими обращениями от специалистов отрасли за конкретными консультациями.

Стремясь к высокому качеству обучения слушателей, базовая кафедра не только обеспечивает высокий уровень подачи материала своей образовательной программы, но и мотивирует студентов “подтянуться” по основному курсу обучения. Одно из основных требований при поступлении на базовую кафедру - отсутствие задолженностей. Именно принцип соблюдения баланса высокой заинтересованности студентов при поступлении на базовую кафедру и ответственного отношения к обучению по основной программе был принят и протестирован в качестве формата отбора в этом году. Отборочная комиссия вынуждена была отказать в приеме студентам, имеющим значительное число задолженностей. Студенты, имеющие ряд задолженностей, но убедившие комиссию своей высокой мотивированностью в обучении, были зачислены условно, с обязательством исправления своей академической успеваемости. Большая часть из тех, кто пришел за новыми знаниями с задолженностью по основному курсу, сегодня уже закрыли свои долги и теперь все свободное время посвящают DWDM.

В 2023 году на базовой кафедре вновь запущен основной годовой курс обучения. В проекте участвует 31 студент бакалавриата и специалитета факультетов университета.

Данный набор выделяется тем, что:

- слушателями приняты студенты выпускного курса бакалавриата и специалитета. Для последних сделано исключение – зачислены студенты как

5-го (выпускного) так и 4-го курса. Слушатели представляют разные направления подготовки и разные факультеты. Сегодня на базовой кафедре получают дополнительное образование студенты ИКСС, РТС, ИСиТ.

- параллельно содержательному блоку теории, освещаемой высококвалифицированными и опытными преподавателями кафедры ФиЛС, классными профессионалами - специалистами компании Т8, слушатели погружаются в мир практики, активно изучают оборудование Т8, отрабатывают практические навыки работы с DWDM-комплексом “Волга”, которым оснащена лаборатория базовой кафедры.

По итогам полутора лет существования базовая кафедра добилась развития своей практической базы. В лаборатории кафедры установлены телекоммуникационная стойка, укомплектованная двумя шасси V6, приобретено измерительное и тестирующее оборудование, необходимый комплект оптических приемо-передающих модулей, аппараты для сварки оптического волокна, наборы монтажных инструментов и расходные материалы. Оснащение технологической площадки дополнено дорогостоящим оборудованием, предоставленным кафедрой фотоники и линий связи (анализатор спектра), а также, в режиме временного пользования, в период проведения наиболее важных исследований, оптическим осциллографом, активно задействованным в исследовательских работах в научном центре компании Т8. Имеющаяся база обеспечивает возможность проведения комплекса лабораторных работ, с проведением различных исследований и анализа функционирования оборудования и оптических компонентов, моделирования целого спектра аварийных ситуаций на транспортной сети. Выполнение практических заданий в лаборатории базовой кафедры позволяет студенту прикоснуться к реальности, почувствовать себя чем-то большим, чем “просто студент” - уже сейчас из них растут и оформляются инженеры. Лабораторные работы слушатели кафедры выполняют бригадами - группами по 3-4 человека. Это продиктовано двумя факторами. Главный – стремление, чтобы каждый слушатель стал активным участником процесса. Второй, который приходится учитывать, организовывая практические занятия, -ограниченность пропускной способности лаборатории. Оба фактора являются существенным основанием для постановки и решения задачи дальнейшего расширения площадки и материальной базы базовой кафедры.

Важно отметить методическую роль ВТС DWDM в обучение студентов. Многие студенты кафедры ФиЛС уже попробовали свои силы в проведении настоящего научного исследования и оценили увлекательность процесса. Выпускники бакалавриата в 2023 году использовали результаты своей научной работы на базовой кафедре при подготовке выпускных квалификационных работ. С опорой на опыт практических занятий во время первого года работы кафедры, а также результаты проведения производственной практики и НИР по завершении обучения подготовлены

методические указания по комплексу лабораторных работ на оборудовании «Волга». Формирование методических материалов для выполнения расширяющегося перечня практических заданий и новых инженерных задач продолжается постоянно. Студенты, занимающиеся на базовой кафедре, как ее недавние выпускники в эту работу вовлечены. Пожалуй, основной посыл обучения на кафедре - не стоять на месте. С таким лозунгом можно не переживать о потери актуальности [3].

В заключение, подчеркивая, что формат дополнительного образования на базовой кафедре, не столь жестко подчиненный регламентам, правилам и нормативам, порой в некоторых моментах формализующий и «остужающий» образовательную функцию, благоприятен для избирательного вкуса современного студента. BTC DWDM выступает площадкой, собирающей под свое наставничество студентов, отличающихся высокой мотивацией в получении знаний. Такой отклик от студентов позитивно влияет на качество образования, а практическая ориентация дисциплины формирует необходимое соответствие подготовки наших выпускников требованиям к специалистам на рынке труда.

Список используемых источников:

1. Трещиков В.Н., Листвин В.Н. DWDM-системы IV. М: Техносфера, 2023, 8 с.
2. Васильева Т.И., Соответствовать современным вызовам // Фотон-Экспресс. 2022 г. №1. С. 14-15.
3. Бессонова Е.Д., Ермолаев А.А., Зозуля Г.С., Исследование работы эрбиевого усилителя (EDFA) // Всероссийская научно-техническая и научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей; Сборник лучших докладов конф.: материалы всерос. науч. метод. конф., Санкт-Петербург, 2023 г. СПб.: 2023. С. 293–297.

Bessonova E.D., Antontsev M. V.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

About the participation of the btc DWDM basic department in the training of specialists for the modern labor market.

Rapid technological progress in the communications industry dictates the need to increase the requirements for training specialists in the telecommunications industry. The basic Department of high-speed trunk transport DWDM systems created at the St. Petersburg University of Telecommunications named after Prof. M.A. Bonch-Bruevich is designed to solve this problem. The programs of additional education and the established system of work of the department with students allows for effective training of specialists in demand today.

Key words: Basic Department, DWDM, BTC DWDM, Transport networks.

УДК 378.1
ГРНТИ 14.35.07

РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ МАГИСТРАНТОВ

А. Н. Бучатский, Н. Н. Иванов, А. Б. Степанов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Показана система формирования рейтинга студентов магистратуры, направленная на повышение качества учебно-воспитательного процесса и побуждающая магистрантов к научной деятельности, саморазвитию и личностному росту. Представлены методика и критерии формирования рейтинга.

магистратура, рейтинговая система, мотивация студентов

В интересах выявления и государственной поддержки талантливой молодежи с целью развития интеллектуального потенциала Российской Федерации, усиления мотивации студентов образовательных организаций высшего образования к учебной, научно-исследовательской, общественной, культурно-творческой и спортивной деятельности Правительство Российской Федерации и Правительство Санкт-Петербурга постановили учредить стипендии для студентов и обеспечить проведение конкурсных процедур на право получения стипендий [1, 2].

Это обстоятельство явилось предпосылкой создания системы рейтинга магистрантов (далее – Рейтинг) в Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций имени проф. М.А. Бонч-Бруевича (СПбГУТ) – подведомственном вузе Минцифры Российской Федерации. Необходимость регулярного сравнения достижений отдельных студентов магистратуры при решении вопросов определения лучших претендентов на участие в том или ином мероприятии, соревновании, конкурсе стала дополнительным стимулом к решению назревшей задачи. При этом, кроме сравнения по конкретным относительно узким параметрам (успеваемость, публикационная активность и др.), часто возникает вопрос о соотнесении всего комплекса достижений конкретного магистранта с результатами деятельности других студентов. Идея создания рейтинговой системы, таким образом, первоначально была направлена на решение именно этой задачи. В дальнейшем, предназначение рейтинговой системы расширилось, а набор критериев оценки дополнился и углубился. В настоящее время рейтинговая система сформирована и Рейтинг введен в учебный процесс.

Целью формирования и регулярной актуализации Рейтинга является мотивация студентов к учебной и научной работе, к саморазвитию и повышению учебной дисциплины, развитию творческого потенциала, личностному росту и гражданско-патриотическому воспитанию.

Задачами формирования Рейтинга являются: повышение учебной дисциплины студентов, активизация участия студентов в грантах, в

оформлении результатов интеллектуальной деятельности, в подготовке публикаций и пр., активизация участия студентов в мероприятиях, направленных на гражданско-патриотическое воспитание молодежи [3].

Методика формирования Рейтинга

Рейтинг формируется среди студентов института магистратуры СПбГУТ на основе их достижений в научной, учебной, общественной, спортивной, профессиональной, творческой и профориентационной деятельности.

Формируются 2 типа Рейтинга: **текущий** (по результатам текущего семестра) и **общий** (по итогам всего срока обучения).

Общий и текущий Рейтинги формируется 2 раза в год: в начале сентября и в начале февраля.

При формировании текущего Рейтинга учитываются следующие критерии:

- средний балл (формируется на основе оценок, полученных студентом за все семестры; для студентов, закончивших 1 семестр – на основе диплома о предыдущем уровне образования) умноженный на 40. Значение округляется до ближайшего целого;
- сумма баллов за индивидуальные достижения (учитываются все индивидуальные достижения магистранта за текущий год).

Итоговый балл текущего Рейтинга формируется как сумма среднего балла и суммарного балла за индивидуальные достижения. При формировании текущего Рейтинга вводится «понижающий показатель» за наличие академических задолженностей, пропуск значительного числа занятий, дисциплинарных взысканий, в том числе:

- за наличие академических задолженностей – 10 баллов за каждую задолженность;
- при посещаемости занятий в течение семестра менее 50% – 30 баллов;
- дисциплинарное взыскание приносит -30 баллов (замечание) или -50 баллов (выговор).

При формировании общего Рейтинга учитываются следующие критерии:

- средний балл умноженный на 40. Значение округляется до ближайшего целого;
- сумма баллов за индивидуальные достижения (учитываются все индивидуальные достижения магистранта за весь период обучения).

Итоговый балл общего Рейтинга формируется как сумма среднего балла и суммарного балла за индивидуальные достижения.

При формировании общего Рейтинга достижения, полученные за прошлый календарный год учитывается с «коэффициентом устаревания» – 0,5. «Понижающий показатель» также учитывается.

Критерии формирования Рейтинга

Для опытного внедрения системы определения Рейтинга магистрантов приняты численные показатели в баллах для отдельных достижений (Таблица 1).

ТАБЛИЦА 1. Учитываемые индивидуальные достижения с баллами

№	Вид достижения	Кол-во баллов
Научные достижения		
1	публикации (в зависимости от вида издания)	от 6 до 20
2	гранты: руководитель проекта, участник	5; 2
3	научные дипломы и награды (статус победителя или призёра)	5
4	результаты интеллектуальной деятельности: 1. патент, заявка на изобретение, полезную модель, промышленный образец, 2. свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.	15; 10
5	участие в конференциях, семинарах, круглых столах 1. всероссийский или международный уровень 2. региональный уровень	5; 3
6	участие в интенсивах	3
7	участие в выставках достижений, Хакатоне	3
8	участие в конкурсах научных докладов студентов бакалавриата, организованных СПбГУТ (не учитываются со второго семестра обучения)	10
9	участие в акселераторах, стартапах	5
Учебные достижения		
10	диплом с отличием, полученный на предыдущем уровне образования	10
11	получение стипендии 1. Президента РФ, 2. Правительства РФ, 3. субъекта РФ, 4. общественных фондов или иных организаций	5; 4; 3; 2
12	обучение в зарубежных вузах не менее 1 семестра	5
13	звание «лучший выпускник» в зависимости от уровня (вуз, факультет, вид деятельности)	от 10 до 3
14	участие в студенческих профильных олимпиадах (не учитывается со второго семестра обучения): 1. обладатели диплома I, II или III степени Олимпиады «Инфотелеком-2023», 2. статус призера или медалиста олимпиады «Я – профессионал» 2022-2023, статус призера олимпиады «Инфотелеком-2023» и др. профильных олимпиад 3. статус участника олимпиады	20; 15; 5
15	окончание факультатива, курсов, стажировки и т.п.	2
16	окончание базовой кафедры	3
17	окончание Школы будущего магистранта СПбГУТ (не учитывается со второго семестра обучения)	3

18	участие в открытом чемпионате по стандартам WorldSkills: 1. победитель или призёр, 2. участник	3; 2
19	рекомендация ГЭК о поступлении в магистратуру (не учитывается со второго семестра обучения)	20
Общественная деятельность		
20	дипломы (волонтёрство, спортивные достижения, студенческое самоуправление)	2
21	участие в мероприятиях СПбГУТ гражданско-патриотического направления	2
Творческая деятельность		
22	получение студентом в течение года награды/диплома (приза) за результаты культурно-творческой деятельности: 1. международный, 2. всероссийский, 3. региональный или ведомственный, 4. университетский уровень	5; 4; 3; 2
23	систематическое участие студента в проведении (обеспечении проведения) публичной культурно-творческой или иной общественно значимой деятельности: 1. международный, 2. всероссийский, 3. региональный или ведомственный, 4. университетский уровень	5; 4; 3; 2
Профессиональная деятельность		
24	участие в финансируемых НИР и ОКР	15
25	прохождение практики на предприятии	2
26	выполнение ВКР по заявкам предприятий (организаций)	10
27	участие магистранта в проектной деятельности	10
Профориентационная деятельность		
28	привлечение абитуриентов для поступления в магистратуру СПбГУТ, участие в акции «Приведи друга»	10

Текущий рейтинг магистрантов учитывается при назначении стипендий студентов института магистратуры СПбГУТ. Общий рейтинг магистрантов применяется для повышения объективности при отборе студентов для участия в различных мероприятиях, где требуется определение приоритетности, в частности, отбор в экспедицию, стажировку на предприятие и пр., а также при формировании списка ТОП-10 студентов для размещения их фотографий в Галерее почета института магистратуры. Кроме того, общий рейтинг магистранта может учитываться при поступлении в аспирантуру СПбГУТ [3].

В СПбГУТ рейтинговая система впервые введена в учебный процесс с сентября 2023 года для студентов 1 курса магистратуры. Формирование базы данных для расчёта показателей рейтинга началось ещё на этапе регистрации абитуриентов, желающих поступить в магистратуру СПбГУТ и заполнения ими своего личного кабинета на сайте приёмной комиссии.

Сегодня эта информация служит базой для дальнейшего определения Рейтинга магистрантов. Рейтинг формируется автоматически по результатам успеваемости студента и его индивидуальных достижений, внесённых в личный кабинет абитуриента, а текущий момент уже студента. За заполнение сведений по личным достижениям в личном кабинете для расчета Рейтинга отвечает обучающийся, а результаты промежуточной аттестации будут отражаться в личном кабинете без его участия.

Внедрение Рейтинга является потенциально эффективным инструментом контроля активности магистрантов с целью мотивации к учебной и научной деятельности, а также основанием возможной корректировки траектории обучения магистранта с учётом его индивидуальных достижений.

Список используемых источников:

1. Постановление Правительства Росиийской Федерации от 03.11.2015г. №1192 "О стипендиях Правительства Россиийской Федерации для студентов (курсантов, слушателей) и аспирантов (адъюнктов) организаций, осуществляющих образовательную деятельность, обучающихся по образовательным программам высшего образования по очной форме по специальностям или направлениям подготовки, соответствующим приоритетным направлениям модернизации и технологического развития Российской экономики".

2. Постановление Правительства Санкт-Петербурга от 30.08.2012г. №921 "Об именных стипендиях Правительства Санкт-Петербурга студентам образовательных организаций высшего образования и среднего профессионального образования".

3. Бучатский А.Н., Еникеева Е.М., Иванов Н.Н, Степанов А.Б. Рейтинговая система как инструмент мотивации магистрантов к учебной и научной деятельности / Санкт-Петербургский конгресс «Профессиональное образование, наука и инновации в XXI веке» (28-30 ноября 2023 г.) // Сборник трудов / ООО «экспофорум-Интернешнлл» СПб, 2023, С. 44-47.

Buchatsky A., Ivanov N., Stepanov A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications

Rating system for evaluating master's students.

The system of forming the rating of master's degree students is shown, aimed at improving the quality of the educational process and encouraging undergraduates to scientific activity, self-development and personal growth. The methodology and criteria for rating formation are presented.

Key word: master's degree, rating system, motivation of students.

УДК 519.72
ГРНТИ 20.01.07

ФОРМАЛИЗАЦИЯ, ИНВАРИАНТНАЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ И НАУЧНОЕ ТВОРЧЕСТВО

Д. В. Волошинов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Возможности и достижения современных информационных технологий для наших современников становятся обыденными и привычными. Повсеместное применение и внедрение электронных вычислительных устройств качественно изменили характер производства товаров, услуг, оказали влияние на традиционную бытовую жизнь человека и природу его социальных отношений. Изменение качества жизни не оставляет сомнений в том, что дальнейшее совершенствование таких технологий является непременным условием успешного техногенного и информационного развития человечества. Именно поэтому цифровизация является одним из важнейших направлений экономической политики ведущих государств мира, в связи с чем вопросы представления и интерпретации опыта и знаний человечества в виде формализованных моделей являются актуальными. Важную роль в подобных интерпретациях играет принцип инвариантной неопределенности, значение которого в настоящее время пока недооценивается научным сообществом.

формализация, инвариантная неопределенность, моделирование, научная новизна

Одним из показательных потребительских качеств, которые ассоциируются с информационными технологиями, являются точность представления достигаемого с их помощью результата. В свою очередь, точность всегда ассоциируется с математическими методами, позволяющими создавать формализованные интерпретации в виде информационных моделей практически для любых областей человеческих знаний. Без должного анализа и понимания сути процессов моделирования может сложиться представление о всемогуществе феномена формализма, имеющего основания для универсального применения ко всему, что только можно было бы пожелать.

Однако это впечатление обманчиво, и оно, с одной стороны, может увлечь исследователя в бесконечную гонку, преследующую цель все более уточнять разрабатываемую модель, а с другой, не позволяет взглянуть на предмет исследования с новой ранее неизвестной точки зрения, способной породить научную новизну. Эти особенности формального метода подробно рассматривались в трудах профессора ЛИСИ К.И.Валькова, посвященных исследованиям в области информатики, на примерах многомерных конструктивных геометрических моделей. В этих работах сформулировано понятие принципа инвариантной неопределенности. С подробным и доходчивым разъяснением этого принципа можно ознакомиться в [1]. Несмотря на геометрические интерпретации, приводимые в книге, данный

принцип имеет общий философский характер и примерим к любым информационным моделям. Обсуждение ряда вопросов, важных для молодых исследователей, представляет большой интерес

Обратимся в наших рассуждениях к понятиям элементарной геометрии – точке и прямой линии, с которыми каждый из нас знакомился в старших классах средней школы. Зададим очень простой вопрос: состоит ли прямая линия из точек или не состоит? В подавляющем большинстве случаев опрашиваемые дадут ожидаемый ответ «да» – состоит. Некоторые респонденты воздержатся от ответа. А ответ «нет» на подобный вопрос практически не встречается. Если получен ответ «да», то резонно задать следующий вопрос: допустим, если прямая линия состоит из точек (то есть ее можно построить только на их основе), то каким образом следует провести прямую линию через две несовпадающие точки при условии, что образца прямой линии пока еще нет.

Обычно можно услышать следующие предложения: следует разместить первую точку точно посередине между двумя заданными. Но середина – это кратчайшее расстояние между двумя точками, разделенное на два, измеренное вдоль прямой. Следовательно, предложенный способ для решения проблемы не подходит. Обычно звучат и другие предложения, но ни одно из них к решению проблемы не приводит. Поток предложений со временем иссякает, и становится ясно, что попытка формально построить прямую линию из точек ни к чему рациональному не ведет, из чего следует заключить, что прямая линия из точек не состоит; это объекты разной природы и их невозможно «создать» друг из друга.

Этот неприятный, но неизбежный вывод, разрушает годами сложившиеся представления о геометрической науке. Он вызывает недоумение и даже растерянность и при вдумчивом к нему отношении порождает множество других несколько странных, на первый взгляд, вопросов. Например, на каком основании две прямые линии, расположенные в плоскости, пересекаются в точке, если они изначально из точек не состоят? Ведь пересекая множества, состоящие из однородных элементов, мы должны получать множества из элементов того же рода. И тогда получается, что прямые линии могут пересекаться либо только по прямым линиям (если они совпадают), либо не пересекаться вообще (порождать пустое множество).

Причина возникших проблем кроется в недооценке сложности вопросов формализации и моделирования. Почему мы уверены в том, что прямая линия состоит из точек. Да потому что мы привыкли к естественной физической интерпретации понятия «точка» и «прямая» и не принимаем во внимание различия модели абстрактной и модели предметной. Прямая линия, начерченная, например, на доске мелом, является результатом прилипания к поверхности доски чешуек мела, которые мы и ассоциируем с точками. Но разве физическая частица мела или грифеля – это абстрактная точка? По Эвклиду, точка не имеет ни длины, ни ширины, ни высоты. Но, как бы ни была мала частица графита из грифеля карандаша, она имеет реальные физические размеры. Вопрос о том, насколько правомерно заменять ее

точкой, отнюдь, не так прост! При необдуманной замене так можно «потерять» целую Вселенную!

И все же, почему мы считали и считаем сейчас, что две прямые линии пересекаются в точке? Ведь такое понимание не помешало человечеству прийти к тем техническим, культурным, социальным и прочим достижениям, свидетелями которых мы являемся каждый день.

Ответу на этот, в принципе, не очень сложный вопрос мешают годами сложившиеся стереотипы, не позволяющие взглянуть на проблему с необычной точки зрения. А ведь именно умение отказаться от привычных взглядов, подойти к решению проблемы с неординарных позиций позволяет в хорошо известном «старом» увидеть новое, открывающее путь к научной новизне, раскрыть творческий научный потенциал ученого.

Известно, что и точка, и прямая линия являются пространствами. Прямая линия может нести «в себе» точки как пространство, предоставляя последним свободу расположения в себе. При этом расположение точек на прямой может иметь достаточно сложную и вовсе не единую природу! Тогда становится ясно, что под результатом пересечения двух прямых в точке следует понимать операцию нахождения общего элемента двух различных линейных точечных рядов, а не самих прямых. Заметим, что это заключение не является формальным следствием какой-либо системы правил; это проявление инвариантной неопределенности, привносимой в научное знание человеком. Обиходное утверждение о том, что две прямые пересекаются в точке, является, по существу, научным жаргоном, который вполне уместен для решения многих практических задач, но иногда недопустим.

Приведенный пример наглядно демонстрирует, каким образом новая инвариантная неопределенность порождает иную отличную от известных систему взглядов на привычные и даже обыденные вещи. А это позволяет определить новые пути к научной новизне и исследовательскому творчеству. Яркими историческими примерами подобного «отношения к истине» явились открытия Яноша Больяи и Николая Лобачевского [2].

В контексте сказанного следует обратить внимание на вопросы, которые тесно связаны с проблемами формализованного принятия решений, являющихся одним из современных направлений бурно развивающихся технологий искусственного интеллекта.

В качестве примера, рассмотрим вопрос о проведении прямой линии через две точки с позиции формального соотнесения этих понятий через аксиоматику, предложенную Эвклидом. Полагая, что точка и прямая линия – это объекты разной природы, и опираясь на аксиоматический принцип, предполагающий допущение обобщений, можно заключить, что прямой линией называется любой объект А одной природы, единственным образом проходящий через два несовпадающих объекта другой природы В1 и В2, т.е. точки. Заметим, что в самой аксиоме ни слова не говорится о том, как такая прямая должна проводиться.

На первый взгляд, аксиоматическая система является идеальным средством для формализованного анализа произвольной геометрической

конструкции. Ведь, по сути, вся геометрия построена на системе аксиом – положений, принимаемых без доказательства, и логических правил – теорем, составляющих предмет и реализующих метод данной научной дисциплины. Однако, это не совсем так.

Рассмотрим следующую систему взаимосвязанных геометрических образов. Пусть на плоскости специально выделена некоторая «выколотая» точка, в то время как все остальные точки плоскости неотличимы от обычных точек. Будем проводить через любую пару несовпадающих точек и обязательно выколотую точку окружности. Как известно, три несовпадающие точки однозначно определяют окружность. В предложенной системе геометрических образов «выколотая» точка служит целям организации системы, но не является формальным средством выделения какой-либо одной окружности из общего множества, поэтому она может быть исключена из дальнейшего рассмотрения. Таким образом, любая окружность однозначно определяется парой, а не тройкой произвольно взятых точек. Но тогда с формальной точки зрения к окружности может быть применена приведенная ранее аксиома о прямой. Вследствие этого окружность становится логически неотличимой от прямой линии в силу единого формализма!

Данный пример демонстрирует две противоположные тенденции формального применения правил к некоторой моделируемой системе. Очевидно, что, с одной стороны, формализм может полностью «согласоваться» с системой и тогда он будет обладать и полнотой прогностических возможностей, ради которых осуществляется моделирование в любом научном исследовании. С другой стороны, формализм может согласоваться с ней лишь частично, и он будет не способен различать некоторые особенности моделируемой системы. Так, в рассмотренном примере, позиционные отношения и в традиционном понимании прямых линий и окружностей, и при неразличимости окружностей от прямых будут идентичными. Эта особенность позволяет, с одной стороны, упростить решение задач, связанных с позиционными отношениями систем окружностей, имеющих общую точку, за счет сведения их к задачам линейным. С другой стороны, метрические характеристики этих систем не являются идентичными. И, например, теорема Пифагора для прямоугольных треугольников, представленных в рассмотренной системе и формально неотличимых от прямоугольных треугольников в традиционном виде, будет неверна!

Приведенные примеры и рассуждения показывают, что формализация, являющаяся непременным атрибутом любого научного знания, не может рассматриваться как незыблемый атрибут истинности. Ее применимость к различным системам находится в непосредственной зависимости от выбора той или иной инвариантной неопределенности, предписываемой изучаемой системе исследователем. Но хочется лишний раз подчеркнуть, что этот процесс не подлежит автоматизации. Этот выбор не может быть сведен к каким-то заранее предопределенным формальным действиям. Проявление

этого феномена дает повод глубоко задуматься о правомерности «вольного» применения формальных методов ко всему и вся без должного осмысления и изучения соответствия предметов и явлений окружаемого мира с их моделями и абсолютизацией истинности последних. Это особенно важно в современных реалиях при нарастающих стремлениях дать право на принятие управленческих решений автоматическим устройствам без учета должной полноты их соответствия той или иной инвариантной неопределенности. Несмотря на то, какие бы сложные и «интеллектуальные» технологии в них ни закладывались, следует понимать, что все они являются «проводниками» некоторой инвариантной неопределенности, свобода выбора которой всегда остается за человеком.

Хочется надеяться на то, что высказанные в статье соображения, несмотря на краткость изложения, продемонстрировали читателю важность и значимость феномена инвариантной неопределенности, его влияния на процессы моделирования, а также показали недостаточную изученность связанных с ним проблем. Более пристальное внимание и вдумчивое отношение к моделированию в условиях выбора и следования различным инвариантным неопределенностям открывает путь к построению моделей с принципиально новым информационным содержанием, что безусловно должно оказать позитивное влияние на творчество молодых исследователей, ищущих свой индивидуальный путь в безбрежном океане науки.

Список используемых источников:

1. Вальков К.И. Введение в теорию моделирования. – Л.: ЛИСИ, 1974. – 152 с.
2. Каган В.Ф. Очерки по геометрии. – М.: Издательство Московского университета, 1963. – 572 с.

Voloshinov D.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Formalization, Invariant Uncertainty and Scientific Creativity.

The possibilities and achievements of modern information technologies are becoming commonplace and familiar to our contemporaries. The widespread use of electronic computing devices has qualitatively changed the nature of the production of goods and services, and has influenced the traditional everyday life of a person and the nature of his social relations. Changes in the quality of life leave no doubt that further improvement of such technologies is an indispensable condition for the successful technological and information development of humanity. That is why digitalization is one of the most important areas of economic policy of the leading countries of the world, and therefore the issues of representing and interpreting the experience and knowledge of mankind in the form of formalized models are relevant. An important role in such interpretations is played by the principle of invariant uncertainty, the importance of which is currently underestimated by the scientific community.

Key words: formalization, invariant uncertainty, modeling, scientific novelty.

УДК 621.391.8
ГРНТИ 49.43.29

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОКРЫТИЯ МОБИЛЬНОЙ СЕТИ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Р. С. Рощинский
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной статье рассматривается оценка качества покрытия сотовой связи на территории Архангельской области в рамках второй арктической экспедиции с учетом программы по устранению цифрового неравенства среди российского населения. Карты покрытия в данной работе, построены по измеряемой мощности пилотного сигнала.

радиоизмерения, мобильная связь, уровень сигнала, качество покрытия, устранение цифрового неравенства

Распоряжением Правительства РФ от 26 марта 2014 года № 437-р обязанности по оказанию универсальных услуг связи возложены на ПАО «Ростелеком» [1]. Москва, 14 апреля 2021 года – Минцифры России сообщает о начале второго этапа программы по устранению цифрового неравенства (далее – УЦН) среди российского населения. Соответствующее соглашение подписали Минцифры России и «Ростелеком». В 2021 году мобильная связь появится в 1198 селах, посёлках и деревнях численностью от 100 до 500 человек. Жителям этих населенных пунктов станет доступна мобильная связь стандарта 4G/LTE, которая также обеспечит устойчивый доступ к интернету [2]. В данную программу для населенных пунктов также входит подключение точек доступа технологии Wi-Fi и установка таксофонов [3-5].

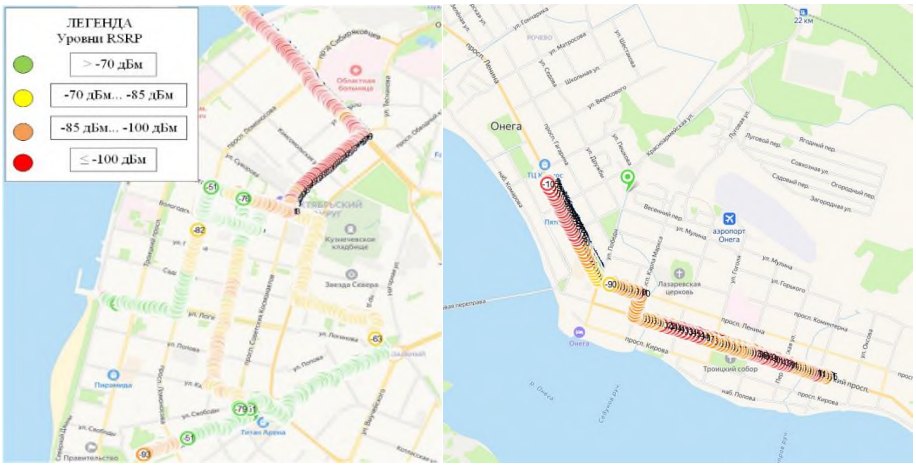
Помимо списка населенных пунктов, где были проведены работы по УЦН, ПАО «Ростелеком» предоставляет карту местности, для определения координат установленных базовых станций (далее – БС) [6].

В ходе второй Арктической экспедиции Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича было принято решение провести измерения и оценить качество покрытия мобильной сети в населенных пунктах архангельской области с помощью разработанного научно-образовательным центром «Беспроводные инфотелекоммуникационные сети» (далее – НОЦ “БИС”) программного обеспечения - программа для измерения радиосигнала сетей сотовой связи и программа для проведения пост-анализа.

Программа для измерения радиосигнала разработана на языке Java для устройств под управлением операционной системой Android. Программа предназначена для проведения радиоизмерений и фиксации параметров в лог-файл, для дальнейшего пост-анализа и визуализации результатов измерений на карте и построение тепловой карты по маршруту следования.

В городах Архангельск и Онега (рис. 1а, 1б) расположены БС операторов большой четверки, которые обеспечивают полное покрытие мобильной связью территории городов с уровнем не больше -90 дБм.

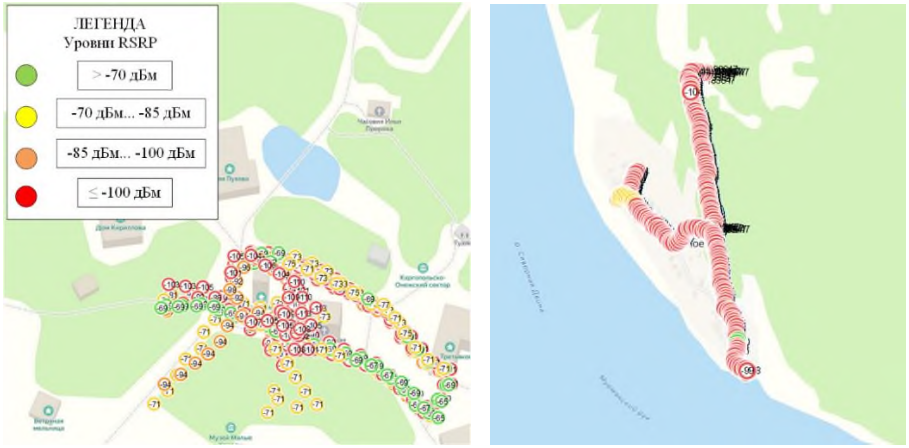
Отношение сигнал-шум (SNR) на большей части маршрута был не менее 10 дБ. На маршрутах проведения измерения также не было зафиксировано зон радиомолчания.



а) б)

Рис. 1. Карта покрытия города Архангельск и Онега

На территориях деревень Малые Карелы и деревни Красное (рис. 2а, 2б), уровни сигнала для стандарта LTE составляли не менее -75 дБм. В ходе измерений также было зафиксировано постепенное отключение операторами технологии UMTS.



а) б)

Рис. 2. Карта покрытия деревни Малые Карелы и деревни Красное

По мере удаления от больших городов Архангельской области, появляются большие зоны радиомолчания, так как деревни и населенные пункты находятся на достаточно большом удалении друг от друга. На маршруте следования арктической экспедиции были посещены деревни Уна и Луда. В деревне Луда располагается БС компании Мегафон, обеспечивающая связью близлежащие деревни (рис. 3а), в качестве примера были проведены измерения радиопараметров в деревне Уна (рис. 3б).

а) б)

Рис. 3. Карта покрытия деревни: а) Уна; б) Луда

Далее на маршруте следования экспедиции была пройдена деревня Яреньга и Лопшеньга. В Яреньге установлена БС компании Мегафон, обеспечивающая связью соседние территории и населенные пункты. Данная БС обеспечивает в стабильное покрытие в деревне Лопшеньга с уровнем сигнала не менее – 90 дБм.

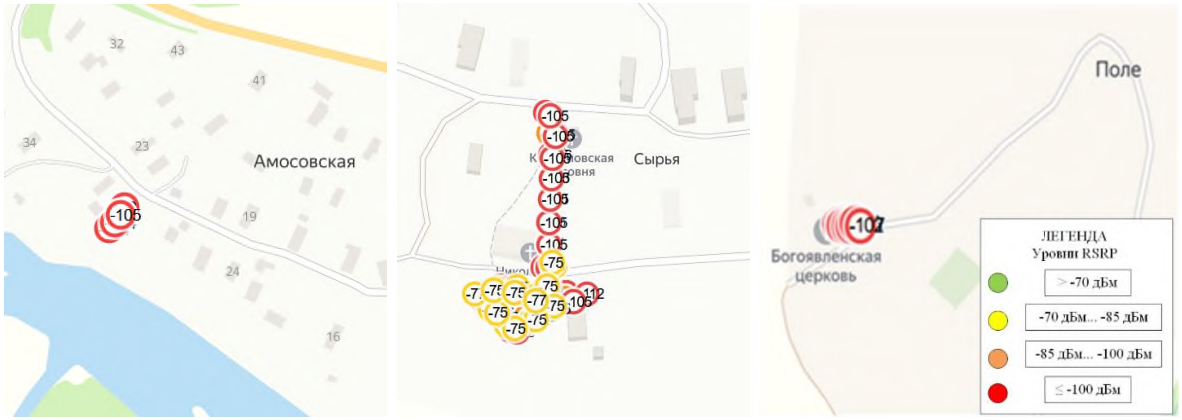
По программе УЦН установлена базовая станция ПАО «Ростелеком», которая предоставляет не только полное покрытие сотовой связью всю деревню. На рисунке 4а и 4б представлены карты покрытия и качества сигнала оператора Мегафон и Теле2 соответственно.

а) б)

Рис. 4. Карта покрытия деревни Лопшеньга

Были произведены измерения в деревнях Амосовская, Сырья и Поле (рис. 5а, 5б, 5в). В данных населенных пунктах, несмотря на требования УЦН о минимальном количестве населений в деревня, операторы предоставляют свои услуги. На исследуемых маршрутах, значения уровней сигнала были не менее -102 дБм, что является весьма низким значением для предоставления

качественных услуг LTE. Исследуя технологию GSM, были зафиксированы значения не менее -75 дБм.



а) б) в)

Рис. 5. Карта покрытия деревни: а) Аносовская; б) Сырья; в) Поле;

Также были проведены измерения в деревне Летняя Золотица. Несмотря на удовлетворительное требование о минимальном количестве населения, операторы не предоставляют на данной территории услуги сотовой связи. Однако, в качестве альтернативы по программе УЦН, на территории деревни установлены таксофоны (рис. 6).

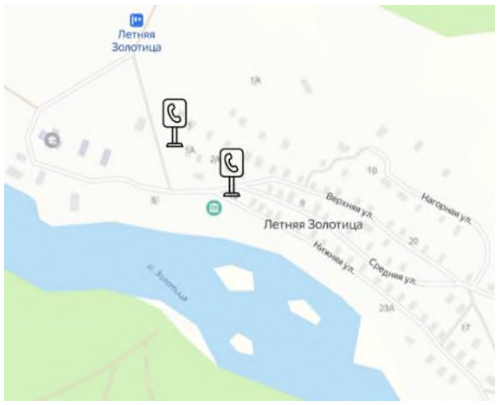


Рис. 6. Размещение таксофонов в деревне Летняя Золотица

В результате анализа качества покрытия Архангельской области было установлено, что большая часть территории обеспечивается покрытием сетей сотовой связи, а также почти не имеет зон радиомолчания. За редким исключением в местах проведения измерений уровень принимаемого сигнала составлял не менее -90 дБм. В настоящее время в НОЦ “БИС” продолжается работа над анализатором сетей сотовой связи, в том числе отладка и совершенствование разработанного программного обеспечения. В дальнейшем планируется добавить возможность проведения оценки не только качества покрытия по измеряемой мощности сигнала, но и оценку

качества, услуг, предоставляемых абоненту. К подобным услугам можно отнести голосовые вызовы, передача СМС-сообщений и данных, поскольку на данном этапе разработки, можно оценить исключительно зону покрытия БС и приходящую на пользовательские устройства параметры мощности сигнала.

Работа выполнена в рамках прикладных научный исследований СПбГУТ 2023 г., регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Универсальные услуги связи и проект устранения цифрового неравенства // ПАО "Ростелеком" URL: https://www.company.rt.ru/projects/uus/ (Дата обращения: 01.10.2023).
2. В России начался второй этап устранения цифрового неравенства // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации URL: https://digital.gov.ru/ru/events/40814/?utm_referrer=https%3a%2f%2fwww.google.com%2f (Дата обращения: 01.10.2023).
3. Перечень населенных пунктов, в которых ПАО «Ростелеком» приступило к оказанию универсальных услуг подвижной радиотелефонной связи по состоянию на 30.06.2023 // ПАО "Ростелеком" URL: https://www.company.rt.ru/projects/uus/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D1%8C_%D0%9D%D0%9F_%D1%81_%D0%91%D0%A1_%D0%9F%D0%A0%D0%A2%D0%A1_%D0%BD%D0%B0_30.06.2023.pdf (Дата обращения: 03.10.2023).
4. Адресный перечень точек доступа на 30.06.2023 // ПАО "Ростелеком" URL: https://www.company.rt.ru/projects/uus/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D1%8C_%D0%9D%D0%9F_%D1%81_%D0%A2%D0%94_%D0%BD%D0%B0_30.06.2023.pdf (Дата обращения: 03.10.2023).
5. Адресный перечень таксофонов на 30.06.2023 // ПАО "Ростелеком" URL: https://www.company.rt.ru/projects/uus/Адресный_перечень_таксофонов_на_30.06.2023.pdf (Дата обращения: 03.10.2023).
6. Информация об объектах УЦН ПАО «Ростелеком» // ПАО "Ростелеком" URL: https://ucn.rt.ru/ucn-objects (Дата обращения: 01.10.2023).
7. BDEX URL: https://bdex.ru/ (Дата обращения: 05.10.2023).

Roschinsky R.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Assessment of mobile network coverage quality in the Arkhangelsk region.

This paper considers the assessment of the quality of cellular coverage in the territory of the Arkhangelsk region within the framework of the second Arctic expedition, taking into account the program to eliminate the digital divide among the Russian population. Coverage maps in this paper, built on the measured power of the pilot signal.

Key words: radio measurements, mobile communications, signal strength, coverage quality, elimination of digital divide.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

1.1. Микроволновая техника: материалы, компоненты, устройства

УДК 535.417.2
ГРНТИ 47.45.99

ИНТЕГРАЦИЯ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРОВ В ОБЪЕМНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ СХЕМЫ СВЧ

С. А. Жикин, Э. Ю. Седышев

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе предложена конструкция диэлектрического кольцевого генератора, где в качестве активного элемента используется туннельный диод, также предложен способ его модернизации. По результатам проектирования создан рабочий макет, проанализирована его работа. Также рассматривается полусферическое исполнение генератора, чья конструкция представляет собой классическую объемную интегральную схему.

объемный резонатор, генератор СВЧ, диэлектрический резонатор, кольцевой резонатор, объемная интегральная схема, полусферический резонатор

Генераторы являются одними из ключевых элементов современных устройств СВЧ-техники. Так как прогресс не стоит на месте, и нуждается в повышении частот генерации, а также увеличении рабочего диапазона частот, то и требования к синтезу устройств СВЧ становятся серьезнее. Главным компонентом генератора обычно является резонатор, именно от него будет зависеть частотный диапазон и нужные частоты генерации.

В настоящее время большим спросом пользуются именно диэлектрические резонаторы (ДР). Ключевые преимущества в сравнении с полыми структурами – это масса и габариты, перед шлейфами – большая добротность, а также стоит отметить простоту обработку поверхности.

Сейчас на рынке достаточно большое количество разнообразных вариаций ДР, такие как: дискообразные (ДРД), волноводно-диэлектрические (ВДР), коаксиальные (КР). На рисунке 1 представлен внешний вид таких резонаторов.

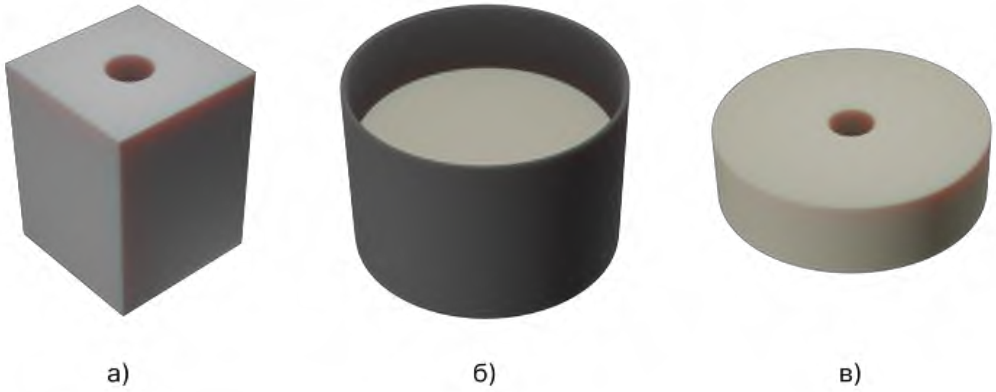


Рис. 1. ДР различных конструкций, где а) КР, б) ВДР, в) ДРД

Данные диэлектрические резонаторы хорошо изучены, и вся сложность в разработке заключена в подборе диэлектрика, его обработке и расчете габаритов конструкции [1]. Однако остается большим вопросом – вопрос как интегрировать такой резонатор в схему, и как будет работать полученное устройство.

Один из возможных вариантов устройства был разработан в Лаборатории синтеза СВЧ-устройств СПбГУТ им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, профиль “Микроволновая техника. Объемные интегральные схемы”. Данное устройство представляет собой генератор на ДРД из нефрита, с активным элементом в виде туннельного диода. Макет представлен на рисунке 2.

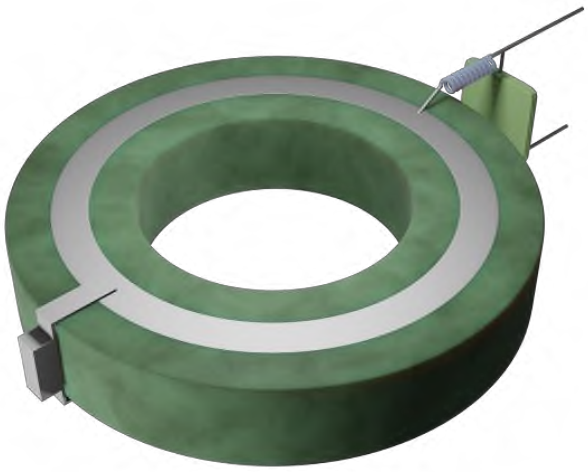


Рис. 2. Генератор на ДРД, 3D-визуализация

Эквивалентная схема представлена на рисунке 3.

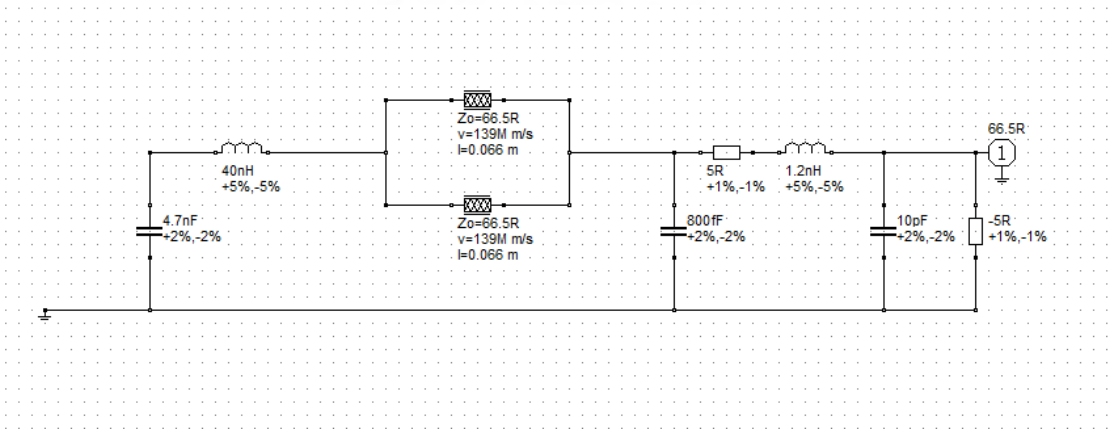


Рис. 3. Эквивалентная схема генератора на ДРД

Волновое сопротивление было посчитано в программной среде RFSimm, а также с помощью формулы, представленной ниже, где W (ширина полоска) = 5 мм, h (толщина диэлектрика) = 8 мм, $\varepsilon_r = 8$ [2].

$$Z_0 = \begin{cases} \dfrac{\eta}{2\pi\sqrt{\varepsilon_{эф}}} \ln\left(\dfrac{8h}{W} + 0{,}25\dfrac{W}{h}\right) & для \quad (W/h \le 1), \\ \dfrac{\eta}{\sqrt{\varepsilon_{эф}}}\left[\dfrac{W}{h} + 1{,}393 + 0{,}667\ln\left(\dfrac{W}{h} + 1{,}444\right)\right]^{-1} & для \quad (W/h \ge 1), \end{cases}$$

где $\eta = 120\pi$ Ом; $\varepsilon_{эф} = \dfrac{\varepsilon_r + 1}{2} + \dfrac{\varepsilon_r - 1}{2}(1 + 10h/W)^{-1/2}$.

Полученное волновое сопротивлении линии получилось $Z_0 = 64{,}9$ Ом и $Z_0 = 66{,}51$ Ом соответственно. Структурная схема измерений представлена на рисунке 4.

Рис. 4. Структурная схема измерений

Данный макет запитывался от источника питания под напряжением U = 0,314 В. Сам макет изображен на рисунке 5. Результаты измерений представлены ниже на рисунках 6 и 7.

Рис. 5. Реальный макет СВЧ-генератора на ДРД

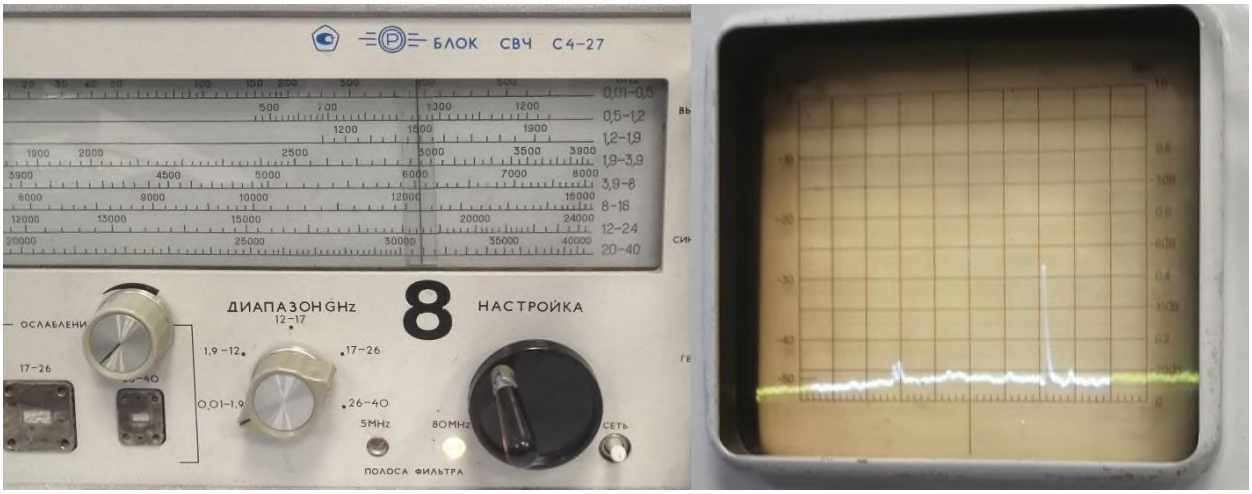


Рис. 6. Генерация при центральной частоте 1,5 ГГц (частота пика - 1516 МГц)

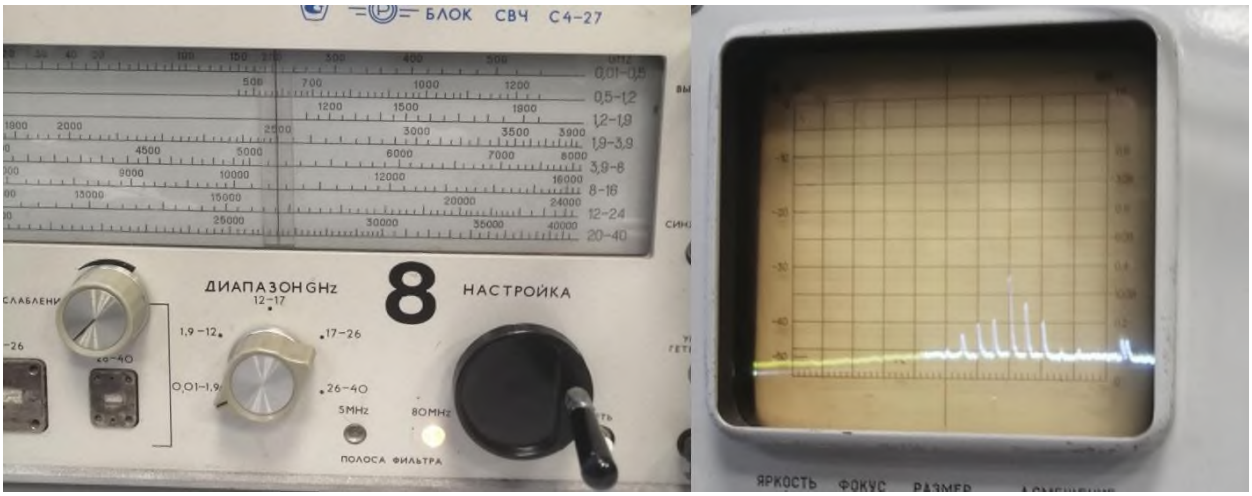


Рис. 7. Генерация при центральной частоте 580 МГц (частота пика - 596 МГц)

Результаты компьютерного моделирования в программной среде RFSimm продемонстрированы на рисунках 8 и 9.

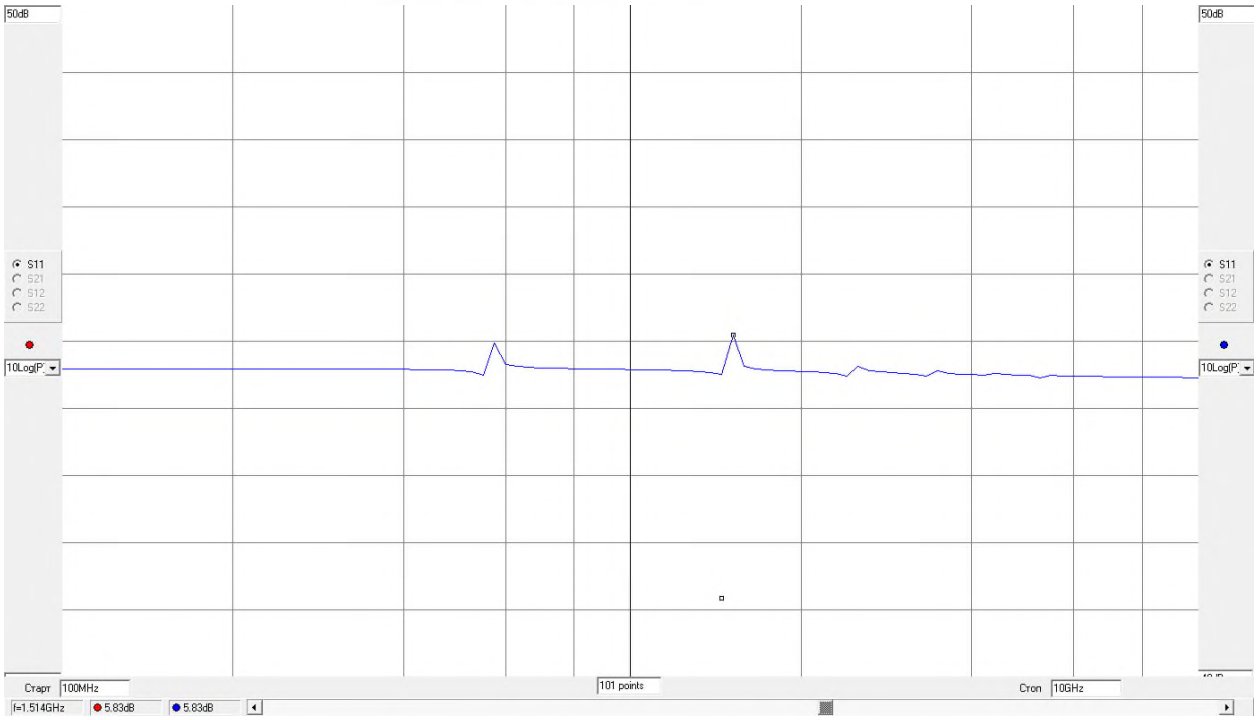


Рис. 8. S11, Пик при 1,514 ГГц

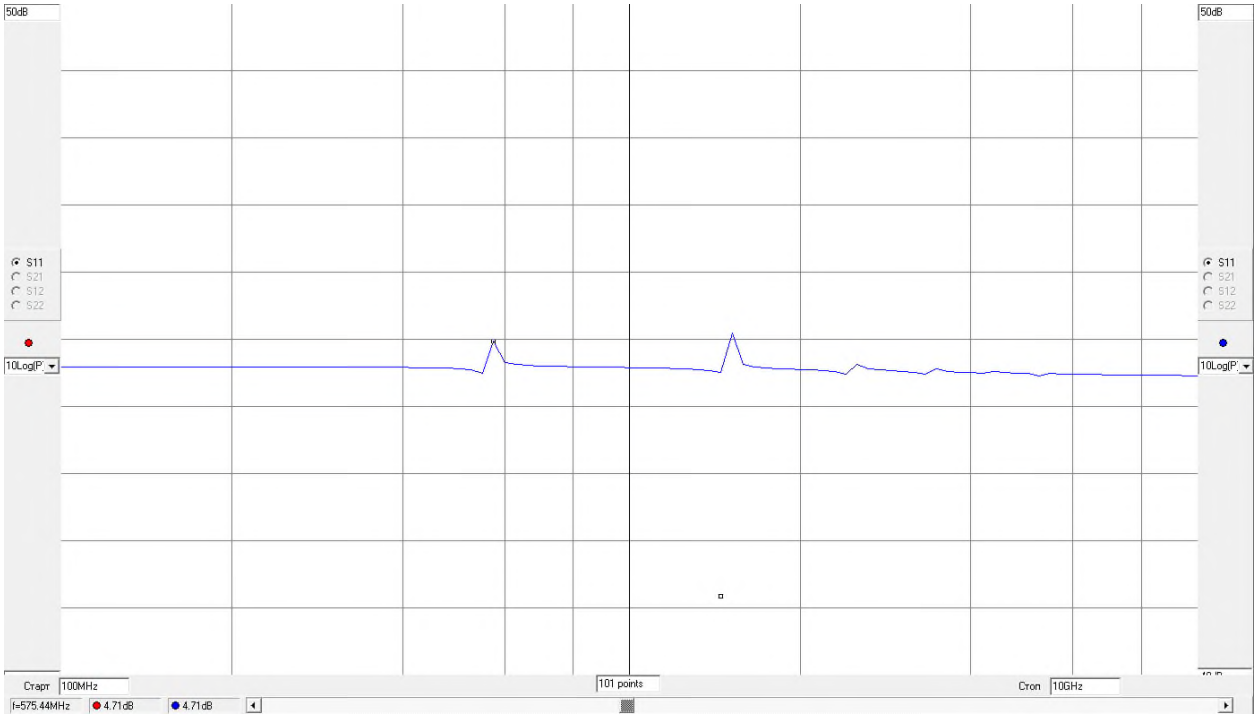


Рис. 9. S11, Пик при 575 МГц

В результате измерений получилось, что компьютерная модель и реальные измерения схожи, а сама генерация была стабильной, что можно видеть на спектрограмме С4-27.

Дальнейшими же этапами изучения и проектирования стал генератор на полусфере, который в теории должен показывать большую добротность

генерации в сравнении с генераторами на цилиндрических и кольцевых ДР. В ходе работы была изготовлена полусфера из глины (ε = 3,5-4), диаметром 3,7 см. Внутрь полусферы был интегрирован туннельный диод, при измерении диод запитывался от блока питания. Детектирование осуществлялось с помощью щупа. Макет представлен на рисунке 10.

Рис. 10. Реальный макет СВЧ-генератора на полусферическом ДР

В результате измерений были замечены колебания в районе 1200 МГц, 1600 МГц, а также 3200 МГц. Предположительно, основной частотой является 1,6 ГГц, второй гармоникой 3,2 ГГц (рис. 11), т.к. при 1,6 ГГц было более стабильное колебание, когда на 3,2 ГГц уже появился высокий уровень шума.

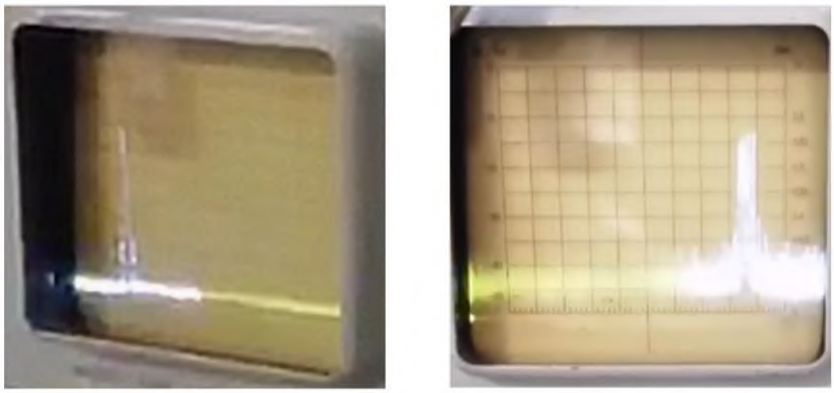


Рис. 11. Спектрограммы колебаний при частотах 1,6 и 3,2 ГГц

В результате измерений наблюдались колебания в районе 1200 МГц, 1600 МГц, а также 3200 МГц. Предположительно, основной частотой является 1,6 ГГц, второй гармоникой 3,2 ГГц (рис. 11), т.к. при 1,6 ГГц было более стабильное колебание, когда на 3,2 ГГц уже появился высокий уровень шума. Данный генератор легко может быть размещен на планарной гибридной ИС, а также интегрирован в круглый волновод.

Результатом данной работы можно считать синтез генераторов на ДРД и полусфере из диэлектрика, которые полностью доказали свою работоспособность.

Дальнейшее развитие данной тематики видится авторам в создании инженерных методов расчета подобных устройств.

Список используемых источников:

1. Геворкян В., Кочемасов В. Объемные диэлектрические резонаторы – основные типы, характеристики и производители // Журнал “Электроника” №4 2016, С. 62-76

2. Башкуев Ю. Б., Хаптанов В. Б. Диэлектрическая проницаемость нефрита в диапазоне 100-10000 Гц // Вестник Бурятского государственного университета, 2013, С. 147-149

3. Кондрашова М.А., Сазоненко Н.Ю., Селиверстов Л.А., Улитина А.С., Седышев Э.Ю. Частотно-селективные устройства на кольцевых эллиптических резонаторах. // Проектирование и технология электронных средств.2019. №2. С.13-20

4. Сазоненко Н.Ю., Седышев Э.Ю. Генератор на кольцевом резонаторе в микрополосковом исполнении // СПб – IX Международная научно-техническая и научно методическая конференция АПИНО 2020. Научное направление теоретические основы радиоэлектроники и систем связи, подсекция микроволновая техника: материалы, элементы, устройства. С. 509-513.

5. Кондрашова М.А., Сазоненко Н.Ю., Селиверстов Л.А., Улитина А.С., Седышев Э.Ю. Частотно-селективные устройства на кольцевых эллиптических резонаторах. // Проектирование и технология электронных средств.2019. №2. С.13-20.

Zhikin S., Sedyshev E.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Integration of dielectric resonators into volumetric microwave integrated circuits.

In this paper, a design of a dielectric ring generator is proposed, where a tunnel diode is used as an active element, and a method for its modernization is also proposed. Based on the design results, a working layout was created, its work was analyzed. The hemispherical design of the generator, whose design is a classical volumetric integrated circuit, is also considered.

Key words: volumetric resonator, microwave generator, dielectric resonator, ring resonator, volumetric integrated circuit, hemispherical resonator.

УДК 621.372.21
ГРНТИ 47.45.99

К ВОПРОСУ СИНТЕЗА УСТРОЙСТВ МУЛЬТИПЛЕКСИРОВАНИЯ СИГНАЛА НА СВЯЗАННЫХ НЕРЕГУЛЯРНЫХ ЛИНИЯХ В ИНТЕГРАЛЬНОМ ИСПОЛНЕНИИ

Е. Ф. Иванищева, Э. Ю. Седышев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В работе рассматриваются вопросы синтеза устройств частотно-зависимого мультиплексирования сигнала на связанных нерегулярных линиях, исходя из свойств распределенных емкостей на полосковых линиях. В качестве основы предлагаемой конструкции взята распределенная емкость, которая сочетает в себе свойства обычной емкости и связанных линий. Предложен вариант использования структуры в устройстве детектирования сигналов СВЧ диапазона.

СВЧ, мультиплексирование сигнала, связанные линии, частотная селекция

Современная техника СВЧ диапазона постоянно развивается: совершенствуется и расширяется элементная база; создаются новые узлы различных устройств с использованием уже известных электродинамических принципов; появляются новые технические решения и новые конструкции устройств.

База микроволновых конструктивных элементов очень разнообразна и постоянно расширяется за счет всевозможных модификаций. Модификаций становится так много, что от разработчика требуется соотносить современные стандарты устройств.

Сегодня первоочередной задачей не является создание отдельных элементов, узлов СВЧ (в большинстве своем они уже разработаны), а требуется создание СВЧ устройств, где досконально анализируется взаимодействие элементов и узлов между собой. Отдельно решается задача изучения свойств элементов в различных частотных диапазонах.

Рассматриваемая раннее [1, 2, 3] структура при определенной конфигурации дает разработчику возможность реализовать устройство частотной селекции и направленного ответвления по заданному уровню. В первую очередь следует отметить регулировку полосы пропускания в канале, потому что этот параметр является основой всех фильтровых устройств. Обычно ее расширения добиваются увеличением числа элементов, что усложняет конструкцию и увеличивает области связи при наличии связанных линий. В случае нерегулярных линий возможно создать устройство направленного ответвления в широком диапазоне частот без каскадирования [4].

Особенности нерегулярных связанных линий дают широкое поле применения, главная из которых осуществлять бесконтактное

детектирование сигнала в тракте, при установке независимых детекторов в каждое из плеч. До настоящего времени это нигде не использовалось.

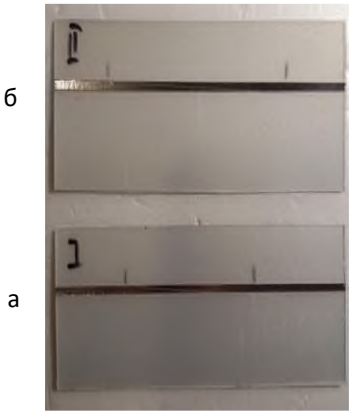


Рис. 1. Макеты распределенных нерегулярных емкостей

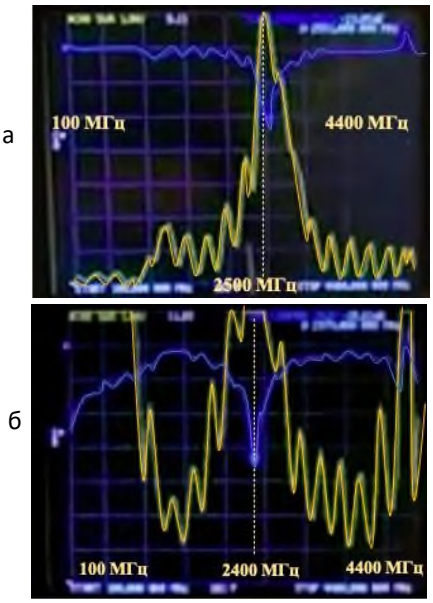


Рис. 2. ЧХ распределенных нерегулярных емкостей на макете №1 – а, №2 – б

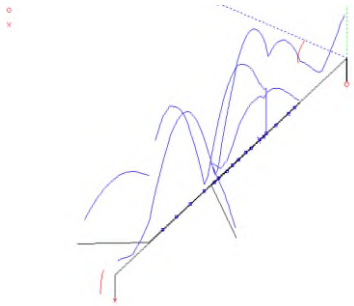


Рис. 3. Распределение токов структуры НО на связанных нерегулярных линиях

На рынке радиоэлектроники, на сегодняшний день, существуют аналоги предлагаемого устройства, такие как селективные детекторы, однако стоимость их сравнима с самыми дорогими измерительными приборами СВЧ диапазона (анализаторы спектра).

Представленные в работе структуры на связанных нерегулярных линиях в интегральном исполнении предлагается внедрить в качестве основного элемента детектора полей, что позволить снизить экономические затраты их производства, а также позволит минимизировать размеры детектора.

В ранее представленных работах были изучены свойства нерегулярных распределенных емкостей, которые дают нам понять, что нерегулярные связанные линии обладают частотно-селективными свойствами, которые в первую очередь определяются геометрией (рис. 1, 2) [2]. И если простым коллинеарным разрезом микрополосковой линии мы добиваемся эквивалента фильтра 3-4 порядка, то дальнейшие модификации структуры привели к идее направленного ответвления мощности по заданному уровню.

Также отметим, что сам срез является емкотью, а значит и гальванической развязкой, что расширяет область использования структуры, позволяет использовать питание на активные компоненты и не вносит дополнительных модификаций в конструкцию. Из этого же вытекает идея бесконтактного детектирования и ответвления сигнала на связанных нерегулярных линиях. Проверить данное предположение позволила эмуляция работы структуры в виде электродинамической модели в ядре NEC

– подтвердилось наведение токов на линиях 2 и 4 (рис. 3) [3].

В приведенной модели учтены неоднородности линий. Токи наводятся на отводящих плечах 2 и 4, как видно на рисунке 5. Результат моделирования показывает, что при данной конфигурации КСВН=1, то есть питание согласовано с ведущей магистралью, нагруженной на 50 Ом.

Затем модель была отработана на макете в диапазоне 1…2,1 ГГц, результаты представлены на индикаторе КСВН и ослабления (рис. 4, 5).

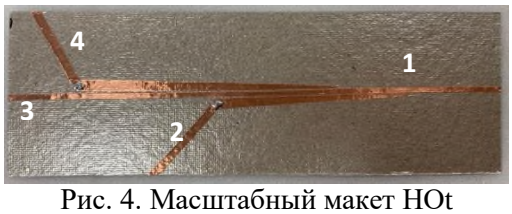
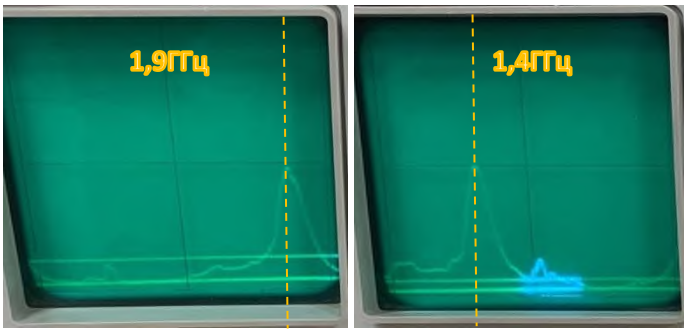


Рис. 4. Масштабный макет HOt



а б

Рис. 5. ЧХ макета НО по пути 1-2 – а; 1-4 – б

На рисунке 5а резонанс на частоте 1,9 ГГц по уровню -5,5 дБ, на рисунке 5б на частоте 1,4 ГГц по уровню -5,2 дБ. [3]

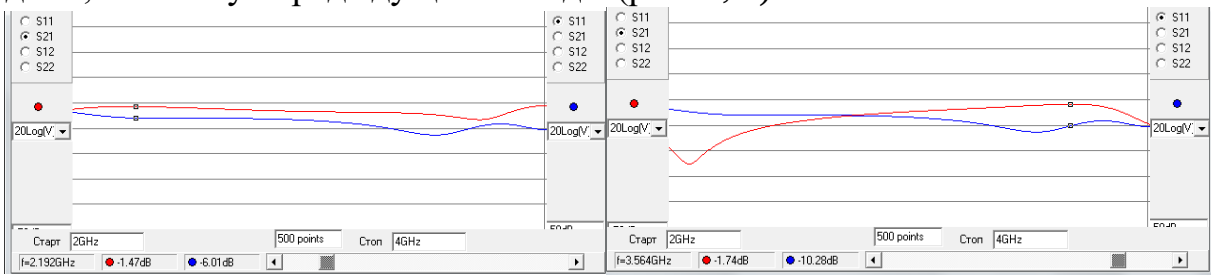
На масштабном макете доказана реализация направленного ответвления по уровню примерно в -5 дБ на различных частотах, соответствующих резонансам на данной длине для отводящих плеч.

Следует отметить, что мощность сигнала в плече регулируется, в первую очередь расстоянием между ведущей линией и отводящим плечом.

Компьютерное моделирование показало: при равном расстоянии от плеч до ведущей линии и при равной длине нерегулярных ответвлений получаем равное деление по мощности. Изменяя длину области связи – меняется частотный диапазон ответвления и деления.

Анализ частотных характеристик Т-делителя показывает, что уровень сигнала в плече зависит от длины области связи. Если длины областей связи нерегулярных линий одинаковы, то сигнал делится поровну – потери -3 дБ в рабочем диапазоне частот, то есть как у классического Т-делителя.

Создадим модель частотно-зависимого делителя с плечами различных длин, используя предыдущие выводы (рис. 6, 7).



а б

Рис. 6. ЧХ частотно-зависимого делителя на связанных нерегулярных линиях а – плечо 0-2, б – плечо 0-1

В результате эмуляции схемы видно частотное деление сигнала по

уровню около -1,5 дБ, что является принципиально более выигрышным относительно классических Т-делителей.

Перейдем от компьютерной модели к физически реализованному макету устройства частотно-зависимого делителя на связанных нерегулярных линиях (рис. 7). Как и в компьютерной модели одно плечо длиннее второго.

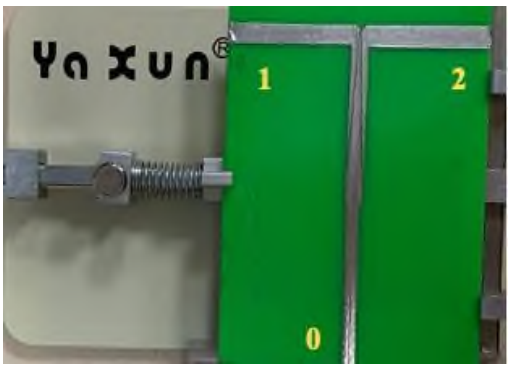
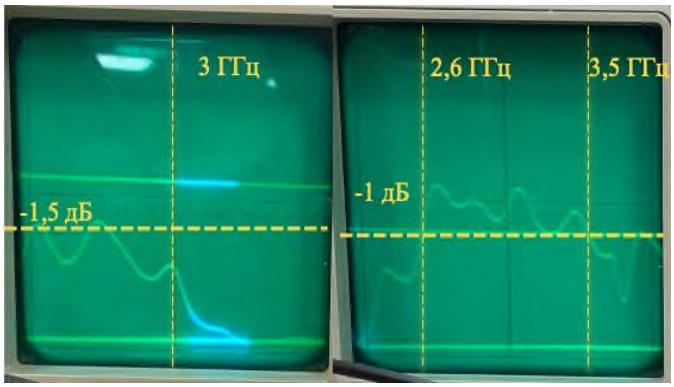


Рис. 7. Макет делителя на связанных нерегулярных линиях

Измерения проводились в диапазоне 2…4 ГГц, как и в случае модели на некоторых частотных областях наблюдается пересечение ответвленной части мощности, пока что принцип деления в таких областях остается объектом исследований в дальнейших работах, но частотное деление сигнала неоднократно доказано компьютерным моделированием и результатами проведенных экспериментов устройств с различными длинами плеч.

В представленном эксперименте на рисунке 8а сигнал ответвляется в диапазоне 2…3 ГГц по уровню -1,5 дБ, на рисунке 8б в диапазоне 2,6…3,5 ГГц по уровню около -1 дБ. Полученные результаты объясняются возможными отклонениями при реализации макета, в частности длине плеч и неоднородностью линии коллинеарного зазора, образующего емкости.



а б

Рис. 8. Результат измерений делителя на связанных нерегулярных линиях, а – плечо 0-2, б – плечо 0-1

Измерения соответствуют ожиданиям о частотно-зависимом делении сигнала структурами на связанных нерегулярных линиях.

Отметим приемлемый уровень сигнала для отведения и дальнейшего контроля. То есть возможно использовать данную структуру для оценки наличия сигнала в линии на конкретной частоте без потерь и задержки в основном тракте.

Возникающая связь между нерегулярными линиями, образующими распределенную емкость, является связью емкостного характера на связанных нерегулярных линиях. Обеспечивается гальваническая развязка; возникает волновая компонента распределенной связи, которая провоцирует резонанс.

Структура позволяет реализовать устройство равного деления и ответвления сигнала. Основное и важное отличие от стандартных НО на связанных линия – отсутствие изолированного плеча. На концах исследуемого устройства высокоомные отрезки линий – холостой ход.

Устройства направленного ответвления на связанных нерегулярных линиях могут содержать неограниченное количество отводящих плеч по разным частотам, что делает их удобными для реализации многоканального устройства мультиплексирования и/или детектирования сигнала при подключении к плечам структуры детекторных секций, которые позволят компактно разместиться в небольших объемах и контролировать наличие мощности того или иного частотного диапазона в тракте. Компактно разместить структуру на связанных линиях можно в виде микрополоскового кольца или спирали с различными нерегулярными ответвлениями; одна из возможных топологий детектора представлена на рисунке 9.

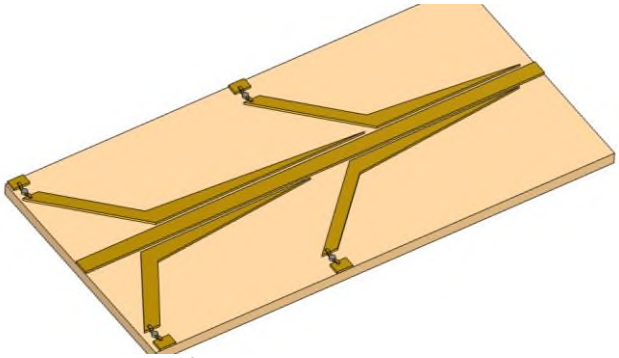


Рис. 9. Топология детектора СВЧ

Список используемых источников:

1. Иванищева Е.Ф., Седышев Э.Ю. Моделирование планарной емкости перекрытия в полосковом исполнении : материалы всерос. научно-метод. конф. ПКМ 2021, СПб, 30 нояб. – 2 дек. 2021 г. : СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2021. С. 77 – 83.

2. Иванищева Е.Ф., Седышев Э.Ю. Исследование свойств распределенной емкости на полосковой линии : материалы междунар. научно-метод. конф. АПИНО 2022, СПб, 15 фев. – 16 фев. 2022 г. : СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2021, том 2. С. 572 – 578.

3. Иванищева Е.Ф., Седышев Э.Ю. Устройство направленного ответвления мощности на связанных нерегулярных линиях : материалы всерос. научно-метод. конф. ПКМ 2022, СПб, 6 дек. – 8 дек. 2022 г. : СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2021. С. 56 – 61.

4. Иванищева Е.Ф., Седышев Э.Ю. Устройство направленного ответвления мощности на связанных нерегулярных линиях для детектора СВЧ : Сборник докладов XII Всероссийской научно-технической конференции "Электроника и микроэлектроника СВЧ". С. 661 – 665.

5. Rasool KESHAVARZ, Masoud MOVAHHEDI. A Compact and Wideband Coupled-Line Coupler with High Coupling Level Using Shunt Periodic Stubs // RADIOENGINEERING, VOL. 22, NO. 1, APRIL 2013. С. 323 – 327.

6. Вендик О.Г., Зубко С.П., Никольский М.А. Моделирование и расчет емкости планарного конденсатора, содержащего тонкий слой сегнетоэлектрика // Журнал технической физики 1999, том 69. N 4. С. 1 – 7.

7. Проектирование радио-приемных устройств : Учебное пособие для вузов / С. М. Клич, А. С. Кривенко, Г.Н. Носикова [и др.] ; под редакцией А. П. Сиверса. – Москва : Советское радио, 1976. – 136 с.

8. Малорацкий Л.Г. Проектирование и расчет СВЧ элементов на полосковых линиях / Л.Г. Малорацкий, Л.Р. Явич – Москва : Советское радио, 1972 – 132с.

9. Малорацкий Л.Г. Микроминиатюризация элементов и устройств СВЧ / Л.Г. Малорацкий – Москва : Советское радио, 1976 – 133 с., 147 с.

10. Конструирование и расчет полосковых устройств – Учебное пособие для вузов / В. Г. Голубев, И. С. Ковалев, Е. Г. Кузнецов [и др.] : под редакцией И. С. Ковалева – Москва : Советское радио, 1974. – 133 с.

Ivanishcheva E., Sedyshev E.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

On the issue of synthesis of signal multiplexing devices on connected irregular lines in integral design.
The paper examines the issues of synthesizing devices for frequency-dependent signal multiplexing on coupled irregular lines, based on the properties of distributed capacitances on strip lines. As a basies of proposed design is based on distributed capacitance, which combines the properties of conventional capacitance and coupled lines. A variant of using of structure in a device for detecting microwave signals is proposed.

Key words: Microwave, signal multiplexing, coupled lines, frequency selection.

УДК 629.072.116
ГРНТИ 47.45.29

ПЕЛЕНГАТОР НА ОСНОВЕ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ПАТЧ-АНТЕННЫ

Е. Ф. Иванищева, А. В. Могилатов, Э. Ю. Седышев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В работе рассматривается синтез микроволнового пеленгатора кругового обзора в объемном интегральном исполнении на основе патч – структур, проведен детальный анализ узла суммирования сигналов от переключателей и сами переключатели. Произведен анализ патч-структур и дана оценка возможности использования их в системе обзора.

пеленг, планарные излучатели, коммутационное устройство, узел распределения, круговой обзор, объемная интегральная схема

Синтез структуры кругового обзора (пеленга) (рис. 1) [1] включает в себя решение следующих основных задач:

1. Синтез коммутирующего узла [2]
2. Создание узла распределения и вывода энергии из плоскости приема [3]
3. Разработка планарных излучателей (антенн)
4. Выбор и программирование устройства управления

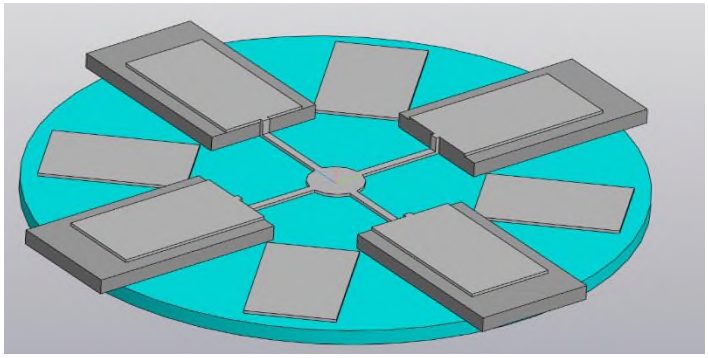


Рис. 1. 3D модель пеленга СВЧ диапазона

Структурная схема каждого канала пеленга [3] представлена на рис. 2. Управление устройством осуществляется подачей прямоугольных импульсов с программируемого микроконтроллера на коммутационные диоды для поочередного открытия каналов пеленга, каждый из которых подключен к соответствующей антенне. Подача импульсов от микроконтроллера осуществляется через низкочастотный разъем. С него управляющее напряжение подается на p-i-n-диоды.

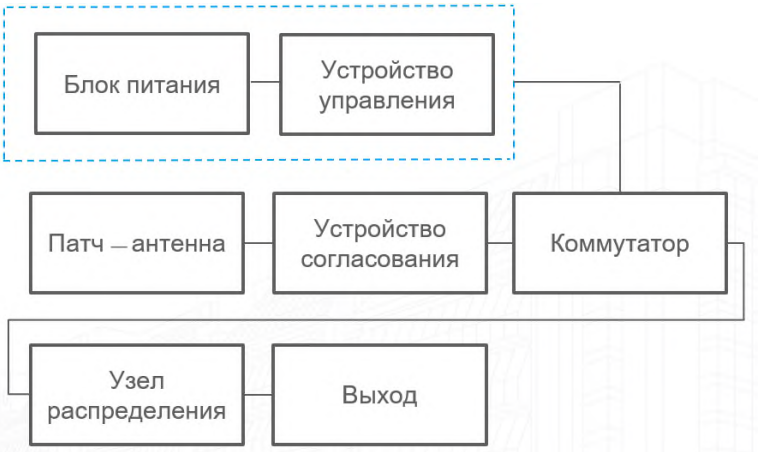


Рис. 2. Структурная схема канала пеленга.

Расчет геометрических размеров конструкции используемых в структуре емкостных микрополосковых патч-антенн можно произвести по следующим формулам:

$$W = \frac{c}{2 \cdot f \cdot \sqrt{\frac{\varepsilon + 1}{2}}}$$

$$L = \frac{c}{2 \cdot f \cdot \sqrt{\varepsilon_{эфф}}} - 0.824h \frac{(\varepsilon_{эфф} + 0.3)(W/h + 0.3)}{(\varepsilon_{эфф} - 0.258)(W/h + 0.8)},$$

где $\boldsymbol{\varepsilon}$ – диэлектрическая проницаемость подложки, h – толщина, а $\boldsymbol{\varepsilon}_{эфф}$ – эффективная диэлектрическая проницаемость рассчитываемая по формуле

$$\varepsilon_{эфф} = \frac{\varepsilon + 1}{2} + \frac{\varepsilon + 1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{12h}{b}}}.$$

Синтезированный макет устройства содержит в своем составе оригинальный коммутатор на основе последовательного включения быстродействующих диодов 2А516А [3]. Полностью объемная интегральная схема микроволнового пеленгатора представлена на следующем рисунке.

Рис. 3. Макет пеленга СВЧ диапазона

На рисунке 4 представлены экспериментальные кривые КСВН устройства от частоты при подаче и отключении питания на один из «лепестков» макета.

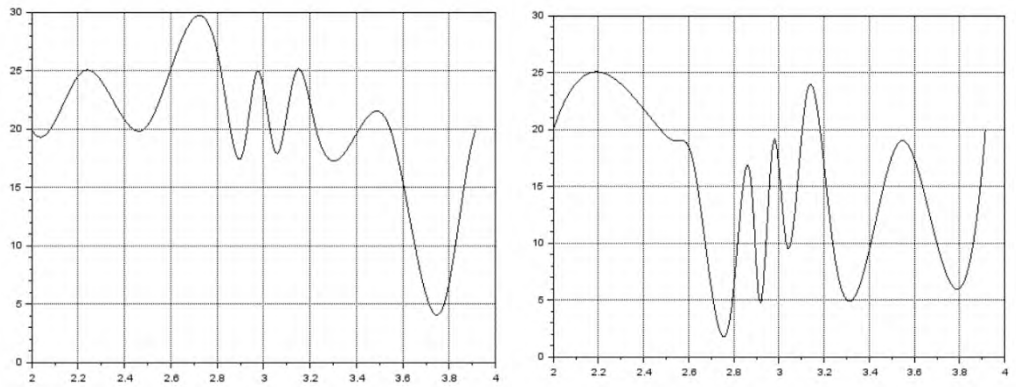


Рис. 4. Частотная характеристика КСВН канала синтезированного макета пеленгатора (открытый канал = 2.7 ГГц)

На рабочей частоте КСВН составляет 2,5 в открытом и 20 в закрытом состояниях канала. Паразитные частоты обусловлены несовершенством изготовленных излучателей макета, асимметрией каналов, а также их взаимным влиянием друг на друга (рис. 5). Стоит особо отметить,что традиционные патч-антенны должны быть модифицированы и в своем исходном состоянии не подходят для использования в структурах кругового обзора.

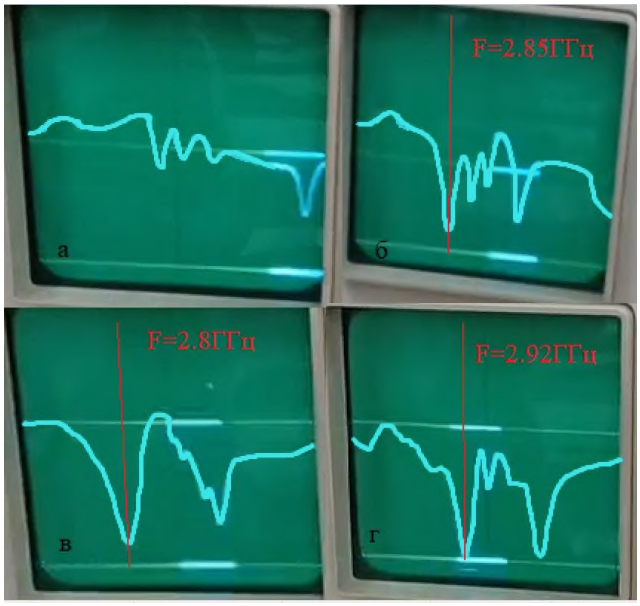


Рис. 5. Частотная характеристика макета в различных состояниях (а – отсутствие питания, б и в – отдельно включены 2 различных канала, г – оба канала включены одновременно)

В результате синтеза реализована объемная интегральная конструкция пеленгатора СВЧ диапазона на основе микрополосковых патч-структур. Создан макет пеленгатора с возможностью дальнейшего масштабирования его размеров по частоте. В

Выполненный в объемном интегральном исполнении пеленгатор с микрополосковыми патч–антеннами может обеспечить обслуживание любого телесного угла и достаточную точность пеленгации при простых (1 диод) коммутаторах.

Список используемых источников:

1. Могилатов А. В., Седышев Э. Ю./ Пеленгатор СВЧ диапазона в объемном интегральном исполнении // Всероссийская научно-техническая и научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей; материалы конф., Санкт-Петербург 6 – 8 дек. 2022 г. СПб. : СПбГУТ, 2023. С. 44 – 47.

2. Могилатов А. В., Седышев Э. Ю. / Устройство коммутации для пеленга СВЧ диапазона // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция; сб. науч. ст. в 4 т. / Под. ред. С. И. Макаренко; сост. В. С. Елагин, Е. А. Аникевич. СПб. : СПбГУТ, 2023. Т. 3. С. 676 – 678.

3. Могилатов А. В., Седышев Э. Ю. / Микрополосковая патч-система кругового обзора с коммутацией и устройством управления // XII Всероссийская научно-техническая конференция "Электроника и микроэлектроника СВЧ". Сборник докладов. Санкт-Петербург. 29 мая - 2 июня 2023 г. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ». С. 490 – 493.

Ivanishcheva E., Mogilatov A., Sedyshev E.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Direction finder based on microstrip patch antennas.
The paper considers the synthesis of a circular–view microwave direction finder in a volumetric integral design based on patch structures, a detailed analysis of the summation node of the signals from the switches and the switches themselves is carried out. The analysis of patch structures is made and the possibility of using them in the review system is assessed.

Key words: bearing, planar emitters, switching device, distribution node, circular view, volumetric integrated circuit.

УДК 621.372.211
ГРНТИ 47.45.99

О ПРИМЕНЯЕМОСТИ КОЛЬЦЕВЫХ ЭЛЛИПТИЧЕСКИХ РЕЗОНАТОРОВ ДЛЯ СИНТЕЗА УСТРОЙСТВ СВЧ

А. С. Леонтьев, Э. Ю. Седышев
Санкт-петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. БончБруевича

В работе рассмотрены основные способы применения кольцевых эллиптических резонаторов, описанные в научных работах за последние 10 лет. Приведены результаты эксперемента по созданию КЭР на прямоугольном волноводе. Целями работы является актуализация данных и систематизация материалов посвященных КЭР.

СВЧ, кольцо, резонатор, топология, волновод, синтез

На распространение электромагнитной волны большое влияние оказывает разнообразные факторы: материалы проводников и диэлектриков, шероховатости поверхностей, влияющие на потери при распространении, а также топология устройства. Комбинирование элементарных единиц топологии позволяет синтезировать множество устройств с заданными параметрами, ограниченными пределами физической реализуемости. Простейшим элементом любой печатной платы является шлейф. Если замкнуть шлейф длиной пропорциональной длине волны сам на себя, образуется конструкция кольцевого эллиптического резонатора. Размер кольца и резонансная частота имеют прямую зависимость (формулы 1...3). Основные особенности синтеза кольцевых резонаторов освящалась в работе [1].

$$f_{\text{рез1}} = \frac{c}{\lambda\sqrt{\varepsilon}} \quad (1)$$

$$l_{\text{ср}} = \left(1 + \frac{n}{2}\right)\lambda \quad (2)$$

$$f_{\text{рез2}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3)$$

где с – скорость света в вакууме, м/с; λ - длина волны, которая зависит от длины кольца, м; ε- диэлектрическая проницаемость подложки, lср – длина кольца по средней линии, м; n – 1,2,3…, L и C – эквивалентные индуктивность и ёмкость эллиптического резонатора, Гн и Ф соответственно.

На основе резонансной характеристики КЭР возможно с лёгкостью синтезировать полосовые и режекторные фильтры с разницей вносимого ослабления между полосой пропускания и задержки свыше 30 дБ.

Рис. 1. Макет режекторного фильтра

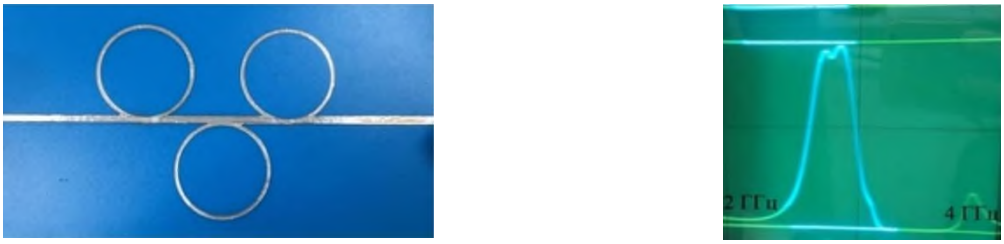


Рис. 2. Макет полосового фильтра

В чистом виде КЭР является пассивным элементом. Возможности синтеза микроволновых устройств расширяются при добавлении к конструкции активных *n*-полюсников: диодов, транзисторов, других компонентов с отрицательным дифференциальным сопротивлением.

В работе [2] приведен краткий перечень исследований посвящённых КЭР и активным двухполюсникам. Множественные результаты по синтезу узкополосных усилителей мощности СВЧ, генераторов частоты, задаваемой геометрией КЭР, объединению мощности от нескольких активных двухполюсников подтверждают возможность создания таких устройств.

Помимо теоретических и экспериментальных исследований КЭР может найти применение для решения прикладных задач. Существуют способы оценочного определения диэлектрической проницаемости подложки за счёт

измерения резонансных частот ряда КЭР с разными диаметрами, и сравнением полученных результатов с математическими моделями, по результатам которых формируются выводы об относительной диэлектрической проницаемости материалов.

Также на основе изменения диэлектрической проницаемости исследуемой жидкости в зависимости от содержания примесей группа исследователей Казанского университета [3] используют КЭР для контроля качества масляных жидкостей.

Большинство последних работ посвященных КЭР рассматривали планарные структуры, однако области применения микроволновых технологий также распространяются на волноводную технику. Эксперимент по созданию кольцевого резонатора на прямоугольном волноводе был проведён в стенах СПбГУТ имени М.А. Бонч-Бруевича в лаборатории синтеза СВЧ.

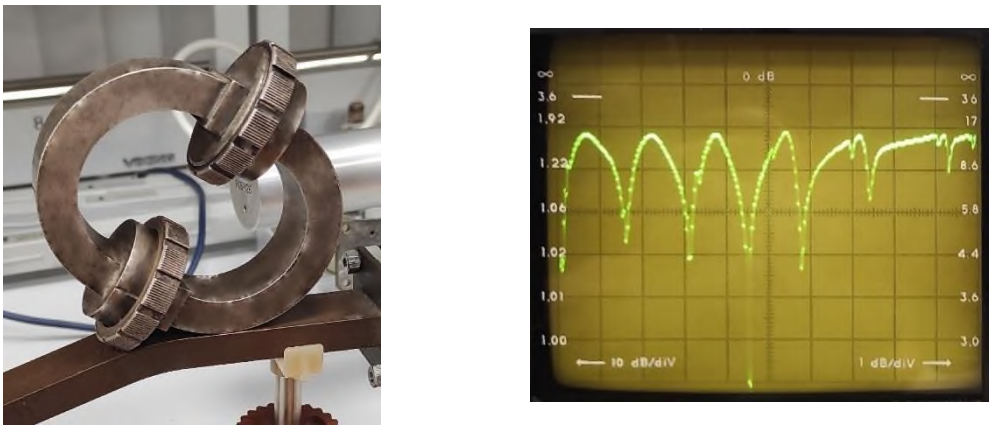


Рис. 3. КЭР на прямоугольном волноводе

Макет представляющий собой загнутый в кольцо прямоугольный волновод, связанный с волноводной линией, исследовался в диапазоне (8,0...13,0) ГГц, резонансы наблюдались на частотах 8,9; 9,6; 10,4; 11,1; 11,8 ГГц на уровне (-30...-35) дБ. По результатам эксперимента была доказана возможность создания КЭР на волноводе. В резонаторе наблюдается распространение смешанной волны из-за распространения волны в двух направлениях в резонаторе. Если получится задать одно направление распространения волны в резонаторе, то получится резонатор бегущей волны, добротность которого много больше добротности обычного КЭР.

Список используемых источников:

1. Сазоненко Н.Ю., Седышев Э.Ю., Устройства частотной селекции на основе кольцевых эллиптических резонаторов на микрополосковой линии // Электроника и микроэлектроника СВЧ. СПб.: Санкт-петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 2019. С. 409-411

2. Леонтьев А.С., Седышев Э.Ю., Микроволновые кольцевые эллиптические резонаторы в устройствах интегральной схемотехники // Электроника и

микроэлектроника СВЧ. СПб.: Санкт-петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 2023. С. 442-448

3. Ишкаев Т.М., Коркина А.Р., Фархутдинов Р.В., Объемные эллиптические резонаторы в копланарном исполнении в задачах диэлектрического контроля оливковых масел, сборник статей десятой Всероссийской научной школы-семинара, под редакцией Ал.В. Скрипаля, Саратов, 2023. С. 456-458.

Leontyev A., Sedyshev E.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

On the applicability of ring elliptical resonators for the synthesis of microwave devices. The paper considers the main methods of using ring elliptical resonators described in scientific papers over the past 10 years. The results of an experiment on the creation of a CER on a rectangular waveguide. The purpose of the work is to update the information and systematize the materials on CER.

Key words: Microwave, ring, resonator, topology, waveguide, synthesis.

УДК 621.373.5
ГРНТИ 47.45.99

ГЕНЕРАТОР СВЧ НА КРУГЛОМ ВОЛНОВОДЕ С ИНТЕГРАЛЬНОЙ ВСТАВКОЙ

Э. Ю. Седышев, С. И. Федоров
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В настоящее время особый интерес вызывают конструкции волноводных СВЧ-генераторов. Традиционные СВЧ-генераторы выполняются в виде сложных устройств с различными креплениями, вставками и зажимами. В настоящей работе предлагается генератор, состоящий собственно из волноводной трубы и ОИС, которая вставляется в волновод и служит частью конструкции.

СВЧ, шум, генератор, спиральная антенна

Ввиду широкого использования волноводов в верхней части СВЧ-диапазона в технике существует ряд генераторов, используемых с данными линиями передач. Обычно волноведущие системы питаются либо от внешнего генератора через волноводные переходы, либо генераторами, которые представляют из себя отдельные секции, присоединяемые к волноводному тракту тех же геометрических размеров с выводами для внешнего питания (1, 2).

В данной работе предлагается исполнение генератора в виде интегральной вставки с активным элементом в модифицированную секцию круглого волновода, с возможностью внешнего питания.

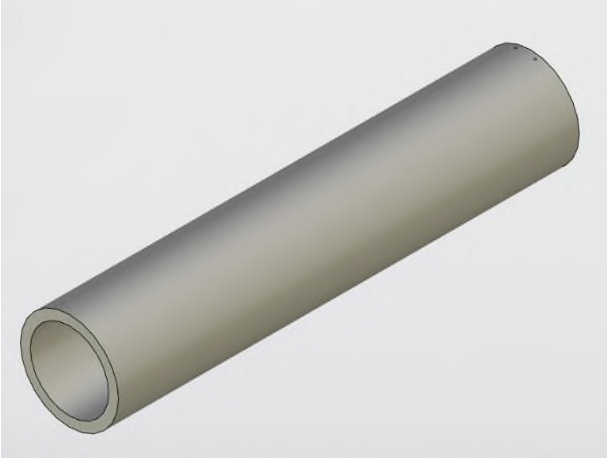


Рис. 1. Внешний вид волноводной секции

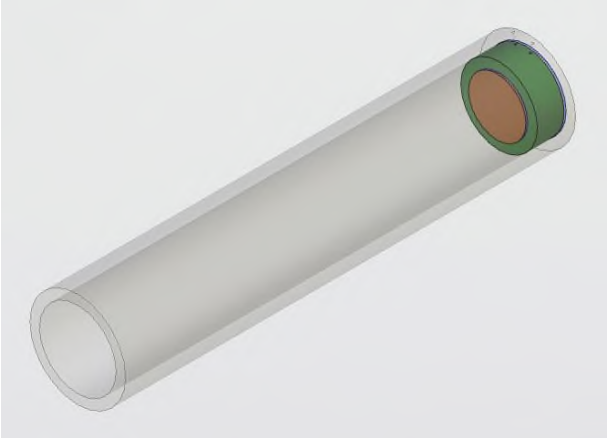


Рис. 2. Генерирующая диэлектрическая вставка с выводами для питания

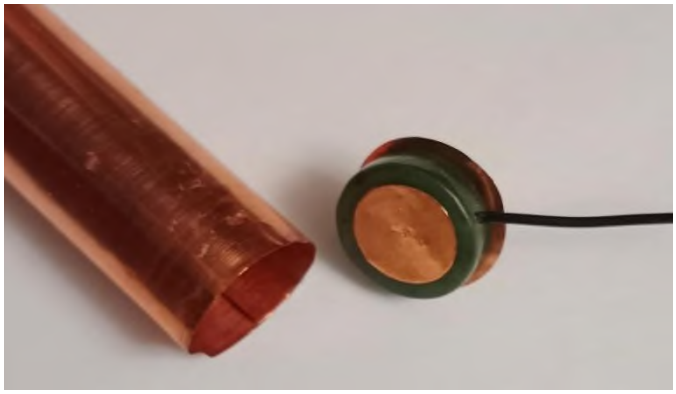


Рис. 3. Макет медного волновода и вставки генератора

Используемая вставка с активным элементом, при подаче напряжения, начинает генерировать в широком диапазоне частот (режим монохроматического колебания также возможен). Ввиду использования на практике круглых волноводов стандартизированного сечения, точно рассчитав геометрию диэлектрической вставки и соотнеся её с предполагаемым для использования волноводом, можно создать ряд

стандартизированных генерирующих вставок с заданной частотой или полосой генерации (для уменьшения вносимых искажений при работе волновода со множественными типами волн).

Конструкция круглого волновода, также предоставляет возможность интеграции широкополосных передающих антенн (3,4).

На рисунке ниже представлена предполагаемая структура, описанной ранее, секции генератора с интегрированной объёмной многозаходной спиральной структурой.

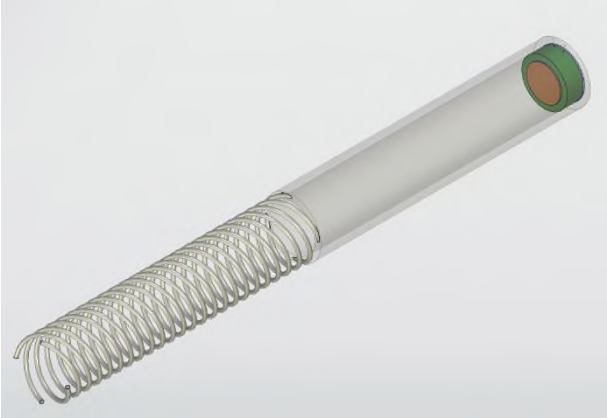


Рис. 4. Секция с генератором и интегрированной антенной.

Собственно, объемная интегральная схема представляет собой набор диэлектрических шайб, в которых сделаны отверстия для установки диода и напылены проводники регулировки и питания. Общий вид волноводной вставки (ОИС) представлен на рисунке 5.

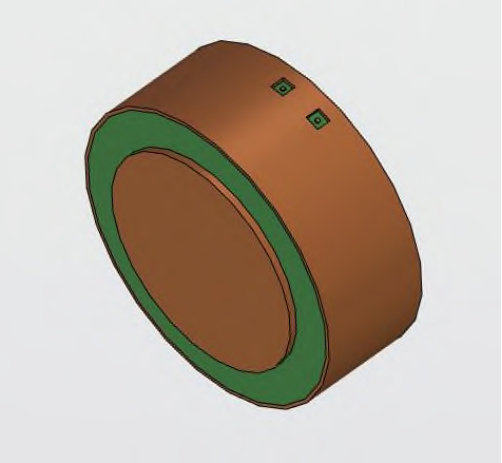


Рис. 5. Внешний вид вставки с активным элементом

Как видно из рисунка 6 объемная интегральная вставка содержит несколько диэлектрических слоев (в самом простом случае 1), которые позволяют питать и отводить мощность от активного элемента (на рисунке диод) в пространство волновода (1,2). В нашем случае вставка позволяет генерировать волну E01. Диаметр верхней окружности рассчитывается,

исходя из того, что возбуждающие линии электрического поля E01 создают необходимый уровень напряженности у стенок волновода, а также обеспечивают требуемую добротность внутреннего диэлектрического резонатора. Очевидно, что при диаметре «крышки» ОИС много меньше диаметра волновода ОИС будет генерировать шум. Подобные генераторы в виде монолитных интегральных схем рассмотрены в работе [1].

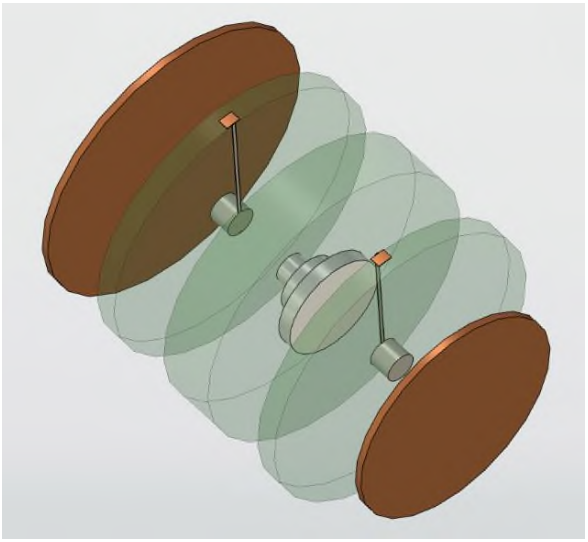


Рис. 6. Пример исполнения вставки (в разрезе)

Макет данного генератора (монохромный вариант) был изготовлен в Лаборатории синтеза СВЧ устройств Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, результаты измерений показали полную работоспособность устройства в Ku диапазоне.

Рис. 7. Макет описываемой конструкции (генератор + круглый волновод)

В настоящее время проводятся работы по оптимизации работоспособности макета.

Список используемых источников:

1. Лебедев И. В. Техника и приборы СВЧ / под ред. академика Н. Д. Девяткова. М.: «Высш. школа», 1970. 440 с.

2. Захаров А. Н. Высокостабильный генератор СВЧ на сфероидальном объёме // XII Всероссийская научная конференция студентов-радиофизиков: Тез. докл., СПб, 2-3 дек. 2008 г. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. С. 20–22.

3. Сайко Н. Ю. Исследование полого сферического резонатора // XII Всероссийская научная конференция студентов-радиофизиков: Тез. докл., СПб, 2-3 дек. 2008 г. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. С. 62–64.

4. Иванов М. Ю. Генератор СВЧ на объёмном резонаторе в гибридно-интегральном многослойном исполнении // XIV Всероссийская научная конференция студентов-радиофизиков: Тез. докл., СПб, 7-8 дек. 2010 г. СПб.: Изд-во «Соло», 2010. С. 45–47.

Sedyshev E., Fedorov S.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Microwave generator on a circular waveguide with an integrated insert.

Currently, the designs of waveguide microwave generators are of particular interest. Common microwave generators are represented in the form of complex devices with various mounts and inserts. In this work, the new generator essentially consists of a waveguide tube and an VIC, which includes the waveguide and separate structures.

Key words: microwave, noise, noise generator, spiral antenna.

РАДИОТЕХНОЛОГИИ СВЯЗИ

2.1 Медиатехнологии и телерадиовещание

УДК 621.396
ГРНТИ 47.47

ВЛИЯНИЕ ПОМЕХОВОГО ОКРУЖЕНИЯ ПУНКТА УПРАВЛЕНИЯ НА ДАЛЬНОСТЬ СВЯЗИ С БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ

Б. М. Антипин, А. Н. Бучатский, Е. М. Виноградов, Е. В. Шаброва
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Влияние помех на качество принимаемых полезных сигналов может оцениваться изменением дальности связи между беспилотным летательным аппаратом и пунктом управления беспилотной авиационной системы, при которой обеспечивается требуемое качество приема этих сигналов. Непреднамеренные помехи от других систем радиосвязи могут возникать как в приемнике летательного аппарата (на восходящей линии), так и в приемнике пункта управления (на нисходящей линии). В работе рассматривается нисходящая линия беспилотный летательный аппарат – пункт управления. В качестве источников помех приняты наземные стационарные передатчики, окружающие пункт управления. Оценка дальности связи выполнена с использованием защитного отношения, необходимого для получения требуемого качества информации.

беспилотный летательный аппарат, канал радиоуправления, линия вниз, непреднамеренные помехи, линия передачи данных, защитное отношение

Введение

В решении многих народно-хозяйственных задач все более важную роль играют беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Их использование простирается от наблюдения за состоянием удаленных и труднодоступных объектов (газопроводы, линии электропередач и т.п.), геолокации и до получения информации, связанной с экологическими катастрофами (лесные пожары, наводнения, землетрясения). В отсутствие внешних помех дальность, с которой приемники пункта управления (ПУ) принимают полезные сигналы с требуемым качеством, определяется расстоянием от ПУ до БПЛА, при котором на вход приемников ПУ поступают сигналы равные чувствительности приемников. Наличие внешних помех снижает расстояние, с которого полезный сигнал принимается с требуемым качеством.

Принятые допущения и исходные данные

Полагаем, что на БПЛА размещен передатчик, а на ПУ находится радиоприемник. В качестве источников помех рассматриваем стационарные наземные передатчики.

Для оценки изменения дальности приема сигналов с БПЛА на ПУ из-за внешних помех полагаем, что известны рабочие частоты, мощности и ширина полосы частот, занимаемая излучениями наземных передатчиков, а также координаты и параметры их антенн и приемных антенн ПУ.

В приемниках не рассматриваются нелинейные эффекты. Исследование влияния помех на качество приема полезного сигнала ограничено основным излучением мешающих передатчиков и основным и двумя соседними каналами приема радиоприемников.

Полагаем также, что для сигналов, поступающих с БПЛА на входы приемников ПУ, известны защитные отношения.

Использование перечисленных данных позволяет определить зависимость отношения сигнал/помеха от расстояния между БПЛА и ПУ и найти предельное расстояние, для которого выполняется защитное отношение. Его сравнение с предельным расстоянием в отсутствие внешних помех позволяет оценить потери по расстоянию, понесенные в результате действия этих помех.

Оценка мощности помех на входе радиоприемников ПУ

Будем считать, что предварительно проведен отбор передатчиков, признанных потенциально опасными по результатам частотного отбора и на основе анализа совместной ориентации приемной антенны ПУ и антенн передатчиков. Рассчитываем эквивалентную мощность помехи, приведенную к входу приемника ПУ на его рабочей частоте в полосе пропускания приемника. Если обозначить рабочую частоту приемника через f_{0R}, то для одиночной помехи значение интересующей мощности $I(f_{0R})$ может быть получено из уравнения

$$I(f_{0R}) = P_T(f_{Ti}) + G_{TR}(f_{Ti}) + G_{RT}(f_{Ti}) - L(d, f_{Ti}) - \gamma - CF(\Delta f_i), \quad (1)$$

Здесь $P_T(f_{Ti})$ – мощность мешающего передатчика на частоте f_{Ti}, дБм; $G_{TR}(f_{Ti})$, $G_{RT}(f_{Ti})$ – коэффициенты усиления антенн на частоте f_{Ti}, соответственно, антенны мешающего передатчика в направлении на приемник и антенны приемника в направлении на передатчик, дБи; $L(d, f_{Ti})$ – потери при распространении радиоволн на трассе протяженностью d, на частоте f_{Ti}, дБ; γ – потери из-за несовпадения поляризаций приходящей электромагнитной волны и приемной антенны, дБ; $CF(\Delta f_i)$ – коэффициент частотной коррекции, учитывающий ослабление помехи из-за ее отстройки от частоты полезного сигнала и возможное превышение шириной спектра помехи ширины полосы пропускания приемника, дБ.

Для ситуаций, связанных с помеховыми излучениями передатчика, необходимо учитывать возможное ослабление помехи из-за несовпадения поляризаций приемной антенны ПУ и помехи. Как правило, потери на рассогласование поляризаций рассматривают только по главному лепестку диаграммы направленности антенны, поскольку в области боковых лепестков

поляризация может быть совершенно иной, и, обычно, она неизвестна. В таблице 1 представлены данные о потерях из-за несовпадения поляризационных состояний приемной антенны и поступающих в нее помех для наиболее часто встречающихся видов поляризаций [1,2].

ТАБЛИЦА 1. Ослабление мешающих сигналов при несовпадении поляризации с приемной антенной

Поляризация антенны приемника		Поляризация антенны источника помехи					
		Горизонтальная		Вертикальная		Круговая	
		G_0<10дБ	G_0>10дБ	G_0<10дБ	G_0>10дБ	левая	правая
Горизонтальная	G_0<10дБ	0	0	16	16	3	3
	G_0>10дБ	0	0	16	20	3	3
Вертикальная	G_0<10дБ	16	16	0	0	3	3
	G_0>10дБ	16	20	0	0	3	3
Круговая	левая	3	3	3	3	0	16
	правая	3	3	3	3	16	0

Для оценки потерь L (d, f_{Ti}) на трассах распространения могут быть предложены разные модели [3]. Так, в полосе частот 30 – 3000 МГц может быть использована относительно простая модифицированная модель Хата [4], а на частотах до 4 ГГц модель из рекомендации МСЭ-R P.1546-6 [5]. Более сложной, но охватывающий диапазон частот до 50 ГГц, является модель Рек. МСЭ-R P.452 [6]. Наконец, при известном рельефе трассы может быть использована модель свободного пространства [7] с добавлением потерь, связанных с поглощением электромагнитной энергии растительностью [8], затуханием в атмосферных газах [9] и потерями на дифракцию [10]. Указанные рекомендации позволяют выполнить оценку L (d, f_{Ti}) для рассматриваемых в качестве возможных источников помех стационарных наземных передатчиков, окружающих ПУ.

Согласно рекомендации МСЭ [11] коэффициент частотной коррекции $CF(\Delta f_i)$ можно представить в виде двух слагаемых

$$CF\ (\Delta f_i\ ) = CF_1 + CF_2(\Delta f_i\ ),$$

где $\Delta f_i = f_{Ti} - f_{0R}$. Используя спецификацию радиоприемника, представим слагаемые $CF\ (\Delta f_i\ )$ в виде

$$CF_1 = \begin{cases} 0, & \text{если } B_{Ti} \le B_R \\ 10\lg(B_{Ti}/B_R), & \text{если } B_{Ti} > B_R \end{cases} \qquad (2)$$

$$\text{и } CF_2(\Delta f_i) = D(\Delta f_i)$$

Здесь $D(\Delta f_i)$ – избирательность приемника ПУ, дБ, B_{Ti} – ширина полосы частот источника помехи по уровню –3 дБ на входе тракта промежуточной частоты (ПЧ) после преобразователя частоты, B_R – ширина полосы полезного сигнала после сжатия (полоса ПЧ).

Для приемника на пульте управления в высокочастотной линии передачи данных значения B_{Ti} и B_R не изменяются на входе тракта ПЧ.

В качестве математической модели избирательности приемника по частоте используется выражение

$$D(\Delta f_i) = \begin{cases} 0, & |\Delta f_i| \le B_R / 2; \\ \alpha \dfrac{\lg(2|\Delta f_i| / B_R)}{\lg(\Pi_\alpha)}, & |\Delta f_i| > B_R / 2. \end{cases}, \quad (3)$$

где Π_α – коэффициент прямоугольности характеристики избирательности тракта ПЧ по уровню α, дБ.

Если выражение (3) дает значение больше, чем 100 дБ, то принимаем $D(\Delta f_i)$ = 100 дБ. Представленные оценки слагаемых, входящих в выражение (1), позволяют вычислить мощность эквивалентной помехи на входе приемника ПУ, создаваемой одиночным передатчиком. Если помеху сигналу в нисходящей линии передачи данных создают несколько передатчиков, то результирующая мощность помехи I, дБм, определяется суммированием мощностей $I_к(f_{0R})$, дБм, создаваемых на входе приемника отдельными передатчиками. Учитывая собственный шум приемника N, дБм,

$$N = -174 + 10 \lg (B_R) + NF, \quad (4)$$

где B_R – ширина полосы приемника, предшествующая демодулятору, Гц (полоса наиболее узкополосного тракта ПЧ); NF – коэффициент шума приемника, дБ, полный уровень помехи

$$I = 10\lg(\sum_{k=1}^{K} 10^{I_k(f_{0R})/10} + 10^{N/10}), \text{ дБм} \quad (5)$$

где K – число передатчиков, излучения которых потенциально опасны для приема полезных сигналов, которые поступают на вход приемников ПУ.

Оценка мощности полезного сигнала на входе радиоприемников ПУ

Для полезного сигнала, учитывая, что в этом случае в уравнении (1) можно положить γ= 0, $CF(\Delta f_i)$ = 0, а коэффициенты усиления антенн передатчика и приемника имеют максимальное значение, соответственно G_{0T} и G_{0R}, уравнение приобретает вид

$$S(d, f_{0R}) = P_T f_{0R}) + G_{0T} + G_{0R} - L(d, f_{0R}), \quad (6)$$

где $P_T(f_{0R})$ – мощность передатчика полезного сигнала, дБм; f_{0R} – центральная частота полезного сигнала, принимаемого приемником, а L (d, f_{0R}) – потери, дБ, на трассе БПЛА→ПУ длиной d, км, на частоте сигнала f_{0R}, МГц.

В качестве модели, определяющей потери на трассе, примем модель свободного пространства, где

$$L\,(d, f_{0R}) = 32{,}4 + 20\lg(f_{0R}) + 20\lg(d), \quad (7)$$

$$\text{и } d = \sqrt{x_{\text{ЛА}}^2 + y_{\text{ЛА}}^2 + (h_{\text{ЛА}} - h_{\text{ПУ}})^2}$$

Оценка дальности связи БПЛА и ПУ на нисходящей линии

Для полезного сигнала выражение (5) дает мощность помехи, которую испытывает элемент сигнала определенной частоты. Степень опасности помехи определяет сравнение расчетного отношения сигнал/помеха (S/I) с защитным отношением $(S/I)_{\text{защ}}$ для передаваемых информационных символов. Элемент сигнала испытывает недопустимую помеху, если $(S/I) < (S/I)_{\text{защ}}$.

Разные элементы сигнала могут подвергаться воздействию помех разной мощности. Сравнение отношения (S/I) для разных элементов сигнала с отношением $(S/I)_{\text{защ}}$ позволяет оценить количество элементов сигнала, пораженных недопустимой помехой. Поскольку окружение ПУ не меняется, уровень помехи для приемников ПУ остается постоянным, в то время как полезный сигнал при движении БПЛА изменяется и, следовательно, меняется отношение (S/I).

Оценить минимальную дальность связи БПЛА с ПУ для сигнала в нисходящей линии можно, используя выражения (5), (6) и (7). Из них вытекает, что

$$d = 10^{(P_T(f_{0R}) + G_{0T} + G_{0R} - I - (S/I)_{\text{защ}} - 20\lg(f_{0R}) - 32{,}4)/20}$$

Для ситуации, когда имеет место прямая видимость БПЛА и ПУ, приблизительные значения отношения сигнал/помеха, которые можно рассматривать в качестве защитных отношений нисходящей линии передачи данных, можно найти в [12].

Заключение

Рассмотрена последовательность операций, позволяющих оценить влияние внешних помех, создаваемых излучениями наземных стационарных передатчиков, окружающих пункт управления БПЛА, на дальность связи БПЛА с ПУ, при которой информация с БПЛА принимается с требуемым качеством.

Предлагаемая процедура является составной частью решения более сложной задачи оценки качества передачи информации в замкнутом цикле БПЛА–ПУ при воздействии непреднамеренных внешних помех.

Исследование выполнено в рамках выполнения прикладных научных исследований по государственному заданию СПбГУТ на 2023 год, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи. Составитель Д.Р.Ж.1 Уайт. Джермантаун, Мериленд, 1971–1973. Вып. 1.
2. Виноградов Е.М. Анализ электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2010.
3. Антипин Б.М., Виноградов Е.М. Анализ моделей для оценки потерь распространения сигналов при расчетах электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств. //Сборник докладов 76-й НТК СПб НТО РЭС им. А.С. Попова, посвященной Дню радио, 2021 г. С. 233–235
4. ECC Report252 SEAMCAT Handbook. Edition 2. Approve 29 April 2016.
5. Рек. МСЭ-R P.1546-6 Метод прогнозирования для трасс связи пункта с зоной для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 4000 МГц
6. Рек. МСЭ-R P.452-17 Процедура прогнозирования для оценки помех между станциями, находящимися на поверхности Земли, на частотах выше приблизительно 0,1 ГГц.
7. Рек. МСЭ-R P. 525-4 Расчет ослабления в свободном пространстве.
8. Рек. МСЭ-R P. 833-8 Ослабление сигналов растительностью.
9. Рек. МСЭ-R P. 676-13 Затухание в атмосферных газах и связанное с ним воздействие.
10. Рек. МСЭ-R P. 526-13 Распространение радиоволн за счет дифракции.
11. Rec. ITU-R SM.337-6 Frequency and distance separations.
12. Макаренко С.И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам. Монография. СПб.: Наукоемкие технологии, 2020.

Antipun B., Buchatskii A., Vinogradov E, Shabrova E.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The influence of the interference environment of the control point on the range of communication with an unmanned aerial vehicle.

The effect of interference on the quality of the received useful signals can be estimated by changing the communication range between the unmanned aerial vehicle and the control point of the unmanned aircraft system, which ensures the required quality of reception of these signals. Unintentional interference from other radio communication systems can occur both in the receiver of the aircraft (on the uplink) and in the receiver of the control point (on the downlink). The paper considers the descending line of an unmanned aerial vehicle – a control point. Ground-based stationary transmitters surrounding the control point are accepted as sources of interference. The evaluation of the communication range was carried out using the protective ratio necessary to obtain the required quality of information.

Key words: unmanned aerial vehicle, radio control channel, line down, unintentional interference, data transmission line, protective attitude.

УДК 621.396
ГРНТИ 47.47

ОТБОР ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПОМЕХ ДЛЯ ПРИЕМНИКА ПУНКТА УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Б. М. Антипин, Е. М. Виноградов, А. К. Терновая
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Беспилотные летательные аппараты работают в тесной связи с пунктом управления, который не только управляет полетом беспилотного аппарата и аппаратурой, размещенной на его борту, но и принимает информацию, сообщаемую этой аппаратурой. При этом возможно получение недостоверной информации, которое может быть связано как с ошибками в управляющих командах, так и с ошибками, связанными с приемом сигналов по нисходящей линии от беспилотного летательного аппарата непосредственно на пункт управления. Последние могут возникнуть из-за влияния непреднамеренных помех от наземных стационарных передатчиков, окружающих пункт управления. В работе на основе анализа частот и совместной ориентации приемной и передающей антенн производится оценка и выявление тех источников помеховых излучений, которые могут потенциально создать недопустимую помеху приемнику пункту управления.

беспилотный летательный аппарат, линия вниз, псевдослучайная перестройка рабочей частоты, непреднамеренные помехи, области взаимодействия антенн

Управление беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) обычно осуществляется с пункта управления (ПУ) через канал радиоуправления (КРУ) [1,2]. БПЛА имеет с ПУ прямую и обратную связь, которая осуществляется в нисходящей линии КРУ. Нисходящая линия передает телеметрическую информацию, получаемую с измерительных приборов, установленных на борту БПЛА, и информацию о выполнении команд, получаемых с ПУ. Кроме того, между БПЛА и ПУ существует дополнительная высокоскоростная линия передачи данных на ПУ от специальной аппаратуры и технических средств полезной нагрузки [3]. Излучения стационарных наземных передатчиков, как и в случае с линией вверх, могут оказывать влияние на качество приема радиоприемниками пункта управления сигналов, поступающих по линии вниз.

На первом этапе оценки влияния излучений от стационарных наземных передатчиков приемника пункта управления необходимо выявить те из них, которые могут потенциально создать недопустимую помеху приемникам. Решение этой задачи будет рассмотрено в данной статье.

Отбор потенциально опасных источников помех по частоте

Ограничим область, в которой рассматриваются передатчики, излучения которых могут представлять потенциальную опасность, дальностью до радиогоризонта [4]

$$d_{\text{рг}} = 4{,}12\sqrt{h_{RПУ}}\ , \text{км}$$

где $h_{RПУ}$ –высота приемной антенны ПУ, м.

Из передатчиков, расположенных в этой области, в качестве потенциально опасных для приемника ПУ, принимающего сигнал с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты (ППРЧ) [5], рассмотрим передатчики, рабочие частоты которых лежат в пределах полосы B_S, занимаемой сигналом с ППРЧ. Если обозначить граничные частоты полосы B_S как $f_{\min}$ и $f_{\max}$, то потенциально опасными будут передатчики, рабочие частоты которых f_{Ti} удовлетворяют условию:

$$f_{\min} \le f_{Ti} \le f_{\max} \qquad (1)$$

$$\Delta f_{ij} = |\, f_{Ti} - f_j \,| \le 2{,}5B_R \qquad (2)$$

где B_R – ширина полосы пропускания приемника по промежуточной частоте.

На рис.1б показаны частоты сигналов, поступающие с выхода преобразователя частоты на вход усилителя промежуточной частоты (УПЧ) приемника сигнала ППРЧ.

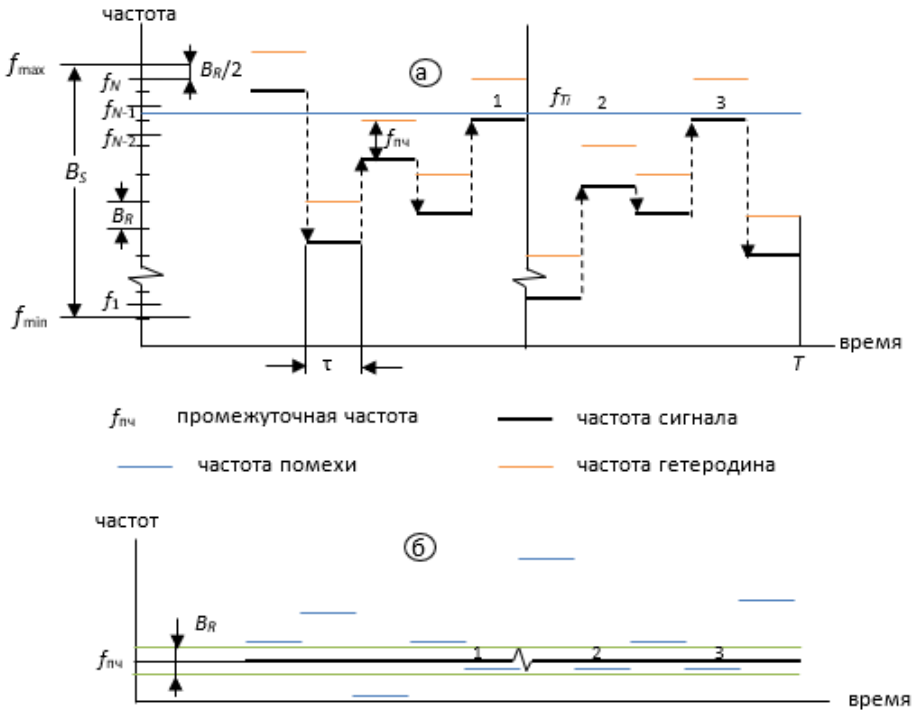


Рис.1. Частоты сигналов: а) на смесителе преобразователя частоты приемника сигнала ППРЧ; б) на входе тракта усилителя промежуточной частоты этого приемника

Полезный сигнал ППРЧ после преобразователя имеет постоянную промежуточную частоту $f_{\text{пч}}$. Помеха после преобразователя частоты имеет скачкообразный характер и только несколько ее элементов попадают в полосу УПЧ. На рис.1 а, б эти элементы обозначены цифрами 1, 2 и 3. Однако, как следует из (2), анализу подлежат только элементы 1 и 3, где частота помехи f_{Ti} и частота элемента сигнала f_{N-1} расположены достаточно близко друг к другу, в то время как частота элемента 2 находится близко к частоте зеркального канала, где подавление помехи значительное. В описываемой на рис.1 ситуации, когда имеет место только одна помеха, оценивается ее влияние только на элемент сигнала, имеющий частоту f_{N-1} и, может быть f_N .

Для приемника высокоскоростной линии передачи данных потенциально опасными передатчиками являются передатчики, рабочие частоты которых f_{Ti} аналогично приемнику ППРЧ лежат в полосе частот, занимаемой основным и двумя соседними каналами приемника, т.е. удовлетворяют неравенству

$$\Delta f_i = | f_{Ti} - f_{0R} | \le 2{,}5B_R$$

где f_{0R} – частота настройки приемника ПУ.

Отбор потенциально опасных источников помех по взаимной ориентации приемной и передающей антенн

Главный лепесток диаграммы направленности антенны (ДНА) передатчика или приемника направлен на интересующий объект, если линия, соединяющая антенну с объектом, лежит в пределах главного лепестка ДНА антенны, как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. Углы, под которыми в вертикальной плоскости антенны РЭС и ПУ «видят» друг друга с учетом принятых направлений отсчета (см. рис.2), связаны между собой, а именно:

$$\Delta_{\text{РЭС}} = -\Delta_{\text{ПУ}}$$

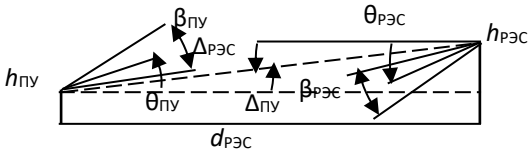


Рис.2. Определение областей взаимодействия ДНА РЭС и ПУ в вертикальной плоскости

Числовое значение углов определяет выражение

$$\Delta_{ПУ} = \text{arctg}\left(\frac{h_{РЭС} - h_{ПУ}}{d_{РЭС}}\right),$$

где $d_{РЭС} = \sqrt{x_{РЭС}^2 + y_{РЭС}^2}$.

Теперь, если $\alpha_{РЭС} = 360°$ и выполняется неравенство

$$\theta_{РЭС} - \beta_{РЭС}/2 \le \Delta_{РЭС} \le \theta_{РЭС} + \beta_{РЭС}/2, \quad (3)$$

то ГЛ ДНА РЭС направлен на ПУ. Если неравенство (3) не выполняется, то ДНА РЭС направлена на ПУ боковым лепестком. Если антенна РЭС имеет направленную ДНА в горизонтальной плоскости ($\alpha_{РЭС} < 360°$) и выполняется неравенство (3), то необходим дальнейший анализ расположения проекции линии, соединяющей антенны РЭС и ПУ, и ГЛ ДНА РЭС в горизонтальной плоскости.

ПУ имеет всегда направленную антенну, ГЛ которой направлен на БПЛА. Поэтому

$$\theta_{ПУ} = \text{arctg}\left(\frac{h_{ЛА} - h_{ПУ}}{d_{ЛА}}\right),$$

где $d_{ЛА} = \sqrt{x_{ЛА}^2 + y_{ЛА}^2}$

Теперь, если не выполняется неравенство

$$\theta_{ПУ} - \beta_{ПУ}/2 \le \Delta_{ПУ} \le \theta_{ПУ} + \beta_{ПУ}/2, \quad (4)$$

то ДНА приемника ПУ направлена на РЭС боковым лепестком. Если неравенство (4) выполняется, то необходим дальнейший анализ расположения проекции линии, соединяющей антенны РЭС и ПУ, и ГЛ ДНА РЭС в горизонтальной плоскости.

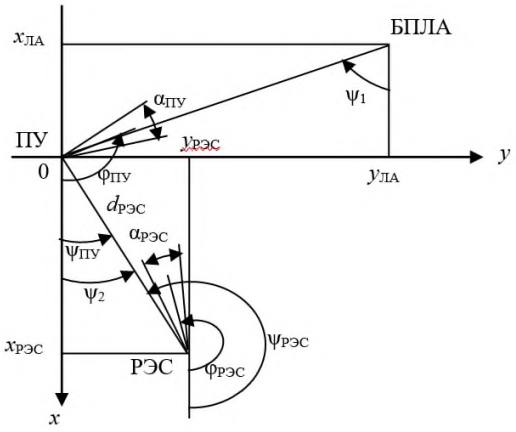


Рис. 3 Определение областей взаимодействия
ДНА РЭС и ПУ в горизонтальной плоскости

На рис.3 представлено одно из возможных расположений проекций линии, соединяющей ПУ с антенной рассматриваемого РЭС, и главных лепестков диаграмм направленности РЭС и ПУ в плоскости $x0y$. На рис.3 и в дальнейшем используем

$$\psi_1 = \text{arctg}(y_{ЛА}/x_{ЛА}),\ \psi_2 = \text{arctg}(y_{РЭС}/x_{РЭС}).$$

Для ситуации, приведенной на этом рисунке, можно записать

$$\psi_{ПУ} = \psi_2\ (\psi_2 > 0),\ \varphi_{ПУ} = 180° + \psi_1\ (\psi_1 < 0)$$
$$\text{и}\ \ \psi_{РЭС} = 180° + \psi_{ПУ}.$$

Теперь ГЛ ДНА РЭС направлен на ПУ, если

$$\varphi_{РЭС} - \alpha_{РЭС}/2 \le \psi_{РЭС} \le \varphi_{РЭС} + \alpha_{РЭС}/2,$$

а ГЛ ДНА приемника ПУ направлен на РЭС, если

$$\varphi_{ПУ} - \alpha_{ПУ}/2 \le \psi_{ПУ} \le \varphi_{ПУ} + \alpha_{ПУ}/2$$

Заключение

Приведены алгоритмы, позволяющие произвести отбор (по частоте и взаимной ориентации приемной и передающих антенн) потенциально опасных источников радиоизлучений наземных радиопередатчиков, которые

могут создать недопустимые помехи для радиоприемной аппаратуры пункту управления БПЛА.

Данные алгоритмы могут быть использованы при дальнейших расчетах для определения реальной угрозы создания недопустимых помех приемнику пункта управления.

Исследование выполнено в рамках выполнения прикладных научных исследований по государственному заданию СПбГУТ на 2023 год, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Беспилотные летающие аппараты. Справочное пособие. Воронеж: Издательско-полиграфический центр "Научная книга", 2015. — 616 с.
2. Боев Н.М., Шаршавин П.В., Нигруца И.В. Построение систем связи беспилотных летательных аппаратов для передачи информации на большие расстояния // Таганрог: Известия ЮФУ. Технические науки. - 2015. — С. 147-158.
3. Слюсар В.И. Радиолинии связи с БПЛА. Примеры реализации // Электроника: Наука, технология, бизнес. 2010. №5 (103). С. 56-61.
4. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. – М.: Связь, 1972. - 336с.
5. Макаренко С.И., Иванов М.С., Попов С.А. Помехозащищенность систем связи с псевдослучайной перестройкой рабочей частоты. Монография. – СПб.: Свое издательство, 2013. – 166 с.

Antipin B., Vinogradov E., Ternovaya A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Selection of potentially dangerous interference sources for the receiver of the control point of unmanned aircraft systems.

Unmanned aerial vehicles work in close connection with the control center, which not only controls the flight of the unmanned vehicle and the equipment placed on board, but also receives the information reported by this equipment. At the same time, it is possible to obtain unreliable information, which may be due to both errors in the control commands and errors associated with receiving signals on the downlink from the unmanned aerial vehicle directly to the control point. The latter may occur due to the influence of unintended interference from ground-based stationary transmitters surrounding the control center. In the work, based on the analysis of frequencies and the joint orientation of the receiving and transmitting antennas, the evaluation and identification of those sources of interference radiation that can potentially create unacceptable interference to the receiver control point is carried out.

Key words: unmanned aerial vehicle, downlink, pseudorandom adjustment of the operating frequency, unintentional interference, areas of antenna interaction.

УДК 621.396
ГРНТИ 47.47

РАДИОКОНТРОЛЬ ЗА ИЗЛУЧЕНИЯМИ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Б. М. Антипин, Е. М. Виноградов, М. А. Швец
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Радиоконтроль за излучениями радиотехнического оборудования беспилотных авиационных систем является необходимым, согласно требованиям отечественных нормативных документов. Радиоконтроль включает в себя как измерение параметров излучений передатчиков, так и определения их местоположения. В статье на основе анализа характеристик радиотехнического оборудования таких систем предлагаются параметры их излучений, подлежащих радиоконтролю, а также способы определения местоположения пункта управления и беспилотного воздушного судна.

радиоконтроль, беспилотные авиационные системы, беспилотное воздушное судно, пункт управления, параметры излучений, определение местоположения стационарного и подвижного объектов

В статье 25 Закона о Связи 126-ФЗ от 07.07.2003 [1] «Контроль за излучениями радиоэлектронных средств и (или) высокочастотных устройств» определены цели радиоконтроля радиоэлектронных средств (РЭС) гражданского назначения, в том числе:

-проверка соблюдения пользователем радиочастотным спектром правил его использования;

-выявление не разрешенных для использования РЭС и прекращения их работы;

-выявление источников радиопомех;

-выявление нарушения порядка и правил использования радиочастотного спектра, национальных стандартов Российской Федерации, требований к параметрам излучения (приема) РЭС и (или) ВЧУ;

Очевидно, что эти цели однозначно должны относиться и к контролю за излучениями радиотехнического оборудования гражданских беспилотных авиационных систем (БАС). В дальнейшем к радиоконтрольному оборудованию будем относить РЭС, функционирующие в элементах БАС, а именно, передатчики элементов БАС.

При этом отметим, что есть некоторая специфика радиоконтроля РЭС БАС, которая состоит в том, что РЭС БАС, как объект радиоконтроля, включают в свой состав два элемента: РЭС на БВС и РЭС на наземном пульте управления (ПУ).

РЭС, размещённые на БВС, являются подвижными объектами радиоконтроля, меняющими свое местоположение в пространстве в течение полёта.

РЭС, входящие в состав ПУ, относятся к квазистационарным объектам радиоконтроля (стационарным объектам на время полёта БВС).

Измерение параметров излучений РЭС элементов БАС

Согласно требованиям отечественных нормативных документов [2-3] для обеспечения электромагнитной совместимости РЭС в процессе радиоконтроля необходимо измерять следующие параметры излучений передатчиков:

- допустимое отклонение частоты;
- контрольную ширину полосы частот излучения;
- ширину полосы внеполосных излучений;

Отметим, что для радиоконтрольных измерений параметров излучений необходимы аттестованные методики выполнения измерений, которые для РЭС БАС в настоящее время отсутствуют.

На текущий момент для РЭС БАС гражданского назначения в РФ возможно получение разрешение на использование частотных каналов в следующих полосах радиочастот [4]:

117,975 – 137 МГц, 5030 – 5091 МГц, 5850 – 6425 МГц.

На практике для каналов управления, телеметрии и полезной нагрузки применяют до 12 полос радиочастот в различных диапазонах, в том числе и в нелицензированных в РФ полосах радиочастот. В настоящее время в РФ используются следующие нелицензированные полосы радиочастот для РЭС беспроводных авиационных систем [5]:

- 137 – 174 МГц; 395 – 400 МГц для канала управления;
- 430 – 460 МГц; 433,05 – 434,79 МГц для канала управления, 438 – 448 МГц для канала телеметрии;
- 860 – 880 и 902 – 928 МГц используются для канала управления БВС и для канала управления FPV (FPV – от англ. First Person View – способ управления БВС с использованием видеокамеры на борту, которая в реальном времени передаёт видеоизображение пилоту для управления БВС), а также для передачи видеоизображения в потоковом режиме;
- 2400-2483,5 МГц — используется в линии БВС-ПУ в том числе для потокового видео.

При использовании на ПУ в канале управления РЭС режима псевдослучайной перестройки рабочей частоты (ППРЧ) целесообразно использовать понятие центральной частоты полосы излучения РЭС ПУ, определяемой как $(f_{макс} - f_{мин})/2$, где $f_{макс}$ –максимальная частота, а $f_{мин}$ – минимальная частота настройки импульса сигнала ППРЧ.

При измерении отклонения частоты и ширины полосы частот излучений РЭС БВС также целесообразно использование понятия центральной частоты полосы излучения РЭС с учётом того, что ширина полосы частот канала трансляции потокового видео составляет порядка 20 МГц. При этом необходимо учитывать скорость и направление перемещения носителя из-за эффекта Доплера.

В канале телеуправления существующих БАС гражданского назначения используются следующие значения параметров режима ППРЧ:

- скорость перестройки – 300–1000 скачков в сек (в БАС специализированного назначения отмечено применение ППРЧ с 2900 ск/сек и более);

- вид модуляции – FSK, PSK, OFDM, OFDMA;
- длительность импульса – от 500 мкс до 2,5 мс;
- ширина полосы частот импульса – 0,3 – 2,0 МГц;
- скорость передачи данных – до 2-х Мбод;
- ширина полосы ППРЧ – от 34 до 200 МГц (наиболее часто встречается ширина полосы ППРЧ – 80 МГц).
- число каналов ППРЧ – от 32-х (для полосы 34 МГц) до 100 (для полосы 200 МГц).

В некоторых случаях измерение параметров излучений передатчиков возможно выполнять с помощью асимптотических алгоритмов, если время измерения параметров может быть сделано достаточно большим [6].

Наибольшую сложность при радиоконтроля вызывает оценка параметров излучений РЭС в режиме ППРЧ. В настоящее время методики измерений частотных параметров РЭС в режиме ППРЧ для радиочастотной службы не разработаны. Однако можно предположить, что учетом известных значений диапазонов изменений параметров излучений РЭС БАС оборудование радиоконтроля должно иметь следующие характеристики:

- наличие полосы одновременного анализа до 200 МГц. Минимально достаточное значение, обеспечивающее обнаружение каналов телеуправления, функционирующих в режиме ППРЧ большинства ПУ БАС гражданского назначения составляет 80 МГц;
- быстродействие системы обработки сигнала, позволяющее гарантированно отображать импульсы ППРЧ длительностью до 500 мкс в полосе анализа;
- отображение спектрограммы в режиме растровой развёртки или т.н. «водопада» (в осях частота – время);
- наличие «дифференциального» режима, аналогичного используемому в компактном мониторинговом приемнике реального времени R&S®PR100.

Определение местоположения элементов БАС

Определение местоположения РЭС стационарного и мобильного (БВС) элементов БАС обладает рядом особенностей, определяемых параметрами электромагнитных излучений передатчиков и подвижностью элемента БАС в пространстве.

- Определение местоположения ПУ

ПУ – квазистационарный элемент БАС, стационарный, по крайней мере, на период времени одного полёта БВС.

Для определения местоположения стационарного (квазистационарного) РЭС может быть использован как триангуляционный, так и разностно-дальномерный способ [7].

Местоположение РЭС при реализации триангуляционного способа местоопределения может быть получено при пересечении минимум 2-х линий положения (пеленгов). В классической системе для получения 2-х линий положения (пеленгов) необходимо наличие 2-х разнесённых в пространстве радиопеленгаторов (РП), разнесённых друг от друга на

необходимое расстояние. Расстояния от одного РП до другого (гониобаза) и координаты размещения РП должны выбираться таким образом, чтобы обеспечивать требуемый размер зоны радиопеленгования, в пределах которой угол засечки радиопеленгов должен находиться в интервале от 30 до 150 градусов.

С учётом свойства квазистационарности ПУ БВС и времени продолжительности полёта БВС, для определения местоположения РЭС ПУ может быть использован один радиопеленгатор, размещённый на мобильном комплексе радиоконтроля (МКРК). МКРК производит пеленгование источника из разных точек по маршруту объезда района предполагаемого местонахождения РЭС ПУ с учётом транспортной доступности. Местоположение РЭС ПУ определятся по совокупности обработки разновременных отсчётов радиопеленгов.

- Определение местоположения БВС

БВС – мобильный элемент БАС. Существующие БВС гражданского назначения могут развивать скорость до 100 км/час и более. Поэтому определение местоположения БВС (направления на него) средствами радиоконтроля возможно только тогда, когда судно либо зависло в одной точке, либо перемещается в пределах небольшого пространственного объема. В этих случаях для определения направления на БВС возможно использование фазового или корреляционного интерферометров [8].

В фазовых интерферометрах пеленг рассчитывается непосредственно на основе измеренных разностей фаз на элементах антенной решетки.

Основу работы корреляционного интерферометра составляет последовательное сравнение набора данных об измеренных разностях фаз между элементами антенной решетки с массивами данных, содержащих разности, рассчитанные теоретически при различных углах прихода волны. Сравнение выполняется вычислением коэффициента корреляции, и в качестве результата берется направление (азимут и угол места) на источник излучения, для которого коэффициент корреляции максимален.

Возможно также определение местоположения источников излучения РЭС БВС с использованием бортового радиопеленгатора беспилотного летательного аппарата вертолетного типа [9].

Определение местоположения малоподвижных источников радиоизлучений может быть также выполнено и с помощью алгоритмов [10, 11].

Исследование выполнено в рамках выполнения прикладных научных исследований по государственному заданию СПбГУТ на 2023 год, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Федеральный закон от 7 июля 2003 года N 126-ФЗ "О связи" (с изм. и доп.).
2. НОРМы ГКРЧ 17-21. Радиопередатчики всех категорий гражданского применения. Требования на допустимые отклонения частоты.

3. НОРМы ГКРЧ 19-21. Нормы на ширину полосы радиочастот и внеполосные излучения радиопередатчиков гражданского применения.

4. Решение ГКРЧ от 23 декабря 2022 года №22-65-03 «Об использовании полос радиочастот радиоэлектронными средствами для организации связи в беспилотных авиационных системах».

5. Макаренко С.И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам. Монография. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2020. 204 с.

6. Антипин Б.М., Виноградов Е.М., Грачёв В.О. Оценка параметров излучений передатчиков при радиоконтроле с помощью асимптотических алгоритмов 74-я Всероссийская НТК, посвященная дню радио, 22−26 апреля 2019 г. // Сборник докладов, СПб 2019. С. 220-221.

7. Логинов Ю.И., Екимов О.Б., Антипин Б.М., Гриценко А.А., Павлов В.Н., Портнаго Л.Б. Дальномерно-разностно-дальномерный способ определения координат местоположения источников радиоизлучений и реализующее его устройство. Патент на изобретение №2510038.

8. Рембовский А.М., Ашихмин А.В., Козьмин В.А. Радиомониторинг: задачи, методы, средства / Под редакцией А.М. Рембовского. М: Горячая линия. Телеком, 2006. 492 с: ил. ISBN 5-93517-326-3.

9. Ашихмин А. В. и др. Способ однопозиционного местоопределения источников радиоизлучения с использованием бортового радиопеленгатора беспилотного летательного аппарата вертолетного типа // Системы управления, связи и безопасности. 2021. №. 4. С. 40-57.

10. Spirin A.D., Antipin B.M. Non-conventional algorithm of radio transmission sources position location. // В сборнике: Proceeding s of the 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). 2017. С. 565-568.

11. Александров И.В., Антипин Б.М., Спирин А.Д. Определение местоположения источников радиоизлучений в условиях сложного окружения. // В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2017) VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сборник научных статей: в 4 т. 2017. С. 31-35.

Antipin B., Vinogradov E., Shvets M.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Radio monitoring of radio equipment radiations of unmanned aircraft systems.

Radio monitoring of radio equipment of unmanned aircraft systems radiations is necessary, according to the requirements of domestic regulatory documents. Radio monitoring includes both measuring the radiation parameters of transmitters and determining their location. In the article, based on the analysis of the radio equipment characteristics of such systems, the parameters of their radiations subject to radio monitoring are proposed, as well as methods for determining the location of the control point and unmanned aircraft.

Key words: radio monitoring, unmanned aircraft systems, unmanned aircraft, unmanned aircraft control station, radiation parameters, location determination of stationary and mobile objects.

УДК 534.843.12
ГРНТИ 29.37.35

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ИЗВЕСТНЫХ И МАЛОИЗВЕСТНЫХ ФОРМУЛ ДЛЯ РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ РЕВЕРБЕРАЦИИ

Д. М. Сучкова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Науке известно множество различных формул расчета времени реверберации в помещении, которые создаются и совершенствуются акустиками на протяжении века. Все они основаны на отличных друг от друга предположениях о распространении звука и экспериментах в залах разных форм и объемов. В данной статье рассматриваются акустические теории, существующие формулы для расчета времени реверберации, а также проведен сравнительный анализ некоторых формул.

архитектурная акустика, акустические теории, формулы для расчета времени реверберации, многофункциональные залы

Строительство и акустическое оформление залов различного назначения имеет важное значение для общества. Для акустического комфорта в помещении важны точные значения параметров зала, особенно значение времени реверберации, для расчета которого применяется совокупность акустических теорий в одной или нескольких применяемых формулах.

Три подхода к рассмотрению акустики помещений

Статистическая теория позволяет анализировать характер реверберационного процесса на участке помещения, где отражения преобладают над прямым звуком. Волновая теория же строится на предположениях, что объем воздуха имеет массу и упругость, что позволяет изучать формы колебаний, образующиеся в рассматриваемом помещении, и рассчитать собственные частоты помещения.

Статистическая и волновая теории особенно применимы к помещениям сравнительно малых размеров. Результаты этих теорий дополняют друг друга. Первая дает возможность оценить время реверберации, вторая - рассчитать спектр собственных (резонансных) частот, скорректировать размеры помещения так, чтобы спектр собственных частот в области нижних частот был более равномерным.

Геометрическая теория основывается на законах геометрической оптики, что означает рассмотрение движения звуковых волн подобно движению световых лучей, поэтому характер отражения зависит от формы отражающей поверхности. [1] Данная теория более приложима к анализу акустических процессов в помещениях больших размеров - концертных и театральных залах, крупных студиях. Оптимальные размеры зала определяют на основе анализа начальных отражений.

Таким образом, геометрическая теория применима для анализа акустических процессов в больших помещениях, где оптимальные размеры зала определяются на основе анализа начальных отражений. В то же время, статистическая и волновая теории применяются для оценки времени реверберации и расчета спектра собственных частот в помещениях малых размеров. Объединение результатов всех теорий позволяет достичь высокого качества звучания в различных типах помещений, что очень важно при создании многофункциональных залов. На рисунке 1 отображены области применения трех теорий в зависимости от параметров помещения, где границами являются частоты $f_1 = 170/L$, $f_2 \sim 2000(T/V)^{1/2}$, $f_3 = 4f_2$ (L – длина помещения, T – время реверберации, V – объем помещения).

Рис. 1 Области применения звуковых теорий

Многообразие формул для расчета времени реверберации

Существуют более десятка различных формул для расчета времени реверберации, так как каждая из них основана на разных теориях, предположениях и упрощениях. Каждая формула может быть более или менее точной в зависимости от конкретной ситуации и типа помещения, в некоторых случаях может потребоваться использование нескольких формул для достижения наилучшего результата.

Сэбин предположил, что распространение звука энергия в зале в любой момент однородна, при этом поверхности в зале непрерывно и медленно поглощают звуковую энергию. Необходимым условием является то, что звуковое поле диффузионное, а форма зала - правильная.

$$T_S = \frac{0.163V}{\sum S_i \alpha_i}$$

Когда коэффициент поглощения a достаточно велик (>0,2) появляются ошибки, поэтому, Эйринг пришел к выводу, что звукопоглощение следует рассматривать как процесс, в котором каждый раз происходят прерывания при отражении звуковой волны от поверхности. При малых значениях коэффициента обе формулы совпадают.

$$T_E = \frac{0.163V}{-\sum S\ln(1-\alpha)}$$

Чжан [2] усовершенствовал расчет коэффициента звукопоглощения, взяв за основу исследования формулы Сэбина и Эйринга, и вывел формулу:

$$T_Z = \frac{0.16V}{S_{total}\sum_{i=1}^{M}\ln\left(1-\alpha_i\frac{S_i}{S_{total}}\right)}$$

Миллингтон и Сетте попытались оценить неоднородную структуру звукопоглощающих материалов путем принятия нумерации слоев отражений с коэффициентами звукопоглощения.

$$T_M = \frac{0.163V}{-\sum S_i\ln(1-\alpha_i)}$$

Гомперт предложил свою формулу для расчета времени реверберации:

$$T_G = \frac{4V}{cS}\left(\frac{\sigma^2\ln(1-\alpha)}{2}+\frac{\ln 10^4}{\ln(1-\alpha)}\right)$$

Фитцрой продемонстрировал формулу для расчета времени реверберации, учитывающую форму комнаты и расположение звукопоглощающих материалов:

$$T_F = \left(\frac{X}{S}\right)\left[\frac{0.163V}{-S\ln(1-\alpha_x)}\right]+\left(\frac{Y}{S}\right)\left[\frac{0.163V}{-S\ln(1-\alpha_y)}\right]+\left(\frac{Z}{S}\right)\left[\frac{0.163V}{-S\ln(1-\alpha_z)}\right],$$

где X, Y, Z — площади плоскостей, параллельных X, Y и оси Z соответственно, м^2; S – общая площадь плоскости, м^2; V – объем, м^3; a_x, a_y, a_z – средние значения коэффициентов звукопоглощения плоскостей параллельных к осям X, Y и Z соответственно. [3]

Арау представил иную формулу [4]:

$$T_A = \left(\frac{0.16V}{-S\ln(1-\overline{\alpha}_X)}\right)^{x/S} \times \left(\frac{0.16V}{-S\ln(1-\overline{\alpha}_y)}\right)^{y/S} \times \left(\frac{0.16V}{-S\ln(1-\overline{\alpha}_z)}\right)^{z/S}$$

Ноуебауер предложил данную формулу для расчета времени реверберации, а также исследовал зависимость времени реверберации от объема зала.

$$T_N = \left(\frac{0.32V}{S^2}\right) + \left(\frac{H(L+B)}{\alpha_S} + \frac{LH}{\alpha_{L,G}}\right)$$

Стоит также отметить труды Нордмарка и Шиммера, Нордлунда и Шотта, Фишера, Эйрли, Эккерта, Фитцпатрика, продолживших исследования перечисленных выше ученых. Они рассчитали и ввели новые поправочные коэффициенты для формул, изменив расчет коэффициентов звукопоглощения и площадей поверхностей помещения. Ниже приведена таблица для наглядного представления сравнения формул, отмеченных ранее.

ТАБЛИЦА 1. Сравнительный анализ применяемых формул для расчета времени реверберации.

Название формулы	Акустическая теория	Частота применя-емости	Преимущества и недостатки	Простота вычислений
Сэбина	С и Г	часто	универсальность, но ограниченная точность	да
Эйринга	С и Г	очень часто	точность, учет материалов и поверхностей	да
Миллингтона-Сетте	С и Г	часто	высокая точность и учет коэффициента поглощения звука, а также площади источников звука и слушателей	да
Фитцроя	В	часто	высокая точность и учет влияния частоты звука на время реверберации и неоднородности акустической обстановки, менее универсальна	нет
Гомперта	С и Г	редко	аналогично	нет
Арау	В	не часто	учет диффузности, но ограниченная применимость	да
Чжана	С и Г	редко	высокая точность	нет
Ноуебауера	С и Г	редко	универсальность и учет влияния частоты звука на время реверберации, но не учитывает неоднородность акустической обстановки	да

Новые ответвления акустики изучаются и развиваются учеными на текущий момент, однако усовершенствование и более глубокое изучение уже существующих методов расчета позволит получить точные результаты и упростит задачи акустикам в совершенствовании различных помещений, в том числе многофункциональных залов.

Список используемых источников:

1. Алдошина И. А., Приттс Р. Музыкальная акустика. Учебник для вузов М. : издательство «Композитор», 2006. 720 с.
2. Zhang X. A New Formula for Reverberation Time // European Acoustics Association. 2003. N 89:5. C. 857-862.
3. Vytautas J. Stauskis THE EFFECT OF LOCATION OF SOUNDABSORBING MATERIALS IN CALCULATING THE REVERBERATION TIME OF THE HALL BY DIFFERENT FORMULAS // Journal of Civil Engineering and Management. 2003. N 9:2. C. 83-87.
4. Чигиринская Л.В., Полянская М.М. О применимости формулы Арау к расчету времени реверберации в помещениях малого объема // Academia. Строительство и архитектура. 2009. N 5. C. 84-88.

Suchkova D.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Study of the applicability of existing known and little-known formulas for calculating reverberation time.
Science knows many different formulas for calculating the reverberation time in a room, which have been created and improved by acousticians over the course of a century. All of them are based on different assumptions about the propagation of sound and experiments in halls of different shapes and volumes. This article discusses acoustic theories, existing formulas for calculating reverberation time, and also provides a comparative analysis of some formulas.

Key words: architectural acoustics, acoustic theories, formulas for calculating the reverberation time, multifunctional halls.

2.3. Проектирование и технология радиоэлектронных средств

УДК 621.389
ГРНТИ 47.14.17

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА РАБОЧЕГО В ДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

И. А. Савинов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Работа посвящена изучению проблематики травматизма на добывающих производствах и предложению решения данной проблемы при помощи разработки системы индивидуального мониторинга рабочего, способной отслеживать такие параметры, как уровень кислорода в крови, частота сердцебиения, уровень летучих веществ и локацию рабочего. В работе предлагается методика мониторинга данных показателей при помощи использования индивидуальных носимых устройств, выполняющих измерение необходимых параметров, а также предоставляющих возможность их передачи по каналам радиосвязи.

системы мониторинга, промышленность, IoT, технологии передачи данных, Lora

Добывающая промышленность является одной из важнейших отраслей экономики России и способствует развитию многих других секторов, таких как энергетика, машиностроение, строительство, а также обеспечивает государство значительными доходами от экспорта ресурсов.

Рассматривая годовые отчеты крупнейших горнодобывающих компаний России, можно убедиться в том, что проблема травматизма на производстве остается актуальной. Работники ежедневно сталкиваются с опасными условиями труда, которые могут привести к травмам и даже гибели. Несмотря на значительные усилия по повышению безопасности труда, количество производственных травм и несчастных случаев на производстве все еще является довольно высоким.

Одним из примеров компаний, которая сталкивается с этой проблемой, является Норильский никель. Её отчеты показывают, что количество травматических происшествий на производстве остается на значительном уровне. Статистика за 2021 год представлена на рисунке 1, в компании произошло более 1200 случаев травматизма, включая 13 летальных исходов.

Рис. 1. Статистика травматизма и летальных исходов компании Норникель

Использование современных технологических продуктов в сфере обеспечения безопасности на производстве является одним из самых перспективных направлений в решении проблемы травматизма. Подробнее рассматривая существующие системы, можно выделить следующие направления:

- системы контроля доступа: доступ сотрудников к опасным зонам при помощи систем допуска;
- системы аварийного оповещения и эвакуации: автоматическая активация аварийных систем в случае возникновения нештатной ситуации;
- системы видеонаблюдения: определение возможных опасностей на производстве, а также анализ производственной деятельности;
- мониторинговые системы: контроль уровня опасных веществ, а также вибраций и звука для определения производственных рисков;
- носимые устройства: мониторинг физических параметров работника, такие как сердечный ритм и давление и предупреждение об опасности при изменении этих параметров.

Подробнее рассмотрим последнее из направлений. Носимые устройства, представленные на рисунке 2, такие как браслеты, каски, портативные анализаторы могут эффективно использоваться для мониторинга внешних и физических параметров работника на производстве. Они могут отслеживать такие данные, как сердечный ритм, уровень летучих веществ, локацию и т.д., а также предупреждать работника и операторов производства об возможных опасностях и рисках для здоровья при изменении этих параметров.

Так, ручные газоанализаторы помогают в обнаружении опасных веществ, таких как углекислый газ, оксид азота и предупреждать о превышении их предельной допустимой концентрации.

Системы позиционирования позволяют операторам производства отслеживать положение и передвижение работников и техники на производстве и способны предотвратить опасные ситуации, такие как наезды, столкновения с техникой и прочее.

Устройства мониторинга жизненных параметров используются для отслеживания физических показателей работников, таких как пульс, давление и уровень кислорода. Они способны предупреждать операторов производства и работников о возможных рисках для здоровья и безопасности.

Рис. 2. Внешний вид различных носимых устройств

Несмотря на то, что подобные решения уже сейчас частично могут быть интегрированы в некоторые из производств, существует ряд определенных проблем, которые значительно ограничивают возможности их применения:

- Отсутствие многофункциональных решений

Большинство носимых устройств на рынке предлагают функциональность, направленную на решения только одной задачи. Это приводит к усложнению интеграции систем в существующие производства, дополнительным затратам на обслуживание и невозможности объединения устройств в одну информационную среду.

- Отсутствие большинства решений на нашем рынке

Представленные на рынке устройства в большинстве своем являются разработками зарубежных компаний. Отечественный рынок же в этой сфере развит довольно слабо. Особенно обостряет данную проблему санкционная политика в отношении сферы промышленности от ведущих отраслевых стран, внутри которых разрабатываются и продаются подобные системы.

- Отсутствие системной поддержки

Санкционная политика коснулась не только поставок нового оборудования, но и обслуживания уже установленных систем, многие из которых лишились возможности системной поддержки и гарантий от производителей.

- Высокая ценовая политика

Многие существующие системы имеют завышенную ценовую политику, как на само оборудование, так и на программное обеспечение.

В следствии этих проблем, а также актуальности проблематики травматизма на производствах, в данный момент имеется необходимость разработки многофункционального решения носимого устройства, адаптированного под российский рынок промышленности.

Оптимальным форматом, представленным на рисунке 3, для подобного устройства может служить браслет, который во многом работает по аналогии с современными «умными часами», однако его исполнение и функционал адаптированы под использование в промышленности. Устройство может иметь следующий функционал:

1. Измерение уровня кислорода в крови:

Устройство может быть оснащено пульсоксимитром, позволяющим измерять уровень кислорода в крови. Отслеживать данный параметр необходимо для работников, которые находятся в условиях с низким содержанием кислорода в воздухе. Если уровень кислорода в крови опускается ниже безопасного уровня, вызывая гипоксию, то браслет будет сигнализировать об этом.

2. Измерение частоты сердцебиения:

Оснащение устройства пульсометром, измеряющим частоту сердцебиения, может помочь в определении уровня физической нагрузки, усталости работника, а также отслеживании аномальную ЧСС. Если браслет обнаруживает повышенную частоту сердцебиения, он также отправит предупреждение, чтобы работник мог прервать свою работу.

3. Измерение уровня летучих веществ:

Наличие в устройстве датчика VOC, определяющим превышение ПДК вредных веществ в воздухе, может быть полезно для работников в химической или нефтегазовой промышленности. Если уровень летучих веществ превышает безопасный уровень, то браслет сообщит об этом сотруднику.

4. Радиолокация:

Наличие в браслете технологии радиолокации, позволит операторам производства отслеживать положение и передвижение работников на производстве. В случае ЧС браслет может быть использован для поиска и определения его местоположения, чтобы обеспечить возможность незамедлительно оказать помощь.

5. Сигнал SOS:

Кнопка SOS может быть использована, когда работник столкнулся с аварийной ситуацией или нуждается в медицинской помощи. После нажатия кнопки SOS, браслет автоматически отправляет сообщение на рабочее место или на центр управления, чтобы предупредить о необходимости помощи и указать местоположение работника.

Рис. 3. Наручный браслет, как мультифункциональное решение

Приведем описание технологий, которые могут быть применены при разработке:

•Корпус в виде наручного браслета:

Наручный браслет является наиболее удобным форматом носимого устройства. Он компактен и не будет ограничивать движение или мешать при выполнении каких-либо видов работ.

•Защита от влаги и пыли по стандарту IP67:

Корпус браслета должен обеспечивать высокую защиту от влаги и пыли в соответствии со стандартом IP67. Это позволит использовать устройство в условиях повышенной влажности и пыли.

•Ударопрочный корпус:

Браслет должен иметь ударопрочный корпус, который защитит устройство от повреждений при падении или других воздействиях, что сделает его более надежным в использовании.

•Наличие экрана:

На экран смогут выводятся показатели мониторинга, такие как уровень кислорода в крови, частота сердцебиения, уровень летучих веществ и т.д. Это позволяет работнику следить за своими показателями и быстро реагировать на изменения.

•Кнопка SOS:

Браслет должен быть оснащен кнопкой SOS, которая позволяет работнику быстро вызвать на помощь в случае необходимости.

•Встроенные протоколы связи LoRA и RFID:

Протоколы связи LoRA и RFID способны обеспечить эффективное использование устройства для отслеживания местоположения работников и контроля доступа в определенные зоны. Протокол LoRa разработан для передачи данных на большие расстояния, что делает его идеальным для применения в условиях производств и шахт, где существуют множество препятствий для беспроводной связи.

•Высокоточные оптические датчики для измерения пульса, сатурации и летучих веществ:

Высокоточные оптические датчиками позволят измерять пульс и уровень сатурации кислорода в крови, а датчик VOC позволит контролировать уровень опасных веществ в воздухе.

В заключении можно сказать, что проблема травматизма на производстве в России остается актуальной. Носимые устройства для мониторинга физических параметров работников представляют собой перспективное решение, но сталкиваются с проблемами, такими как отсутствие многофункциональных решений и ограниченное предложение.

Создание браслета с функционалом, включающим измерение кислорода в крови, пульса, уровня летучих веществ и возможностями радиолокации может сыграть значительную роль в повышении безопасности на производствах.

Список используемых источников:

1. Годовые отчеты — Текст: электронный //Норникель: [Электронный ресурс]. URL: https://www.nornickel.ru/investors/reports-and-results/annual-reports/ (дата обращения: 03.09.2023).

2. LoRa - технология беспроводной связи для IoT. — Текст: электронный //Tadviser: [Электронный ресурс]. URL: https:// www.tadviser.ru/index.php/Статья:LoRa_-_технология_беспроводной_связи_для_IoT (дата обращения: 08.09.2023).

3. Системы позиционирования в горнодобывающей отрасли — Текст: электронный //Системы безопасности: [Электронный ресурс]. URL: https://www.secuteck.ru/articles/sistemy-pozicionirovaniya-v-gornodobyvayushchej-otrasli/ (дата обращения: 08.09.2023).

Savinov I.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Research of the application of a system of individual worker monitoring in the mining industry.

The work is devoted to studying the problem of injuries in mining industries and proposing a solution to this problem by developing an individual worker monitoring system capable of monitoring such parameters as the level of oxygen in the blood, heart rate, level of volatile substances and the location of the worker. The paper proposes a methodology for monitoring these indicators using individual wearable devices that measure the necessary parameters, as well as providing the ability to transmit them via radio communication channels.

Key words: Monitoring systems, industry, IoT, data transmission technologies, Lora.

2.4. Радиотехнические системы и антенны

УДК 654
ГРНТИ 49

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ РАСЧЁТА ПАРАМЕТРОВ СОЛНЕЧНО-СИНХРОННЫХ СПУТНИКОВ

А. Н. Барышникова, А. Н. Ликонцев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе рассматриваются спутники солнечно-синхронных орбит и их роль, а также разрабатывается аналитическая модель расчёта параметров солнечно-синхронных спутников. В модели рассчитываются такие параметры как угловая скорость прецессии, период обращения, скорость движения спутника, продолжительность сеанса связи и другие ключевые параметры солнечно-синхронных спутников.

солнечно-синхронная орбита, солнечно-синхронный спутник, искусственный спутник Земли, угловая скорость прецессии, эксцентриситет орбиты

Солнечно-синхронный спутник (ССС) – это спутник, находящийся на высоте 600-800 километров и имеет период обращения примерно 90 -120 минут. Данный тип спутников орбитально расположен таким образом, что они всегда находятся на одной и той же высоте относительно солнца и вращаются вокруг Земли с такой скоростью, которая позволяет им сохранять постоянное положение относительно Земли и солнца. Солнечно-синхронные спутники двигаются по солнечно-синхронной орбите (ССО). ССО — это орбита, на которой спутник проходит над любой точкой земной поверхности приблизительно в одно и то же местное солнечное время. Она основаны на эффекте прецессии плоскости орбиты – повороте плоскости вокруг оси вращения Земли. Для достижения подобных характеристик параметры орбиты выбираются таким образом, чтобы орбита прецессировала в восточном направлении на 360 градусов в год (приблизительно на 1 градус в день), компенсируя вращение Земли вокруг Солнца.

Солнечно-синхронные спутники играют большую роль в исследовании Земли, а также в космической навигации. Они выполняют следующие функции:

1. Картография и наблюдение Земли: ССС обеспечивают регулярные и последовательные наблюдения Земли. С их помощью можно делать снимки высокого разрешения. Это позволяет отслеживать изменения климата, изучать поверхность Земли, прогнозировать погоду, контролировать окружающую среду и т.д.

2. Научные исследования: ССС могут выполнять научные эксперименты и исследования, например, изучение атмосферы, океанов и природных ресурсов.

3. Спутниковые связь и телекоммуникации: некоторые ССС используются для телекоммуникационных целей, передачи данных и связи. Они обеспечивают широкополосный доступ в интернет, мобильную связь и другие коммуникационные услуги.

Исследуемые в данной работе спутники: спутники серии NOAA - космические аппараты национального управления океанических и атмосферных исследований США (NOAA). Они запущены на полярные солнечно-синхронные круговые орбиты высотой около 850 км [1].

Для того чтобы автоматически рассчитывать их параметры, была разработана модель в программе Mathcad. Ниже описаны все характеристики спутников и орбиты, которые вычисляет данная модель.

Исходные данные спутников для расчёта модели ССС:

ТАБЛИЦА 1. Исходные данные

Спутник	i, °	a, км	e
NOAA-15	98.80	7 184.62	0.001007
NOAA-18	99.17	7 230.05	0.0014261
NOAA-19	98.97	7230.91	0.013582

Орбитальный период — время, за которое небесное тело совершает полный оборот на орбите вокруг внешнего центра притяжения.

Период обращения спутника:

$$P = 2\pi\sqrt{\frac{a^3}{\mu}}\ [\text{сек}],$$

где:

μ = 398600.8 – геоцентрическая гравитационная постоянная км^3/с^2;

a - большая полуось орбиты, км.

Прецессия орбиты представляет собой равномерное вращение плоскости орбиты относительно земной оси (очень медленно изменяется наклон орбиты).

Угловая скорость прецессии линии узлов:

$$\omega = \frac{-20.6474 \cdot 10^{13}}{(1-e^2)^2 \cdot a^{7/2}} \cdot \cos(i)\ \left[\frac{\text{град}}{\text{сут}}\right],$$

где:
i - наклонение орбиты, град;
e - эксцентриситет орбиты.

Эксцентриситет — это мера того, насколько круговой является орбита. Эксцентриситет 0 означает, что орбита представляет собой идеальный круг. Все, что находится между 0 и 1, является эллиптической орбитой. Если эксцентриситет равен 1, то это будет парабола, которая вообще не является орбитой, а скорее траекторией ухода. Значение больше 1 — это орбита в форме гиперболы, которая также является траекторией ухода.

Высота ССО:

$$h = a - R_e \text{ [км]},$$

где R_e = 6371 радиус Земли, км.
Скорость движения спутника:

$$v = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R_e + h}} \text{ [м/с]},$$

где:
$M = 5.9742 \cdot 10^{24}$ кг – масса Земли;
$G = 6.67408 \cdot 10^{-11}$ м^3/(с^2·кг) – гравитационная постоянная.
Модуль радиус-вектора орбиты:

$$r = \sqrt{R_e + h} \text{ [км]}.$$

Длина орбиты:

$$L_0 = 2\pi r \text{ [км]}.$$

Расчёт зоны радиовидимости спутника и продолжительности сеанса связи.

Под зоной радиовидимости ИСЗ следует понимать часть поверхности Земли, с которой ИСЗ виден под углом места больше некоторой минимально допустимой величины в течение заданной длительности сеанса связи. Таким образом, ЗС находится в зоне радиовидимости в случае наблюдения с нее спутника под некоторым углом места β к местному горизонту, большим минимально допустимого β_0 [2].

Величина зоны радиовидимости для заданного угла места β_0 может быть определена центральным углом:

$$\alpha = \arccos\left(cos(\beta_0) \cdot \frac{R_e}{R_e + h}\right) - \beta_0 \text{ [град.]},$$

где $\beta_0 = 14°$ - минимально допустимый угол места для ССО [3].

Площадь зоны радиовидимости в предположении сферичности Земли:

$$S = 2\pi \cdot R_e^2 \cdot (1 - \cos(\alpha)) \text{ [км}^2\text{]}.$$

Диаметр площади зоны радиовидимости, необходимый для измерения времени сеанса связи:

$$d = \frac{2\sqrt{S}}{\pi} \text{ [км]}.$$

Продолжительность сеанса связи спутника:

$$T = \frac{d}{v} \text{ [сек]},$$

где v – скорость движения спутника в км/с.

Модель на примере спутника NOAA-19:

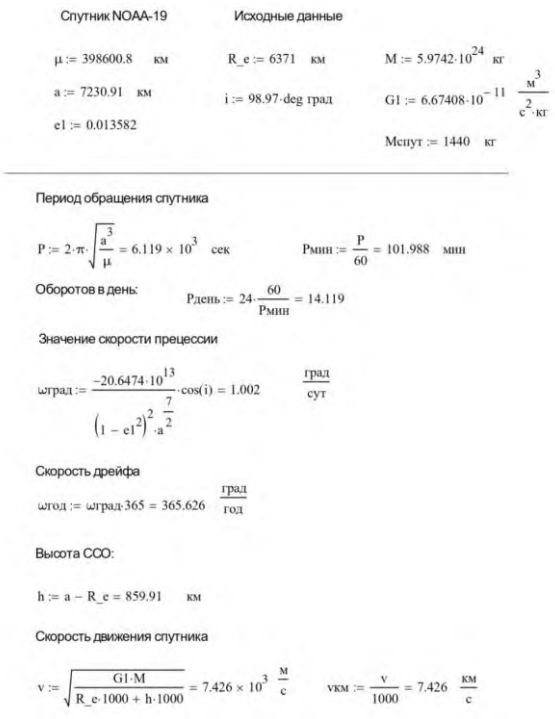


Рис.1. Модель на примере спутника NOAA-19, часть 1

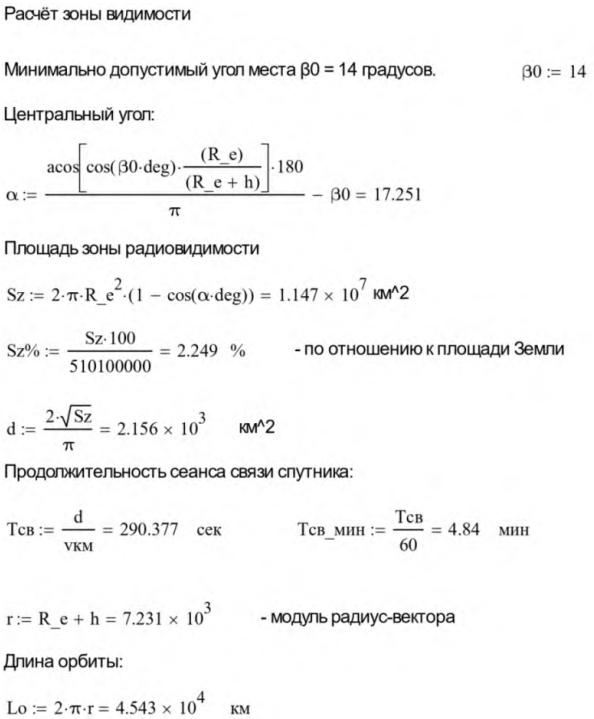


Рис.2. Модель на примере спутника NOAA-19, часть 2

Найти реальные данные спутников можно по ссылке [4].
На примере спутника NOAA-19 были получены следующие результаты:

ТАБЛИЦА 2. Сравнение аналитической модели с данными спутника

	ω, °/сут	P, мин.	h, км	v, км/с	S, км^2	$Tсв$, мин
Расчёт	1,002	101,988	859,91	7,426	$1{,}147 \cdot 10^7$	4,84
Данные спутника	0,986	101,99	859,89	7,42	-	4-7

Вывод: из таблицы следует, что математическая модель работает корректно и выдаёт правильные параметры солнечно-синхронного спутника.

Список используемых источников

1. СПУТНИКС. Знакомство со спутниками серии NOAA. URL: http://viewnok.sputnix.ru.

2. А. А. Лубянников, Р. В. Гордийчук, А. Н. Дробяскин, М. С. Проценко, Д. С. Самаркин, Н. И. Фокин Теоретические основы спутниковой связи специального назначения : часть 1 : учебное пособие. СПбГУТ. – СПб., 2015. – 67 с.

3. Особенности построения и эксплуатации орбитальных группировок систем спутниковой связи. URL: http://lib.tssonline.ru/articles2/sputnik/osobennosti-postroeniya-i-ekspluatatsii-orbitalnyh-gruppirovok-sistem-sputnikovoy-svyazi.

4. Live real time satellite tracking and predictions. URL: https://www.n2yo.com.

Baryshnikova A., Lekontsev A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Development of a model for calculating the parameters of solar synchronous satellites.
In this paper, the satellites of solar synchronous orbits and their role are considered, and an analytical model for calculating the parameters of solar synchronous satellites is developed. The model calculates parameters such as the angular velocity of precession, the period of rotation, the speed of the satellite, the duration of the communication session and other key parameters of solar synchronous satellites.

Key words: solar synchronous orbit, solar synchronous satellite, artificial earth satellite, angular velocity of precession, orbit eccentricity.

УДК 621.396.99
ГРНТИ 49.13.15

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ШУМА ИЗМЕРЕНИЯ ПРИЕМНОЙ АДАПТИВНОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ, РАБОТАЮЩЕЙ НА ПРИНЦИПАХ КАЛМАНОВСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

И. А. Бойко, Е. И. Глушанков, А. А. Щедрин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Статья посвящена рассмотрению метода оценки шума измерения приемной адаптивной антенной решетки, использующей Калмановской алгоритм адаптации в целях адаптивного диаграммообразования. Актуальность работы обусловлена необходимостью нахождения оптимальных методов использования Калмановских алгоритмов для диаграммобразования в условиях динамической сигнально-помеховой обстановки. В статье рассматривается приемная антенная система, работающая в условиях априорной неопределенности динамических угловых координат прихода полезного сигнала, описывается принцип работы метода оценки шума измерения, основанного на периодической калибровке приемной антенной системы позволяющий оценивать дисперсию шума в реальном времени. В условиях априорно неизвестной динамической сигнально-помеховой обстановки, предполагается, что данный метод способен повысить устойчивость Калмановского алгоритма к изменению дисперсии шума.

адаптивная антенная решетка, адаптивное диаграммообразование, фильтр Калмана, дисперсия шума измерения.

Введение

Задача адаптивного диаграммообразования приемной адаптивной фазированной антенной решетки (АФАР) с целью повышения помехозащищенности состоит в назначении элементам АФАР такого вектора весовых коэффициентов, который позволит наиболее точно принять полезный сигнал в данный момент времени [1]. В случае, когда информация об угловых координатах прихода полезного сигнала не задана априорно, вектор амплитудно-фазового возбуждения, образуемого таким сигналом, может быть рассмотрен как N-мерный нестационарный случайный процесс, где N – количество элементов антенной решетки. Более того, так как вектор амплитудно-фазового возбуждения однозначно определяется угловыми координатами источника сигнала относительно антенной решетки, а каждая положение источника сигнала в данный момент наблюдения зависит от положения только в предыдущий момент наблюдения – этот процесс так же можно считать Марковским. Исходя из данных соображений, имеет смысл рассмотрение Калмоновского алгоритма адаптации АФАР.

Для работы Калмановского алгоритма адаптации необходимо задать информацию о дисперсии шума измерения в качестве априорной. В случае АФАР под шумом измерения можно подразумевать вектор амплитудно-

фазового возбуждения, создаваемый смесью аддитивного белого Гауссовского шума (АБГШ) и помех, действующих на приемную АФАР, при условии что сумма данных процессов образует нормальный процесс. Однако, в случае если сигнально-помеховая обстановка является динамической системой необходимо динамическое доопределение данной величины для обеспечения стабильной работы алгоритма адаптации [2].

1 Описание метода оценки дисперсии шума измерения

В общем случае Калмановский алгоритм работает следующим опбрпзом:

Производится предсказание состояния системы (1) и ошибки ковариации (2) на основании состояния системы на предыдущем шаге [3]:

$$\hat{x}_k = x_{k-1}^{opt} + u_{k-1} \quad (1)$$

где $\hat{x}_k$ – предсказание вектора амплитудно-фазового возбуждения полезного сигнала на текущей итерации, x_{k-1} - состояние вектора амплитудно-фазового возбуждения полезного сигнала на предыдущей итерации, u_{k-1} – воздействие на систему на предыдущей итерации.

$$\hat{P}_k = P_{k-1} + Q \quad (2)$$

где $\hat{P}_k$ – предсказание ошибки ковариации на текущей итерации, P_{k-1} - состояние вектора воздействия полезного сигнала на предыдущей итерации, Q – матрица ковариации шума процесса, существование которого обусловлено невозможностью учета всех факторов, влияющие на изменение состояния динамической системы.

Далее производится наблюдение, представляющее собой полный вектор амплитудно-фазового возбуждения, приходящий на элементы приемной АФАР в момент k, математическое описание данного наблюдения:

$$z_k = x_k + n_k \quad (3)$$

где x_k – истинный вектор полезного сигнала на текущей итерации, n_k – вектор шума измерения.

На основании наблюдения производится вычисления усиления Калмана (4) и корректировка оценок полезного сигнала (5) и ошибки ковариации (6)

$$K_k = \hat{P}_k(\hat{P}_k + R)^{-1} \quad (4)$$

где R – матрица ковариации шума измерения.

$$x_k^{opt} = \hat{x}_k + K_k(z_k - \hat{x}_k) \quad 5)$$

$$P_k = (I - K_k)\,\hat{P}_k \quad 6)$$

где I – единичная матрица размерности N×N.

Матрица ковариации шума измерения R может быть определена единожды в начале измерений, однако в случае существенных изменений параметров АБГШ в процессе работы АФАР такой подход может привести к расхождению алгоритма. В связи с этим был предложен следующий «калибровочный» метод нахождения матрицы R в реальном времени. Данный метод строится на предположении, что в случае, если полезный сигнал не передается, весь принятый сигнал является шумом измерения, то есть $z_k = n_k$. Следовательно, если между приемной и передающей сторонами возможно построить систему синхронизации (что широко используется в системах дистанционного управления), приемная сторона может периодически отключать передачу полезного сигнала на протяжении некоторого времени Δt, показания наблюдений в этот промежуток времени должны фиксироваться приемной стороной как шум измерения. При этом для непрерывности работы алгоритма адаптации в период Δt оценка вектора x_k^{opt} должна производиться минуя этап корректировки, либо же используя последнее полученное значение z_k.

2 Результаты моделирования работы АФАР

В качестве АФАР при моделировании использовалась кольцевая восьмиэлементная антенная решетка. Угловая координата прихода в азимутальной плоскости изменялась линейно, со скоростью 0,01° за один период дискретизации сигнала. На АФАР так же воздействовал АБГШ со среднеквадратическим отклонением $\sigma_{ш} = 1$.

На рисунке 1 показан результат приема АФАР, полезного сигнала, где $\sigma_{ш}$ определен несколько меньше заданной величины для АБГШ.

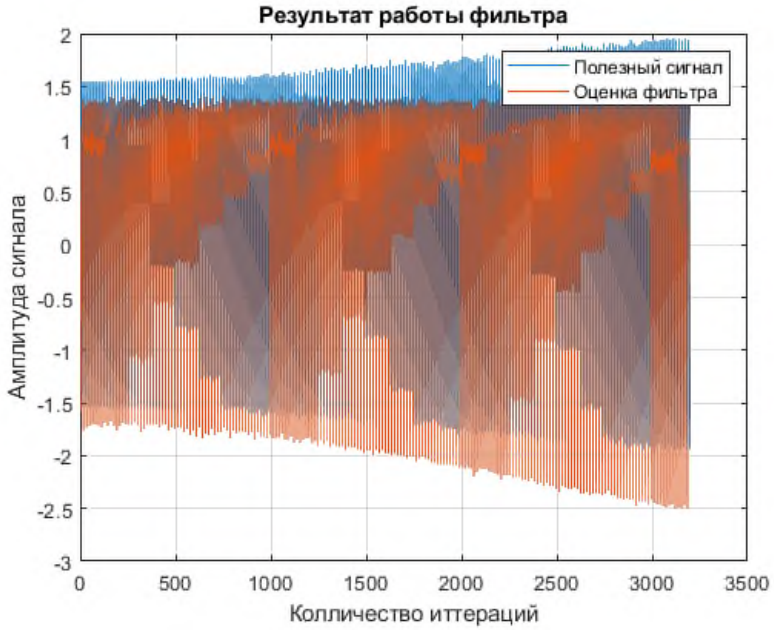


Рис. 1. Результат работы фильтра без переменной калибровки в условиях неизменной дисперсии шума.

На рисунке 2 показаны искажения сигнала, полученные в результате работы фильтра

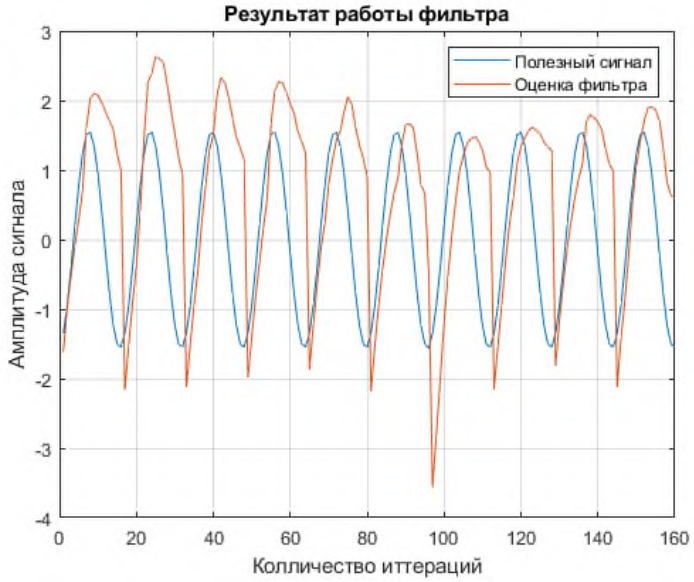


Рис. 2. Искажения сигнала, полученные в результате работы фильтра без переменной калибровки в условиях неизменной дисперсии шума.

Как видно из рисунков 1 и 2 при незначительном уменьшении априорно заданной дисперсии по отношению к реальной сигнал испытывает искажения, однако алгоритм адаптации не расходится.

На рисунке 3 показан результат работы алгоритма без периодической калибровки априорного $\sigma_{ш}$ в условиях линейного увеличения дисперсии АБГШ соразмерно номеру итерации.

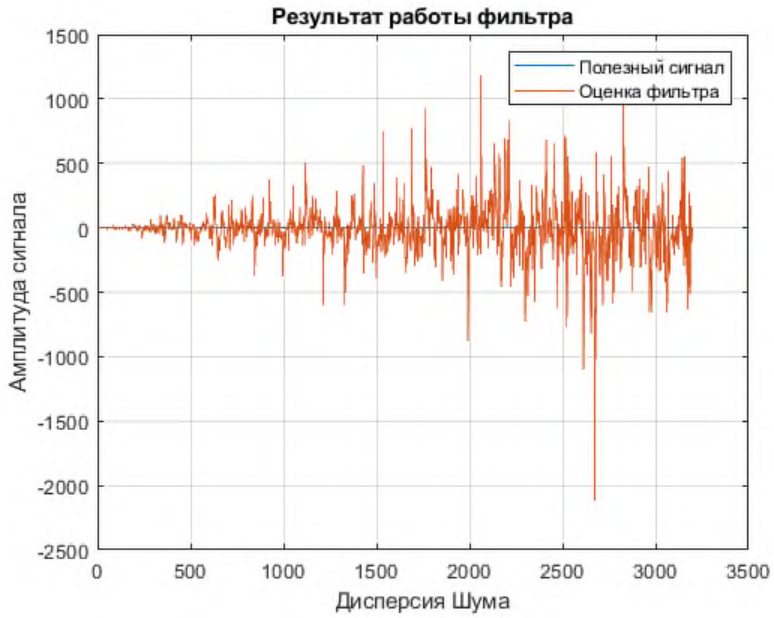


Рис. 3. Результат работы фильтра без переменной калибровки в условиях изменяющегося шума.

На рисунке 4 показан результат работы алгоритма с периодической калибровкой априорного $\sigma_{ш}$, где каждые 70 итераций работы алгоритма полезный сигнал не передавался в течении 5 иттераций, в условиях линейного увеличения дисперсии АБГШ соразмерно номеру итерации.

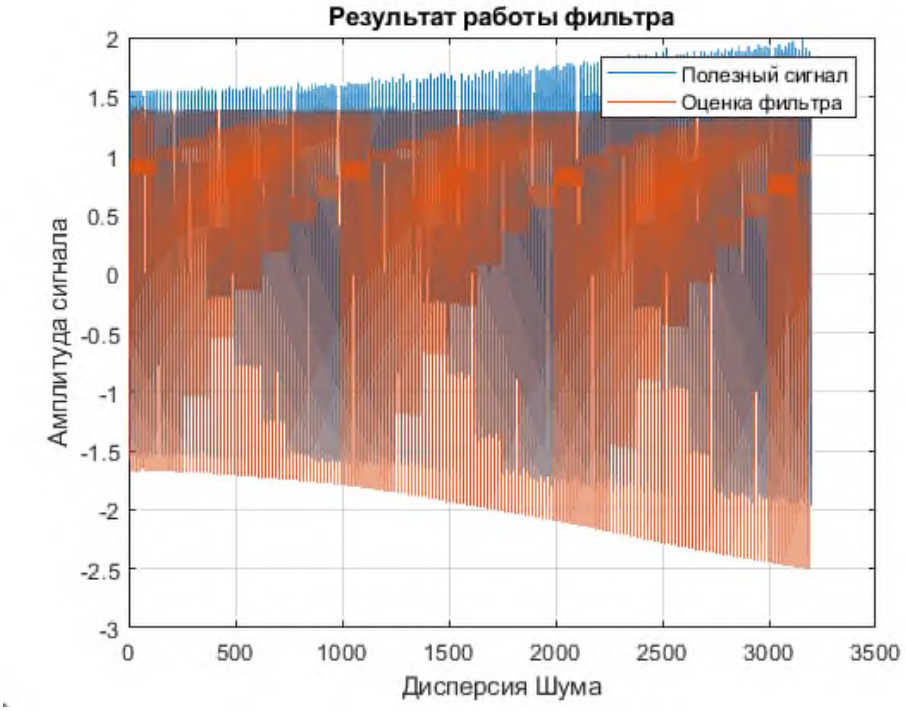


Рис. 4. Результат работы фильтра с переменной калибровкой в условиях изменяющегося шума.

Как видно из рисунков (3,4) предложенный метод оценки действительно позволяет предотвратить расхождение алгоритма в условиях изменяющейся дисперсии шума.

Однако стоит учитывать, что увеличение числа пропущенных итераций так же дополнительно несколько искажает форму полученного сигнала.

На рисунке 5 показаны искажения сигнала, полученные в результате работы фильтра с периодической калибровкой.

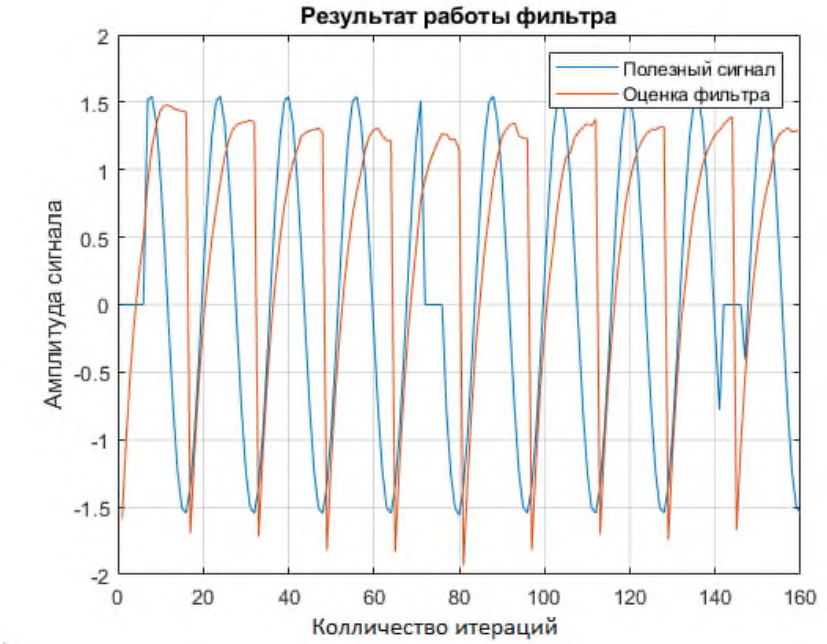


Рис. 5. Искажения сигнала, полученные в результате работы фильтра с переменной калибровкой в условиях изменяющейся дисперсии шума.

Заключение

В данной работе рассмотрены результаты работы АФАР, использующей Калмановский алгоритм адаптации для диаграммобразования, предложен «калибровочный» метод определения ковариации шума измерения в реальном времени. Использование данного метода позволяет эффективно бороться с расхождением алгоритма адаптации при изменяющихся параметрах действующего шума, однако требует более точного исследования допустимого количества пропущенных итераций, для уменьшения искажений оценки полезного сигнала.

Список используемых источников:

1. Адаптивные антенные решетки. Учебное пособие в 2-ух частях. Часть 1.: В.А. Григорьев, С.С. Щесняк, В.Л. Гулюшин, Ю.А. Распаев, О.И. Лагутенко, Щесняк А.С./ под общ. ред. В.А. Григорьева. — СПб: Университет ИТМО, 2016 — с. 179

2. Лыгач А. Н., Давыденко И. Н. Исследование фильтра Калмана в курсе цифровой обработки сигналов // Информационные радиосистемы и радиотехнологии 2022 : материалы научно-технической конференции. С. 172–177.

3. Солонина А. И. Цифровая обработка сигналов в зеркале MATLAB. СПб. : БХВ-Петербург, 2018. 548 с.

4. D. Yu, Y. Xia, L. Li, Z. Xing, and C. Zhu, “Distributed covariance intersection fusion estimation with delayed measurements and unknown inputs,” IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Syst., vol. 51, no. 8, pp. 5165–5173, 2021.

Schedrin A., Boyko I., Glushankov E.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Methods for estimating measurement noise in a receiving adaptive antenna array operating on the principles of Kalman filtering.
The article is dedicated to the examination of a method for estimating measurement noise in a receiving adaptive antenna array, using the Kalman algorithm for adaptive beamforming purposes. The relevance of this work is justified by the need to find optimal methods for utilizing Kalman algorithms for beamforming in dynamic signal-to-noise conditions. The article considers a receiving antenna system that operates under a priori uncertainty of dynamic angular coordinates of the incoming signal. It describes the principle of the method for estimating measurement noise, which is based on periodic calibration of the receiving antenna system, allowing real-time estimation of noise variance. In conditions of a priori unknown dynamic signal-to-noise environment, it is assumed that this method can enhance the stability of the Kalman algorithm to changes in noise variance.

Key words: adaptive antenna array, adaptive beamforming, Kalman filter, measurement noise variance.

УДК 621.396.67
ГРНТИ 47.45.29

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ИСТОЧНИКОВ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМОВ СВЕРХРАЗРЕШЕНИЯ

Е. И. Глушанков[1], Д. С. Сыроветник[2]
[1]Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича
[2]ООО «Эйртэго»

Создана модель сложного радиосигнала с изменяемым набором входных параметров и сгенерированы модели антенных решеток с разным числом антенных элементов в среде MATLAB. Рассмотрены случаи прихода нескольких сложных радиосигналов на различные антенные решетки. Проведен сравнительный анализ алгоритмов сверхразрешения и выбран наиболее эффективный для использования в системе координометрии.

сложный радиосигнал, антенная решетка, алгоритм сверхразрешения, пеленгатор, алгоритм координометрии, MATLAB

В настоящее время стремительно развиваются и находят полномасштабное реальное применение малогабаритные терминалы радиосвязи. В связи с этим появилась актуальная и важная задача по определению местоположения таких источников сигналов. Из-за малых

размеров терминалов радиосвязи и потенциально большого их скопления на территории, охватываемой шириной луча диаграммы направленности антенной решетки, требуется применение более точных и сложных алгоритмов пеленгования, а именно основанных на принципе сверхразрешения.

Существует множество алгоритмов сверхразрешения с разной вычислительной сложностью и точностью результатов [1]:

- алгоритм сканирования лучом;
- MVDR (Capon);
- MUSIC;
- ESPRIT;
- и другие.

В рамках данной работы были рассмотрены 2 модели плоских эквидистантных антенных решеток (далее — АР) – 2x2 с 4 антенными элементами (далее — АЭ) и 4x4 с 16 АЭ, работающих на частоте 1000 МГц (рис. 1). В них реализуются алгоритмы сверхразрешения сканирования лучом, MVDR и MUSIC. Алгоритм ESPRIT не рассматривался в силу его реализации в MATLAB только для линейных АР.

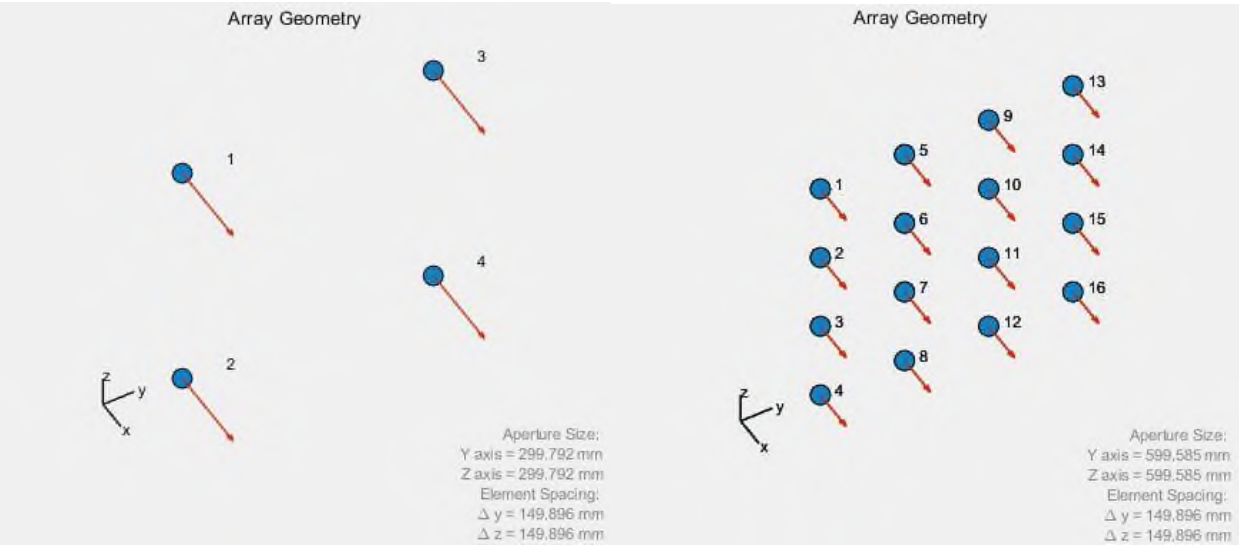


Рис. 1. Модели АР, сгенерированные в среде MATLAB

При генерации сложного сигнала, состоящего из простых сигналов, приходящих с разных направлений, использовались следующие параметры (заданные вручную или сгенерированные случайным образом):

- количество простых сигналов;
- частота простого сигнала;
- частота дискретизации простых сигналов;
- направление прихода простого сигнала;
- уровень мощности простого сигнала;
- уровень случайно генерируемого нормального шума [2].

Для АР, состоящей из 4 АЭ, был рассмотрен предельный вариант, при котором сложный сигнал состоял из 3 простых, приходящих с разных направлений. Для стандартных алгоритмов сверхразрешения число АЭ должно быть больше числа источников сигналов [3].

Параметры сложного радиосигнала, состоящего из 3 простых, приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Параметры сложного радиосигнала, состоящего из 3 простых

№	Частота, Гц	Азимут, °	Угол места, °	Уровень мощности, разы
1	3789	78	40	69,66
2	9997	-58	75	86,98
3	5715	-56	-78	55,55

Пространственные спектры алгоритмов сверхразрешения представлены на рис. 2. Результаты по углам прихода представлены на рис. 3.

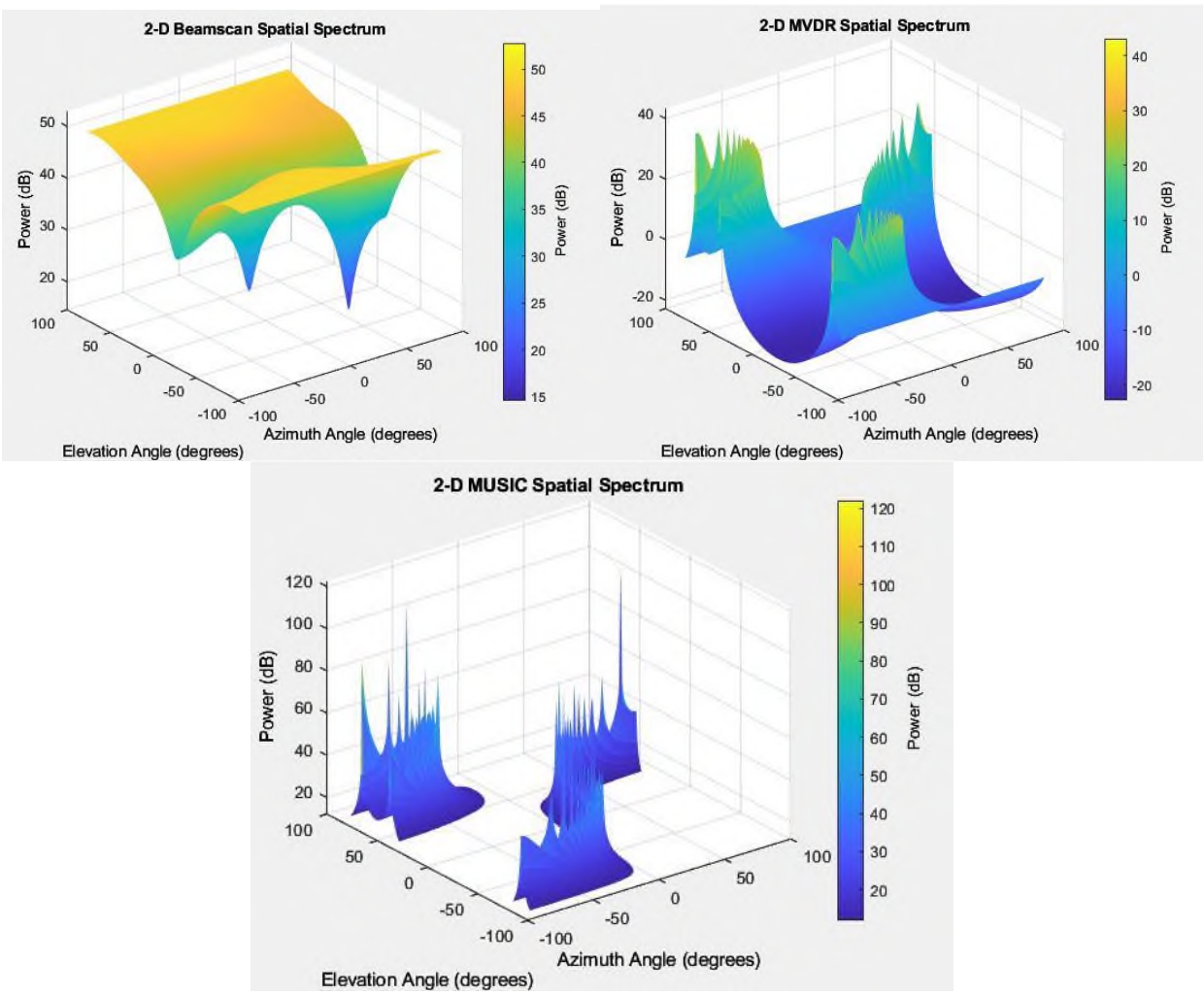


Рис. 2. Спектры алгоритмов сверхразрешения для сигнала с 3 направлений

```
doas_list_sorted =

   -58   -56    78
    75   -78    40
```

```
doas_beamscan_sorted =

   -74   -62   -54
    79    78    77
```

```
doas_mvdr_sorted =

   -70   -63   -58
    40    75   -78
```

```
doas_music_sorted =

   -58   -56    78
    75   -78    40
```

Рис. 3. Результаты по углам прихода для АР 2x2

Из рис. 2 и рис. 3 видно, что алгоритм сканирования лучом не обладает достаточной спектральной «остротой» и найденные направления приходящих сигналов оказываются неверными.

Алгоритм MVDR правильно выделил области приходов сигналов, но из результирующих значений можно выбрать только одно, близкое к истинному.

Алгоритм MUSIC верно определил все 3 направления с точностью до градуса. При этом разница уровней между истинными пеленгами и другими направлениями на десятки децибел превышает аналогичные показатели у других алгоритмов сверхразрешения.

Для АР, состоящей из 16 АЭ, был рассмотрен сложный сигнал, состоящий из 15 простых, приходящих с разных направлений. Параметры этого сигнала приведены в таблице 2.

ТАБЛИЦА 2. Параметры сложного радиосигнала, состоящего из 15 простых

№	Частота, Гц	Азимут, °	Угол места, °	Уровень мощности, разы
1	6338	-74	83	15,3
2	9018	27	74	81,9
3	3140	8	-44	33,0
4	2519	-1	38	44,0
5	9388	7	-2	8,1
6	2732	16	67	71,1
7	2219	1	-5	75,0
8	4257	-37	71	51,9
9	5173	68	15	91,3
10	2955	-59	72	72,7
11	2662	88	-8	76,2
12	5003	6	-36	10,7
13	337,5	27	-5	51,7
14	7242	-1	59	1,3
15	4075	-86	41	87,9

Пространственные спектры алгоритмов сверхразрешения представлены на рис. 4. Результаты по углам прихода представлены на рис. 5.

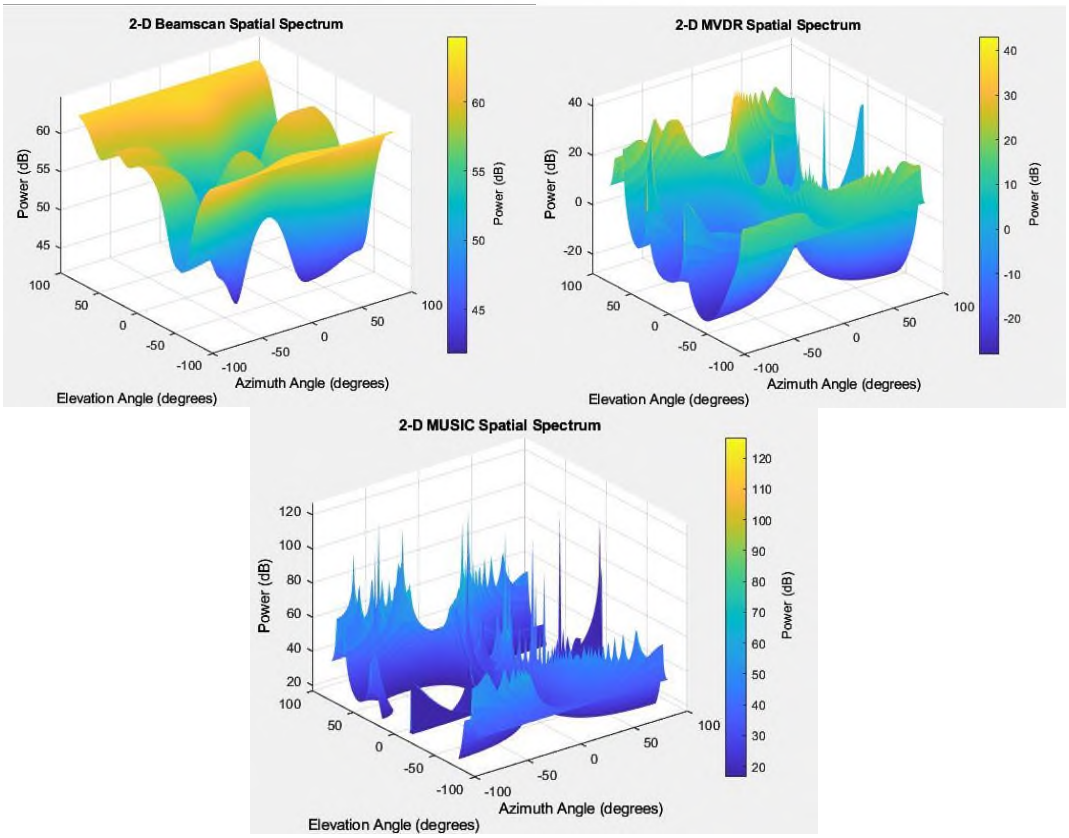


Рис. 4. Спектры алгоритмов сверхразрешения для сигнала с 15 направлений

```
doas_list_sorted =

   -86   -74   -59   -37    -1    -1     1     6     7     8    16    27    27    68    88
    41    83    72    71    38    59    -5   -36    -2   -44    67    74    -5    15    -8


doas_beamscan_sorted =

   -83     3     3    43    67   NaN   NaN   NaN   NaN   NaN   NaN   NaN   NaN   NaN   NaN
    40    69    -6   -88    11   NaN   NaN   NaN   NaN   NaN   NaN   NaN   NaN   NaN   NaN


doas_mvdr_sorted =

   -86   -58   -44     1    17    20    23    25    27    29    32    35    38    68    88
    41   -44   -36    71    74    -5    15    38    -8    67    -2    83    71    72    -5


doas_music_sorted =

   -86   -74   -59   -41   -37    -1     1     6     7     8    16    27    27    68    88
    41    83    72    71    71    38    -5   -36    -2   -44    67    -5    74    15    -8
```

Рис. 5. Результаты по углам прихода для АР 4x4

Таким образом, можно сделать вывод, что алгоритм MUSIC является наиболее эффективным в задачах сверхразрешения для антенных решеток 4-16 элементов.

При успешном его применении будут получены пеленги на один или несколько близконаходящихся источников сигнала. Затем на основе полученных пеленгов возможно применение алгоритма координометрии (определение трёхмерных координат) к каждой из целей.

Список используемых источников:

1. Harry L. Van Trees / Optimum Array Processing: Part IV of Detection, Estimation, and Modulation Theory, 2002 p. 1139 – 1194.
2. Primak S., Kontorovich V., Lyandres V. Stochastic Methods and Their Applications to Communications Stochastic Differential Equations Approach, 2004 p. 88 – 95.
3. Ермолаев В. Т., Флаксман А. Г. Методы оценивания параметров источников сигналов, 2007. стр. 42.

Glushankov E.[1], Syrovetnik D.[2]

[1]The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication
[2]LLC "Airtago"

Determination of coordinates of signal sources using super-resolution algorithms. A model of a complex radio signal with a variable set of input parameters was created and models of antenna arrays with different numbers of antenna elements were generated in the MATLAB environment. Cases of the arrival of several complex radio signals at various antenna arrays are considered. A comparative analysis of super-resolution algorithms was carried out and the most effective one was selected for use in the coordinateometry system.

Key words: Complex radio signal, antenna array, super-resolution algorithm, direction finder, coordination algorithm, MATLAB.

УДК 621.396.96
ГРНТИ 47.49.02

СРАВНЕНИЕ ТОЧНОСТИ НЕКОГЕРЕНТНЫХ И КОГЕРЕНТНЫХ СПОСОБОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕНИ ЗАДЕРЖКИ СИГНАЛОВ

А. А. Хренов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Проведено сравнение известных некогерентных и когерентных методов измерения времени задержки сигналов. На основе математического моделирования определены границы отношения сигнал-шум, при которых целесообразно использовать указанные методы. Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации алгоритмов измерения параметров положения источников радиоизлучения в комплексах радиомониторинга в зависимости от текущей радиоэлектронной обстановки.

время задержки, фронт импульса, некогерентный метод, корреляционный метод, взаимная корреляционная функция

В комплексах радиомониторинга, применяющих методы определения параметров положения источников радиоизлучения (ИРИ) и базирующихся на измерении времени распространения сигналов (дальномерные, суммарно-дальномерные, разностно-дальномерные), применяются разнообразные варианты некогерентных и когерентных алгоритмов. Обычно алгоритмы расчета в некогерентных измерителях требуют при реализации существенно

меньших вычислительных затрат, однако проигрывают в помехоустойчивости когерентным измерителям [1].

Цель статьи – на основе математического моделирования определить области предпочтительного применения некогерентных и когерентных методов измерения времени задержки сигналов.

1. Некогерентный метод

Рассмотрим метод измерения времени задержки по фронту импульса, суть которого заключается в следующем [2]. С момента превышения порога обнаружения, установленного над уровнем шумов, в течение интервала времени T_0, перекрывающего длительность переднего фронта импульса, производится поиск максимального значения амплитуды огибающей сигнала $A_{макс}$. Затем на интервале T_0 находится момент времени, в который значение огибающей сигнала равно $A_{макс}$ / 2.

Потенциальная среднеквадратическая ошибка измерения времени прихода импульса (СКО метода) определяется выражением [2]: $\sigma_{\tau_ф} = \tau_ф / \sqrt{q}$, где $\tau_ф$ – длительность фронта принимаемого импульса, q – отношение сигнал/шум (ОСШ).

Данный метод нашел применение при реализации разностно-временного способа пеленгования [2].

Методы поиска центра импульса делятся на две основные группы – требующие предварительной пороговой обработки и не требующие [3]. К последним относится, например, аппроксимация по методу наименьших квадратов, позволяющая получить наиболее качественные оценки, близкие к потенциальным. Однако, недостатком данного метода является большая вычислительная сложность, обусловленная обращением матрицы.

Наибольшее распространение среди методов, требующих пороговую обработку, получили метод центра тяжести и медианный метод, так как они могут быть реализованы в реальном масштабе времени. Недостатком данных методов является необходимость пороговой обработки, поскольку адаптация уровня порога к сигналу всегда приводит к увеличению вычислительных затрат.

Медианный метод определения момента прихода основан на поиске медианы импульса, т.е. номера отсчета, слева и справа от которого, площади импульса равны.

Метод центра тяжести основан на поиске энергетического центра импульса, который производится по следующей формуле:

$$M = \sum_{j=0}^{N-1} j \cdot s(j) \Big/ \sum_{j=0}^{N-1} s(j),$$

где $s(j)$ – отсчеты анализируемой последовательности.

Для описанных выше методов вычисления производятся для участка сигнала, превышающего порог обнаружения. В процессе моделирования в качестве порога обнаружения использовалось значение:

$$A_{\text{порог}} = M\left[n(j)\right] + 3 \cdot \sigma\left(n(j)\right), \quad (1)$$

где $n(j)$ – амплитуда шумовых отсчетов.

Метод центра тяжести без пороговой обработки (косвенный) заключается в построении функции [4]: $v(j) = \sum_{g=0}^{N-1} g \cdot s\left((g+j) \bmod N\right)$, и определении номера отсчета g, соответствующего пересечению данной функции с уровнем: $v_{M_1} = (1/N)\sum_{j=0}^{N-1} v(j)$.

Все рассматриваемые методы определения момента прихода сигналов широко применяются в разностно-дальномерных комплексах пассивной локации, однако, они имеют следующие недостатки:

- точность измерения зависит от ОСШ, которое должно быть не менее 10 – 15 дБ на всех приемных позициях, что трудно обеспечить на практике;
- необходимо обеспечивать высокую точность формирования временных отсчетов на всех приемных позициях (не хуже 100 нс);
- применимы только для РЭС, излучающих импульсные сигналы.

2. Когерентный метод

В когерентном измерителе время задержки при распространении сигнала вычисляется по максимуму взаимной корреляционной функции (ВКФ). Достоинством метода является его универсальность, поскольку он применим как для импульсных, так и для непрерывных сигналов. Величина задержки $\tau = \tilde{m} \cdot \Delta t$ принятого сигнала $\dot{x}(k)$ относительно опорного $\dot{x}_0(k)$ соответствует положению максимума модуля ВКФ $r(m)$:

$$\tilde{m} = \arg\max_{\{m\}} \left|r(m)\right| = \left|\sum_{k=1}^{N} x_0(k) \times \dot{x}(k-m)\right|,$$

где N – число отсчетов цифрового сигнала: $N = T_{\text{С}} / \Delta t_{\text{Д}}$; $T_{\text{с}}$ – длительность сигнала; $\Delta t_{\text{д}}$ – период дискретизации.

При достаточно большой длительности сигнала с целью сокращения вычислительной сложности применяется метод быстрого вычисления ВКФ на основе преобразования Фурье: $r(m) = F^{-1}\left(F(\dot{x}_0(k)) \cdot F(\dot{x}^*(k-m))\right)$, где $F^{-1}(\cdot)$ – обратное преобразование Фурье; $F(\cdot)$ – прямое преобразование Фурье; $(\cdot)^*$ – знак комплексного сопряжения.

Метод на основе преобразования Фурье позволяет получить выигрыш в более чем 10 раз по сравнению с прямыми вычислениями при $N > 1024$, а вычислительная сложность оценивается как $M\left(12N\log(2N) + 8N\right)$ [5].

3. Результаты модерирования

При моделировании в качестве модели сигнала использовался одиночный ЛЧМ импульс полосой 10 МГц и длительностью 30 мкс, огибающая и спектр которого показаны на рис. 1.

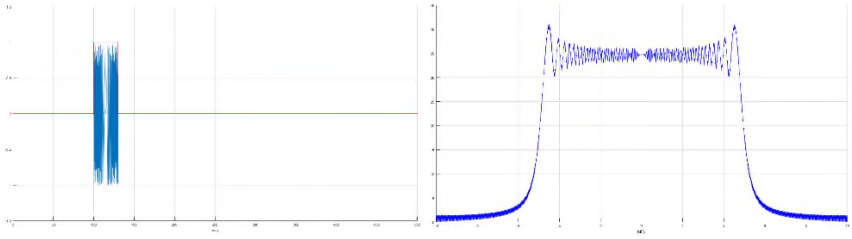


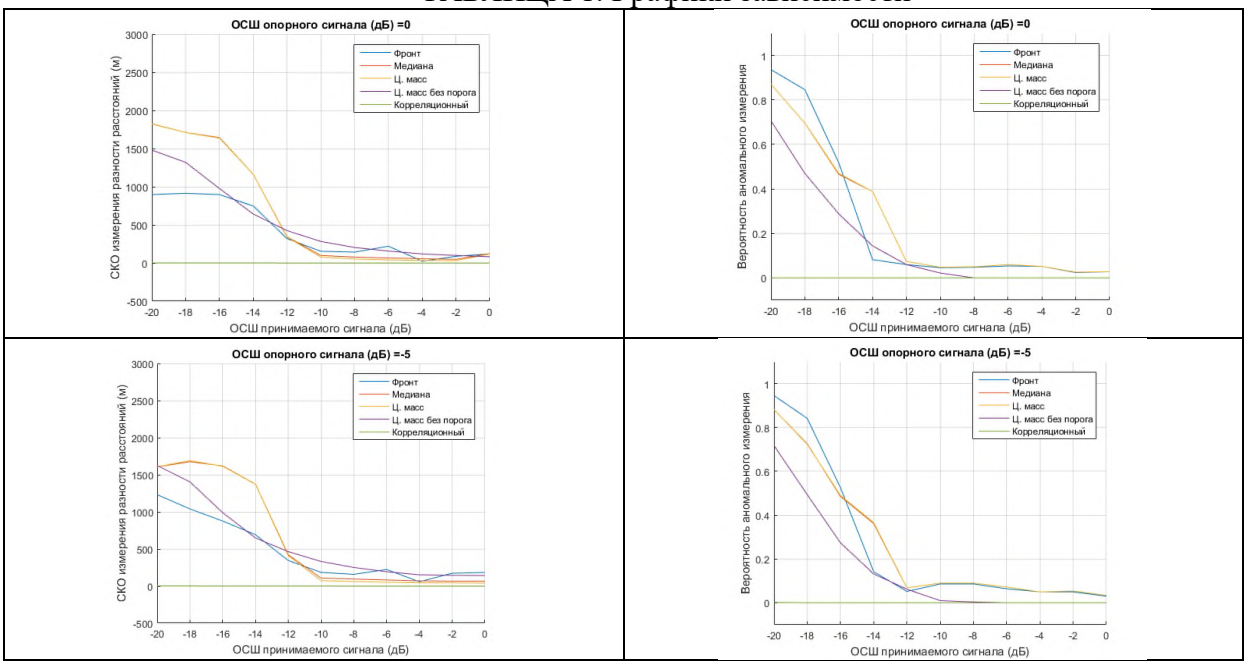
Рис. 1. Огибающая и спектр ЛЧМ сигнала

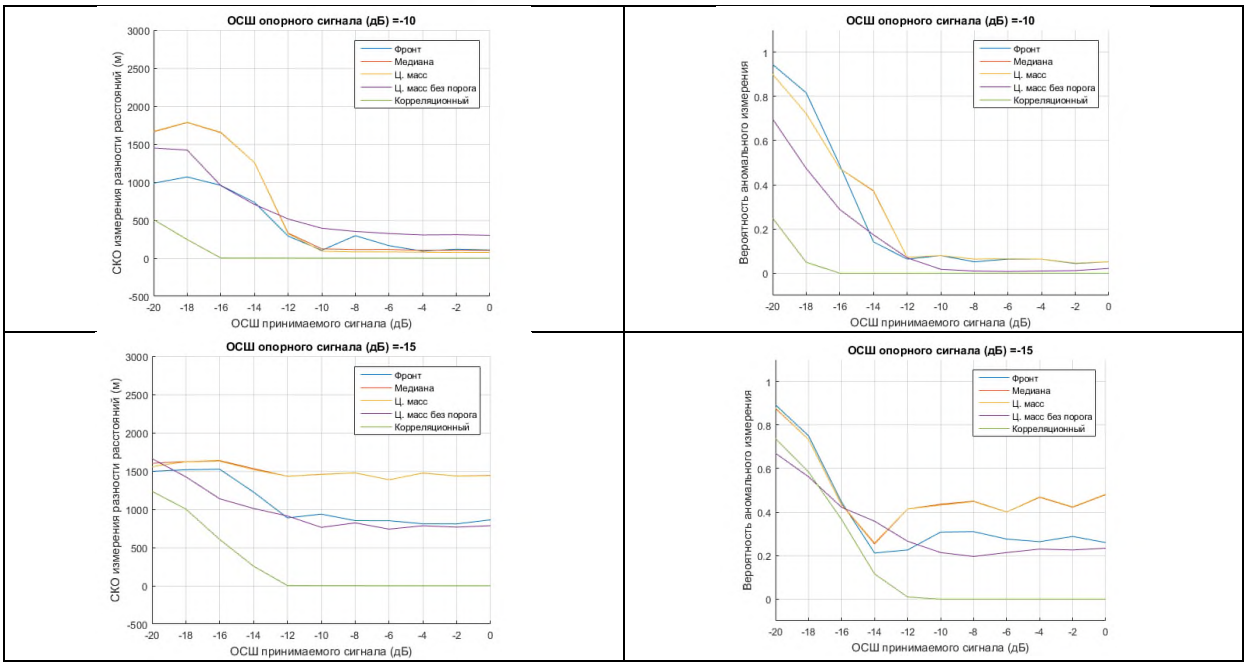
Порог выбирался в соответствии с выражением (1). Его наличие предполагает наличие шумовых выбросов, превышающих собственное значение, поэтому на обнаруженные импульсы накладывалось ограничение, не позволяющее учитывать импульсы длительностью $\tau \leq 0.5$ мкс.

Сравнение методов проводилось для пары сигналов с различным ОСШ по мощности, задаваемое для опорного и основного каналов приема. Ошибка измерения оценивалась как СКО погрешности определения времени задержки пересчитанная в метры. Эталонная временная задержка между сигналами была задана равной нулю как в опорном, так и целевом каналах приема. Измерения разности расстояний, превышающие по модулю 3000 м, расценивались как аномальные и не учитывались при расчете СКО.

В результате моделирования для фиксированных значений ОСШ опорного сигнала получены графики зависимости СКО оценки разности расстояний и графики вероятности аномальной ошибки в зависимости от ОСШ принимаемого сигнала представленные в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Графики зависимости





Анализ графиков показывает, что при больших и при малых (менее (–15) дБ) ОСШ в опорном и приемном каналах все методы определения задержки дают приблизительно одинаковый результат, как по статистическим характеристикам определения времени задержки, так и по уровню аномальных ошибок.

При промежуточных значениях ОСШ когерентный прием сигналов позволяет получить выигрыш по точности, по сравнению с другими методами на 15-70%. Это обусловлено тем, что в рассматриваемой помеховой ситуации корреляционный прием сигналов является оптимальным, по критерию минимум СКО ошибки определения задержки.

Выводы

1. При больших отношениях сигнал-шум (более 10…15 дБ) предпочтительнее использовать некогерентные методы, требующие при реализации меньших вычислительных затрат.
2. Когерентные методы дают существенный прирост точности в интервалах отношения сигнал-шум от − 15 дБ до + 10 дБ.
3. При отношениях сигнал-шум менее − 15 дБ оба сравниваемые методы неработоспособны.

Список используемых источников:

1. Тихонов В. И. Статистическая радиотехника. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1982. 624 с.

2. Пальчик О.В., Андреев В.Г. Обработка данных триангуляционного измерителя // Цифровая обработка сигналов и ее применения: Материалы докладов VI международной конференции.– Москва, 2004.– Т. II.–С. 197-200.

3. Венедиктов А.З., Пальчик О.В. Параметрическая оптимизация алгоритма оценивания положения одиночного видеоимпульса // Цифровая обработка сигналов и ее применения: Материалы докладов VII Международной конференции. Москва, 2005. – Т. 2. – С. 283-285.

4. Пальчик О.В. Фильтрация одиночного импульса совместно с положением его экстремума // Рязань: Вестник РГРТУ. – 2007. – №22. – С. 28-33.

5. Айфичер Э., Джервис Б. Цифровая обработка сигналов: практический подход: пер. с англ. – М.: Вильямс, 2004. – 992 с.

Khrenov A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Comparison of the accuracy of incoherent and coherent methods of signal delay time measurement.

The paper considers incoherent and coherent methods of signal delay time measurement. The first, although they have certain disadvantages, are the most common and are based on the measurement of the pulse signal at the edge or at the center of the pulse. Coherent methods are devoid of these disadvantages and can achieve better accuracy and noise resistance.

Key words: delay time, pulse edge, incoherent method, correlation method, mutual correlation function.

УДК 621.398
ГРНТИ 47.14.17

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ КРОСПЛАТФОРМЕННОГО ОПТИЧЕСКОГО IOT РАДАРА ДЛЯ INDOOR-ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

И. А. Шойтов

Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе приведено исследование возможности разработки и реализации кроссплатформенного микроволнового IoT радара для indoor-позиционирования на базе оптического сенсора OV2640 и периферийного оборудования на базе гибридных технологий проводных и беспроводных сетей с использованием таких протоколов как Modbus, WI-Fi и. Произведен выбор оборудования, приведены проектные решения, разработка схемы и разводка печатной платы. Показано, что реализация системы indoor-позиционирования с использованием оптического сенсора возможна и способна обеспечить гибкую, функциональную и не менее надежную систему, чем решение с использованием классических систем INDOOR позиционирования.

умный дом, IoT, WI-Fi, Bluetooth, indoor-позиционирование

Система внутреннего позиционирования (Indoor Positioning System, IPS) представляет собой локальную систему определения местоположения внутри зданий и закрытых сооружений, где обычные спутниковые навигационные

системы неэффективны. Подобно другим системам позиционирования, IPS состоит из набора базовых узлов, таких как базовые станции и активные метки. Основной принцип работы таких систем заключается в отслеживании координат меток базовыми станциями с использованием различных методов, таких как трилатерация, мультилатерация и триангуляция. В традиционных системах внутреннего позиционирования применяются технологии, включая инфракрасное, ультразвуковое и радиочастотное позиционирование.

В настоящее время основной сложностью в системах внутреннего позиционирования является требование использования активных меток, устанавливаемых непосредственно на отслеживаемых объектах. Это значительно ограничивает возможности применения таких систем в домашних условиях.

Для преодоления этой трудности, можно рассмотреть вариант применения оптической визуальной технологии позиционирования, которая отличается от традиционных систем тем, что не требует использования активных меток.

Оптическая визуальная система позиционирования основана на использовании камер для определения местоположения объектов в пространстве. Принцип ее работы заключается в анализе визуальных данных, получаемых с камер, для определения координат и ориентации отслеживаемых объектов. Эта технология не требует применения активных меток на объектах, так как использует натуральные визуальные характеристики объектов или их образы для определения позиции.

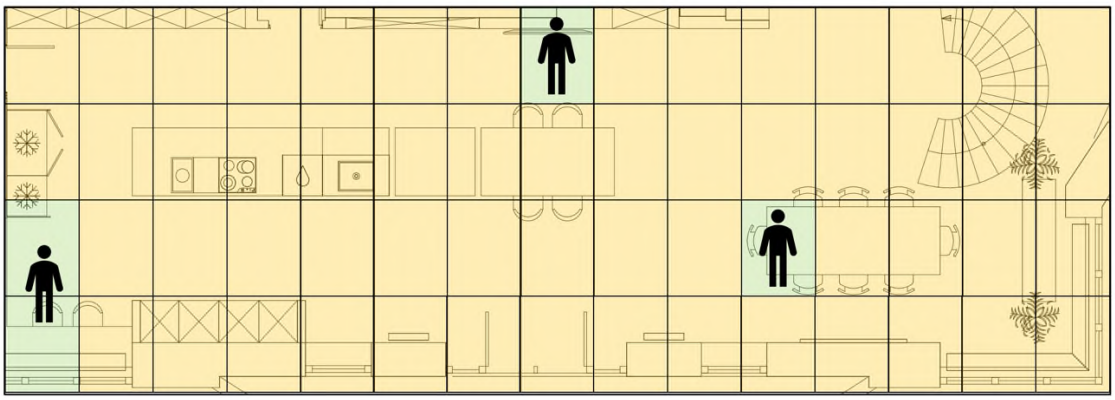


Рис. 1. Графическое представление работы оптического позиционирования

Для проектируемого устройства были определены следующие технические требования:

−возможность использования различных протоколов передачи данных для интеграции в системы *IOT: Modbus, WI-Fi и Bluetooth;*

−низкое энергопотребление: до 3 Вт;

−количество отслеживаемых объектов (людей): от 5 шт;

−компактные габариты финального устройства: до 10 на 10 см;

−широкий угол зоны отслеживания объектов: от 150° по горизонтали и 150° по вертикали.

−возможность локального распознавания (обработки изображения прямо на радаре, без доступа к удаленным серверам)

В качестве базы для разрабатываемого радара был выбран сенсор *OV2640*, обладающих следующими характеристиками:

−разрешение: 2 мегапикселя;

−частота работы: до 60 кадров/сек;

−угол раскрытия (с объективом): 160° по горизонтали, 160° по вертикали;

−напряжение питания: 3.3 В.

Для подключения радара к системам *IoT* выбраны следующие и модули:

--ESP32-WROVER-I (WI-Fi, Bluetooth)

−MAX485 (Modbus)

Была разработана схема подключения устройств, в соответствии с технической документацией к каждому модулю (рис. 2).

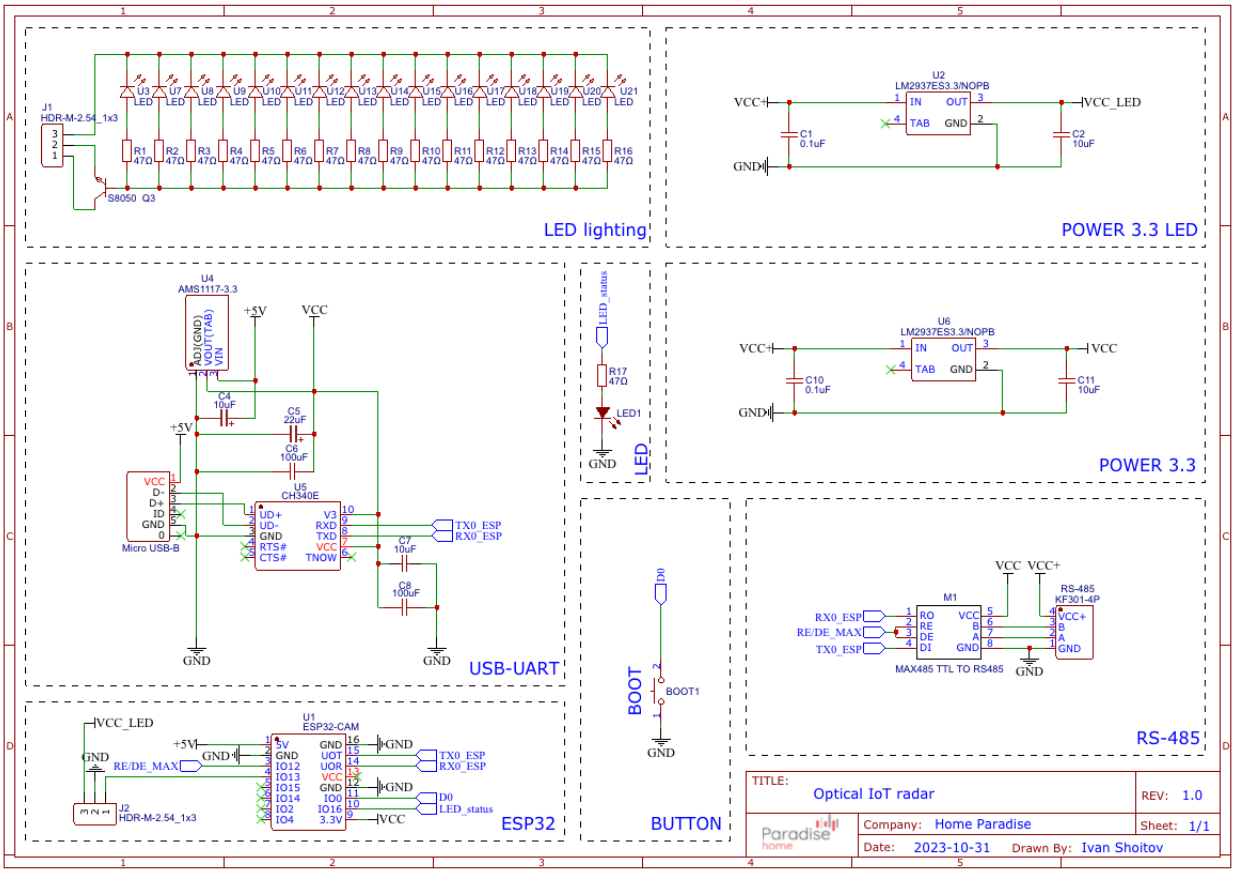


Рис. 2. Схема разрабатываемого устройства

На основе данной схемы была разведена печатная плата (представлена на рисунке 3).

Плата обладает следующими особенностями:

- двухслойное строение;
- толщина стеклотекстолита: 1 мм;
- толщина токопроводящих дорожек: 18 мкм;
- размер 80 на 80 мм.

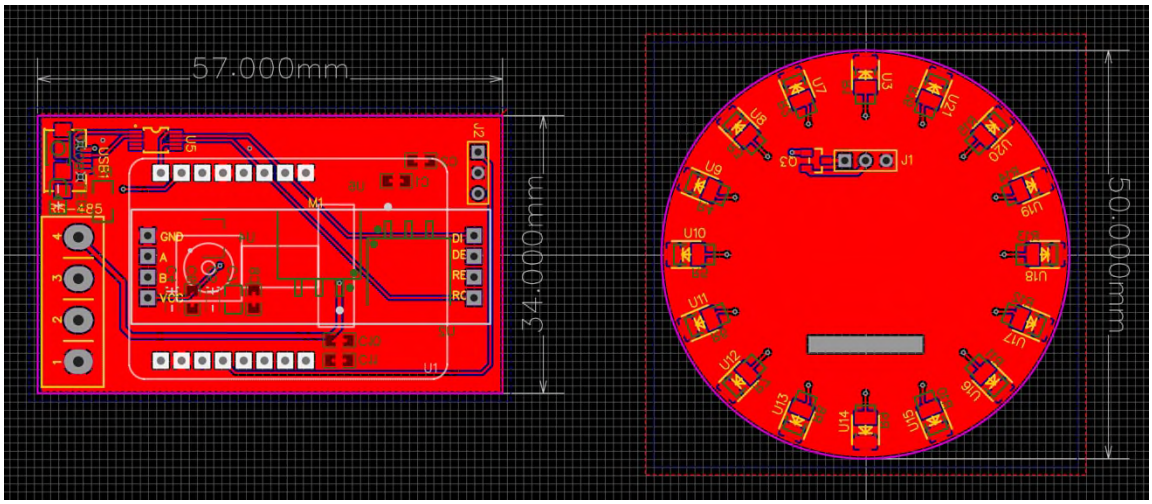


Рис. 3. Изображение разведенной платы радара

На рисунке 4 представлено концептуальная трехмерная модель прототипа проектируемого устройства, разработанная на основе разведенной печатной платы. Данная модель необходима для дальнейшего проектирования корпуса устройства.

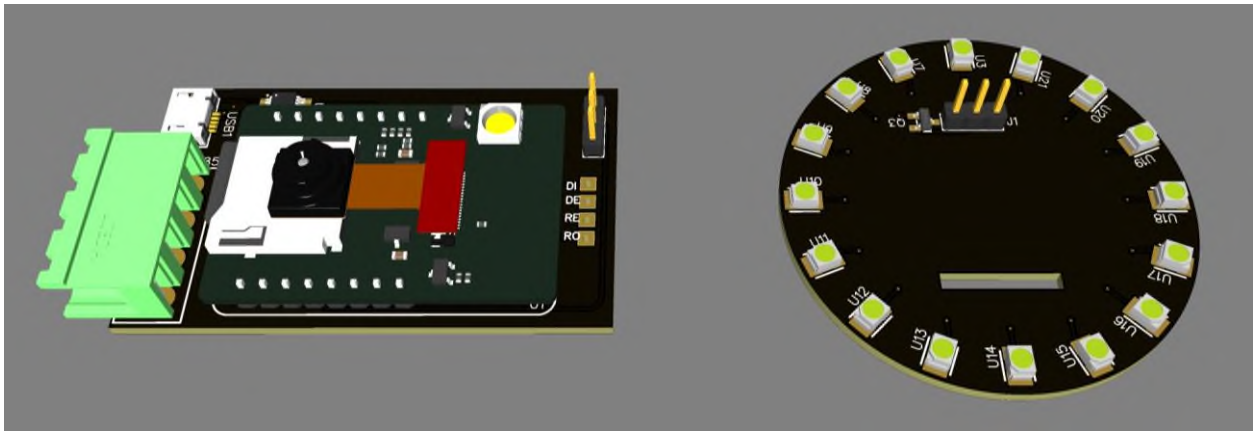


Рис. 4. Трёхмерная модель радара

В результате проделанной работы был спроектирован первый прототип разрабатываемого устройства (*Proof of Concept)*, готовый к дальнейшему производству и тестированию.

Список используемых источников:

1. Indoor positioning system / [Электронный ресурс] // Wikipedia: [сайт]. — URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Indoor_positioning_system (дата обращения: 10.06.2023).

2. OV2640 Color CMOS UXGA Datasheet / OmniVision Technologies [Электронный ресурс] // uctronics.com:[сайт].—

URL: https://www.uctronics.com/download/cam_module/OV2640DS.pdf (дата обращения: 10.06.2023).

3. Espressif Systems Copyright ESP32 Series Datasheet / Espressif Systems Copyright [Электронный ресурс] // espressif.com: [сайт]. — URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf (дата обращения: 10.06.2023).

4. Texas Instruments CC2538 Powerful Wireless Microcontroller System-On-Chip / Texas Instruments [Электронный ресурс] // ti.com: [сайт]. — URL: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc2538.pdf?ts=1668370855224&ref_url=http%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Fproduct%252FCC2538 (дата обращения: 10.06.2023).

5. Texas Instruments SX1278/SX1276 Wireless Module / Texas Instruments [Электронный ресурс] // ebyte.com: [сайт]. — URL: https://www.micros.com.pl/mediaserver/info-rf%20e19-868m20s.pdf (дата обращения: 18.06.2023).

Shoitov I.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Investigation of the possibility of developing a cross-platform optical iot radar for indoor positioning.

This paper presents a study of the possibility of developing and implementing a cross-platform microwave IoT radar for indoor positioning based on the OV2640 optical sensor and peripheral equipment based on hybrid technologies of wired and wireless networks using protocols such as Modbus, WI-Fi and. The choice of equipment was made, design solutions were given, the development of the circuit and the wiring of the printed circuit board. It is shown that the implementation of an indoor positioning system using an optical sensor is possible and capable of providing a flexible, functional and no less reliable system than a solution using classical INDOOR positioning systems.

Key words: smart home, IoT, WI-Fi, Bluetooth, indoor-positioning.

2.5 Информационные технологии Арктики

УДК 004.421
ГРНТИ 47.14.17

АЛГОРИТМ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

А. В. Запайщиков, Д. В. Козлов, А. Б. Степанов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Данная работа посвящена разработке алгоритма, обеспечивающего вейвлет-анализ сейсмических сигналов. Проведены испытания датчика сейсмических сигналов на полуострове Таймыр, получен сейсмический сигнал, к которому применяется разработанный алгоритм, позволяющий автоматически выявлять информационные признаки в сигнале и выполнять их классификацию в реальном времени.

сейсмический сигнал, вейвлет-анализ, Арктическая зона Российской Федерации, Таймыр, анализатор сейсмических сигналов, алгоритм

Сейсмические сигналы – волны, способные переносить энергию упругих (механических) колебаний в горных породах земной коры. Источником сейсмической волны может быть землетрясение, взрыв, вибрация, удар и любое воздействие на горные породы, вызывающие в них появление упругих колебаний [1].

Вейвлет – это математическая функция для частотно-временного анализа сигналов, которая позволяет анализировать сигналы как по времени, так и по частоте, что даёт возможность получения большей информации о сигнале [2].

Для работы с сигналами в частотно-временной области используется вейвлет-преобразование [3]. Выделяют:

1. Непрерывное вейвлет-преобразование – позволяет выявить информационные признаки в сигнале.
2. Дискретное вейвлет-преобразование – позволяет осуществить сжатие и очистку сигнала от шума.
3. Гармоническое вейвлет-преобразование – позволяет определить переходные процессы в сигнале.

Данная работа является актуальной, поскольку в настоящее время требуется использование устройств, позволяющих в реальном времени выявлять процессы, свидетельствующие о сейсмической активности земной коры.

Научная новизна заключается в разработке алгоритма, использующего математический аппарат вейвлетов [4] и искусственных нейронных сетей для выявления сейсмической активности земной коры.

Целью данной работы является разработка алгоритма анализа сейсмических сигналов на основе вейвлет-анализа и искусственных нейронных сетей, позволяющего выявлять информационные признаки в сигнале, для обнаружения сейсмической активности земной коры в автоматическом режиме. Данный алгоритм должен быть реализован на элементной базе, пригодной для реализации автономных устройств и обеспечивающей работу в реальном времени.

Данная цель достигается путём решения следующих задач:

1. Разработать алгоритм вейвлет-анализа сейсмических сигналов.
2. Выполнить моделирование данного алгоритма в системе MATLAB.
3. Выбрать элементную базу, пригодную для реализации разработанного алгоритма.
4. Реализовать данный алгоритм на выбранной элементной базе.
5. Испытать разработанное устройство в реальных условиях эксплуатации.
6. Оценить эффективность и скорость работы алгоритма прибора.

На рисунке 1 представлен разработанный алгоритм для вейвлет-анализа сейсмических сигналов.

Блок получения и загрузки сигнала позволяет выполнять запись сейсмического сигнала с заданными характеристиками (частота дискретизации, амплитуда и др.) и загрузить его в память вычислителя для дальнейшей обработки.

Блок выбора вейвлета для непрерывного вейвлет-преобразования предназначен для загрузки вейвлета в вычислитель. В данной работе в качестве примера использовался вейвлет «Мексиканская шляпа».

Блоки выполнения непрерывного вейвлет-преобразования и получения матрицы вейвлет-коэффициентов предназначены для преобразования отсчётов сейсмического сигнала в матрицу вейвлет-коэффициентов. В анализаторе при вычислении непрерывного вейвлет-преобразования используется метод на основе быстрого преобразования Фурье.

Блок визуализации матрицы в виде вейвлет-спектрограммы предназначен для преобразования полученной матрицы в виде графика для отображения на дисплее устройства (либо подключенном мониторе).

Блок анализа вейвлет-коэффициентов позволяет выявлять информационные признаки в сигнале, выборочно анализируя значения вейвлет-коэффициентов, соответствующих основной частоте детали сигнала.

Блок интеллектуальной оценки полученных данных с помощью искусственных нейронных сетей позволяет автоматически определять информационные признаки в сейсмическом сигнале.

Блок вывода результатов обработки сигнала предназначен для отображения полученных результатов на дисплее.

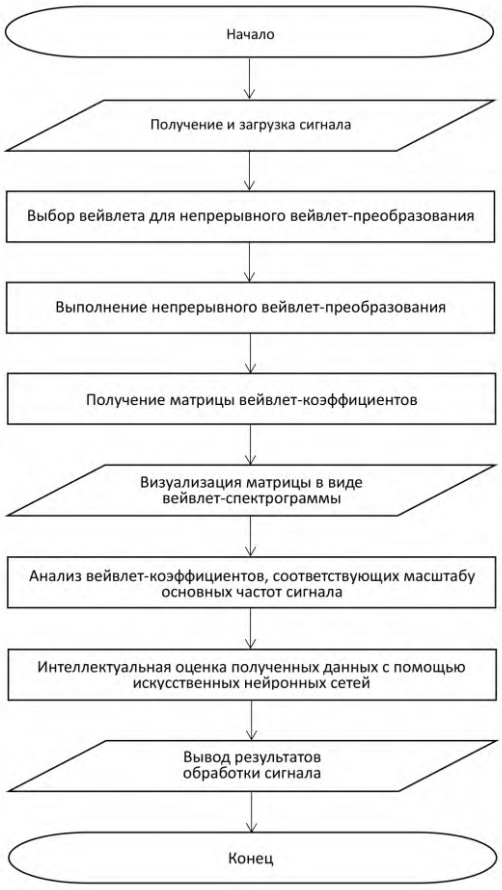


Рис. 1. Разработанный алгоритм для вейвлет-анализа сейсмических сигналов

В соответствии с предложенным алгоритмом после его моделирования в MATLAB, авторами был разработан анализатор сейсмических сигналов, представленный на рисунке 2 [5]. При реализации вычислителя использовался одноплатный компьютер Nvidia Jetson Nano, обладающий высокой производительностью и позволяющий реализовать предложенный алгоритм в реальном времени.

Рис. 2. Разработанный анализатор сейсмических сигналов

Данное устройство было испытано в рамках арктической экспедиции СПбГУТ на полуострове Таймыр (по маршруту: г. Санкт-Петербург, г. Дудинка, пгт. Диксон, г. Норильск, г. Санкт-Петербург). На рисунке 3 представлен трёхмерный график распространения сейсмической волны от генератора сейсмических сигналов и схема установки датчиков на площади

1 м^2. Измерения проводились в тундре близ пригорода Норильска при температуре -23°С.

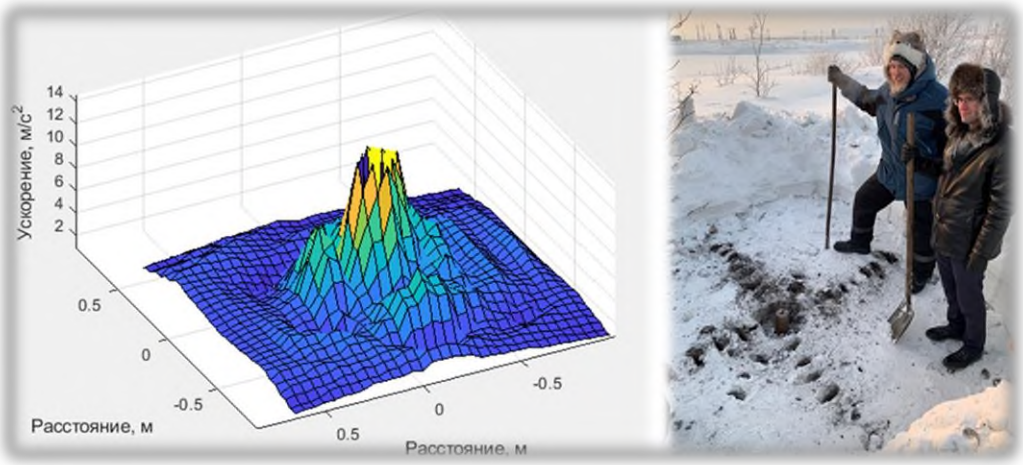


Рис. 3. Проведение испытаний

Как видно из графика, сейсмическая волна распространяется неравномерно. На её амплитуду влияет наличие камней и других неоднородностей в почве.

На рисунке 4 представлен снимок экрана, полученный в результате работы анализатора сейсмических сигналов. На верхнем рисунке представлен график сейсмического сигнала, выводимый на экран в реальном времени. Вейвлет-спектрограмма (средник график) позволяет локализовать информационные признаки в сигнале. Красной линией на вейвлет-спектрограмме автоматически выделяется основная частота сигнала. На нижнем графике показан срез матрицы непрерывного вейвлет-преобразования для указанной частоты.

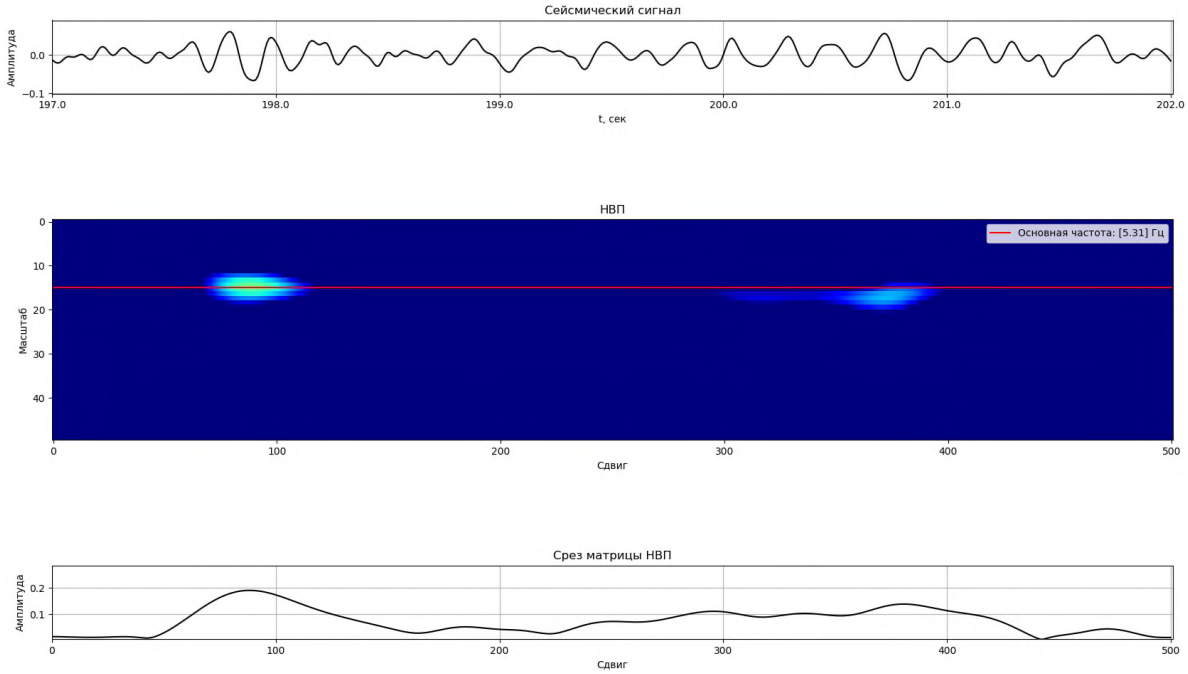


Рис. 4. Результат работы анализатора сейсмических сигналов

В качестве основных результатов работы можно отметить следующее:

1. Разработан и реализован анализатор сейсмических сигналов, позволяющий автоматически выявлять информационные признаки в сигнале и выполнять их классификацию в реальном времени.
2. Разработанное устройство испытано на полуострове Таймыр в реальных условиях работы.

Список используемых источников:

1. Физика сейсмических волн и внутреннее строение Земли / Академия наук СССР; Междуведомственный совет по сейсмологии и сейсмостойкому строительству (Москва); отв. ред. Е. Ф. Саваренский. — М.: Наука, 1983. — 223 с.
2. Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории. Москва: Техносфера, 2004. – 276 с.
3. Штарк Г. Г. Применение вейвлетов для ЦОС. Москва: Техносфера, 2007. – 192 с.
4. Журавов Д.В., Степанов А.Б., Реализация алгоритмов цифровой обработки сигналов на основе непрерывного вейвлет-преобразования средствами MATLAB // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании IV Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сборник научных статей в 2 т. 2015. С. 99-103
5. А.Б. Степанов, А.В. Запайщиков, Д.В. Козлов. Устройство для анализа сейсмических сигналов // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2022): Всерос. науч.-метод. конф. магистрантов и их руководителей. СПб.: СПбГУТ, 2022. С. 163-167.

Zapayshchikov A., Kozlov D., Stepanov A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Algorithm for wavelet analysis of seismic signals.

This work is devoted to the development of an algorithm that provides wavelet analysis of seismic signals. The seismic signal sensor was tested on the Taimyr Peninsula, a seismic signal was obtained, to which the developed algorithm is applied, which allows automatically detecting information signs in the signal and classifying them in real time.

Key words: seismic signal, wavelet analysis, Arctic zone of the Russian Federation, Taimyr, seismic signal analyzer, algorithm.

УДК 004.421
ГРНТИ 47.14.17

ПРИЁМОПЕРЕДАТЧИК МАЛОЙ МОЩНОСТИ НА БАЗЕ МИКРОКОМПЬЮТЕРА

А. В. Запайщиков, Д. В. Козлов, А. Б. Степанов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Данная работа посвящена разработке и созданию портативного приёмопередатчика на базе технологии LoRa. Проведены испытания приёмопередатчика на полуострове Таймыр. Максимальное расстояние передачи сообщения в тундре – 2,5 километра. Использована мощность излучения в 17 дБм, что является половиной от возможного максимального значения мощности. Приёмопередатчик работает на частоте 433 МГц.

приёмопередатчик малой мощности, LoRa, Арктическая зона Российской Федерации, Таймыр, передача сигналов, низкое энергопотребление

Арктическая зона Российской Федерации характеризуется малой плотностью населения. Одной из проблем в арктических регионах (особенно в самых северных широтах) является обеспечение связи. Поэтому создание устройств, предназначенных для обеспечения связи, является актуальной задачей.

Целью данной работы является создание компактного устройства, обладающего низким энергопотреблением, способного передавать и принимать информацию в автономном режиме при отсутствии какого-либо вида связи.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать блок-схему устройства [1].
2. Разработать 3D-модель устройства.
3. Произвести сборку двух одинаковых моделей, являющихся малыми базовыми станциями для обмена информацией в дуплексном режиме [2].
4. Провести необходимые испытания и сделать соответствующие выводы о возможных технических характеристиках.

На рисунке 1 представлена блок-схема приёмопередатчика, разработанного на базе микроконтроллера Arduino Nano и модуля LoRa.

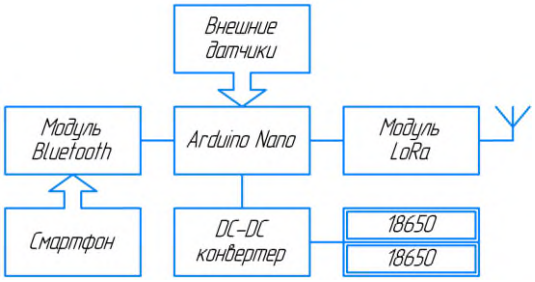


Рис. 1. Блок-схема приёмопередатчика, разработанного на базе микроконтроллера Arduino

Модуль Bluetooth предназначен для приёма данных от источника сообщений (например, смартфона), а также для отправки обратно принимаемых сообщений.

Блок Arduino Nano предназначен для обработки принимаемых и отправляемых сообщений от модуля Bluetooth, а также для обработки данных, полученных от внешних датчиков (при их наличии).

Блок DC-DC конвертер предназначен для преобразования напряжения питания от аккумуляторов до уровня, необходимого для питания Arduino Nano.

Модуль LoRa предназначен для непосредственного осуществления модуляции/демодуляции и передачи/приёма сигнала.

На рисунке 2 представлена разработанная 3D-модель приёмопередатчика, а также два собранных прототипа [3].

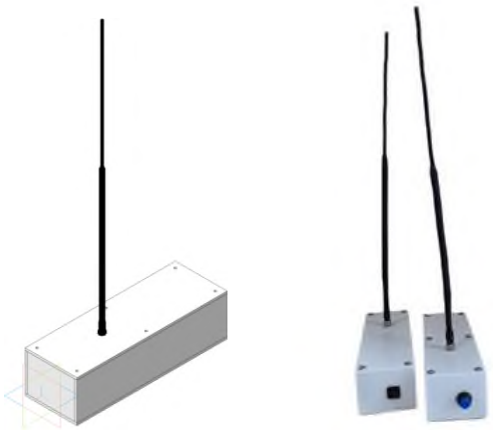


Рис. 2. Разработанная 3D-модель и собранные реальные модели

Испытания устройств были проведены в рамках арктической экспедиции СПбГУТ на полуострове Таймыр. Рабочая частота устройства 433 МГц.

На рисунке 3 представлены терминалы на экранах смартфонов, которые подключенны к разным приёмопередатчикам через Bluetooth.

Рис. 3. Терминалы на смартфонах, куда выводились принятые и отправленные сообщения, а также системная информация (RSSI и SNR)

Наличие информации о принимаемой мощности сигнала (RSSI, дБм) позволило оценить её потери при распространении в зависимости от дальности расположения приёмопередатчиков друг от друга, а наличие информации об отношении сигнал/шум (SNR, дБ) позволило оценить влияние чужих (шумовых) излучений на приёмопередатчики.

Дальность приёма в условиях тундры составила около 2,5 км, что не является пределом, так как испытания были проведены при использовании половины мощности устройств (не более 17 дБм).

Разработанные приёмопередатчики отработали штатно. В качестве недостатков было выявлено неудобство при их использовании совместно со смартфоном. Было принято решение о модификации устройства, обеспечивающее работу без использования смартфона. Для этого в приёмопередатчик были добавлены:

- дисплей;
- клавиатура;
- модуль навигации;
- внешние датчики (компас, датчик температуры, давления, освещённости и др.).

Для обеспечения передачи сообщений различного типа и более удобной работы с применением операционной системы, вместо микроконтроллера Arduino был установлен микрокомпьютер Banana Pi, а также фото/видеокамера и микрофон. Для эргономичности дизайна внешние штыревые антенны были заменены на компактные. Мощность приёмопередатчика увеличена до максимально возможной.

На рисунке 4 представлена блок-схема приёмопередатчика, разработанного на базе микрокомпьютера Banana Pi.

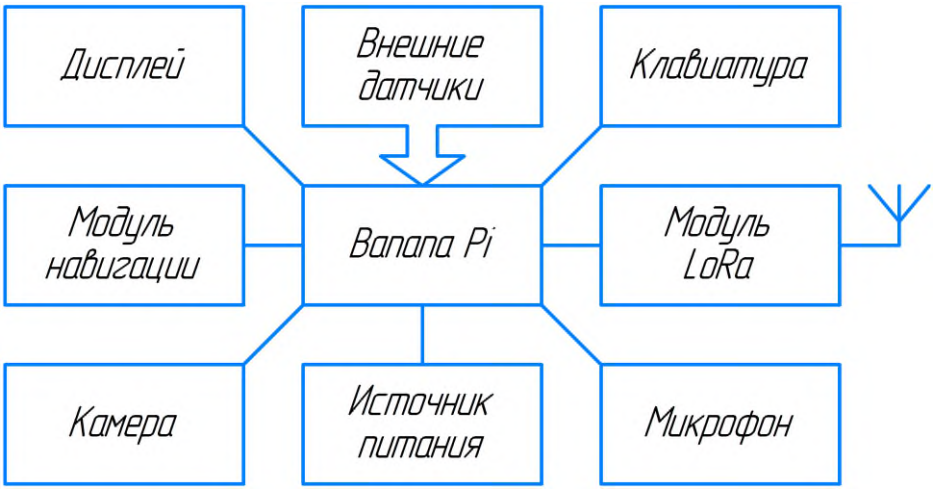


Рис. 4. Блок-схема приёмопередатчика, разработанного на базе микрокомпьютера Banana Pi

Приёмопередатчик позволяет передавать не только текстовые сообщения, но и фото-, видео-, аудиосообщения и другие файлы.

На рисунке 5 представлена 3D-модель устройства.

Рис. 5. 3D-модель устройства, разработанного на базе микрокомпьютера Banana Pi

Данное устройство имеет компактные размеры и может применяться в арктических условиях.

Список используемых источников:

1. Ikpehai et al., "Low-Power Wide Area Network Technologies for Internet-of-Things: A Comparative Review" in IEEE Internet of Things Journal, vol. 6, no. 2, pp. 2225-2240, 2019, doi: 10.1109/JIOT.2018.2883728

2. A.B. Stepanov, D.V. Kozlov, A.G. Vladyko, "Development and Testing of the SD-IoV Node Based on the LoRa Transmitter And STM32F103 Microcontroller", 75th Scientific and Technical Conference in St. Petersburg named after A.S. Popov, dedicated to the Radio Day, 2020, pp. 83-84.

3. Stepanov A.B., Zapaishikov A.V., Rozhkova D.A., Vladimirov S.S., Kozlov D.V. LoRa Based Transceiver for Arctic Region // 2022 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus). St. Petersburg, Moscow, Russia, 2022. pp. 1384-1387.

Zapayshchikov A., Kozlov D., Stepanov A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

A Low-Power Transceiver Based on a Microcomputer. – PP.

This work is devoted to the development and creation of a portable transceiver based on LoRa technology. The transceiver was tested on the Taimyr Peninsula. The maximum transmission distance of a message in the tundra is 2.5 kilometers. An emitted power of 17 dBm was used, which is half of the possible maximum power. The transceiver operates at a frequency of 433 MHz.

Key words: low power transceiver, LoRa, Arctic zone of the Russian Federation, Taimyr, signal transmission, low power consumption.

УДК 004.421
ГРНТИ 47.14.17

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОРТАТИВНОГО ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФА НА ПОЛУОСТРОВЕ ТАЙМЫР

А. В. Запайщиков, Д. В. Козлов, А. Б. Степанов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Данная работа посвящена подведению итогов и анализу результатов, полученных при проведении испытаний автоматического портативного электроэнцефалографа на полуострове Таймыр в рамках арктической экспедиции СПбГУТ в октябре – ноябре 2022 года. Приведены основные цели и задачи. Зарегистрированы реальные сигналы и графики при исследовании электроэнцефалограммы до экспедиции, во время неё, а также по возвращении.

электроэнцефалограмма, электроэнцефалограф, вейвлет-анализ сигнала, Арктическая зона Российской Федерации, Таймыр

Целью данной работы является оценка результатов испытания автоматического портативного электроэнцефалографа, разработанного авторами [1, 2], в рамках арктической экспедиции СПбГУТ на полуостров Таймыр.

Разработка устройств персонализированной медицины является актуальной задачей.

Электроэнцефалограммой (ЭЭГ) называется сигнал, который может быть зарегистрирован на поверхности головы человека и является результатом суммации и фильтрации электрической активности отдельных групп нейронов [3]. Используя полученные данные электроэнцефалограммы, можно проводить функциональную диагностику головного мозга человека [4].

Электроэнцефалографом называется медицинский прибор, который способен регистрировать электрическую активность нейронов головного мозга, полученную на поверхности головы человека. В разработанный авторами автоматический портативный электроэнцефалограф встроена функция вейвлет-анализа сигналов, получение периодограммы Уэлча [5] и интеллектуальная оценка полученных результатов с помощью искусственных нейронных сетей, что позволяет выполнить анализ электроэнцефалограммы без участия врача-физиолога.

На рисунке 1 представлен разработанный авторами автоматический электроэнцефалограф.

Рис. 1. Автоматический портативный электроэнцефалограф

Анализ электроэнцефалограммы с помощью автоматического портативного электроэнцефалографа включает следующие этапы:

1. Подключить электроды к электроэнцефалографу в соответствии со стандартной схемой подключения.
2. Надеть специальный шлем.
3. Расположить электроды на поверхности головы.
4. Зафиксировать электроды на шлеме с помощью специальных держателей (рисунок 2).
5. Запустить электроэнцефалограф.

Программа автоматически проведёт регистрацию электроэнцефалограммы с применением вейвлет-анализа [6, 7], обработки периодограммы и обобщением результатов с помощью искусственных нейронных сетей прямого распространения (рис. 3) и запишет результаты в базу данных, находящуюся во внутренней памяти устройства.

Рис. 2. Проведение испытаний

На рисунке 3 представлен снимок экрана разработанного электроэнцефалографа. Электроэнцефалограф является восьмиканальным. На данном рисунке показан случай с двумя каналами (остальные не задействованы), которые соответствуют лобным отведениям. Во время исследования пациент (мужского пола) в возрасте 23 лет осуществлял моргательные движения. В результате вычисления матрицы вейвлет-коэффициентов и оценки периодограммы Уэлча электроэнцефалограф автоматически определил глазные артефакты с точностью до 90%. На рисунке 3 глазные артефакты выделены маркерами.

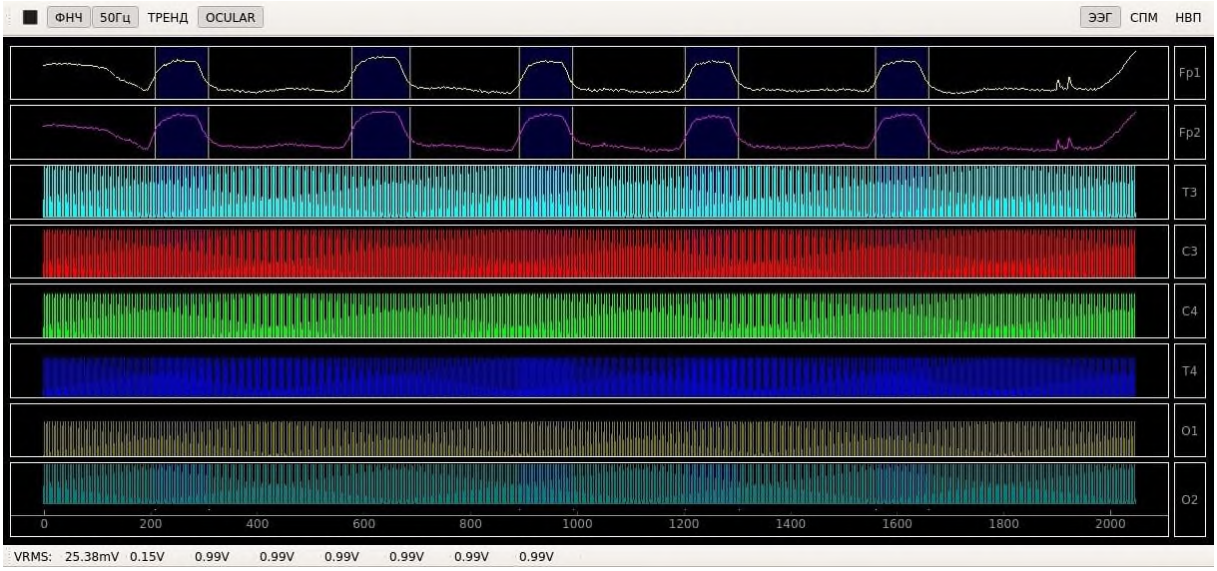


Рис. 3. Электроэнцефалограмма с глазными артефактами

Методика проведения испытаний электроэнцефалографа во время арктической экспедиции:

1. Провести анализ электроэнцефалограммы до начала экспедиции.
2. Провести анализ электроэнцефалограммы во время экспедиции.
3. Провести анализ электроэнцефалограммы по возвращении.
4. Сравнить полученные результаты и сделать выводы.

Данное устройство целесообразно использовать в Арктической зоне Российской Федерации, так как там наблюдается малая плотность населения, и может отсутствовать квалифицированный медицинский персонал.

Исходя из поставленной задачи, электроэнцефалографическое исследование было проведено с участниками экспедиции в возрасте от 21 до 23 лет перед началом арктической экспедиции, во время неё и по возвращении. Сравнив данные анализа одних и тех же испытуемых до начала экспедиции, а также во время экспедиции и по окончании, можно заметить следующую разницу. Электроэнцефалограмма, полученная во время экспедиции, отражает изменение частотного состава относительно предшествующей электроэнцефалограммы. Это может свидетельствовать о том, что испытуемый при переезде в новый регион некоторое время испытывает стресс.

В качестве результатов работы можно отметить следующее:

1. Разработан автоматический портативный электроэнцефалограф.
2. Во время испытаний данное устройство отработало штатно. Были выявлены до 90% глазных артефактов. По результатам анализа получил положительные отзывы физиологов.
3. Автоматический портативный электроэнцефалограф позволяет проводить функциональную диагностику центральной нервной системы не только в Арктической зоне Российской Федерации, но и в других регионах, где наблюдается малая плотность населения, и может отсутствовать квалифицированный медицинский персонал.

Список используемых источников:

1. А.Б. Степанов, Д.В. Козлов, А.В. Запайщиков Автономный портативный электроэнцефалограф на базе одноплатного компьютера Nvidia Jetson // Вестник Воронежского государственного технического университета 2022. Т. 18. № 2. С. 77-85.
2. Запайщиков А.В., Козлов Д.В., Степанов А.Б. Разработка портативного электроэнцефалографа на базе графического процессора. // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2021): Всерос. науч.-метод. конф. магистрантов и их руководителей. СПб.: СПбГУТ, 2022. С. 73-76.
3. Ронкин М.А., Зенков Л.Р. Функциональная диагностика нервных болезней. Руководство для врачей. Изд. 5-е, Издательство МЕДпресс-информ, 2013, 488 с.
4. Арбузов С.М., Степанов А.Б. Применение методов вейвлет-анализа в электроэнцефалографии. СПб.: Линк, 2009. 104 с.
5. Козлов Д.В., Степанов А.Б. Алгоритм выполнения частотно-временного анализа сигналов с применением непрерывного вейвлет-преобразования и метода периодограмм и его реализация на графическом процессоре // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2021. Т. 17. №3. С. 85-93.
6. Stark H.-G. Wavelets and Signal Processing. Berlin: Springer, 2005. 158 p
7. Витязев В.В. Вейвлет-анализ временных рядов. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2001. 58 с.

Zapayshchikov A., Kozlov D., Stepanov A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Test results of an automatic portable electroencephalograph on the taimyr peninsula.

This work is devoted to summarizing and analyzing the results obtained during the tests of an automatic portable electroencephalograph on the Taimyr Peninsula as part of the Arctic expedition of SPbSUT in October – November 2022. The main goals and objectives are given. Real signals and graphs were recorded during the study of the electroencephalogram before the expedition, during it, as well as upon return.

Key words: electroencephalogram, electroencephalograph, signal wavelet analysis, Arctic zone of the Russian Federation, Taimyr.

УДК 629.783
ГРНТИ 89.29

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЕМНИКА СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ ВЬЮНОК В РАМКАХ АРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ СПБГУТ ПО ПОБЕРЕЖЬЮ БЕЛОГО МОРЯ

Д. В. Козлов, Р. С. Рощинский, А. Б. Степанов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Данная работа посвящена описанию результатов исследования приемника спутниковых сигналов «Вьюнок» компании ООО «Спутникс» в условиях Арктической экспедиции СПбГУТ по побережью Белого моря. В качестве передаваемых сигналов использовались изображения биомедицинского сигнала, периодограммы Уэлча, вейвлет-спектрограммы и логотипа СПбГУТ. Оценивается качество принятых сигналов.

спутниковый аппарат, приемник, вейвлет-спектрограмма, периодограмма Уэлча, биомедицинский сигнал, низкоорбитальная группировка спутников

В начале сентября 2023 года студенты, аспиранты и преподаватели СПбГУТ приняли участие во Второй Арктической технологической экспедиции СПбГУТ по побережью Белого моря. В рамках экспедиции были проведены испытания приемника спутниковых сигналов «Вьюнок» компании ООО «Спутниковые инновационные космические системы» [1], позволяющего принимать радиосигналы космических аппаратов.

Целью проводимых исследований было определение возможности передачи сигналов различных типов в виде изображений. Данные исследования являются актуальными, т.к. направлены на обеспечение устойчивого развития арктических регионов нашей страны.

Исследуемый приемник основан на так называемом программно-конфигурируемом радио, в нем такие операции, как фильтрация и демодуляция радиосигнала, осуществляются в основном программным обеспечением, а не электронными фильтрами и устройствами, как в других приёмниках. Это позволяет с одним и тем же приёмником принимать совершенно разные сигналы, используя подходящие программы. Комплекс включает в себя две стационарные антенны на диапазоны 136-146 МГц и 435-438 МГц. Доступен прием следующих видов радиосигналов:

- телеграфные радиосигналы, которые позволяют принимать последовательность импульсов и демонстрировать эффект Доплера;
- снимки с метеоспутников NOAA, Метеор-М, с помощью которых можно отслеживать развитие метеоявлений и изучить распределение температур;
- телеметрия примерно от 50 спутников для оценки нагрева аппарата на Солнечной стороне витка и охлаждение в теневой зоне, а также скорости вращения спутника.

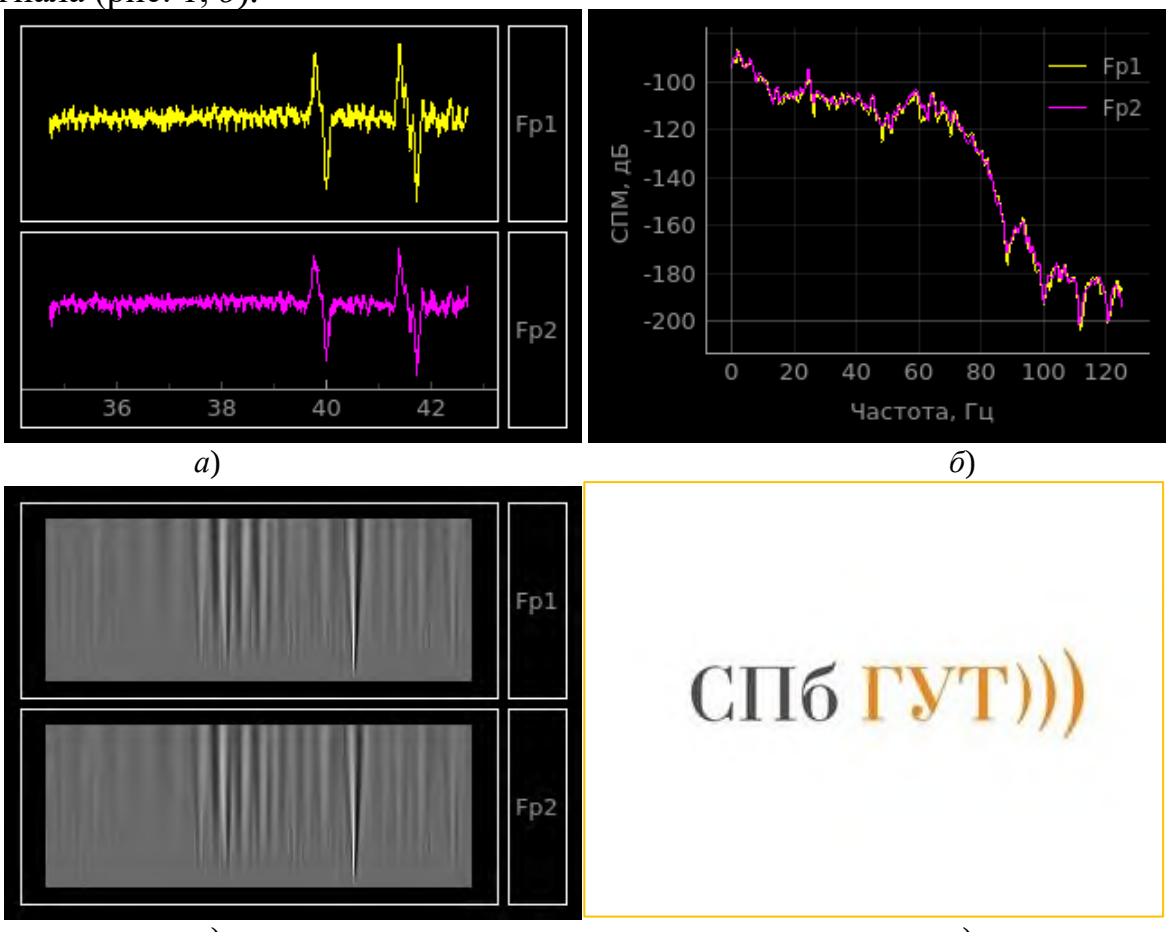
В рамках исследований было обеспечено взаимодействие с космическим аппаратом «Зоркий», который представляет собой современный сверхкомпактный спутник дистанционного зондирования Земли. Несмотря на свои компактные размеры CubeSat 6U, аппарат несет профессиональную камеру-телескоп с разрешением высокой точности – до 6,6 м/пиксель, что ставит его на очень высокий, по мировым меркам, технический уровень для аппаратов такого размера.

Миссия «ОрбиКрафт-Зоркий» предусматривает вывод на низкую околоземную орбиту (НОО) одноименного космического аппарата (КА) и развертывание наземного сегмента для его эксплуатации и получения данных. Данные с КА являются открытыми и не несут коммерческой составляющей, что позволяет принимать и использовать их радиолюбителям и группам по всему миру.

Для передачи в высоких широтах были выбраны следующие изображения (рис. 1):

1. Двухканальный биомедицинский сигнал длительностью 8 с. и частотой дискретизации 250 Гц (рис. 1, *а*).

2. Периодограмма, полученная методом Уэлча биомедицинского сигнала (рис. 1, *б*).



а) *б*)

в) *г*)

Рис. 1. Передаваемые изображения

3. Вейвлет-спектрограмма биомедицинского сигнала (рис. 1, *в*).
4. Логотип СПбГУТ (рис. 1, *г*).
5. Фото членов экспедиции.

Для получения снимков со спутника «ОрбиКрафт-Зоркий», который выведен на НОО, необходимо было сжать изображения до нужного качества: 320×240 точек. Схема подключения комплекса к персональному компьютеру с установленной программой SDRSharp представлена на рис. 2.

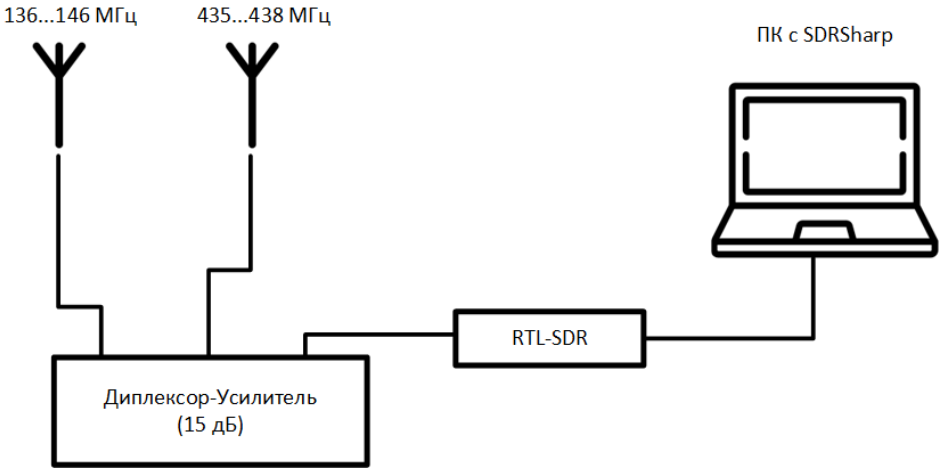


Рис. 2. Схема подключения оборудования

Для отслеживания спутника предоставлена система слежения за спутниками для радиолюбителей и любителей визуальных наблюдений – Orbitron (рис. 3). Программа показывает положения спутников на любой заданный момент (как в реальном времени, так и в режиме симуляции).
Для того чтобы загрузить данные о спутниках используются наборы TLE — двухстрочный формат данных, представляющий собой набор элементов орбиты для спутника Земли.

Формат TLE был определен группировкой NORAD и, соответственно, используется в NORAD, NASA и других системах, которые используют данные группировки NORAD для определения положения интересующих космических объектов.

Когда спутник появляется из-за горизонта и приближается к принимающей стороне, частота принимаемого радиосигнала немного изменится и будет не ровно 137,1 МГц, но на 0,003 МГц выше, а когда спутник будет удаляться, она будет на 0,003 МГц ниже, что связано с эффектом Доплера. Орбитрон автоматически учитывает это и отправляет частоту приема сигнала, скорректированную с учетом эффекта Доплера на SDR# для улучшения качества приема сигнала.

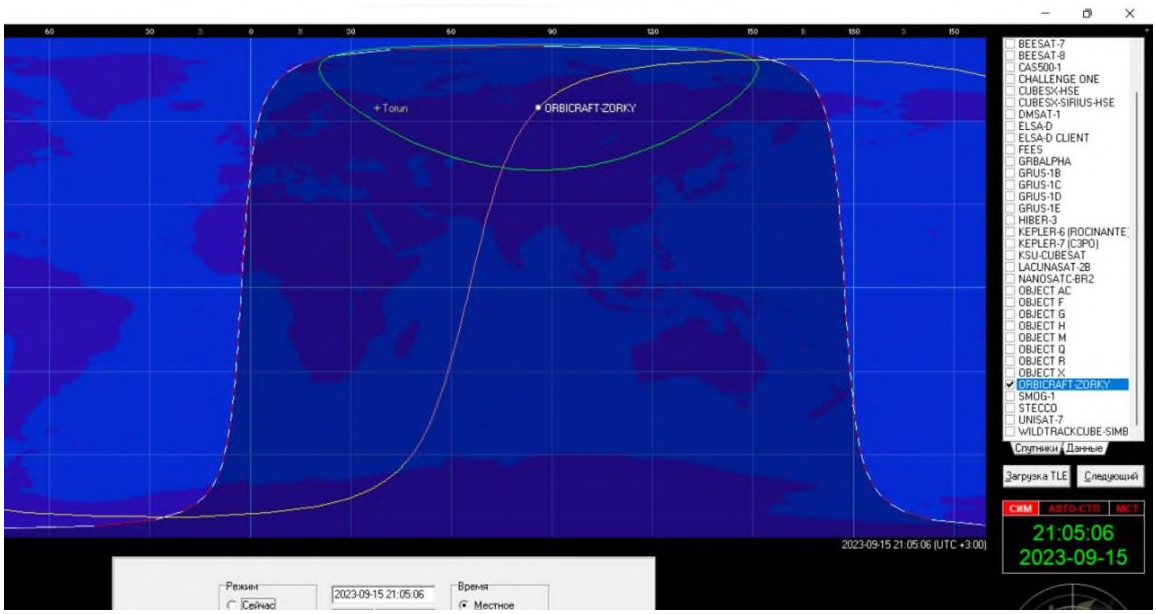


Рис. 3. Система слежения за спутниками

После выбора спутника и настройки на его рабочую частоту (рис. 4), необходимо передавать эти данные в SDRSharp (рис. 5)

Рис. 4. Настройка параметров

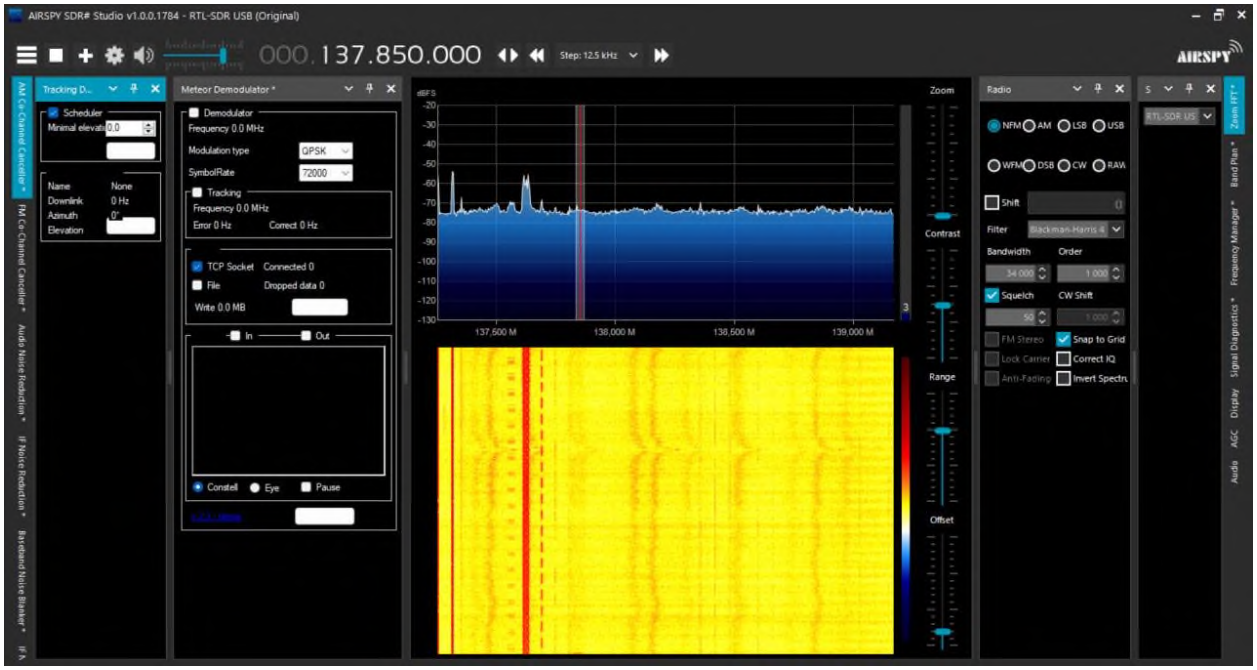


Рис. 5. Окно SDRSharp

Для корректной работы необходимо настроить полосу пропускания на 34 кГц.

После того, как спутник вошел в зону досягаемости приемника, активируется изменение частоты с учетом эффекта Доплера (рис. 6).

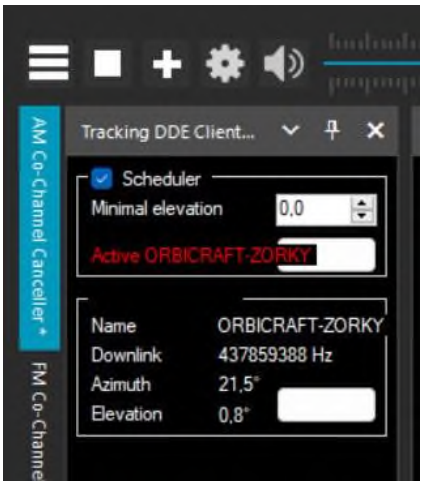


Рис. 6. Корректировка частоты

Для передачи изображений используется медленная развертка – SSTV. Это способ передачи чёрно-белого или цветного изображения по узкополосным каналам связи. Для передачи данных чаще всего используется любительская коротковолновая или ультракоротковолновая радиосвязь. В отличие от классического широкополосного телевидения, требующего полосы шириной 5 МГц и более, и, в зависимости от системы, передающего 25 или 30 кадров в секунду, телевидение с медленной развёрткой позволяет передавать один кадр за время от 8 секунд до нескольких минут, используя полосу порядка 3 кГц.

Для начала декодирования переданных изображений, используется соответствующая программа RXSSTV (рис. 7).

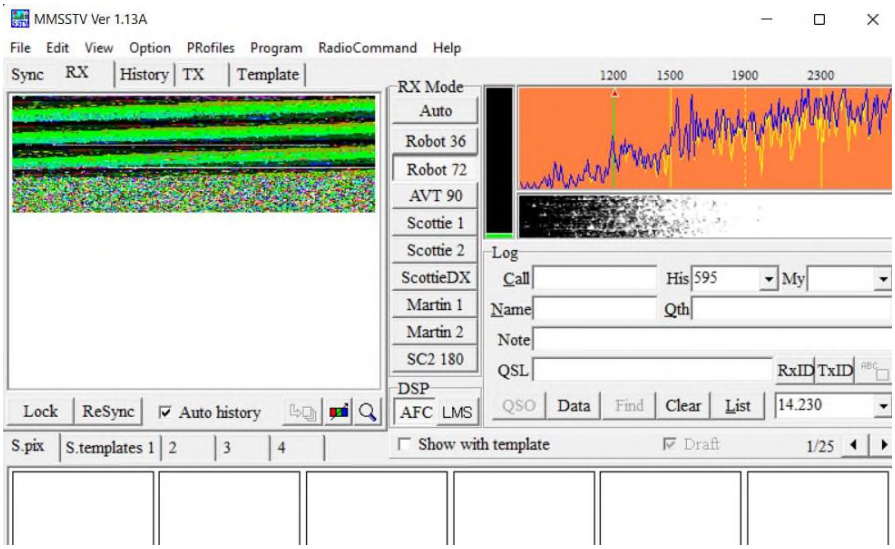


Рис. 7. Окно программы RXSSTV

В результате проведенных исследований в рамках экспедиции на Онежском полуострове удалось получить изображения биомедицинского сигнала (рис. 8, *а*) и периодограммы Уэлча (рис. 8, *б*).

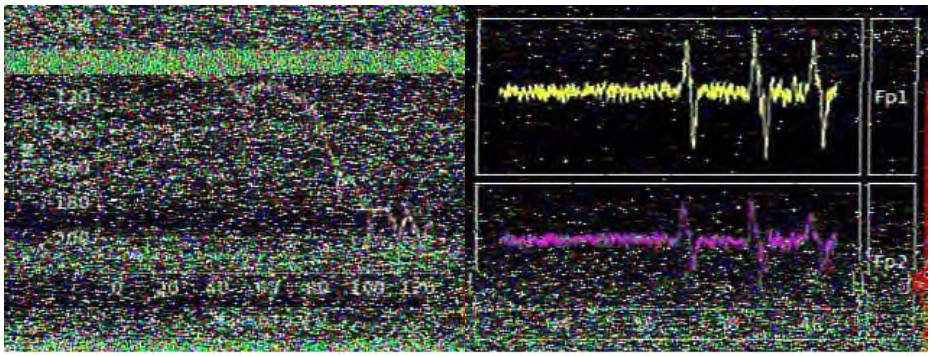


Рис. 8. Полученные сигналы

В качестве основных результатов проведенных исследований можно отметить, что качество полученных сигналов было не всегда приемлемым. В дальнейшем планируется разработка оборудования для передачи сигналов в цифровом виде.

Список используемых источников:
1. Официальный сайт компании Спутникс - https://sputnix.ru/ru/.

Kozlov D., Roshchinsky R., Stepanov A.

The Bonch-Bruevich Saint Petersburg State University of Telecommunications

Investigation of the Satellite Communication Receiver Bindweed Within the Framework of the Arctic Expedition of SUT Along the Coast of the White Sea

This work is devoted to the description of the results of the study of the satellite signal receiver "Convolvulus" of the company "Sputnix" in the conditions of the Arctic expedition of SPbSUT along the coast of the White Sea. Images of a biomedical signal, a Welch periodogram, a wavelet spectrogram and the logo of SPbSUT were used as transmitted signals. The quality of the received signals is evaluated.

Key words: satellite apparatus, receiver, wavelet spectrogram, Welch periodogram, biomedical signal, low-orbit grouping of satellites.

2.6 Экология формирования информационного пространства

УДК 631.416.9(911.52)
ГРНТИ 68.05.43(39.19.31)

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ О ФОНОВЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СМОЛЕНСКОЕ ПООЗЕРЬЕ»

В. А. Обатнин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В работе проведен анализ покрова четвертичных отложений и ландшафтной структуры территории в окрестностях национального парка «Смоленское Поозерье». По результатам анализа указаны границы территорий, для которых фоновое содержание химических элементов в почвах может быть приравнено к их содержанию на фоновых участках национального парка. Результаты могут быть полезны при проведении инженерно-экологических изысканий на территории Смоленской и Тверской областей.

геохимический фон, свинец, медь, кадмий, ландшафтная структура

Инженерно-экологические изыскания предполагают расчет суммарного показателя химического загрязнения почв и грунтов Zc. Для расчета необходимо знать фоновое содержание химических элементов в почвах [1]. Получить эти данные можно в том числе из научно-исследовательских или справочных материалов.

Одним из источников данных могут стать ежегодники «Обзор фонового состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ» [2], где приводится валовое содержание Pb, Cd, Cu в почвах ряда национальных парков и заповедников России. При попытке использовать эти данные при изысканиях возникает две проблемы:

1. Ежегодное изменение публикуемых значений фоновых концентраций.
2. Отсутствие сведений о территории, на которую можно распространять данные о фоновых концентрациях.

Первая проблема объясняется тем, что содержание химических элементов в почвах не может оставаться неизменным в разных пробах. Эту проблему можно решить, применяя на практике средние значения содержания металлов в достаточно большой выборке проб. На основе ежегодников [2] выполнить расчеты проблематично, поскольку в них приводятся средние значения за 3-5 последних лет, при этом не указано количество анализируемых проб по годам. В статье Т. А. Парамоновой и ее коллег [3] приведена более подробная информация, рассчитано среднее

содержание металлов в почвах трех особо охраняемых природных территорий Центральной России (в том числе национальный парк «Смоленское Поозерье») за период с 2007 по 2017 годы (таблица 1).

ТАБЛИЦА 1. Среднее содержание валовых форм Pb, Cd, Cu в почвах фоновых участков национального парка «Смоленское поозерье» за 2007-2017 годы [3]

Тип опробуемых почв	Количество проб (выборка)*	Pb, мг/кг	Cd, мг/кг	Cu, мг/кг
дерново-подзолистые супесчаные	9	8,2	0,24	11,3

*Отбор смешанных проб проводился методом конверта, глубина отбора 0-10 см.

Для решения второй проблемы может быть применен ландшафтный подход. Фоновое содержание химических элементов в почвах во многом зависит от типа почв и состава подстилающих пород [4]. Таким образом, для разных ландшафтных выделов с идентичными почвенно-литологическими характеристиками региональный фон элементов в почвах можно условно принять одинаковым. Цель данной работы – обозначить территории, на которые можно распространять фоновое содержание металлов в почвах национального парка «Смоленское Поозерье».

Национальный парк расположен в южной части зоны осташковского оледенения. Почвообразующий покров в пределах парка и на соседних с ним территориях представлен чередующимися участками моренных валунных суглинков и флювиогляциальных песков и супесей осташковского горизонта [5]. Данные участки можно условно объединить в рамках отдельного физико-географического района (рисунок 1). Южная, юго-восточная и северо-восточная границы этого района проходят по границе осташковского оледенения (к югу от которой залегают отложения аналогичного генезиса, но иного возраста и места происхождения). С севера данный район ограничен широкой полосой лимногляциальных суглинков и глин, приуроченных к долинам рек Межа и Западная Двина. В качестве западной границы условно принимается государственная граница России. Указанные ландшафтные рубежи учитываются при физико-географическом районировании Смоленской [6] и Тверской [7] областей.

Следует отметить, что внутри обозначенного района выделяется 10 более мелких ландшафтных единиц (см. рис 1). При этом многие ландшафтные границы проведены или по бассейновому принципу, или по административным границам субъектов России. Практически все выделяемые ландшафты включают участки и моренных, и флювиогляциальных отложений. Таким образом, границы этих ландшафтов нельзя считать геохимическими рубежами и не имеет смысл использовать при исследовании регионального фона металлов в почвах.

Согласно мелкомасштабной почвенной карте [8], для всего физико-географического района типичны дерново-подзолистые почвы. Согласно

ежегодникам [2], в национальном парке проводится опробование дерново-подзолистых супесчаных почв. В ежегодниках не указано точное местоположение участков опробования, однако вполне вероятно, что почвы легкого механического состава сформировались на флювиогляциальных песках и супесях (см. рис. 1, желтый цвет), а не на моренных суглинках.

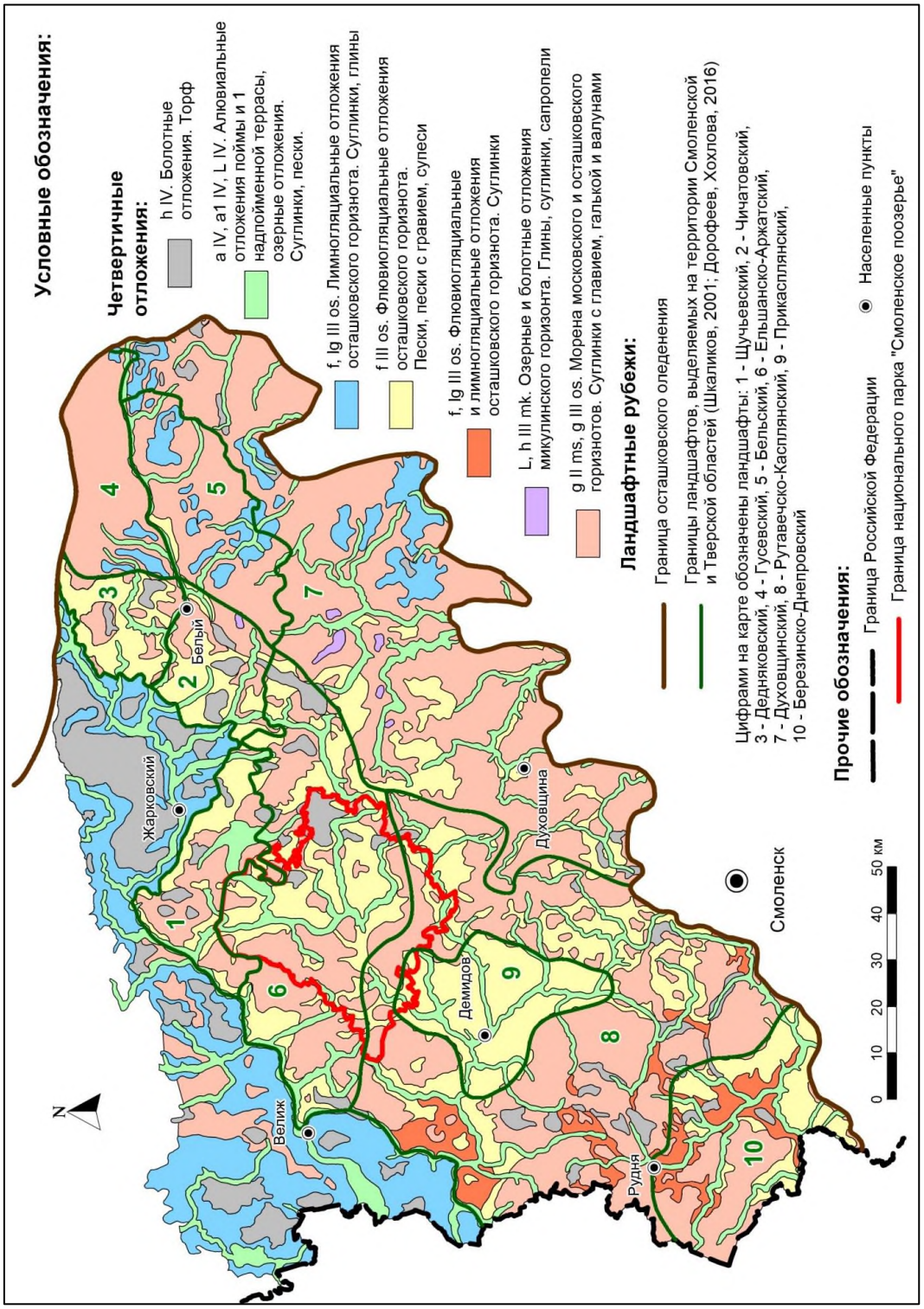


Рис. 1. Четвертичный покров и ландшафтная структура территории в окрестностях национального парка «Смоленское Поозерье». Составлено автором на основе [5, 6, 7]

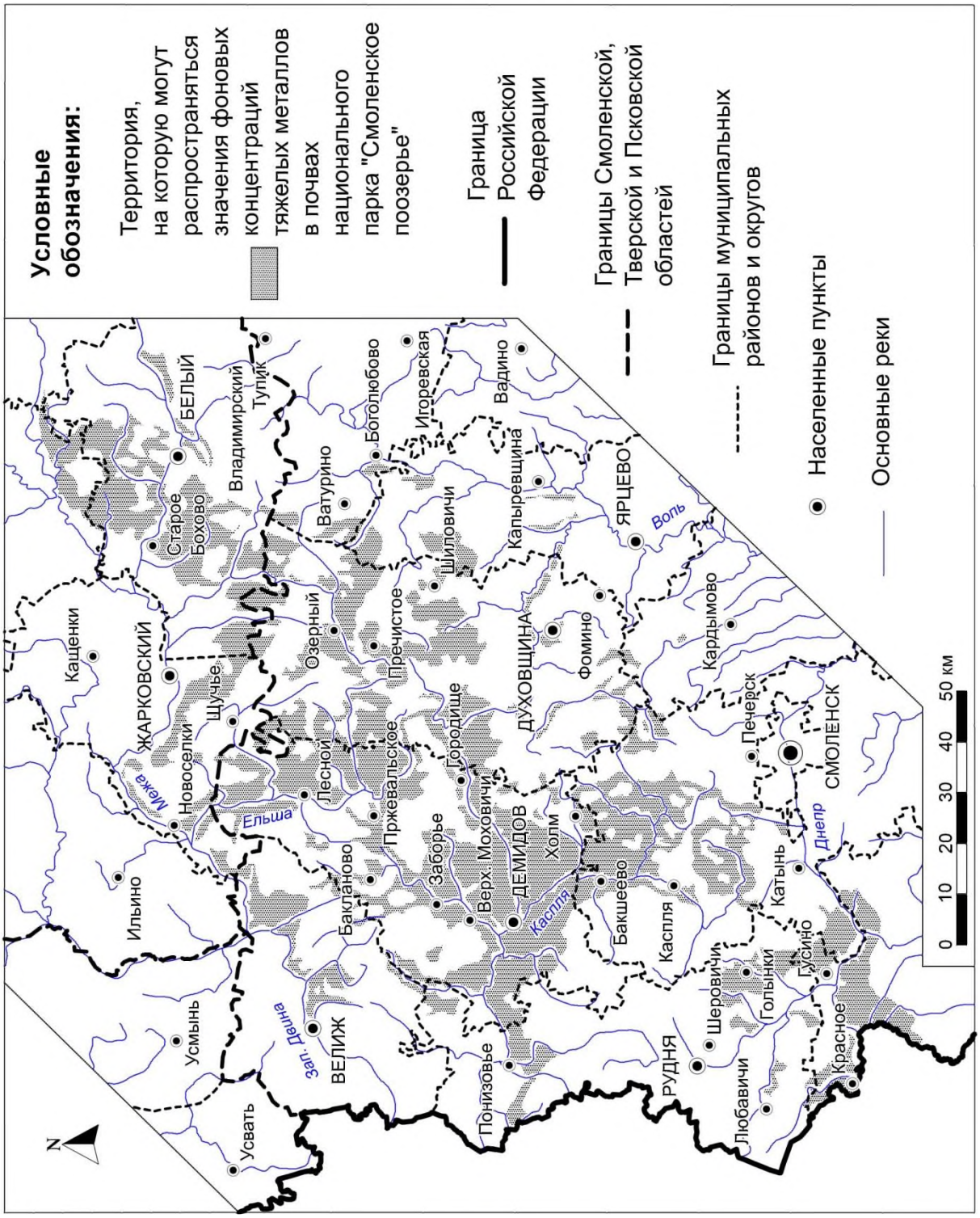


Рис. 2. Территория, на которую могут распространяться значения фоновых концентраций тяжелых металлов в почвах национального парка «Смоленское Поозерье». Составлено автором на основе [5, 6, 7]

Таким образом, приведенные в таблице 1 фоновые концентрации можно условно распространить на все участки, занятые флювиогляциальными песками и супесями, в пределах выделенного физико-географического района (рисунок 2). Векторный слой в формате .kml с контурами указанных

территорий доступен по ссылке https://drive.google.com/file/d/1ZilFSgFQiiIBnQ4lzuNoPBp0DELRC7m6/view?usp=sharing и может быть открыт через сервисы Google Earth (https://earth.google.com/web) или KML Viewer (https://kmlviewer.nsspot.net/).

Список используемых источников:

1. СП 502.1325800.2021 «Инженерно-экологические изыскания для строительства. Общие правила производства работ», п. 5.11.12 - 5.11.13.
2. Ежегодники «Обзор фонового состояния окружающей природной среды на территории стран СНГ». Институт глобального климата и экологии. URL: http://www.igce.ru/performance/publishing/reports/ (дата обращения: 29.10.2023).
3. Парамонова Т. А., Парамонов С. Г., Черногаева Г. М. Фоновое содержание приоритетных экотоксикантов в почвах Центрального федерального округа // Почвы в биосфере: Сборник материалов Всероссийской научной конференции, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН, Новосибирск, 10–14 сентября 2018 года / Ответственный редактор А. И. Сысо. Часть 1. – Новосибирск: Национальный исследовательский Томский государственный университет, 2018. – С. 354-358. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=35470973 (дата обращения: 29.10.2023).
4. Сапрыкин Ф. Я. Геохимия почв и охрана природы. Геохимия, повышение плодородия и охрана почв. – Л.: Недра, 1984. – 231 с. URL: https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-geohimiyapochviohrananedr.pdf (дата обращения: 29.10.2023).
5. Государственная геологическая карта России масштаба 1 : 1 000 000, третье поколение, карта четвертичных отложений, листы N-36,M-(36), O-35,(N-35),O-36. URL: http://webmapget.vsegei.ru/ (дата обращения: 29.10.2023).
6. Природа Смоленской области / Под ред. В. А. Шкаликова. – Смоленск: Универсум, 2001. С. 324-332. URL: https://studfile.net/preview/9570104/page:93/ (дата обращения: 29.10.2023).
7. Дорофеев А. А., Хохлова Е. Р. Ландшафты Тверской области. – Тверь: Тверской государственный университет, 2016. – 120 с. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=28106960 (дата обращения: 29.10.2023).
8. Почвенная карта РСФСР масштаба 1:2500000 (Фридланд с соавторами, 1988; оцифровка Почвенного ин-та имени В. В. Докучаева; скорректированная цифровая версия, 2007). URL: https://soil-db.ru/map/fridland (дата обращения: 29.10.2023).

Obatnin V.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Application of data on the background concentration of heavy metals in soils of the Smolenskoe Poozerie National Park.

The study analyzes the cover of Quaternary sediments and the landscape structure of the territory in the vicinity of the Smolensk Poozerie National Park. Based on the results of the analysis, the boundaries of territories for which the background content of chemical elements in soils can be equated to their content in the background territories of the national park are indicated. The results may be useful when conducting engineering and environmental surveys in the Smolensk and Tver regions.

Key words: geochemical background, lead, copper, cadmium, landscape structure.

УДК 504.055 (470.23)
ГРНТИ 87.55.33

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАДИОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ (НА ПРИМЕРЕ Г. МУРИНО)

А. Д. Пищугина
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье представлены результаты измерений уровня плотности потока энергии электромагнитных полей радиочастотного диапазона в урбанизированной среде. Полученные результаты были обработаны с помощью ГИС-технологий, составлена карта интерполированных значений. В результате сравнения эмпирических данных с предельно-допустимым уровнем были обнаружены превышения. Исследование показало, что что электромагнитный фон неоднородный, но большой разницы значений между придомовыми территориями и основными улицами не наблюдается.

электромагнитные поля, плотность потока энергии, базовые станции сотовой связи, ГИС-технологии

В современном обществе радиотехнические устройства находят широкое применение. Без использования радиочастотного диапазона невозможны такие технологии, как радиосвязь, телевидение, беспроводная сотовая связь, Wi-Fi и GPS-навигация и пр. В большинстве случаев отмечено негативное воздействие электромагнитных полей радиочастотного диапазона (ЭМП РЧ) на окружающую среду и здоровье человека [1,2]. Поэтому исследование процесса формирования электромагнитных полей является актуальным, особенно в свете интенсивного использования радиотехнических устройств.

На территории Российской Федерации для обеспечения экологической безопасности населения от негативного воздействия передающих радиотехнических объектов в соответствии с нормативными документами [3,4] установлены пределы допустимых уровней показателей ЭМП. Для диапазона частот 0,3-330 ГГц нормирование осуществляется по показателю плотности потока энергии, ПДУ составляет 10 мкВт/см^2 для помещений жилых и общественных зданий и для селитебных территорий.

Оценка электромагнитного фона проводилась в г. Мурино, микрорайоне Западный, расположенном на северо-западе Всеволожского района Ленинградской области. Для исследования ЭМП РЧ была выбрана селитебная территория площадью 1,807 км^2 с введенной в эксплуатацию плотной высокоэтажной жилой застройкой. На исследуемом участке было обнаружено 15 базовых станций сотовой связи (БССС), установленных на мачтах, и 4 БССС, установленных на крышах.

Для измерения ЭМП РЧ использовался измеритель уровня

электромагнитного излучения МЕГЕОН 07300 (ООО «МЕГЕОН», Россия), предназначенный для измерений в диапазоне от 50 МГц до 3,5 ГГц.

Замеры проводились согласно методике [5] 20.09.2023 г.- 10.10.2023 г. на частоте 2000 МГц (стандарт 3G IMT-2000) [6] в 677 точках с интервалом 30-50 м. Всего было выполнено 677 измерений.

Обработка данных проводилась в программе QGIS 3.16.11. Была выбрана географическая система координат WGS 84, в качестве базовой карты использовалась Open StreetMap (OSM) к которой в дальнейшем привязывался фрагмент карты из портала Яндекс.Карты в проекции системы координат EPSG:3857 - WGS 84/Pseudo-Mercator. Каждой точке были присвоены координаты, импортированы значения показателей ЭМП, нанесена граница исследуемого участка и отображены БССС. Далее с помощью внутренних инструментов программы была выполнена интерполяция, и визуализация значений. Также, в программе с помощью внутренних инструментов проводилась статистическая обработка данных.

В результате была построена карта интерполированных значений разовых замеров плотности потока энергии на частоте 2000 МГц (рис. 2).

На исследуемой территории были обнаружены превышения предельно допустимого уровня ЭМП РЧ. Максимальное зафиксированное разовое значение составило 12.860 мкВт/см^2. Вблизи этой точки находятся направленные к ней БССС, установленные на крышах двухэтажных строений, которые, возможно, и способствуют формированию максимального значения. Также, наибольшие зафиксированные значения равнялись 11.660 мкВт/см^2 и 11.240 мкВт/см^2. Территория двора домов Бульвар Менделеева 8,10,12, где находятся данные точки, характеризуется областью повышенных значений, средний показатель фона составляет 9.031 мкВт/см^2. На участке находится большая детская площадка, а, также, подземный автомобильный паркинг. Максимальные значения приурочены к футбольному корту, оборудованному резиновым наземным покрытием и металлическим забором, а, также, к выходу подземного туннеля из автомобильного паркинга. Возможно, область повышенных значений формируется за счет устройств, которые необходимы для эксплуатации подземного паркинга, усиливающих радиосигналы, а на территории футбольного корта происходит интерференция этих волн от резинового наземного покрытия и металлических конструкций. Важно отметить, что максимальные значения на уровне земли отмечены не в непосредственной близости от БССС, а на удалении от них порядка 100 метров, что может объяснятся дифракцией волн и высотой излучателей.

Среднее значение плотности потока энергии на всей исследуемой территории составило 1.539 мкВт/см^2, что не превышает установленный ПДУ. Несмотря на то, что формирование электромагнитного фона неоднородное, большой амплитуды усредненных значений между придомовыми территориями и основными улицами не наблюдается. Среднее

значение параметра по территории основных улиц 1.471 мкВт/см^2, у придомовых участков оно равняется 1.593 мкВт/см^2. Усредненный показатель ППЭ в радиусе 100 м вокруг БССС, установленных на крышах составляет 2,16 мкВт/см^2, а вокруг БССС, установленных на мачтах 1,57 мкВт/см^2.

Таким образом, согласно результатам разовых замеров электромагнитного фона на частоте 2000 МГц в г.Мурино, были обнаружены локальные превышения ПДУ плотности потока энергии, хотя средний фон по району составляет не более 16% от верхней границы допустимого значения. Источниками максимальных значений, вероятнее всего, являются устройства, усиливающие радиосигнал и БССС, установленные на крышах двухэтажных строений. В данном случае, защита от воздействия ЭМП РЧ предполагает либо изменение характеристик излучения технического средства, либо пространственно-временную защиту (например, создание СЗЗ вокруг источников излучения или контроль времени нахождения в зоне загрязнения). Так как проведенное ранее исследование ЭМП промышленной частоты [7] показало формирование больших значений на высоте, автор считает, что для полноты оценки электромагнитного фона радиочастотного диапазона необходимы дополнительные исследования в строениях, расположенных около базовых станций сотовой связи на соответствующей им высоте. Кроме этого, для более корректной оценки ЭМП РЧ в городе Мурино, необходимо проведение длительного мониторинга с использованием данных о параметрах излучения и точном местонахождении всех базовых станций сотовой связи.

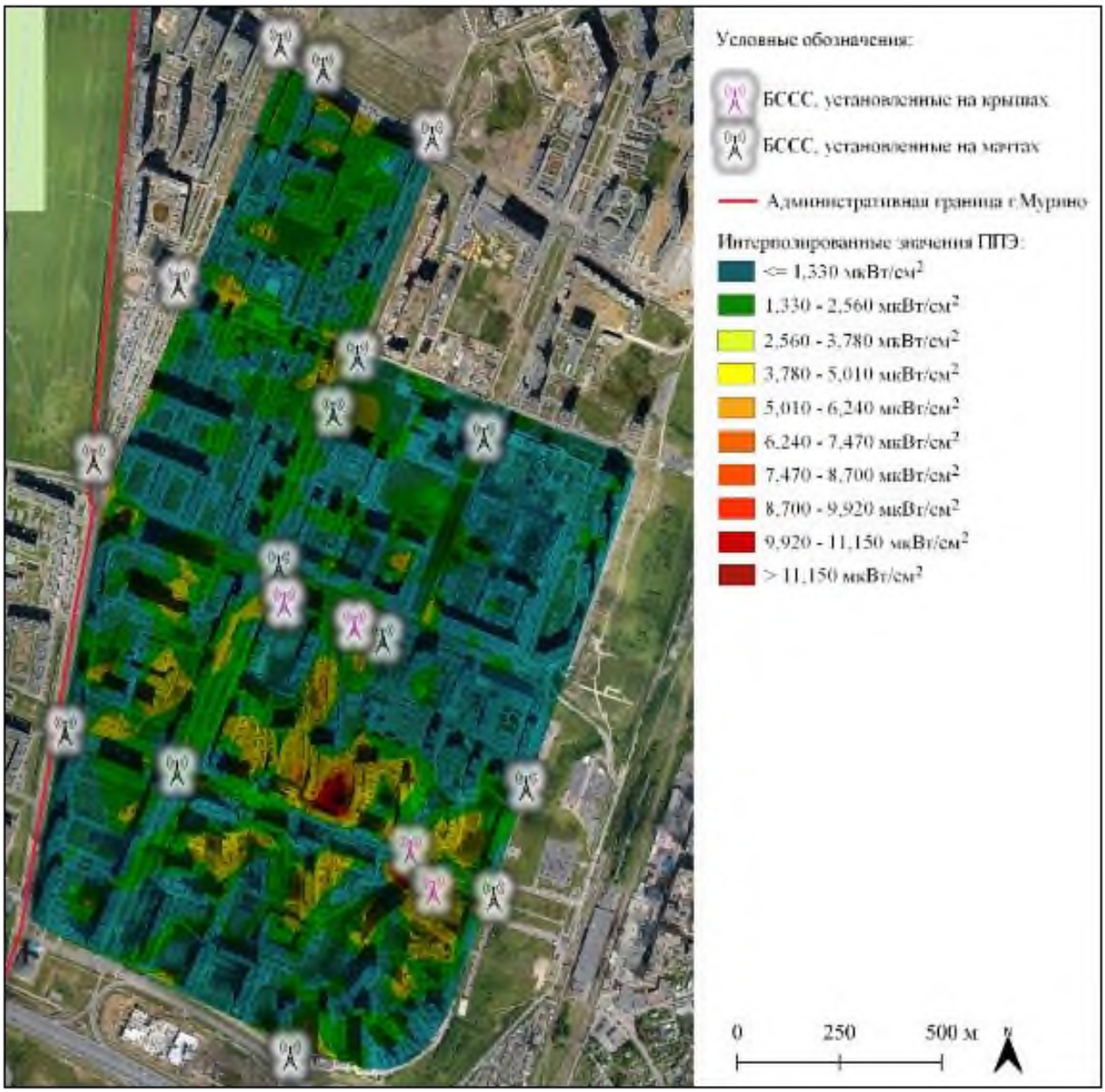


Рис. 1. Интерполированные значения ППЭ на частоте 2000 МГц

Список используемых источников:

1. Суворов И.М. "Клинический мониторинг в зонах воздействия электромагнитных полей радиочастотного диапазона" // Медицина труда и промышленная экология, №. 2, 2013, С. 14-17.

2. Santini R, Santini P, Danze JM, Le Ruz P, Seigne M. Study of the health of people living in the vicinity of mobile phone base stations: I. Influences of distance and sex // Pathologie Biologie 2002;50. 369-7300311.

3. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2302-07 «Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов» Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 19 декабря 2007 г. № 91 / URL: https://docs.cntd.ru/document/902081974 (Дата обращения 15.10.2023).

4. СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28января 2021 г. №

2: [Электронный ресурс] / URL: https://docs.cntd.ru/document/573500115 (Дата обращения 15.10.2023).

5. МУК 4.3.1167-02 «Определение плотности потока энергии электромагнитного поля в местах размещения радиосредств, работающих в диапазоне частот 300 МГц-300 ГГц» [Электронный ресурс] / URL: https://docs.cntd.ru/document/1200030406 (Дата обращения 15.10.2023).

6. 122. 4G LTE в России: описание работы частоты: [Электронный ресурс] /Официальный сайт ООО «Цифровой Ангел» — дистрибьютор программных и аппаратных решений для M2M/IoT и телекоммуникаций /URL: https://digitalangel.ru/help/4g-lte-v-rossii-opisanie-raboty-chastoty-/ (Дата обращения 15.10.2023).

7. Pischugina A., Chaikin E., Cherkasov V. The features of the formation of industrial frequency electromagnetic fields from power lines-330 kV in various functional zones of the urban environment //ESPI RUDN University – 2023 [в печати].

Pischugina A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Mapping electromagnetic fields in the radio frequency range in an urbanized environment (based on the example of the city of Murino).

The article presents the results of measurements of the energy flux density level of the radio frequency electromagnetic field range in the urbanized environment. The obtained results were processed using GIS technologies, and a map of the interpolated values was compiled. As a result of comparing empirical data with the maximum permissible level, exceedances were found. The study showed that the electromagnetic field is heterogeneous, but there is no big difference in values between the adjacent to houses territories and the main streets.

Key words: electromagnetic fields, energy flux density, cellular base stations, GIS technologies.

УДК 628.31
ГРНТИ 70.25.17

ОЧИСТКА ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД НА ОСНОВЕ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Е. В. Судьина
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассмотрена проблема недостаточной эффективности очистки сточных вод на локальных очистных сооружениях металлообрабатывающего предприятия. Автор предлагает решить проблему путем поэтапного применения микро- и ультрафильтрационных методов очистки, а также усовершенствовать схему доочистки, используя обратноосмотические мембраны.

сточная вода, микрофильтрация, ультрафильтрация, обратный осмос, модернизация

В настоящее время значение пресной воды как природного сырья постоянно возрастает. При использовании в быту и в промышленности вода загрязняется веществами минерального и органического происхождения [1]. Такую воду принято называть сточной водой (СВ).

В зависимости от происхождения СВ они могут содержать токсичные вещества и возбудители различных инфекционных заболеваний. Поэтому особое значение имеет развитие современных систем очистки производственных и бытовых отработанных вод, для обеспечения высокой степени защиты окружающей среды от загрязнений.

В зависимости от качественного и количественного состава стоков, от способа выпуска вод (в водоем / канализационные системы), от нормативов качества воды выбирается тот или иной метод очистки.

В данной работе объектом исследования являлись производственные сточные воды металлообрабатывающего производства. Металлообрабатывающее предприятие, как и любое производство, является потребителем воды, расходуемой на основные технологические нужды: отмывка деталей, приготовление реагентов и т.д. Было принято решение о разработке альтернативных методов очистки СВ, так как отобранные пробы выпускаемой в канализационные системы воды не соответствовали нормативам качества, устанавливаемые местным водоканалом.

На первом этапе работы были проанализированы: технология очистки СВ на предприятии; результаты лабораторных исследований качественного состава очищенной воды.

Основным источником образования сточных вод служит промывка и покраска металлических конструкций. Вода, прошедшая производственный цикл, химически загрязнена, поэтому перед сбросом в централизованные системы водоотведения, она подается на ЛОС, после которых показатели

качества СВ должны отвечать санитарным нормам, установленными местным водоканалом (таблица 1).

ТАБЛИЦА 1. Качественный состав сточных вод, прошедших очистку на предприятии

Определяемые показатели	**Единицы измерения**	**Результаты**	**ПДК (ГУП Леноблводоканал)**
Фенол	мг/дм3	0,0049±0,015	5
Фосфор	мг/дм3	1,4±0,3	12
Медь	мг/дм3	0,50±0,10	1
БПКполн	мгО2/дм3	782±70	500
Железо	мг/дм3	9,7±1,9	5
Марганец	мг/дм3	0,20±0,04	1
Хлорид-ионы	мг/дм3	50±8	1000
Взвешенные вещества	мг/дм3	1200±108	300
Цинк	мг/дм3	0,42±0,08	1
Сульфат-ионы	мг/дм3	69±10	1000
Водородный показатель	ед.pH	6,6±0,2	6-9
Жиры	мг/дм3	31±3	50
Никель	мг/дм3	0,15±0,03	0,5
Алюминий	мг/дм3	0,96±0,29	5
Свинец	мг/дм3	0,75±0,15	0,25
ХПК	мгО/дм3	1400±196	700
Нефтепродукты	мг/дм3	>50	10
Аммиак и ионы аммония	мг/дм3	56±8	25

Согласно результатам лабораторных исследований, очищенная СВ по многим показателям не соответствует нормативам качества (ПДК), превышения по взвешенным веществам в 4 раза, по ХПК – в 2 раза, по нефтепродуктам – в 5 раз, по аммиаку – примерно в 2 раза. Очистка на данных ЛОС не является эффективной, а потому необходима модернизация существующей системы очистки.

Было предложено поэтапное применение баромембранных методов (микрофильтрация и ультрафильтрация), где микрофильтрационные мембраны с размером пор 0,1 - 1,0 мкм были использованы для задерживания мелких взвесей и коллоидных частиц, которые в большом количестве находились в исходной воде, а ультрафильтрационные мембраны с размером пор от 0,01 до 0,1 мкм помогли удалить крупные органические молекулы, коллоидные частицы, бактерии и вирусы, размер которых был меньше диаметра пор мембраны МФ.

На втором этапе работы были отобраны пробы неочищенной и очищенной сточной воды (ОСВ) в разные периоды времени (март и апрель),

проведены эксперименты по очистке промышленных стоков путем пропускания воды через плоскокамерную мембранную ячейку.

Максимальная степень очистки 92,84% была достигнута при прохождении неочищенной сточной воды поэтапно через МФ- и УФ-мембраны (рисунок 1) [2].

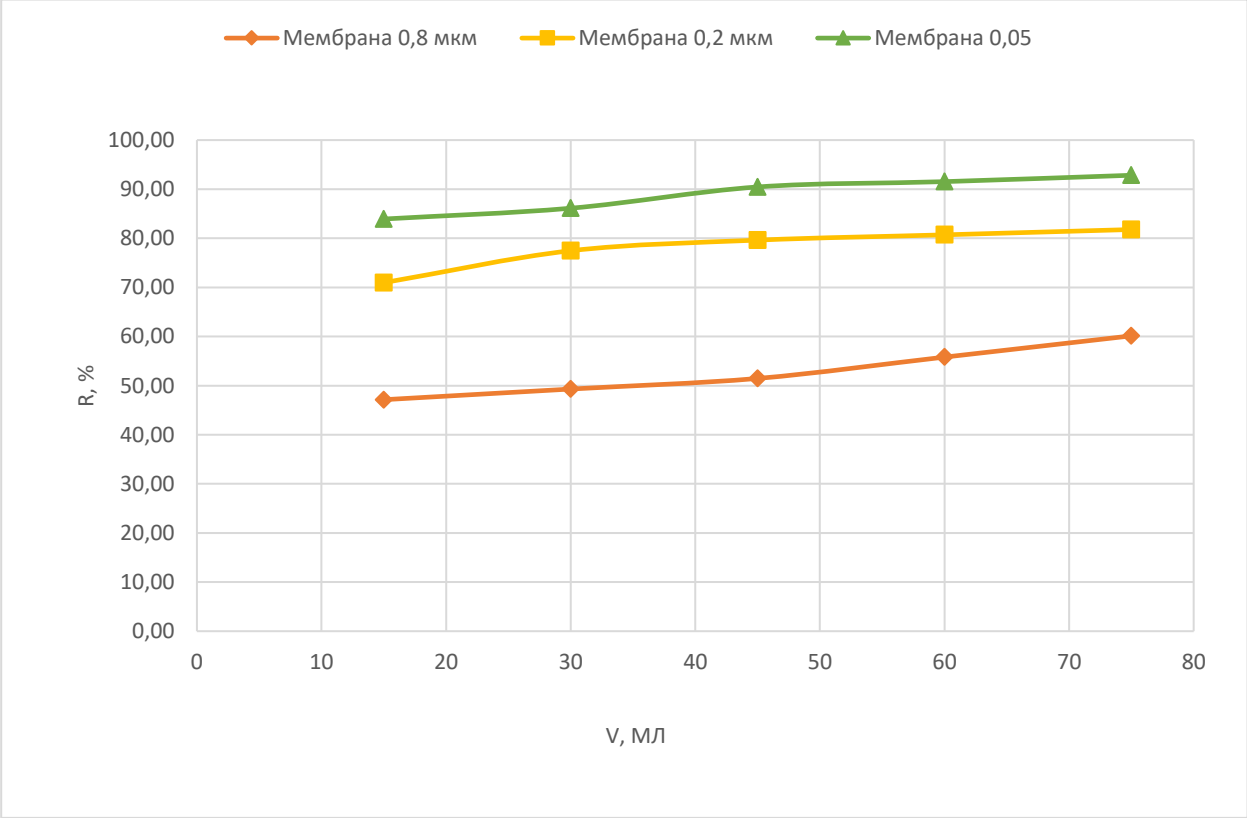


Рис. 1. Изменение задерживающей способности (R, %) в процессе мембранной фильтрации

При использовании мембран в качестве системы доочистке, мы смогли достичь 60% эффективности очистки (мартовская ОСВ). Самая минимальная степень очистки была получена при пропускании апрельской ОСВ через мембраны микрофильтрационную и ультрафильтрационную и равнялась 37%.

На третьем этапе работы для повышения эффективности доочистки сточных вод было принято решение применить обратноосмотическую мембрану марки Vontron ULP1812-50 (пористость 0,0001 мкм). Обратный осмос обеспечивает удаление из очищаемой воды всех растворённых ионов и органических молекул. У использованной мембраны размер пор сопоставим с величиной молекул воды. Отсюда заявленная эффективность близкая к 100%.

Таким образом, мембранные технологии могут обеспечивать наивысшую степень очистки воды, удаляя из неё не только привнесённые загрязнения, но и растворённые вещества, приближая качество воды к дистилляту.

Список используемых источников:

1. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Учебник для вузов: - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006 – 704 с.

2. Судьина Е.В. Модернизация систем очистки сточных вод металлообрабатывающего производства: выпускная квалификационная работа. – СПб., 2022. – 62 с.

3. *Греков, К. Б.* О применении метода нанофильтрации в системах повторного использования промывной воды при химико-фотографической обработке кинопленок / К. Б. Греков //Журнал прикладной химии. - 2005. - Т. 78. - № 4. - С. 606–608.

Sudina E.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Industrial wastewater treatment based on membrane technologies.

The article considers the problem of insufficient efficiency of wastewater treatment at local treatment facilities of a metalworking enterprise. The author proposes to solve the problem by step-by-step application of micro- and ultrafiltration purification methods, as well as to improve the aftertreatment scheme using reverse osmotic membranes.

Key words: wastewater, microfiltration, ultrafiltration, reverse osmosis, modernization.

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ

3.1 Безопасность компьютерных систем и сетей связи

УДК 004.75
ГРНТИ 20.53.17

ВСТРОЕННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СЕТЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЛАЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ OPENSTACK

Р. В. Алехин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире использование облачных технологий становится наиболее популярным решением для компаний. Критически важно понимать степень защищенности используемого программного обеспечения. Облачная инфраструктура OpenStack является представителем open-source программного обеспечения, подходящая под критерии импортозамещения со своим набором инструментов для безопасности.

виртуализация, информационная безопасность, сетевая безопасность, OpenStack, облачные инфраструктуры.

OpenStack - это набор программных инструментов для создания и управления облачной инфраструктурой. Этот проект с открытым исходным кодом позволяет организовать инфраструктуру облачных вычислений, включая виртуализацию, хранение данных, сети и управление ресурсами. OpenStack предоставляет платформу для создания частных и публичных облаков, а также позволяет автоматизировать управление ресурсами и обеспечивать масштабируемость и гибкость виртуальной инфраструктуры.

OpenStack по сравнению с VMware vCenter - это две разные платформы с разными особенностями и преимуществами. Однако обе платформы используются для решения одного блока задач. В связи с уходом с рынка VMware vCenter, а также запретом дальнейшего использования западных продуктов в государственных структурах, появилась необходимость замены данной платформы. Вот несколько преимуществ OpenStack по сравнению с VMware vCenter:

- OpenSource-решение: OpenStack - проект с открытым исходным кодом, что означает, что он бесплатен и имеет активное сообщество разработчиков, которые постоянно улучшают и расширяют его возможности [1];
- Поддержка множества гипервизоров: OpenStack поддерживает несколько гипервизоров. Это означает, что присутствует возможность выбора наиболее подходящего гипервизора в зависимости от конкретных

потребностей, требований к производительности, лицензирования и совместимости с инфраструктурой. Часть поддерживаемых в OpenStack гипервизоров представлена ниже:

- KVM (Kernel-based Virtual Machine): KVM - это открытый гипервизор для Linux, встроенный непосредственно в ядро операционной системы. Он обеспечивает высокую производительность и отличную поддержку виртуализации для Linux-серверов.

- VMware vSphere: OpenStack поддерживает интеграцию с VMware vSphere, что позволяет управлять виртуальными машинами, созданными на платформе VMware, через OpenStack API. Это полезно для организаций, которые уже используют VMware и хотят интегрировать его с OpenStack.

- Xen: Xen - это другой популярный гипервизор с открытым исходным кодом. Он также поддерживается в OpenStack и может использоваться для виртуализации виртуальных машин.

- Hyper-V: Для организаций, использующих платформу Microsoft Hyper-V, OpenStack также предоставляет интеграцию с этим гипервизором.

- QEMU: QEMU является эмулятором и гипервизором с открытым исходным кодом, который может использоваться в качестве гипервизора в OpenStack.

• Гибкость и настраиваемость: OpenStack предоставляет большую гибкость в настройке облачной инфраструктуры и позволяет адаптировать ее под конкретные требования бизнеса. Гибкость и настраиваемость OpenStack представляют собой одно из его ключевых преимуществ по сравнению с VMware vCenter. Вот несколько специфических способов, как OpenStack превосходит vCenter в этом аспекте:

- Мульти-вендорная среда: OpenStack позволяет интегрировать оборудование и технологии от разных производителей. Это означает, что нет привязки к конкретным поставщикам, а также есть возможность выбирать аппаратное и программное обеспечение на основе потребностей.

- Модульность и плагины: OpenStack имеет модульную архитектуру, которая позволяет выбирать и настраивать только те компоненты, которые нужны. Также имеется вариативность использования плагинов и расширений для интеграции с дополнительными сервисами и функциями.

- Инфраструктура как код: OpenStack позволяет описывать инфраструктуру как код (Infrastructure as Code, IaC), что упрощает автоматизацию процессов развертывания и управления ресурсами [2].

- Гибкость в выборе гипервизоров: Как упоминалось ранее, OpenStack поддерживает различные гипервизоры, что позволяет выбирать наиболее подходящий гипервизор в зависимости от потребностей.

• Экосистема приложений: OpenStack имеет разнообразную экосистему приложений и интеграций, что делает его более универсальным для различных сценариев использования. Преимущества экосистемы

приложений OpenStack по сравнению с VMware vCenter включают в себя следующие аспекты:

- Разнообразие интеграций: OpenStack имеет обширную экосистему интеграций с различными инструментами и сервисами, включая системы мониторинга, оркестраторы, системы резервного копирования данных, и другие.

- Поддержка различных сценариев использования: OpenStack может быть настроен и адаптирован под различные сценарии использования, включая облачные вычисления, виртуализацию сетей, контейнеризацию и многое другое. Вместе с экосистемой интеграций, это делает OpenStack более универсальным для различных потребностей бизнеса.

- Открытый стандарт: OpenStack основан на открытых стандартах и API, что упрощает интеграцию с другими системами и обеспечивает портативность приложений. VMware vCenter, как проприетарное решение, может иметь ограничения в этом отношении.

- Совместимость с открытыми технологиями: OpenStack обычно интегрируется легче с другими открытыми технологиями и позволяет использовать решения, которые соответствуют потребностям, без зависимости от конкретных поставщиков [3].

Обновления OpenStack выпускаются регулярно, обычно дважды в год, в рамках цикла выпусков «Train», «Ussuri», «Victoria», и так далее, при этом каждое обновление включает в себя улучшения и новые функции.

Безопасность инфраструктуры OpenStack является критическим аспектом, поскольку она управляет важными данными и ресурсами организации. Вот некоторые ключевые аспекты безопасности OpenStack:

- Идентификация и аутентификация: OpenStack поддерживает различные методы идентификации и аутентификации, включая LDAP, Kerberos, и другие. Допустима настройка интеграции с существующей системой идентификации организации;
- Ролевой доступ и политики: OpenStack позволяет настраивать доступ и права пользователей с помощью политик и ролей. Это означает, что есть возможность точно контролировать, какие пользователи имеют доступ к каким ресурсам;
- Шифрование: OpenStack поддерживает шифрование данных в покое и в движении. Это важно для защиты конфиденциальности информации и безопасности коммуникаций между компонентами;
- Мониторинг и журналирование: Хороший мониторинг и журналирование событий позволяют выявлять потенциальные угрозы и реагировать на них [4]. OpenStack интегрируется с различными системами мониторинга и журналирования [5];
- Патчи и обновления: Важно регулярно обновлять и патчить компоненты OpenStack, чтобы устранить уязвимости;

- Сетевая безопасность: OpenStack предоставляет инструменты для настройки сетевой безопасности, включая виртуальные сети, брандмауэры и средства мониторинга трафика, что будет рассмотрено в тексте статьи далее [6];
- Физическая безопасность: Физическая безопасность серверов и сетевого оборудования, на котором работает OpenStack, также играет важную роль. Ключевым фактором обеспечения безопасности на этом уровне является предоставление доступа к оборудованию только авторизованным лицам;

Общий подход к требованиям безопасности OpenStack включает в себя комбинацию технических и организационных мероприятий, таких как политики и процедуры безопасности, обучение и осведомленность персонала, разграничение ролей и ответственности, а также соблюдение персоналом стандартов и законодательства [7].

Сетевая безопасность в инфраструктуре OpenStack включает в себя ряд мероприятий и настроек для обеспечения безопасности сетей и данных. Вот некоторые ключевые аспекты сетевой безопасности в OpenStack:

- Виртуальные сети (Neutron): OpenStack Neutron позволяет создавать виртуальные сети и подсети, что позволяет изолировать трафик между разными частями инфраструктуры. Есть возможность настройки сетевых сегментов для разных целей и проектов;
- Брандмауэры (Firewall as a Service - FWaaS): OpenStack предоставляет сервис FWaaS для создания виртуальных брандмауэров. Это позволяет контролировать трафик между сетевыми сегментами, устанавливать правила фильтрации и обеспечивать сетевую безопасность на уровне виртуальных машин [8];
- VPN и шифрование: Для защиты данных в движении доступно использование VPN-сервисов и механизмов шифрования трафика. OpenStack поддерживает различные VPN-решения, такие как VPNaaS (VPN as a Service);
- Мониторинг трафика (Trove): Для обнаружения и анализа аномального сетевого трафика важно использовать инструменты мониторинга [9]. OpenStack Trove может предоставить данные о сетевом трафике и событиях, что помогает в обнаружении потенциальных угроз [10];
- Идентификация устройств и маршрутизация (Ironic, Octavia): Для безопасности сети также важно удостовериться, что только авторизованные устройства имеют доступ к сети и маршрутизации трафика. OpenStack Ironic и Octavia позволяют управлять физической инфраструктурой и маршрутизацией трафика;
- Обновления и патчи: Регулярные обновления и патчи различных компонентов OpenStack, включая сервисы сетевой безопасности, приводят к устранению известных уязвимостей;

- Аутентификация и доступ к сети: Управление доступом пользователей и сервисов к сетевой инфраструктуре с помощью настройки прав и политик доступа [11];
- Аудит и журналирование: Ведение журнала событий сетевой инфраструктуры и проведение аудитов для выявления потенциальных нарушений безопасности.

Сетевая безопасность OpenStack адаптируема под требования организации. Регулярное обновление, анализ сетевого трафика и строгий контроль доступа помогут обеспечить безопасность сетей в облачной инфраструктуре OpenStack.

Инструменты и функции безопасности в OpenStack постоянно улучшаются и расширяются с каждым обновлением. Обновления OpenStack обычно включают улучшения в области безопасности, а также интеграцию с существующими инструментами безопасности. Эти улучшения могут включать в себя улучшенную поддержку брандмауэров, реализацию новых стандартов шифрования, настройку политик доступа, а также другие меры для обеспечения безопасности инфраструктуры. Именно поэтому проводить регулярные обновления используемого программного обеспечения – очень важно для обеспечения повышенного уровня безопасности при использовании облачной инфраструктуры.

Список используемых источников:

1. Пестов И. Е., Христофоров Р. О., Швидкий А. А. Анализ подходов к разработке облачных сервисов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании : материалы XI Междунар. науч.-технич. и науч.-методич. конф., Санкт-Петербург, 15-16 фев. 2022 г. СПб. : СПбГУТ, 2022. С. 752-757.
2. Пестов И. Е. Методика разработки управляющего воздействия на инстансы облачной инфраструктуры // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2020. N. 4. С. 72-76.
3. Пестов И. Е. и др. Программное обеспечение для сбора данных метрик и выявлений аномалий облачной инфраструктуры OPEN STACK. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020619716 Российская Федерация; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» (СПбГУТ) – № 2020618952; заявл. 10.08.2020; опубл. 21.08.2020.
4. Пестов И. Е. и др. Выявление угроз безопасности информационных систем // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании : материалы VI Междунар. науч.-технич. и науч.-методич. конф., Санкт-Петербург, 01-02 марта 2017 г. СПб. : СПбГУТ, 2017. С. 525-527.
5. Пестов И. Е. и др. МОНИТОРИНГ ИНФОРМАЦИИ ИНСТАНСОВ ОБЛАЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики : материалы Всерос. науч.-технич. и науч.-методич. конф. магистрантов и их руководителей, Санкт-Петербург, 06-08 дек. 2022 г. СПб. : СПбГУТ, 2023. С. 216-220.

6. Пестов И. Е., Кошелева С. А. Атаки на облачную инфраструктуру // Инновационные решения социальных, экономических и технологических проблем современного общества. 2021. С. 113-115.

7. Шемякин С. Н. и др. Использование теории графов для моделирования безопасности облачных систем // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2021. N 2. С. 31-35.

8. Пестов И. Е., Качуровский Ю. О. Использование брандмауэра для защиты информации // Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности. 2021. С. 203-204.

9. Бугрова Е. С. и др. МОНИТОРИНГ ОБЛАЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КАК СРЕДСТВО ОБНАРУЖЕНИЯ АТАК НА ИНФОРМАЦИОННУЮ СИСТЕМУ // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании : материалы XII Междунар. науч.-технич. и науч.-методич. конф., Санкт-Петербург, 28 фев.-01 марта 2023 г. СПб. : СПбГУТ, 2023. С. 194-199.

10. Бугрова Е. С. и др. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ОБЛАЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ СРЕДСТВАМИ МОНИТОРИНГА И ПРЕДСКАЗАНИЯ СОСТОЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании : материалы XI Междунар. науч.-технич. и науч.-методич. конф., Санкт-Петербург, 15-16 фев. 2022 г. СПб. : СПбГУТ, 2022. С. 188-192.

11. Кузнецов Д. Д., Цветков А. Ю. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ДОСТУПА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ КОНТЕЙНЕРИЗАЦИИ // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании : материалы XII Междунар. науч.-технич. и науч.-методич. конф., Санкт-Петербург, 28 фев.-01 марта 2023 г. СПб. : СПбГУТ, 2023. С. 723-727.

Alekhin R.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Built-in mechanisms for ensuring network security of the OpenStack cloud infrastructure.

In the modern world, the use of cloud technologies is becoming the most popular solution for companies. It is critical to understand the security level of the using software. The OpenStack cloud infrastructure is a representative of open-source software that meets the criteria for import substitution with its own set of security tools.

Key words: virtualization, Information security, Network security, OpenStack, Cloud infrastructures.

УДК 004.738.5
ГРНТИ 05.39.10

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ АССИМИЛЯЦИОННОЙ ПАМЯТИ В СРЕДЕ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Х. С. Амалиев
Санкт-Петербургский Государственный университет телекоммуникаций им. проф. Бонч-Бруевича

В современном мире, огромное количество данных собирается и хранится каждую секунду. Обработка и анализ такого объема информации становятся все более важными задачами в различных областях, включая бизнес, науку и государственное управление. Однако, для эффективной обработки Больших данных, необходимы новые методы и инструменты, и одним из таких направлений исследований является ассимиляционная память.

В данной статье мы исследуем сущность ассимиляционной памяти, ее применение и оценку эффективности с использованием нейронных сетей.

ассимиляционная память, оценка эффективности ассоциативной памяти, среда обработки больших данных, большие данные

Ассимиляционная память

Роль ассимиляционной памяти в обработке больших данных:

1. Интеграция новых данных: Ассимиляционная память позволяет интегрировать новые данные, полученные из различных источников, в уже существующие базы данных и системы обработки. Это способствует обогащению данных и повышению их ценности.
2. Адаптация к изменениям: В сфере обработки больших данных, особенно в контексте быстро меняющейся информации, ассимиляционная память может помочь системам адаптироваться к новым трендам и изменениям в данных, сохраняя при этом ценность предыдущих знаний.
3. Обогащение анализа данных: Ассимиляция новых данных в существующие модели и аналитические инструменты позволяет создавать более полную и точную картину событий и трендов, что может улучшить качество принимаемых решений.

Основные характеристики ассимиляционной памяти в среде обработки больших данных:

- Гибкость: Системы обработки больших данных с ассимиляционной памятью должны быть гибкими и способными адаптироваться к разнообразным источникам данных и их изменениям.
- Интеграция: Эффективная интеграция новых данных в существующие структуры и модели данных.
- Автоматизация: Ассимиляция данных может включать в себя автоматизированные процессы, такие как сопоставление и трансформация данных.

- Обновление и поддержка: Поддержание актуальности ассимилированных данных и их постоянное обновление, особенно в быстро меняющейся среде.
- Эффективность: Системы с ассимиляционной памятью должны быть эффективными с точки зрения использования ресурсов и обработки данных.

Эти характеристики помогают системам обработки больших данных лучше адаптироваться к постоянно меняющейся информационной среде и использовать новые данные в своих аналитических задачах.

Применение ассимиляционной памяти

Применение ассимиляционной памяти может быть обнаружено в различных областях, включая обработку данных, машинное обучение и другие. Ниже приведены некоторые примеры успешного использования ассимиляционной памяти в разных контекстах:

- Обработка данных:

Большие данные и аналитика: В области обработки больших данных, ассимиляционная память может быть использована для интеграции новых данных в существующие базы данных и аналитические инструменты, обогащая анализ данных.

Обновление баз данных: При постоянно меняющейся информационной среде ассимиляционная память позволяет системам обновлять и адаптировать данные к новым трендам и изменениям.

- Машинное обучение:

Адаптивные модели: Ассимиляционная память может быть использована для создания более адаптивных и умных моделей машинного обучения, которые могут интегрировать новые данные и приспосабливаться к новым ситуациям.

Перенос знаний: В машинном обучении, ассимиляция данных позволяет моделям переносить знания, полученные в одной области, в другие области, где это знание может быть полезным.

Использование нейронных сетей для анализа ассимиляционной памяти

Использование нейронных сетей в анализе ассимиляционной памяти может помочь понять, как новые данные и информация ассимилируются и интегрируются в существующие знания и структуры. Для этого можно разработать модели, которые будут отслеживать изменения в памяти или предсказывать, как новые знания будут взаимодействовать с существующими. Важно создать модели, которые могут обнаруживать паттерны в процессе ассимиляции данных.

Методологии оценки эффективности:

Для оценки эффективности использования нейронных сетей в анализе ассимиляционной памяти можно применить следующие методологии:

1. Тестирование на стандартных задачах:

- Создание набора тестовых данных, включающих задачи, требующие ассимиляции информации.
- Обучение нейронных сетей на этих данных и оценка их производительности в сравнении с другими методами.

2. Измерение эффективности по критериям:

- Определение конкретных критериев оценки эффективности, таких как точность предсказаний, скорость обучения, способность обобщения, и другие.
- Сравнение результатов с целями и ожиданиями исследования.

Практические примеры и исследования

1. Обработка текстовой информации:

Нейронные сети, такие как рекуррентные нейронные сети (RNN), могут использоваться для анализа текстовой информации и моделирования процессов ассимиляции новых знаний в текстах.

2. Анализ временных данных

В области анализа временных рядов, нейронные сети могут быть применены для моделирования и ассимиляции новых данных в прогностических моделях.

3. Разработка интеллектуальных систем рекомендаций:

Нейронные сети могут использоваться для создания систем рекомендаций, которые ассимилируют данные о предпочтениях пользователей и предлагают персонализированные рекомендации.

Исследования в этих областях могут помочь определить эффективность использования нейронных сетей для анализа ассимиляционной памяти и разработать более эффективные методы обработки данных и моделирования процессов ассимиляции информации.

Ассимиляционная память представляет собой важный элемент в обработке Больших данных. Ее эффективное использование может значительно улучшить процессы анализа и принятия решений. Однако, для достижения максимальной эффективности, необходимо проводить исследования и оценку с использованием современных методов, включая нейронные сети. Данная статья представила основные концепции ассимиляционной памяти и ее применение, а также подчеркнула важность исследований в этой области.

Список используемых источников:

1. Ушаков И. А. Безопасность передачи данных в территориально распределенных информационных системах в офтальмологии на базе отечественного оборудования // Офтальмохирургия. 2022. N S4. С. 108-114. DOI 10.25276/0235-4160-2022-4S-108-114.
2. Штеренберг С. И. Разработка методики внедрения скрытой подписи кода в Gitlab / С. И. Штеренберг, Ю. С. Данилова // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2022. N 3. С. 44-49. DOI 10.46418/2079-8199_2022_3_6.
3. Штеренберг С. И. Разработка методологии защиты системы искусственного интеллекта в распределенных информационных системах // Вестник СибГУТИ. 2023. Т. 17, N 3. С. 78-86. DOI 10.55648/1998-6920-2023-17-3-78-86.

Amaliev H.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Investigation of assimilation memory properties in the big data processing environment.

In today's world, a huge amount of data is collected and stored every second. Processing and analyzing this amount of information are becoming increasingly important tasks in various fields, including business, science, and government. However, in order to process Big Data efficiently, new methods and tools are needed, and assimilative memory is one such research area.

In this paper, we investigate the essence of assimilative memory, its application and performance evaluation using neural networks.

Key words**: **Assimilative Memory, Associative Memory Performance Evaluation, Big Data Processing Environment, Big Data.

УДК 004.051
ГРНТИ 20.53.23

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ VPN НА БАЗЕ МАРШРУТИЗАТОРОВ КОМПАНИИ ELTEX

Д. Я. Держко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В настоящий момент компании законодательно обязаны обеспечивать безопасность персональных данных своих клиентов. Для этого между территориально распределёнными точками присутствия устанавливаются защищённые каналы связи с использованием технологий VPN. Различные реализации L2VPN и L3VPN предлагают разные балансы между простотой настройки, безопасностью и производительностью.

VPN, L2VPN, L3VPN, Eltex, информационная безопасность

Введение

В настоящее время повсеместно используются различные реализации технологий L2- и L3VPN для работы географически распределённых компаний. Наиболее распространённые реализации – OpenVPN, SSTP, L2TP, IPsec, WireGuard.

Федеральная служба по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) использует установленные у операторов связи технические средства противодействия угрозам (ТСПУ) для защиты российского сегмента сети Интернет [1]. Иногда это выражается тем, что некоторые протоколы VPN перестают работать. Такие периодические перерывы в работе туннелей чреваты проблемами со штатной работой предприятий любого размера.

Помимо испытаний и работы ТСПУ, на настоящий момент рынок сетевого оборудования в России потерял вендоров, которые давно на нём находились в доминирующей позиции и имели большой выбор устройств разных классов, таких как Cisco и Juniper. Российские вендоры занимаются заполнением этого вакуума, но на текущий момент большая часть сетевого оборудования – иностранного производства. Помимо этого, оборудование российского производства на данный момент можно грубо разделить на две группы – оборудование, реально разработанное и произведённое в России и оборудование, закупленное у другого вендора, которое было перебрендировано.

В связи с этим, в открытом доступе нет достаточного количества материалов, в которых описывались бы полученные в реальных условиях результаты тестирования сетевого оборудования отечественного производства.

Цель исследования и ее выполнение

Цель данного исследования – проверить, какие протоколы VPN возможно использовать для поднятия туннелей с использованием оборудования компании Eltex.

В рамках исследования будет происходить сравнение Route-based IPsec VPN-туннеля и IP-GRE-туннеля.

Перед исследованием было предположено, что скорость протоколов VPN, не поддерживающих шифрование будет ощутимо выше, чем в протоколах, где шифрование используется.

Разработка сегментов ИВС

Сегмент ИВС [2, 3, 4, 5], рассматриваемый в данной работе, был создан с использованием реального оборудования компании Eltex. В роли маршрутизаторов выступали модели Eltex ESR-200, в роли коммутатора – Eltex MES2324. Маршрутизация между маршрутизаторами была настроена с использованием протокола BGP. ПК были предоставлены кафедрой и имели одинаковые системные характеристики.

Предварительно были проверены факты того, что ПК могут развивать скорость передачи данных до 1 Гбит/с путём их соединения через коммутатор, без маршрутизаторов и возможность передачи данных на скорости 1 Гбит/с без поднятия туннеля.

На рисунке 1 представлена топология, реализуемая в рамках опыта.

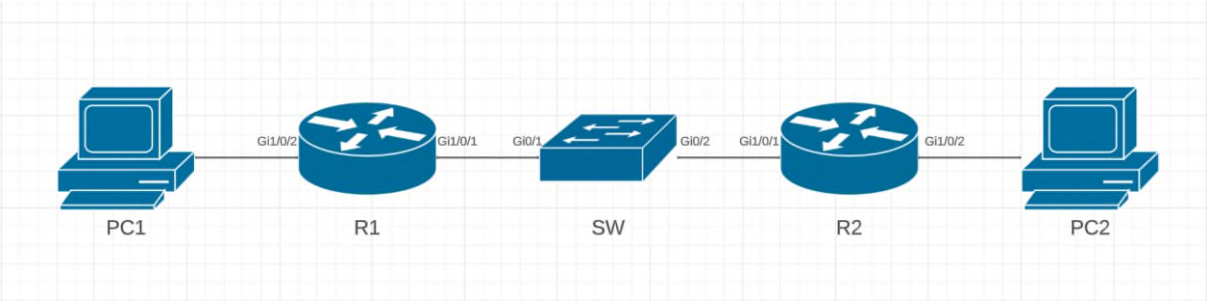


Рис. 1. Топология проектируемой сети.

В таблице 1 отражены роли, выполняемые устройствами в сети.

ТАБЛИЦА 1. Описание ролей узлов, использующихся в топологии проектируемой сети

Имя узла	Роль	Модель/характеристики
SW	Коммутатор, эмулирующий промежуточные узлы	Eltex MES2324
R1	Граничные маршрутизаторы в офисах	ELTEX ESR-200
R2		
PC1	Клиенты сетевых услуг	ЦПУ - i5-7500 16 GB ОЗУ
PC2		

Проведение проверок

Для проверки скорости передачи данных была использована утилита «iPerf3», позволяющая проверить скорость передачи данных внутри туннеля.

Для наглядного представления в таблице 3 приведена часть вывода при использовании IPsec-туннеля, а в таблице 4 – при использовании GRE-туннеля.

ТАБЛИЦА 3. Результат тестирования IPsec-туннеля

Команда на получателе	Отправитель /получатель	Результат выполнения команды
Передача данных с использованием TCP		
.\iperf3.exe -s -f k -t 100	PC1/PC2	---------- Server listening on 5201 ---------- Accepted connection from 172.16.12.2, port 63115 [5] local 172.16.11.2 port 5201 connected to 172.16.12.2 port 63116 [ID] Interval Transfer Bandwidth [5] 0.00-1.00 sec 46.3 MBytes 370120 Kbits/sec [5] 1.00-2.00 sec 47.7 MBytes 381634 Kbits/sec … [5] 98.00-99.00 sec 45.0 MBytes 360718 Kbits/sec [5] 99.00-100.00 sec 47.5 MBytes 379715 Kbits/sec - [ID] Interval Transfer Bandwidth [5] 0.00-100.00 sec 0.00 Bytes 0.00 Kbits/sec sender [5] 0.00-100.00 sec 4.82 GBytes 383964 Kbits/sec receiver ---------- Server listening on 5201 ----------

ТАБЛИЦА 4. Результат тестирования GRE-туннеля

Команда на получателе	Отправитель /получатель	Результат выполнения команды
Передача данных с использованием TCP		
.\iperf3.exe -s -f k -t 100	PC1/PC2	---------- Server listening on 5201 ---------- Accepted connection from 172.16.12.2, port 63115 [5] local 172.16.11.2 port 5201 connected to 172.16.12.2 port 63116 [ID] Interval Transfer Bandwidth [5] 0.00-1.00 sec 104.9 MBytes 839296 Kbits/sec [5] 1.00-2.00 sec 105.4 MBytes 843275 Kbits/sec … [5] 98.00-99.00 sec 105.4 MBytes 843294 Kbits/sec [5] 99.00-100.00 sec 101.3 MBytes 810014 Kbits/sec

		- - -

УДК 004.056
ГРНТИ 81.93.29

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЛАТФОРМ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

А. Д. Федотовская
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире использование платформ больших данных становится все более распространенным и необходимым. Однако, с ростом объемов и сложности данных, возникает необходимость обеспечения их безопасности [1]. Анализ методов обеспечения безопасности платформ больших данных актуален, поскольку сбои или нарушения безопасности данных могут иметь серьезные последствия и неблагоприятное влияние на компании. Данный анализ помогает выявить уязвимости и определить эффективные меры по защите данных от несанкционированного доступа, кражи или потери. Кроме того, анализ методов обеспечения безопасности платформ больших данных позволяет улучшить процессы и инструменты, используемые для обработки и хранения данных, что важно для обеспечения надежности и конфиденциальности информации. В целом, такой анализ является ключевым для создания устойчивых и безопасных платформ больших данных, способствующих развитию цифровой экономики и обеспечению информационной безопасности.

платформа больших данных, информационная безопасность, угрозы, анализ

В настоящий момент использование платформ больших данных популярно по нескольким причинам. С ростом объемов данных, генерируемых организациями и индивидуальными пользователями, платформы больших данных предоставляют инструменты и возможности для обработки и анализа таких объемов данных, которые невозможно эффективно обработать с использованием традиционных методов.

Современные технологии и устройства, такие как мобильные телефоны, сенсоры IoT, социальные сети и т. д., генерируют большое количество данных в режиме реального времени. Платформы больших данных предоставляют инструменты для обработки и анализа данных в режиме реального времени, что позволяет организациям получать актуальные и полезные инсайты для принятия бизнес-решений.

Платформы больших данных также предлагают наборы инструментов и алгоритмов для анализа больших объемов данных с целью выявления паттернов, трендов, аномалий и другой ценной информации. Это позволяет организациям принимать информированные решения, оптимизировать операционные процессы и улучшать взаимодействие с клиентами.

Использование платформ больших данных также повышает конкурентоспособность организаций, так как позволяет им быстро адаптироваться к изменениям и принимать решения на основе данных.

Развитие технологий облачных вычислений также играет важную роль в развитии платформ больших данных, предоставляя высокую масштабируемость, доступность и гибкость для обработки и хранения данных. Это позволяет организациям использовать платформы больших данных без значительных капитальных вложений в инфраструктуру [2].

В целом, платформы больших данных становятся популярными, так как они позволяют организациям эффективно работать с большими объемами неструктурированных данных, получать ценную информацию, и вследствие повышать свою конкурентоспособность на рынке.

Основные угрозы платформ больших данных включают в себя:

- Несанкционированный доступ. Злоумышленники могут получить доступ к данным платформы и использовать их для своих целей, включая воровство конфиденциальной информации, шантаж или финансовое мошенничество.
- Кража данных. Данные, содержащие важную информацию о клиентах или бизнесе, могут быть украдены и использованы злоумышленниками либо проданы третьим лицам, что приведет к уязвимости организации и ее клиентов [3].
- Вредоносные программы. Вредоносные программы, такие как вирусы, черви или троянские кони, могут быть использованы для внедрения в платформу больших данных, что может привести к утечке данных, повреждению системы или нарушению операций [4].
- Недостатки в безопасности. Ошибки в настройке безопасности платформы или небезопасные практики хранения и обработки данных могут оставить данные подверженными угрозам. Это может включать отсутствие аутентификации, недостаточное шифрование или недостаточную защиту от несанкционированного доступа.
- Социальная инженерия. Атаки социальной инженерии могут быть использованы для обмана сотрудников организации платформы и получения доступа к данным. Это может включать фишинговые письма, вредоносные ссылки или манипуляции для получения конфиденциальной информации.

Угрозы безопасности платформ больших данных могут привести к серьезным последствиям, включая утечку ценной информации, нарушение законодательства о защите данных и повреждение репутации организации. Поэтому обеспечение безопасности данных является важной задачей для защиты и сохранения информации в платформах больших данных.

Обеспечение безопасности данных в платформах больших данных включает следующие методы:

- Шифрование данных. Это метод, который позволяет защитить данные путем их преобразования в форму, которая не может быть прочитана без специального ключа.
- Контроль доступа. Это механизм управления правами доступа к данным, позволяющий определить, кто имеет доступ к данным и какие права доступа у них есть.

• Аудит. Это процесс отслеживания и записи действий пользователей для обнаружения и идентификации потенциальных нарушений безопасности.

• Маскирование данных. Это замена реальных данных данными, сохраняющими формат и связи, но не содержащими реальной информации.

• Резервное копирование и восстановление. Это процесс создания резервных копий данных для восстановления в случае потери или повреждения информации.

• Мониторинг и обнаружение угроз. Это наблюдение за сетевым трафиком и анализ данных, с целью обнаружения любой аномальной активности, свидетельствующей о нарушениях безопасности [5].

Данные методы обеспечивают комплексную защиту данных в платформах больших данных, помогая предотвратить утечку информации, несанкционированный доступ и другие угрозы безопасности.

В таблице 1 приведен сравнительный анализ преимуществ и недостатков методов обеспечения безопасности данных в платформах больших данных.

ТАБЛИЦА 1. Преимущества и недостатки методов обеспечения безопасности данных в платформах больших данных

Метод	Преимущества	Недостатки
Шифрование данных	Позволяет предотвратить несанкционированный доступ к информации. Даже в случае утечки или кражи данных, злоумышленники не смогут прочитать или использовать зашифрованную информацию.	Может вызывать дополнительные накладные расходы и повышать нагрузку на систему из-за вычислительных требований шифрования.
Контроль доступа	Позволяет управлять доступом к данным и устанавливать права доступа на основе ролей.	Может вызывать сложность в настройке и поддержке, особенно в системах с большим количеством пользователей.
Аудит	Позволяет отслеживать и записывать действия пользователей с данными в системе.	Может потреблять значительные вычислительные ресурсы, особенно при высокой нагрузке на систему.
Маскирование данных	Обеспечивает защиту конфиденциальности данных путем замены реальных значений псевдонимами или масками.	Может затруднять анализ и использование данных, особенно при работе с более сложными алгоритмами обработки.
Резервное копирование и восстановление	Обеспечивает возможность восстановления данных в случае их потери или повреждения.	Может требовать больших объемов хранилища для резервного копирования данных.
Мониторинг и обнаружение угроз	Позволяет обнаруживать аномалии и потенциальные угрозы безопасности в реальном времени.	Требует сложной настройки и постоянной поддержки. Это может потребовать наличие опытных специалистов, что может быть дорого для организации.

Проведя сравнительный анализ преимуществ и недостатков методов обеспечения безопасности данных в платформах больших данных, можно сделать вывод о том, что нет универсального решения или подхода, который идеально подходит для всех случаев [6]. Выбор оптимального метода обеспечения безопасности данных в платформах больших данных должен основываться на комплексном подходе, который, также, включает в себя:

Безопасные платформы, которые обеспечивают защиту данных и инфраструктуры от угроз и несанкционированного доступа.

Безопасность нереляционных хранилищ данных, основанных на нереляционных базах данных, таких как NoSQL [7].

Безопасное хранение данных и журналов транзакций, сюда входят создание резервных копий данных, репликация данных на отказоустойчивые системы и регистрацию транзакций для обеспечения целостности данных.

Проверку и фильтрацию входных данных, которая позволяет проверять и фильтровать входные данные на предмет наличия вредоносного кода или некорректных значений.

А также, мониторинг безопасности в реальном времени, который включает в себя системы и инструменты, которые постоянно анализируют активность и события в платформе больших данных с целью обнаружения аномалий или подозрительной активности [8].

Использование данных подходов позволит создать надежную и защищенную инфраструктуру для работы с большими объемами данных. Кроме того, необходимо постоянно следить за последними тенденциями и обновлениями в области безопасности платформ больших данных, чтобы эффективно защищать данные от новых угроз и атак.

Список используемых источников:

1. Виткова Л. А. и др. Использование Big Data в процессах обеспечения безопасности информационной сферы // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании : материалы VII Междунар. науч.-технич. и науч.-методич. конф., Санкт-Петербург, 28 фев - 01 марта 2018 г.. СПб. : СПбГУТ, 2018. С. 186-191.

2. Пестов И. Е. Метод сбора и первичной обработки метрик инстансов облачной инфраструктуры, метод передачи метрик загруженности облачной инфраструктуры и инстансов в кластер обработки средствами и методами больших данных для защиты информации и обеспечения информационной безопасности // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2021. С. 213-217.

3. Красов А. В., Штеренберг С. И., Голузина Д. Р. Методика визуализации больших данных в системах защиты информации для формирования отчетов уязвимостей // Электросвязь. 2019. N. 11. С. 39-47.

4. Леснова Е. М., Пестов И. Е. Разработка метода обнаружения и коррекции ошибок для распределенной информационной сети на основе больших данных // Региональная информатика и информационная безопасность. 2018. С. 236-240.

5. Штеренберг С. И. Методика управления системами обработки и сбора Больших данных с поддержкой мониторинга встроенными программными агентами //Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2020. N. 4. С. 26-35.

6. Пестов И. Е. и др. Метод передачи метрик загруженности инстансов облачной инфраструктуры в кластер обработки средствами и методами больших данных для защиты информации и обеспечения информационной безопасности // I-methods. 2022. Т. 14. N. 1.

7. Орлов Г. А., Красов А. В., Гельфанд А. М. Применение Big Data при анализе больших данных в компьютерных сетях // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. 2020. Т. 12. N. 4. С. 76-84.

8. Бирих Э. В. и др. алгоритмы big data и мониторинг ит инфраструктуры предприятия // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании : материалы VI Междунар. науч.-технич. и науч.-методич. конф., Санкт-Петербург, 01-02 марта 2017 г.. СПб. : СПбГУТ, 2017. С. 100-103.

Fedotovskaya A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Analysis of methods for ensuring security of big data platforms.

In the modern world, the use of big data platforms is becoming more common and necessary. However, with the increasing volume and complexity of data, there is a need to ensure their security. The analysis of methods for ensuring the security of big data platforms is relevant, since failures or data security breaches can have serious consequences and an adverse impact on companies. This analysis helps to identify vulnerabilities and determine effective measures to protect data from unauthorized access, theft or loss. In addition, the analysis of methods for ensuring the security of big data platforms makes it possible to improve the processes and tools used for processing and storing data, which is important for ensuring the reliability and confidentiality of information. In general, such analysis is key to creating sustainable and secure big data platforms that contribute to the development of the digital economy and information security.

Key words: big data platform, information security, threats, analysis.

УДК 004.056.53
ГРНТИ 81.93.29

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКАНЕРА УЯЗВИМОСТИ ДЛЯ АУДИТА БЕЗОПАСНОСТИ И АНАЛИЗ ВЫЯВЛЕННЫХ УЯЗВИМОСТЕЙ В ПРОГРАММЕ АРХИВИРОВАНИЯ

Е. И. Часовских
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире невозможно обойтись без применения вычислительной техники, она необходима нам как в повседневной жизни, так и на рабочих местах. В таких условиях вопрос обеспечения безопасности компьютерной системы является одним из решающих факторов. Проведение аудита безопасности поможет обнаружить существующие уязвимости, а также сформировать меры для их устранения. В данной статье был проведен аудит безопасности портативного компьютера, функционирующего на операционной системе Windows 10.

аудит безопасности, сканеры уязвимостей, ScanOVAL

Ежегодно количество атак на сетевое оборудование, серверы и компьютеры растет на 10-15 %, и согласно собранной *Positive Technologies* статистике [1] достигло 821 инциденту во втором квартале 2023 года, что представлено на рис. 1. Согласно тем же данным предоставленным *Positive Technologies* эксплуатация уязвимостей в отношении организаций занимает 35%, а для частных лиц 6% из общего числа методов атак.

Рис. 1. Количество инцидентов в 2022 и 2023 годах (по кварталам) от *Positive Technologies*

Так как данный метод осуществления атак на информационную инфраструктуру является одним из наиболее распространённых, проведение аудита безопасности и заблаговременное выявление потенциальных угроз становится первоочередной задачей для обеспечения стабильной работы системы и сохранения конфиденциальной информации.

Так в качестве примера такого аудита было осуществлено сканирование системы с помощью программы *ScanOVAL*, рекомендованной ФСТЭК для

обнаружения уязвимостей программного обеспечения на рабочих станциях под управлением операционный системы линейки *Microsoft Windows* [2].

В качестве сканируемого устройства был выбран портативный компьютер, функционирующий на операционной системе *Windows* 10 типа «Домашняя» версии *22H2* в сборке 19045.3570 для 64-разрядной системы.

Сводные результаты проведенного сканирования системы приведены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Результаты проведенного аудита безопасности

Программное обеспечение или наименование уязвимости	Уровень опасности уязвимостей	Количество выявленных уязвимостей	Возможные меры по устранению уязвимостей
Microsoft Office LTSC профессиональный плюс 2021 Версия: 2108	Критический, Высокий, Средний	79	Обновление программного обеспечения до актуальной версии
Foxit PDF Reader 2022 Версия: 11.2.2.53575	Критический, Высокий, Средний	26	Обновление программного обеспечения до актуальной версии
OpenSSL	Высокий, Средний, Низкий	23	Пользователи премиум -поддержки *OpenSSL* 1.0.2 должны перейти на версию 1.0.2za. Другим пользователям следует перейти на версию 1.1.1l. Для *openssl*: Обновление программного обеспечения до *1.0.1t-1+deb8u8* или более поздней версии
7-Zip 2019-02-21 Версия: 19.00	Критический, Высокий,	3	Обновление программного обеспечения до актуальной версии. Компенсирующие меры: удалить файл *7-zip.chm*; использование антивирусных средств для контроля файлов; использование файлов, полученных из доверенных источников; установить программе *7-zip* права только на чтение и запуск (для всех пользователей).
Microsoft Visual C++	Высокий	1	Обновление программного обеспечения до актуальной версии.
Microsoft Windows 10	Высокий	1	Использование программы установки, которая извлекает содержимое только из проверенных частей подписанного файла. Подписи *Authenticode* не должны содержать посторонней информации в структуре *WIN_CERTIFICATE*.
Windows Snipping Tool	Низкий	1	Включить автоматическое обновления магазина *Microsoft Store*.

В качестве рассматриваемой уязвимости была выбрана BDU:2022-02366 «Уязвимость в 7-Zip 21.07 и ниже».

Уязвимость BDU:2022-02366 (CVE-2022-29072) считается уязвимостью нулевого дня. Она возникла при совместном проявлении двух проблем – ошибки, связанной с переполнением буфера, и неверной настройки прав для библиотеки 7z.dll. Данная уязвимость может быть использована при перемещении некоторого вредоносного файла с расширением .7z и указанными в нем инструкциями в область окна архиватора 7zip с открытым окном «Оглавление» выводимым через меню при нажатии Справка > Оглавление. Вставленные во вредоносный файл команды будут запущены за счет выполнения процесса 7zFM.exe будут запущены как дочерний процесс, выполняющий команды в режиме администратора.

Была произведена проверка данной уязвимости с применением файла на рис. 2, указанного тестировщиком данной программы на github.com [3].

7zip.html – Блокнот

Файл Правка Формат Вид Справка

```
<html>
<head>
<HTA:APPLICATION ID="7zipcodeexec">
<script language="jscript">
var c = "cmd.exe";
new ActiveXObject('WScript.Shell').Run(c);
</script>
<head>
<html>
```

Рис. 2. Содержание «вредоносного» файла

Данный файл был запакован архиватором 7zip и как итог получен файл 7zip.7z. При попытке воспользоваться указанной уязвимостью и выполнить «вредоносный» код (открыть командную строку) архиватор распаковал перенесенный файл без выполнения указанного кода. При попытке перенести не архивированный файл 7zip.html, «вредоносный» был выполнен, однако система безопасности Windows отреагировала предупреждением рис. 3.

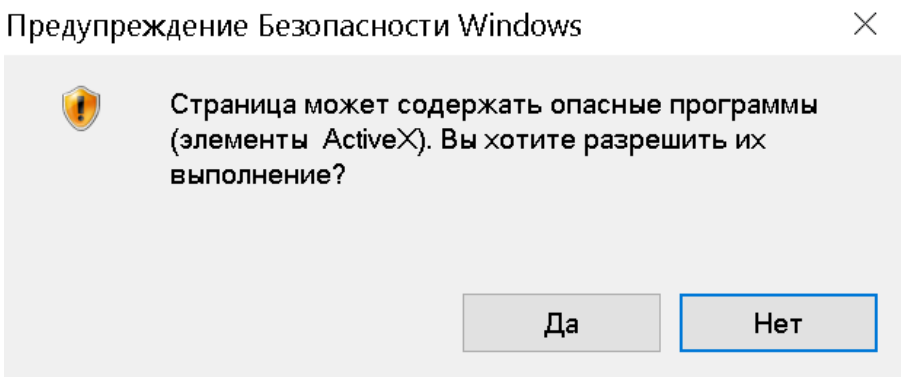


Рис. 3. Предупреждение системы безопасности Windows

Для дальнейшей проверки буду использовать файл 7-zip. html.

Рассмотрим предложенные компенсационные меры.

1. Удаление файла 7-zip.chm на рис. 4 позволяет избежать запуска окна «Оглавление» на рис.5 и соответственно предотвратить перенос и дальнейшее выполнение вредоносного кода.

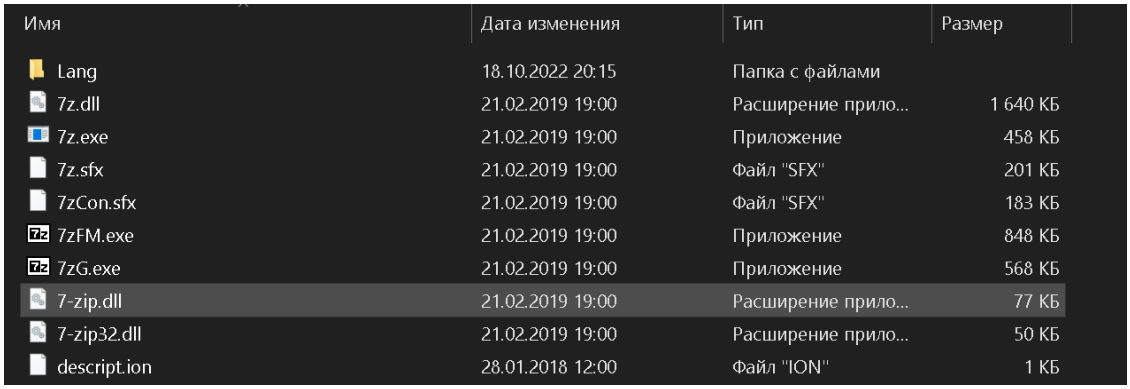


Рис. 4. Файл 7-zip.chm удален

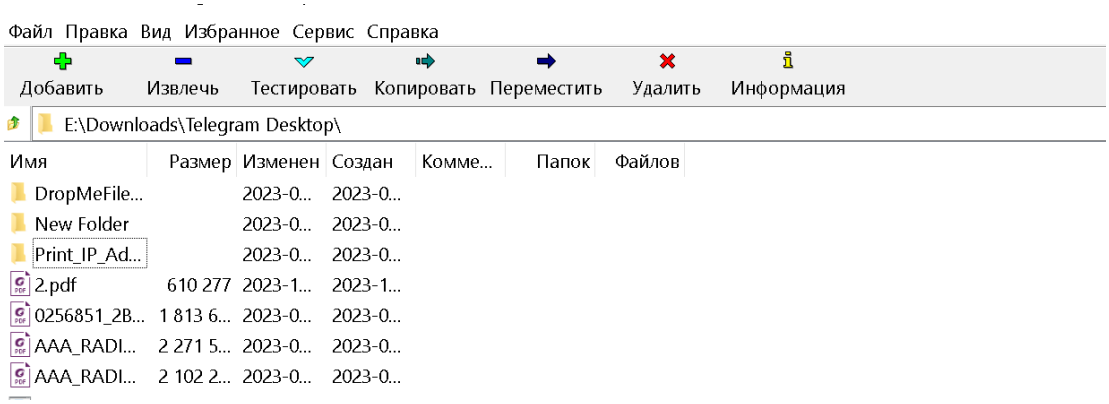


Рис. 5. Окно «Оглавление» не открывается

Открыть вредоносный файл не представляется возможным.

2. Установка права только на чтение и запуск (для всех пользователей) в программе 7-zip без удаления файла 7-zip.chm на рис. 6 и 7.

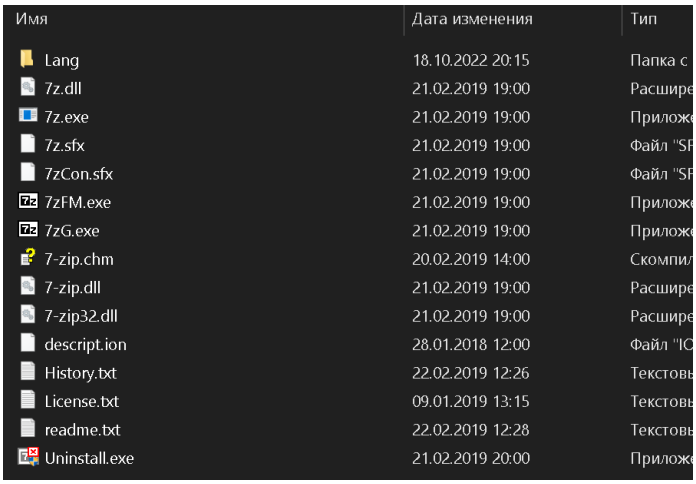


Рис. 6. Состав архиватора 7-zip без изменений

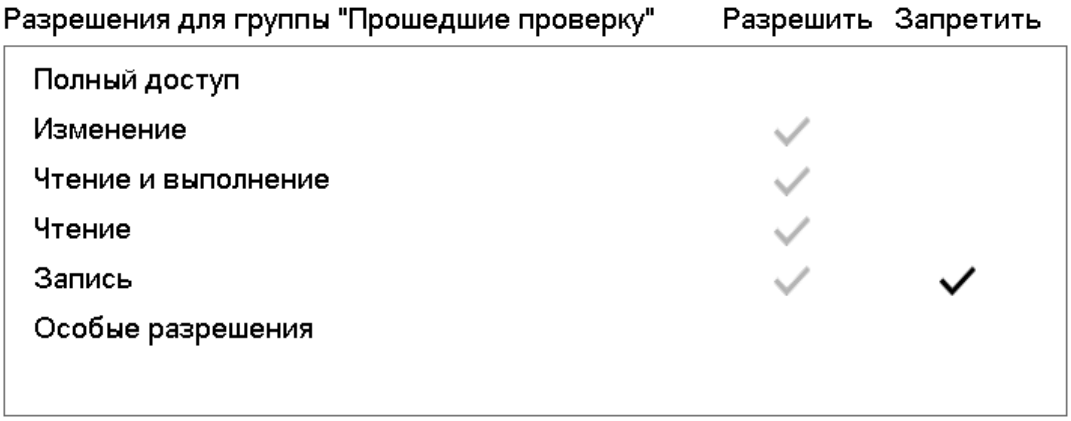


Рис. 7. Изменённые права для 7-zip

Изменение прав не скомпенсировало воздействие уязвимости на систему, и «вредоносный» код был выполнен.

3. Использование антивирусных средств для контроля файлов, в данном случае при проведении проверки был использован ресурс virustotal.com на рис 8.

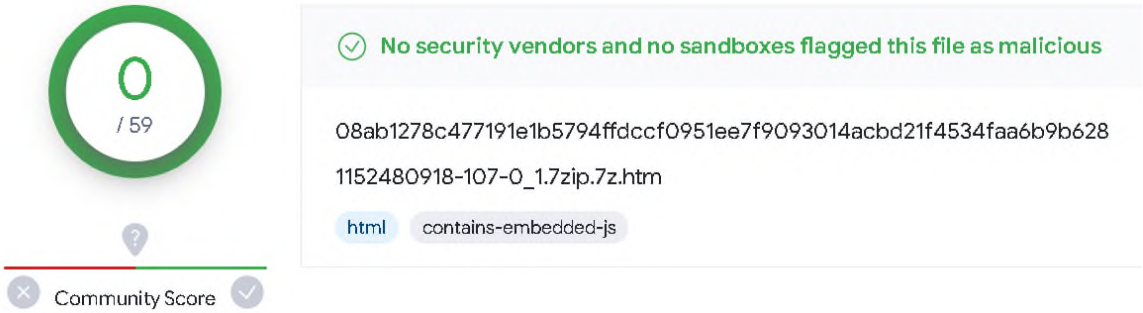


Рис. 8.

В файле 7-zip. html ожидаемо не выявлено вредоносных составляющих.

Проведенное сканирование дало общее представление того какие уязвимости присутствуют в системе. На примере уязвимости BDU:2022-02366 был выявлен иной способ выполнения потенциально вредоносного кода. Среди представленных компенсационных мер, единственной действенной мерой оказалась удаление файла 7-zip.chm, но это, к сожалению, закрывает пользователю доступ к справочной информации архиватора 7-zip. На данный момент производитель программы 7-zip выпустил версию 23.01, но об устранении в ней данной уязвимости не указано. Следовательно обновление программного обеспечения до актуальной версии не всегда гарантирует устранение всех выявленных ранее уязвимостей и для сохранения безопасности компьютерной системы необходимо применять дополнительные в том числе и компенсационные меры обеспечения безопасности.

Список используемых источников:

1. Актуальные киберугрозы: II квартал 2023 года: Positive Technologies [Электронный ресурс]. URL: https://www.ptsecurity.com/ru-ru/research/analytics/cybersecurity-threatscape-2023-q2.

2. БДУ - Программа ScanOVAL [Электронный ресурс]. URL: https://bdu.fstec.ru/site/scanoval

3. GitHub - kagancapar/CVE-2022-29072. [Электронный ресурс]. URL: https://github.com/kagancapar/CVE-2022-29072

4. Штеренберг С. И., Москальчук А. И., Коптелова В. А., Виноградова О.М. Разработка методов обеспечения безопасности для создания уязвимых виртуальных машин и изучения методов тестирования на проникновения // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1: Естественные и технические науки. 2021. N 1. С. 32-38

Chasovskikh E.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Using the vulnerability scanner for security audit and analysis of identified vulnerabilities in the archiving program.

In the modern world, it is impossible to do without the use of computer technology, it is necessary for us both in everyday life and in the workplace. In such conditions, the issue of ensuring the security of a computer system is one of the decisive factors. Conducting a security audit will help to detect existing vulnerabilities, as well as form measures to eliminate them. In this article, a security audit of a laptop computer running on the Windows 10 operating system was conducted.

Key words: security audit, vulnerability scanners, ScanOVAL.

3.2 Интернет вещей и гетерогенные сети

УДК 004.728.4
ГРНТИ 49.33.35

ПОВЫШЕНИЕ ЗАЩИТЫ ЗАГОЛОВКА IP-ПАКЕТА ПРИ ПОМОЩИ КОДОВ РИДА-СОЛОМОНА

З. Д. Бабанов, Д. С. Кукунин, С. О. Максименко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

При базовом использовании стека TCP/IP, определение ошибки в заголовке пакета ложится на сам протокол путем проверки контрольной суммы. Хотя это крайне быстрый способ определения поврежденных пакетов, он требует использования отдельного канала связи. В данной работе, представлен вариант реализации метода упреждающей коррекции ошибок для несжатых заголовков IP-пакетов. Измерения показывают, что упреждающая коррекция ошибок для заголовков значительно уменьшает количество пересылок пакетов.

IP заголовки, FEC, коды Рида-Соломона, защита IP-пакетов, стек протоколов TCP/IP, Упреждающая Коррекция Ошибок

Введение

Структура заголовков IP-пакетов состоит из 13 уникальных полей (14 с учетом выравнивания), которые содержат минимум 20 октетов информации (Рисунок 1).

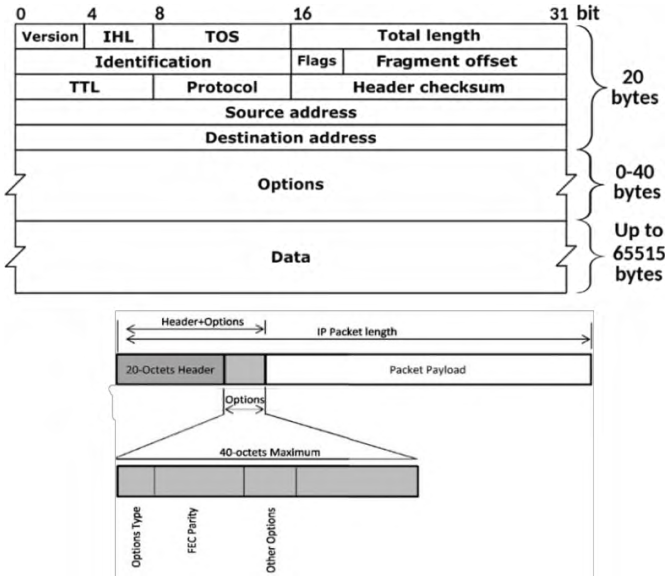


Рис. 1. Структура заголовка IP-пакета и структура кодирования в дополнительных полях

Любые изменения в заголовках будут обнаружены при получении и вычислении контрольной суммы. При этом вызываемая нагрузка при удалении пакета неважна, ведь это обязательная часть процесса приема.

Основной способ восстановления утраченных пакетов — это их повторная передача. Он является простым и крайне эффективным для любых пакетных каналов, в частности, организованных в рамках стека TCP/IP. Однако для беспроводных каналов связи, которые могут содержать серьезные шумы, повторная передача должна быть минимизирована.

Далее применим упреждающую коррекцию ошибок для стандартных IP-заголовков. Это уменьшит число повторных передач и количество отброшенных пакетов для каналов с обратной связью и без нее.

Для FEC можно использовать коды Рида-Соломона как один из самых широко распространенных в настоящее время способов коррекции ошибок [1]. Некоторые улучшения общепринятых методов декодирования кодов Рида-Соломона [2] могут расширить как функциональное применение, так и предоставить способ удлинения кодов [3].

В рамках стека протоколов TCP/IP наиболее очевидным способом расширения функционала заголовков являются дополнительные поля. Содержание дополнительных полей зависит от их типа [5]. Рассмотренный метод будет использовать дополнительные поля заголовка для хранения проверочных байт информации.

Применение кодов Рида-Соломона

Коды Рида-Соломона являются недвоичными циклическими кодами. Кодер *(N, K)* принимает сообщение длиной K символов на вход и предоставляет N закодированных символов. Таким образом, появляется дополнительная информация размером $(N - K)$ символов.

Систематические коды вполне подходят для описываемого метода, т. к. больший объем заголовка не предполагает никаких изменений. В этом случае кодовое слово уже будет содержаться в заголовке, и потребуется хранение только проверочных байт.

Для кодирования заголовка с использованием кода Рида-Соломона возьмем величину $m = 8$, т. к. каждый символ имеет размер в байт и, следовательно, $N \leq 255$. Процесс кодирования показан на Рисунке 2.

После кодирования полученные $(N - K)$ проверочных символов помещаются в дополнительные поля заголовка пакета, а основное содержание заголовка остается неизменным, но продолжает оставаться частью закодированного сообщения.

На Рисунке 3 представлен процесс обработки такого IP-пакета, где результат проверки контрольной суммы определяет запуск процедуры коррекции ошибок. Сборка пакета происходит по стандартному для стека TCP/IP алгоритму, однако, в дополнение к этому, при генерации заголовков будет запущен процесс вычисления проверочных байт, помещаемых в дополнительные поля. В случаях, когда контрольная сумма совпадает, дальнейшие шаги не требуются, однако при несовпадении контрольных

сумм будет запущен процесс восстановления из проверочных байт, содержащихся в дополнительных полях заголовка.

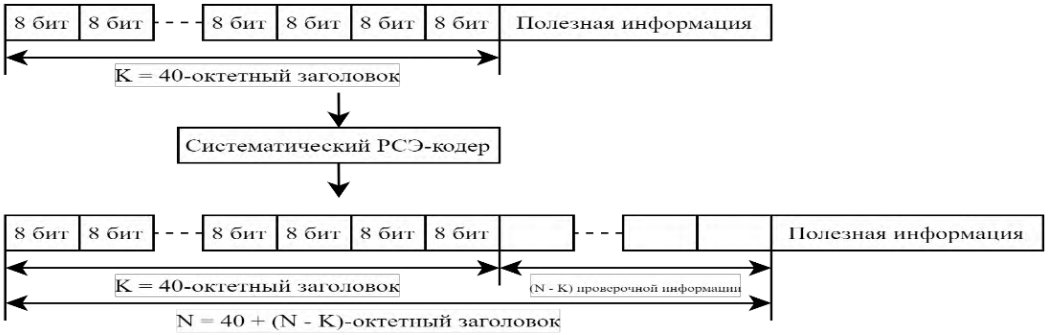


Рис. 2. Процесс кодирования IP-заголовка

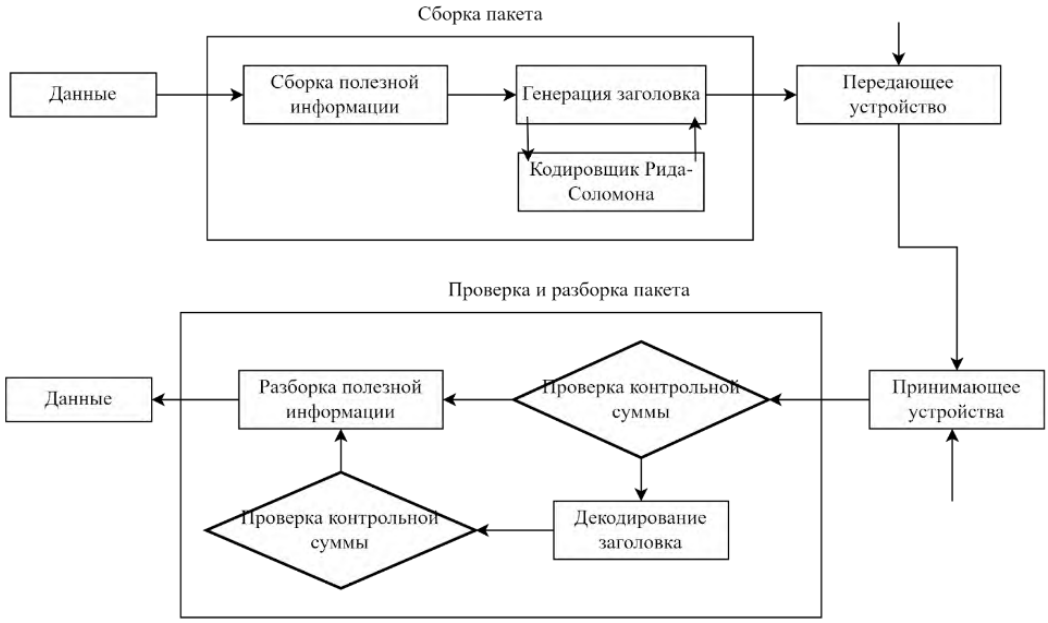


Рис. 3. Схема обнаружения ошибок в заголовке и их коррекции

В качестве модели для тестирования предложенного метода была выбрана уже существующая модель [6], адаптированная для текущей задачи.

В рамках простейшей симуляции в случае невозможности повторной передачи пакет считался “потерянным” всегда, когда заголовок не мог быть восстановлен при помощи FEC. При этом вероятность повреждения поля контрольной суммы считалась пренебрежимо малой величиной и не учитывалась. Для всех случаев в рамках симуляции также передавался и стандартный IP-пакет, но защита заголовка уменьшала частоту битовых ошибок (Рисунок 4).

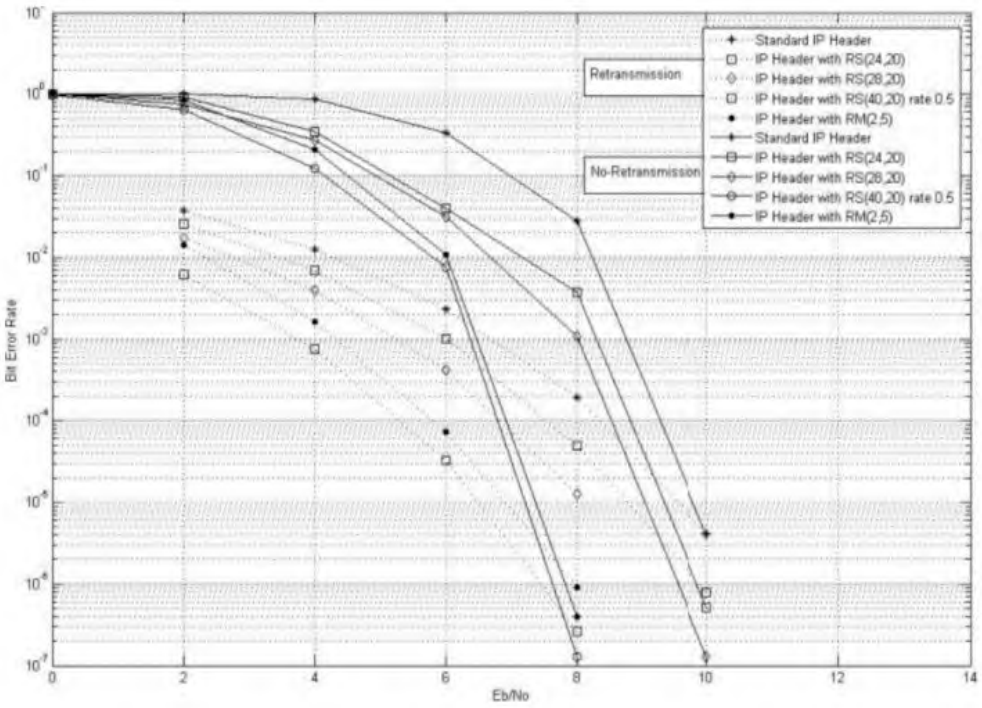


Рис. 4. Частота битовых ошибок

Более низкие скорости кодирования обеспечивают лучшее восстановление заголовков, однако даже при более высоких скоростях наблюдаются значительные улучшения в частоте ошибок. Это значение коррелирует с меньшим числом пакетов, отброшенных на приеме (Рисунок 5).

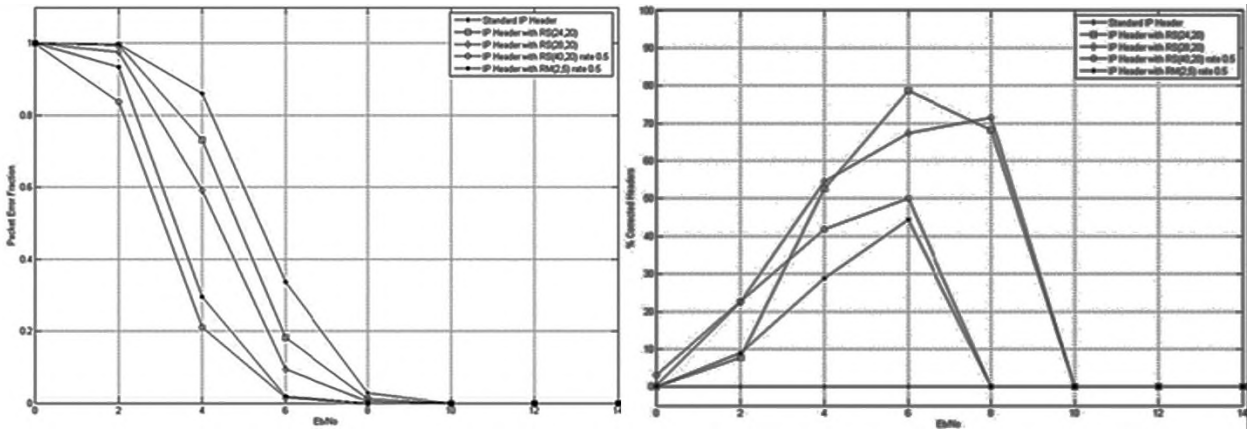


Рис. 5. Отношение общего количества поврежденных заголовков и числа пакетов (А) и доля восстановленных заголовков над общим количеством поврежденных (Б)

Так, например, для кода Рида-Соломона (40, 20) наблюдается 70% прирост над стандартным IP-пакетом в количестве доставленных пакетов. В целом, Рисунок 5 демонстрирует очень низкое значение числа поврежденных пакетов на приеме, из чего можно предположить, что некоторые из них были слишком сильно повреждены для восстановления. Также следует отметить рост числа восстановленных заголовков с повышением скорости кодирования, что, очевидно, связано с большим количеством повреждений

по сравнению с предыдущими измерениями. А малое количество повреждённых пакетов на приеме только дополняет данный вывод.

Заключение

В работе описан метод включения упреждающей коррекции ошибок в заголовок IP-пакета. Проведенные измерения показали, что метод предоставляет улучшенные условия с точки зрения экономии в рамках повторной передачи, а также повышает количество доставленных пакетов. Оба этих фактора являются неоспоримо важными, особенно в случае беспроводной передачи данных.

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Кларк Дж., мл., Кейн Дж. Кодирование с исправлением ошибок в системах цифровой связи: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1987. — 392 с.

2. S. Egorov, G. Markarian and K. Pickavance, "A modified Blahut algorithm for decoding Reed-Solomon codes beyond half the minimum distance," in IEEE Transactions on Communications, vol. 52, no. 12, pp. 2052-2056, Dec. 2004

3. Когновицкий, О.С. Двойственный базис и его применение в телекоммуникациях / О.С. Когновицкий. – СПб: Линк, 2009. – 423 с.

4. L. Barukang, "Reed-Solomon codes for uncompressed IP header protection," 2010 International Conference on Computer Applications and Industrial Electronics, Kuala Lumpur, Malaysia, 2010, pp. 29-33

5. RFC791 Internet Protocol, URL: http://www.ietf.org/rfc/rfc791.txt.

6. Seljeseth M, Yamin MM, Katt B. UIOT-FMT: A Universal Format for Collection and Aggregation of Data from Smart Devices. *Sensors*. 2020; 20(22):6662

Babanov Z., Kukunin D., Maksimenko S.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Improving IP header protection by using Reed-Solomon codes

By using TCP/IP stack, the error detection in the packet header is handled by the protocol itself through checksum verification. Although this is an extremely fast method of identifying corrupted packets, it requires the use of a separate communication channel. In this research, an implementation of the error preemption method is proposed for uncompressed IP packet headers. Measurements show that error preemption for headers significantly reduces the number of packet retransmissions.

Key words: FEC, IP headers, Reed-Solomon Code, TCP/IP, IP protection.

УДК 004.728
ГРНТИ 49.33.35

АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УДАЛЕННЫМ РОБОТИЗИРОВАННЫМ КОМПЛЕКСОМ НА БАЗЕ СТЕКА TCP/IP

Н. С. Баталин, Д. С. Кукунин, С. В. Подайко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Развитие современных систем передачи данных на базе стека протоколов TCP/IP позволяет решать на сегодняшний день различные задачи, в том числе, строить системы управления роботизированными комплексами. Данная работа рассматривает вариант модели такой системы, и поднимает проблемы, которые возникают при организации дистанционного управления роботизированной платформой на больших расстояниях.

команды управления, архитектура системы, IP сеть, VPN

Стек протоколов TCP/IP является гибким инструментом интеграции технических решений, построенных на базе различных гетерогенных сетей. Так, простейший вариант системы управления удаленным роботизированным комплексом (РК), организованный по принципу: Оператор – пульт управления (ПУ) – РК, может использовать целый ряд сегментов, которые в своей совокупности должны обеспечить безотказную работу сети передачи данных.

В качестве таких сегментов сети могут выступать участки, построенные на базе как проводных, так и беспроводных средств [1], к числу которых относятся радиомодемы и спутниковые системы. Вместе с тем, дистанционное управление роботизированным комплексом, несмотря на используемые типы модуляции и линейного кодирования в тех или иных сегментах, будет опираться на сетевые и транспортные протоколы пакетной сети, а интерфейсная часть взаимодействия Оператор – ПУ будет определяться программными решениями верхнего уровня модели OSI.

Немаловажной задачей повышения экономической эффективности построения роботизированного комплекса на дистанционном управлении является минимизация стоимости заложенных в него технических решений. Прежде всего это касается устанавливаемого на борту роботизированной платформы модуля взаимодействия с ПУ.

В качестве такого модуля взаимодействия предлагается использовать одноплатный компьютер, например, из серии Rasberry Pi. Его непосредственной задачей будет являться прием команд управления от ПУ и передача трафика, который должен в перспективе обеспечить их верификацию. Это может быть некоторый поток медиаданных, в частности, видеопоток с допустимым битрейтом или, как вариант, передача стоп-кадров

с целью экономии полосы пропускания канала связи.

Модуль взаимодействия Rasberry Pi является аппаратной платформой, построенной на базе архитектуры ARM64, и представляет собой не только бюджетное решение, но и обеспечивает реализацию услуг, в некоторой степени сопоставимую с компьютерными платформами x86_64. Добавим к этому достаточно малые габариты и низкое энергопотребление с возможностью питания от аккумуляторных батарей, в результате чего получим практически идеальный модуль, который может быть эффективно использован в рамках более сложной системы [2], например, установлен на борту роботизированной платформы с дистанционным управлением.

На рисунке 1 представлена модель системы управления РК, представляющая собой простейшую схему взаимодействия Оператора с РК при помощи ПУ.

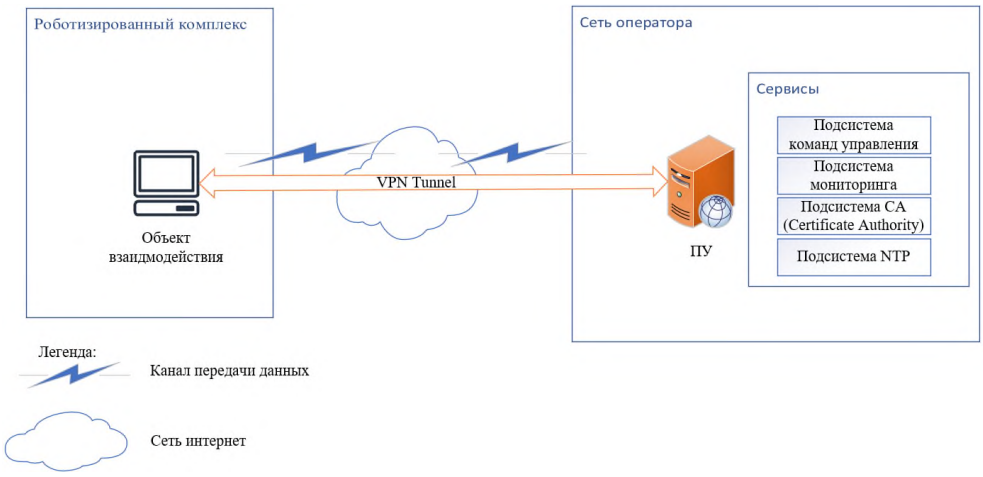


Рис.1. Модель системы управления РК

Такая архитектура системы управления РК (рис. 1) имеет ряд особенностей, которые стоит отметить. Прежде всего, использование IP-сети не исключает наличие разнородных сегментов, которые могут быть как проводными, так и беспроводными, в том числе, 4G, Wi-Fi или даже спутниковое соединение.

Пульт управления, как основной рабочий инструмент Оператора, должен быть эргономичным и обеспечивать наименьший отклик системы. В связи с этим, выбор ПУ является одной из важнейших задач при построении схемы (рис. 1).

Современные технологии позволяют реализовать ПУ не только в виде механического устройства, например джойстика, но также и прикладного интерфейса, который в следствии проведенной программной оптимизации может оказаться даже эффективнее аппаратного решения.

В любом случае в задачи ПУ будет входить трансляция команд Оператора по протоколу, которым оперирует объект взаимодействия и последующая их отправка по IP сети [3].

Поскольку потенциальная сеть IP может являются частью сети связи

общего пользования, взаимодействие Оператора с РК может потребовать неминуемого решения ряда вопросов, связанных с обеспечением безопасности. В связи с этим, в модель системы управления (рис. 1) были включены дополнительные средства обеспечения защиты передаваемой информации.

Целью этих средств является решение следующих важных задач:

- аутентификация сторон – установление доверия между участниками информационного диалога путем доказательства их подлинности;
- целостность информации – установление доверия к передаваемой информации при помощи методов защиты от ее подмены;
- сокрытие информации от неавторизованных лиц – шифрование.

Следует отметить, что процедура шифрования трафика является достаточно затратной с точки зрения расходуемых ресурсов информационной системы, к тому же зачастую она вносит значительную задержку при передаче данных, поэтому ее следует считать опциональной [4].

Одним из инструментов, обеспечивающих решение вышеперечисленных задач, может стать, например, технология построения VPN, в частности свободно распространяемое программное решение OpenVPN, которое без труда интегрируется в аппаратный комплекс поддержки ПУ, а также легко запускается на борту модуля взаимодействия роботизированной платформы.

Здесь сразу же следует отметить тот факт, что текущее экономическое положение нашей страны неизбежно поднимает проблему импортозамещения, и прежде всего, это касается вопросов обеспечения безопасности в области информационных технологий. Поэтому, целесообразным решением построения защищенной сети для системы управления РК, предлагается считать российский аналог OpenVPN, сертифицированный ФСБ России.

Так, применение OpenVPN-ГОСТ, как и классический вариант OpenVPN, предполагает наличие некоторой подсистемы CA (центр аутентификации). Данная подсистема призвана решить вопрос аутентификации взаимодействующих сторон друг перед другом средствами предъявления соответствующих сертификатов [5].

Очевидно, что применение дополнительных вычислительных операций, особенно, когда речь идет о решении задач безопасности, внесет определенные задержки в процесс передачи данных. Это может стать критичным в зависимости от функционального применения РК и целевого назначения команд.

Важной задачей организации управления РК является выбор транспортного протокола. Так, например, свойством протокола TCP является контроль порядка следования сегментов, что может быть особенно важным при отправке (получении) команд управления большого объема. Другой особенностью является механизм обеспечения гарантии доставки, который также позволяет получать статистику о состоянии канала. Кроме того, протокол TCP опционально может иметь поле TCP Timestamp – метка

времени. На основании данной метки оператор получает возможность измерить круговую задержку (RTT) отправленных команд [6].

Следует отметить, что оценка задержки средствами измерения RTT является более предпочтительной, поскольку не требует дополнительной синхронизации по времени между сетевыми узлами. Другими словами, RTT может измеряться только системой-отправителем, опираясь на собственное системное время.

В случае применения протокола UDP, для оценки задержки потребуется реализация дополнительной логики в вышестоящем протоколе. Например, для оценки односторонней задержки отправитель может передавать свое текущее время, получатель, соответственно, вычитает из своего текущего времени, полученное значение. Очевидно, что в этом случае точность измерения зависит от синхронизации узлов по времени.

Синхронизация по времени, в свою очередь, может быть реализована средствами протокола NTP. При этом объектом синхронизации может выступать как некоторый NTP сервер, так и один из взаимодействующих узлов. Например, объект взаимодействия может синхронизироваться по времени непосредственно с аппаратным комплексом поддержки ПУ Оператора.

Протокол UDP может быть предпочтителен при реализации команд управления относительно небольшого объема, особенно когда речь идет об одиночных датаграммах. Очевидным недостатком TCP в этом случае будет избыточность служебных пакетов на установление и разрыв соединения [7].

В противном случае, при большом числе отправляемых датаграмм потребуется дополнительная организация восстановления их порядка на принимающей стороне, например, путем добавления номера отправляемого блока данных. Подобная реализация также позволит принимающей стороне переспросить датаграмму, принятую с ошибкой, указав ее номер. Однако при выборе UDP в качестве транспорта контроль потери пакетов в сети является нетривиальной задачей, а реализация логики по решению этой проблемы может значительно усложнить взаимодействие между элементами системы управления РК.

В настоящей статье рассмотрен вариант модели системы управления роботизированным комплексом на базе стека TCP/IP. Даны рекомендации по решению ряда вопросов организации защиты информации, рассмотрены принципы выбора транспортного протокола.

Поскольку взаимодействие между ПУ и РК может происходить в сети связи общего пользования и в комбинированном канале связи, величины параметров, оказывающих влияние на качество сетевого соединения, могут сильно варьироваться. При этом оценка качества исполнения команд управления может быть построена на измерении таких характеристик как джиттер, односторонняя задержка/RTT, количество повторного переданных сегментов, также оцениваться непосредственно самим оператором [8]. В любом случае, оценка качества исполнения команд управления является довольно сложной задачей, требующей отдельного рассмотрения.

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Бархатов С.П., Устинова Я.В., Семенов А.С. Исследование возможностей применения роботизированных самосвалов в горнодобывающей отрасли // Горное оборудование и электромеханика. 2022 №1 (159). С. 19-27. DOI: 10.26730/1816-4528-2022-1-19-27

2. Романов А.М. Обзор аппаратно-программного обеспечения систем управления роботов различного масштаба и назначения. Часть 2 Сервисная робототехника. Российский технологический журнал. 2019;7(6):68-86. https://doi.org/10.32362/2500-316X-2019-7-6-68-86

3. Шевченко А. И. О принципах построения искусственного интеллекта в антропоморфных системах / А. И. Шевченко, И. С. Сальников, Р. И. Сальников // Искусственный интеллект. – 2010. – №4 – С. 4-19.

4. Шелепов А. Ю. Построение системы голосового управления компьютером на примере задачи набора математических формул / А. Ю. Шелепов, А. В. Ниценко, А. В. Жук // Искусственный интеллект. – 2010. – № 3. – С. 259-268.

5. Алексеев И.В., Меркулов С.А., Сивов А.А. Аспекты практической реализации протокола ARTCP на ядре Linux 2.6 // Моделирование и анализ информационных систем. Том 17, № 2, с. 144-149, Ярославль: Яросл. гос. Ун-т, 2010

6. Иванова С. Б., Сальников И. С., Сальников Р. И. Роботизированные компьютерно-аппаратные комплексы широкого назначения: необходимость и проблемы создания. [Текст] / Иванова С. Б., Сальников И. С., Сальников Р. И. // Проблемы искусственного интеллекта. — 2015. — № 0 (1). — С. 50 - 62.

7. Воробьев, Я. Ю., Клебан, В. О. Построение протокола обмена данными для встроенных систем управления. / Я. Ю. Воробьев, В. О. Клебан [Текст] //. —: 2021. — С. 35 - 39.

8. Королев, А. С. Влияние джиттера на работу современных высокоскоростных цифровых устройств обработки сигналов. [Текст] / А. С. Королев // Вестник Новгородского Государственного Университета. — 2015. — № 8(91). — С. 61 - 64.

Batalin N., Kukunin D., Podaiko S.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Architecture of the remote robotic complex management system based on the TCP/IP stack.

The development of modern data transmission systems based on the TCP/IP protocol stack makes it possible to solve various tasks today, including building control systems for robotic complexes. This work considers a variant of the model of such a system, and raises the problems that arise when organizing remote control of a robotic platform over long distances.

Key words: management commands, system architecture, IP network, VPN.

УДК 004.05
ГРНТИ 49.37.29

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ СЖАТИЯ ДАННЫХ КАК ЭЛЕМЕНТА СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ В ГИБРИДНЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

А. А. Березкин, Р. М. Вивчарь, А. А. Лазарев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

В данной статье представлены результаты исследований эффективности функционирования алгоритмов сжатия без потерь как элемента системы информационного обмена для управления беспилотными комплексами. Были рассмотрены следующие алгоритмы: алгоритм DEFLATE; алгоритм LZMA; алгоритм Zstandard и алгоритм Хаффмана. Представлен инструментарий для проведения исследований, а также рекомендации по использованию полученных результатов.

беспилотный комплекс, алгоритмы сжатия, система информационного обмена

Введение

В последние годы наблюдается стремительный рост спроса на различные беспилотные комплексы (далее - БК), который обусловлен несколькими факторами, включая прогресс технологий, возрастающую потребность в автоматизации и потребность в эффективных и экономичных решениях в различных отраслях промышленности.

Выполнение БК своих целевых задач зависит от эффективности функционирования системы информационного обмена (СИО) для управления этими комплексами. Основу СИО составляют каналы связи, которые обеспечивают прием команд, передачу информации и взаимодействие с оператором в реальном масштабе времени.

Однако, как показывает анализ функционирования СИО для управления БК, каналы связи часто подвержены различным задержкам, таким как перегрузка сети, помехи и ограничения в расстоянии.

Одной из основных проблем, связанных с задержкой при управлении БК, является потеря точности и надежности его движений. Задержка может привести к неправильным командам управления, что в свою очередь может привести к авариям или неудовлетворительным результатам выполнения задачи [1].

Для обеспечения эффективной работы БК крайне важно минимизировать сетевые задержки в каналах связи.

Одним из подходов уменьшения задержки при управлении МРК от первого лица является сжатие данных. Уменьшая размер данных видеопотока, передаваемого по сети от БК к оператору, сжатие данных

может помочь сократить время передачи и, следовательно, снизить задержку в системе управления в целом [2].

Следовательно, становится актуальной задача обоснования такого облика СИО для управления БК, которая обеспечивала бы возможность сжатия передаваемого видеопотока с целью уменьшения задержки [3]. Одним из элементов СИО являются алгоритмы сжатия без потерь [4].

Следовательно, решение задачи обоснования облика СИО заключается в выборе из множества существующих алгоритмов сжатия без потерь такого, который бы обеспечивал минимум величины задержки при требуемом качестве передаваемого изображения [3].

Анализ существующих алгоритмов сжатия без потерь

Среди наиболее распространенных алгоритмов сжатия без потерь выделяют следующие:

– алгоритм DEFLATE. Данный алгоритм сжатия без потерь представляет собой комбинацию алгоритмов LZ77 и Хаффмана. Используется в формате ZIP, а также в компрессоре/декомпрессоре gzip и в PNG-изображениях;

– алгоритм LZMA (Lempel-Ziv-Markov chain-Algorithm). Алгоритм используется в архиваторе 7-ZIP и основан на схеме сжатия данных по словарю, что обеспечивает высокий коэффициент сжатия, а также позволят использовать словари различного размера (до 4 Гб);

– алгоритм Zstandard. Алгоритм сочетает словарный алгоритм сжатия и эффективное кодирование типа ANS (FSE – Finite State Entropy);

– алгоритм Хаффмана. Данный алгоритм представляет собой «жадный» алгоритм оптимального префиксного кодирования алфавита с минимальной избыточностью.

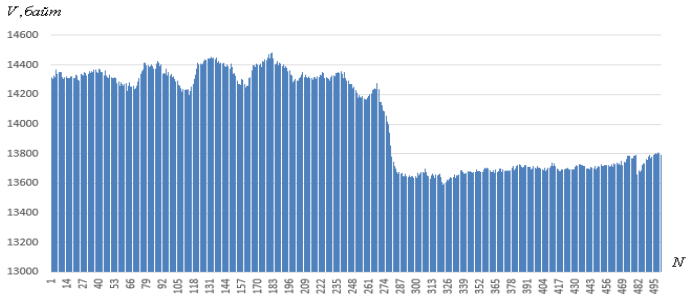
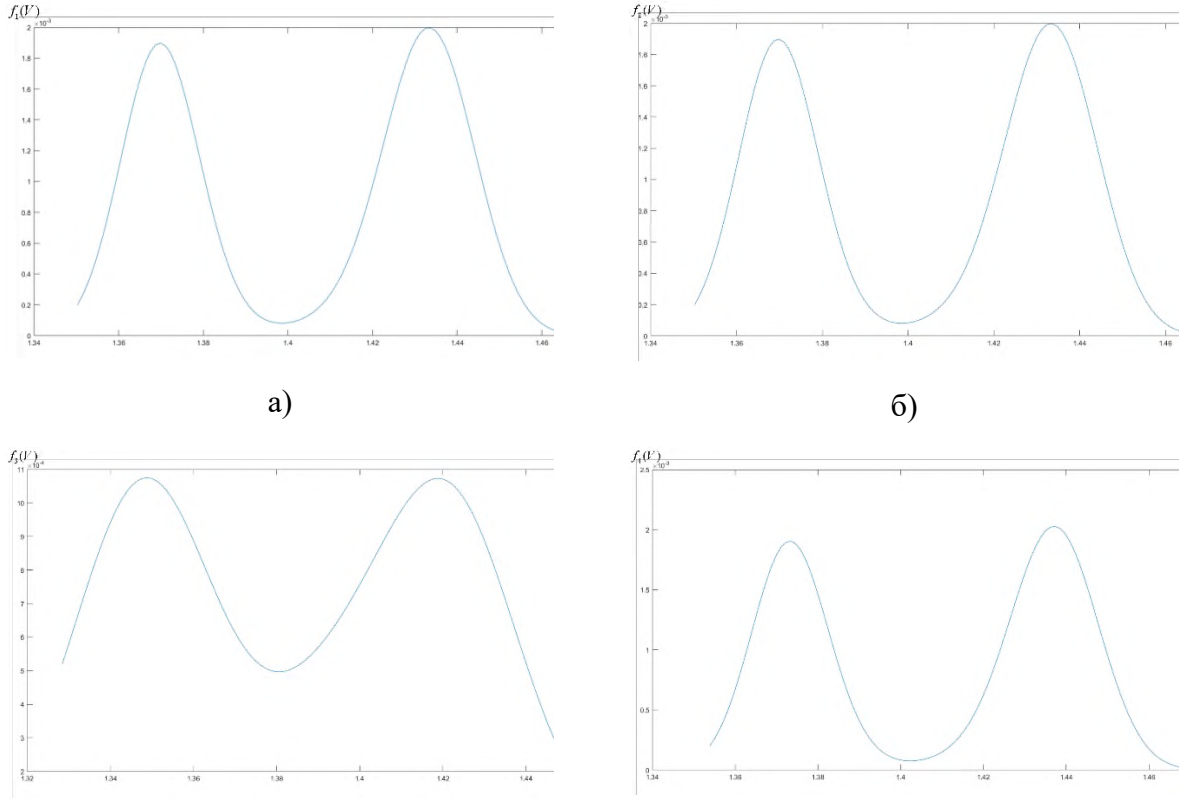


Рис. 1. Графическая интерпретация выборки объемов изображений, сжатых при помощи алгоритма DEFLATE

В качестве критерия эффективности функционирования алгоритмов сжатия был использован объем сжатого изображения V, так как именно его значение определяет величину задержки при передаче. Для исследования алгоритмов сжатия без потерь была получены выборки объемов изображений, сжатых при помощи указанных алгоритмов. Пример графической интерпретации одной из таких выборок, полученной с помощью алгоритма DEFLATE, представлен на рис. 1.

Далее на основе полученных выборок были определены законы распределения объема сжатого изображения (рис. 2).



а) б)

в) г)

Рис. 2. Плотности вероятности объема сжатого изображения, полученные при использовании алгоритмов DEFLATE (а), Хаффмана (б), LZMA (в), Zstandard (г)

Для нахождения представленных плотностей вероятности был использован один из способов непараметрической оценки плотности вероятности – ядерная оценивание плотности вероятности Парзена-Розенблатта [5].

Сущность этого метода заключается в следующем:

Пусть дана выборка данных (рис. 1), представляющая собой множество значений случайной величины – объема сжатого изображения V, полученная путем измерения объема 500 сжатых изображений с помощью алгоритма сжатия.

$$\{V_1, ..., V_k, ..., V_K\}, \; k = \overline{1,500}.$$

Далее для нахождении плотности вероятности V необходимо воспользоваться выражением:

$$f(V) = \frac{1}{500} \prod_{k=1}^{500} \frac{1}{h} Y\left(\frac{V - V_k}{h}\right),$$

где V_k – реализация случайной величины в k-ом опыте; h – ширина пропускания случайной величины; $Y(\frac{V-V_k}{h})$ – ядерная функция.

На практике наибольшее распространение нашли такие ядерные функции как равномерная, треугольная, Епанечникова, Гауссова, трикубическая.

Для получения плотностей вероятности (рис. 2) была использована Гауссова ядерная функция, заданная выражением:

$$Y\left(\frac{V-V_k}{h}\right)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{V-V_k}{h}\right)^2}.$$

Важным моментом при использовании ядерной оценки плотности вероятности является выбор параметра h, так как неправильный выбор этого параметра может повлиять на адекватность оценки плотности вероятности. При использовании Гауссовой ядерной функции значение ширины пропускания вычисляется по правилу Сильвермана:

$$h=0.9AK^{-0.2},$$

где A – величина, вычисляемая по определенному алгоритму.

Из полученных графиков плотностей вероятности V видно, что законы распределения объема сжатого изображения, полученные с помощью представленных алгоритмов сжатия, относится к классу бимодальных распределений, особенностью которых является наличие двух мод, которые отображаются в виде отдельных пиков (локальных максимумов) в функции плотности вероятности. Для случая использования алгоритма DEFLATE эти моды (M_1,M_2) находятся при значениях объемов равных $V^{M_1}=1.375\times10^4$ и $V^{M_2}=1.438\times10^4$ (рис. 3).

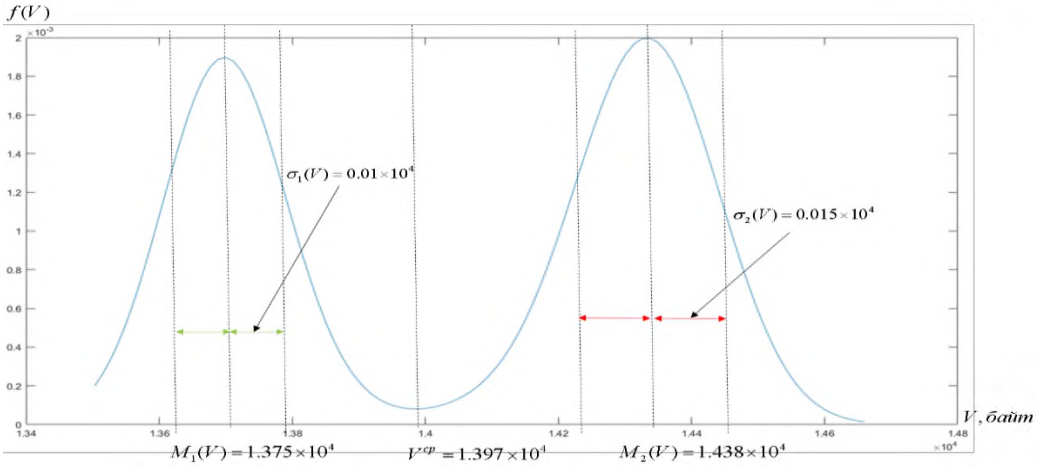


Рис. 3. Плотность вероятности объема сжатого изображения, полученного с помощью алгоритма сжатия DEFLATE

Анализ графика (рис. 3) показывает, что закон распределения объема сжатого изображения представляет собой смесь двух нормальных

распределений с параметрами $M_1=1.375\times10^4$, $\sigma_1=0.01\times10^4$ и $M_2=1.438\times10^4$, $\sigma_2=0.015\times10^4$, соответственно.

Исходя из этого, при анализе эффективности работы алгоритмов сжатия становится нецелесообразным использование в качестве критерия среднего значения и дисперсии объема сжатого изображения, потому что они не отражают реальную картину. По факту количество случаев реализации среднего значения $V^{cp}=1.397\times10^4$ значительно уступает количеству случаев, когда объем сжатого изображения принимал значения $V^M{}_1=1.375\times10^4$ и $V^M{}_2=1.438\times10^4$.

Анализ выборок и законов распределения V позволяет предположить, что причиной бимодальности закона распределения является то, что при последовательном прогоне определенного числа кадров (для данного случая примерно 250 штук) эффективность алгоритма сжатия изменяется скачкообразно в сторону уменьшения объема сжатого изображения (например, с $V^M{}_2=1.438\times10^4$ до $V^M{}_1=1.375\times10^4$ для случая использования алгоритма DEFLATE), вследствие определенной «поднастройки» алгоритма, а наличие воздействия различных нежелательных факторов, обусловливает незначительный разброс значений объема сжатого изображения в окрестностях двух мод.

Исходя из вышесказанного, наиболее целесообразно в качестве критерия эффективности алгоритмов сжатия использовать не среднее значение и дисперсию, а вероятность не превышения требуемого объема сжатого изображения, которая может быть получена путем интегрирования полученной плотности вероятности V:

$$P = \int_0^{V^{mp}} f(V)dV .$$

В табл. 1 представлены вероятности не превышения требуемого значения объема сжатого изображения, равного 14500 байт, при использовании сравниваемых алгоритмов сжатия.

ТАБЛИЦА 1. Значения вероятности не превышения требуемого значения объема сжатого изображения при использовании сравниваемых алгоритмов сжатия

Алгоритм сжатия	**Вероятность** P
Алгоритм DEFLATE	0,91
Алгоритм Хаффмана	0,84
Алгоритм LZMA	0,99
Алгоритм Zstandard	0,83

Полученные значения вероятности позволяют сделать вывод, что наиболее эффективным алгоритмов сжатия без потерь является алгоритм LZMA.

Выводы

Приведенные в статье результаты исследований эффективности функционирования алгоритмов сжатия без потерь позволили сделать следующие выводы:

– законы распределения объема сжатого изображения, полученные с помощью представленных алгоритмов сжатия относится к классу бимодальных распределений, поэтому в качестве критерия эффективности алгоритмов сжатия целесообразно использовать не среднее значение и дисперсию, а вероятность не превышения требуемого объема сжатого изображения;

– наиболее эффективным алгоритмом сжатия без потерь, с точки зрения значения вероятности не превышения требуемого объема сжатого изображения, является алгоритм LZMA.

Полученные результаты могут быть использованы при обосновании облика системы информационного обмена для управления БК.

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Артеменко М.Н., Корчагин П.А., Тетерина И.А. Тенденции развития мобильных беспилотных роботизированных комплексов. Опыт отечественных и зарубежных производителей / Вестник СибАДИ, №4. 2019. С. 416-430.

2. Балобанов А.В., Балобанов В.Г. «Метод сжатия цифрового видеосигнала в прикладном телевидении для управления и контроля БПЛА / T-Comm - Телекоммуникации и Транспорт, № 1, Т.13, 2019, С. 16-20.

3. Березкин А.А., Вивчарь Р.М., Киричек Р.В. Модель системы управления мобильными роботизированными комплексами различного назначения / Электросвязь. №6. 2023. С. 2-4.

5. Вивчарь Р.М. Методика многокритериального оценивания эффективности функционирования стохастических сложных технических систем / Р.М. Вивчарь, Б.В. Соколов, А.И. Птушкин // Авиакосмические приборостроение, 2022. – № 7. – С. 3–14.

Berezkin A., Vivchar R., Lazarev A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Research of data compression algorithms as an element of the information exchange system for remote control of unmanned complexes.

This article present the results of research on the effectiveness of lossless compression algorithms as an element of the information exchange system for controlling unmanned complexes. The following algorithm were considered: Deflate, LZMA, Zstandard and Huffmana algorithm. The tools for conducting research are presented, as well as recommendations for using the results obtained.

***Key words**: unmanned complex, compression algorithm, information exchange system.*

УДК 004.750
ГРНТИ 49.33.29

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭФФЕКТИВНОГО РАЗВЕРТЫВАНИЯ МИКРОСЕРВИСОВ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ С ПОДТВЕРЖДЕНИЕМ ПОДЛИННОСТИ

А. Н. Волков, Д. С. Королев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Появление новейших концепций в будущих сетях связи и передачи данных предъявляют все более высокие требования к устройствам Туманных вычислений. Одним из главных факторов, влияющих на эффективность развертывания микросервисов, является размер самих устройств, который только уменьшается со временем, что приводит к значительному ограничению ресурсов. Необходимо исследовать и разрабатывать новые методы развертывания микросервисов, позволяющие наиболее эффективно использовать программные ресурсы устройств, а также следить за безопасностью при развертывании. В данной статье рассматриваются методы эффективного развертывания микросервисов с помощью Docker и Kubernetes, а также, на реализованном стенде, производится их тестирование. Для повышения безопасности при развертывании микросервисов выполняется анализ существующих методов и тестируется использование цифровой подписи с помощью Docker Content Trust.

Docker, Docker Content Trust, Kubernetes, слои, образ, туманные вычисления

Ежедневное возникновение современных векторов направления информационных технологий в инфокоммуникационных сетях позволяет все глубже погружаться в безграничный мир исследования сетей будущих поколений. Такое стремительное развитие вынуждает регулярно усовершенствовать существующие устройства и разрабатывать новые правила взаимодействия в сетях. В течение крайне малого временного промежутка произошел стремительный взлет количества устройств на одного человека. По недавнему прогнозированию специалистов из IoT Analytics примерное количество подключенных к сети устройств Интернета вещей к 2027 году будет составлять около 29.7 млрд [1]. Настолько бескрайнее увеличение подключенных устройств приводит к массивному объему данных, которые необходимо уметь не только эффективно распределять как можно ближе к пользователю с целью достижения наименьшей задержки для комфортного использования приложений и услуг, но и следить за безопасностью и соблюдению конфиденциальности при передаче данных между пользователями.

Возникшие в недавнем времени Туманные и Пограничные вычисления во многом позволяют расширить возможности облачных вычислений на базе центров обработки данных [2]. Современная типовая архитектура представлена на рис. 1.

Рис. 1. Архитектура Туманных и Пограничных вычислений

Данная архитектура подразумевает, что узлами для вычислений будут являться микрокомпьютеры, располагающиеся в близости с пользовательскими устройствами. Малые габариты микрокомпьютеров ограничивают закладываемые в них программные ресурсы, что требует эффективного их распределения при развертывании микросервисов и повышения при этом безопасности. В данной статье обозреваются и приводятся возможные методы эффективного развертывания при работе с маломощными устройствами и соблюдения безопасности при их развертывании.

1. Метод подтверждения подписи слоев с помощью Docker Content Trust для повышения безопасности развертывания

Существуют различные методы повышения безопасности при развертывании микросервисов:

- Использование непривилегированных пользователей внутри контейнера;
- Ограничение на использование привилегий;
- Использование опции no-new-privileges;
- Использование файловых систем в режиме «только для чтения»;
- Ограничение использования сетевого интерфейса docker0 и т.д.

В данной статье, на основе анализа большинства существующих методов было отдано предпочтение методу подписи слоев с помощью Docker Content Trust (DCT), который появился в версии Docker Engine 1.8 [3]. Данный метод предоставляет возможность использовать цифровые подписи для данных, отправляемых и получаемых из удаленных реестров Docker. Подписи позволяют проверять целостность образов и разработчика определенных тегов на стороне пользователя во время развертывания.

С помощью DCT разработчики образов имеют возможность их подписывать, что позволяет гарантировать пользователям оригинальность образов, которые они извлекают. Разработчиками могут быть отдельные лица или организации, вручную подписывающие свои образы, или автоматизированные цепочки поставок программного обеспечения, подписывающие образы в рамках процесса выпуска.

Доверие к тегу образа контролируется с помощью ключей подписи, представленных на рис. 2. Набор ключей создается при первом вызове операции с использованием DCT и состоит из следующих классов ключей:

•Автономный ключ, который является корнем DCT для тега образа;

•Ключи репозитория или тегирования, которые подписывают теги;

•Ключи, управляемые сервером, такие как ключи метки времени, которые обеспечивают гарантии актуальности репозитория.

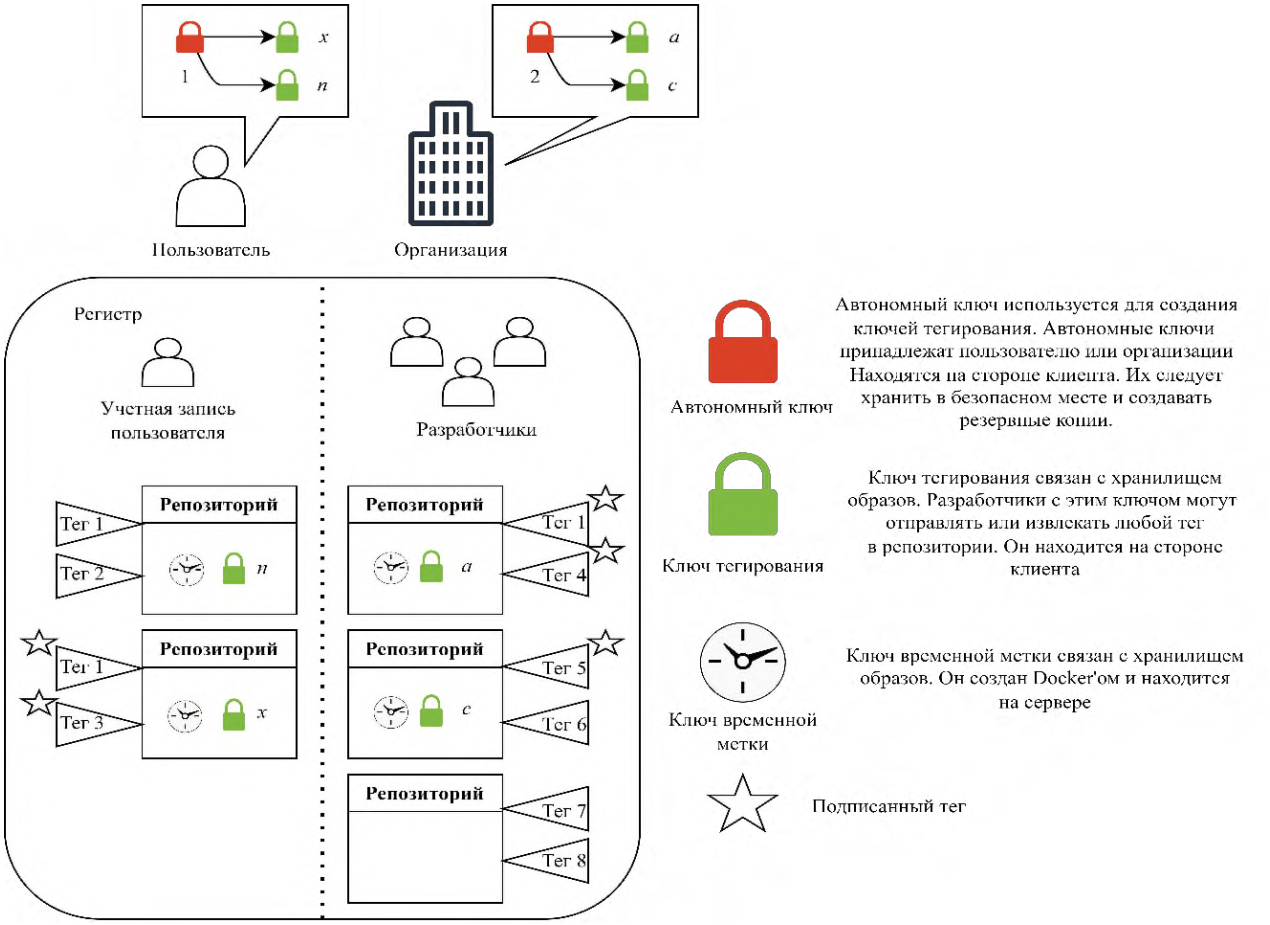


Рис. 2. Ключи DCT

Таким образом, при дальнейшем развертывании микросервисов будет применяться данный метод подписи слоев за счет его эффективности в повышении безопасности и качества содержимого микросервисов.

2. Метод многоэтапных сборок Docker-образов (Multistage building)

Система контейнеризации Docker начиная с версии 17.05 и выше значительно упростила сборку контейнеров за счет внедрения функции многоэтапной сборки Docker-образов [4]. До появления данной функции размер некоторых образов был излишне велик, что вынуждало разработчиков искать решения по ручной очистке образа от временных файлов с целью сокращения их размеров. На рис. 3 демонстрируется сравнение содержимого Dockerfile без применения многоэтапной сборки и с её применением при развертывании одного и того же микросервиса.

Стандартный Dockerfile

```
FROM python:3.8.5
WORKDIR /No_Multistage_building
COPY . .
ENTRYPOINT ["python3","-u", "app.py"]
```

Dockefile с применением многоэтапной сборки

```
FROM python:3.8.5 AS build
WORKDIR /Multistage_building
COPY . .

FROM python:3.9-slim-bullseye AS stage2
WORKDIR /Multistage_building
COPY --from=build /Multistage_building .
ENTRYPOINT ["python3","-u", "app.py"]
```

Рис. 3. Сравнение Dockerfile

Как видно из содержимого Dockerfile, многоэтапная сборка позволяет использовать более одного оператора “FROM”, задача которых начинать следующие этапы сборки, что позволяет выделять только необходимые файлы для каждого этапа сборки. Оператор “COPY — from = 0” копирует определенные шаги с предыдущего этапа сборки на текущий этап, что позволяет не сохранять промежуточные операции в конечном образе, облегчая его.

Применение многоэтапной сборки в реальных условиях позволяет значительно сократить размеры конечных образов, ускоряя развертывание микросервисов.

3. Метод эффективного распределения программных ресурсов

Одна из основных особенностей Docker и Kubernetes заключается в том, что при развертывании микросервисов они могут потреблять неограниченное количество программных ресурсов без их ручного ограничения [5], что излишне нагружает и без того низкопроизводительные устройства Пограничных и Туманных вычислений. Однако существует возможность применить ограничение на потребляемые ресурсы микросервисов с помощью функций запросов ресурсов и лимитов [6]. Запросы позволяют выделить определенное количество ресурсов процессора и памяти, а лимиты – ограничить максимально возможное количество потребляемых ресурсов при их наличии. На рис. 4 демонстрируется содержимое YAML файла в котором продемонстрировано применение запросов и лимитов для конкретного примера.

Скрипт “Пример YAML файла для создания пода в Kubernetes”

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
   name: my-pod
spec:
   containers:
  - name: my-container
     image: my-image
     resources:
      requests:
       cpu: “0.5” #Запрашивается 50% ресурса ядра процессора
       memory: “512Mi” #Запрашивается 512 Мбайт памяти
     limits:
       cpu: “1” #Ограничение в 100% ресурса ядра процессора
       memory: “1Gi” #Ограничение в 1 Гбайт памяти
```

Рис. 4. Пример YAML файла для создания пода в Kubernetes

Метод эффективного распределения программных ресурсов при развертывании микросервисов позволяет наиболее эффективно использовать ресурсы в условиях Пограничных и Туманных вычислений.

Таким образом, рассмотренные методы позволяют значительно улучшить эффективность развертывания микросервисов, а также повысить безопасность при миграции данных микросервисов.

Работа выполнена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 1022040500653-0 от 16.02.2023 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Liu F. et al. A survey on edge computing systems and tools //Proceedings of the IEEE. – 2019. – Т. 107. – №. 8. – С. 1537-1562.

2. State of IoT 2023: Number of connected IoT devices // IoT-analytics URL: https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/ (дата обращения: 25.09.2023).

3.Content trust in Docker // Docker docs URL: https://docs.docker.com/engine/security/trust/ (дата обращения: 25.09.2023).

4. Multi-stage builds // Docker docs URL: https://docs.docker.com/build/building/multi-stage/ (дата обращения: 26.09.2023).

5. Ahmed A., Pierre G. Docker container deployment in fog computing infrastructures //2018 IEEE International Conference on Edge Computing (EDGE). – IEEE, 2018. – С. 1-8.

6. Mao Y. et al. Resource management schemes for cloud-native platforms with computing containers of docker and kubernetes //arXiv preprint arXiv:2010.10350. – 2020.

Volkov A., Korolev D.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Research on methods for effectively deploying microservices in a distributed computing environment with signature confirmation.

The emergence of new concepts in future communication and data networks places ever greater demands on Fog Computing devices. One of the main factors affecting the efficiency of microservices deployment is the size of the devices themselves, which will only decrease over time, leading to significant resource constraints. It is necessary to research and develop new methods for deploying microservices that make the most efficient use of device software resources, as well as monitor security during deployment. This article discusses methods for effectively deploying microservices using Docker and Kubernetes, and also tests them on an implemented bench. To improve security when deploying microservices, we analyze existing methods and test the use of digital signatures using Docker Content Trust.

Key words: Docker, Docker Content Trust, Kubernetes, layers, image, Fog computing.

УДК 004.75
ГРНТИ 28.21.27

КОНЦЕПЦИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ MEC

А. Н. Волков, М. В. Модель, А. С. А. Мутханна
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире в эпоху развития цифровизации актуальным вопросом является проблема эффективного распределения данных. В рамках концепции умной дороги, где данные собираются с помощью различных сенсоров и систем видеонаблюдения, задача становится особенно сложной. Такая сеть обладает повышенными требованиями к безопасности сети и очень требовательна к задержкам. Причинами такой требовательности являются необходимость обеспечения непрерывности работы сервисов, а также учета ограничений по пропускной способности и стоимости переноса данных между различными облачными средами. В этой статье мы предлагаем концепцию распределения данных с помощью миграции сервиса умной дороги между мини и микро облаком с использованием гистерезисной петли для принятия решения о миграции.

цифровые двойники, MEC, автотранспортные сети, облачные вычисление, гистерезисная петля

Введение

В современном мире автомобильная инфраструктура играет ключевую роль в обеспечении безопасности, комфорта и эффективности дорожного движения. С ростом числа транспортных средств и развитием технологий появляются новые вызовы, требующие инновационных подходов к управлению и оптимизации сети автотранспорта.

Одной из перспективных областей развития является использование распределенных вычислительных систем, которые позволяют эффективно обрабатывать данные и принимать решения в режиме реального времени. В частности, метод миграции цифрового двойника участка дороги из узла MEC (Multi-Access Edge Computing) является одним из инновационных подходов, который позволяет снизить время простоя и повысить производительность сети автотранспорта [1]. Применение более продвинутого метода миграции цифрового двойника участка дороги приведет к следующим преимуществам:

1) Сокращение времени простоя. Улучшение процесса миграции цифрового двойника поможет уменьшить простои и повысить общую производительность транспортной сети;

2) Повышение качества обслуживания. Более эффективная миграция позволит обеспечить более высокое качество обслуживания, улучшая доступность данных и услуг для пользователей;

3) Оптимизация ресурсов. Более точное планирование и управление ресурсами позволят эффективно использовать доступные вычислительные мощности и сетевую инфраструктуру;

4) Улучшение безопасности. Эффективная миграция и управление цифровым двойником помогут увеличить безопасность дорожного движения и снизить риски аварий.

Применение гистерезисной петли

Управление потоком данных играет ключевую роль в сетях связи, особенно в контексте автотранспортных систем, где поток данных может быть неравномерным и непредсказуемым. Могут возникнуть ситуации, когда объем приходящих данных превышает возможности обработки или передачи, что может привести к перегрузкам, потере данных или снижению производительности системы.

Один из способов управления потоком данных - использование гистерезисной петли. Гистерезисная петля - это механизм, позволяющий установить определенные пороговые значения для регулирования потока данных. Это достигается путем настройки буферов или задержек в системе.

Общая модель, иллюстрирующая принцип работы петли гистерезиса, изображена на рис.1.

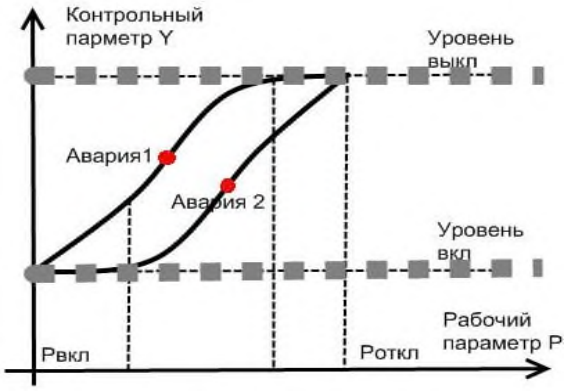


Рис. 1. Петля гистерезиса

Изображение демонстрирует, что при достижении определенного предельного значения, триггер активируется, и система переключается из одного состояния в другое (в данном контексте, состояния "включено" и "выключено").

В общем смысле, применение гистерезисной петли в качестве цикла в сетях связи с пограничными вычислениями требует создания специализированных алгоритмов и систем, которые учитывают специфические требования и характеристики сети. Это может включать в себя разработку алгоритмов обратной связи, контроллеров и механизмов адаптации для эффективного управления системой и достижения целевых результатов.

Когда поток данных превышает верхний пороговый уровень, гистерезисная петля может активировать механизмы снижения скорости поступления данных или временного задержания их передачи. Это позволяет системе временно "сбросить" лишнюю нагрузку и избежать перегрузки или потери данных. При достижении нижнего порогового уровня гистерезисная петля снова возвращает систему к нормальному режиму работы.

Применение гистерезисной петли в управлении потоком данных может обеспечить стабильность и согласованность в работе системы, предотвращая перегрузки и потерю данных в переменных условиях работы. Она позволяет адаптироваться к изменениям в потоке данных и эффективно использовать ресурсы системы.

В контексте автотранспортных систем, где поток данных может быть связан с передачей видео, сенсорными данными, командами управления и другой информацией, эффективное управление потоком данных становится особенно важным для обеспечения надежной и безопасной работы системы автономных транспортных средств.

Таким образом, использование гистерезисной петли для управления потоком данных может быть полезным инструментом для поддержания стабильности и эффективности сетей автотранспорта, особенно при работе с переменными и непредсказуемыми потоками данных.

Основной принцип адаптивного управления ресурсами заключается в использовании методов машинного обучения для анализа текущих условий сети и динамического изменения параметров сети, таких как пропускная способность или качество обслуживания, с целью максимизации эффективности использования ресурсов. Это может включать в себя использование алгоритмов прогнозирования для предсказания будущих требований к ресурсам на основе исторических данных и текущих тенденций.

Цифровые двойники

Цифровые двойники участков дорог – это динамические виртуальные модели участков дорог, основанные на реальных данных и информации о дорожном движении. Они позволяют моделировать и прогнозировать поведение дорожного движения, обеспечивая более эффективное управление дорожной инфраструктурой и повышая безопасность дорожного движения.

Цифровые двойники участков дорог могут быть использованы для оптимизации маршрутов движения, прогнозирования заторов и выбора оптимального времени для проведения работ на дороге [2]. Они также могут помочь в управлении трафиком, обеспечивая более эффективное распределение ресурсов и улучшая качество обслуживания для водителей.

Создание цифрового двойника участка дороги включает в себя сбор и анализ данных о дорожном движении, включая информацию о скорости транспортных потоков, режиме работы средств управления дорожным

движением, а также информацию о различных событиях, влияющих на дорожное движение.

Важность цифровых двойников участков дорог подчеркивается тем, что они могут значительно повысить эффективность управления дорожной инфраструктурой и снизить риск дорожно-транспортных происшествий. Они также могут помочь в принятии управленческих решений, позволяя предсказывать результаты вносимых в деятельность объекта или процесса изменений.

В целом, цифровые двойники участков дорог являются актуальным инструментом для оптимизации дорожного движения и улучшения безопасности на дорогах.

Описание концепции

С учётом требований к автомобильным сетям, перспективным является подход с использованием цифровых двойников для участков дорог и многоуровневого распределения MEC. Это поможет повысить эффективность и безопасность транспортных систем [3]. Цифровые двойники создают виртуальное отображение участка дороги, облегчая обработку данных и принятие решений. Многоуровневое распределение MEC улучшает обработку данных и позволяет размещать вычислительные ресурсы ближе к автономным транспортным средствам, что уменьшает задержку и улучшает реакцию.

Предлагаемая концепция изображена на рисунке 2.

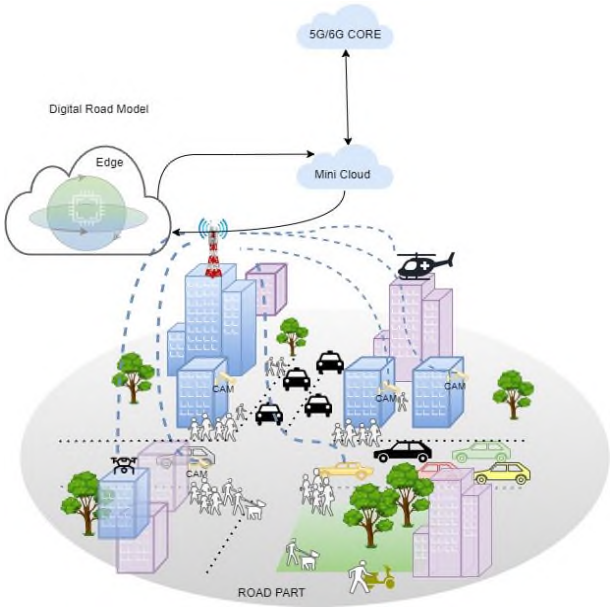


Рис. 2. Предлагаемая концепция сервиса умной дороги

Границы участка дороги для цифровой модели определяются зоной действия базовой станции мобильной связи. На базовой станции установлен общий микросервер архитектуры MEC с микро-облаком. В этом микро-облаке находится цифровой двойник, представляющий собой виртуальное

отображение участка дороги и всех участников дорожного движения, включая автономные транспортные средства, велосипедистов, пешеходов, обычные транспортные средства и других участников. Цифровой двойник обновляется данными, поступающими в модель напрямую от бортовых систем транспорта и косвенно из других систем умного города, таких как камеры дорожного движения, камеры безопасности, различные датчики и другие источники информации.

Использование цифровых двойников участков дорог позволяет улучшить управление транспортным потоком, оптимизировать планирование маршрутов и обеспечить более эффективную координацию между различными участниками дорожного движения. Это также способствует повышению безопасности на дорогах, позволяя предсказывать и прогнозировать потенциальные опасности и предотвращать возможные аварийные ситуации.

В общем, применение технологий цифровых двойников и многоуровневого распределения MEC представляет собой важную стратегию для улучшения современных транспортных систем, увеличивая их эффективность, безопасность и комфорт пользования.

Выводы

В ходе исследования была разработана концепция распределенной вычислительной системы для инфраструктуры сети автотранспорта. Это позволило определить новые возможности, которые могут быть использованы для повышения эффективности процесса миграции цифрового двойника участка дороги. Появление сетей с низкой задержкой и высокой пропускной способностью, а также технологии распределенных вычислений, предоставляют новые инструменты и ресурсы для эффективного управления цифровыми двойниками и обеспечения их актуальности и надежности в сетях автотранспорта. В статье был предложен способ миграции цифрового двойника между уровнями MEC с использованием гистерезисной петли для принятия решения о миграции. Ожидается, что такой метод принятия решения о миграции поможет снизить время простоя сервиса и увеличить время эффективного его использования, что будет являться показателем эффективного распределения ресурсов в сети автотранспорта.

Работа выполнена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 1022040500653-0 от 16.02.2023 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Кашкаров Д.В., Парамонов А.И., Кучерявый А.Е. Метод повышения эффективности URLLC в перспективных сетях связи // Электросвязь. 2022. № 2. С. 32-37.

2. Zhao, Liang & Zhao, Zijia & Zhang, Enchao & Hawbani, Ammar & Al-Dubai, Ahmed & Hussain, Amir. (2023). A Digital Twin-Assisted Intelligent Partial Offloading Approach for Vehicular Edge Computing. IEEE Journal on Selected Areas in Communications.

3. Владыко А.Г., Мутханна А.С., Кучерявый А.Е. Метод выгрузки трафика в V2X/5G сетях на основе системы граничных вычислений // Электросвязь. 2020. № 8. С. 24-30.

Volkov A., Model M., Muthanna A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Digital twin concept for vehicle networks based on MEC.
In the modern world, in the era of digitalization, an urgent issue is the problem of effective data distribution. Within the smart road concept, where data is collected using various sensors and video surveillance systems, the task becomes especially complex. Such a network has increased requirements for network security and is very demanding in terms of latency. The reasons for this demand are the need to ensure continuity of services, as well as taking into account bandwidth limitations and the cost of data transfer between different cloud environments. In this paper, we propose the concept of data distribution via smart road service migration between mini and micro cloud using hysteresis loop for migration decision.

Key words: Digital twins, MEC, vehicular networks, cloud computing, hysteresis loop.

УДК 621.391.1
ГРНТИ 49.33.29

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОУРОВНЕВОЙ ОБЛАЧНОЙ АРХИТЕКТУРЫ MEC И CLOUDLET ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СОБРАННЫХ ДАННЫХ

Н. А. Демидов, В. Н. Коваленко, А. С. А. Мутханна
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассмотрена проблема стремительно возрастающего объема генерируемого трафика в сетях связи, что может привести к возникновению высокой нагрузки на базовую сеть. Для решения проблемы хранения собранных данных, а также для снижения задержки передачи при предоставлении собранных данных конечному пользователю по запросу предлагается их размещение на вычислительных облаках уровней между Центром Обработки Данных и уровнем конечных пользователей многоуровневой облачной архитектуры, состоящей из вычислительных облаков MEC и Микро-серверов Cloudlet.

многоуровневая облачная архитектура, MEC, Микро-сервер Cloudlet, Микро-облако, Мини-облако, Главное облако, голографический тип коммуникаций

Введение

Многочисленные исследования подтверждают тенденцию стремительного увеличения количества устройств, подключаемых к сети Интернет, и, соответственно, увеличения объема генерируемого ими трафика. Исследователи компании Ericsson установили, что с начала 2021 года по январь 2022 года объемы генерируемого трафика увеличились на 40%, превысив показатель 93 экзабайт в месяц [1]. В качестве

дополнительного фактора, стимулирующего увеличение нагрузки на сеть связи может выступать развитие голографических технологий. Голографический тип коммуникаций дает возможность реализовать эффект присутствия пользователя в режиме реального времени. Предположение о том, что интенсивность трафика голографического видеопотока значительно увеличивает нагрузку на сеть связи, подчеркивается в многочисленных исследованиях [2-5]. Действительно, возрастающий объем генерируемого трафика на ЦОД для дальнейшего хранения может привести к возникновению большой нагрузки на базовую сеть. Поэтому в работе рассматривается задача определения уровня многоуровневой облачной архитектуры для хранения собранных данных трафика мультимедиа, голографического трафика и трафика устройств «Интернета вещей» и их последующей передаче (при запросе) пользователю.

Предлагаемая сетевая архитектура

Для снижения задержки передачи и разгрузки главного сервера (удаленного вычислительного облака) на границе с сетью радиодоступа может быть размещено дополнительное вычислительное облако. В качестве вычислительных облаков на границе с сетью радиодоступа могут рассматриваться облака концепции граничных вычислений множественного доступа MEC и микро-сервер Cloudlet.

Концепции граничных вычислений множественного доступа MEC (Multi-access Edge Computing) предполагает возможность – использование трех видов вычислительных облаков: Микро-облака, Мини-облака и Главного облака (вычислительные облака представлены в порядке возрастания вычислительных ресурсов, ресурсов хранения, а также в порядке увеличения удаленности от конечного пользователя) [6].

Микро-сервер Cloudlet в отличие от облаков MEC обладают большей плотностью размещения и меньшей себестоимостью, меньшей зоной обслуживания клиентов, а также меньшими вычислительными ресурсами и ресурсами хранения [6]. Другим различием данных граничных технологий является то, что облака MEC привязаны к сетевой инфраструктуре операторов связи, а Микро-сервера Cloudlet могут размещаться как в сети оператора связи, так и в локальной сети.

Облака MEC и Cloudlet из-за различий в зонах размещения могут быть реализованы в одной сетевой инфраструктуре. В данной работе предлагается для хранения собранных данных от устройств «Интернета Вещей», устройств мультимедиа и голографического оборудования использовать одновременно и облака Cloudlet, и облака MEC. Поэтому предлагаемая архитектура хранения собранных будет состоять из следующих уровней: 1 уровень – уровень конечного пользователя. К устройствам данного уровня будут относиться датчики интернета вещей, устройства мультимедиа и голографическое оборудование. Также к данному уровню будут относиться устройства пользователей, которые и будут запрашивать собранные данные;

2 уровень – Микро-Сервер Cloudlet, размещаемый в локальной сети в непосредственной близости к оконечному пользователю; 3 уровень – Микро-облако; 4 уровень – Мини-облако; 5 уровень – Главное облако, ЦОД.

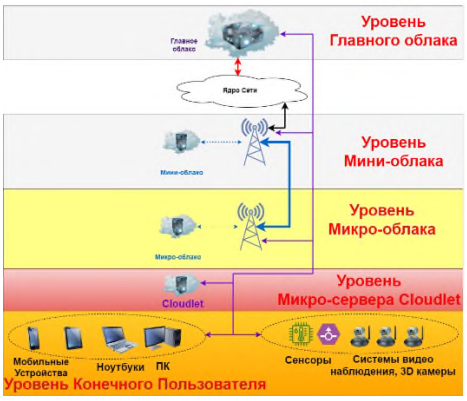


Рис. 1. Предлагаемая архитектура для хранения собранных данных

Последовательность действий для выбора облака хранения данных и для предоставления собранных данных пользователям по запросу

Основными процессами, выполняемыми в предлагаемой архитектуре хранения данных и их предоставления при запросе пользователя, являются:

- процесс передачи собранных данных на определенное облачное хранилище, обладающее достаточными ресурсами для хранения данных;
- процесс запроса от пользователей на получение определенного типа трафика, а также предоставления раннее собранных данных пользователям.

В предлагаемой архитектуре при длительном периоде сбора данных не все вычислительные облака будут обладать достаточными запоминающими ресурсами для размещения на данном облаке всех собранных данных от одного устройства в течении определенного времени (например, Микро-сервера Cloudlet не будут обладать достаточными ресурсами для хранения данных голографического трафика от одного устройства в течении дня). Однако при размещении собранных данных на большем расстоянии от конечного пользователя увеличивается и задержка передачи. Поэтому процесс запроса пользователя на получение собранных ранее данных предлагается разделить на два подпроцесса: обработку запроса и предоставление данных.

Период сбора данных может быть определен временем хранения собираемых в режиме реального времени данных, или промежутком времени, в течении которого будут собираться данные от устройств уровня конечного пользователя (при этом время хранения собранных данных на вычислительном облаке может не зависеть от периода сбора данных).

В данной работе предлагается базу данных содержащую информацию, на каком облаке во всей сети хранится интересуемая пользователя собранный трафик, размещать как можно ближе к конечному пользователю, тем самым

уменьшая задержку передачи запроса. Таким образом для уменьшения задержки передачи база данных о собранном трафике должна размещаться на ближайшем относительно пользователя вычислительном облаке. Однако пользователь не всегда может находится в зоне обслуживания Микро-сервера Cloudlet (в одной локальной сети с Cloudlet) или определенного Микро-облака, а в зоне обслуживания Мини-облака. Поэтому базу данных о собранном трафике предлагается размещать на всех вычислительных облаках предлагаемой архитектуры. При этом пользователь будет отправлять запрос на предоставления собранных данных ближайшему вычислительному облаку.

Суммарное время обработки запроса будет представлять собой сумму задержки распространения запроса от конечного пользователя до облака, осуществляющего поиск информации по имеющейся базе данных, и времени, затрачиваемого на осуществлении поиска интересуемого пользователя трафика. Суммарное время, затрачиваемое на предоставление пользователю определенного трафика, будет представлять собой сумму времени передачи запроса от облака, осуществляющего поиск информации, времени поиска интересуемого трафика на вычислительном облаке и времени передачи трафика пользователю. Время передачи трафика пользователю состоит из времени обработки данных и задержки распространения данных от облака до конечного пользователя. Выбор облака для хранения предлагается осуществлять с использованием сетевого оркестратора, размещаемого на верхнем уровне предложенной архитектуры – на главном облаке. Сетевой оркестратор также будет ответственен за определение нагрузки генерируемого для хранения трафика, а также нагрузки на вычислительные облака, вызванной запросами пользователя.

Алгоритм (последовательность действий) для выбора облака хранения собранного трафика будет следующим:

1. Определение периода сбора данных.

2. Для устройств уровня конечного пользователя, ответственных за сбор данных (сенсоров «Интернета Вещей», камер видеонаблюдения, голографического оборудования), определяется нагрузка, генерируемая выбранным устройством за период сбора данных.

3. Определяются зоны повышенной нагрузки от устройств пользователя (количество запросов от определенной зоны).

4. Отправка оркестратором на вычислительные облака запроса информации об их ресурсах: количестве выполняемых операций, пропускной способности сети, запоминающей памяти и ресурсов хранения. Предполагается, что электропитание вычислительных облаков будет осуществляться от стационарного источника, то и параметр, связанный с электропитанием, не будет рассматриваться при выборе вычислительного облака для хранения собранных данных. На оркестраторе составляется база данных ресурсов облаков.

5. На основе нагрузки от устройств сбора данных и ресурсов облаков оркестратор выбирает вычислительное облако для хранения собранных данных. В данной работе рассматривался случай, когда сбор данных от одного устройства за выбранный период времени осуществлялось на одном вычислительном облаке.

6. Формирование оркестратором баз данных хранимого в сети трафика.

7. Отправка сформированных баз данных на вычислительные облака.

Выбор вычислительного облака для последующего хранения базы данных будет осуществляться следующим образом:

1. Поиск минимального затрачиваемого времени на обработку запроса.

2. Определение, может ли обработать все запросы пользователей выбранное вычислительное облако на основе предполагаемой нагрузки в выбранной зоне и максимальном количестве обрабатываемых запросов данным облаком. Если нет – повторяем действия с шага 1. При этом данное устройство исключается из дальнейшего выбора места хранения базы данных.

Процесс обработки запроса пользователя будет осуществляться следующим образом:

1. Пользователь отправляет запрос к ближайшему вычислительному облаку с базой данных хранения собранного трафика.

2. На вычислительном облаке, получившем запрос, будет осуществлен поиск интересуемого пользователя трафика по базе данных.

3. Вычислительному облаку, содержащее интересуемый пользователя трафика, будет передан запрос.

4. Вычислительное облако, получившее запрос, осуществит поиск трафика среди всего объема сохраненной информации на данном облаке.

5. Найденный трафик будет передан пользователю.

Заключение

В рамках данной работы была предложена многоуровневая облачная архитектура, состоящая из пяти уровней, в которой вычислительные облака MEC и Cloudlet используются для хранения собранных данных и их последующего предоставления конечному пользователю. В рамках данной работы была предложена последовательность действий для выбора вычислительного облака для хранения собранных данных, представлен процесс обработки запроса пользователя о предоставлении собранных данных определены.

Работа выполнена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 1022040500653-0 от 16.02.2023 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Richard Möller, “Mobile network traffic doubled in last two years: Ericsson Mobility Report”, p. 15, June 2022.

2. Демидов Н.А. Исследование передачи трафика 3d видеопотока с использованием технологии DWDM):78-я научно-техническая конференция СПб НТО РЭС им. А.С. Попова, посвященная Дню радио 24 - 28 апреля, 2023. – С.178-181.

3. Демидов Н.А. Некоторые аспекты исследования передачи трафика 3d-видеоизображений: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция; сб. науч. ст. в 4 т. / Под. ред. С. И. Макаренко; сост. В. С. Елагин, Е. А. Аникевич. СПб. : СПбГУТ, 2023. Т. 1. – С.389-394.

4. Маколкина М. А. Разработка и исследование комплекса моделей трафика и методов оценки качества для дополненной реальности: 05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций: Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук.- Санкт-Петербург, 2019. - 436 с.

5. Парамонов А. И. Разработка и исследование комплекса моделей трафика для сетей связи общего пользования: дис. … д-ра техн. наук: 05.12.13 / Парамонов Александр Иванович. СПб., 2014. 325 с.

6. Коваленко В. Н., Мутханна А. С. А. Перспективные технологии для снижения нагрузки на базовую сеть, применяемые на границе с сетью радиодоступа // 76 Региональную научно-техническую конференцию студентов, аспирантов и молодых ученых «СТУДЕНЧЕСКАЯ ВЕСНА – 2022», 2022. Том 1. С. 67-72

Demidov N., Kovalenko V., Muthanna A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Use of MEC Multi-tier Cloud Architecture and Cloudlet for storing collected data.

The volume of generated traffic in communication networks is constantly increasing, which in turn can lead to a high load on the core network. To solve the problem of storing collected data, as well as to reduce transmission delay when providing collected data to the end user upon request, this work proposes to place the collected data on computing clouds located at levels between the Data Processing Center and the end user level of a multi-tier cloud architecture consisting of MEC computing clouds and Cloudlet Micro servers.

Key words: Multi-tier cloud architecture, MEC, Cloudlet Micro server, Micro cloud, Mini cloud, Main cloud, holographic type of communications.

УДК 004.725.4
ГРНТИ 49.33.29

АРХИТЕКТУРА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ С ПОДДЕРЖКОЙ МИГРАЦИИ СЕРВИСОВ ДЛЯ V2X-СЕТЕЙ

И. И. Комаров, А. С. А. Мутханна
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе рассматриваются технология V2X, использование граничных вычислений для сетей беспилотных автомобилей, а также возможность использования миграции сервисов для архитектуры такой сети. Полученные результаты могут быть использованы в рамках практических исследований и разработках реальных сетей в области технологии V2X.

интернет вещей, сети 2030, V2X, граничные вычисления, Kubernetes

Состояние безопасности на дорогах до сих пор является довольно серьезной проблемой. Ежегодно в дорожно-транспортных авариях погибает 1.3 миллиона человек [1]. Для решения этой важной проблемы была создана концепция умного автомобиля, который сможет через определенную сеть взаимодействовать с другими объектами, которые его окружают: автомобилями, объектами инфраструктуры и даже с пешеходами. Технология, которая была создана для беспилотного транспорта, называется V2X (Vehicle-to-Everything). Как следует из названия, эта технология позволяет беспилотному транспорту обмениваться данными со всеми объектами вокруг, те, на которые он может повлиять или, которые он может повлиять сам. Она позволяет водителю получать информацию обо всех дорожных условиях.

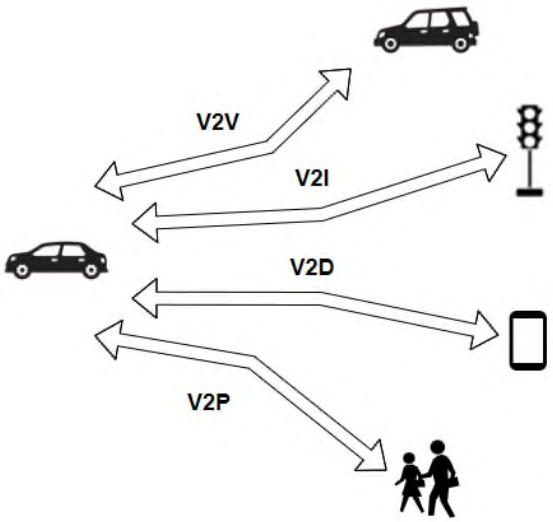


Рис. 1. Схема соединений V2X

Эта технология в свою очередь состоит из нескольких частей, которые можно увидеть на рисунке 1: V2V (Vehicle-to-Vehicle), которая позволяет обмениваться данными между автомобилями, V2P (Vehicle-to-Pedestrian) [2], позволяющая обмениваться информацией между умным транспортом и пешеходами, V2I (Vehicle-to-Infrastructure), которая делает возможным обмен трафиком между автомобилем и объектами дорожной инфраструктуры, V2D (Vehicle-to-Device), позволяющая обмен данными между умным транспортом и любым электронным устройством, которое к нему подключено или обладает особым приложением [3, 4].

При развертывании сети беспилотных автомобилей V2X возникают такие проблемы, как несбалансированное использование сети, трафик в каких-то узлах почти не генерируется, а в других возможно наоборот формирование слишком большого количества информации, требующей обработки. Также в таких сетях передается много трафика, зависимого от задержек. Для решения этих проблем можно использовать MEC (Multi-access Edge Computing)

Технология граничных вычислений подразумевает размещение вычислительных серверов непосредственно рядом с оконечными устройствами. Сервера проводят оперативные вычисления того трафика, который требует минимальных задержек. Остальной трафик может быть отправлен в главное облако для дальнейшей обработки.

Достоинства:

1) Уменьшение объема трафика. Вследствие того, что большое количество информации обрабатывается на серверах граничных вычислений, а на главное облако передается только либо результат этой обработки, либо тот трафик, который не может быть обработан на MEC серверах то, это значительно уменьшает количества трафика, который проходит по сети.

2) Снижение задержки. Сервера MEC находятся в географической близости к оконечным устройствам. Они могут провести оперативные вычисления, не отправляя информацию на отдаленный центр обработки данных. Поэтому значительно уменьшается параметр задержки

3) Устойчивость. Сервера граничных вычислений могут работать даже без доступа к центральным серверам, что в свою очередь значительно повышает отказоустойчивость сети.

Недостатки [5]:

1) Возможности обработки Edge-серверов. Сервера граничных вычислений обладают не очень большой емкостью для обработки и хранения информации, поэтому не может обработать совершенно всю информацию.

2) Стоимость. Так как устройства граничных вычислений располагаются непосредственно близко к оконечным устройствам, это говорит о большом количестве edge-устройств. Это в свою очередь говорит о том, что такие сети обладают довольно большой стоимостью

Также для улучшения балансировки сети и более эффективного использования вычислительных мощностей серверов граничных вычислений можно использовать систему миграции сервисов. Если на такие узлы будет передан сервис, который почти не будет использоваться в районе этого MEC-узла то это будет непродуктивно и недейственно. Такая система должна мигрировать сервисы на узлы, на которых они нужны для обработки трафика. И как уже было сказано выше сервисы, которые не выполняют своей функции и не обрабатывают трафик не должны занимать мощности серверов граничных серверов. Их стоит мигрировать обратно на главное облако.

Мной предлагается следующая архитектура сети для беспилотного транспорта, которая представлена на рис. 2.

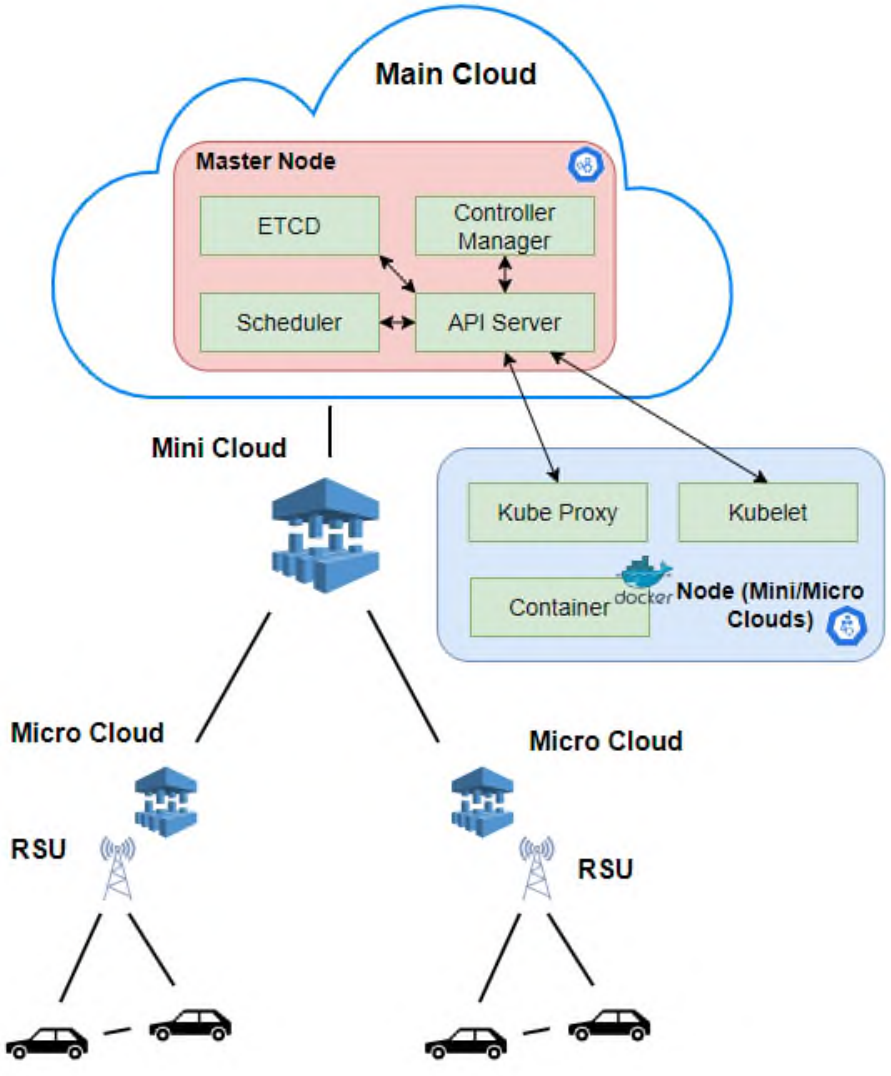


Рис. 2. Архитектура сети V2X с использованием MEC и миграции сервисов

Отличительными чертами этой архитектуры являются использование нескольких уровней граничных вычислений, а также использование Kubernetes и Docker для миграции сервисов.

Несколько уровней граничных серверов позволят грамотнее балансировать нагрузку сети. Уровень Micro-Cloud подразумевает самую большую территориальную приближённость к оконечным узлам. Таким сервера обладают малыми вычислительными мощностями, но благодаря размещению обеспечивают минимальную задержку. Такие сервера обрабатывают трафик, наиболее зависимый от задержек.

Далее идет уровень Mini-Cloud, он объединяет несколько Micro-Cloud. Этот сервер располагается дальше, соответственно задержка тоже будет выше, но он может обработать больше информации, благодаря увеличению вычислительной мощности. Трафик, который не нуждается в оперативных вычислениях, или который не смогли обработать граничные сервера, передается далее на основное облако.

Kubernetes используется в данной архитектуре средство для оркестрации контейнеров в кластере (Главное облако и граничные сервера). Master node располагается на основном облаке, с помощью этого элемента можно управлять всей системой миграции. Эта нода состоит из [6]:

- API Server – центральная точка взаимодействия, к которой имеют доступ все компоненты кластера. Реализует API для управления ресурсами Kubernetes.
- Scheduler – этот компонент по определенным ресурсам пода или контейнера находит подходящий узел для его размещения. В контексте архитектуры может проверять нагруженность узла куда размещается сервис.
- Controller manager – следит за общим состоянием, ресурсами кластера через API сервер делает изменения, чтобы привести текущее состояние кластера или его компонента в желаемое.
- ETCD – база данных всего кластера.

Также в кластере присутствуют рабочие ноды, в представленной архитектуре они располагаются на серверах граничных вычислений 1 и 2 уровня. Ее суть в поддержании работы модулей и обеспечении среды выполнения. Она состоит из:

- Kubelet – это агент, отвечающий за управление жизненным циклом подов на рабочем узле. Он следит за их состоянием, стартует и останавливает их, проверяет их состояние, а также обеспечивает связь с мастер-узлом для получения инструкций и обновлений.
- Kube-proxy – выполняет функции балансировщика нагрузки трафика между подами на рабочей ноде. Работает как средство общения внутри кластера.

Как инструмент для создания и запуска контейнеров предлагается использовать Docker. Это ПО позволяет автоматически развертывать

приложения в виде автономных контейнеров. Это позволит быстро развертывать необходимые сервисы на серверах граничных вычислений.

Таким образом благодаря такой архитектуре будет возможно с наименьшей задержкой обрабатывать необходимый трафик с беспилотных автомобилей, грамотно использовать вычислительные мощности серверов, а также сетевые ресурсы, быстро и автоматически мигрировать и разворачивать необходимые сервисы на узлах благодаря оркестрации Kubernetes и контейнеризации Docker.

Работа выполнена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 1022040500653-0 от 16.02.2023 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Ежегодно в результате ДТП в мире гибнут 1,3 млн человек // Новости ООН : [сайт]. – 2023 – URL: https://news.un.org/ru/story/2023/05/1441072 (дата обращения: 14.11.2023).

2. Bagheri, M. Cellular-based Vehicle to Pedestrian (V2P) Adaptive Communication for Collision Avoidance. In: International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE), Espoo. 2014. – С. 1 – 5.

3. Рекомендация МСЭ-Т X.1372 (03/2020). Серия X: Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность. Безопасные приложения и услуги (2) – Безопасность интеллектуальных транспортных систем (ИТС). Руководящие указания по безопасности систем связи транспортного средства с различными объектами (V2X). – URL: https://www.itu.int/rec/T-REC-X.1372-202003-I/en

4. Бачманов, М.Д. Перспективы использования кооперативных транспортных систем в задачах светофорного регулирования / М.Д. Бачманов, А.И. Воробьев // Автоматизация и управление в технических системах. – 2016. – № 4. – С. 1 – 9.

5. Yu, W. A Survey on the Edge Computing for the Internet of Things / W. Yu // IEEE Access. – 2017. – Vol.6. – P. 1 – 18.

6. Kubernetes : официальный сайт. – 2023 – URL: https://kubernetes.io (дата обращения 14.11.2023).

Komarov I., Muthanna A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Distributed computing interaction architecture with support for service migration for V2X networks.

This paper discusses V2X technology, the use of edge computing for driverless car networks, as well as the possibility of using service migration for the architecture of such a network. The results obtained can be used in the framework of practical research and development of real networks in the field of V2X technology.

Key words: Internet of Things, Network 2030, V2X, Edge Computing, Kubernetes.

УДК 623.746
ГРНТИ 49.43.29

ПРИМЕНЕНИЕ РЕКУРРЕНТНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РОЕМ БПЛА

Д. С. Кукунин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Работа рассматривает перспективы использования линейных рекуррентных последовательностей в задачах формирования сигнальных кодовых конструкций, которые бы обеспечили управление множеством удаленных устройств, как статических, так и мобильных, с высокой степенью надежности и оперативности. Как показано здесь, в качестве таких устройств могут выступать, например, беспилотные летательные аппараты, чья востребованность на сегодняшний день не вызывает вопросов.

последовательность максимальной длины, последовательность Голда, DSSS, БПЛА

Введение

Идущее в последние годы ускоренными темпами развитие беспилотной авиации легко объяснимо перспективами, которые открывает данный вид транспорта, как в гражданской, так и в военной сфере.

Действительно, круг тактических задач, которые способны выполнять беспилотные летательные аппараты (БПЛА), имеющие статус боевых, настолько велик, что привел к возникновению целой проблемы, которая связана с разработкой систем, способных не только обнаруживать, но и подавлять их деятельность [1, 2].

Сразу же стоит отметить, что неизбежное использование беспроводных каналов связи предъявило ряд серьезных требований к современным системам управления БПЛА [3 – 5]. Помимо средств противодействия, возникают также вопросы помехоустойчивости в условиях естественных помех и энергетической эффективности применяемых модулей связи.

Отдельной важной задачей является организация системы передачи данных внутри роя БПЛА – сети передачи данных, где всем устройствам должен быть предоставлен множественный доступ.

Настоящая работа не ставит целью построить такую сеть, а лишь предлагает ряд технологий, способных в перспективе улучшить следующие показатели системы управления роем БПЛА:

- помехоустойчивость в условиях повышенного уровня естественных и преднамеренных помех;
- энергетическая эффективность;
- скрытность сигнала в эфире;
- синхронизация устройств с возможностью последующей организации множественного доступа.

Рекуррентные последовательности и их роль в организации связи

Все вышеперечисленные показатели затрагиваются в процессе расширения спектра сигнала [6 – 9] и, как вариант, их улучшение становится возможным при использовании широкополосной модуляции методом прямой последовательности (DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum). В качестве такой расширяющей спектр последовательности выступает, как правило, некоторый шумоподобный сигнал (ШПС).

Последовательности максимальной длины или М-последовательности, которые выступают наиболее известными представителями шумоподобных сигналов [8, 9], обладают хорошей автокорреляционной функцией и отлично подходят на роль комбинаций цикловой фазы [8 – 12]. При этом их квазиортогональность в рамках общего ансамбля позволяет говорить о перспективах организации множественного доступа с кодовым разделением [13].

Процедура построения двоичной М-последовательности не представляет особой сложности и, как вариант, может быть реализована на базе простейшего генератора с обратной связью (рис. 1).

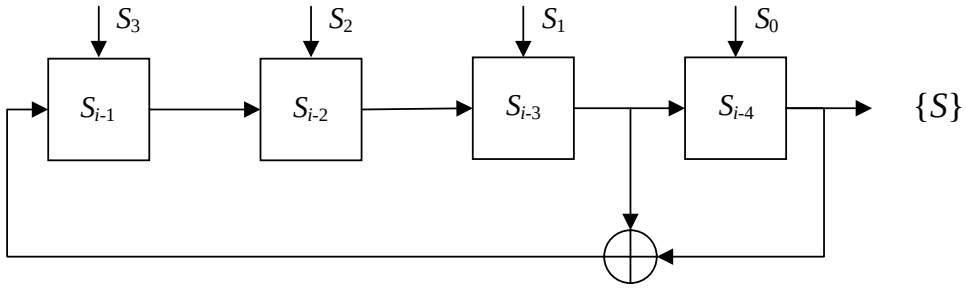


Рис. 1. Генератор М-последовательности на основе рекуррентного регистра сдвига с вынесенными сумматорами для характеристического полинома $P(x)=x^4+x+1$

Получаемая на выходе такого генератора (рис. 1) последовательность $\{S\}$ будет удовлетворять рекуррентному условию [8, 9]:

$$S_i = p_1 S_{i-1} + p_2 S_{i-2} + \ldots + p_{k-1} S_{i-k+1} + p_k S_{i-k}; \quad p_i \in GF(2), \tag{1}$$

где $[i \pmod{(2^k-1)}] \geq k$, а коэффициенты p_i также являются коэффициентами характеристического полинома вида:

$$P(x) = x^k + p_1 x^{k-1} + p_2 x^{k-2} + \ldots + p_{k-1} x + p_k; \quad p_i \in GF(2). \tag{2}$$

Другим известным представителем ШПС, о котором стоит упомянуть, является последовательность Голда [8, 9]. На практике код Голда строится по принципу суммы по mod 2 двух М-последовательностей одного периода, но сформированных на основе разных характеристических многочленов. Однако возможно построение последовательности Голда, включающего в себя и большее число последовательностей максимальной длины [9]. Так или иначе, код Голда является линейной рекуррентной последовательностью, для которой будут также справедливы выражения вида (1) и (2).

Обработка рекуррентных последовательностей вида (1) может производиться как при помощи согласованных фильтров, так и на основе мажоритарного метода декодирования двойственным базисом [8, 9].

Стоит отметить, что второй вариант позволяет довольно оперативно регистрировать начальную фазу рекуррентной последовательности, исправлять ошибки, а также производить оценку качества канала в процессе передачи данных [9, 14].

Модель управления роем БПЛА

Работа [15] подробно описывает механизм приведения классических М-последовательностей к ортогональному виду, тем самым, обеспечивая возможность беспрепятственного кодового уплотнения с последующим разделением на приеме. Такой подход позволяет организовать передачу команд управления от центра ко всем БПЛА по принципу кодового радио, в общем спектре частот и едином временном диапазоне (рис. 2).

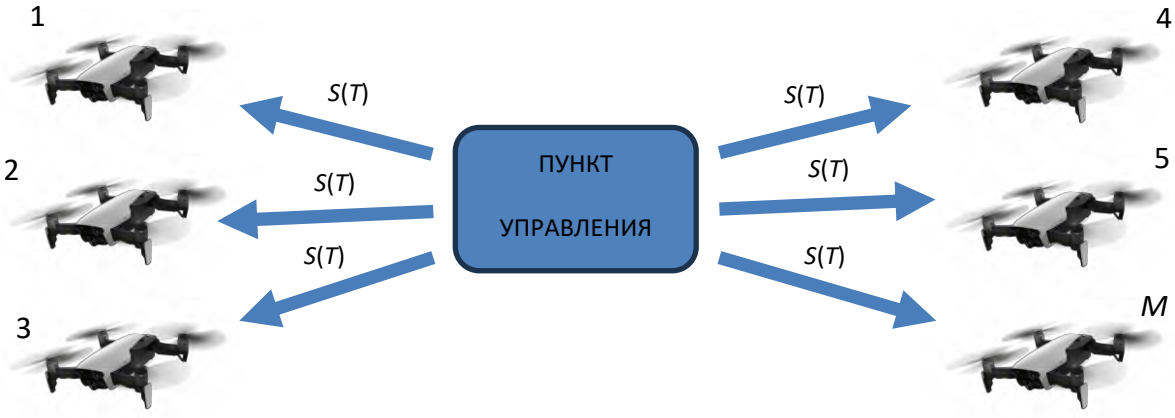


Рис. 2. Модель управления роем БПЛА при помощи общего управляющего воздействия $S(T)$

Схема (рис. 2) демонстрирует передачу управляющего широкополосного сигнала $S(T)$ всем M устройствам в единый момент времени T. Такой сигнал представляет собой многослойную ортогональную структуру, построенную на основе линейной суммы рекуррентных М-последовательностей периода [9]. При этом он легко обрабатывается двойственным базисом, что в значительной степени повышает его помехоустойчивость.

Механизм цикловой синхронизации, описанный в работе [16], дает возможность зафиксировать начальную фазу общего сигнала $S(T)$, что, в свою очередь, позволяет организовать асинхронную передачу данных. Такой подход должен повысить общую скрытность роя БПЛА, а также сделать его более энергоэффективным.

Количество устройств в данной системе будет зависеть от числа М-последовательностей периода N, входящих в состав $S(T)$, и с учетом фиксированной начальной фазы не превысит $M=N-1$.

Что касается способа модуляции, то он должен учитывать, в первую очередь, уровни биполярного сигнала $S(T)$, которые лежат в диапазоне

[–(*N*+1)/2; +(*N*+1)/2]. Как вариант, здесь целесообразно было бы использовать QAM-(*N*–1).

В качестве альтернативного варианта ортогональной структуре с фиксированной начальной фазой для реализации схемы (рис. 2) можно предложить эквивалентный код Голда. Емкость роя БПЛА, в этом случае, будет зависеть от числа полиномов деления круга, входящих в разложение двучлена x^{N-1} и пригодных для построения М-последовательностей с периодом *N*.

Такую систему можно сделать асинхронной при помощи дополнительной комбинации цикловой фазы, предшествующей общему сигналу *S*(*T*).

Также необходимо отметить, что структура биполярного сигнала, соответствующего последовательности Голда, содержит единичные амплитуды [–1; +1], что позволяет применить простейший вариант фазовой модуляции.

Выводы

Рассмотренные в данной работе технологии обеспечивают не только эффективное расширение спектра сигнала, но и позволяют организовать кодовое разделение каналов, которое предполагает доставку общего широкополосного сигнала всем принимающим его устройствам.

Необходимо отметить и то, что данный сигнал, представляя собой многослойную ортогональную структуру, будучи разложенным по двойственному базису поля Галуа, способен восстановить свою начальную фазу в условиях высокого уровня помех. Это может оказаться особенно полезным при построении асинхронной системы передачи данных, когда сам блок информации выступает в роли фазирующей последовательности.

Как отмечено в работе, существует некоторая альтернатива вышеупомянутому методу, которая позволяет организовать неортогональное кодовое разделение каналов на основе кодов Голда, которые также являются рекуррентными последовательностями, построенными на основе последовательностей максимальной длины.

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Макаренко С. И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам. Монография. – СПб.: Наукоемкие технологии, 2020. – 204 с. – ISBN 978-5-6044793-6-0.

2. Макаренко С. И., Тимошенко А. В. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 2. Огневое поражение и физический перехват // Системы управления, связи и безопасности. 2020. № 1. С. 147-197. DOI: 10.24411/2410-9916-2020-10106.

3. Ведерников В.Е. Основы теории структурной оптимизации систем контроля и управления беспилотными летательными аппаратами: учеб. пособие. – 2-е изд. / Ю. В. Ведерников. – Санкт-Петербург: Политехника, 2022. – 367 с.

4. Красов А.И. Патент RU2390815C1. Российская Федерация, МПК G05D 1/00. Способ управления беспилотным летательным аппаратом и устройство для его реализации / А.И. Красов, М.И. Макеев, С.Г. Пятко, М.А. Смольникова, Ю.П. Токарев, К.Р. Юмаев; заявл. 13.10.2008; опубл. 27.05.2010.

5. Иванова И.А., Никонов В.В., Царева А.А. Способы организации управления беспилотными летательными аппаратами // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2014. – №11-1. – С. 56-63.

6. Когновицкий О.С. Широкополосные сигналы данных с расширением спектра прямой последовательностью и их характеристика // Труды учебных заведений связи. 2016. Т. 2. № 1. С. 82-89.

7. Владимиров С.С., Когновицкий О.С. Широкополосные сигналы данных с расширением спектра прямой троичной М-последовательностью и их характеристика // Труды учебных заведений связи. 2017. Т. 3. № 3. С. 28-36.

8. Когновицкий О.С. Двойственный базис и его применение в телекоммуникациях / [монография] / О.С. Когновицкий. – СПб: Линк, 2009.

9. Кукунин Д.С. Перспективы использования рекуррентных последовательностей в современной телекоммуникационной среде [монография] / Д.С. Кукунин, О.С. Когновицкий, А.А. Березкин, Р.В. Киричек; СПбГУТ. – СПб., 2023. – 289 с.

10. Когновицкий, О.С. Патент RU2621181C1. Российская Федерация, МПК H03M 13/15, H04L 7/02. Способ цикловой синхронизации с динамической адресацией получателя / О.С. Когновицкий, С.С. Владимиров, Д.С. Кукунин, Д.Я. Лапшов. – № 2016121944; заявл. 02.06.2016; опубл. 31.05.2017.

11. Kukunin, D. Phasing in Asynchronous Data Transmission System using M-sequences / D. Kukunin, A. Berezkin, R. Kirichek, I. Panteleimonov // ICFNDS 2021: The 5th International Conference on Future Networks & Distributed Systems. – 2021. – PP. 516-521.

12. Kukunin, D. Asynchronous Address System Using Code Division Based on Maximum Length Sequences / D. Kukunin, A. Berezkin, R. Kirichek // 2022 International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT), Astrakhan, Russian Federation. – 2022. – PP. 1-7.

13. Бабков В.Ю., Никитин А.Н., Осенний К.Н., Сиверс М.А. Системы связи с кодовым разделением каналов. СПб.: TPMADA, 2003. 239 с.

14. Kukunin D., Berezkin A., Zadorozhnyaya A., Karelin E., Shestakov A. Model of Adaptive Data Transmission System *// 2021 13th International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshops (ICUMT)*, Brno, Czech Republic, 2021, pp. 200-205.

15. Кукунин Д.С., Березкин А.А., Киричек Р.В. Использование фантомных каналов в качестве катализаторов усиления ортогональных свойств М-последовательностей в системе с кодовым разделением каналов // Труды Научно-исследовательского института радио. 2022. № 1. С. 37-47.

16. Кукунин, Д.С. Асинхронная передача данных с использованием многослойных ортогональных структур в системах с кодовым разделением каналов / Д.С. Кукунин, А.А. Березкин, Р.В. Киричек, К.А. Елисеева // Электросвязь. – 2023. – №1. – С. 26-35.

Kukunin D.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Application of recurrent sequences to control a swarm of drones.

The paper considers the prospects of using linear recurrent sequences in the tasks of forming signal code structures that would provide control of a variety of remote devices, both static and mobile, with a high degree of reliability and efficiency. As shown here, such devices can be, for example, unmanned aerial vehicles, whose demand for today does not raise questions.

Keywords: maximum length sequence, Gold sequence, DSSS, UAV.

УДК 621.396.49
ГРНТИ 49.03.03

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПРЯМОЕ РАСШИРЕНИЕ СПЕКТРА

Д. С. Кукунин, И. О. Петушков
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. Проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе исследуются имитационные модели, которые расширяют спектр сигнала с помощью метода прямой последовательности, оценивается эффективность его моделирования и сам процесс расширения спектра.

метод прямой последовательности, широкополосный спектр, моделирование

Введение

Simulink — это графическая среда программирования на основе MATLAB для моделирования, симуляции и анализа многодоменных динамических систем. Его основной интерфейс представляет собой графический инструмент построения блок-схем и настраиваемый набор библиотек блоков.

Цель данной работы - построение имитационных моделей в программе Simulink, которые бы позволили оценить процедуру расширения спектра сигнала методом прямой последовательности (DSSS - direct sequence spread spectrum).

Построение имитационной модели

Основные блоки DSSS схемы (рис.1) – Random Integer Generator, который генерирует случайные целые числа, и Pseudonoise Sequence Generator, создающий псевдослучайные последовательности [1], преобразователи сигнала из униполярного в биполярный и обратно, блок для модулирования сигнала с использованием метода бинарной фазовой манипуляции. В этом канале присутствует аддитивный белый гауссовский шум (AWGN) [2].

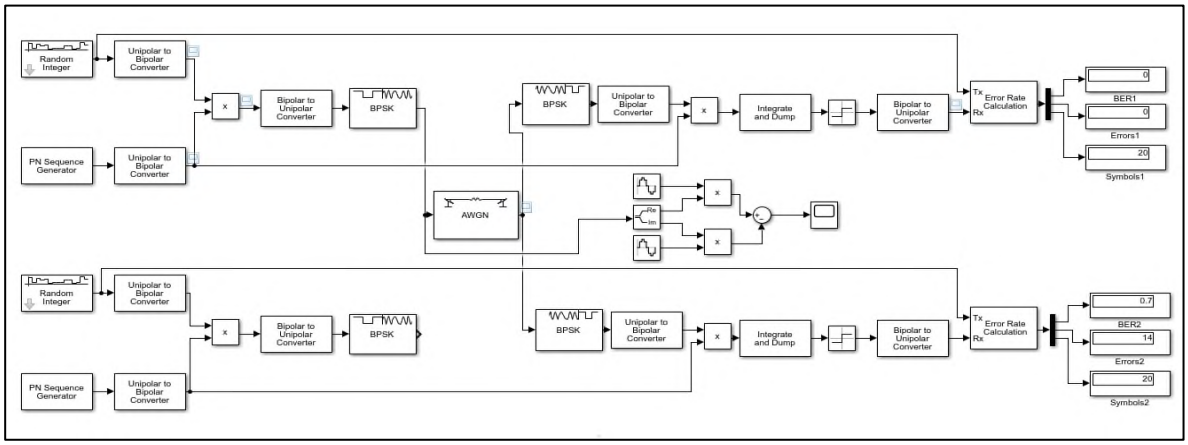


Рис. 1. Схема модели для расширения спектра сигнала

Чтобы увидеть полностью выведенный сигнал, значение времени симуляции не должно превышать 0,02, а чтобы получить правильную форму сигналов, на блоках генераторов должно быть выставлено время выборки, равное 1/32000 [3].

Linear-feedback shift register (LFSR - регистр сдвига с линейной обратной связью) позволяет получить на выходе генератора ПСП последовательность двоичных чисел (рис.2).

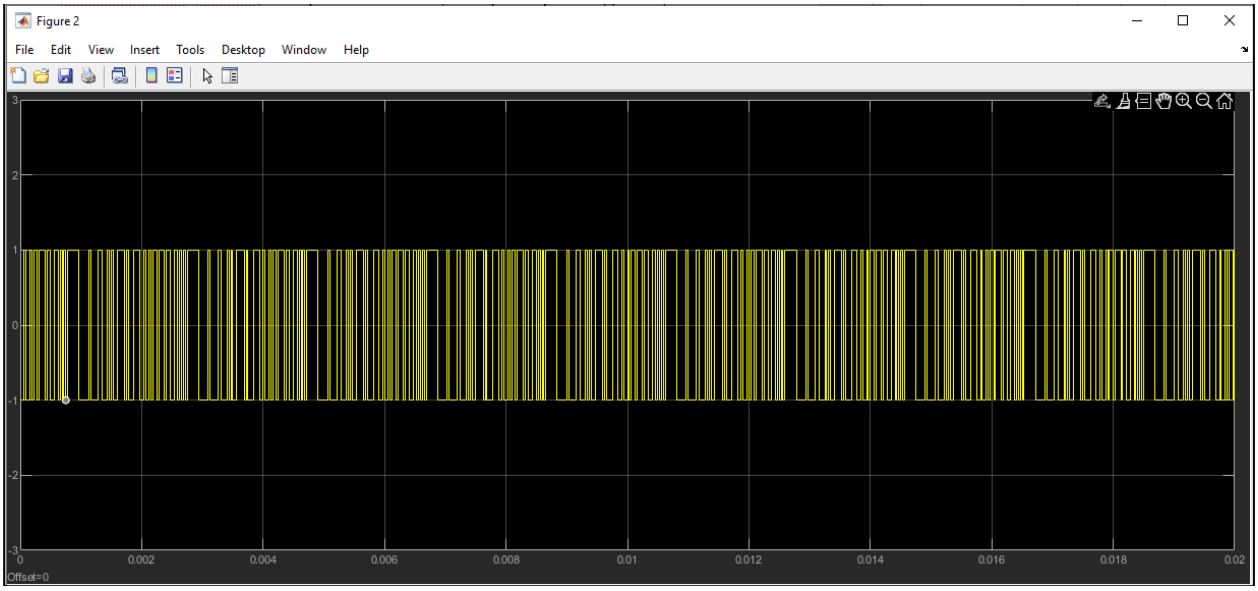


Рис. 2. Random polar spreading sequence при значении скорости 100 кбит/с

В модели используется сумматор (по модулю 2), проходящий через него сигнал со сгенерированной псевдошумовой последовательностью на входе модулятора выглядит как на рис.3. [4].

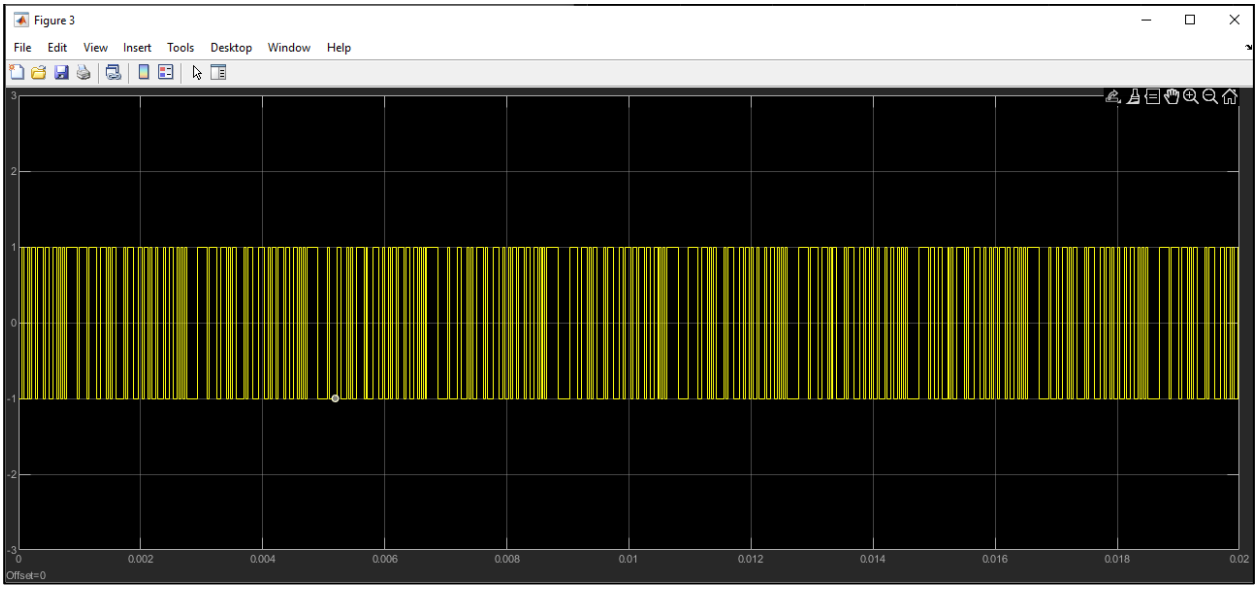


Рис. 3. Random polar data sequence при значении скорости 1 кбит/с

Далее сигнал проходит процедуру преобразования униполярных данных в биполярные с помощью BPSK. На рис. 4 значение отношения сигнал-шум (SNR) на модуле AWGN в качестве оптимального выставляно 10 дБ и получен на схеме сигнал под воздействием шумов.

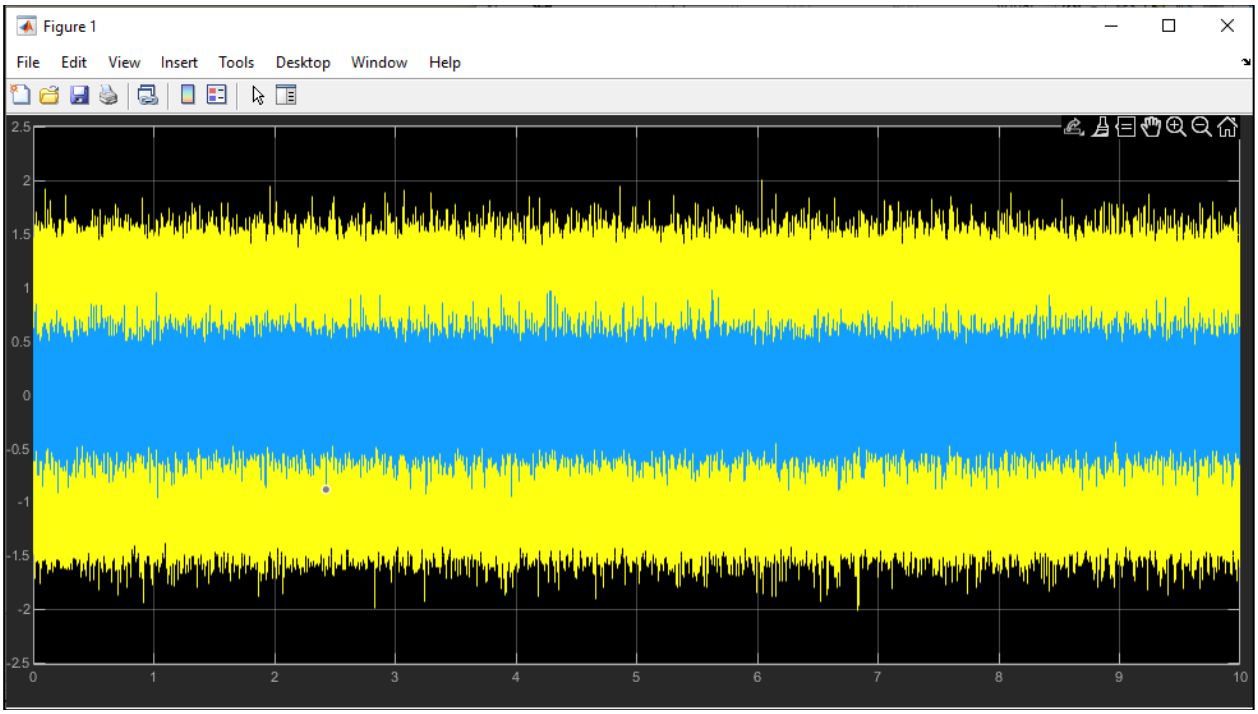


Рис. 4. Waveform на выходе BPSK Modulator и AWGN

При правильно сгенерированной псевдошумовой последовательности на входе, выведенный сигнал должен иметь эквивалентность входному, как показано на рис. 5.

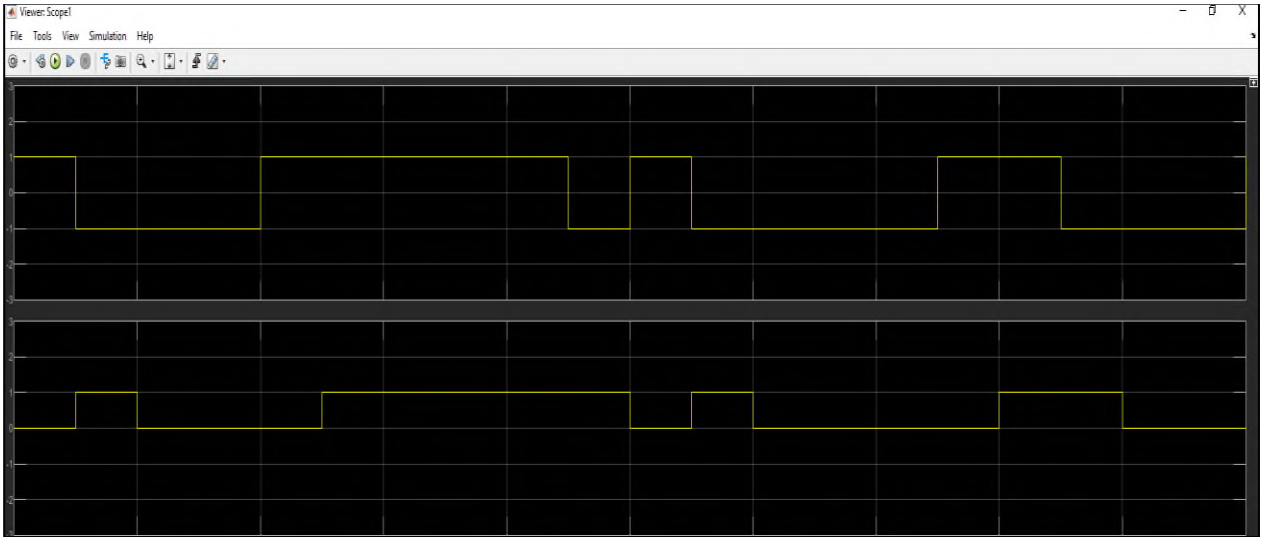


Рис. 5. Waveform на выходе ресивера

Программа Simulink позволила получить исходный широкополосный сигнал, наблюдать процессы его изменения при расширении спектра,

оценивая влияние на него аддитивного белого гауссовского шума и его состояние после удаления шума.

Заключение

Исследования показали, что программы, предназначенные для модельно-ориентированного проектирования, позволяют не только создавать различные модели, имитирующие процедуры расширения спектра сигнала, но и проводить глубокое исследование возникающих при этом процессов.

Также необходимо отметить визуализацию работы построенных моделей, которая призвана упростить изучение сложных широкополосных сигналов.

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Donald Schilling, Laurence B. Milstein, Marvin Kullback, Frank Miller “Spread spectrum for commercial applications”, IEEE communication magazine, April 1991.
2. Robert A. Scholtz, “The Origins of Spread Spectrum Communications” IEEE transactions on Communications, vol. 30, no. 05, pp.822 - 852, Nov. 1982.
3. Strom, Ottosson, Svensson,”An introduction to spread spectrum systems, Technical report no R016/2002, ISSN 1403-266X
4. ‘Wang Ding’, Zhao – Yi-Xuas, “multicarrier sub channel spread spectrum for antijamm communication, industrial conference on industrial control and electronics engineering 2012. 978-0-7695-4792-3/12, 2012 IEEE.
5. Manoj Barnela and Dr. Suresh Kumar ”Digital Modulation Schemes Employed in Wireless Communication: A Literature review”, International Journal of Engineering, Applied and Management Sciences Paradigms, Vol. 14, Issue 01, April 2014
6. W. W. Peterson and E. J. Weldon, Jr., Error Correcting Code, 2nd ed. Cambridge, MA: M.I.T. Press, 1972

Kukunin D., Petushkov I.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications

Modeling of signals providing direct spectrum expansion.

This paper examines simulation models that create a broadband signal using the direct sequence method, the process of its modeling and the effectiveness of the spectrum expansion itself are analyzed.

Keywords: direct sequence method, broadband signal, expansion.

УДК 004.054
ГРНТИ 28.21.27

ПРОБЛЕМЫ ОЦЕНКИ КОМАНД УПРАВЛЕНИЯ УДАЛЕННЫМ РОБОТИЗИРОВАННЫМ КОМПЛЕКСОМ

Д. С. Кукунин, С. В. Подайко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Технические результаты в сфере разработки роботизированных комплексов открывают перспективы к их дистанционному применению на больших расстояниях. В связи с этим, возникают вопросы, связанные с реализацией управления от первого лица, при котором субъект управления вынужден адаптироваться к состоянию канала связи. В настоящей работе рассматриваются проблемы оценки команд управления роботизированной платформой в IP сетях.

команды управления, задержка, джиттер

Введение

Роботизированные комплексы (РК), управляемые в режиме реального времени, являются наиболее чувствительными к задержкам передачи данных между объектом и субъектом управления. Системы, управляемые от первого лица, помимо задержек чувствительны к джиттеру, поскольку джиттер не позволяет оператору адаптироваться к задержке между подачей управляющего воздействия и реакцией субъекта на это воздействие.

Наиболее распространённый способ реализации управления РК организован по принципу: РК – пульт управления (ПУ) – оператор. Оператор с ПУ находится на расстоянии от роботизированной платформы, определяемом длинной кабеля или дальностью беспроводного канала связи. В случае автономного РК процедура управления усложняется непреднамеренными помехами в радиоканале и потенциальной подвижностью комплекса в момент приёма (передачи) сообщений.

Схема взаимодействия с роботизированным комплексом

На рисунке 1 представлена обобщённая схема взаимодействия оператора с РК через IP сеть. Подразумевается, что расстояние между РК и оператором могут быть произвольными, а канал связи комбинированным, т.е. проводным – оптоволокно, медь или радио. Очевидно, что в случае автономной роботизированной платформы на её участке доступа, вероятнее, будет использоваться радиоканал, который, как известно, уступает по надежности проводным [1]. Радиоканал может быть организован, например, при помощи 4G или Wi-Fi модема. При этом полная информация о сети между РК и ПУ может быть оператору неизвестна.

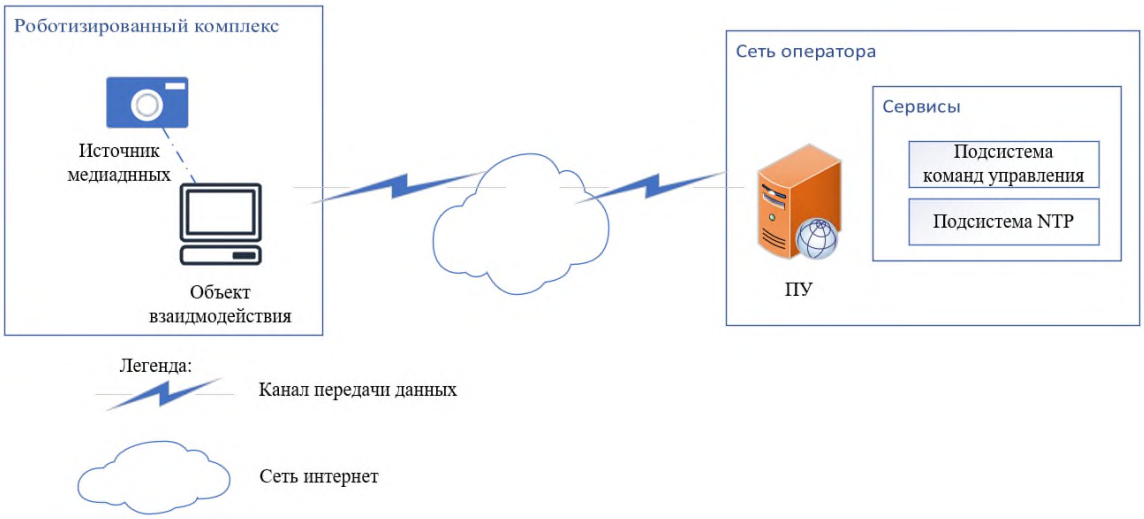


Рис.1. Обобщенная схема управления РК

Как вариант, взаимодействие с РК может быть организовано при помощи одноплатного компьютера, например, серии Rasberry Pi, являющегося непосредственно частью роботизированного комплекса и обеспечивающего приём и передачу различных видов трафика [2].

На сегодняшний день развитие компактных аппаратных платформ на базе архитектуры ARM64 достигает функционала, соизмеримого с компьютерами на базе архитектуры x86_64 [3]. Преимуществом такой компактной платформы являются, прежде всего, малые габариты, более низкое энергопотребление и возможность питания за счёт аккумуляторных батарей. Это позволяет использовать их в составе более сложных систем.

Что касается пульта управления, его реализация может быть программной или аппаратной, например, в виде джойстика. Аппаратная реализация ПУ подразумевает наличие соответствующего программного обеспечения, обеспечивающего преобразование команд в соответствующий протокол, понятный объекту взаимодействия, для дальнейшей отправки по IP сети.

Проблема оценки команд управления

Качество выполнения команд управления может быть оценено по результатам измерения конкретных сетевых метрик или непосредственно субъективным ощущением самого оператора и его способностью адаптироваться к задержкам.

Под сетевыми метриками могут пониматься величины (круговой) задержки, количество повторно переданных команд и джиттер [4]. Величину круговой (RTT) задержки и количество повторных команд можно измерить средствами протокола TCP. Удобство измерения RTT обеспечивается опцией TCP Timestamp – метка времени.

В случае использования в качестве транспорта UDP, реализация измерения метрик уже обеспечивается разработчиком на прикладном уровне.

Так, для измерения односторонней задержки требуется синхронизация узлов по времени, например, средствами протокола NTP. В простейшем случае, объект взаимодействия может синхронизировать время с АРМ оператора, являющимся источником команд управления [5]. Очевидно, добавляя запись о времени или любые другие «служебные» записи для измерения оценочных метрик в прикладной протокол, усложняется его реализация, при этом с ростом таких записей усложняется и логика его обработки.

Ощущения оператора зависят от качества отклика управляемой системы на принятую команду. Например, система обладает источником медиаданных – камерой, фиксирующей движения комплекса. В таком случае восприятие зависит от плавности наблюдаемого оператором изображения. Очевидно, что видеотрафик является более чувствительным к задержкам и создает большую нагрузку на канал связи. Суммарная задержка доставки видеокадров складывается из накладных расходов на формирование видеокадра на источнике медиаданных, сетевых задержек, задержки на отображение изображения на мониторе. На рисунке 2 представлена общая задержка при передаче информации.

Рис. 2. Схема общей задержки передачи видеоинформации

Несмотря на множество факторов, являющихся причиной задержки, наиболее значимой следует считать задержку передачи в канале, которая в общем случае зависит от загруженности сети и расстояния между узлами. При этом расстояние может быть контролируемой переменной, в отличие от остальных факторов.

Что касается джиттера, компенсировать его влияние можно средствами протокола RTP (Real-time Transport Protocol). Компенсация осуществляется за счет формирования отправителем временной метки и последующим вычислением задержки на принимающей стороне. Разница в задержке принятых пакетов позволяет определить джиттер и уменьшить его влияние при передаче пакета получателю (все пакеты получателю передаются с одинаковой задержкой) [6].

Альтернативным методом компенсации джиттера может быть чтение буфера на стороне получателя с постоянной частотой. В буфере восстанавливается исходная очередность следования пакетов. Однако следует отметить, что сокращение длины джиттер-буфера приводит к слишком частым потерям задержавшихся в сети пакетов, а увеличение его

длины к дополнительной задержке.

Заключение

В настоящей работе рассмотрены потенциальные проблемы оценки команд управления роботизированным комплексом. Управление было организовано в рамках IP-сети по принципу: РК – пульт управления – оператор. Рассмотрены возможные причины задержки при оценке отклика управляемой системы, представленного в виде медиаданных, а также приведены варианты борьбы с джиттером.

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Сапожникова Е.В., Королева Н.А. "Проблемы оценки эффективности управления роботизированным комплексом". Москва: Издательство "Интернет-Университет Информационных Технологий", 2019.
2. Официальное руководство по Raspberry Pi. Raspberry Pi «Foundation»: The Official Raspberry Pi Projects Book. 2017. 200 с.
3. Петин В. Микрокомпьютеры Raspberry Pi. Практическое руководство .2015. 120 с
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15066-2019 "Робототехника. Безопасность роботов. Руководство по оценке риска".
5. Ефанов В.Н., Мизин С. В., Неретина В. В. Управление полетом БПЛА в строю на основе координации взаимодействия группы летательных аппаратов // Вестник УГАТУ, 2013. № 1 (62). С. 114 – 121.
6. Протоколы IP-телефонии: RTP, RTCP : учебное пособие / Б. С. Гольдштейн, В. Ю. Гойхман, Ю. В. Столповская ; СПбГУТ. – СПб., 2014. – 59 с.

Kukunin D., Podaiko S.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Problems of evaluation of remote robotic complex control commands.

Technical results in the field of development of robotic complexes open up prospects for their remote application over long distances. In this regard, questions arise related to the implementation of first-person management, in which the subject of management is forced to adapt to the state of the communication channel. In this paper, the problems of evaluating commands for controlling a robotic platform in IP networks are considered.

Keywords: control commands, delay, jitter.

УДК 004.725.4
ГРНТИ 49.33.29

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРОЙ НА ОСНОВЕ ОРКЕСТРАТОРА MANO

М. Д. Леонова, А. С. А. Мутханна
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Тактильный интернет является одной из важнейших частей эволюции сетей связи и представляет собой взаимодействие человека и машины на уровне ощущений. Такими ощущениями могут быть: прикосновения, визуальные и слуховые эффекты. С началом революции искусственного интеллекта мы можем наблюдать широкий спектр применения робототехники. Интеллектуальные роботизированные системы применяются повсеместно. Телеприсутствие — это идея присутствия в удаленном месте виртуально или с помощью роботов-аватаров. Аналогично, идея управления роботом из удаленного места для выполнения различных задач называется телеоперацией. Всё это влечёт за собой потребность в обеспечении высокой доступности, надежности, безопасности, а также задержек, не превышающих уровень 1000 мкс.

тактильный интернет (ТИ), роботизированные системы, искусственный интеллект (ИИ), услуги телеприсутсвия, приложения роботизированных систем, H2M, требования к тактильным сетям, режимы работы роботизированных систем, архитектура услуг телеприсутсвия, робот-аватар, робототехника

Введение

Микросервисная архитектура (MSA) — это подход к разработке программного обеспечения, при котором приложение состоит из набора независимых и слабо связанных сервисов, каждый из которых выполняет определенную функцию. MSA позволяет повысить масштабируемость, гибкость, надежность и производительность приложений, а также упростить их развертывание, обновление и тестирование.

Однако MSA также предъявляет высокие требования к управлению жизненным циклом микросервисов, такие как обнаружение, мониторинг, координация, конфигурация, безопасность и т. д. Для решения этих проблем были предложены различные методы управления MSA, среди которых одним из наиболее перспективных является использование оркестратора MANO (Management and Orchestration).

MANO — это архитектура управления и оркестрации сетевых функций виртуализации (NFV), разработанная Европейским институтом стандартов телекоммуникаций (ETSI). MANO состоит из трех основных компонентов: NFV Orchestrator (NFVO), Virtualized Infrastructure Manager (VIM) и Virtual Network Function Manager (VNFM). NFVO отвечает за оркестрацию ресурсов и служб на уровне сети, VIM управляет виртуальной инфраструктурой, а VNFM управляет жизненным циклом виртуальных сетевых функций (VNF).

Цель статьи

Проанализировать преимущества и недостатки методов управления MSA на основе оркестратора MANO, а также предложить возможные направления для их улучшения и развития.

Преимущества и недостатки

Методы управления MSA на основе оркестратора MANO можно разделить на две группы: методы, использующие MANO как есть, и методы, адаптирующие MANO для MSA.

Методы, использующие MANO как есть, основываются на предположении, что микросервисы можно рассматривать как VNF, а MSA - как сетевую службу (NS). Таким образом, они применяют MANO для управления жизненным циклом микросервисов и MSA, используя стандартные интерфейсы и протоколы, такие как TOSCA (Topology and Orchestration Specification for Cloud Applications), NETCONF (Network Configuration Protocol) и RESTful API (Representational State Transfer Application Programming Interface).

Преимуществами этого подхода являются:

- Совместимость с существующими стандартами и технологиями NFV, что облегчает интеграцию с сетевой инфраструктурой и оборудованием.
- Высокая степень автоматизации и абстракции, что позволяет управлять микросервисами и MSA на высоком уровне, не заботясь о деталях реализации.
- Поддержка различных сценариев развертывания и миграции микросервисов и MSA, таких как горизонтальное и вертикальное масштабирование, синий/зеленый деплоймент, канареечное тестирование и т. д.

Недостатками этого подхода являются:

- Низкая гибкость и адаптивность, так как MANO не учитывает специфику и динамику MSA, такую как разнообразие микросервисов, частые изменения и обновления, сложные зависимости и взаимодействия.
- Недостаточная поддержка качества обслуживания (QoS) и безопасности, так как MANO фокусируется на управлении ресурсами и службами на уровне сети, а не на уровне приложения.
- Высокая сложность и накладные расходы, так как MANO включает в себя множество компонентов и функций, которые не всегда необходимы или полезны для MSA.

Методы, адаптирующие MANO для MSA, основываются на идее, что MANO можно модифицировать или расширить для удовлетворения требований и особенностей MSA. Таким образом, они вносят изменения в архитектуру, функции, интерфейсы и протоколы MANO, чтобы лучше поддерживать управление жизненным циклом микросервисов и MSA.

Преимуществами этого подхода являются:

- Большая гибкость и адаптивность, так как MANO может быть настроен или дополнен для учета различных аспектов MSA, таких как типы, свойства, состояния, контексты, политики и т.д.
- Улучшенная поддержка QoS и безопасности, так как MANO может включать в себя дополнительные механизмы и алгоритмы для мониторинга, анализа, оптимизации и защиты микросервисов и MSA на уровне приложения.
- Сниженная сложность и накладные расходы, так как MANO может быть упрощен или оптимизирован для устранения избыточных или ненужных компонентов и функций.

Недостатками этого подхода являются:

- Несовместимость с существующими стандартами и технологиями NFV, что может затруднить интеграцию с сетевой инфраструктурой и оборудованием.
- Низкая степень автоматизации и абстракции, так как MANO может требовать большего вмешательства и контроля со стороны разработчиков и операторов.
- Ограниченная поддержка различных сценариев развертывания и миграции микросервисов и MSA, так как MANO может быть привязан к конкретным решениям или платформам.

Дополнительные подходы к управлению MSA

MSA — это микросервисная архитектура, то есть подход к разработке программного обеспечения, при котором приложение состоит из набора независимых и слабо связанных сервисов, каждый из которых выполняет определенную функцию. Управление MSA — это процесс координации, мониторинга, конфигурации, безопасности и оптимизации микросервисов и их взаимодействия.

Существует множество подходов к управлению MSA, которые можно классифицировать по разным критериям, таким как степень централизации, уровень абстракции, тип оркестрации и т. д. Некоторые из наиболее известных и распространенных подходов к управлению MSA можно перечислить следующим образом:

- Подход на основе оркестратора MANO, который был упомянут в вашем запросе. Этот подход использует архитектуру управления и оркестрации сетевых функций виртуализации (NFV), разработанную Европейским институтом стандартов телекоммуникаций (ETSI). MANO состоит из трех основных компонентов: NFV Orchestrator (NFVO), Virtualized Infrastructure Manager (VIM) и Virtual Network Function Manager (VNFM). NFVO отвечает за оркестрацию ресурсов и служб на уровне сети, VIM управляет виртуальной инфраструктурой, а VNFM управляет жизненным циклом виртуальных сетевых функций (VNF). Этот подход позволяет применять стандарты и технологии NFV для управления микросервисами и MSA, но также имеет некоторые недостатки, такие как низкая гибкость, недостаточная поддержка QoS и безопасности, высокая сложность и накладные расходы.

- Подход на основе контейнеров и Kubernetes, который является одним из самых популярных и современных подходов к управлению MSA. Этот подход использует контейнеры, как основную технологию для упаковки, развертывания и изоляции микросервисов, и Kubernetes, как платформу для управления кластерами контейнеров. Контейнеры позволяют обеспечить высокую степень независимости, портативности, масштабируемости и производительности микросервисов, а Kubernetes позволяет автоматизировать и оптимизировать процессы оркестрации, координации, мониторинга, конфигурарации, безопасности и восстановления микросервисов. Этот подход позволяет достичь высокого уровня гибкости, адаптивности, надежности и эффективности управления MSA, но также имеет некоторые недостатки, такие как высокая сложность, недостаточная стандартизация, ограниченная поддержка различных типов инфраструктуры и т.д.

- Подход на основе сервисного меша и Istio, который является одним из самых новых и инновационных подходов к управлению MSA. Этот подход использует сервисный меш, как сетевую инфраструктуру, которая обеспечивает низкоуровневое взаимодействие между микросервисами, и Istio, как платформу для управления сервисным мешем. Сервисный меш состоит из двух слоев: контрольного плана и данных плана. Контрольный план отвечает за управление конфигурацией, политиками и безопасностью сервисного меша, а данные план отвечает за перенаправление, балансировку, мониторинг и трассировку трафика между микросервисами. Istio предоставляет набор компонентов и функций для управления контрольным и данными планами, таких как Pilot, Mixer, Citadel, Envoy и т.д. Этот подход позволяет обеспечить высокий уровень прозрачности, наблюдаемости, управляемости и безопасности взаимодействия микросервисов, но также имеет некоторые недостатки, такие как высокие накладные расходы, сложность отладки, несовместимость с некоторыми протоколами и т.д.

- Подход на основе самоуправляемых микросервисов, который является одним из самых радикальных и экспериментальных подходов к управлению MSA. Этот подход использует концепцию самоуправляемых микросервисов, которые способны самостоятельно управлять своим жизненным циклом, адаптироваться к изменениям в окружении, координироваться с другими микросервисами и решать конфликты и проблемы. Самоуправляемые микросервисы основываются на принципах автономии, децентрализации, самоорганизации и самоадаптации, и используют различные техники и алгоритмы, такие как агентное моделирование, мультиагентные системы, коллективный интеллект, машинное обучение и т.д. Этот подход позволяет достичь высочайшего уровня гибкости, адаптивности, надежности и эффективности управления MSA, но также имеет некоторые недостатки, такие как низкая предсказуемость, сложность верификации, недостаточная стандартизация и т.д.

Существуют и другие подходы, которые можно найти в литературе или практике, а также возможны комбинации и гибриды разных подходов. В любом случае, выбор подхода к управлению MSA должен быть обоснован и соответствовать конкретным целям, требованиям и условиям разработки и эксплуатации MSA.

Заключение

В заключении, можно сказать, что методы управления MSA на основе оркестратора MANO имеют свои преимущества и недостатки, и выбор оптимального метода зависит от конкретных целей, требований и условий разработки и эксплуатации MSA. Возможные направления для улучшения и развития методов управления MSA на основе оркестратора MANO могут включать:

- Гармонизацию и стандартизацию интерфейсов и протоколов между MANO и MSA, чтобы обеспечить их совместимость и взаимодействие.
- Разработку и применение адаптивных и интеллектуальных механизмов и алгоритмов для управления жизненным циклом микросервисов и MSA, учитывающих их специфику и динамику.
- Интеграцию и координацию MANO с другими системами и платформами, поддерживающими MSA, такими как контейнеры, Kubernetes, Docker, Istio и т. д.

Список используемых источников:

1. ETSI. (2014). Network Functions Virtualisation (NFV); Management and Orchestration. Retrieved from [https://www.etsi.org/deliver/etsi_gs/NFV-MAN/001_099/001/01.01.01_60/gs_NFV-MAN001v010101p.pdf]
2. Jamshidi, P., Pahl, C., Mendonça, N. C., Lewis, J., & Tilkov, S. (2018). Microservices: The journey so far and challenges ahead. IEEE Software, 35(3), 24-35. Retrieved from [https://ieeexplore.ieee.org/document/8330220]
3. Li, F., Voith, T., & Kao, O. (2017). A survey of service orchestration techniques for web applications in the cloud. IEEE Transactions on Services Computing, 11(5), 796-809. Retrieved from [https://ieeexplore.ieee.org/document/7797149]
4. Liu, X., Liu, Y., Chen, S., & Buyya, R. (2019). A survey on service orchestration and federation in cloud computing. ACM Computing Surveys (CSUR), 52(6), 1-41. Retrieved from [https://dl.acm.org/doi/10.1145/3359989]
5. Soldani, D., & Li, M. (2015). Orchestrating nfv with carrier grade reliability in cloud data centers. IEEE Communications Magazine, 53(2), 66-72. Retrieved from [https://ieeexplore.ieee.org/document/7045386]

Leonova M., Muthanna A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Analysis of micro service architecture management methods based on the MANO orchestrator.

Tactile Internet is one of the most important parts of the evolution of communication networks and represents human-machine interaction at the level of sensations. Such sensations can be: touch, visual and auditory effects. With the onset of the artificial intelligence revolution, we can observe a wide range of applications of robotics. Intelligent robotic systems are used everywhere. Telepresence is the idea of being present at a remote location virtually or with the help of robot avatars. Similarly, the idea of controlling a robot from a remote location to perform various tasks is called teleoperation. All this entails the need for high availability, reliability, security, and latency not exceeding the 1000 μs level.

Key words: Tactile Internet (TI), robotic systems, artificial intelligence (AI), telepresence services, applications of robotic systems, H2M, requirements for tactile networks, modes of operation of robotic systems, architecture of telepresence services, robot avatar, robotics.

УДК 004.85
ГРНТИ 28.23.29

МЕТОД ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В СЕТИ ДЛЯ ТЕЛЕХИРУРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ГРАНИЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

А. С. А. Мутханна, Е. Ю. Никонова, М. А. Харламов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Новые технологии, в том числе Дополненная и Виртуальная реальность, требующие высоких требований к сетям связи, активно внедряются во все сферы жизни человека. Сюда же относится сфера здравоохранения. В данной работе рассмотрена архитектура технологии MEC, позволяющая оптимизировать QoS-параметры внутри сети и улучшить процессы в сфере медицины, в частности телехирургии. Так же разобран возможный сценарий взаимодействия представленной архитектуры.

интернет вещей, граничные вычисления, технология MEC, архитектура сети, телехирургия, сценарий взаимодействия

Интернет Вещей наращивает своё развитие и влияние на все области жизни человека, в том числе в медицине. В частности, речь идёт о ветке Интернета Вещей, охватывающей Дополненную и Виртуальную реальности, требующих высоких QoS-показателей канала передачи данных. Очевидно, что развитие области здравоохранения всегда является актуальной повесткой каждого государства – от этого напрямую зависит благополучие граждан.

Исходя из этого, целью данной работы является применение технологии MEC, при использовании которой можно приблизиться или добиться требуемых QoS-показателей канала передачи данных для улучшения процессов в области медицины, в частности телехирургии. В работе рассмотрена архитектура сети с использованием MEC и описаны возможные сценарии взаимодействия между устройствами в сети.

Для начала рассмотрим, что представляет собой данная технология. Технология MEC[2] предлагает среду для IT-услуг и возможности облачных вычислений на границе мобильной сети, в сетях радиодоступа (Radio Acces Network – RAN) и в непосредственной близости от мобильных устройств. MEC предоставляет облачные услуги в RAN и соединяет конечные устройства непосредственно с ближайшей точкой, предоставляющей облачные услуги, вместо прямого соединения между конечными устройствами и опорной сетью. Развертывание MEC на базовых станциях улучшает вычислительные возможности, помогает избежать сбоев системы и, так называемого, «горла бутылки», когда, к примеру, данные из разных источников пропускаются через «узкое» место в сети.

Рассмотрим архитектуру сети для телехирургии с использованием технологии MEC, представленную на рис.1. Она состоит из 3 уровней:

- Уровень конечных устройств;

- Уровень граничных вычислений;
- Облачный уровень.

На первом уровне находятся конечные устройства сети. Говоря про сценарий телехирургии – это хирургические столы и хирургические пульты (стационарные и мобильные). Стоит отметить, что на этом уровне могут также находится любые другие устройства, необходимые для проведения операции. К примеру, ПК для наблюдающих, обучающихся и т.п.

На уровне граничных вычислений находится сам EDGE-сервер и его локальное хранилище для хранения мигрирующих сервисов и временных баз данных. Стоит отметить, что EDGE-сервер может располагаться на БС, непосредственно в зданиях и любых удобных для его расположения местах.

На облачном уровне находится центральный облачный сервер, хранящий в себе все необходимые сервисы и базы данных.

Стоит отметить, что транспортной составляющей архитектуры является опорная сеть 5G.

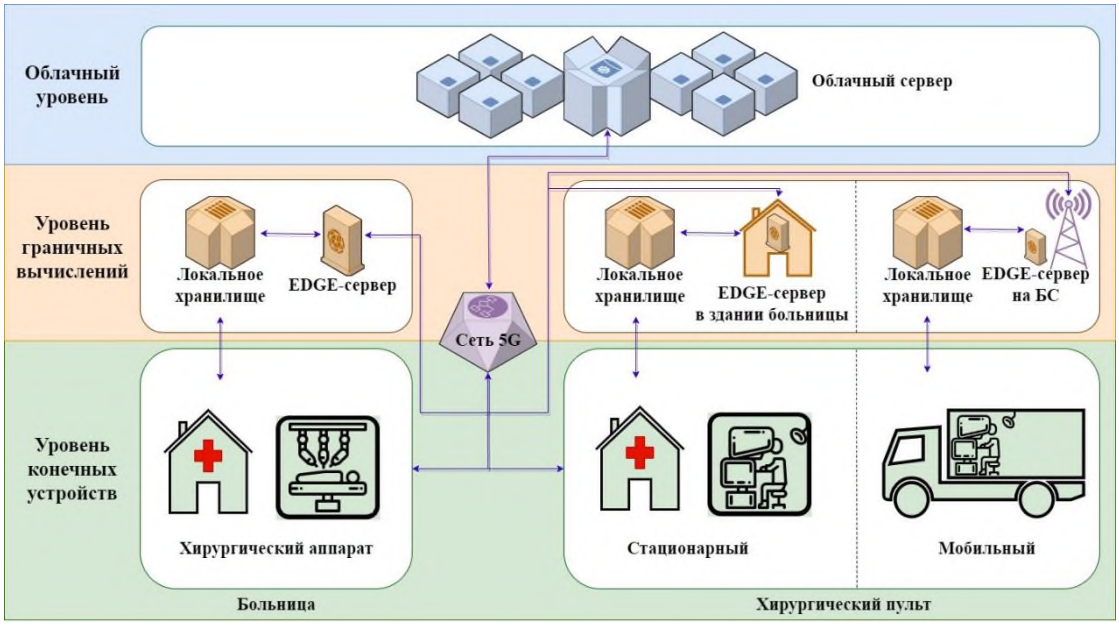


Рис.1 Архитектура сети для телехирургии с использованием технологии MEC

Рассмотрим, как данную архитектуру можно реализовать. На рис.2 изображен сценарий взаимодействия в сети для телехирургии с использованием технологии MEC. В частности, рассматривается процесс установления соединения между хирургическим столом и хирургическим пультом.

В обычном режиме конечные устройства общаются через сеть 5G. В момент инициализации операции стол отправляет запрос к пульту на поведение операции и установление соединения. Пульт отвечает запросом на согласование типа операции. Данный шаг необходим по причине определения типа данных и сервисов, необходимых для конкретной операции.

Стол отвечает инициализацией процесса поиска необходимых данных в локальных хранилищах ближайших EDGE-серверов. На базе сервера происходит поиск необходимых данных. Если таковые отсутствуют, отправляется запрос в облачный сервер на их передачу. В случае их наличия или после отправки запроса в облако, EDGE-сервер с облаком инициализируют процесс поиска подходящих EDGE-серверов с учетом географического аспекта, которые могут обеспечить необходимые QoS-параметры, требуемые для проведения конкретного типа операции.

После нахождения необходимых серверов, облачный сервер начинает передачу запрошенных данных или, если таковые уже были на каком-то EDGE-сервере, запускается процесс их миграции на ранее определенные локальные хранилища.

Следующим этапом является установление тоннельного соединения на базе технологии SDN. Канал настраивается между ранее определенными EDGE-серверами, с учетом необходимых QoS-параметров.

После установления соединения EDGE-серверы отправляют ответ конечным устройствам о том, что канал установлен, а необходимые данные и сервисы найдены. После чего инициализируется процесс проведения операции.

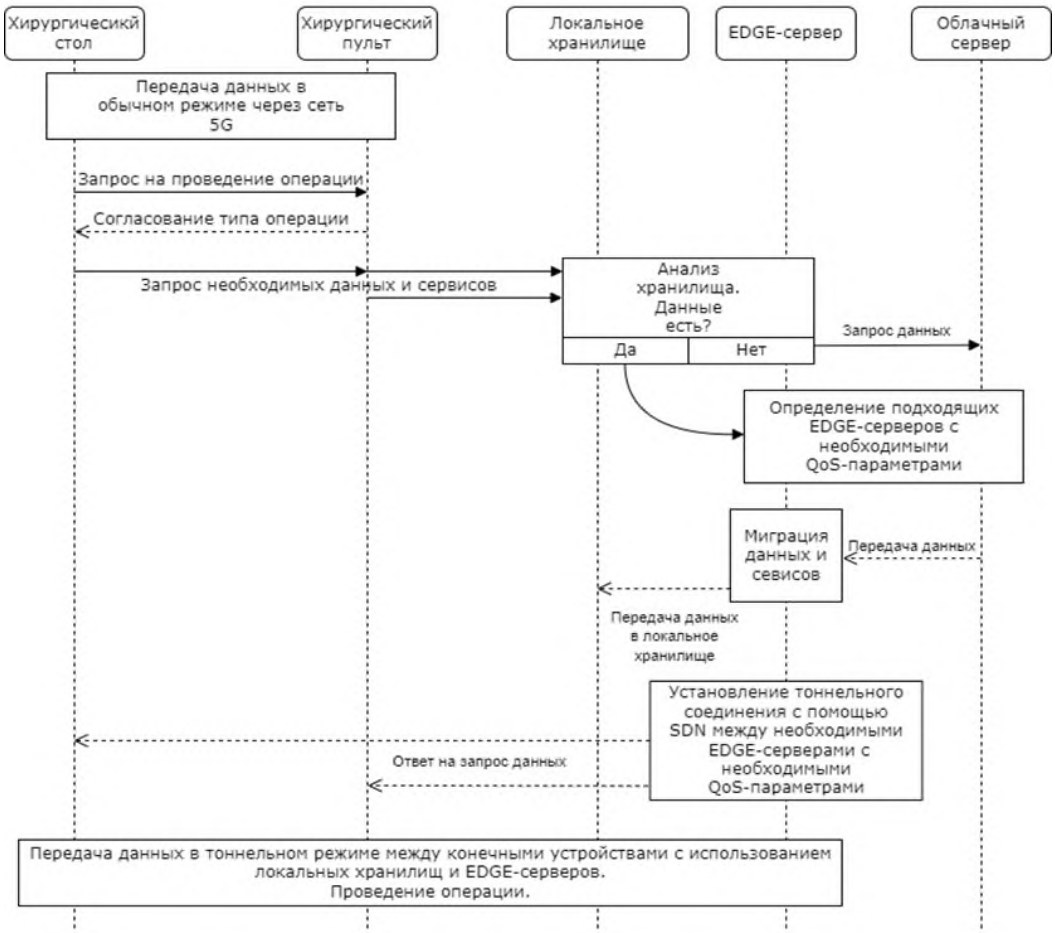


Рис. 2 Сценарий взаимодействия в сети для телехирургии с использованием технологии MEC

В результате можно сделать вывод о том, что технология Мобильных Граничных Вычислений представляет собой перспективную и успешную технологию по оптимизации QoS-параметров внутри сети. По результатам анализа была приведена возможная структура сети и приведён сценарий взаимодействия в ней.

Работа выполнена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 1022040500653-0 от 16.02.2023 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников

1. Ateya, Abdelhamied A., Ammar Muthanna, Andrey Koucheryavy, Yassine Maleh, and Ahmed A. Abd El-Latif. "Energy efficient offloading scheme for MEC-based augmented reality system." Cluster Computing 26, no. 1 (2023): 789-806.
2. M. Patel, D. Sabella, N. Sprecher, and V. Young, “Contributor, Huawei, Vice Chair ETSI MEC ISG, Chair MEC IEG Working Group,” [Текст] / с. 16.
3. 22. Recommendation ITU-T G.1035. Influencing factors on quality of experience for virtual reality services. [Текст] / 11/2021 URL: http://handle.itu.int/11.1002/1000/14826;
4. Ho-Gun Ha, Jaesung Hong. Augmented Reality in Medicine. [Текст] / Department of Robotics Engineering, Daegu Gyeongbuk Institute of Science and Technology (DGIST), Daegu, South Korea, 2016;
5. M. Patel et al., “Contributing Organizations and Authors,” no. 1, [Текст] / с. 36.

Muthanna A., Nikonova E., Kharlamov M.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

A method of network interaction for tele-surgery using boundary computing technology. New technologies, including Augmented and Virtual Reality, which require high demands on communication networks, are actively being introduced into all areas of human life. This also includes the healthcare sector. This paper examines the architecture of MEC technology, which allows optimizing QoS parameters within the network and improving processes in the field of medicine, in particular telesurgery. A possible interaction scenario for the presented architecture is also analyzed.

Key words: Internet of Things, edge computing, MEC technology, network architecture, telesurgery, interaction scenario.

УДК 004.75
ГРНТИ 28.21.27

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИНТЕГРАЦИИ АРХИТЕКТУР РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ УСЛУГ ТЕЛЕПРИСУТСТВИЯ

А. С. А. Мухтанна, Г. К. Севостьянов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

За последние несколько лет, повседневный образ жизни все чаще подвергается воздействию множества приложений. В то же время, по прогнозам, трафик мобильной передачи данных будет продолжать удваиваться каждый год. Чтобы соответствовать этим растущим требованиям, сетевым операторам приходится прилагать огромные усилия для улучшения пользовательского опыта. Для решения данной проблемы, предлагается использоваться технологии облачных и туманных вычислений, а также использование методов машинного обучения.

туманные вычисления, микросервисы, граничные вычисления, машинное обучение

На данный момент, учитывая постоянный и повсеместный рост количества различного рода приложений, платформ (программных продуктов), и их спроса со стороны пользователей, изменяются и предлагаются новые архитектуры разработки программного обеспечения. Основные причины изменения и сама потребность в принципиально новых и эффективных архитектурах ПО заключаются в необходимости продукта достаточно в сжатые сроки иметь возможность измениться, предоставить новые функции для пользователей [1].

В современное время парадигма создания конечных продуктов (для пользователя), первую очередь строится на анализе потребностей пользователя. Если продукт будет не удобен пользователю, соответственно ему не будет места на рынке. Одними из основных критериев оценки качества предоставляемой услуги является ее быстродействие и масштабируемость.

В решении данной задачи предлагаются различные направления исследования и разработок. Одним из самых перспективных направлений исследований является организация распределенных вычислений. Благодаря данной технологии, предполагается исключение возможных потерь, а также исключение сетевой составляющей круговой задержки. Одними из наиболее известных технологий ИКТ, которые могут разрешить озвученные выше вызовы через минимизацию сетевой части круговой задержки, являются пограничные системы с множественным доступом (с англ. MEC – Multi-access Edge Computing), Туманные вычисления (с англ. Fog computing), а

также обеспечение взаимодействия устройство-устройство (с англ. D2D – Device-to-Device communications).

При объединении сетевых технологий SDN/NFV и инфраструктурных технологий распределенных вычислений (MEC/Fog), синергия взаимодействия приводит к появлению новых преимуществ, проявляющихся быстрой масштабируемости сети и облаков, полном контроле потоков передачи данных, а также обеспечении устойчивости, самовосстановления, быстрой живой миграция услуг в любую точку сети, и возможности разработки сервисов с применением технологий Искусственного Интеллекта. Набор данных особенностей обеспечивает возможность предоставления нового уровня требований к качеству предоставляемых услуг, который стал вызовом для всего мирового научного сообщества.

При рассмотрении данного вопроса, важно обратить внимание на понятие слова «Архитектура» в рамках информационных и телекоммуникационных систем.

Архитектура обычно определяется как «набор ответов» на следующие вопросы:

- Для выполнения какой цели предназначена система?
- Какие целевые функции системы?
- На какие части она разделяется?
- Каким образом данные части взаимодействуют?
- Где данные части размещены (виртуально/физически)?
- Какие основные принципы функционирования система реализует?

На данный момент, в мире разработки ПО было получено достаточное количество знаний в области разработки эффективного кода, методик, принципов и подходов к реализации ИТ-продукта (с точки зрения кода). В том числе были разработаны различные архитектурные решения. Основными архитектурами на данный момент являются:

- Монолитная
- Многоуровневая
- Управляемая событиями
- Бессерверная
- Микросервисная

До недавнего времени, одним из самых популярных являлся бессерверный архитектурный стиль, так как он применим к приложениям, которые в качестве решения используют другие сервисы для того, чтобы решить проблему загруженности бэкенда и серверов. Например, бессерверная архитектура может помочь сократить время на работе с регулярными задачами сервера. Одним из известных примеров бессерверного API является сервис Amazon AWS «Lambda». Также к данному архитектурному стилю можем отнести и так называемое сервелет-программирование.

Однако, в последние 2-3 года активно развивается именно микросервисный архитектурный стиль разработки и реализации Программного Обеспечения, в основном благодаря его успешной реализации в таких известных ИТ-продуктах, как Amazon и Netflix. По большей части, данная архитектура важна для инфраструктурных решений, например платформы Интернета Вещей, Веб-платформы, которые, в свою очередь, реализуют больше, чем один продукт. Стоит отметить, что в последнее время не только новые продукты разрабатывают в данном архитектурном стиле, но и значительную часть уже существующих продуктов компании стараются буквально переписывать, либо пытаются найти тот уровень декомпозиции бывших технологий, чтобы сохранить баланс стоимости разработки и перехода на новую архитектуру с сохранением всех функций, возможностей, и получением тех преимуществ, которые дает микросервисная архитектура ПО.

Микросервисная архитектура стала доминирующей моделью для разработки и развертывания современных приложений. Однако, с развитием технологий и расширением сферы применения, возникают уникальные вызовы, связанные с развертыванием микросервисов в условиях, где оркестраторы располагаются на спутниках. Эти условия, характеризующиеся высокими задержками, потерями и джиттером, требуют инновационных и адаптивных подходов. В этой статье мы исследуем современные методы развертывания микросервисов, основанные на использовании туманных вычислений.

Зачем использовать оркестраторы на спутниках?

Использование оркестраторов на спутниках предоставляет ряд преимуществ:

1) Уменьшение задержек: Оркестраторы, размещенные на спутниках, позволяют снизить задержки в сети. Это особенно важно для приложений, где низкая задержка играет критическую роль, например, в телекоммуникациях или финансовой сфере.

2) Увеличение отказоустойчивости: Распределение оркестраторов на спутники уменьшает вероятность выхода из строя всей системы в случае отказа одного из узлов. Это повышает надежность системы в условиях неблагоприятных сетевых аномалий.

3) Снижение нагрузки на центральные серверы: Оркестраторы на спутниках могут выполнять часть вычислений локально, что снижает нагрузку на центральные серверы и уменьшает зависимость от централизованных ресурсов.[4]

Сложности Сетевой Инфраструктуры и Роль Туманных Вычислений

Современная сетевая инфраструктура сталкивается с вызовами, которые требуют новых решений. Особенно важно адаптировать сетевую архитектуру к условиям, где оркестраторы размещаются на спутниках. Эти условия

предоставляют уникальные трудности, такие как высокие задержки и потери данных.

В этом контексте, туманные вычисления становятся ключевым фактором для оптимизации сетевых процессов. Концепция туманных вычислений предполагает размещение вычислительных ресурсов ближе к месту, где генерируется трафик. В контексте развертывания микросервисов это означает, что часть инфраструктуры и микросервисов размещается на спутниках или в их непосредственной близкости. Это снижает задержки и повышает эффективность обработки запросов.

Разработка Микросервисов для Сетей с Задержками и Потерями

Когда оркестраторы находятся на спутниках, необходимо разрабатывать микросервисы, учитывая сетевые ограничения. Современные практики разработки помогают справиться с вызовами, связанными с высокими задержками и джиттером.

Исследование "Microservices architecture: A risk-driven approach" [2] подчеркивает важность использования асинхронных коммуникаций в сетях с высокими задержками. Синхронные вызовы могут страдать от высоких задержек, поэтому рекомендуется использовать асинхронные сообщения и событийную архитектуру для уменьшения зависимости микросервисов друг от друга и снижения влияния задержек.

Локальное кэширование данных на спутниках, как рекомендуется в исследовании, помогает уменьшить нагрузку на центральные базы данных и минимизировать влияние задержек на доступ к данным. Это также подразумевает возможность автоматической переконфигурации и переключения на резервные ресурсы при потерях связи с центральным оркестратором.

Использование Искусственного Интеллекта (ИИ) в Микросервисах

С развитием искусственного интеллекта (ИИ), микросервисы также могут внедрять ИИ для оптимизации и автоматизации процессов. Нейронные сети и машинное обучение могут использоваться для анализа сетевой статистики и предсказания возможных проблем в реальном времени. Это позволяет предотвращать сетевые сбои и улучшать производительность микросервисов.

Искусственный интеллект также может использоваться для оптимизации ресурсов и балансировки нагрузки. Алгоритмы машинного обучения могут анализировать трафик и определять, какие микросервисы следует масштабировать для улучшения производительности в условиях задержек и потерь данных. ИИ также может автоматически адаптировать конфигурации микросервисов в реальном времени, чтобы оптимизировать работу системы в условиях джиттера [4].

Схема Микросервисной Архитектуры с Оркестраторами на Спутниках

Чтобы лучше понять, как работает микросервисная архитектура с оркестраторами на спутниках, рассмотрим схему архитектуры:

1) Спутники: Это удаленные узлы, на которых размещаются оркестраторы. Спутники могут быть физическими серверами или виртуальными машинами.

2) Оркестраторы: Оркестраторы на спутниках управляют развертыванием, масштабированием и управлением микросервисами в их локальных средах.

3) Микросервисы: Микросервисы представляют собой независимые компоненты приложения, которые выполняют конкретные функции. Они могут располагаться как на спутниках, так и в центральных централизованных центрах обработки данных.

4) Сеть и Связь: Взаимодействие между оркестраторами на спутниках и микросервисами осуществляется через сеть. Эта сеть может быть подвержена задержкам, потерям и джиттеру.

5) Искусственный Интеллект: Искусственный интеллект используется для оптимизации и мониторинга работы микросервисов, а также для адаптации системы к условиям сетевых аномалий.

Мониторинг и Оптимизация

Для успешного развертывания микросервисной архитектуры в условиях задержек, потерь и джиттера, мониторинг и оптимизация играют ключевую роль.

Исследование "Resilient Microservices with Spring Boot" [3] подчеркивает значение систем мониторинга, которые позволяют наблюдать за задержками, потерями и джиттером в реальном времени. Это помогает оперативно выявлять проблемы и быстро реагировать на них.

Инструменты для отладки и профилирования, как указано в этом исследовании, помогают идентифицировать узкие места в приложениях и оптимизировать их для работы в условиях сетевых аномалий.

Приношу извинения за предыдущее недоразумение. Давайте более подробно рассмотрим подходы к справлению с задержками, потерями и джиттером в микросервисной архитектуре с оркестраторами на спутниках.

Решение проблем с Задержками, Потерями и Джиттером

1. Использование Асинхронных Коммуникаций: Один из ключевых подходов — это использование асинхронных коммуникаций между микросервисами. Синхронные вызовы могут страдать от высоких задержек. Асинхронные сообщения и событийная архитектура позволяют уменьшить зависимость микросервисов друг от друга и снизить влияние задержек.

2. Локальное Кэширование: Важным аспектом в справлении с задержками является локальное кэширование данных на спутниках. Это позволяет уменьшить нагрузку на центральные базы данных и минимизировать влияние задержек на доступ к данным.

3. Автоматическая Переконфигурация: Микросервисы должны быть способны автоматически переконфигурироваться и переключаться на резервные ресурсы при потерях связи с центральным оркестратором.

4. Мониторинг и Оптимизация: Мониторинг и оптимизация играют ключевую роль в обнаружении и устранении проблем, связанных с задержками, потерями и джиттером. Реальное время наблюдения за сетью позволяет оперативно реагировать на аномалии.

5. Использование Искусственного Интеллекта (ИИ): Искусственный интеллект может быть использован для анализа сетевой статистики и оптимизации ресурсов. Алгоритмы машинного обучения могут анализировать трафик и предсказывать возможные проблемы, что позволяет предотвратить сетевые сбои и улучшить производительность микросервисов.

Таким образом, успешное развертывание микросервисной архитектуры в условиях задержек, потерь и джиттера требует комбинации этих подходов. Асинхронные коммуникации, локальное кэширование, автоматическая переконфигурация, мониторинг и оптимизация, а также использование искусственного интеллекта в совокупности обеспечивают надежную и эффективную работу микросервисов в сложных сетевых сценариях.

Работа выполнена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 1022040500653-0 от 16.02.2023 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Tran T.X. Collaborative mobile edge computing in 5G networks: New paradigms, scenarios, and challenges. [Электронный ресурс] // IEEE Communications Magazine 55. 2017. pp. 54–61. URL: https://arxiv.org/pdf/1612.03184.pdf

2. Edge Computing and Fog Computing for IoT: A Survey by Al-Mistarihi, Mohammad and Alqirem, Rami. 2017.

3. Microservices architecture: A risk-driven approach by Spillner, Josef and Toma, Ileana Ober, and Becker, Christoph. 2016.

4. "Resilient Microservices with Spring Boot" by Brink, Jonas and Schlatter, Rudiger (2019)3. Волков А. Н., Мутханна А. С. А., Кучерявый А. Е. Сети связи пятого поколения: на пути к сетям 2030 // Информационные технологии и телекоммуникации. 2020. Том 8. N 2. С. 32–43. DOI 10.31854/2307-1303-2020-8-2-32-43.

5. МСЭ-Т Q.3745. Протокол для приложений Интернета Вещей с ограничением по времени поверх программно-конфигурируемых сетей. ITU, 2020

Muthanna A., Sevostyanov G.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Methods of integration of Fog Computing architecture with Egde Computing for modern applications based on machine learning algorithms.

Over the past few years, the daily lifestyle has increasingly been exposed to a variety of applications. At the same time, mobile data traffic is projected to continue to double every year. To meet these growing demands, network operators have to make huge efforts to improve the user experience. To solve this problem, it is proposed to use cloud and fog computing technologies, as well as the use of machine learning methods.

Key words: fog computing, microservices, edge computing, machine learning.

УДК 621.391
ГРНТИ 49.33.29

SDN, NFV И MEC ДЛЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ УСЛУГ НА ОСНОВЕ QOE: ПУТЬ К СЕТЯМ 6G

А. С. А. Мутханна, В. А. Хасанова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Достижение показателей производительности, таких как более высокая скорость передачи данных, меньшая задержка, большая емкость, более низкая стоимость и удовлетворительное качество восприятия (QoE) для предоставляемых услуг, является ключом к успеху сетей 5G/6G. В статье рассмотрено управление QoE в будущих программно-определяемых 5G/6G сетях, а также представлена экосистема QoE для потоковых мультимедийных сервисов. Описаны потенциальные технологии программного обеспечения для повышения QoE. Также описаны направления развития в сетях 6G.

5G, 6G, SDN, NFV, MEC, программно-определяемые сети, облачные/периферийные вычисления, искусственный интеллект, мультимедийные услуги, QoE, QoS, управление сетью, экосистема

Сети 5G переходят от традиционных монолитных аппаратных сетей к новой парадигме виртуализированных и программируемых сетей, основанных на SDN, NFV, MEC и облачных вычислениях. Интернет-сервисы переходят от централизованной модели клиент-сервер к более модульной и распределенной, используя потенциал облачных вычислений. Сети 5G обеспечивают более высокие скорости передачи данных, минимальную задержку, более высокую плотность подключений и высокий уровень безопасности для следующего поколения приложений и услуг [1].

Понятие QoE было предложено в 2007 году и получило развитие как подход, ориентированный на пользователя. QoE учитывает субъективное восприятие пользователя конкретного сервиса, в отличие от традиционных факторов сети, которые изучались в рамках качества обслуживания (QoS). QoE охватывает все факторы, влияющие на качество, включая технические характеристики системы и пользователя. 5G сети ориентированы на улучшение пользовательского опыта, обеспечивая более высокую скорость передачи данных, малую задержку, большую плотность подключенных устройств и надежность. В рамках проектов, связанных с 5G, идет разработка новых архитектур для управления сетями и гарантирования качества обслуживания для мультимедийных сервисов. Эти проекты также занимаются разработкой новых стандартов сжатия видео для поддержки современных стриминг-сервисов [3].

ТАБЛИЦА 1. Краткая информация о проектах и внедрениях 5G в академических кругах/отрасли на основе SDN и NFV

Имя	SDN	NFV	MEC	Работа, связанная с SDN/NFV
5G-NORMA	Да	Да	Нет	Мультисервисная и контекстно-зависимая адаптация сетевых функций для поддержки различных сервисов и соответствующих требований QoE/QoS.
5G-MEDIA	Да	Да	Нет	Гибкая сетевая архитектура, обеспечивающая динамическое и гибкое распространение UHD-контента через сети CDN 5G.
5G-MoNArch	Да	Да	Нет	Сегментирование сети для поддержки оркестрации функций доступа и основной сети. Поддерживаемые сценарии использования в вертикальных отраслях включают автомобилестроение, здравоохранение и СМИ.
5G-Transformer	Да	Да	Да	Разработка сетевых архитектур 5G, отвечающих требованиям конкретных отраслей.
SLICENET	Да	Да	Нет	Разработка когнитивной платформы контроля, управления и оркестрации сети, которая поддерживает совместное использование инфраструктуры между несколькими доменами операторов.
5G Exchange	Да	Да	Нет	Обеспечение междоменной оркестрации служб в нескольких администрациях или в нескольких доменных единичных администрациях.
5GmediaHUB	Да	Да	Да	Предложение среды DevOps для тестирования как услуги (TaaS) и богатый набор инструментов для экспериментов, способный обеспечить проверку, планирование, аналитику и механизмы мониторинга QoS/QoE.

5G мультимедийные коммуникации с улучшенными возможностями управления качеством пользовательского опыта (QoE) будут возможны благодаря передовым технологиям, таким как SDN, NFV и MEC.

MEC (Multi-Access Edge Computing) представляет собой концепцию, в соответствии с которой вычислительная мощность и вычисления местонахождения данных располагаются на краю сети, ближе к конечным пользователям и устройствам. Это позволяет обрабатывать данные и выполнять вычисления непосредственно на ближайшем к пользователю оборудовании, вместо передачи данных в удаленные облачные центры. Поскольку данные обрабатываются на краю сети, это снижает задержку в обработке данных, что важно для реактивных приложений, таких как дополненная и виртуальная реальность.

SDN (Software-Defined Networking) – сети с программно-определяемой архитектурой. Это инновационный подход к управлению и конфигурации сетей, который разделяет управление сетью и передачу данных. В

традиционных сетях управление и передача данных обычно интегрированы в оборудовании (например, маршрутизаторы и коммутаторы), в то время как SDN выносит управление на программный уровень. SDN позволяет быстро настраивать и перенастраивать сеть в соответствии с потребностями. Операции сети могут управляться централизованным образом, что упрощает управление и мониторинг. SDN позволяет автоматизировать процессы управления сетью, что уменьшает вероятность человеческих ошибок и улучшает надежность. SDN широко применяется в корпоративных сетях, центрах обработки данных и облачных средах, а также в телекоммуникационных сетях для повышения эффективности и гибкости управления сетью [2].

NFV (Network Functions Virtualization) представляет собой концепцию в области сетевых технологий и телекоммуникаций, которая заключается в замене традиционных физических сетевых устройств (например, маршрутизаторов и коммутаторов) виртуальными сетевыми функциями, работающими на стандартных серверах и хранилищах. Традиционные сетевые функции, такие как маршрутизация, коммутация, брандмауэр, балансировка нагрузки и другие, могут быть виртуализированы и запущены в виде программного обеспечения (виртуальных машин) на стандартных серверах. NFV часто используется в сетях провайдеров услуг, в центрах обработки данных и в облачных средах для оптимизации и улучшения сетевой инфраструктуры. Эта концепция помогает сделать сетевую инфраструктуру более гибкой, управляемой и экономически эффективно [2].

Экосистема 5G-коммуникации включает всех заинтересованных сторон в цепочке доставки QoE. Поставщики видео-контента готовят высококачественный контент с использованием кодеков потоковой передачи, таких как H.266/VVC, HEVC, VP9 или AV1. Поставщики услуг обеспечивают доставку контента на основе соглашений об уровне опыта (ELA) и контрактов о качестве бизнеса (QoBiz). Поставщики сетевых услуг предоставляют услуги, ориентированные на QoE. Клиенты получают услуги, ориентированные на QoE.

Эта экосистема обеспечения QoE в сетях 5G состоит из четырех частей: квантификация QoE клиентов, управление опытом клиентов и качеством услуг, анализ QoE, оценка и визуализация в конечной точке и оптимизация производительности сети 5G. Экосистема сосредотачивается на QoE как на основном показателе производительности и охватывает различные аспекты качества [3].

Квантификация QoE клиентов устанавливает рекомендации по управлению услугами и принципы проектирования качества, идентифицируя ключевые показатели производительности (KPI) и ключевые показатели качества (KQI), чтобы соответствовать требованиям клиентов к QoE. Управление опытом клиентов (CEM) сосредотачивается на контроле и управлении QoE конечных пользователей, в то время как мониторинг QoE

собирает информацию о параметрах качества и производительности в реальном времени. Анализ, оценка, измерение и визуализация QoE помогают сетевым операторам и поставщикам услуг быстро решить проблемы в сетях 5G через оценку QoE, обнаружение качества услуг и ограничение. Оптимизация производительности сети 5G и QoE должна обеспечивать разнообразные видео-сервисы с использованием интеллектуальных алгоритмов управления QoE, учитывая справедливость, эффективное распределение ресурсов и механизмы оптимизации на различных точках сети.

Предложенная экосистема нацелена на улучшение QoE в сетях 5G с помощью интеллектуальных механизмов управления, оптимизации и новых бизнес-стратегий.

Экосистема обеспечения QoE, показанная на рис. 1, повышает эффективность распространения видео-контента и производительность сети 5G.

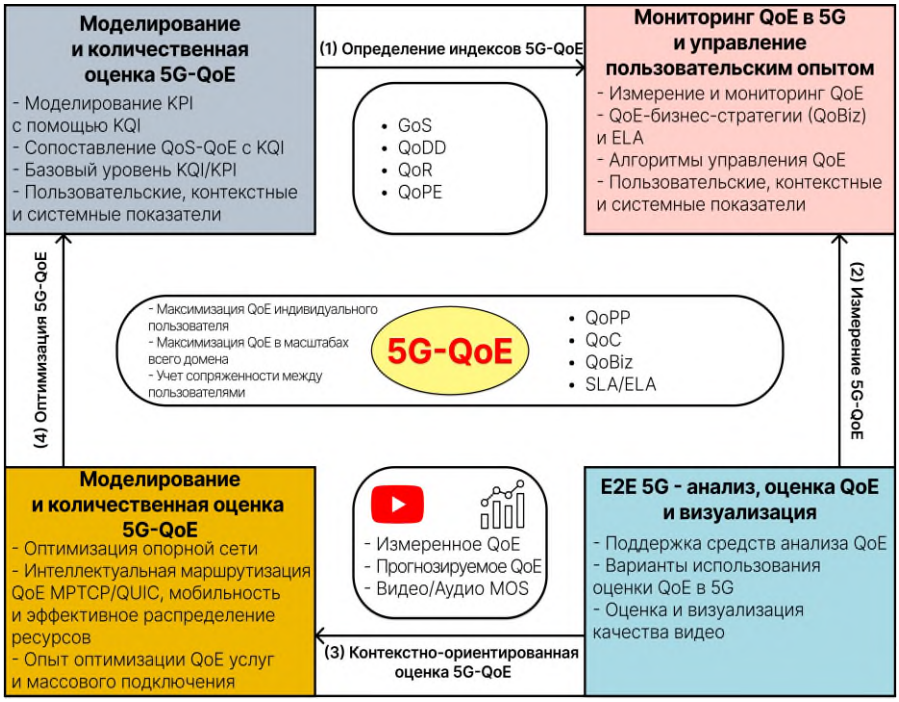


Рис. 1. Экосистема QoE в сетях 5G

Развитие сетей 6G направлено на удовлетворение передовых требований к связи и подключению, таких как сверхвысокая скорость передачи данных, низкая задержка и захватывающий опыт. Существующие сети 5G имеют ограничения по задержкам и скорости передачи данных. В результате отрасль переходит к сетям 6G.

В настоящее время изучается несколько проектов и технологий для сетей 6G. К ним относятся использование более высоких и нелицензируемых частотных диапазонов, искусственный интеллект (ИИ) для оптимизации, терагерцовая связь, лазерная связь, интеллектуальные антенны,

реконфигурируемые интеллектуальные поверхности, квантовая связь, а также самодвижущиеся 3D-архитектуры сетей [4].

Таким образом, повсеместное внедрение сетей 5G приведет к революционным изменениям во всех сферах жизни, повышению качества восприятия (QoE). Кроме того, архитектуры искусственного интеллекта и машинного обучения, вероятно, будут представлять собой фундаментальный компонент экосистемы 6G. Это будет означать переход к полностью ориентированной на человека архитектуре в сетях 6G, где терминалы конечных пользователей смогут принимать автономные сетевые решения с помощью интеллектуальных контроллеров.

Работа выполнена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 1022040500653-0 от 16.02.2023 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Agiwal M., Roy A., Saxena N. Next generation 5G wireless networks: A comprehensive survey [Электронный ресурс] // IEEE Communications Surveys & Tutorials. 2016. Vol. 18. N 3. pp. 1617–1655. URL: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7414384 (дата обращения 19.09.2023).

2. Yousaf F.Z., Bredel M., Schaller S., Schneider F. NFV And SDN-key technology enablers for 5G networks [Электронный ресурс] // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. 2017. Vol. 35. N 11. pp. 2468-2478. URL: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8060513 (дата обращения 23.09.2023).

3. Wang Y., Li P., Jiao L., Su Z., Cheng N., Shen X.S., Zhang P. A Data-Driven Architecture for Personalized QoE Management in 5G Wireless Networks [Электронный ресурс] // IEEE Wireless Communications. 2017. Vol. 24. N 1. pp. 102-110. URL: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7744780 (дата обращения 25.09.2023).

4. Saad W., Bennis M., Chen M. A vision of 6G wireless systems: Applications, trends, technologies, and open research problems [Электронный ресурс] // IEEE Network. 2020. Vol. 34. N 3. pp. 134-142. URL: https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8869705 (дата обращения 05.10.2023).

Muthanna A., Hasanova V.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

SDN, NFV and MEC for QoE-based multimedia services: the path to 6G networks.
Achieving performance metrics such as higher data rates, lower latency, higher capacity, lower cost, and satisfactory quality of experience (QoE) for the services provided are key to the success of 5G/6G networks. This paper discusses QoE management in future software-defined 5G/6G networks and presents a QoE ecosystem for streaming multimedia services. Potential software technologies to enhance QoE are described. Development directions in 6G networks are also described.

Key words: 5G, 6G, SDN, NFV, MEC, software-defined networking, cloud/peripheral computing, artificial intelligence, multimedia services, QoE, QoS, network management, ecosystem.

3.3 Мультисервисные телекоммуникационные системы и технологии

УДК 004.72
ГРНТИ 49.33.29

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГАРАНТИРОВАННОГО УРОВНЯ ЗАДЕРЖКИ В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ 5G И ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Д. Б. Апанасов, В. С. Елагин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современных промышленных сетях, а также мобильных сетях пятого поколения предъявляются высокие требования к обеспечиванию высокой пропускной способности, к предсказуемой сквозной задержке и к надежности передачи, включающей в себя гарантию доставки. В данной статье рассмотрены проблемы, с которыми можно столкнутся при разработке высокоскоростной беспроводной сети.

TSN, мобильная связь, интернет вещей, OWC, SD-Core

С увеличением сложности и объема производства в различных отраслях промышленности, информационные сети внутри предприятий сталкиваются с постоянно растущей нагрузкой. Этот рост нагрузки обусловлен не только увеличением количества устройств и оборудования, подключенных к сети, но и расширением функциональности, требующей высокоскоростного обмена данными.

Сети должны обеспечивать высокую пропускную способность для обработки больших объемов данных в реальном времени. Кроме того, важным является обеспечение надежности и стабильности передачи данных. Во многих промышленных сценариях даже незначительная задержка в передаче информации может привести к сбоям в производственных процессах и серьезным финансовым потерям.

Требования к связи в предприятиях и промышленности могут существенно отличаться от потребностей обычных пользователей. В то время как для обычных пользователей главными показателями являются скорость передачи данных и пропускная способность, необходимые для интернет-серфинга и потокового видео, требования в предприятиях и промышленных секторах зачастую выходят за рамки этих характеристик [1].

Сеть Time Sensitive Network или TSN представляет собой усовершенствование существующих стандартов Ethernet, что обеспечивает совместимость, экономическую эффективность и упрощенную инфраструктуру. TSN сети подходят для сетей как с критичным ко времени, так и с не критичным ко времени трафиком [1].

Гарантия доставки трафика, критичного ко времени, которая не нарушается передачей низкоприоритетного трафика, достигается благодаря таким функциям TSN, как Time-Aware Scheduler. Это механизм планирования, зависящий от времени, который гарантирует выполнение временных требований для критичного ко времени трафика. Так же существуют иные распределения трафика, такие как Credit-Based Shapers, а также упреждение трафика, обеспечивают более эффективное использование сети.

ТАБЛИЦА 1. Кадр Ethernet включающий тег IEEE 802.1Q

Преамбула	SFD	MAC приемника	MAC источника	Заголовок 802.1 Q	Тип кадра / Размер	Полезная нагрузка	CRC/ FCS	Межкадровый интервал
7 байт	1 байт	6 байт	6 байт	4 байта	2 байта	42-1500 байт	4 байта	12 байт

Стандарты TSN можно рассматривать как "набор инструментов", из которого можно выбирать инструменты в зависимости от сценария сети, основного уровня связи и требований к конкретному случаю использования. Несколько инструментов TSN были расширены с проводных (Ethernet на основе IEEE 802.3) на беспроводные среды, включая IEEE 802.11 (Wi-Fi) и 5G. Синхронизация времени на основе обобщенного протокола точного времени 802.1AS (gPTP) и планирование на основе стандарта IEEE 802.1Qbv были основными функциями, реализованными в беспроводных сетях Wi-Fi. Основное преимущество этих функций - это ограниченная низкая задержка, которую можно достичь, когда планировщик трафика, учитывающий время, применяется ко всем устройствам в сети, синхронизированным с одним и тем же эталонным временем, чтобы создать защищенные (временные) окна для временно-чувствительного трафика. Опорное время генерирует устройство TSN, после чего данная информация передается к остальным устройствам. На рис. 1.1 показано как между узлами сети распределяется временная синхронизация по протоколу gPTP. Порт CM- Clock Master, порт CS- Clock Slave.

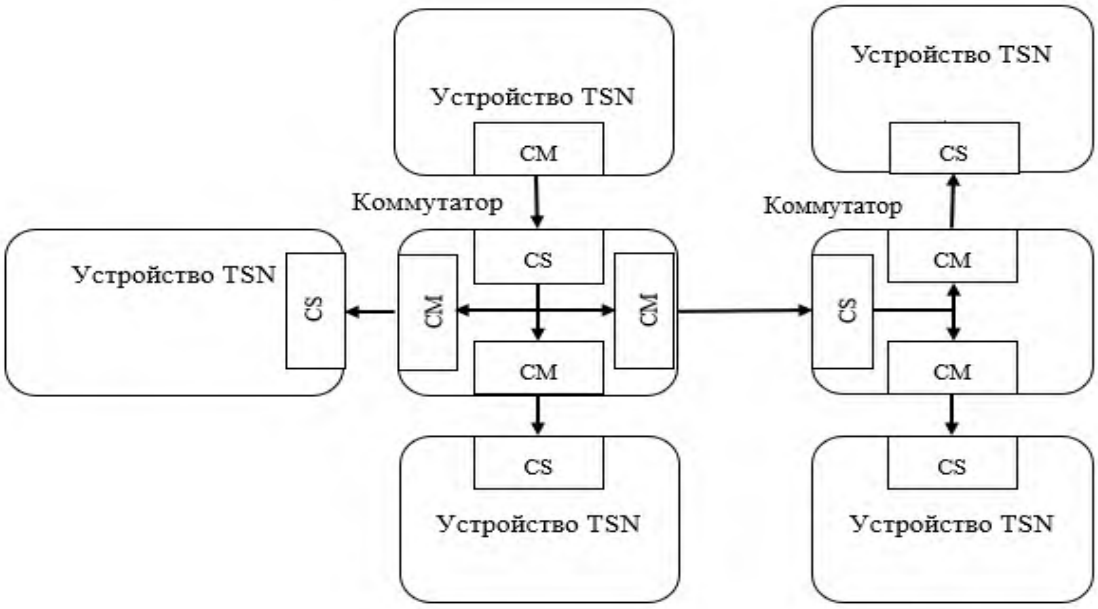


Рис. 1.1. Временная синхронизация при использовании протокола gPTP

Технология URLLC была впервые введена в 5G NR для поддержки новых приложений, таких как дополненная и виртуальная реальность, промышленная автоматизация и автономные транспортные средства. Эти приложения требуют строгой надежности и задержки для передачи одного пакета (10^{-5} для 32 байтов с задержкой пользовательского плана 1 мс).

Релиз 15 5G NR предоставил основу для функционала URLLC с некоторыми особенностями, такими как гибкий интервал поднесущих, схема передачи на основе подслотов, новый индикатор качества канала, таблица модуляции и кодирования спектра и настройка передачи с автоматическими повторениями. Релиз 16 5G NR дополнительно улучшил функционал URLLC и повысил надежность и задержку системы в пределах 10^{-6} и задержки 0.5 - 1 мс для поддержки промышленных применений Интернета вещей.

Улучшения включали в себя расширенные возможности мониторинга физического канала, новый формат информации управления, повторение пакетов на физическом уровне общего канала на основе подслотов, улучшенный мобильный широкополосный доступ и интермультиплексирование URLLC между устройствами с обнаружением ошибок и улучшенным управлением мощностью.

В реализации TSN на основе беспроводных сетей возникают некоторые сложности, которые необходимы учитывать. При использовании в промышленности автономных роботов или иных манипуляторов, которые могут перемещатся из зоны действия одного приемо-передающего устройства (базовой станции или Wi-Fi маршрутизатора) возникает проблема роуминга [1].

При перемещении в зону действия другой радиостанции необходимо так же перестроить маршрутизацию. Для этого необходимо определить момент выхода из зоны действия передающей станции. При подключении к другой

базовой станции необходимо инициировать процедуру подключения к новой станции, что может включать в себя обмен служебной информацией, такой как авторизация, обмен ключами. До окончания этой процедуры, кадрам необходимо ожидать в очереди. После установления соединения с новой точкой доступа необходимо реорганизовать маршруты пакетов. При этом пакеты, которые доставились до предыдущей базовой станции могут быть потеряны. Для предотвращения потери этих пакетов есть возможность организовать подключение к нескольким базовым станциям по разным радиоканалам, что не будет оказывать влияние на передачу пакетов.

Непрерывно растёт количество устройств конечных пользователей, которые подключаются к IoT, в следствии чего постоянно генерируется большой объём данных в сети IoT. Сети интернета вещей предъявляют некоторые требования к информационной сети такие как: стоимость устройств, стоимость развертывания, энергоэффективность, безопасность и конфиденциальность, ограничения по числу поддерживаемых устройств. Технология OWS позволяет нивелировать эти проблемы. Optical wireless communications (OWC) – это форма оптической связи, в которой для передачи сигнала используются видимое, ультрафиолетовое и инфракрасное излучения [2]. Сеть IoT позволяет в режиме реального времени коммутировать различные системы с целым рядом социальных, промышленных и бизнес приложений.

Технология OWC может играть важную роль в зондировании, мониторинге и совместном использовании ресурсов в сетях IoT с массовым подключением устройств. Основное преимущество OWC заключается в том, что оптическая связь соответствует требованиям низкого энергопотребления и высокой безопасности, что крайне важно при создании сетей интернета вещей.

Выделение ресурсов для конкретного канала в сочетании с формированием очереди трафика может предотвратить потерю пакетов из-за перегрузки в проводной сети (например, Ethernet). Тем не менее, даже в таком сценарии поток, требующий точной временной синхронизации, может быть нарушен, если происходит сбой в сети (например, сбой узла или соединения), что приводит к потере пакетов. Для защиты от сбоев в сети в TSN с использованием избыточных путей, IEEE 802.1CB описывает метод, называемый Frame Replication and Elimination for Reliability (FRER). FRER работает путем отправки нескольких копий каждого Ethernet-фрейма по максимально непересекающимся фиксированным сетевым путям. FRER также определяет механизм устранения, который позволяет отбрасывать избыточные пакеты, рассматривая порядковый номер пакетов. Репликация и устранение фреймов могут выполняться как на конечных узлах, так и на ретрансляционных узлах (промежуточных Ethernet-коммутаторах) в зависимости от структуры сети и требований к надежности [4].

Функционал репликации кадров FRER (Frame Replication and Elimination for Reliability) в рамках стандарта 802.1CB через две Wi-Fi 6 радиосистемы обеспечивает два отдельных пути передачи данных, которые могут работать одновременно. Точки доступа должны поддерживать возможности двух радиосистем. Развертывание AP должно быть спланировано соответствующим образом, чтобы обеспечить надежное покрытие в любом месте внутри производственного помещения, учитывая планирование частот и покрытие для избыточных соединений. Как только функционал репликации кадров TSN активирован, пакеты приложения всегда дублируются через разнесенные соединения [3]. В любой момент времени для роуминга используется только одно соединение, по мере перемещения STA, при этом избыточное соединение поддерживает передачу данных с текущей точкой доступа. Как только роуминг завершен и установлено соединение, другое соединение также может переключиться на новую точку доступа. По мере перемещения AMR и уменьшения уровня сигнала с точкой доступа, начинается роуминг в одном из радиоканалов к другой точке доступа. при этом поддерживается одно соединение данных с предыдущей точкой доступа. Функция избыточности TSN поддерживает непрерывный поток пакетов на протяжении всего процесса, и даже если одно из соединений прерывается/теряется в одном из каналов, избыточный пакет все равно может достичь сервера [5].

Для высокоуровнего управления сетью, состоящей из множества устройств на предприятии или в сети разработан проект с открытым исходным кодом SD-Core, целью которого является «создание сквозного периферийного облака 5G с открытым исходным кодом в виде программируемой, поддающейся проверке сети с замкнутым контуром управления, позволяющей проводить исследования и демонстрацию новых концепций»[6].

SD-Core включает несколько функций уровня пользователя (UPF), которые служат для преобразования трафика в IP-трафик. Эти UPF обеспечивают реализацию различных приложений, таких как дополненная реальность (AR) и синхронизация роботов. Однако для достижения оптимальной эффективности UPF должны быть размещены близко к периферийным приложениям. Взаимодействуя вместе, UPF продолжают расширять возможности 5G [6].

В данной статье были рассмотрены проблемы, с которыми можно столкнутся при решении задачи беспроводной коммунникации с гарнтиями доставки кадров и гарантиями уровня задержек. Решения данных проблем помогут использовать сети беспроводного доступа, такие как 5G, 5G, Wi-Fi в индустриальных коммуникациях.

***Источник финансирования**: публикация подготовлена в рамках прикладных научный исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.*

Список используемых источников:

1. Popovski P, Chiariotti F., Huang K., Kalor A. «A Perspective on Time towards Wireless 6G» // Proceedings of the IEEE 110(8):1-31
2. Обухов С.А., Елагин В.С. Роль оптических беспроводных технологий связи в сетях 5G, 6G // Информационные технологии и телекоммуникации. 2022. Т.10. №6. С. 14-24
3. «Understanding 5G & Time Critical Services» // A 5G Americas whitepaper URL: https://www.5gamericas.org/understanding-5g-time-critical-services/
4. Sudhakaran, S. Ali I., Eisen M., Perez-Ramirez J., Frascolla V., Cavalcanti D., «Zero-Delay Roaming for Mobile Robots enabled by Wireless TSN Redundancy» https://zenodo.org/records/7704730
5. Satka Z., Ashjaei M., Fotouhi H., Daneshtalab M. “A comprehensive systematic review of integration of time sensitive networking and 5G communication”// Journal of Systems Architecture
6. ТУРАЕВ С.М., ЕЛАГИН В.С. Особенности интеграции мобильной сети 5G на примере проекта SD-CORE и SD-FABRIC // Информационные технологии и телекоммуникации. 2022 Т.10. №1. С 45-56

Apanasov D., Elagin V.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Technological aspects of providing a guaranteed level of delay in 5g wireless networks and the internet of things.

Modern industrial networks, as well as fifth-generation mobile networks, place high demands on high throughput, predictable end-to-end latency and transmission reliability, including delivery guarantee. This article discusses the problems that may be encountered when developing a high-speed wireless network.

Key words: TSN, mobile communications, Internet of things, OWC, SD-Core.

УДК 004.622
ГРНТИ 83.77.31

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПРЕДОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ПОДГОТОВКА МНОГОМЕРНОГО ОБУЧАЮЩЕГО МАССИВА ДЛЯ АЛГОРИТМОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ МЕТОДЫ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И НЕЙРОННЫЕ СЕТИ.

В. Н. Бабич, Р. И. Пупцев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Методы машинного обучения и нейронные сети для выполнения своих задач требуют подготовленные данные, которые в абсолютном большинстве случаев сильно отличаются от исходных. В связи с этим необходимо разработать алгоритм предобработки данных, позволяющий в качестве результата получать качественный обучающий массив, соответствующий всем параметрам для правильной и эффективной работы методов машинного обучения и нейронных сетей.

машинное обучение, нейронные сети, предобработка, обучающий массив данных

Введение. В условиях Арктики применение алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей актуально во многих сферах деятельности. Их используют для: прогноза ледовой обстановки в морях Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) и оптимизации маршрутов судов; прогноза лавинной опасности и схода лавин [1]; борьбы с ННН-рыболовством (незаконное, неподотчетное и неконтролируемое рыболовство) и пиратством; эксплуатации беспилотных авиационных систем в условиях Арктики и Крайнего севера [2] и т.д. Помимо интереса коммерческих организаций, задачи, касающиеся инновационной разработки, также исходят из «Арктической стратегии 2035», подписанной Президентом Российской Федерации в 2020 году.

Из всего списка применения машинного обучения и нейронных сетей можно выделить сферы, направленные на сохранение здоровья и жизни людей. Сокращения несчастных случаев (НС) среди местных жителей и гостей региона в результате стихийных бедствий одна из таких сфер. Проблемы использования автоматизированных средств прогнозирования стихийных бедствий представлены в статье [5].

При этом методы машинного обучения и нейронные сети, а также автоматизированные алгоритмы прогнозирования как частный случай, требуют для работы структурированные, нормализованные и однородные данные. Редкий случай, когда исходный материал обладает хотя бы одним из предложенных свойств. Такой формат либо вообще не пригоден для работы с алгоритмами прогнозирования, либо значительно снижает качество их работы, что безусловно является актуальной проблемой во всех отраслях, использующих методы машинного обучения и нейронные сети.

Описание массива исходных данных. Исходные данные делились на 2 группы. Первая из которых содержала файлы наблюдений погоды, а вторая – наблюдений за лавинной активностью.

Первая группа файлов имела 14 параметров, характеризующих погодные условия, наблюдаемые на конкретных метеостанциях. Количество наблюдений всей группы составляет 7752 строки, которые собирались в зимние сезоны с 2017 по 2022 год. Данные были предоставлены ГЛС «Айкуайвенчорр», расположенной на одноименной горе на высоте 1050 метров над уровнем моря. Вторая группа содержала 29 параметров и состояла из набора характеристик, описывающих конкретный лавинный инцидент. Количество наблюдений этой группы составляло 565 строк, которые собирались в сезоны с 2017 по 2019 год. Сбор данных производился сотрудниками лавинных служб горного региона Хибины.

План предобработки и описание проблем. Полученные файлы, заполняемые вручную, пришли из разных источников и отражают разные стороны предсказываемого явления. В связи с этим на разных этапах обработки данных придется столкнуться с такими проблемами, как: ошибки, связанные с человеческим фактором; наличие параметров, мало влияющих на модель; неоднородность данных; несогласованность данных; пропуски в данных; отсутствие нормализации; наличие категориальных типов данных; отсутствие подготовленного параметра интеграции данных.

Исходя из необходимости решения определенных проблем и опираясь на типовой алгоритм [4], процесс предобработки данных будет состоять из начальной обработки, трансформации, интеграции и завершающей обработки. Данные этапы будут выполняться по предложенному порядку и состоят из конкретных задач (рис. 1).

Рис. 1. Схема алгоритма подготовки данных

Начальная обработка и очистка данных. Данный этап проводится отдельно с каждым массивом и мало поддается автоматизации. Первым шагом будет преобразование иерархических имен параметров в простые и их форматирование по шаблону для удобства использования в дальнейшем. В разговоре со специалистами, имеющими отношение к созданию массива, определяется смысловая нагрузка каждого параметра и его важность для прогноза. Удаляются строки, имеющие большое количество пропусков, а также строки с повторяющимися данными. В этом этапе также проходит

поверхностная проверка на опечатки методом определения допустимых значений параметра и проверкой его уникальных значений. Визуализация параметров (pandas серий) на данном этапе позволяет легко выявить грубые ошибки или аномалии, подлежащие исправлению или удалению.

Трансформация данных. В процессе трансформации меняется как вид представления данных, так и сама размерность массива. Первой задачей трансформации является преобразование категориальных данных в количественные, иначе используемые в будущем модели прогноза не смогут принять подготовленный массив данных. Для решения этой проблемы используется метод «one hot encoding». Параметры, характеризующие время и дату, всегда подлежат отдельной обработке. Необходимо добавить столбец в формате «timestamp», потому что именно такой формат часто единственный воспринимается нейронными сетями.

Задача существенно усложняется, когда ручной формат занесения даты сильно отличается от стандартного. Время в каталоге лавин зафиксировано в виде промежутков вероятного схода, исключением являются только точное время намеренного подрыва на склонах. Эти промежутки имеют свою уникальную классификацию, но категорически не подходят к интеграции с погодными данными и использованию в алгоритмах прогнозирования. Опережая события, необходимо сказать, что массив погодных данных является набором признаков (features), а каталог лавин – набором возможных параметров для прогнозирования. В связи с этим каталог лавин должен присоединиться к массиву погодных данных. Объединение возможно произвести только по времени, а значит уникальный формат в каталоге лавин должен преобразоваться в стандартный, используемый в массиве погодных данных.

Еще одним важным пунктом является согласование данных. Различные используемые источники могут пересекаться по предоставляемым параметрам, или в процессе обработки может выясниться, что полезная информация, дублируется в наборе атрибутов массива данных. Такие случаи часто встречаются, а наличие дублирования вызывает повышенное влияние на модель и способно искажать получаемый результат.

Интеграция данных. Первой задачей в интеграции данных предстоит определить параметр, на основе которого будет происходить объединение. Данные с предоставленных источников имеют возможность интеграции только по времени. Способов объединения существует множество, однако выбор производился из числа основных, изображенных на рис. 2.

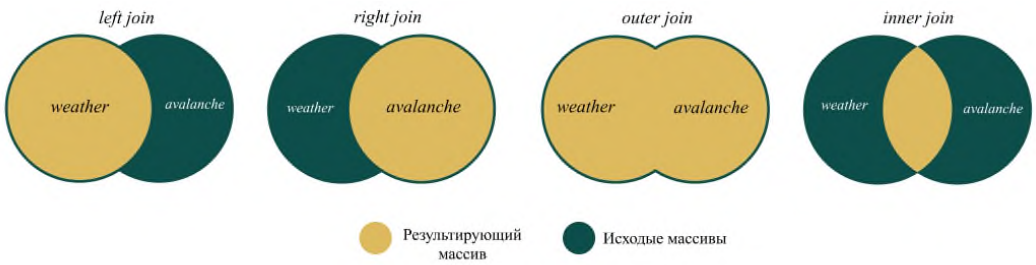


Рис. 2. Основные способы интеграции массивов данных

Был выбран метод «left join», суть которого заключается в присоединении к основному массиву данных с другого массива по совпадению параметра интеграции. В настоящем исследовании основным массивом является массивы погодных данных, к которому «джойнится» массив каталога лавин.

Завершающая обработка. Интеграция ведет к возрастания пропусков во временных рядах, что является критической проблемой. Поэтому устранение неполноты временного ряда является обязательной задачей. Ввиду специфики полученного массива данных пропуски образовались там, где отсутствуют лавины, но наблюдения погоды собирались. Отсутствие лавины определяет нулевые значения всем параметрам лавины, что является удачей, так как реализация такого заполнения проста.

Далее следует нормализация данных. Существует множество способов нормализации, однако в настоящем процессе будет использоваться z-нормализация, математически описываемая в статье [5]. Данный метод справляется с корректной нормализацией пиковых значений параметров и приводит все значения к единому масштабу для улучшения работы алгоритмов прогнозирования. Проверка массива на возможные ошибки в процессе обработки также обязательна.

Результатом работы стал подготовленный массив данных, состоящий из 37 параметров и имеющий 3303 строки. Категориальные типы данных и неинформативные параметры в массиве отсутствуют. Числовые данные прошли требуемые преобразования и проверки, в результате которых извлекалась необходимая информация и приобретался вид, который поможет добиться максимальной результативности от моделей машинного обучения. Проведена большая нетривиальная работа по интеграции массивов. Обобщая результаты, можно сделать вывод о высокой готовности данных к этапу работы с алгоритмами прогнозирования.

Вывод. По окончании всех этапов предобработки данных получается массив полезной информации, называемый обучающим и приведенный к стандартному виду для последующей его работы с методами машинного обучения и нейронными сетями. У каждой модели и нейронной сети есть свои требования для работы, но используемый вариант подходит под большинство без необходимости дополнительной обработки. Формирование и описание этапов предобработки как важнейшего процесса в сферах применения машинного обучения и нейронных сетей было целью данного исследования, которую удалось выполнить в полном объеме; как и создание самого обучающего массива для продолжения исследования.

В данной статье были рассмотрены только 2 источника данных. При этом есть и другие, позволяющие обогатить обучающий массив, такие как: космоснимки, данные шурфов, прогнозы метеопараметров в открытых источниках, дополнительная информация от экспертов и т.д. Очевидно, что бóльшая степень осведомленности о предсказываемом событии и ее

разносторонность повысят результаты прогнозов, а согласование формы заполнения данных со специалистами, собирающими данные вручную и специалистами, отвечающими за автоматизированные методы сбора, помогут избежать ряда проблем при обработке. Поэтому следующим этапом исследование можно назвать обогащения массива другими источниками данных и формирование определенной формы получения данных от специалистов, готовых сотрудничать.

Источник финансирования: Научная статья подготовлена в рамках прикладных научный исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Пупцев Р.И. Разработка программно-аппаратного комплекса для применения в области прогнозирования лавинной опасности // Материалы V Байкальской международной научной конференции - стратегической сессии. 2023. С. 183-191
2. Федотовских А.В. Применение искусственных нейронных сетей для эксплуатации беспилотных авиационных систем в арктической зоне РФ // Россия: тенденции и перспективы развития. 2021. С. 416-424.
3. Пупцев Р.И. Разработка системы автоматизированного составления прогноза лавинной опасности, с применением современных икт и аппарата нейрокогнитивных архитектур. [Электронный ресурс] // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2023. N 4(3). С 244–254. URL: https://doi.org/10.34753/HS.2022.4.3.244.
4. Wencheng Sun. Data Processing and Text Mining Technologies on Electronic Medical Records: A Review [Электронный ресурс] // Journal of Healthcare Engineering. 2018. URL: https://doi.org/10.1155/2018/4302425.
5. Старовойтов В.В. Нормализация данных в машинном обучении [Электронный ресурс] // Информатика. 2021. Т. 18, N 3. С. 83–96. URL: https://doi.org/10.37661/1816-0301-2021-18-3-83-96.
6. Елагин В.С., Владыко А.Г., Пупцев Р.И. Окунева Д.В. Искусственный интеллект. Прикладные аспекты применения нейронных сетей в системах управления инфокоммуникациями. ГОУВПО СПбГУТ. СПб, 2020.

Babich V., Pupcev R.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Development of a data preprocessing methodology and preparation of a multidimensional training dataset for prediction algorithms using machine learning methods and neural networks. Machine learning methods and neural networks require prepared data to perform their tasks, which often differ significantly from the original data. Therefore, it is necessary to develop a data preprocessing algorithm that can generate a high-quality training dataset, meeting all the parameters for the proper and efficient functioning of machine learning methods and neural networks.

Key words: machine learning, neural networks, preprocessing, training dataset.

УДК 512.624.5
ГРНТИ 27.17.27

ГЕНЕРАТОРЫ М-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Н. С. Баталин, Д. С. Кукунин, С. В. Подайко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Данная работа исследует особенности построения последовательностей максимальной длины, которые в настоящее время считаются основными представителями шумоподобных сигналов. Благодаря своим уникальным свойствам, этот вид кодовых комбинаций способен не только имитировать воздействие аддитивного белого гауссовского шума на информацию в канале связи, но и решать множество полезных задач.

М-последовательность, генератор ПСП поле Галуа

Основные области применения последовательностей максимальной длины, М-последовательностей или ПСП (псевдослучайных последовательностей):

- расширение спектра сигнала [1 – 5];
- синхронизация [6 – 9];
- скремблирование [10].

В зависимости от применяемого метода расширение спектра при помощи прямой последовательности (DSSS – Direct Sequence Spread Spectrum) реализуется кодами Баркера, Уолша, Голда, Касами или, например, теми же М-последовательностями. Данный подход к формированию широкополосных сигналов применяется сегодня, прежде всего, в таких областях, как беспроводная связь и спутниковая навигация.

Технология DSSS способствует также развитию целого направления, связанного с ортогональным множественным доступом, и позволяет организовать кодовое разделение каналов (CDMA – Code Division Multiple Access) [11, 12].

Проблема цикловой синхронизации актуальна на сегодняшний день как для синхронных, так и асинхронных систем связи и также достаточно эффективно может быть решена при помощи последовательностей максимальной длины [13, 14].

Отдельно стоит отметить направление, связанное с защитой информации, которое предполагает использование М-последовательностей в качестве скремблирующих кодовых комбинаций. Этот простейший способ шифрования данных обладает существенным преимуществом перед громоздкими криптографическими системами, использующими сложные математические алгоритмы с общим ключом.

В любом случае, актуальность применения последовательностей максимальной длины достаточно велика, в связи с чем будет целесообразно провести анализ способов их построения.

Двоичная классическая М-последовательность представляет собой циклически замкнутую кодовую комбинацию, которая подчиняется условию рекуррентности [13, 14]:

$$S_i = p_1 S_{i-1} + p_2 S_{i-2} + \ldots + p_{k-1} S_{i-k+1} + p_k S_{i-k}; \quad p_i \in GF(2), \tag{1}$$

где $[i \pmod{(2^k-1)}] \geq k$.

При этом коэффициенты p_i в равенстве (1) относятся к характеристическому полиному вида:

$$P(x) = x^k + p_1 x^{k-1} + p_2 x^{k-2} + \ldots + p_{k-1} x + p_k; \quad p_i \in GF(2). \tag{2}$$

Многочлена (2) вполне достаточно для построения простейшего генератора ПСП на основе рекуррентного регистра сдвига с вынесенными сумматорами (рис. 1) [14].

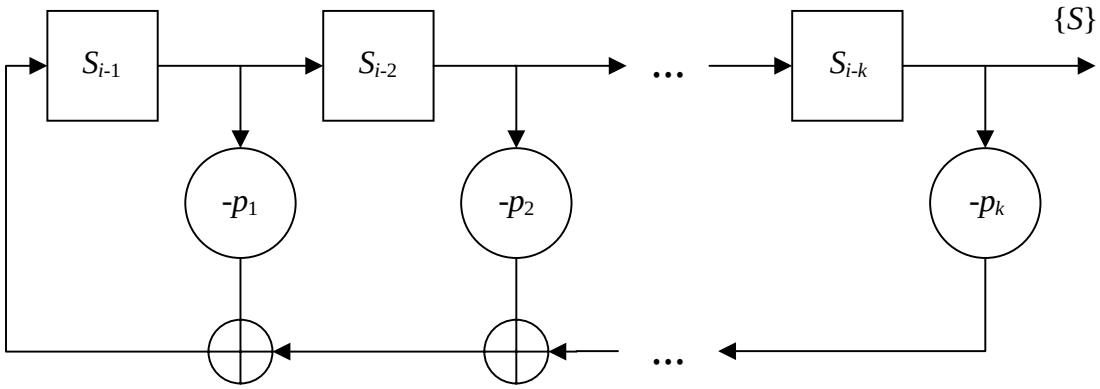


Рис. 1. Общий вид генератора ПСП на основе рекуррентного регистра сдвига с вынесенными сумматорами

В случае использования конкретного характеристического многочлена генератор приобретает следующий вид (рис. 2) [14].

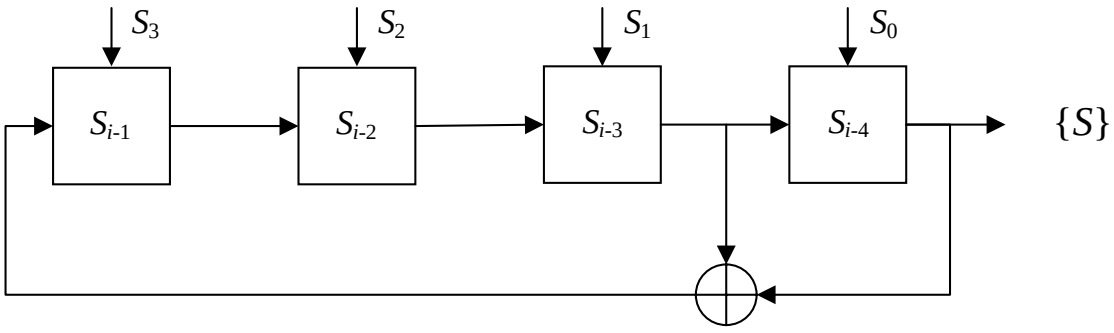


Рис. 2. Генератор ПСП на основе рекуррентного регистра сдвига с вынесенными сумматорами для $P(x)=x^4+x+1$

Последовательность максимальной длины с произвольной фазой, построенная при помощи такого генератора (рис. 2), будет иметь вид:

$\{S\}$= (000100110101111).

Двоичная последовательность максимальной длины может быть также построена на основе функции след от элемента поля Галуа [13, 14]:

$$S_0S_1S_2S_3\ldots S_{2^k-2} = T(1)T(\varepsilon)T(\varepsilon^2)T(\varepsilon^3)\ldots T(\varepsilon^{2^k-2}), \quad (3)$$

где функция след определяется как сумма [13, 14]:

$$T(\varepsilon^i) = \sum_{j=0}^{k-1}\left(\varepsilon^i\right)^{2^j} = \varepsilon^i + \left(\varepsilon^i\right)^2 + \left(\varepsilon^i\right)^{2^2} + \ldots + \left(\varepsilon^i\right)^{2^{k-1}}. \quad (4)$$

Вычислить функцию (4) от подряд идущих элементов поля Галуа и построить последовательность (3) можно с помощью генератора ПСП, схема которого включает в себя генератор поля Галуа и вычислитель функции след от вектора того же поля (рис. 3) [14]. Они позволяют установить в ячейках данного генератора вектор поля, выполняющий роль начальной фазы.

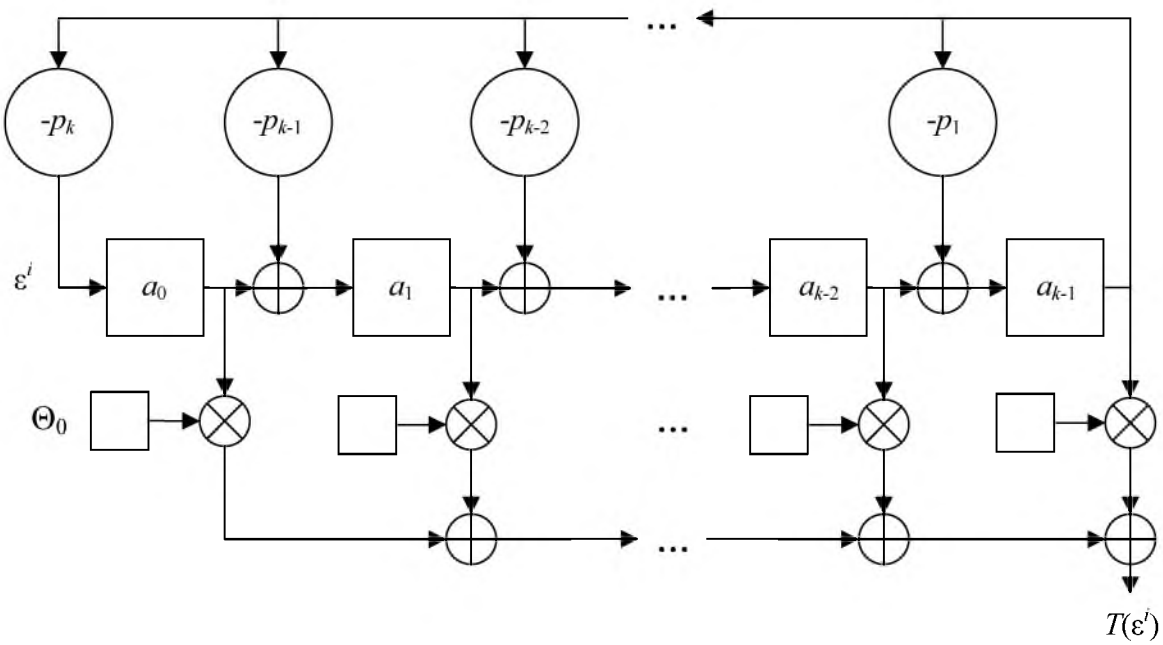


Рис. 3. Общий вид генератора ПСП на основе модульного регистра сдвига

Согласно схеме генератора (рис. 3) справедливо выражение:

$$T(\varepsilon^i) = (a_0a_1a_2\ldots a_{k-1})\Theta_0, \quad (5)$$

где Θ_0 – начальный столбец матрицы Θ, которая будет иметь вид:

$$\Theta = \begin{bmatrix} 1 \\ \varepsilon \\ \varepsilon^2 \\ \varepsilon^3 \\ \vdots \\ \varepsilon^{k-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ \varepsilon^2 \\ \varepsilon^4 \\ \varepsilon^6 \\ \vdots \\ \varepsilon^{2(k-1)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ \varepsilon^4 \\ \varepsilon^8 \\ \varepsilon^{12} \\ \vdots \\ \varepsilon^{4(k-1)} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ \varepsilon^8 \\ \varepsilon^{16} \\ \varepsilon^{24} \\ \vdots \\ \varepsilon^{8(k-1)} \end{bmatrix} + \ldots + \begin{bmatrix} 1 \\ \varepsilon^{2^{k-1}} \\ \varepsilon^{2\times 2^{k-1}} \\ \varepsilon^{3\times 2^{k-1}} \\ \vdots \\ \varepsilon^{2^{k-1}(k-1)} \end{bmatrix}, \quad (6)$$

Таким образом, для построения последовательности максимальной длины при помощи генератора поля на основе модульного регистра сдвига потребуется дополнительно вычислить вектор Θ_0.

Как было показано в данной работе, последовательности максимальной длины могут быть построены различными способами. Первый из рассмотренных вариантов генератора ПСП на основе модульного регистра сдвига использует только неприводимый примитивный многочлен из разложения полиномов деления круга. Такой способ построения ПСП является наиболее простым, однако обладает существенным недостатком. Здесь отсутствует возможность задания начальной фазы ПСП, то есть элемента поля Галуа, который ее порождает. Для некоторых задач это особенно важно.

Второй вариант генератора ПСП на основе модульного регистра сдвига, наоборот, задает начальную фазу. Но требует дополнительного вычисления специального вектора, который при умножении на последовательные элементы поля в итоге оперативно сформирует последовательность максимальной длины.

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Когновицкий О.С. Широкополосные сигналы данных с расширением спектра прямой последовательностью и их характеристика // Труды учебных заведений связи. 2016. Т. 2. № 1. С. 82-89.

2. Владимиров С.С., Когновицкий О.С. Широкополосные сигналы данных с расширением спектра прямой троичной М-последовательностью и их характеристика // Труды учебных заведений связи. 2017. Т. 3. № 3. С. 28-36.

3. Khudhair A. Y., Abd Khalid R. A. Reduction of the Noise Effect to Detect the DSSS Signal using the Artificial Neural Network // 2021 1st Babylon International Conference on Information Technology and Science (BICITS), 2021. P. 185-188.

4. Dmitriyev E.M., Rogozhnikov E.V., Movchan A.K. Spread spectrum technology research and its application in power line communication systems // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2020. Т. 14. № 10. С. 45-52.

5. Visan D.A., Jurian M., Lita I. Direct Sequence Spread Spectrum Communication Module for Efficient Wireless Sensor Networks // 2019 11th International Conference on Electronics Computers and Artificial Intelligence (ECAI), 2019. P. 1-4.

6. Когновицкий, О.С. Патент RU2621181C1. Российская Федерация, МПК H03M 13/15, H04L 7/02. Способ цикловой синхронизации с динамической адресацией получателя / О.С. Когновицкий, С.С. Владимиров, Д.С. Кукунин, Д.Я. Лапшов. – № 2016121944; заявл. 02.06.2016; опубл. 31.05.2017.

7. Kukunin, D. Phasing in Asynchronous Data Transmission System using M-sequences / D. Kukunin, A. Berezkin, R. Kirichek, I. Panteleimonov // ICFNDS 2021: The 5th International Conference on Future Networks & Distributed Systems. – 2021. – PP. 516-521.

8. Kukunin, D. Asynchronous Address System Using Code Division Based on Maximum Length Sequences / D. Kukunin, A. Berezkin, R. Kirichek // 2022 International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT), Astrakhan, Russian Federation. – 2022. – PP. 1-7.

9. Кукунин, Д.С. Асинхронная передача данных с использованием многослойных ортогональных структур в системах с кодовым разделением каналов / Д.С. Кукунин, А.А. Березкин, Р.В. Киричек, К.А. Елисеева // Электросвязь. – 2023. – №1. – С. 26-35.

10. Власов Е.Г. Конечные поля в телекоммуникационных приложениях. Теория и применение FEC, CRC и М-последовательностей: практическое пособие. / Е.Г. Власов. – Москва: ИНФРА-М, 2022. – 285 с.

11. Бабков В.Ю., Никитин А.Н., Осенний К.Н., Сиверс М.А. Системы связи с кодовым разделением каналов. СПб.: TPMADA, 2003. 239 с.

12. Кукунин Д.С., Березкин А.А., Киричек Р.В. Использование фантомных каналов в качестве катализаторов усиления ортогональных свойств М-последовательностей в системе с кодовым разделением каналов // Труды Научно-исследовательского института радио. 2022. № 1. С. 37-47.

13. Когновицкий О.С. Двойственный базис и его применение в телекоммуникациях / [монография] / О.С. Когновицкий. – СПб: Линк, 2009.

14. Кукунин Д.С. Перспективы использования рекуррентных последовательностей в современной телекоммуникационной среде [монография] / Д.С. Кукунин, О.С. Когновицкий, А.А. Березкин, Р.В. Киричек; СПбГУТ. – СПб., 2023. – 289 с.

Batalin N., Kukunin D., Podaiko S.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

M-sequence generators.

This work explores the features of constructing sequences of maximum length, which are currently considered the main representatives of noise-like signals. Due to its unique properties, this type of code combinations is able not only to simulate the effect of additive white Gaussian noise on information in the communication channel, but also to solve many useful tasks.

Keywords: M-sequence, the generator of the PSP Galois field.

УДК 629.056.8
ГРНТИ 89.29.65

ПРИМЕНЕНИЯ КОДОВ ГОЛДА И КАСАМИ В СИСТЕМАХ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Н. С. Баталин, Д. С. Кукунин, С. В. Подайко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной статье проводится анализ использования кодов Голда и Касами в системах спутниковой навигации. Методика исследования включает описание структуры и свойств кодов, их генерации и специфики применения. Также рассматривается возможность комбинирования кодов с другими методами расширения спектра для получения лучших результатов позиционирования.

спутниковая навигация, точность позиционирования, коды Голда, коды Касами

В настоящее время спутниковая навигация является неотъемлемой частью повседневной жизни современного человека. С помощью спутниковой навигации можно определять местоположение, планировать маршруты и получать информацию о дорожной ситуации в режиме реального времени. Однако, как и любая другая технология, спутниковая навигация имеет свои ограничения и обладает рядом проблем, которые могут снизить ее эффективность.

Одной из основных проблем спутниковой навигации является влияние множества факторов, таких как геометрия расположения спутников, атмосферные условия, многолучевое распространение сигнала. Эти факторы могут привести к снижению точности и надежности определения местоположения приемника [1]. Для решения этой проблемы было разработано множество технологий. Одна из основных таких технологий связана с использованием специальных последовательностей Голда.

Коды Голда (также известные как Голдовские коды или псевдослучайные последовательности) были разработаны в 1960-х годах американским инженером Робертом Голдом. Они представляют собой специально созданные двоичные последовательности, которые используются для модуляции сигнала в системах спутниковой навигации. Коды Голда обладают рядом уникальных свойств, которые делают их особенно эффективными для получения отличных результатов в системах спутниковой навигации [2].

Одним из основных преимуществ кодов Голда является их низкая взаимная корреляция, которая позволяет снизить последствия эффекта многолучевого распространения сигнала и повысить надежность определения местоположения объекта.

Еще одним преимуществом кодов Голда является их уникальность. Каждый спутник навигационной системы использует свой собственный код Голда, что позволяет различать сигналы от разных спутников и уменьшить вероятность ошибки при определении местоположения. Кроме того, коды Голда обладают свойством периодичности, что позволяет повторять сигналы в течение длительного времени без искажений.

На рисунке 1 представлена схема формирования кодов Голда. Последовательность Голда получена сложением по mod 2 двух псевдослучайных последовательностей, образуемых регистрами сдвига с линейной обратной связью одинаковой длины.

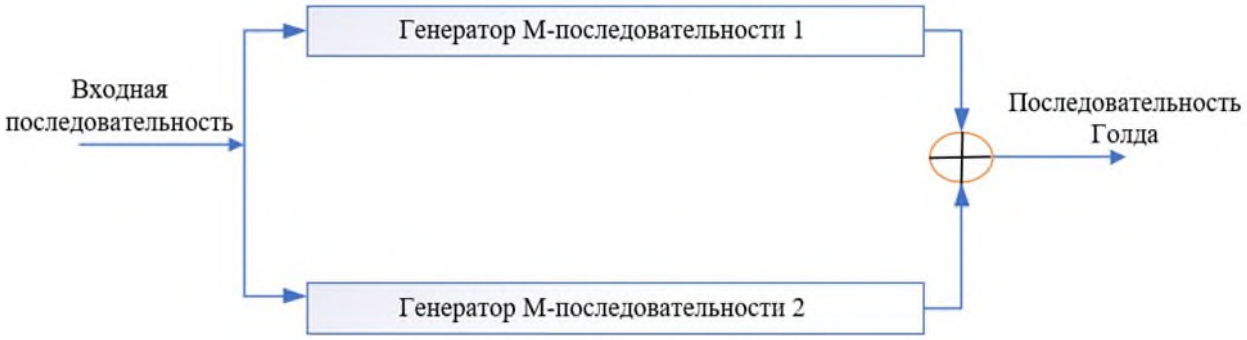


Рис. 1. Схема формирования кодов Голда

Использование кодов Голда также позволяет увеличить дальность передачи сигнала и обеспечить его прием в условиях низкой мощности [3]. Это особенно важно для спутниковой навигации, так как сигналы должны быть переданы на большие расстояния и приняты приемниками с низкой чувствительностью.

Однако, несмотря на все преимущества, использование кодов Голда имеет и свои недостатки. Один из них заключается в сложности процесса генерации кодов. Для создания уникальных последовательностей бит требуется большое количество вычислений, что может затруднить процесс производства и повысить стоимость устройств.

Тем не менее, использование кодов Голда является на сегодняшний день является ключевой технологией в системах спутниковой навигации. Современные системы спутниковой навигации, такие как GPS, ГЛОНАСС и Galileo, все используют коды Голда в своих системах передачи сигнала [4].

Весомой альтернативой кодам Голда для решения задач спутниковой навигации можно считать коды Касами (C/A – Coarse/Acquisition), которые были разработаны в 1970-х годах для использования в системе GPS (Global Positioning System). Они представляют собой двоичные последовательности, которые используются для модуляции навигационного сигнала, передаваемого от спутника к приемнику на земле. При этом каждый спутник

имеет свой уникальный код Касами, который позволяет приемнику идентифицировать и различать сигналы от разных спутников.

Основной принцип работы кодов Касами заключается в том, что они представляют собой последовательности бит с определенным периодом повторения. Этот период повторения называется кодовым периодом и для GPS составляет 1 миллисекунду. Приемник на земле сравнивает принятый сигнал с этими последовательностями бит и находит точку совпадения, что позволяет вычислить задержку сигнала и определить расстояние до спутника [5].

Использование кодов Касами позволяет улучшить качество спутниковой навигации за счет ряда факторов:

- Низкая степень взаимной корреляции, как и в случае с кодами Голда, позволяет уменьшить влияние эффекта многолучевого распространения сигнала. Это достигается за счет того, что коды Касами имеют большую длину, по сравнению с обычными кодами, используемыми для модуляции сигнала. В результате приемник может точно определить момент прихода сигнала и отфильтровать помехи, вызванные многолучевым распространением.
- Большое число спутников, с которыми может одновременно работать приемник. Это достигается за счет того, что каждый спутник имеет свой уникальный код Касами.

Кроме того, использование кодов Касами позволяет улучшить точность определения местоположения. Благодаря большой длине кодового периода, приемник может получить более точную информацию о задержке сигнала и, следовательно, о расстоянии до спутника.

Применение кодов Касами также позволяет улучшить надежность спутниковой навигации. В случае, если один из спутников выходит из строя или не может быть захвачен приемником, остальные спутники смогут продолжать передавать сигналы, благодаря использованию различных кодов Касами [6]. Это позволяет сохранить работоспособность системы навигации даже при отказе одного или нескольких спутников.

Таким образом, коды Голда и Касами достаточно эффективно решают задачи спутниковой навигации. Коды Касами позволят уменьшить влияние многолучевого распространения сигнала, увеличить количество одновременно отслеживаемых спутников, повысить точность и надежность определения местоположения. С развитием технологий и появлением новых систем спутниковой навигации, использование кодов Касами будет продолжать играть важную роль в системах подобного типа.

Коды Голда, в свою очередь, обладают низкой взаимной корреляцией, уникальностью и периодичностью сигналов, что также обеспечивает эффективность процесса определения местоположения приемника. Несмотря

на некоторые ограничения, коды Голда продолжают развиваться и совершенствоваться.

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Кузнецов В.С., Шевченко И.В., Волков А.С., Солодков А.В. Генерация ансамблей кодов Голда для систем прямого расширения спектра // Труды МАИ. Вып. № 96. 18с

2. Гайворонский Д. В., Азин Л. В. Оценка помехи множественного доступа сигналов ГЛОНАСС нового поколения. / Гайворонский Д. В., Азин Л. В. [Текст] // Системы телекоммуникации, устройства передачи, приема и обработки сигналов. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В. И. Ульянова (Ленина), 2013. — С. 11 - 15.

3. Богданов А.С., Шевцов В.А. Определение местоположения и управление в современных сетях подвижной радиосвязи // Труды МАИ. 2010. № 40. URL: http://trudymai.ru/published.php?ID=22874

4. Баринов В.В., Лебедев М.В., Кузнецов В.С. Анализ корреляционных характеристик расширяющих ансамблей // Электросвязь. 2006. № 3. С. 38-39.

5. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. 4-е изд. М.: Радиотехника, 2010. 800 с.

6. Анализ совместимости новых сигналов ГЛОНАСС с существующими и модернизированными навигационными сигналами / С. Б. Болошин, Д. В. Гайворонский, В. П. Ипатов и др. // Изв. вузов России. Радиоэлектроника. 2009. Вып. 6. С. 56–65.

Batalin N., Kukunin D., Podaiko S.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The use of Gold and Kasami codes in satellite navigation systems to improve the accuracy and reliability of positioning.

This article analyzes the use of Gold and Kasami codes in satellite navigation systems. The research methodology includes a description of the structure and properties of codes, their generation and application specifics. The possibility of combining codes with other spectrum extension methods to obtain better positioning results is also being considered.

Keywords: satellite navigation, positioning accuracy, Gold codes, Kasami codes.

УДК 621.396
ГРНТИ 49.33.29

РАСШИРЕНИЕ СПЕКТРА СИГНАЛА ПРИ ПОМОЩИ КОДОВ ГОЛДА

Н. С. Баталин, Д. С. Кукунин, С. В. Подайко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире передача данных играет важную роль в повседневной жизни, охватывая области общения, работы и развлечений. Однако с ростом объема передаваемой информации возникают проблемы с качеством и скоростью передачи данных. Для решения этих проблем используются различные методы, включая расширение спектра сигнала при помощи прямых последовательностей. Применение кодов Голда и Чебышева позволяет увеличить полосу частот передаваемого сигнала, что в конечном итоге обеспечивает возможность передачи большего объема информации в единицу времени.

спектр прямой последовательности, коды Голда, кодирование

Введение

Одним из способов повысить эффективность использования цифровых каналов связи является применение более широких частотных диапазонов. Однако использование высоких частот может привести к ухудшению качества сигнала и увеличению помех.

Отметим также существование методов компрессии, которые способствуют увеличеню пропускной способности каналов связи, обеспечивая оптимизацию протоколов передачи данных. Например, можно использовать определенные методы сжатия, чтобы уменьшить объем передаваемых данных, или более эффективные алгоритмы кодирования и декодирования.

Также возможно использование более продвинутых технологий связи, разработанных на базе Wi-Fi или Bluetooth, которые обеспечивают большую скорость передачи данных. Однако такие технологии потребляют больше энергии, что может быть недостаточно эффективным при работе с некоторыми приложениями, требующих длительной работы от батарей [1].

Применение кодов Голда для расширения спектра

Наиболее популярным на сегодняшний день способом расширения спектра прямой последовательностью является использование кодов Голда. Коды Голда применяются для создания расширенного спектра путем умножения исходной информационной последовательности на набор комплексных чисел, известных как последовательность Голда [2].

Коды Голда имеют низкий уровень взаимной корреляции между последовательностями в ансамбле, что позволяет использовать их для

разделения пользователей в системах связи [3]. Максимальное количество пользователей в системе зависит от количества последовательностей в кодовом ансамбле. Коды Голда широко применяются в различных областях и являются эффективным методом обработки сигналов [4].

Для формирования кода Голда используют две последовательности, полученные при помощи схем на основе регистра сдвига с линейной обратной связью, построенных, в свою очередь, на основе примитивных полиномов.

Полученные новые последовательности имеют более широкий спектр и могут использоваться для улучшения качества передачи данных, а также разделения пользователей на одной частоте. Схема генератора кода Голда отображена на рисунке 1.

Рис.1. Схема работы кодов Голда

Существуют как минимум два алгоритма построения минимаксного ансамбля апериодических кодов Голда. Рассмотрим их и определим, какой является более перспективным.

Процедура построения минимаксного ансамбля состоит из следующих операций:

– формирование ансамблей кодов Голда;

– выбор из множества ансамблей Голда лучшего на основе алгоритма двухкритериального выбора [5].

Для построения ансамбля кодов Голда в соответствии с методом Голда выбирают пары образующих М-последовательностей на основе свойств полиномов. Каждой М-последовательности длины $N=2^n-1$ соответствует свой примитивный полином степени n. Отметим, что для генерации кодов Голда выбирают предпочтительные пары М-последовательностей, которые в итоге обеспечивают низкую взаимную корреляцию.

Для создания ансамбля Голда используются коды с низким уровнем взаимной корреляции между последовательностями, что позволяет разделять пользователей в системах связи. Максимальное количество пользователей зависит от количества последовательностей в ансамбле [6].

Алгоритм поиска кодов Голда заключается в том, что определяются все примитивные полиномы степени n, которые образуют М-последовательности, затем каждую из полученных М-последовательностей децимируют коэффициентами децимации q. Из полученных после децимации М-последовательностей с помощью алгоритма Берлекэмпа–Мэсси находят порождающие их полиномы, потом исключают зеркальные копии полученных пар полиномов. Оставшиеся пары и являются предпочтительными парами.

Для получения коэффициента децимации используется существующая между корнями некоторых примитивных полиномов связь: корни одного полинома являются q-ми степенями корней другого полинома, причем число q – взаимно простое с N. Тогда М-последовательность, порождаемая полиномом, может быть образована выборкой каждого q-го элемента из М-последовательности. [7]

Таким образом, для создания всех возможных последовательностей Голда можно использовать различные методы, такие как децимация М-последовательности и алгоритм Берлекэмпа-Мэсси. Эти методы позволяют находить примитивные полиномы с помощью функции Эйлера и создавать новые последовательности с более широким спектром, что улучшает качество передачи данных. Например, для создания предпочтительных пар М-последовательностей на примере последовательности длиной 127, порождаемой примитивным полиномом степени 7, можно использовать 18 примитивных полиномов, соответствующих взаимно-обратным М-последовательностям. По данной степени полиномов n определяются все возможные ансамбли кодов Голда. А выбор лучшего по минимаксному критерию ансамбля Голда является задачей двухкритериального дискретного выбора.

Применение кодов Голда для задач множественного доступа

В технологии 3-го поколения WCDMA специфицированы три типа кодов Голда: первичный и вторичный ортогональные коды Голда (оба длиной 256 бит) и длинный код.

Ортогональные коды Голда имеют хорошие корреляционные свойства и позволяют достичь высокой помехозащищенности при передаче данных. Применение данных кодов Голда для расширения спектра сигнала прямой последовательностью позволяет увеличить пропускную способность системы связи и повысить эффективность использования спектральных ресурсов. Дальнейшие исследования в этой области могут привести к разработке более

эффективных методов расширения спектра сигнала и улучшению качества беспроводной связи.

Система связи на базе WCDMA работает асинхронно, поэтому каждая базовая станция использует свой собственный код Голда. Всего имеется 512 различных кодов, которые повторяются каждые 10 мс. Это позволяет базовым станциям работать независимо от внешних источников синхронизации.

В системе связи на базе WCDMA, длинный код Голда используется для расширения спектра сигнала в прямом канале. Это позволяет увеличить пропускную способность системы и эффективность использования спектральных ресурсов. Длинный код состоит из фрагментов кода Голда длиной 40 960 чипов.

В обратном канале также предполагается использование длинного кода Голда, но только в тех сотах, где не задействован режим многопользовательского детектирования. Это означает, что в сотах, где не происходит одновременная передача данных от нескольких пользователей, можно использовать длинный код для повышения помехозащищенности и улучшения качества беспроводной связи.

Заключение

Методы расширения спектра прямой последовательностью основаны на использовании длинных последовательностей, которые генерируются по определенному алгоритму. Эти последовательности добавляются к исходному сигналу, что позволяет расширить его спектр.

Коды Голда используются в различных областях, таких как спутниковая навигация, связь и телевидение. Они позволяют увеличить ширину спектра сигнала и обеспечить более надежную передачу данных.

М-последовательности также применяются в широкополосных системах связи. Они имеет хорошие корреляционные свойства и позволяют увеличить ширину спектра сигнала, обеспечив более надежную передачу данных.

В целом, методы расширения спектра позволяют более точно анализировать частотный состав сигнала. Они используются в различных областях, таких как связь, телевидение, спутниковая навигация и медицина. Расширенный спектр сигнала позволяет увидеть дополнительные гармонические составляющие звука, что может быть полезно для более точной диагностики и оценки качества звука и не только.

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Федосенко М. Ю., Доборович Д. О. Использование технологии беспроводного доступа wi-fi и криптографических алгоритмов в процессе идентификации

робототехнических систем. [Текст] / М. Ю. Федосенко, Д. О. Доборович // «Экономика и качество систем связи». — 2022. — № 4. — С. 11-20.

2. Владимиров С. С., Когновицкий О. С. Широкополосные сигналы данных с расширением спектра прямой троичной м-последовательностью и их характеристика. [Текст] / С. С. Владимиров, О. С. Когновицкий // Труды учебных заведений связи. — 2017. — № 3. — С. 28 - 36.

3. Коберниченко, В. Г. Основы цифровой обработки сигналов.: учеб. пособие /в. г. В.Г. Коберниченко; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, урал. федер. ун-т. — Екатеринбург: изд-во урал. ун-та, 2018 — 150 с.

4. Кузнецов В. С., Шевченко И. В., Волков А. С., Солодков А. В. Генерация ансамблей кодов Голда для систем прямого расширения спектра. [Текст] / В. С. Кузнецов, И. В. Шевченко, А. С. Волков, А. В. Солодков // Труды МАИ. — 2022. — № 96.

5. Gutkin L. S. Optimizatsiya radioelektronnykh ustroistv po sovokupnosti pokazatelei kachestva [RadioElectronic Devices Optimization According to a Set of Quality Parameters]. /L. S. Gutkin // Sovetskoe radio — Moscow; 1975 — 368 с.

6. Зубарев В. Ю., Пономаренко Б. В., Шанин Е. Г., Вострецов А. Г. Построение минимаксных ансамблей апериодических кодов Голда. [Текст] / В. Ю. Зубарев, Б. В. Пономаренко, Е. Г. Шанин, А. Г. Вострецов // Известия вузов России. Радиоэлектроника. — 2020. — № 2. — С. 26 - 37

7. Berlekamp E. R. Algebraic Coding Theory. [Текст] / E. R. Berlekamp— Revised Edition. — Singapore: Singapore: World Scientific, 2015 — 502 с.

Batalin N., Kukunin D., Podaiko S.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Signal spectrum expansion using Gold codes.

In today's world, data transmission plays an important role in everyday life, covering the areas of communication, work and entertainment. However, with the increase in the volume of transmitted information, problems arise with the quality and speed of data transmission. Various methods are used to solve these problems, including extending the signal spectrum using direct sequences. The use of Gold and Chebyshev codes makes it possible to increase the frequency band of the transmitted signal, which ultimately makes it possible to transmit more information per unit of time.

Keywords: direct sequence spectrum, Gold codes, coding.

УДК 621.376
ГРНТИ 49.43.29

РОЛЬ М-ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ В ЗАДАЧАХ РАСШИРЕНИЯ СПЕКТРА СИГНАЛА

Н. С. Баталин, Д. С. Кукунин, С. В. Подайко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной статье рассмотрена технология расширения спектра сигнала методом прямой последовательности, где в качестве инструмента выступают последовательности максимальной длины. Такой подход к реализации процедуры широкополосной модуляции позволяет повысить качество передачи данных.

ПСП, М-последовательность, модуляция

Наиболее технологичным методом расширения спектра сигнала на сегодняшний день является метод прямой последовательности (DSSS – direct sequence spread spectrum), который принято называть широкополосной модуляцией.

Данный метод решает задачу повышения помехоустойчивости сигнала, обеспечивает его энергетическую совместимость в полосе используемых частот, а также создает условия для сокрытия в эфире [1].

Самым популярным средством расширения спектра на сегодняшний день является последовательность максимальной длины или М-последовательность, которая обладает рядом уникальных свойств [1, 2].

Последовательности максимальной длины относятся к категории псевдослучайных. В литературе именно их чаще всего приравнивают к ПСП (псевдослучайные последовательности) или ШПС (шумоподобные сигналы). Стоит отметить некоторые важные свойства, которые в последствии определят область их применения:

- каждая М-последовательность формирует все остальные М-последовательности из общего ансамбля путем циклического сдвига вправо или влево;
- М-последовательности являются кодовыми комбинациями эквидистантного циклического кода, при этом кодовое расстояние Хэмминга между ними будет одинаковым: $D_{min}=2^{k-1}$;
- взаимная корреляция между любыми двумя ПСП с периодом N из общего ансамбля равна значению АКФ (автокорреляционной функции) любой из них и определяется формулой: $\rho(t)=1/N$;
- в силу предыдущего свойства ПСП квазиортогональны, так как при большом значении N взаимная корреляция будет стремиться к нулю, как это видно из графика АКФ ПСП (рис. 1) [1].

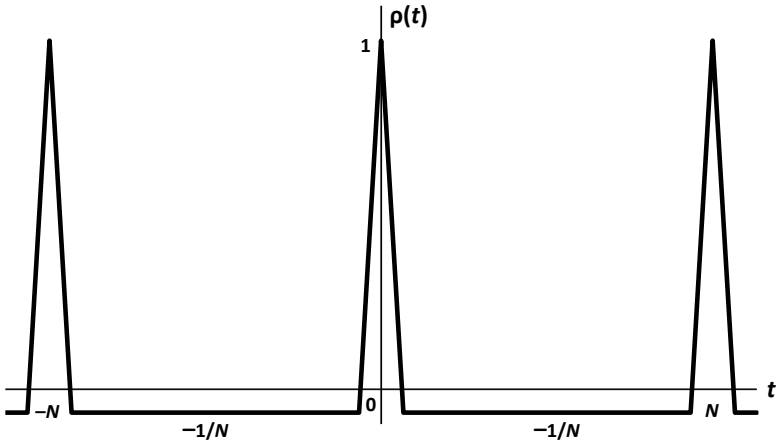


Рис. 1. АКФ для ПСП с периодом N

Приведенные выше свойства должны обеспечить построение помехоустойчивой системы передачи данных, которая будет сочетать в себе процедуру расширения спектра сигнала и некоторый способ модуляции, например фазовой. Одним из вариантов такой системы является ФМ-ШПС (рис. 2) [3].

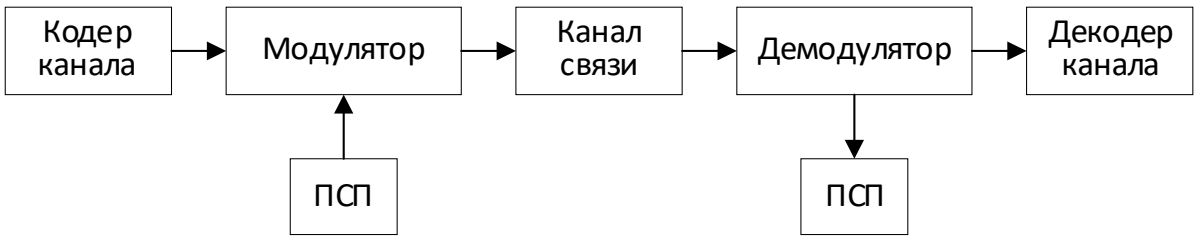


Рис. 2. Система связи на основе ФМ-ШПС

Из рис. 2 следует, что ПСП вводится модулятором, а затем исключается демодулятором. При этом на вход модулятора со стороны кодера канала должна быть подана информационная модулирующая последовательность, которую можно представить некоторой функцией $q(t)$. В этом случае узкополосный сигнал будет иметь вид [3]:

$$u(t) = U\cos[\omega t + \varphi_q(t)], \quad (1)$$

где $\varphi_q(t)$ – начальная фаза, которая была промодулирована функцией $q(t)$.

Шумоподобный сигнал, заданный функцией $d(t)$, преобразует (1) в следующий вид [3]:

$$u(t) = U\cos[\omega t + \varphi_q(t) + \varphi_d(t)], \quad (2)$$

где $\varphi_d(t)$ – компонент начальной фазы, полученный в следствие модуляции сигнала функцией $d(t)$.

Равенство (2) принято считать двоичной балансной фазовой модуляцией [3]. В итоге, с учетом (1) и (2), полученный сигнал будет иметь вид [3]:

$$u(t) = d(t)U\cos[\omega t + \varphi_q(t)]. \quad (3)$$

Равенство (3) равнозначно умножению узкополосного сигнала на функцию $d(t)$ (рис. 3) [1].

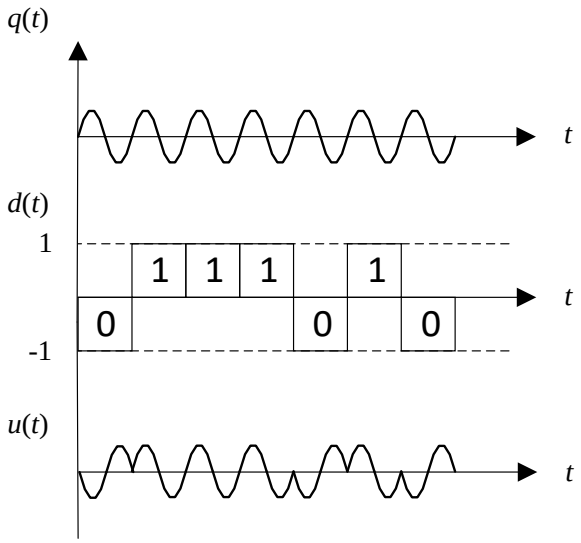


Рис. 3. Формирование широкополосного сигнала для ФМ-ШПС

В качестве сигнала $d(t)$ на рис. 3 используется двоичная М-последовательность (0111010) с периодом N=7. В процессе фазовой манипуляции она приводится к биполярному виду с заменой элемента «0» на «–1». При этом выражение для узкополосного сигнала (рис. 3), можно записать в виде [3]:

$$u(t) = q(t)d(t)U\cos\omega t. \quad (4)$$

Формула (4) подразумевает перемножение функций $q(t)$ и $d(t)$, после этого производится балансная модуляция несущего колебания (рис. 4).

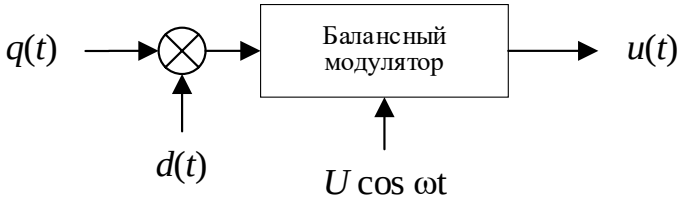


Рис. 4. Схема модулятора для ФМ-ШПС

Отметим, что представленные на рис. 3 функции $q(t)$ и $d(t)$ имеют одну длительность T_s, а их единичные элементы длительности T_q и T_d,

соответственно. В данном случае (рис. 3) $T_q=T_d=T_s/N$, где N – число двоичных разрядов $d(t)$. Таким образом, значения функций на произвольном интервале времени i будут определяться следующим образом [1]:

$$\begin{aligned} q_i(t) &= (2q_i - 1)I(t - iT_q); \\ d_i(t) &= (2d_i - 1)I(t - iT_d), \end{aligned} \tag{5}$$

где q_i и d_i – символы на i-м интервале, а $I(t)$ – прямоугольный импульс единичной амплитуды и длительности T_q или T_d.

Представим ситуацию для (5), когда возникает условие:

$$T_q = T_d N_d . \tag{6}$$

Такое условие (6) означает, что за время передачи одного информационного разряда T_q будет передано N_d разрядов ПСП. В этом случае база сигнала будет определяться как [3]:

$$B = \frac{T_q}{T_d} = \frac{1/V_q}{1/F} = \frac{F}{V_q} = FT_q . \tag{7}$$

Параметры V_q и F в выражении (7) определяют информационную скорость и полосу частот широкополосного сигнала. База сигнала B характеризует степень расширения этой полосы. Поэтому для получения действительно сложного широкополосного сигнала в модуляторе (рис. 4) произведение $q(t)$ и $d(t)$ должно вычисляться для каждого разряда q_i на $d(t)$.

Модулятор (рис. 4) может быть также реализован на основе формулы:

$$c_j = q_i \oplus d_j, \quad j = 1 \ldots N_d . \tag{8}$$

Каждый двоичный информационный разряд q_i функции $q(t)$ в выражении (8) суммируется со всеми двоичными разрядами d_j функции $d(t)$.

Процедура (8) приводит к тому, что информационный нуль заменяется прямой ПСП, а информационная единица – инверсной.

Статья анализирует возможности применения последовательностей максимальной длины при организации процедуры широкополосной модуляции. Подробно описано совместное использование шумоподобных сигналов и фазовой модуляции.

Технология расширения спектра при помощи прямой последовательности является достаточно эффективным инструментом

современных систем передачи данных и находит широкое применение для решения различного рода задач [4 – 6].

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Кукунин Д.С. Перспективы использования рекуррентных последовательностей в современной телекоммуникационной среде [монография] / Д.С. Кукунин, О.С. Когновицкий, А.А. Березкин, Р.В. Киричек; СПбГУТ. – СПб., 2023. – 289 с.
2. Когновицкий О.С. Двойственный базис и его применение в телекоммуникациях / [монография] / О.С. Когновицкий. – СПб: Линк, 2009.
3. Деев В.В. Методы модуляции и кодирования в современных системах связи / В.В. Деев. – Санкт-Петербург: Наука, 2007. – 268 с.
4. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами / Л.Е. Варакин. – Москва: Радио и связь, 1985. – 384 с.
5. Кукунин Д.С. Использование фантомных каналов в качестве катализаторов усиления ортогональных свойств М-последовательностей в системе с кодовым разделением каналов / Д.С. Кукунин, А.А. Березкин, Р.В. Киричек // Труды Научно-исследовательского института радио. – 2022. – №1. – С. 37-47.
6. *Когновицкий, О.С.* Широкополосные сигналы данных с расширением спектра прямой последовательностью и их характеристика / О.С. Когновицкий // Труды учебных заведений связи. – 2016. – Т. 2, № 1. – С. 82-89.

Batalin N., Kukunin D., Podaiko S.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The role of m-sequences in the problems of signal spectrum expansion.

In this article, the technology of signal spectrum expansion by the direct sequence method is considered, where sequences of maximum length act as a tool. This approach to the implementation of the broadband modulation procedure makes it possible to improve the quality of data transmission.

Key words: PSP, M-sequence, modulation.

УДК 621.376
ГРНТИ 49.43.29

СПОСОБЫ РАСШИРЕНИЯ СПЕКТРА ПРЯМОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬЮ

Н. С. Баталин, Д. С. Кукунин, С. В. Подайко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной работе рассматриваются способы расширения спектра сигнала, в частности, акцент сделан на широкополосной модуляции при помощи прямых последовательностей. Использование такой технологии подразумевает применение различных кодовых конструкций, например, последовательностей Голда и Чебышева. Они обеспечивают эффективное увеличение полосы частотного спектра передаваемого сигнала.

широкополосная модуляция, DSSS, код Чебышева

Расширение спектра сигнала преследует следующие цели [1]:
- энергетическая эффективность;
- помехоустойчивость;
- скрытность в эфире.

Переход от узкополосного сигнала к широкополосному предполагает увеличение базы сигнала B во время его существования T и осуществляется за счет расширения используемого им диапазона частот F, согласно формуле $B=FT$. Визуально этот переход можно отобразить следующим образом (рис. 1).

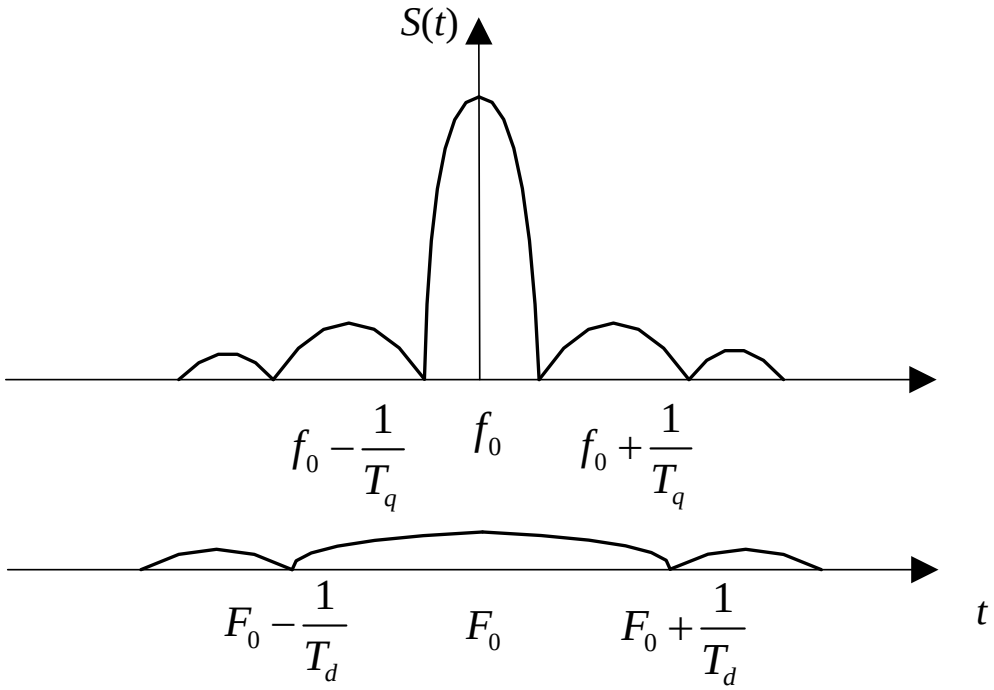


Рис. 1. Спектры узкополосного и широкополосного сигналов

Наиболее известные на сегодняшний день способы расширения спектра сигнала:

- линейная частотная модуляция (CSS – chirp spread spectrum);
- псевдослучайная перестройка рабочей частоты (FHSS – frequency-hopping spread spectrum);
- широкополосная модуляция или расширение спектра методом прямой последовательности (DSSS – direct sequence spread spectrum).

Особое место в этом списке занимает кодирование прямой последовательностью, которое является мощным инструментом при обработке сигналов. Эта технология предполагает использование различных кодовых конструкций, таких как последовательности максимальной длины, коды Баркера, Голда, Касами и Чебышева.

Так, например, коды Баркера находят широкое применение в беспроводных системах связи Wi-Fi (IEEE 802.11b/g/n) [2]. Данный метод основан на том, что передаваемый сигнал расширяется во времени путем добавления к нему псевдослучайной последовательности, которая имеет ширину спектра, превышающую ширину спектра передаваемого сигнала. Это позволяет уменьшить влияние помех и снизить вероятность ошибок при передаче данных. Для декодирования сигнала приемник также использует эту псевдослучайную последовательность, чтобы извлечь переданные данные из зашумленного сигнала.

Особое значение щирокополосная модуляция играет для систем, которые обеспечивают передачу видео и аудиоконтента, а также изображений высокого разрешения и других контейнеров, содержащих большой объем информации [3].

Расширение спектра используется для улучшения качества аудиозаписей, устранения шумов и искажений, а также для создания эффектов звукового пространства.

Кроме того, методы расширения спектра могут быть использованы при синтезе звука для создания новых звуков и эффектов. В целом, эти методы позволяют расширить возможности анализа и обработки звукового сигнала, что является важным инструментом во многих областях науки и техники.

Как было отмечено выше, расширение спектра прямой последовательностью является важным инструментом при обработке сигналов. Одним из вариантов реализации этой технологии является использование кодов Чебышева. Полученный в результате такого преобразования сигнал эффективно анализируется при помощи быстрого преобразования Фурье [4].

Коды Чебышева используются для создания расширенного спектра путем умножения исходной последовательности на набор комплексных чисел, известных как последовательность Чебышева (рис. 2).

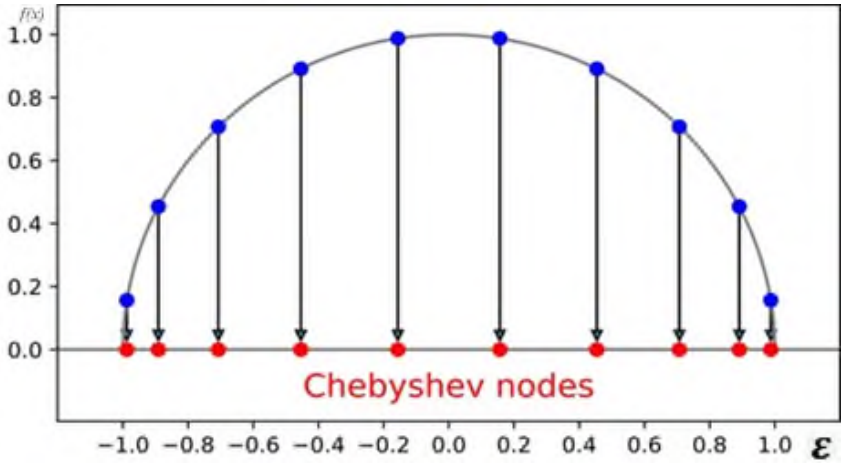


Рис. 2. Получение последовательности чисел Чебышева

Код Чебышева может использоваться для расширения спектра сигнала прямой последовательностью путем формирования квазиортогональных ПСП. Для этого двоичные символы заменяются на коэффициенты Чебышева, которые формируют последовательность комплексных чисел. Затем производится обратное дискретное преобразование Фурье, фильтрация и преобразование в аналоговые сигналы, которые умножаются на радиочастотные сигналы и складываются [5].

Данный метод может найти практическое применение в различных областях, связанных с анализом сигналов, и может быть дополнительно усовершенствован для уменьшения негативных эффектов [6].

Однако, как и любой метод обработки сигналов, применение кода Чебышева имеет свои недостатки. Увеличение размера и времени обработки сигнала может стать проблемой при работе с большими объемами данных [7]. Кроме того, возможное появление шумовых компонентов в расширенном спектре может привести к искажению результатов анализа сигнала. Несмотря на это, код Чебышева активно применяется при цифровой обработке сигналов, спектральном анализе, радиотехнике, телекоммуникациях и других областях, где требуется проводить анализ сигналов. Кроме того, код Чебышева может использоваться для компрессии данных с целью уменьшения объема передаваемой информации.

В целом, различные методы расширения спектра прямой последовательностью имеют свои преимущества и недостатки, и выбор конкретного метода зависит от требований инфокоммуникационной системы.

При выборе метода расширения спектра стоит учитывать уровень устойчивости, который определяет способность сигнала выдерживать искажения в канале (шумы, намеренные помехи, замирание сигнала и т. п.). Вероятность получения сигнала, несколько копий которого передаются на разных частотах, выше, чем в случае единичного сигнала, равного по мощности сумме всех копий. Чем выше разнесение сигнала (разнесенные во

времени множественные передачи на разных частотах), тем выше его устойчивость к случайным помехам.

Методы широкоплосной модуляции основаны на использовании специальных последовательностей, таких, например, как показанные в работе коды Чебышева, которые генерируются по определенному алгоритму. Эти последовательности добавляются к исходному сигналу и обеспечивают расширение его спектра.

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Кукунин Д.С. Перспективы использования рекуррентных последовательностей в современной телекоммуникационной среде [монография] / Д.С. Кукунин, О.С. Когновицкий, А.А. Березкин, Р.В. Киричек; СПбГУТ. – СПб., 2023. – 289 с.
2. Прасолов А. А. Обзор применения систем автоматической регулировки усиления в радиоприемных устройствах. / А. А. Прасолов [Текст] // Системы связи и информационной безопасности. — г. Санкт-Петербург:, 2021. — С. 45-57.
3. Летфуллин И. Р. Стандарты и технологии беспроводных сетей связи ближнего радиуса действия. [Текст] / И. Р. Летфуллин // Труды МАИ. — 2022.
4. Коробейников А. Г., Даурских А. Г., Павлова Н. В. Встраивание цифровых водяных знаков в аудиосигнал методом расширения спектра. [Текст] / А. Г. Коробейников, А. Г. Даурских, Н. В. Павлова // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. — 2009. — № 1(59). — С. 82- 87.
5. Владимиров С. С., Когновицкий О. С. Широкополосные сигналы данных с расширением спектра прямой троичной м-последовательностью и их характеристика. [Текст] / С. С. Владимиров, О. С. Когновицкий // Труды учебных заведений связи. — 2017. — № 3. — С. 28 - 36.
6. Коберниченко, В. Г. Основы цифровой обработки сигналов.: учеб. пособие /в. г. В.Г. Коберниченко; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, урал. федер. ун-т. — Екатеринбург: изд-во урал. ун-та, 2018 — 150 с.
7. Технологии расширения спектра / [Электронный ресурс] //: [сайт]. — URL: https://lektsii.org/9-33449.html.

Batalin N., Kukunin D., Podaiko S.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Methods of expanding the spectrum by direct sequence.

In this paper, we consider ways to expand the signal spectrum, in particular, the emphasis is placed on broadband modulation using direct sequences. The use of such technology implies the use of various code constructions, for example, the Gold and Chebyshev sequences. They provide an effective increase in the frequency spectrum bandwidth of the transmitted signal.

Key words: broadband modulation, DSSS, Chebyshev code.

УДК 004.7
ГРНТИ 49.33.29

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ГРАНИЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ MEC НА ОСНОВЕ SDN

А. Ю. Божедомов, Е. Е. Гончаров, В. С. Елагин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной статье рассматриваются две технологии: MEC и SDN, а также приводятся примеры основных алгоритмов и причин, по которым программно-определяемые сети (SDN) являются ключевым инструментом для развития мобильных пограничных вычислений (MEC) и почему необходимо более глубокое изучение приведенных алгоритмов.

SDN, MEC, алгоритмы, программно-определяемые сети, мобильные пограничные вычисления

Пограничные вычисления (MEC) и программно-определяемые сети (SDN) — это две взаимодополняющие технологии, которые в сочетании друг с другом предоставляют мощные возможности для изменения стратегий построения сетей, вычислений и хранения данных.

Пограничные вычисления - это модель, при которой вычисления и хранение данных приближаются к устройствам или конечным точкам, генерирующим данные, вместо того, чтобы производиться на централизированной платформе, находящейся на значительном расстоянии от оконечных устройств. Это уменьшает объем трафика данных, проходящего между центральным сервером и устройствами на границе сети, что снижает задержки и потребление полосы пропускания.

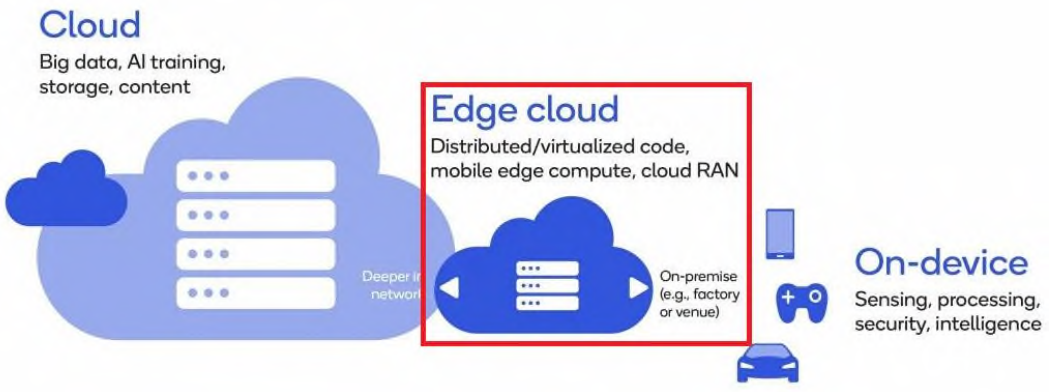


Рис. 1. Расположение MEC

Программно-определяемые сети (SDN) - это подход к построению сетей, при котором плоскость управления (принимающая решения о направлении трафика) отделена от плоскости данных (направляющей трафик к выбранному месту назначения). Такое разделение позволяет

администраторам осуществлять программируемый централизованный контроль над сетевым трафиком, не требуя физического доступа к аппаратным устройствам сети.

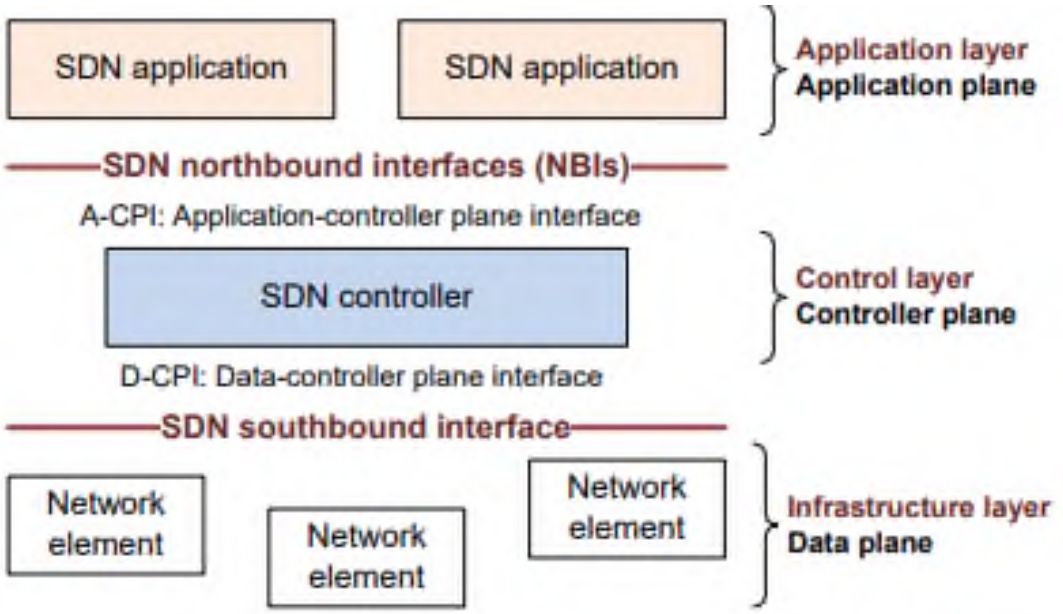


Рис. 2. Архитектура SDN

В сочетании пограничные вычисления и SDN позволяют создавать сети, которые одновременно являются высокораспределенными (благодаря пограничным вычислениям) и легко контролируемыми и управляемыми (благодаря SDN). SDN может использоваться для интеллектуального управления потоком данных в пограничных сетях, обеспечивая обработку данных как можно ближе к месту их генерации, что позволяет значительно сократить задержки. Такие возможности SDN, как программируемость, автоматизация и централизованное управление, становятся особенно полезными при управлении сложностями распределенной пограничной среды.

Программно-определяемые сети (SDN) могут стать ключевым инструментом развития мобильных пограничных вычислений (MEC) по целому ряду причин: гибкое управление сетью, масштабируемость автоматизация, улучшение качества обслуживания пользователей, нарезка и сегментация сети, управление жизненным циклом.

Благодаря SDN пограничные вычисления могут полностью раскрыть свой потенциал в плане низких задержек, высокой пропускной способности и доступа к сетевой информации в реальном времени. Это позволяет беспрепятственно и эффективно интегрировать пограничные вычисления в мобильные сети.

Алгоритмы на базе SDN предлагают решения для оптимизации вышеперечисленных аспектов. Они позволяют эффективно управлять

ресурсами, оптимизировать производительность сети, обеспечивать безопасность и повышать качество предоставляемых услуг.

Более детальное изучение алгоритмов необходимо, потому что существуют некоторые проблемы, такие как:

1. Алгоритм оптимизации задержки и пропускной способности.

Повышение производительности сети имеет решающее значение для эффективного предоставления услуг MEC. Однако одновременная оптимизация задержки и пропускной способности представляет собой сложную задачу, поскольку улучшение одного из них часто приводит к ухудшению другого. Например, сокращение длины маршрута (уменьшение задержки) может привести к перегрузке некоторых узлов, что приведет к снижению пропускной способности.

2. Алгоритм распределения и управления ресурсами.

При наличии множества гетерогенных устройств и приложений управление ресурсами и эффективное планирование задач для этих элементов может оказаться непростой задачей. Традиционные подходы к управлению ресурсами не всегда дают желаемые результаты в среде SDN-MEC. Необходимо использовать алгоритмы, которые решают задачу распределения вычислительных и сетевых ресурсов между различными устройствами, задачами или процессами в сети.

Некоторые популярные алгоритмы, используемые для этой цели, включают в себя «Round Robin», «First Come First Serve» и «Minimum Completion Time». В более сложных случаях использования можно использовать прогнозные модели на основе машинного обучения для эффективного распределения ресурсов на основе прошлых данных.

3. Алгоритмы балансировки нагрузки

Балансировка нагрузки имеет решающее значение в периферийных вычислениях. Его основная цель — распределить вычислительные задачи или сетевую нагрузку между несколькими узлами или ресурсами для оптимизации производительности системы, предотвращения перегрузки узлов и повышения оперативности и доступности.

Одним из распространенных алгоритмов балансировки нагрузки на основе SDN в периферийных вычислениях является метод взвешенного циклического обслуживания (WRR). Этот метод распределяет запросы на основе весов, назначенных каждому узлу. Веса можно динамически корректировать на основе текущей емкости узлов, задержки сети или других показателей производительности. Таким образом, он обеспечивает гибкое и адаптируемое решение по балансировке нагрузки с учетом динамических условий сети и мощности каждого узла.

Другой метод — метод наименьших связей. В этой стратегии новые запросы направляются на узел с наименьшим количеством активных соединений. Этот подход эффективен в ситуациях, когда все запросы

создают одинаковую нагрузку на сервер. Однако его эффективность снижается, если запросы различаются по ресурсоемкости.

В качестве альтернативы в периферийных вычислениях также можно использовать программно-определяемую сеть на основе алгоритма оптимизации роя частиц (SDN-PSO). Это интеллектуальный алгоритм балансировки нагрузки, который использует роевой интеллект для поиска оптимального пути для пакетов данных во избежание перегрузки сети. PSO может помочь в управлении динамичным и сложным характером сетей периферийных вычислений.

4. Алгоритмы сетевой маршрутизации

В сети маршрутизация — это процесс выбора наилучших путей для передачи сетевых пакетов от источника к месту назначения. В настройке SDN об этом заботятся сетевые контроллеры, которые централизуют решения о маршрутизации. Учитывая растущую сложность и динамичность современных сетей, эффективная маршрутизация становится критической задачей.

Одним из аспектов маршрутизации, особенно актуальным для контекстов граничных или распределенных вычислений, является граничное вычисление или граничная маршрутизация. Обычно это относится к задаче эффективной маршрутизации данных к различным граничным узлам или устройствам и от них (обычно вблизи «края» или границы сети, ближе к источникам данных, таким как устройства IoT).

Решения SDN для этого сценария используют множество различных алгоритмов, в том числе:

- Алгоритмы кратчайшего пути: это классические алгоритмы маршрутизации, такие как Дейкстра или Беллман-Форд. Они эффективно рассчитывают кратчайший путь между устройствами в сети.
- Многопутевые алгоритмы. В некоторых случаях может быть предпочтительнее использовать несколько путей для маршрутизации пакетов данных — например, для улучшения балансировки нагрузки или устойчивости сети. Для этого можно использовать такие алгоритмы, как многопутевой доступ с равной стоимостью (ECMP) или алгоритм кратчайших путей.
- Маршрутизация на основе ограничений. В этом случае маршруты рассчитываются не только на основе кратчайшего пути, но и с учетом дополнительных ограничений, таких как скорость потери пакетов данных, пропускная способность канала или энергоэффективность. Например, критически важные устройства IoT требуют высокой надежности и соединений с низкой задержкой, и эти ограничения можно принять во внимание при расчете маршрутов.

5. Алгоритм надежности и отказоустойчивости

Отказоустойчивость и надежность являются жизненно важными характеристиками любой вычислительной сети, включая периферийные

вычислительные среды. Децентрализованный характер периферийных вычислений, при котором вычисления происходят рядом с источником данных, а не в централизованном центре обработки данных, может создавать уникальные проблемы в этих областях. Использование программно-определяемой сети (SDN) может помочь решить эти проблемы, предоставляя централизованную плоскость управления и, следовательно, широкий обзор сети, что, в свою очередь, можно использовать для повышения как надежности, так и отказоустойчивости.

Вот некоторые стандартные алгоритмы и методы, используемые для повышения отказоустойчивости и надежности в контексте периферийных вычислений с использованием SDN:

- Методы репликации. Для повышения избыточности и поддержки отказоустойчивости некоторые задачи периферийных вычислений могут быть реплицированы на нескольких устройствах. Если одно устройство выходит из строя, реплицированные задачи можно легко перенести на другое устройство, обеспечивая непрерывность обслуживания.
- Проверки пульса: контроллеры SDN могут постоянно отслеживать состояние работоспособности сетевых компонентов посредством регулярных проверок пульса. При обнаружении сбоя контроллер может мгновенно перенаправить трафик на другие узлы, поддерживая таким образом услуги без перебоев.
- Многопутевая маршрутизация: SDN допускает многопутевую маршрутизацию, что означает, что пакеты данных маршрутизируются по нескольким путям от источника к месту назначения. Это повышает устойчивость сети и предоставляет альтернативы в случае сбоя на определенном пути.
- Механизмы горячего резерва и холодного резерва: это схемы, в которых дубликаты производственной системы или ее части остаются в режиме ожидания. При использовании метода горячего резервирования резервное копирование всегда включено и мгновенно вступает в силу в случае сбоя основной системы. При использовании метода холодного резервирования резервное копирование запускается и берет на себя управление при обнаружении сбоя.

Вывод:

Таким образом, на текущим этапе развития технология SDN может предложить целый ряд инструментов, который необходим для поддержки и повышения эффективности мобильных пограничных вычислений в таких аспектах как распределение нагрузки, маршрутизация и величина задержек, отказоустойчивости и надёжности. Дальнейшее изучение этих инструментов и возможности их комбинированного применения, позволит существенно усовершенствовать будущие реализации технологии пограничных мобильных вычислений.

Источник финансирования: Научная статья подготовлена в рамках прикладных научный исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Mao Y. et al. A survey on mobile edge computing: The communication perspective //IEEE communications surveys & tutorials. – 2017. – Т. 19. – №. 4. – С. 2322-2358.
2. Kiran N. et al. Joint resource allocation and computation offloading in mobile edge computing for SDN based wireless networks //Journal of Communications and Networks. – 2019. – Т. 22. – №. 1. – С. 1-11.
3. Wang A. et al. Software-defined networking enhanced edge computing: A network-centric survey //Proceedings of the IEEE. – 2019. – Т. 107. – №. 8. – С. 1500-1519.
4. Kumaran K., Sasikala E. Learning based latency minimization techniques in mobile edge computing (MEC) systems: A Comprehensive Survey //2021 International conference on system, computation, automation and networking (ICSCAN). – IEEE, 2021. – С. 1-6.
5. Xu X. et al. Secure service offloading for internet of vehicles in SDN-enabled mobile edge computing //IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2020. – Т. 22. – №. 6. – С. 3720-3729.
6. Liu Z. et al. Context-aware and adaptive QoS prediction for mobile edge computing services //IEEE Transactions on Services Computing. – 2019. – Т. 15. – №. 1. – С. 400-413.

Bozhedomov A., Goncharov E., Elagin V.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Analysis of sdn-based mec boundary computing algorithms.

This article discusses two technologies: MEC and SDN, and also provides examples of the main algorithms and the reasons why software-defined networks (SDN) are a key tool for the development of mobile edge computing (MEC) and why a deeper study of these algorithms is necessary.

Key words: SDN, MEC, algorithms, software-defined networks, mobile edge computing.

УДК 49.34.06
ГРНТИ 004.725

ПОДХОДЫ К ПРИМЕНЕНИЮ СИСТЕМ ИДЕНТИФИКАЦИИ СЕТЕВЫХ АНОМАЛИЙ НА СЕТЯХ MVNO

А. А. Борисов, В. С. Елагин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире пользование услугами операторов связи является неотъемлемой частью повседневной жизни. Соответственно всё чаще и чаще поднимается вопрос о телефонном мошенничестве. В связи с этим большую актуальность имеют меры противодействия для решения данной проблемы. Одним из таких решений является система блокировки мошеннических вызовов «Антифрод».

фрод, антифрод, операторы связи, MVNO, фрод-мониторинг, телефонное мошенничество

В настоящее время проблема фрода очень беспокоит компании оказывающие услуги связи. Фрод (с англ. fraud, обман, мошенничество) – это мошеннические операции в сфере информационных технологий. Для операторов связи фрод – это нежелательный трафик, в основном телефонный [1]. Согласно статистике [2], операторы теряют до 5% своей выручки из-за действий злоумышленников.

Мошенничество в сфере связи классифицируется по различным параметрам, таким как используемые технологии, цели и виды [3]. В контексте IP-телефонии фрод можно разделить на несколько типов: внешний (абонентский), внутренний (производимый сотрудниками) и операторский (межоператорский).

Внешний фрод

Телефонное хулиганство

Осуществляется поток вызовов на абонента, используя сторонние системы, в следствие чего жертва оплачивает ненужные разговоры и жалуется на звонки.

Спам

Происходит генерация множества звонков с помощью ботов, которая забивает каналы коммуникаций. Чем больше у компании номеров, тем больше приходит спама. Быстро блокируется, т.к. источник один и тот же, звонки похожие, источник один и тот же.

Фрод на лидах

Вид фрода, который основан на желании компании привлечь большего количества лидов. Лид – контакт, потенциальный клиент.

Создается поток ложных вызовов, которые не нацелены на сделки. Также имеют место быть расходы на поддержание работы оборудования, обработку вызовов, работу специалистов.

Нелегальная терминация трафика

Фрод, заключающийся в направлении международного голосового или SMS трафика в обход надлежащего коммутационного оборудования. В результате, возникает ряд проблем. Во-первых, оператор теряет деньги на взаиморасчетах интерконнект. Во-вторых, страдает качество связи, появляются посторонние шумы, задержки, частые обрывы. В-третьих, происходит подмена номера вызывающего абонента. Больше всего развит там, где стоимость международной связи значительно выше, чем тарифы местного трафика.

Внутренний фрод

Подразделяется на два вида:

- Обман абонентов телекоммуникационными компаниями. Например, оператор пытается обмануть своего клиента, без уведомления подключая ему платные услуги или меняя тариф на более дорогой.
- Мошеннические действия совершает один из сотрудников компании, имеющий доступ к телекоммуникационному оборудованию. К примеру, он может оказывать фиктивные услуги или действительные по завышенным ценам; предоставлять корпоративные преимущества другим людям.

Антифрод

Антифрод-система в контексте операторов связи представляет собой комплекс мер и технологий, направленных на выявление и предотвращение мошенничества.

Работа антифрод-системы обычно включает в себя фрод-мониторинг и анализ больших объемов данных, таких как звонки, сообщения и интернет-трафик. Эти системы используют алгоритмы для выявления аномалий в поведении пользователей и транзакциях, что может свидетельствовать о мошеннической активности.

Каждая система настраивается в зависимости от правил, установленных оператором (фильтров безопасности). Если заранее установленные значения превышены, фильтр автоматически отсекает трафик.

Например, система может обнаружить необычно большое количество звонков или SMS-сообщений за короткий промежуток времени, что может указывать на попытку мошенничества. После выявления потенциальной угрозы антифрод-система может принимать меры (блокировка или уведомление оператора связи о подозрительной активности).

Так работает антифрод-система на примере оператора связи ZebraTelecom со специализированной программой для борьбы с фродом:

Первый компонент отвечает за мониторинг количества звонков за определенные промежутки времени, например:

- с 09.00 до 18.00 – 5;
- с 18.00 до 22.00 – 3;
- с 22.00 до 06.00 – 0;
- с 06.00 до 09.00 – 1.

После окончания мониторинга, система анализирует звонки в каждом промежутке и устанавливает максимально возможное для клиента количество подключенных линий: 5, 3, 0, 1. Свыше этих значений трафик блокируется. В зависимости от желания абонента и его вида деятельности, служба техподдержки компании может изменить эти настройки.

Второй вариант – взлом учетной записи клиента. В этом случае мошенники часто используют международный трафик. Антифрод-система может ограничить количество звонков в определенном направлении за конкретный промежуток времени промежуток времени, превысив число которых трафик будет блокироваться.

MVNO

MVNO, или оператор виртуальной сети мобильной связи (Mobile Virtual Network Operator), представляет собой компанию, которая не владеет собственной инфраструктурой для предоставления услуг связи, но арендует её у другого оператора – MNO (Mobile Network Operator) [4]. Существует несколько моделей MVNO:

Light MVNO: MVNO предоставляет основные услуги связи (голос, SMS, данные) без значительных изменений в технической и функциональной структуре. Эта модель часто представляет собой минимальные изменения в услугах по сравнению с тем, что предоставляет базовый оператор связи.

Enhanced MVNO: MVNO в этой модели может предоставлять несколько дополнительных услуг или функциональных возможностей сверх того, что предоставляет базовый MNO. Может включать в себя специализированные услуги или возможность партнерства для предоставления дополнительных сервисов.

Full MVNO: В этой модели MVNO имеет набольшую независимость и контроль над своей сетевой инфраструктурой. Он может иметь собственные элементы сети, такие как коммутаторы и сетевое оборудование, и имеет более широкие возможности для настройки и внедрения своих услуг.

MVNO reseller: Эта модель предполагает, что MVNO работает как перепродавец услуг базового оператора. MVNO может продавать услуги под своим собственным брендом и тарифами, но техническая часть и оборудование принадлежат базовому MNO.

Каждая модель имеет свои преимущества и ограничения, и выбор зависит от стратегии и целей конкретного MVNO. Обладая большей инфраструктурой, виртуальный оператор может предоставлять больший спектр услуг своим клиентам.

Например, такие технические модели предоставляет крупнейший MVNO хост-оператор в России – Tele2 [5]:

- **Light MVNO** – маркетинг и дистрибуция, сайт и личный кабинет, преднастроенная тарифная линейка;
- **MVNE Platform** – появляется возможность приема платежей, созданием тарифной линейки и легализацией сети (Mobile Virtual Network Enabler (MVNE) – посредники между обычным и виртуальным операторами, облегчающие решение решение всех технических вопросов MVNO);
- **Medium MVNO** – дополняется лицензией MVNO и нумерацией;
- **Full MVNO** – позволяет виртуальному оператору иметь собственный биллинг / BSS, PS Core и COPM.

MVNO и MNO тесно сотрудничают, путём предоставления услуг под своим брендом со одной стороны, и расширения клиентской базы, получения дохода из аренды инфраструктуры с другой.

При подключении виртуальных операторов к антифрод-платформам присутствуют свои особенности и сложности внедрения. В связи с этим в настоящее время интеграция MVNO с данной системой находится только на начальных этапах. Учитывая увеличение количества новых поставщиков связи, актуальность развития решений по антифроду постоянно растёт.

Заключение

В целом, MVNO играют значительную роль в телекоммуникационной сфере, формируя конкуренцию, снижая цены и повышая уровень обслуживания для потребителей. Они успешно обслуживают специализированные рынки, которые часто остаются незамеченными для традиционных MNO, такие как определенные демографические группы или географические районы.

Более того, MVNO стимулируют инновации в отрасли, предлагая уникальные услуги и бизнес-модели. Их оперативность и ориентированность на клиента способствуют улучшению удовлетворенности потребителей.

Также при оценке качества услуг оператора важным аспектом является защита абонентов от хакеров и мошенников.

Использование антифрод-систем приносит явные преимущества, такие как автоматическое фильтрование нежелательного трафика, защита от взломов, а также минимизация финансовых и репутационных рисков. Это также способствует повышению лояльности абонентов к оператору, так как они могут доверять ему в защите от мошенничества. Хотя полное устранение фрода может быть сложной задачей, комплексные методы защиты и строгие меры наказания могут существенно снизить связанные с этим риски и потери до приемлемого уровня.

Список используемых источников:

1. В.Н. Максименко, А.С. Беседина, К.М. Панской В. Анализ способов мошенничества в области информационной безопасности виртуальных сетей операторов сотовой связи [Электронный ресурс] // Экономика и качество систем связи. 2018. N4(10). С. 38-46. URL: http://nirit.org/wp-content/uploads/2019/03/38-46.pdf (дата обращения 29.10.2023).

2. Л. Павлова Фрод и антифрод: практика операторов [Электронный ресурс] // Первая миля. 2018. N1. С. 70-71. URL: https://www.lastmile.su/files/article_pdf/6/article_6519_383.pdf (дата обращения 29.10.2023).

3. Е. Козлов Антифрод: как защитить виртуальную АТС [Электронный ресурс] // ZebraTelekom. 2018. URL: https://zebratelecom.ru/blog/how/antifrod-kak-zashhitit-virtualnuyu-ats.html (дата обращения 29.10.2023).

4. И. Опенкина Что такое MVNO. Объясняем простыми словами [Электронный ресурс] // Секрет фирмы. 2021. URL: https://secretmag.ru/enciklopediya/chto-takoe-mvno-obyasnyaem-prostymi-slovami.htm (дата обращения 29.10.2023).

5. MVNO Mobile Virtual Network Operator [Электронный ресурс] // tele2. 2023. URL: https://msk.tele2.ru/about/cooperation/mvno (дата обращения 29.10.2023)

Borisov A., Elagin V.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Approaches to the application of network anomaly identification systems on MVNO networks.

In the modern world, using the services of telecom operators is an integral part of everyday life. Accordingly, the issue of telephone fraud is being raised more and more often. In this regard, countermeasures to solve this problem are of great relevance. One such solution is the Antifraud system for blocking fraudulent calls.

Key words: fraud, antifraud, telecom operators, MVNO, fraud monitoring, telephone fraud.

УДК 004.622
ГРНТИ 83.77.31

ЭСПЕРЕМЕНТАЛЬНОЕ СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ARIMA И CATBOOST НА МНОГОМЕРНОМ МАССИВЕ ДАННЫХ

М. А. Виницкий, Е. В. Дусталев, Р. И. Пупцев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Методы машинного обучения и нейронные сети являются перспективным инструментом для прогнозирования, что позволяет найти применение подобным методам в обеспечении безопасности человека в зоне с угрозой лавинной опасности. В связи с этим необходимо разработать решение, способное с помощью методов машинного обучения прогнозировать лавинную опасность на основании поступающих данных.

машинное обучение, нейронные сети, ARIMA, Catboost, прогнозирование

Введение. Для Российской Федерации Арктика была и остается стратегически важным и перспективным регионом, развивающим инфраструктурные и технологические решения. В стратегии развития Арктической зоны 2035 [1] среди большого перечня целей, важную часть занимает безопасность населения с учетом климатических условий. Учитывая, что для России, и, в частности, Арктики, свойственны обильные снежные осадки, сход лавин является одним из наиболее смертоносных природных явлений. Площадь лавиноопасных территорий в Российской Федерации составляет 3077,8 тыс. км2 (18 % от общей площади страны), еще 829,4 тыс. км2 относятся к категории потенциально лавиноопасных [2]. В связи с этим, многие годы в Арктической зоне ведутся исследования лавинной опасности, так, например, Хибины являются полигоном для изучения и разработки противолавинных методик [3]. Опираясь на данные факты, возникает необходимость создания комплексного решения для прогнозирования опасных погодных явлений и уровня лавинной опасности.

В настоящее время для прогнозирования лавинной опасности используются классические методы сбора данных и последующее ручное вычисление коэффициентов. Такой подход имеет множество недостатков, в статье [4] они упоминаются. Существует подход к прогнозированию лавинной опасности при помощи автоматизированного сбора метеоданных из открытых источников и их преобразования с помощью математических моделей, однако точность таких прогнозов является неудовлетворительной из-за удаленности метеостанций от лавиноопасной зоны.

Основная часть. В качестве решения представленных проблем, может выступать система автономных энергоэффективных датчиков, передающая данные непосредственно из зоны лавинной опасности и обрабатывающая

полученную информацию на удаленных серверах при помощи математических моделей и алгоритмов машинного обучения. Существует методика применения двух основных способов реализации системы прогнозирования лавинной опасности [5]: традиционный, с применением конкретных методов, успешно зарекомендовавших себя в прогнозирования, однако сложный в реализации из-за неявной связи между параметрами, что усложняет процесс прогнозирования, и методика применения машинного обучения. В случае с методом на основе машинного обучения, необходимости в использовании определенной методики прогнозирования, как в традиционном – нет. Главной задачей при таком подходе является сбор крупного массива данных, на базе которого с помощью различных алгоритмов машинного обучения будет находится зависимость между параметрами, влияющими на лавинную опасность. Изучив, представленные решения, метод прогнозирования уровня лавинной опасности при помощи машинного обучения выбран, как наиболее перспективный, так как современный алгоритмы машинного обучения показывают высокую точность при выполнении задач прогнозирования.

В качестве основных методов для прогнозирования были выбраны математические модели дерева принятия решений, лес принятия решений и усложнённый математический алгоритм Catboost.

Дерево принятия решений – это один из простейших алгоритмов машинного обучения, который представляет из себя структуру «веток» и «листьев». «Ветки» дерева решений – это признак, от которого зависит значение целевой функции, а в узах признаки, от которых зависит значение функции.

$$E(S) = \sum_{i=1}^{c} p_i \, log_2 p_i$$
$$G(S, A) = E(S) - \sum_{V \in Values(A)} \frac{|S_v|}{|S|} E(S_v)$$

E(S) – энтропия — это мера неопределенности обрабатываемой информации. Чем ниже энтропия, тем легче сделать какие-либо выводы на основе этой информации.

G(S, A) – прирост информации — это мера разницы в энтропии до и после разделения набора по атрибуту.

Лес принятия решений – метод, который использует много деревьев принятия решений и делает предсказание основываясь на усреднении предсказаний каждого компонента (дерева).

Catboost – градиентный бустинг – прогнозы делаются на основе ансамбля слабых обучающих алгоритмов. В отличие от случайного леса, который создает дерево решений для каждой выборки, в градиентном бустинге деревья создаются последовательно. Предыдущие деревья в модели не изменяются. Результаты предыдущего дерева используются для

улучшения последующего. Подробный математический аппарат разобран в документации [6].

Цель – обучение функции F: $R^m \to R$, которая минимизирует ожидаемую потерю $\mathcal{L}(F) \coloneqq EL\big(y, F(x)\big)$, где $L(.,.)$ – это функция плавных потерь, а x, y – это тестовые примеры, отобранные из набора данных. Градиентный бустинг итеративно строит последовательность приближений: $F^t: R^m \to R$, где t = 0,1,… Жадный алгоритм F^t вычисляется из предыдущего приближения F^{t-1} аддитивным образом $F^t = F^{t-1} + \alpha h^t$, где α – размер шага, а h^t – $R^m \to R$ – стандартный предиктор выбирается из семейства функций H для того, чтобы минимизировать ожидаемые потери:

$$h^t = arg\min_{h \in H} \mathcal{L}(F^{t-1} + h) = arg\min_{h \in H} EL(y, F^{t-1}(x) - h(x))$$

Запись дерева решения $h(x) = \sum_{j=1}^{J} b_j \mathbb{I}_{\{x \in R_j\}}$,

где R_j – непересекающиеся области, соответствующие листьям дерева.

ARIMA – интегрированная модель авторегрессии скользящего среднего отлично подходит для прогнозирования временных рядов. Главное условие для такой модели – последовательность значений должна быть стационарна. ARIMA состоит из 3-х компонентов AR + I + MA:

AR – авторегрессия – временной ряд линейно регрессирует по своим предыдущим значениям. Его параметр p – количество предшествующих значений, включённых в модель.

I – интегрированная – если параметр не стационарен, то временная последовательность может быть продифференцирована, иначе вычислить различия между последовательными наблюдениями чтобы стать стационарной. Параметр d – количество раз, сколько последовательность продифференцирован

MA – скользящее среднее – временной ряд регрессирует с учетом прошлых ошибок прогноза. Параметр q – количество ошибок прошлых прогнозов, включенных в модель.

Общее уравнение:

$$\Delta y_t = c + \Phi_1 \Delta\varepsilon_{t-1} + \cdots + \Phi_p \Delta\varepsilon_{t-p} + \cdots + \Theta_1 \varepsilon_{t-1} + \cdots + \Theta_q \varepsilon_{t-q} + \varepsilon_t$$

Вышеперечисленные модели имеют ряд особенностей, которые влияют на качество предсказаний. В отличии от дерева и леса принятия решений, а также Catboost, ARIMA осуществляет предсказания на основе предыдущего значения. Данный факт вносит сложности в рамках выполнения поставленной задачи, например, снижение точности прогноза при потере даже одной строки данных, и невозможности прогнозирования параметра на основе значений других параметров, однако ARIMA преподносит

возможность недоступную другим представленным ранее моделям – прогнозирование будущих значений во временном ряду. Исходя из указанной особенности модели предлагается использовать ARIMA в комплексе с моделями дерева, леса принятия решения и Catboost. На основе имеющихся и последовательных данных создается прогноз необходимых параметров для предсказания уровня лавинной опасности, сам же уровень прогнозируется на основе данных представленных ARIMA. Для сравнения предлагается использовать тот же принцип, только в системе модель ARIMA заменяется реальными данными.

Предполагаемое решение состоит из пяти этапов. 1. Подготовка данных для последующей передачи в модель машинного обучения, язык Python, библиотека Pandas. 2. Обучение модели машинного обучения, язык Python, библиотека Catboost. 3. Прогнозирование значений ключевых параметров, язык Python, библиотека: statsmodels.tsa.arima.model. 4. Предсказание уровня лавинной опасности, язык: Python, библиотека: Catboost. 5. Вывод результатов прогнозирования, язык: Python, библиотека: Pandas, matplotlib.

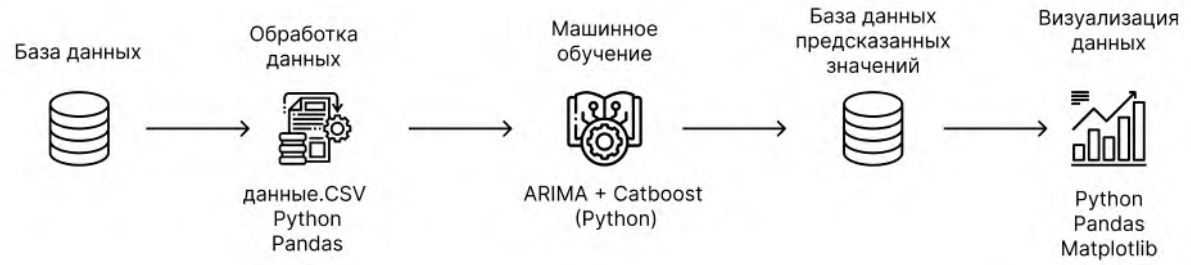


Рис. 1. Схема решения

Для проверки и сравнения работы моделей был использован массив данных, включающий в себя 500 строк данных и (55) 33 параметра. Массив обработан и является эталонным, так как данные в нем не имеют разрывов во времени, значения каждого из параметров фиксировались раз в сутки в течение 500 дней. Кроме того, все данные в массиве были форматированы – все значения определяются методами машинного обучения. Каждой модели, кроме ARIMA, был указан параметр, который необходимо предсказать и набор ключевых параметров, на основе которых проводилось предсказание. В случае модели ARIMA предсказывать последующие значения можно только на основе временного ряда самого искомого параметра, следовательно ARIMA используется для предсказания каждого ключевого параметра в будущем.

Для испытания методов обучения выбрана методика, состоящая из двух этапов: первый – обучение моде обучения моделей дерева, леса принятия решений и Catboost, а затем предсказание моделью уровня лавинной опасности; второй – обучения моделей дерева, леса принятия решений и Catboost, предсказание моделью ARIMA следующих 25 значений ключевых параметров, затем Предсказание моделью уровня лавинной опасности на основе данных от ARIMA.

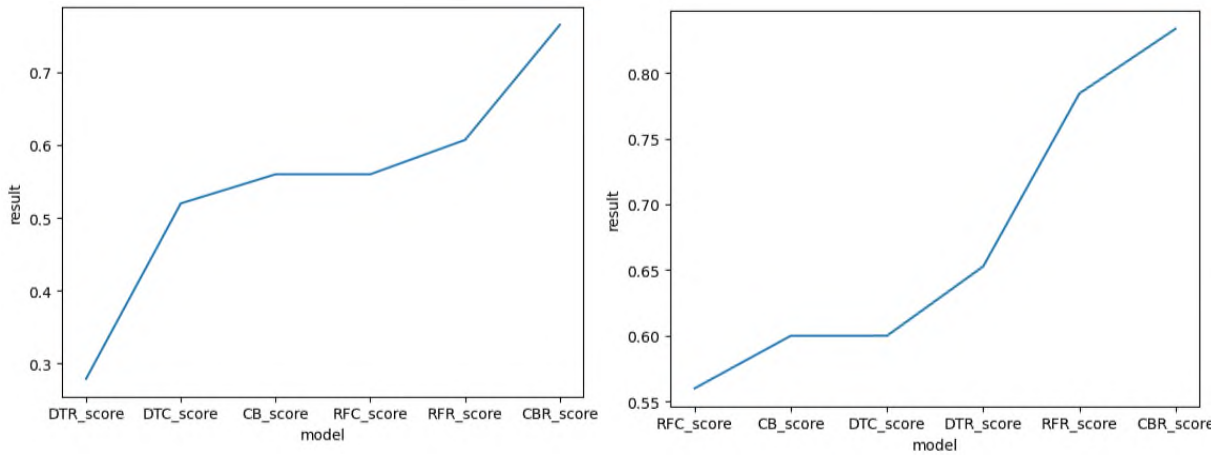


Рис.2. Результаты прогнозирования

Исходя из проведенных испытаний получены следующие результаты: с прогнозированием лавинной опасности лучше всего справляется регрессор математической модели Catboost. Комбинация ARIMA + Catboost выдает удовлетворительный результат прогнозирования, однако требует проверки на большем количестве данных, а также доработки для повышения точности. В случае прогнозирования уровня лавинной опасности лучше всего с задачей справляется регрессионная модель Catboost, итоговый score (76%). Прогнозирование параметров с помощью модели ARIMA имеет смысл при построении краткосрочных предсказаний, ввиду специфики изменения погодных условий, в особенности в горных регионах.

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научный исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Указ Президента Российской Федерации "Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2035 года" от 26.10.2020 № 645 // Официальный интернет-портал правовой информации. - 2020 г. - с изм. и допол. в ред. от 27.02.2023
2. Общая информация // Росгидромет URL: https://www.meteorf.gov.ru/activity/activ/anti-lav/lav-obs-anti/ (дата обращения: 20.10.2023).
3. Иванов М.Н., Федотова Д.А. Статистика жертв снежных лавин в Хибинах // XVI Гляциологический симпозиум. - СПб.: Гляциологическая ассоциация Русское географическое общество Институт географии Российской академии наук Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, 2016. - С. 12.
4. Пупцев Р.И. Разработка программно-аппаратного комплекса для применения в области прогнозирования лавинной опасности // Материалы V Байкальской международной научной конференции - стратегической сессии. 2023. С. 183-191
5. Пупцев Р.И. Разработка системы автоматизированного составления прогноза лавинной опасности, с применением современных икт и аппарата нейрокогнитивных архитектур. [Электронный ресурс] // Гидросфера. Опасные процессы и явления. 2023. N 4(3). С 244–254. URL: https://doi.org/10.34753/HS.2022.4.3.244.

6. Liudmila Prokhorenkova, Gleb Gusev, Aleksandr Vorobev, Anna-Veronika Dorogush, Andrey Gulin / CatBoost: unbiased boosting with categorical features [Электронный ресурс] // arXiv:1706.09516v5 : [сайт]. — URL: https://arxiv.org/pdf/1706.09516.pdf (дата обращения: 25.09.2023)

Vinitsky M., Dustalev E., Pupcev R.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Experimental comparison of arima and cart boost forecasting methods on a multidimensional data array.
Machine learning methods and neural networks are a promising tool for forecasting, which makes it possible to find solution of such methods in ensuring human safety in an area with a threat of avalanche danger. In this regard, it is necessary to develop a solution capable of predicting avalanche danger using machine learning methods based on incoming data.

Key words: machine learning, neural networks, ARIMA, Catboost, Forecasting.

УДК 004.7
ГРНТИ 49.33.29

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ИДЕНТИФИКАЦИИ ТРАФИКА ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Ю. С. Дмитриева, В. С. Елагин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Статья посвящена анализу методов классификация трафика в сети SDN. В интересах этого выполнен обзор научных работ российских и зарубежных авторов для выявления применяемых в них решений с указанием для каждой модели нейронной сети значения точность идентификации. Методы интеллектуального анализа, освещенные в научных статьях, систематизированы по следующим критериям: модель нейронной сети, параметры идентификации трафика, точность идентификации. На основании анализа результатов обзора сделан вывод о целесообразности использования алгоритмы машинного обучения для идентификации трафика.

Software-Defined Networking (SDN), Программно-конфигурируемая сеть (ПКС), Machine Learning (ML), Deep Learning (DL), Convolutional Neural Network (CNN), искусственный интеллект (ИИ).

По мере роста трафика и потребности в его динамической маршрутизации неизбежно возникает необходимость в детальной классификации сетевых потоков. Управление ресурсами в программно-конфигурируемой сети (SDN, аббр. от англ. Software-Defined Networking) является важной задачей, для которой существует большое количество подходов и методов. [1] В рамках самых перспективных методов балансировки трафика используется идентификация трафика для

предобработки и его дальнейшего использования. Необходимо рассмотреть классификацию потоков для выбора наиболее эффективного метода управления ресурсами.

Актуальность и важность анализа сетевого трафика обусловлены ростом объема данных, сложностью сетевой инфраструктуры, угрозами безопасности и необходимостью оптимизации ресурсов.

В ряде задач управления ресурсами в SDN, затронутом в данной статье, невозможно рассматривать методы идентификации трафика отдельно от методов классификации.

Методы идентификации трафика

- Сигнатурный анализ – это метод анализа трафика, основанный на сравнении пакетов данных с заранее определенными сигнатурами.
- Классификация на основе блоков данных базируется на полях с блоками данных, таких как порты OSI. Методом исследования пакетов в сети является DPI (Deep packet inspection).
- Машинное обучение (ML, аббр. от англ. Machine learning) – это метод анализа трафика, основанный на использовании алгоритмов машинного обучения для выявления типов трафика.

Традиционные методы классификации создают ряд проблем для достижения более высокой точности. Во-первых, классификация на основе портов не обеспечивает достаточную точность, при использовании в сетевой системе переназначения портов, переадресации и случайного назначения. Во-вторых, подход, основанный на сигнатуре полезной нагрузки, плохо работает для шифрованных пакетов. В-третьих, подходы, основанные на статистике, чувствительны к динамически изменяющимся условиям сети и приложений. Предлагается рассмотреть альтернативные способы идентификации трафика на основе применения ML.

В работе [2] в качестве модели сети выбрали многослойную нейронную сеть прямого распространения для диагностики аномальной сетевой активности. Путем сканирования портов локального компьютера с удаленной машины искусственно моделируется активность сети. Полученные данные представляют собой выборку для обучения нейронной сети и определяют условия протекания нормальной и возникновения аномальной сетевой активности.

Исследователи разработали искусственную модель выборки трафика в работе [3] по следующим параметрам: тип протокола транспортного уровня, номер назначения порта транспортного, сигнатура протокола, соответствующая приложению, работающему с данным портом транспортного уровня.

В докладе [4] представлен фреймворк нейронной сети, который позволяет строить многоклассовые модели сетевого трафика, подходящие для задач генерации потоков и классификации.

В исследовании [5] решается задача мелкогранулярной классификации для потоков чата методом основанном на сверточной нейронной сети для детальной классификации потоков чатов в реальном времени. Методы классификации сетевого трафика сосредоточены на классификации зашифрованных потоков, в которых известны для сетевого потока данные из пяти кортежей: время поступления данных, протокол передачи по сети, размер пакета (при условии, что к содержимому пакета невозможно получить доступ), данные адреса источника и назначения передачи данных.

На Международной конференции в докладе [6] предложили новую классификацию зашифрованного трафика, основанную на полезной нагрузке, использующую пакеты подтверждения, которыми обмениваются конечные хосты для установления защищенной связи до того, как будут доставлены зашифрованные потоки данных.

В работе [7] ученые разрабатали фреймворк, который включает в себя два метода машинного обучения: метод опорных векторов (SVM, аббр. от англ. support vector machine) и наивный Байесовский алгоритм.

В статье [8] исследовали методы машинного обучения для идентификации приложений с помощью классификации сетевого трафика. В качестве классификаторов использовались сети Байеса.

В работе [9] изучается внедрение глубокой нейронной сети (DNN, аббр. от англ. Deep Neural Network), которая используется для автоматической классификации данных сетевого трафика, собранных с контроллера ONOS (Open Network Operating System) сети SDN. Исследователи подтвердили, что DNN для классификации данных сетевого трафика должна учитывать пакеты данных, предназначенные для доставки, и пакеты данных, необходимые для поддержки сети в рабочем состоянии, так как производительность классификации DNN зависит от данных сетевого трафика.

В исследовании [10] авторы используют методы машинного обучения для идентификации приложений для смартфонов. Они рассматривают как поведение трафика приложений меняется со временем, на разных устройствах и в разных версиях приложений, и могут ли приложения для смартфонов быть идентифицированы путем анализа исходящего от них зашифрованного сетевого трафика.

Ученые в статье [11] предлагают сквозной метод классификации зашифрованного трафика с использованием одномерных сверточных нейронных сетей. Этот метод основан на глубоком обучении. 1D-CNN применяется в качестве алгоритма обучения, и он автоматически извлекает функции непосредственно из необработанного трафика.

В работе [12] авторы занимались проблемой классификации трафика, которая заключалась в том, что признаки должны быть выделены экспертом. Поиск признаков, позволяющих классифицировать трафик, отнимает много времени, поэтому в данной работе входные параметры трафика выбираются с использованием метода на основе оценочной модели. Предлагаемый метод

позволяет идентифицировать зашифрованный трафик, классифицировать различные типы трафика с высокой точностью, различать трафик с VPN и без VPN.

Входные параметры трафика для идентификации и обучения нейронной сети представлены в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1. Сравнение входных параметров трафика

Ссылка	Модель нейронной сети	Параметр трафика	Точность идентификации
[2]	Многослойная нейронная сеть прямого распространения	• Тип протокола (TCP, UDP и др.) • Порт источника/ порт назначения • Размер пакета	94%
[3]	Персептрон, многослойный персептрон, сеть со встречным распространением	• Тип протокола транспортного уровня • Номер назначения порта транспортного • Сигнатура протокола, соответствующая приложению, работающему с данным протоколом	97%
[4]	Авторегрессионная	• Интервалы между пакетами • Размер пакета	Доля ошибки 0,84%
[5]	Сверточная нейронная сеть	• IP-адрес источника/ IP-адрес назначения передачи • Время поступления данных • Протокол передачи • Размер пакета	Точность без VPN 88,8%, с VPN 97,7%
[6], [8], [9]	Байесовская нейронная сеть	• IP-адрес источника/ IP-адрес назначения • Номера порта источника/ номера порта назначения • Идентификатор протокола • Пакеты	99%
[7]	k-кратная модель перекрестной проверки	• IP-адрес источника/ IP-адрес назначения • Номер порта назначения • Тип протокола	Для зашифрованных данных 97,3%, для незашифрованных 99,9%
[10]	-	IP-адрес назначения/ порт	Идентификация 96%

[11]	Одномерная сверточная нейронная сеть	Зашифрованный поток трафика	VPN-VoIP 99,5%, VPN-Email 80%
[12]	Сверточная нейронная сеть, метаэвристический алгоритм ant-lion, самоорганизующейся карты	Параметры комбинируются индивидуально с учетом требований с использованием метода на основе оценочной модели	98%

Таким образом по точности идентификации охватываемых параметров трафика представляется актуальным использовать модель сверточной нейронной сети и метаэвристического алгоритма ant-lion, исходя из анализа таблицы 1.

Выводы

В статье рассмотрены аналитические методы классификации трафика и модели машинного обучения, а также проведен обзор научных работ на предмет анализа методов идентификации трафика для эффективного управления ресурсами в SDN. Аналитические методы классификации трафика зарекомендовали себя хорошо, но в современных условиях, когда много шифрованного и разнообразного трафика необходимо целесообразно использовать ИИ, т.к. он более адаптированный.

В будущих исследованиях необходимо разработать архитектуру подключения нейронной сети к SDN, чтобы они не оказывали влияние на задержку сетевого обмена данными.

***Источник финансирования**: публикация подготовлена в рамках прикладных научный исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.*

Список используемых источников

1. Дмитриева Ю.С. Сравнительный анализ методов управления сетевыми ресурсами в сетях SDN // Труды учебных заведений связи. 2022. Т. 8. № 1. С 78-83.

2 Катасёв А.С., Катасёва Д.В., Кирпичников А.П. Нейросетевая диагностика аномальной сетевой активности // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18, №6. С. 5.

3. Абдурахманов Р.П., Тожиева Ф.К. Исследование систем управления трафиком на базе моделей нейронных сетей // Science and world International scientific journal. № 4 (80), 2020, Vol. I. Pp. 26-32.

4. Bikmukhamedov R.F., Nadeev A.F. Multi-Class Network Traffic Generators and Classifiers Based on Neural Networks, 2021 KNRTU-KAI Kazan, Russia. P. 7.

5. Yang L., Wang Z., Feng Y., Yan H. An Effective Real-time Traffic Classification Method Using Convolutional Neural Network. 2023. P. 17.

6. Yang J., Narantuya J., Lim H. Bayesian Neural Network based Encrypted Traffic Classification using Initial Handshake Packets, 2019. P. 2.

7. Izadi S., Ahmadi M., Nikbazm R. Analysis of Feature Selection Methods for Network Traffic Classification, 2021. P. 11.

8. Yamansavascilar B., Guvensan M. Amac, Yavuz A. Gokhan, Karsligil M.E. Application Identification via Network Traffic Classification, 2017. P. 6.

9. Kwon J., Lee J., Yu M., Park H. Automatic Classification of Network Traffic Data based on Deep Learning in ONOS Platform. 2020. P. 3.

10. Mohammad Lotfollahi Mahdi Jafari Siavoshani Mohammadsadegh Saberian Sharif University of Technology. Deep Packet: A Novel Approach For Encrypted Traffic Classification Using DeepLearning. Article *in* Soft Computing · February 2020.

11. Wang W., Zeng X., Jinlin W. End-to-end encrypted traffic classification with one-dimensional convolution neural networks. 2018. P. 6.

12. Izadi S., Ahmadi M. Network traffic classification using convolutional neural network and ant-lion optimization. Computers & Electrical Engineering. 101(1). October 2022. P. 12.

Dmitrieva J., Elagin V.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Analysis of traffic identification methods for artificial intelligence.

The article is devoted to the analysis of traffic classification methods in the SDN network. An overview of the analytical aspects of traffic identification approaches to identify the solutions used in them, as well as to assess their applicability in the SDN network, is performed. The methods of intellectual analysis covered in scientific articles are systematized according to the following criteria: traffic identification parameters, neural network model, identification accuracy. Based on the analysis of the review results, it is concluded that the considered solutions can be used, as well as the need to form an SDN network scheme with an artificial intelligence module.

Key words: Software-Defined Networking (SDN), Machine learning (ML), Deep learning (DL), Convolutional Neural Network (CNN), Artificial Intelligence (AI).

УДК 004.896
ГРНТИ 49.38.99

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ АППАРАТА НЕЙРОКОГНИТИВНЫХ АРХИТЕКТУР ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СЕТЬЮ SDN/NFV

М. О. Карпычев, К. М. Нихаенко, Р. И. Пупцев
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Использование методов машинного обучения и нейронных сетей позволит создать интеллектуальную систему динамического управления вычислительными ресурсами сети SDN/NFV. Предложены способы сбора данных для последующего их использования в обучающей выборке, а также проанализирован алгоритм подготовки данных. Выделены методы классификации данных для сетей SDN/NFV, которые могут использоваться для создания интеллектуальной системы динамического управления вычислительными и сетевыми ресурсами.

SDN/NFV, машинное обучение, нейтронные сети, сбор данных, обработка данных, классификация трафика, динамическое управление вычислительными ресурсами.

Введение

Современная динамика развития сетевых технологий подчеркивает неотъемлемую роль управления сетью в обеспечении эффективности и приспособленности к постоянно меняющимся требованиям. Сеть SDN/NFV, предложив централизованный метод управления устройствами сети, выступает как ключевой актер в сфере инноваций. Однако, традиционный подход к управлению трафиком в SDN через централизованный контроллер не лишен собственных ограничений. В условиях стремительного роста объема данных и постоянных изменений в требованиях, возникает неотложная потребность в разработке решений, способных обрабатывать динамику сетевого трафика в реальном времени. В этом контексте, машинное обучение становится краеугольным камнем, предлагая инновационные возможности для автоматизации и оптимизации управления устройствами в сети SDN/NFV.

Применение алгоритмов машинного обучения в анализе обширных объемов данных позволяет системе управления не только выявлять, но и предсказывать сложные паттерны трафика. Это обеспечивает способность системы адаптироваться к динамике сетевого трафика в режиме реального времени, что становится ключевым фактором в обеспечении оптимальной балансировки нагрузки в современных сетях.

Машинное обучение, таким образом, не только активно внедряется в сферу управления сетью, но и становится катализатором для создания интеллектуальных систем, способных предсказывать и адаптироваться к постоянно меняющимся условиям сетевой среды. Подход, основанный на

машинном обучении, в сети SDN/NFV открывает двери для более гибкого, эффективного и устойчивого управления, а также предоставляет ответ на вызовы, возникающие на каждом новом этапе развития сетевых технологий.

Методы сбора и классификации данных

Объектом исследования является сеть SDN, у которой есть несколько перспективных путей взаимодействия с нейросетями. В зависимости от поставленных задач, сценарии взаимодействия SDN и нейронных сетей могут представлять: управление трафиком; обнаружение потенциальной атаки; оркестрация и распределение вычислительных ресурсов. В случае с SDN, появляется некоторая специфика в методах сбора. Так, можно выделить следующие методы сбора данных:

1. Сбор логов сетевых устройств. Метод предполагает запись и анализ логов, генерируемых сетевыми устройствами, такими как маршрутизаторы, коммутаторы и серверы. Логи содержат информацию о событиях, ошибках и активности устройств, что позволяет проводить анализ работы сети.

2. Сбор трафика с помощью систем мониторинга трафика. Этот метод включает использование специальных систем мониторинга для анализа сетевого трафика. Такие системы могут отслеживать объем передаваемых данных, идентифицировать протоколы, и выявлять трафик, представляющий интерес для дальнейшего анализа.

3. Сбор данных с контроллера SDN. В сетях SDN, контроллер является централизованным узлом управления. Сбор данных с контроллера позволяет получить информацию о текущем состоянии сети, ее топологии, и действиях, предпринятых контроллером для управления трафиком и ресурсами.

4. Сбор данных с симуляций. Этот метод включает создание виртуальных моделей сети для проведения симуляций и тестирования различных сценариев. Симуляции позволяют анализировать поведение сети в контролируемой среде, без непосредственного воздействия на реальные устройства.

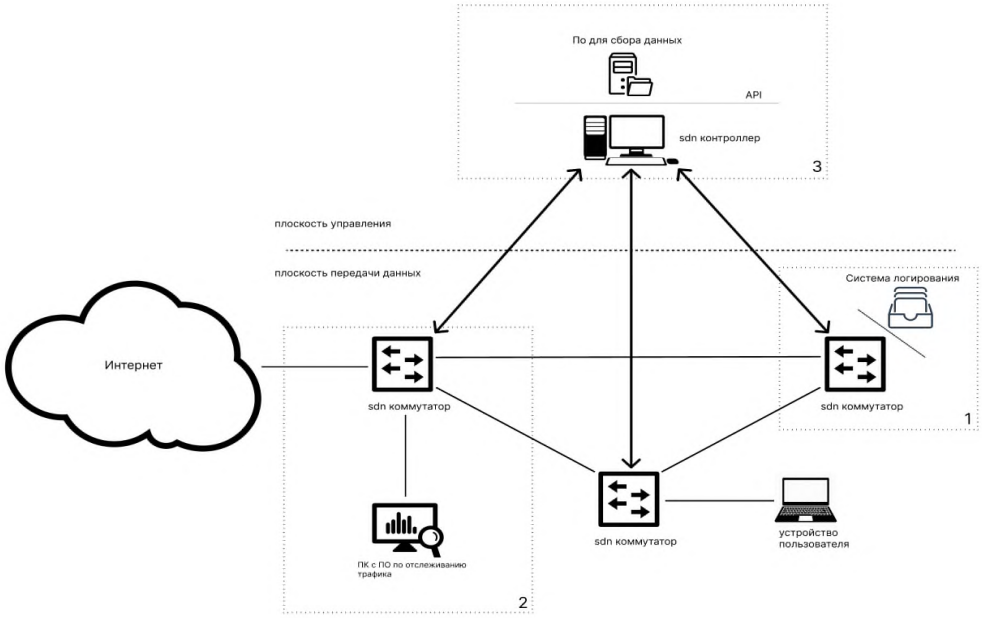


Рис. 1. Схема архитектуры SDN с решениями по сбору данных

Классификация трафика

Классификация трафика имеет ключевую роль в SDN, так как при качественной реализации этой функции сеть может оптимально работать с имеющимися ресурсами, распределяя их в зависимости от ситуации, реагировать на приоритетный трафик, тем самым обеспечивая нужный QoS, обеспечить безопасность и т.д.

Классификация, основанная на заранее определенных правилах - самый простой и при этом самый ненадежный способ классификации. Например, правило может указывать, что весь трафик на порту 80 является HTTP-трафиком. Этот метод прост в настройке, но на сегодняшний день множество приложений работают на динамических портах, из-за чего такой метод становится попросту неэффективным.

Метод, основанный на DPI, работает по принципу анализа содержимого сетевых пакетов и сравнения их с неким количеством шаблонов на основе регулярных выражений, определяющих к какому приложению относится трафик. Метод позволяет точно классифицировать трафик, но, в связи с этим, требует высоких вычислительных мощностей и огромную базу шаблонов, что постоянно должна пополняться.

Метод основанный на поведении анализирует поведение сетевого трафика и классифицирует его на основе образцов, которыми могут выступать объём передачи данных, частота запросов и ответов, задержки и прочее. Метод является очень ситуативным, так как при анализе действует поверхностно.

Ещё одним способом классификации трафика является метод, основанный на машинном обучении. Обученная модель может правильно распознавать зашифрованный трафик и требует меньше вычислительных мощностей, в сравнении с DPI методом. Данный метод классификации трафика позволяет автоматически выявлять образцы в трафике и классифицировать его без необходимости предварительного определения правил.

Методы обработки и подготовки данных

Обработка и подготовка данных являются критическим этапом в построении модели машинного обучения. В случае набора данных, содержащего информацию о сетевом трафике, этот процесс включает в себя ряд шагов для обеспечения качественного и эффективного обучения модели. Основные этапы метода обработки и подготовки данных подобных данных:

1. Обработка отсутствующих данных. Проверка данных на наличие пропущенных значений. Решение проблем с отсутствующими данными, такие как удаление строк или заполнение пропусков средними значениями.

2. Обработка дубликатов. Проверка наличия дубликатов в данных и их удаление, если они существуют.

3. Кодирование категориальных данных. Преобразование текстовых или номинальных данных (например, Label, L7Protocol) в числовой формат. Можно использовать техники, такие как One-Hot Encoding.

4. Нормализация числовых данных. Нормализация числовых признаков для обеспечения однородности шкал. Это может включать в себя масштабирование значений от 0 до 1 или использование Z-преобразования.

5. Удаление выбросов. Идентификация и удаление выбросов в данных, чтобы предотвратить искажение результатов модели.

6. Преобразование времени. Преобразование временных меток в формат, понятный модели, например, в числовой формат или в формат длительности.

7. Инженерия признаков. Создание новых признаков на основе существующих для улучшения предсказательной способности модели. Например, можно создать признаки, связанные с временными интервалами или статистиками по группе признаков.

8. Разделение данных. Разделение данных на обучающий и тестовый наборы. Обучающий используется для тренировки модели, а тестовый - для оценки ее производительности.

9. Работа с несбалансированными данными. Применение техник для работы с несбалансированными классами, такими как взвешивание классов или использование специализированных алгоритмов.

Три ключевых метода подготовки данных включают в себя обработку отсутствующих данных, кодирование категориальных данных и нормализацию числовых данных.

Отсутствующие данные являются распространенным явлением в реальных наборах данных. Их наличие может привести к искажению результатов и даже сбою в обучении модели. Существует несколько подходов к обработке отсутствующих данных, включая удаление соответствующих записей, заполнение пропусков средним или медианным значением, а также использование моделей для предсказания пропущенных значений. Многие алгоритмы машинного обучения требуют числовых данных, поэтому необходимо преобразовать категориальные признаки в числовой формат. Один из распространенных методов - это one-hot encoding, при котором каждая уникальная категория преобразуется в бинарный вектор. Есть также методы, такие как кодирование метками (label encoding), при котором каждой категории присваивается уникальный числовой идентификатор.

Различные признаки в числовых данных могут иметь различные диапазоны значений, что может негативно сказаться на производительности некоторых моделей. Нормализация (или стандартизация) числовых данных позволяет привести все признаки к общему масштабу. Обычно используют стандартное отклонение и среднее значение для преобразования данных так, чтобы они имели среднее значение 0 и стандартное отклонение 1.

Комбинация этих методов может существенно улучшить качество данных и, следовательно, повысить эффективность моделей машинного обучения. Важно отметить, что выбор конкретного метода подготовки данных зависит от характеристик конкретного набора данных и требований конкретной модели. Эффективное сочетание этих методов может существенно повысить производительность модели и ее способность обобщаться на новые данные.

Заключение

В заключение статьи можно отметить, что современное управление сетью SDN/NFV предъявляет высокие требования к адаптивности и эффективности в условиях постоянно меняющихся требований и растущего объема данных. Централизованный подход к управлению трафиком, предложенный с использованием контроллера, хотя и предоставляет определенные преимущества, но также сопряжен с ограничениями.

Машинное обучение вносит существенный вклад, предлагая новые возможности для автоматизации и оптимизации управления устройствами в сети SDN/NFV. Анализ больших объемов данных с использованием алгоритмов машинного обучения позволяет системе управления обнаруживать и предсказывать паттерны трафика в режиме реального времени, адаптируясь к ним и принимая решения по балансировке нагрузки.

Важным этапом исследования является методика сбора и классификации данных, необходимых для обучения нейронных сетей. Рассмотренные методы, такие как сбор логов сетевых устройств, мониторинг трафика, сбор данных с контроллера SDN и симуляции, предоставляют широкий инструментарий для сбора данных, а классификация трафика с применением методов, таких как DPI, поведенческий анализ и машинное обучение, открывает новые перспективы для эффективной обработки сетевого трафика. Таким образом, совмещение технологий сети SDN/NFV с методами машинного обучения предоставляет перспективное решение для создания интеллектуальных систем управления сетью, способных адаптироваться к динамике современных сетевых требований и обеспечивать оптимальное распределение ресурсов.

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научный исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Елагин В. С., Пупцев Р. И. Проблемы развития OSS-систем при миграции сетей NGN/IMS в направлении SDN/NFV, 20XX.

2. Елагин В.С., Онуфриенко А.В. Как оператору заработать на OTT-сервисах и причем тут SDN? // T-Comm: телекоммуникации и транспорт. 2017. Том 11. №1. С. 17-20.

3. Искусственный интеллект. Прикладные аспекты применения нейронных сетей в системах управления инфокоммуникациями Елагин В.С. Владыко А.Г., Пупцев Р.И. Окунева Д.В. ГОУВПО СПбГУТ. СПб, 2020.

4. АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВЫМИ РЕСУРСАМИ В СЕТЯХ 5G Елагин В.С., Васин А.С. T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2023. Т. 17. № 5. С. 32-41.

5. АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ НА МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЕ Нихаенко К.М., Пупцев Р.И. В сборнике: Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2022). Сборник лучших докладов Всероссийской научно-технической и научно-методической конференции магистрантов и их руководителей. Сост. Н.Н. Иванов. Санкт-Петербург, 2023. С. 269-273.

6. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАГРУЗКИ КОНТАКТ-ЦЕНТРА Васылив Н.И., Есалов К.Э., Кисляков С.В., Пупцев Р.И. В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2019). сборник научных статей VIII Международной научно-технической и научно-методической конференцияи : в 4 т.. 2019. С. 201-205.

Karpychev M., Nikhaenko K., Pupcev R.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Analysis of the features of the application of the apparatus of neurocognitive architectures for dynamic management of the SDN/NFV network.

The use of machine learning methods and neural networks will create an intelligent system for dynamic management of computing resources of the SDN/NFV network. The methods of data collection for their subsequent use in the training sample are proposed, and the algorithm of data preparation is analyzed. Data classification methods for SDN/NFV networks are highlighted, which can be used to create an intelligent system for dynamic management of computing and network resources.

Key words: SDN/NFV, machine learning, neutron networks, data collection, data processing, traffic classification, dynamic management of computing resources.

3.4 Оптоэлектронные технологии (фотоника) в инфокоммуникациях

УДК 535.14, 372.862
ГРНТИ 29.05.15, 29.01.45

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ВЛИЯНИЯ ФИЛЬТРА И ФАЗОВРАЩАТЕЛЯ НА ПОВЕДЕНИЕ ОДИНОЧНЫХ ФОТОНОВ В ИНТЕРФЕРОМЕТРЕ МАХА-ЦЕНДЕРА

Г. Р. Бразовский, М. С. Былина, А. И. Исупов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В докладе представлена новая лабораторная работа по дисциплине «Квантовые коммуникации», выполняемая на созданном в СПбГУТ виртуальном лабораторном комплексе с интерферометром Маха-Цендера. Целями работы являются закрепление у студентов знаний о поведении квантовых объектов – фотонов, экспериментальное подтверждение существования их интерференции и реальности квантовой суперпозиции, исследование влияния фазовращателя на наблюдаемую интерференционную картину, получение навыков применения математического аппарата квантовой механики.

виртуальная лабораторная установка, интерференция, квантовая оптика, интерферометр Маха-Цендера, одиночный фотон, вектор состояния.

Для обеспечения лабораторного практикума по специальным дисциплинам в СПбГУТ используются не только физические, но и виртуальные лабораторные установки [1, 2]. В [1] представлена виртуальная лабораторная установка, созданная для дисциплины «Квантовые коммуникации» и позволяющая проводить целый комплекс лабораторных работ по исследованию квантовых явлений.

Авторами была подготовлена новая лабораторная работа на базе этой установки, посвященная исследованию влияния фильтров и фазовращателей на поведение одиночных фотонов в интерферометре Маха-Цендера (ИМЦ).

Лабораторная установка содержит ИМЦ, состоящий из двух полупрозрачных и двух непрозрачных зеркал, источник одиночных фотонов и два детектора единичных фотонов. Для проведения исследований в плечи ИМЦ можно устанавливать фильтры и фазовращатели.

Схемы, предлагаемые студентам для исследования, представлены на рис. 1. Расположение источника и его длину волны, а также параметры фильтров и фазовращателей требуется настраивать в соответствии с выполняемым вариантом работы.

Перед проведением экспериментальных исследований студенты должны выполнить теоретический расчет вероятностей регистрации одиночных фотонов детекторами и поглощения фотона в каждой схеме. Для расчета вероятностей используется принятое в квантовой механике описание фотона

вектором состояния, а оптического компонента – матрицей, связывающей векторы состояния фотона на его входе и выходе.

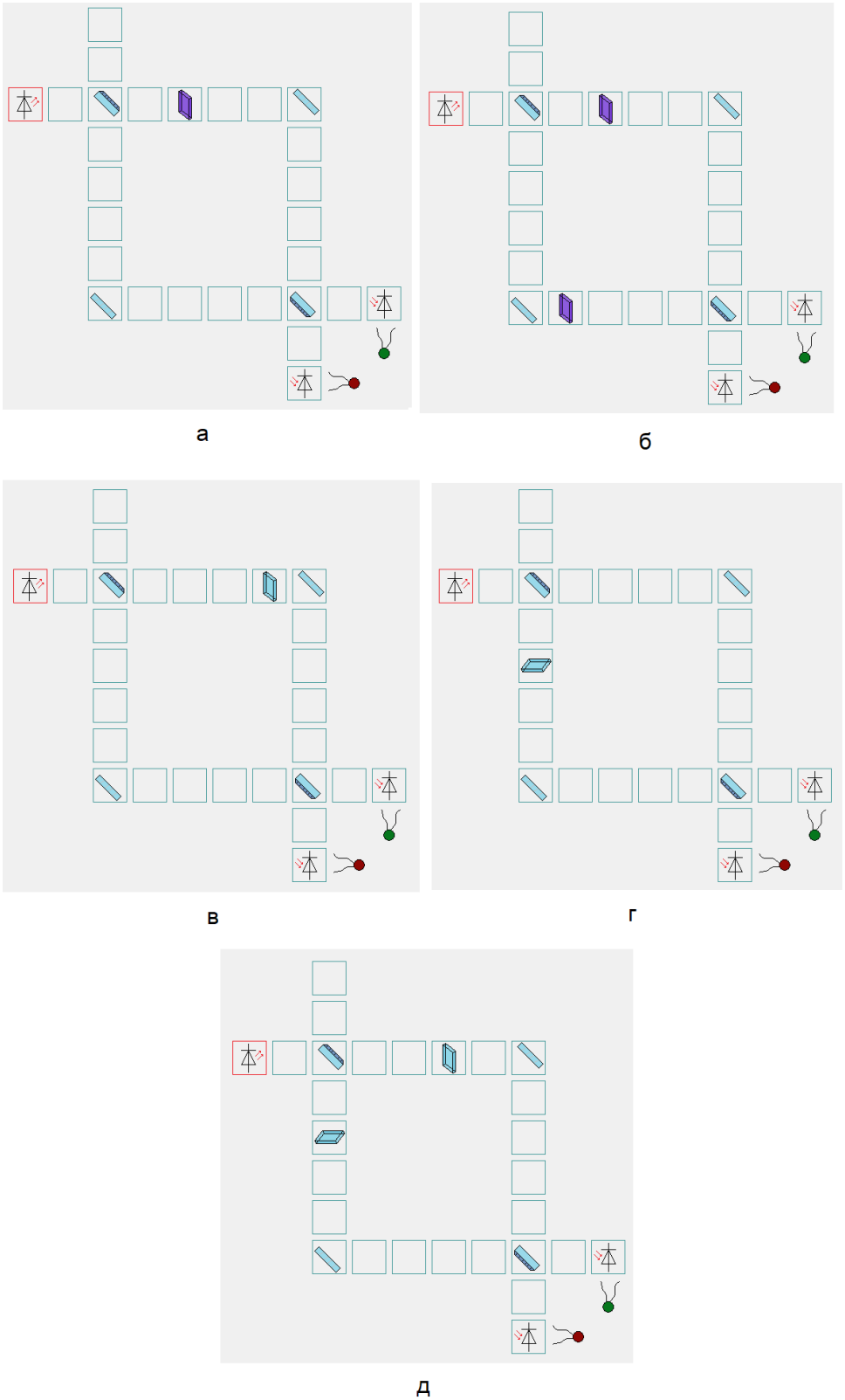


Рис. 1. Схемы исследования влияния на работу ИМЦ:
а, б – фильтров, в-д – фазовращателей

Фотон в схемах на рис. 1 можно описать вектором состояния в двумерном гильбертовом пространстве [1-4], образованном базисными векторами:

$$|X\rangle = \begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix}, |Y\rangle = \begin{pmatrix}0\\1\end{pmatrix}. \quad (1)$$

Базисные векторы представляют собой векторы состояния фотонов, распространяющихся вдоль осей X и Y соответственно. В общем случае вектор состояния фотона можно записать следующим образом:

$$|s\rangle = X \cdot |X\rangle + Y \cdot |Y\rangle = \begin{pmatrix}X\\Y\end{pmatrix}. \quad (2)$$

где X и Y – комплексные амплитуды вероятности, удовлетворяющие условию:

$$|X|^2 + |Y|^2 = 1. \quad (3)$$

Физический смысл комплексных амплитуд вероятности таков, что вероятности обнаружить фотон движущимся вдоль оси X или Y соответственно равны $P_X = |X|^2$ и $P_Y = |Y|^2$.

Отметим, что при поглощении фотона фильтром или другим компонентом вероятности его обнаружения будут равны 0. В этом случае говорить о векторе состояния и комплексных амплитудах вероятности бессмысленно, однако для формальных расчетов удобно ввести нулевой вектор состояния (2), описывающий отсутствие фотона, при $X = Y = 0$.

Используемый в лабораторной работе фильтр мы считаем пластиной из материала, полностью поглощающего фотоны в полосе длин волн от $\lambda_{\text{н.п.}}$ до $\lambda_{\text{к.п.}}$.

Для фотонов вне полосы поглощения фильтр считается полностью прозрачным и описывается матрицами преобразования [2]:

$$F_X = \begin{pmatrix}1 & 0\\0 & 1\end{pmatrix}, F_Y = \begin{pmatrix}1 & 0\\0 & 1\end{pmatrix} \quad (4)$$

Для фотонов в полосе поглощения фильтр считается полностью непрозрачным и его матрицы преобразования принимают вид:

$$F_X = \begin{pmatrix}0 & 0\\0 & 1\end{pmatrix}, F_Y = \begin{pmatrix}1 & 0\\0 & 0\end{pmatrix} \quad (5)$$

Матрица F_X в (4) или (5) применяется, если фильтр установлен на пути фотона, движущегося вдоль оси X. В случае установки фильтра на пути фотона, движущегося вдоль оси Y, применяется матрица F_Y.

Варианты исследований составлены так, что в одной из схем фотон с некоторой ненулевой вероятностью будет поглощен фильтром.

Матрицу, описывающую поведение фазовращателя, установленного на пути фотона, движущегося вдоль осей X или Y соответственно, можно записать следующим образом [1, 2]:

$$PS_X = \begin{pmatrix}e^{i\varphi} & 0\\0 & 1\end{pmatrix}, PS_Y = \begin{pmatrix}1 & 0\\0 & e^{i\varphi}\end{pmatrix} \quad (6)$$

где φ – фазовая задержка вносимая фазовращателем.

Матрицы BS1 и BS2 двух полупрозрачных зеркал и матрица M непрозрачных зеркал, входящих в состав ИМЦ, приведены в [1, 2].

Экспериментальное исследование заключается в том, что студенты проводят многократную симуляцию работы каждой схемы и фиксируют число срабатываний каждого из детекторов и число поглощенных фотонов. Результаты измерений записываются в таблицу 1. По результатам измерений рассчитываются наблюдаемые вероятности регистрации одиночных фотонов детекторами и поглощения фотона в каждой схеме, которые сопоставляются с ранее выполненными теоретическими расчетами.

Для примера рассчитаем вектора состояний и теоретические вероятности срабатывания детекторов для схемы 5 (рис. 1д).

ТАБЛИЦА 1. Результаты измерений и расчетов

Схема	Кол-во фотонов N_O	Набл. число срабатываний детекторов		Набл. число поглощенных фотонов	Набл. вероятности срабатывания детекторов		Набл. вероятность поглощения фотона	Теоретич. вероятности срабатывания детекторов		Теоретич. вероятность поглощения фотона
		N_X	N_Y	$N_П$	P_X	P_Y	$P_П$	P_{Xm}	P_{Ym}	$P_П$
1	300									
	500									
	700									
	1000									
	1300									
…										
5	300									
	500									
	700									
	1000									
	1300									

Исходные данные для расчета возьмем следующие:

- источник расположен на оси X;
- длина волны источника 850 нм;
- фазовая задержка, вносимая фазовращателем расположенным на оси

$$\text{X},\ \varphi_X = 0{,}3\pi;$$

- фазовая задержка, вносимая фазовращателем расположенным на оси

$$\text{Y},\ \varphi_Y = 1{,}1\pi.$$

Вектор состояния фотона на выходе источника будет равен:

$$|s_0\rangle = |X\rangle = \begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix}$$

Вектор состояния на выходе первого полупрозрачного зеркала

$$|s_1\rangle = BS1 \cdot |s_0\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1 & -1\\ 1 & 1\end{pmatrix}\cdot\begin{pmatrix}1\\0\end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\1\end{pmatrix}$$

Вектор состояния на выходе фазовращателя, расположенного на пути фотона, распространяющегося вдоль оси Y:

$$|s_2\rangle = PS_Y \cdot |s_1\rangle = \begin{pmatrix}1 & 0\\ 0 & e^{i\varphi_Y}\end{pmatrix}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\1\end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\e^{i\varphi_Y}\end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\e^{i1.1\pi}\end{pmatrix}$$

Вектор состояния на выходе фазовращателя, расположенного на пути фотона, распространяющегося вдоль оси X:

$$|s_3\rangle = PS_X \cdot |s_2\rangle = \begin{pmatrix}e^{i\varphi_X} & 0\\ 0 & 1\end{pmatrix}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1\\e^{i1.1\pi}\end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}e^{i\varphi_X}\\e^{i1.1\pi}\end{pmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}e^{i0.3\pi}\\e^{i1.1\pi}\end{pmatrix}$$

Вектор состояния после отражения от пары непрозрачных зеркал:

$$|s_4\rangle = M \cdot |s_3\rangle = \begin{pmatrix}0 & -1\\ -1 & 0\end{pmatrix}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}e^{i0.3\pi}\\e^{i1.1\pi}\end{pmatrix} = \frac{-1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}e^{i1.1\pi}\\e^{i0.3\pi}\end{pmatrix}$$

Вектор состояния на выходе второго полупрозрачного зеркала:

$$|s_5\rangle = BS2 \cdot |s_4\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}1 & 1\\ -1 & 1\end{pmatrix}\cdot\frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}e^{i1.1\pi}\\e^{i0.3\pi}\end{pmatrix} = \frac{-1}{2}\begin{pmatrix}e^{i0.3\pi}+e^{i1.1\pi}\\e^{i0.3\pi}-e^{i1.1\pi}\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}0.219e^{i0.7\pi}\\0.673e^{i1.2\pi}\end{pmatrix}$$

Теоретические вероятности срабатывания детекторов:

$$P_X = \left|0.219e^{i0.7\pi}\right|^2 = 0.095, P_Y = \left|0.673e^{i1.2\pi}\right|^2 = 0.905$$

Таким образом, в работе студенты закрепляют знания о принципах действия и компонентах ИМЦ и о поведении квантовых объектов – фотонов, экспериментально подтверждают существование интерференции одиночных фотонов и реальности квантовой суперпозиции, исследуют влияние фильтров и фазовращателей на наблюдаемую интерференционную картину, получают навыки применения математического аппарата квантовой механики.

Авторами подготовлены варианты выполнения лабораторной работы и контрольные вопросы к ее защите. В настоящее время работа внедряется в учебный процесс кафедры Фотоники и линий связи СПбГУТ.

Список используемых источников:

1. Бразовский Г.Р., Былина М.С., Исупов А.И. Виртуальная лабораторная установка с интерферометром Маха-Цендера для изучения квантовых явлений. Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. XII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция (АПИНО-2023); сб. науч. ст. в 4 т. - СПб.: СПбГУТ, 2023. Т. 4. С. 365-370.

2. М. С. Былина, А. И. Андрюнин, А. В. Фраз Квантовые коммуникации. Часть 1. Изучение квантовых явлений : лабораторный практикум. Санкт-Петербург : СПбГУТ, 2022., 62 с.

3. П. С Чернов. Квантовая механика : конспект лекций (избранные вопросы). – Пенза : Издательство Пензенского университета, 2013. – 126 с.

4. Никитин Н. В., Томс, К. С., Фотина О. В. Аксиомы квантовой механики. – М.: Университетская книга, 2015. – 130 с.

Brazovskii G., Bylina M., Isupov A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Laboratory work on the study of the effect of the filter and phase shifter on the behavior of single photons in the mach-zehnder interferometer.

The report presents a new laboratory work on the discipline "Quantum Communications", performed on a virtual laboratory complex with a Mach-Zehnder interferometer created at SPbSUT. The objectives of the work are to consolidate students' knowledge about the behavior of quantum objects – photons, experimental confirmation of the existence of their interference and the reality of quantum superposition, investigation of the influence of the phase shifter on the observed interference pattern, obtaining skills in applying the mathematical apparatus of quantum mechanics.

Key words: virtual laboratory setup, interference, quantum optics, Mach-Zehnder interferometer, single photon, state vector.

УДК 535.36
ГРНТИ 29.31.15

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВЫНУЖДЕННОГО РАССЕЯНИЯ МАНДЕЛЬШТАМА-БРИЛЛЮЭНА НА ОШИБКИ В КАНАЛЕ ВОЛС

А. А. Мажирина, А. Н. Сигаев
ОАО «СУПЕРТЕЛ»

Проведен ряд экспериментов, которые показали влияние ВРМБ на коэффициент ошибок в канале связи. Влияние вынужденного рассеяния Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ) на ошибки в линии проявилось при меньших уровнях мощности, чем ожидалось. Сделаны предположения о механизмах такого влияния.

ошибки в канале связи, рассеяние Мандельштама-Бриллюэна, пороговое значение мощности

Волокно является нелинейной средой, в которой вектор электрической индукции является функцией напряженности поля. В литературе рассматриваются несколько эффектов, вызванных нелинейностью волокна: стимулированное рассеяние Рамана, стимулированное рассеяние Мандельштама-Бриллюэна (ВРМБ), автофазная модуляция, кросс-фазная модуляция и четырехволновое смешение. Все они влияют на искажение сигнала в волокне и на появление ошибок при приеме.

Скорость передачи в канале связи и скорость появления битовых ошибок являются основными характеристиками линии. В последнее десятилетние магистральным направлением развития систем DWDM является увеличение скорости передачи за счет все более сложных многопозиционных видов модуляции – от 100 до 800 и выше гигабит в секунду в одном канале. Но, тем не менее, наряду со сложными видами модуляции в сетях связи применяют и амплитудную модуляцию со скоростями до 10 Гбит/сек.

Нас интересовали практические вопросы – какой физический эффект в первую очередь оказывает влияние на передачу сигналов формата OTU-2, если происходит повышении мощности в канале, и какие требования к мощности сигнала мы должны предъявить, чтобы уменьшить это влияние.

Обычным требованием к скорости появления битовых ошибок является значение 10^{-12} и менее. Следовательно, тот эффект, который первым проявляет себя при увеличении уровня сигнала, будет основной причиной ошибок. Самый низкопороговый нелинейный эффект для узкополосного монохроматического излучения – это ВРМБ, он начинается с порога около 5 дБм, и доходит до максимума около 8 – 10 дБм.

Однако, для модулированного колебания в литературе приводятся оценки пороговой мощности ВРМБ в 20 - 22 дБм, это объясняется

расширением спектра при модуляции. Поскольку в DWDM системе мощность обычно меньше, то следует ожидать [1], что влияние ВРМБ (или SBS) мало.

Наши исследования показали, что эта оценка порога оказалась завышенной.

Предполагая найти изменения в параметрах сигнала после прохождения линии, мы начали с определения уровня порога мощности, выше которого появляются ошибки в канале. Для экспериментов была использована катушка из волокна G.652 длиной 40 км.

На рис.1 в верхней части показаны зависимости Кош от мощности для трех SFP модулей трех различных производителей. При превышении определенного порога мощности лавинообразно возрастает количество ошибок. Проявилась зависимость порогового значения от фирмы-производителя модуля.

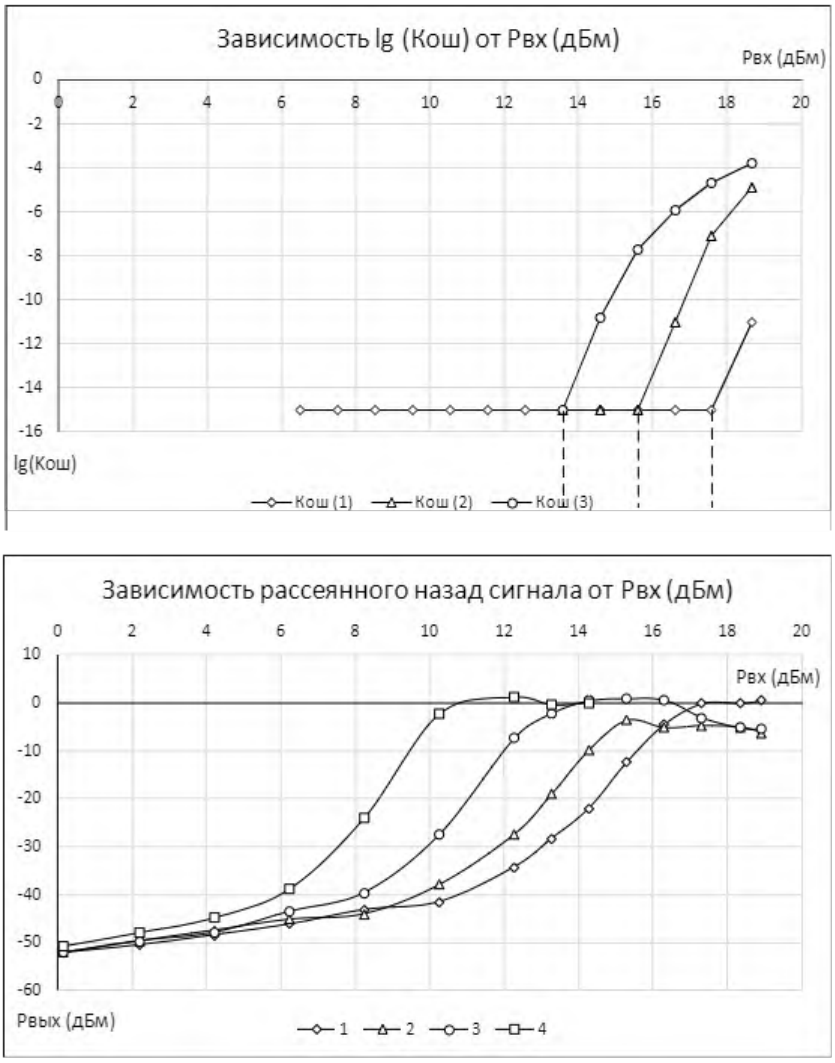


Рис.1. Зависимость коэффициента ошибок от уровня мощности на входе в волокно G.652 в пролете 40 км для трех модулей различных производителей (вверху); зависимость мощности рассеянного назад сигнала на стоксовой частоте ВРМБ для трех модулей SFP (2,3,4) и одночастотного немодулированного сигнала (1) (внизу).

Далее мы попытались определить - с каким параметром сигнала, легко поддающимся измерению, можно связать это пороговое значение.

В нашем распоряжении был анализатор спектра высокого разрешения на основе ВРМБ рассеяния. С его помощью мы провели тщательные измерения спектров модулированного сигнала в начале и в конце линии при разных значениях мощности сигнала (Рис.2). Легко заметить изменения в спектре при достижении порога нелинейности. Но оценка порогового значения только по изменению формы спектра оказалась затруднительной, поскольку модули различных производителей отличались между собой как спектрами модулированных колебаний на выходе передатчика, так и характером изменения спектра после прохождения линии. Выработать общий критерий оценки спектра пока не удалось.

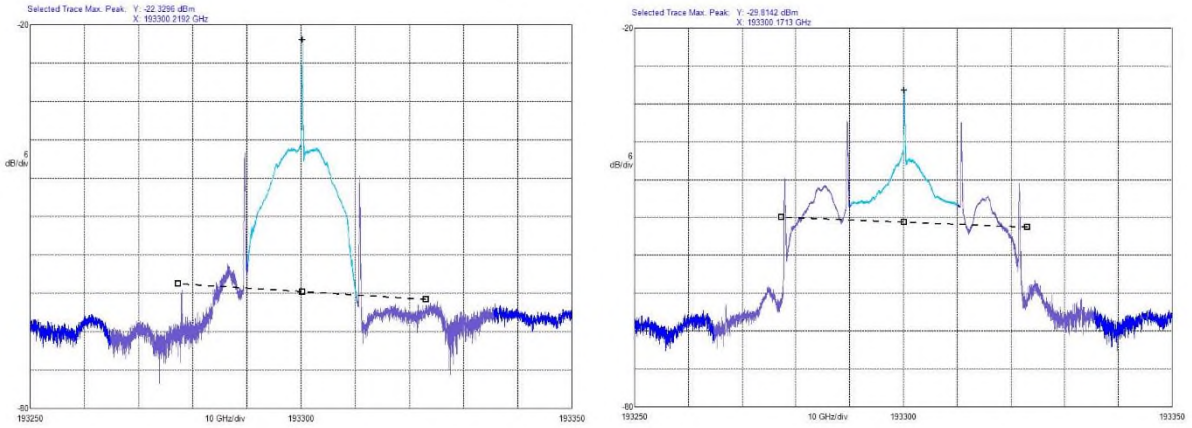


Рис.2. Спектр сигнала OTU-2 на входе и на выходе волокна для модуля производителя модулей №1.

Однако, исследования спектров показали, что у различных модулей он имеет общие особенности:

Во-первых, в спектре хорошо заметны несущая частота и две боковые, связанные с амплитудной модуляции сигнала, смещенные на величину тактовой частоты.

Во-вторых – в спектре виден широкий спектр псевдослучайного сигнала между тактовыми частотами.

В-третьих – при возрастании уровня мощности увеличиваются относительные значения мощности тактовой частоты и их гармоники, появляются новые полосы в спектре.

В-четвертых - порог мощности наступления изменений в спектре совпадает с появлением битовых ошибок.

Эти пороговые величины, составляющие от 10 до 16 дБм в канале, а также форма спектра появившейся второй боковой полосы, сходная с формой первой боковой, перенесенной вместе с несущей на величину тактовой частоты, обратили наше внимание на возможное влияние эффекта ВРМБ.

Чтобы показать наличие ВРМБ, мы провели исследования рассеянного и прошедшего сигнала через катушку волокна. Для измерения соотношения спектральных компонент мы использовали анализатор спектра высокого разрешения с полосой 3 пм. Высокое разрешение позволило измерить раздельно мощность несущей и стоксовой компоненты.

Измерение спектров прошедшего через волокно сигнала на несущей частоте 193,3011 ТГц и рассеянного от входного торца на частоте 193,2903 ТГц дало результаты (Рис.3), качественно совпадающие с приведенными на рис.7.3 в источнике [2], рассеяния Бриллюэна.

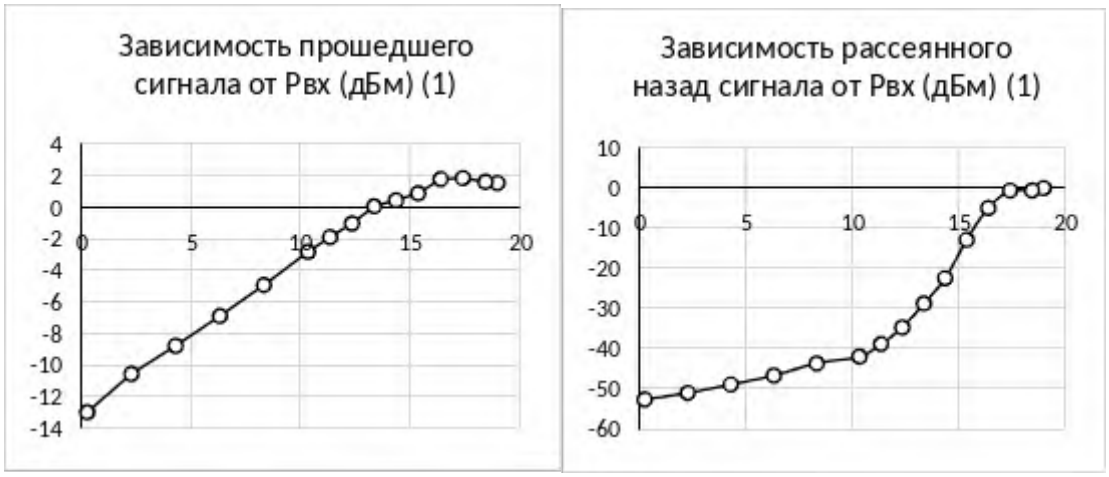


Рис.3. Зависимость мощности прошедшего через волокно сигнала 193,3011 ТГц от мощности на входе в волокно (слева) и стоксовой частоты 193,2903 ТГц (справа), отраженной от входа.

Были проведены исследования рассеянной мощности на частоте ВРМБ для модулей трех различных производителей, полученные результаты приведены на рис.1 (внизу). Из верхней части рисунка опущены вниз линии уровней мощности сигнала на входе волокна в соответствующих образцах SFP модулей, при которых начинали появляться ошибки.

Хорошо видно, что точка начала появления ошибок соответствует области насыщения роста рассеянного сигнала ВРМБ и перехода к горизонтальной части графика. Полагаем, что это соответствует процессу ВРМБ второго порядка [3] при котором начинается эффективное взаимодействие оптической несущей с акустической решеткой, наведенной в волокне сигналом ВРМБ первого порядка. При этом осуществляется эффективное взаимодействие между компонентами ВРМБ, несущей и боковой частотой амплитудной модуляции OTU-2, вследствие того, что последняя практически точно соответствует стимулированной стоксовой частоте ВРМБ. Это взаимодействие и приводит к паразитной модуляции, выражающейся при приеме сигналов в появлении битовых ошибок.

Таким образом, мы отмечаем, что:

1. ВРМБ проявляет себя при значительно более низких, на 6-8 дБ ниже, чем ожидалось, уровнях мощности в канале DWDM систем, и вызывает появление ошибок.
2. Пороговый уровень ВРМБ при использовании модулированного по амплитуде сигнала практически определяется уровнем мощности несущей.
3. Сигнал OTU-2 имеет гармоники тактовой частоты, смещенные на 10,7 ГГц от несущей, на такую же величину смещена стоксова составляющая ВРМБ, это обстоятельство создает условия для их эффективного взаимодействия.

Список используемых источников:

1. Листвин В.Н., Трещиков В.Н./ DWDM системы – М.: Наука, 2013
2. Агравал Г.П./ Применение нелинейной волоконной оптики. — Спб.: Лань, 2011.
3. C.Wolff, M.J.A.Smith, B.Stiller, and C.G.Poulton,// Brillouin scattering – theory and experiment: tutorial. – vol.38, № 4, April 2021, Journal of the Optical Society of America B, p.1243-1269.

Sigaev A., Mazhirina A.

JSC SUPERTEL

Experimental assessment of the influence of stimulated Mandelshtam-Brillouin scattering on errors in the FOCL channel.
A number of experiments were carried out that showed the influence of SBS on the error rate in the communication channel. The effect of stimulated Mandelstam-Brillouin scattering (SBS) on line errors appeared at lower power levels than expected. Assumptions are made about the mechanisms of such influence.

Key words: errors in the communication channel, Mandelstam-Brillouin scattering, power threshold.

УДК 681.7.0686
ГРНТИ 29.31.27

АТАКА НА СИСТЕМУ КВАНТОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕРАЦИИ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ В КРИСТАЛЛЕ ФАЗОВОГО МОДУЛЯТОРА

Б. А. Наседкин, Д. А. Сурин, В. С. Шумигай, Д. А. Яшин
Национальный исследовательский университет ИТМО

Квантовое распределение ключей является одним из передовых методов защиты информации и защищённой коммуникации, который теоретически гарантирует безусловную безопасность. Практические реализации систем квантового распределения ключей выполнены из неидеальных компонентов, что влечет за собой необходимость изучения их уязвимостей. В данной работе проведено исследование уязвимости, связанной с генерацией второй гармоники в кристалле фазового модулятора.

квантовое распределение ключей, генерация второй гармоники, фазовый модулятор, квантовый взлом

Квантовое распределение ключей (КРК) – это метод защиты информации и безопасной коммуникации, который основан на фундаментальных принципах квантовой механики. КРК позволяет сгенерировать одинаковый ключ (случайную последовательность битов) у двух удаленных пользователей таким образом, чтобы он был недоступен третьим лицам. Теоретическая модель КРК гарантирует безусловную безопасность, то есть отсутствие предположений о возможностях злоумышленника, который ограничен только законами природы [1].

На практике системы квантового распределения ключей изготавливаются с использованием реальных компонентов, которые обладают недостатками и ограничениями [2]. Наличие уязвимостей позволяет злоумышленнику осуществлять так называемые атаки на техническую реализацию, примерами которых являются атака «Троянский конь» [3], атака с ослеплением детектора [4], атака с лазерным повреждением оптических компонентов [5] и другие [6]. При разработке систем КРК необходимо учитывать возможность атак и разрабатывать контрмеры к ним.

Одним из компонентов, которые используются в системах квантового распределения ключей, является фазовый модулятор [7]. Фазовые модуляторы часто изготавливаются на основе кристалла ниобата лития, который является нелинейным материалом, благодаря чему в нем возможно осуществление нелинейных процессов. С наличием у кристалла нелинейной восприимчивости второго порядка связаны такие эффекты, как параметрическая генерация, генерация суммарных и разностных частот, а также генерация второй гармоники (ГВГ) – образование излучения с

удвоенной частотой в результате взаимодействия оптической волны с определенной частотой со средой [8].

В случае если в системе КРК на стороне получателя используются фазовый модулятор и детектор одиночных фотонов (ДОФ), нарушитель может использовать эффект ГВГ для осуществления атаки: ввести в систему излучение на длине волны, лежащей за пределами чувствительности мониторного фотодиода [9, 10], таким образом оставшись незамеченным, при этом излучение второй гармоники, сгенерированное в кристалле фазового модулятора, попадет в диапазон чувствительности лавинного фотодиода, который является основным элементом ДОФ, то есть может ослепить детектор – вывести его из режима счета одиночных фотонов (рис. 1).

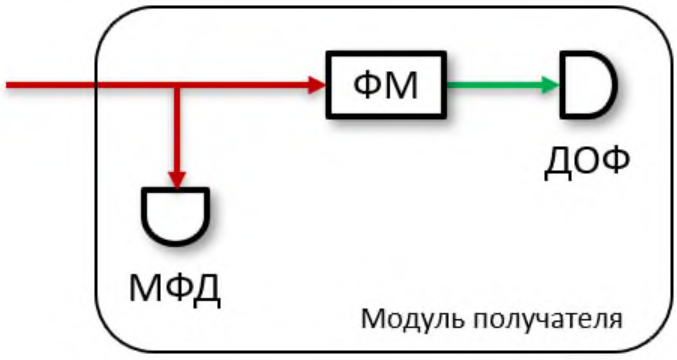


Рис. 1. Схема атаки. Красным показано излучение накачки, которое не регистрируется мониторным фотодиодом МФД, расположенным до фазового модулятора ФМ. Зеленым показано излучение второй гармоники, сгенерированное в кристалле ФМ, которое способно ослепить детектор одиночных фотонов ДОФ.

Для реализации ГВГ необходимо выполнение условия фазового синхронизма [11], которое удобно рассмотреть, как равенство нулю волновой расстройки. В общем случае, значение фазовой расстройки можно записать для первого и второго типов синхронизма в виде:

[redacted]

$$\Delta k_{II} = \frac{2\pi}{\lambda}\left(n_o(\lambda) + n_e(\lambda) - 2n_e\left(\frac{\lambda}{2}\right)\right), \#(2)$$

где λ – длина волны излучения накачки, n_o и n_e – показатели преломления ниобата лития для обыкновенной и необыкновенной волны соответственно [12].

С использованием формул 1 и 2, были получены зависимости волновой расстройки от длины волны накачки для первого и второго типа синхронизма (рис. 2).

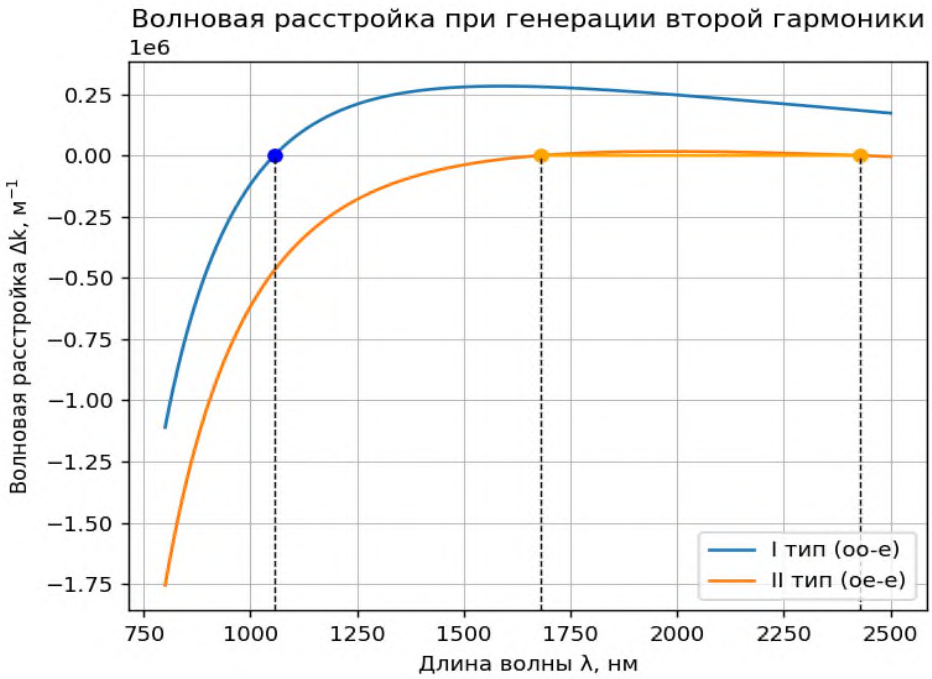


Рис. 2. Зависимости волновой расстройки от длины волны для двух типов синхронизма

Таким образом, условие фазового синхронизма для непрерывного излучения в ниобате лития выполняется на длинах волн $\lambda =$ 1055 нм для I типа и $\lambda =$ 1679 нм и $\lambda =$ 2428 нм для II типа.

В качестве исследуемого образца был выбран кристалл ниобата лития x-среза размерами 54x3x1 мм, подготовленный для использования в фазовом модуляторе, который представлен на рис. 3.

Рис. 3. Фотография кристалла ниобата лития x-среза, подготовленного для использования в фазовом модуляторе

Схема экспериментальной установки по генерации второй гармоники в нелинейном кристалле фазового модулятора представлена на рис. 4. Длина волны накачки 1050 нм была выбрана исходя из расчета.

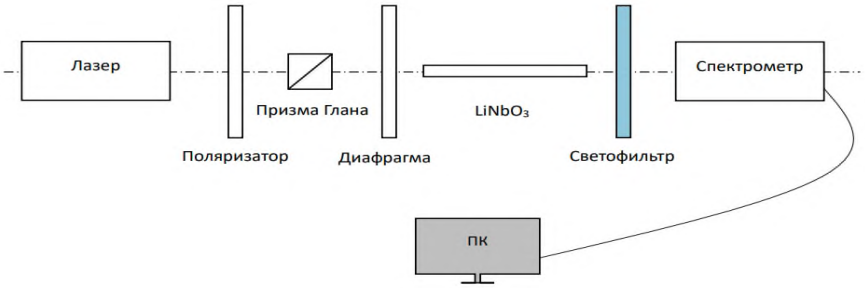


Рис. 4. Схема экспериментальной установки для измерения спектрального состава излучения второй гармоники

На спектре излучения второй гармоники (рис. 5) присутствует пик с центральной длиной волны 525 нм и полушириной 3,8 нм. Максимальная мощность излучения второй гармоники составляет 181 мкВт, чего достаточно для ослепления детектора [13], при мощности накачки 47 мВт, которая достаточно мала, чтобы не вызвать разрушения волокна [14].

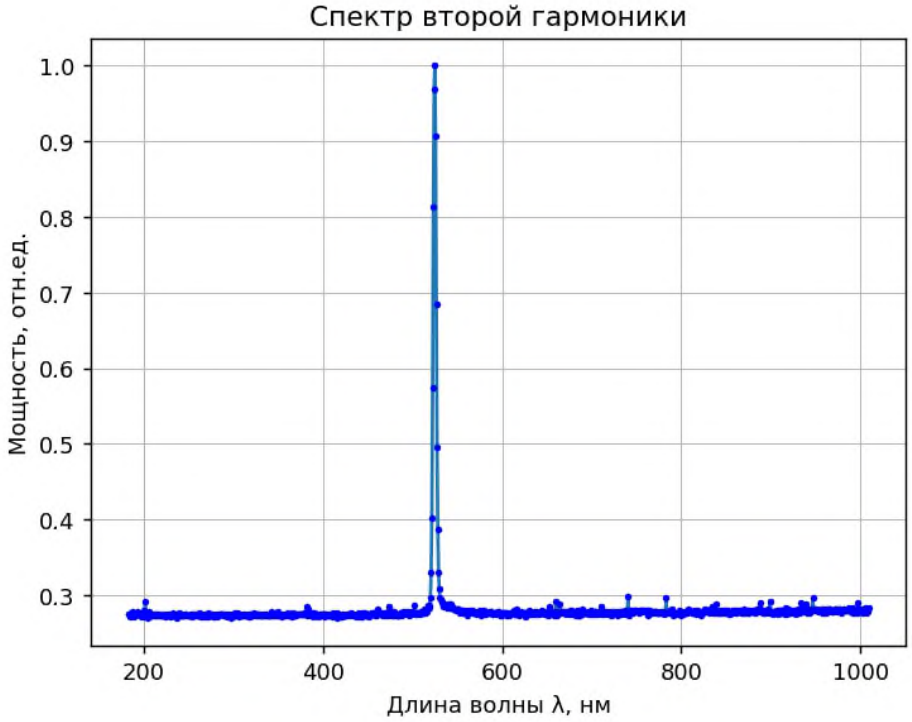


Рис. 5. Спектр излучения второй гармоники

Излучение на рассчитанных длинах волн можно использовать для генерации в кристалле фазового модулятора излучения второй гармоники, которое в свою очередь может ослепить лавинные фотодиоды на основе кремния и арсенида индия-галлия, при этом исходное излучение останется незамеченным, так как не попадает в диапазон чувствительности фотодиода. Эта уязвимость может быть использована для атаки на техническую реализацию систем квантового распределения ключей.

Список используемых источников:

1. Diamanti E. et al. Practical challenges in quantum key distribution // npj Quantum Information. – 2016. – V. 2. – No. 1. – P. 1-12.
2. Huang A. et al. Laser-seeding attack in quantum key distribution // Physical Review Applied. – 2019. – V. 12. – No. 6. – P. 064043.
3. Jain N. et al. Trojan-horse attacks threaten the security of practical quantum cryptography // New Journal of Physics. – 2014. – V. 16. – No. 12. – P. 123030.
4. Huang A. et al. Testing random-detector-efficiency countermeasure in a commercial system reveals a breakable unrealistic assumption // IEEE Journal of Quantum Electronics. – 2016. – V. 52. – No. 11. – P. 1-11.
5. Huang A. et al. Laser-damage attack against optical attenuators in quantum key distribution // Physical Review Applied. – 2020. – V. 13. – No. 3. – P. 034017.
6. Sun S., Huang A. A review of security evaluation of practical quantum key distribution system // Entropy. – 2022. – V. 24. – No. 2. – P. 260.
7. Duplinskiy A. et al. Fast polarization QKD scheme based on LiNbO3 phase modulators // International Conference on Micro-and Nano-Electronics 2016. – SPIE, 2016. – V. 10224. – P. 762-768.
8. Helt L. G., Liscidini M., Sipe J. E. How does it scale? Comparing quantum and classical nonlinear optical processes in integrated devices // JOSA B. – 2012. – V. 29. – No. 8. – P. 2199-2212.
9. Si APDs Hamamatsu Photonics [Электронный ресурс]. URL: https://www.hamamatsu.com/us/en/product/optical-sensors/apd/si-apd.html (дата обращения: 20.10.2023).
10. InGaAs APDs Hamamatsu Photonics [Электронный ресурс]. URL: https://www.hamamatsu.com/us/en/product/optical-sensors/apd/ingaas-apd.html (дата обращения: 20.10.2023).
11. Hobden M. V. Phase-matched second-harmonic generation in biaxial crystals // Journal of Applied Physics. – 1967. – V. 38. – №. 11. – P. 4365-4372.
12. Nikogosyan D. N. Nonlinear optical crystals: a complete survey. – Springer Science & Business Media, 2006.
13. Yuan Z. L., Dynes J. F., Shields A. J. Avoiding the blinding attack in QKD // Nature Photonics. – 2010. – V. 4. – No. 12. – P. 800-801.
14. Huang A. et al. Laser-damage attack against optical attenuators in quantum key distribution // Physical Review Applied. – 2020. – V. 13. – No. 3. – P. 034017.

Nasedkin B., Surin D., Shumigay V., Yashin D.

ITMO University

Attack on the quantum key distribution system using second harmonic generation in a phase modulator crystal.

Quantum key distribution is one of the advanced methods of information protection and secure communication, which theoretically guarantees unconditional security. Practical implementations of quantum key distribution systems are made of non-ideal components, which entails the need to study their vulnerabilities. This paper investigates the vulnerability associated with second harmonic generation in a phase modulator crystal.

Key words: quantum key distribution, second harmonic generation, phase modulator, quantum hacking.

3.5 Программная инженерия

УДК 004.428.2
ГРНТИ 50.41.25

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МОШЕННИЧЕСКИХ ТРАНЗАКЦИЙ В СЕТИ ETHEREUM

В. Н. Бакатов, Э. Э. Исхаков, А. В. Помогалова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Многие системы предпочитают использовать блокчейн-технологии для повышения безопасности создаваемых систем, фиксации информации и хранения. Это обусловлено децентрализацией, хэшированием данных, а также фиксацией любых производимых изменений. Любой человек или система могут вносить изменения и записывать транзакции в блокчейн-сети. Однако, именно это является причиной появления мошеннических транзакций и узлов сети, которые способствуют записи таких транзакций. Данная работа посвящена изучению моделей машинного обучения для обнаружения мошеннических транзакций в сети Ethereum.

блокчейн, машинное обучение, Ethereum, мошеннические транзакции

Фрауд-транзакции в блокчейне представляют собой мошеннические операции, осуществляемые в рамках технологии блокчейн. Блокчейн - это децентрализованная и прозрачная система хранения данных, которая обеспечивает безопасность и надежность транзакций. Однако, как и любая другая технология, блокчейн не является полностью защищенным от возможных мошеннических действий. Фрауд-транзакции в блокчейне могут принимать различные формы, например:

1. Двойные траты: Мошенник может совершить две или более транзакции, используя одни и те же криптовалютные средства. Он может попытаться подтвердить обе транзакции одновременно, что противоречит базовым принципам блокчейна, где каждая транзакция должна быть уникальной.
2. Манипуляции с данными: Мошенники могут изменять или подделывать данные в блокчейне, чтобы получить неправомерную выгоду. Например, они могут изменить информацию о сделках или балансах, чтобы создать иллюзию выполнения определенных операций.
3. Фишинговые атаки: Злоумышленники могут создавать поддельные блокчейн-платформы, кошельки или веб-сайты, чтобы обмануть пользователей и получить доступ к их личным данным или криптовалютным средствам.

Используемый датасет транзакций состоит из 9840 записей. Данные были разделены следующим образом: 22.1% - мошеннических транзакций, 77.9% - немошеннических транзакций, что видно на рис.1.

```
class      : count    : percent
Fraud      : 7662     : 77.86%
Non-fraud  : 2179     : 77.14%
```

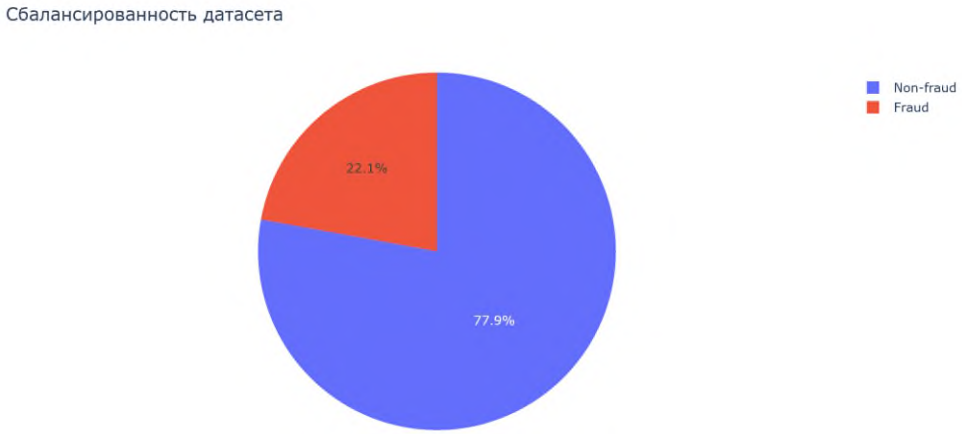


Рис. 1. Результат выполнения проверки сбалансированности

Для нахождение зависимостей между данными и целевой переменной использовалась матрица корреляции, представленной на рис 2. Каждый элемент матрицы отражает степень линейной связи между двумя переменными, измеряемую на шкале от -1 до 1. Значение 1 указывает на идеальную положительную корреляцию, -1 - на идеальную отрицательную корреляцию, а 0 - на полное отсутствие линейной связи. Данные связи позволяют возможные модели поведения, которые могут указывать на мошенничество в сети Ethereum.

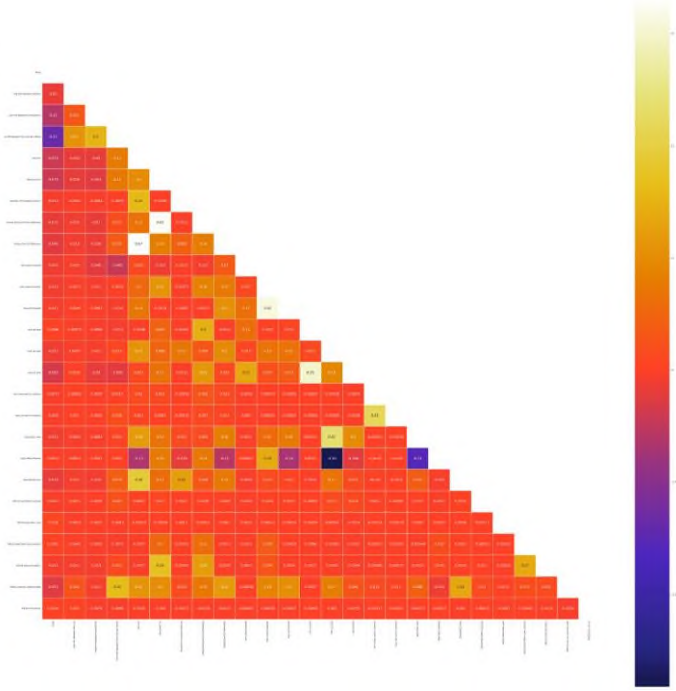


Рис. 2. Матрица корреляции

Наиболее коррелирующими признаками являются следующие:

- Avg_min_between_received_tnx (Среднее время между полученными транзакциями для данного аккаунта в минутах): Аккаунты, которые чаще получают транзакции с более короткими интервалами времени, могут быть связаны с определенными мошенническими действиями или активностью.
- Time_Diff_between_first_and_last (Разница во времени между первой и последней транзакцией в минутах): Периоды между первой и последней транзакцией могут также сигнализировать о потенциальных мошеннических действиях, возможно, связанных с уходом от наблюдения или разработкой определенных схем.
- Sent_tnx (Общее количество отправленных обычных транзакций) и Received_tnx (Общее количество полученных обычных транзакций): Аккаунты, которые активно отправляют и получают транзакции, более вероятно связаны с мошеннической активностью в сети Ethereum.

Понимание этих корреляций позволяет выделить потенциальные факторы, которые следует учитывать при анализе мошенничества в сети. Однако стоит помнить, что корреляция не обязательно означает причинно-следственную связь, и дополнительные исследования и анализы могут быть необходимы для более глубокого понимания этих взаимосвязей.

В ходе работы были исследованы следующие модели для выявление fraud-транзакций:

- DecisionTreeClassifier
- RandomForestClassifier
- MLPClassifier
- KNeighborsClassifier
- AdaBoostClassifier
- LGBMClassifier
- XGBClassifier

Итоговые показатели представлены в таблице 1. Наилучший результат был получен с использованием модели XGBClassifier. Данная модель основана на алгоритме градиентного бустинга, что позволяет ей эффективно выявлять мошеннические транзакции. Градиентный бустинг является мощным методом машинного обучения, который строит ансамбль деревьев решений, позволяя модели достичь высокой точности и способности обобщения. Анализ различных алгоритмов классификации позволил выделить XGBClassifier как наиболее подходящий вариант для данной задачи. Модель была обучена с использованием следующих параметров:

- Максимальная глубина дерева = 6
- Скорость обучения (learning rate) = 0.3
- Максимальное изменение шага (Max delta step) = 0
- Минимальный вес дочернего узла (Min child weight) = 1

ТАБЛИЦА 1. Итоговые показатели моделей

	Decision Tree Classifier	AdaBoostClassifier	Decision Tree Classifier	Gradient Boosting Classifier	LGBM Classifier	Random Forest Classifier	**XGB Classifier**
Accuracy	0.972575	0.971559	0.972575	0.978669	0.985272	0.980701	**0.985780**
Precision	0.922903	0.930394	0.922903	0.957245	0.962791	0.970944	**0.971631**
Recall	0.953162	0.939110	0.953162	0.943794	0.969555	0.939110	**0.962529**
F1-score	0.937788	0.934732	0.937788	0.950472	0.966161	0.954762	**0.967059**

Финансирование

Публикация подготовлена в рамках прикладных научный исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. График мошеннических транзакций.. URL: https://www.theblock.co/data/on-chain-metrics/flows/known-illicit-btc-flows-as-of-total-flows (дата обращения 29.10.2023)
2. Датасет. URL: https://www.kaggle.com/datasets/vagifa/ethereum-frauddetection-dataset

Bakatov V., Iskhakov E., Pomogalova A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Research of machine learning models for detecting fraudulent transactions on the ethereum network.
Many systems prefer to use blockchain technologies to improve the security of created systems, record information and storage. This is due to decentralization, data hashing, and recording of any changes made. Any person or system can make changes and record transactions on a blockchain network. However, this is precisely the reason for the emergence of fraud transactions and network nodes that facilitate the recording of such transactions. This work is devoted to the study of machine learning models for detecting fraud transactions on the Ethereum network.

Key words: blockchain, machine learning, Ethereum, fraud transactions.

УДК 004.855.5
ГРНТИ 28.23.37

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНИМОСТИ КОДОВ БЧХ ПРИ ОБУЧЕНИИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ АРХИТЕКТУРЫ AUTOENCODER

А. А. Березкин, С. В. Данилин, Д. В. Матвеев, И. А. Туманов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной статье исследуется применение нейронных сетей для процесса сжатия данных, а также их способность к восстановлению данных с учетом добавления циклических кодов. Исследована роль кодов БЧХ, в повышении точности сжатия данных и возможности более явного выделения данных для моделей. Результаты обучения различных моделей автоэнкодеров с и без использования БЧХ кодирования выявило, что модели, обученные с использованием БЧХ кодирования, продемонстрировали более высокую эффективность в обработке данных, чем их аналоги без такого кодирования.

автоенкодер, анализ данных, машинное обучение, сжатие информации, циклические коды.

В настоящее время многие задачи требуют сжатия данных с минимальными потерями информации. Однако, с использованием нейронных сетей для сжатия данных с потерями возникает вопрос об обучении модели до идеальной точности. Эффективное сжатие данных с сохранением критически важных информационных признаков остается сложной задачей. В данной статье исследуется, как нейронные сети могут использоваться для сжатия данных и как добавление циклических кодов, таких как БЧХ [1], может улучшить процесс сжатия и восстановления данных.

В мире современных технологий, обработка и сжатие данных стали неотъемлемой частью работы многих приложений и систем. Однако, сжатие данных с потерями представляет собой сложную задачу, так как она включает в себя поиск оптимального баланса между сохранением важных информационных аспектов и уменьшением объема данных.

Цель сжатия данных заключается в том, чтобы хранить или передавать данные в более компактной форме, чем оригинальные данные, с минимальной потерей информации. Это особенно важно в сферах, связанных с хранением больших объемов данных, передачей данных [2] по сети или оптимизацией вычислений.

С использованием нейронных сетей для сжатия данных возникает проблема сложности обучения модели до идеальной точности, что может привести к существенным потерям информации. Это вызывает необходимость находить новые подходы и методы для улучшения процесса сжатия и восстановления данных.

В качестве такого подхода рассмотрена роль циклических кодов, таких как БЧХ коды, которые могут помочь улучшить точность сжатия и обеспечить более структурированное разделение данных для обучения моделей. БЧХ коды, известные своей возможностью исправления ошибок в данных, могут быть ключевым инструментом в обеспечении сохранности важных данных при сжатии.

Автоэнкодеры (Autoencoder - AE) [3] представляют собой класс искусственных нейронных сетей, используемых для сжатия данных путем создания компактного представления и восстановления исходных данных из этого представления. AE обучается минимизировать потерю восстановления, чтобы приближать входные данные к исходным. Это базовая модель для сжатия данных. AE состоят из двух основных компонентов: кодировщик и декодер (рис. 1).

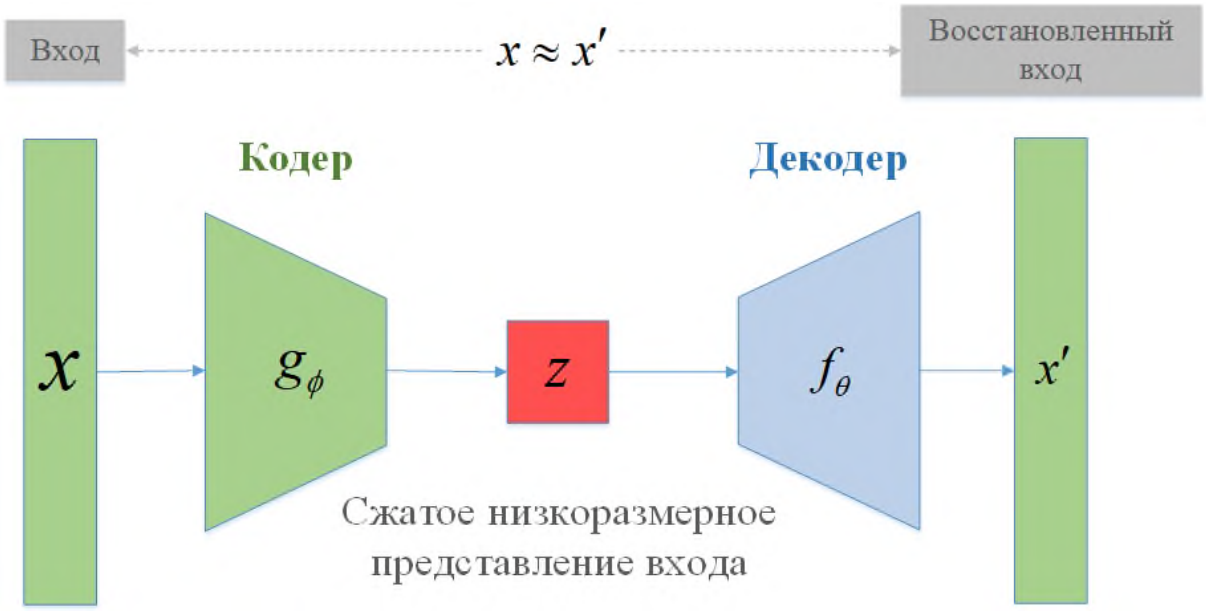


Рис. 1. Структура автоэнкодера

Основные компоненты AE:

1. Кодер (Encoder): кодировщик g представляет собой модель нейронной сети, которая принимает исходные данные x и преобразует их в низкоразмерное скрытое представление z, также называемое латентным пространством. Кодировщик обучается извлекать наиболее важные признаки из входных данных и сжимать их в компактное представление.

2. Скрытое представление (Latent Space) z: это низкоразмерное представление, полученное кодировщиком, которое содержит наиболее значимую информацию об исходных данных. Оно используется для сжатия данных и представляет собой ключевой элемент в AE.

3. Декодер (Decoder): декодер f принимает скрытое представление z и восстанавливает исходные данные из этого представления x'. Он обучается генерировать выходные данные x', приближенные к исходным данным x.

Преимущества AE:

1. Способность к сжатию информации: автоэнкодеры позволяют сжимать данные и извлекать наиболее значимые признаки из входных данных, что полезно при хранении и передаче данных.

2. Уменьшение размерности данных: сжатие данных с помощью автоэнкодеров может ускорить обработку данных и повысить эффективность алгоритмов машинного обучения, особенно при работе с большими объемами данных.

3. Обучение без разметки данных: автоэнкодеры могут быть обучены на неразмеченных данных, что делает их полезными для задач обнаружения аномалий и изучения данных.

4. Генерация новых данных: автоэнкодеры могут быть использованы для генерации новых данных, что полезно в задачах генеративного искусства и синтеза данных.

5. Применение в различных задачах: автоэнкодеры могут использоваться для реконструкции данных, сжатия, улучшения качества изображений, сегментации и классификации данных.

Недостатки AE:

1. Потеря информации: не всегда возможно полностью восстановить исходные данные после сжатия и декодирования, что может привести к потере информации.

2. Сложность интерпретации скрытого представления: трудно определить, какие именно признаки были зафиксированы в скрытом представлении и как они связаны с исходными данными.

3. Требуется длительное время обучения: обучение автоэнкодеров может потребовать много времени, особенно при работе с большими объемами данных.

4. Автоенкодеры не всегда лучше других архитектур моделей: не всегда удается достичь лучших результатов с использованием автоэнкодеров, особенно при работе с очень большими наборами данных.

AE представляют собой мощный инструмент для сжатия данных, но требуют внимательного подхода к выбору параметров и архитектуры модели, а также понимания их преимуществ и ограничений. В следующем разделе статьи более подробно рассмотрены различные их виды.

Вариационный автоэнкодер (Variational AutoEncoder - VAE) [4]: VAE - это модификация автоэнкодера, которая вводит вероятностный элемент в скрытое пространство. Вместо простого сжатия данных в фиксированное представление, VAE создает распределение скрытого представления. Это позволяет генерировать новые данные из латентного пространства и повышает обобщающую способность модели.

Масочный автоэнкодер (Msked AutoEncoder - MAE): MAE использует бинарную маску, чтобы выбирать элементы входных данных, которые будут использоваться при обучении модели. Это простой и эффективный способ

фильтрации данных, но не подходит для всех задач, где некоторые элементы данных не могут быть проигнорированы.

Контрактивный автоэнкодер (Contrastive Autoencoder - CAE) [5]: CAE добавляет регуляризацию Якобиана для обеспечения стабильности скрытого представления и борьбы с переобучением. CAE обучается на малом количестве размеченных данных и устойчив к шуму во входных данных.

Все четыре вышеупомянутых модели (AE, VAE, CAE, MAE) используют концепцию «бутылочного горлышка», где скрытое представление имеет меньшую размерность по сравнению с исходными данными. Это решение принимается сознательно и обладает своими плюсами и минусами.

Плюсы «бутылочного горлышка»:

1. Сжатие информации: уменьшение размерности в скрытом представлении позволяет сжимать данные, что полезно для хранения и передачи информации.

2. Извлечение наиболее значимых признаков: благодаря «бутылочному горлышку», автоэнкодеры извлекают наиболее значимые признаки из данных, что может помочь в задачах анализа и классификации.

Минусы «бутылочного горлышка»:

1. Потеря информации: уменьшение размерности может привести к потере некоторой информации, что делает восстановление исходных данных менее точным.

2. Сложность восстановления: более низкая размерность скрытого представления может затруднить точное восстановление исходных данных.

3. Зависимость от задачи: эффективность бутылочного горлышка зависит от конкретной задачи и выбранной архитектуры автоэнкодера.

В итоге, «бутылочное горлышко» является важным аспектом в работе автоэнкодеров, и его использование требует внимательного анализа в контексте конкретной задачи. Каждая из вышеупомянутых моделей применяет «бутылочное горлышко» с учетом своих особенностей.

Для оценки влияния БЧХ кодов на сжатие данных, были проведены эксперименты, в рамках которых обучались идентичные модели, различающиеся только наличием или отсутствием БЧХ кодирования во входных данных. В одном случае входные данные подвергались БЧХ кодированию, в результате чего данные содержали избыточность. В другом случае модели обучались без использования БЧХ кодов, и, следовательно, дополнительная избыточность отсутствовала.

Условия обучения моделей:

1. максимальное количество эпох обучения - 100000;

2. обучение завершалось досрочно, если модель достигала цели в виде нулевого числа ошибок;

3. обучение завершалось досрочно и считалось неудачным если модель не проявляла прогресса в течение 50 эпох.

Каждая модель обучалась на входных данных, представляющих собой последовательность из нулей и единиц, Это означает, что для входных данных длиной 7 битов существует $2^7 = 128$ возможных комбинаций, от [0000000] до [1111111].

Кроме того, стоит отметить, что количество слоев в энкодере и декодере для всех моделей совпадает. Например, для входных данных длины 7 каждая модель имеет по 3 слоя в энкодере и декодере. Аналогично, для входных данных длиной 15 используется по 4 слоя в энкодере и декодере.

Также важным аспектом является то, что скрытое пространство для всех моделей составляет 1 нейрон. Это значит, что каждая модель стремится представить входные данные в одном нейроне скрытого слоя, а точнее в его весовых коэффициентах.

Эксперимент позволил оценить, как использование БЧХ кодирования влияет на процесс обучения моделей и на результаты сжатия данных. В таблице 1 представлены результаты обучения автоэнкодеров с использованием БЧХ кодирования входных данных.

ТАБЛИЦА 1. Результаты обучения автоэнкодеров с использованием кодов БЧХ

Мо-дель	Вход	БЧХ код	Кол-во ошибок на конец обучения	Исправляемые кодом ошибки	Итого ошибок	Эпоха достижения наименьшего количества ошибок	Кол-во эпох обучения
AE	7	(7, 4)	3	1	2	71	48000
	15	(15, 5)	6	3	3	41292	78135
	15	(15, 7)	10	2	8	1	60
	15	(15, 11)	10	1	9	96	2344
VAE	7	(7, 4)	3	1	2	40	128
	15	(15, 5)	8	3	5	43	178
	15	(15, 7)	9	2	7	24	557
	15	(15, 11)	12	1	11	12	450
CAE	7	(7, 4)	3	1	2	234	100000
	15	(15, 5)	8	3	5	1	84
	15	(15, 7)	9	2	7	6	55
	15	(15, 11)	10	1	9	541	585
MAE	7	(7, 4)	0	1	0	6	6
	15	(15, 5)	0	3	0	16	16
	15	(15, 7)	0	2	0	4	4
	15	(15, 11)	0	1	0	2	2

Модели обучались на входных данных разных размеров и конфигурациях кодирования. Очевидно, что обучение моделей AE, VAE и CAE с добавлением кодов БЧХ часто прерывалось из-за медленного прогресса, что может свидетельствовать о сложности обучения этих моделей с дополнительными кодами БЧХ.

В то время как модель MAE с БЧХ кодированием успешно достигла цели (0 ошибок) в каждом случае, что указывает на ее высокую эффективность.

В таблице 2 представлены результаты обучения автоэнкодеров без использования кодов БЧХ кодирования на входных данных разных размеров.

ТАБЛИЦА 2. Результаты обучения автоэнкодеров без использования кодов БЧХ

Модель	Размер входа	Кол-во ошибок на конец обучения	Эпоха достижения наименьшего кол-ва ошибок	Кол-во эпох обучения
AE	4	2	139	397
	5	4	1	163
	7	6	1	61
	11	9	7	89
VAE	4	3	4	4353
	5	4	1	51
	7	6	1	130
	11	9	1	1789
CAE	4	3	1	130
	5	4	1	157
	7	6	10	64
	11	8	4	321
MAE	4	0	59	59
	5	0	19	19
	7	0	4	4
	11	0	2	2

Модели AE и VAE без БЧХ-кодирования также столкнулись с трудностями в обучении, что привело к досрочной остановке из-за медленного прогресса. Модель CAE без БЧХ-кодирования также испытывала сложности в обучении и прерывалась по той же причине. Тем временем модели MAE без БЧХ-кодирования успешно достигли цели (0 ошибок) в каждом случае.

Полученные результаты указывают на сложность обучения автоэнкодеров в целом и важность выбора правильных параметров и методов кодирования для достижения оптимальных результатов. Модели AE, VAE и CAE с использованием БЧХ кодирования столкнулись с трудностями, возможно, из-за дополнительной сложности, вносимой кодами БЧХ.

С другой стороны, модели MAE с БЧХ кодированием продемонстрировали эффективность в управлении данными с избыточностью. Модели без использования БЧХ кодирования также сталкивались с проблемами в обучении, но, возможно, в меньшей степени, чем их аналоги с кодами БЧХ.

Рассмотрим результаты полученных моделей с и без использования кодов БЧХ:

1. AE:

- модель AE (7, 4) обучилась хуже, чем AE без БЧХ кодов, и достигла наименьшего количества ошибок (2) за 96 эпох. Однако БЧХ код (7, 4) позволил исправить 1 ошибку, что позволило выйти на такой же уровень ошибок за меньшее количество эпох (71);
- модель AE (15, 5) обучилась хуже, чем AE без БЧХ кодов, и достигла наименьшего количества ошибок (9) за 96 эпох, но БЧХ код (15, 5) позволил исправить 3 ошибки. Таким образом, модель AE (15, 5) достигла меньше числа ошибок, но за большее количество эпох (41292);
- модель AE (15, 7) обучилась хуже, достигнув наименьшего количества ошибок (10) за 1 эпоху, и БЧХ код (15, 7) позволил исправить 2 ошибки, в то время как AE без бчх кодов уже на 1 эпохе имела 6 ошибок;
- модель AE (15, 11) обучилась хуже, чем AE без БЧХ кодов, и достигла наименьшего количества ошибок (10) за 96 эпох, при этом БЧХ код (15, 11) позволил исправить 1 ошибку, что позволило выйти на такой же уровень ошибок, но за большее количество эпох.

2. VAE:

- модель VAE (7, 4) обучилась лучше и быстрее, чем VAE без БЧХ кодов, и достигла наименьшего количества ошибок (3) за 43 эпохи. БЧХ код (7, 4) позволил исправить 1 ошибку, что уменьшило итоговое количество ошибок до 2;
- модель VAE (15, 5) обучилась хуже, чем VAE без БЧХ кодов, и достигла наименьшего количества ошибок (8) за 43 эпох. БЧХ код (15, 5) позволил исправить 3 ошибки;
- модель VAE (15, 7) обучилась хуже, чем VAE без БЧХ кодов, достигнув наименьшего количества ошибок (9) за 24 эпохи, и БЧХ код (15, 7) позволил исправить 2 ошибки;
- модель VAE (15, 11) обучилась хуже, чем VAE без БЧХ кодов, и достигла наименьшего количества ошибок (12) за 12 эпох, при этом БЧХ код (15, 11) позволил исправить 1 ошибку.

3. CAE:

- модель CAE (7, 4) обучилась также, как и CAE без БЧХ кодов, и достигла наименьшего количества ошибок (3) за 234 эпохи. БЧХ код (7, 4) позволил исправить 1 ошибку, что позволило достичь меньшего числа ошибок (2);
- модель CAE (15, 5) обучилась хуже, чем CAE без БЧХ кодов, и достигла наименьшего количества ошибок (8) за 1 эпоху. БЧХ код (15, 5) позволил исправить 3 ошибки;
- модель CAE (15, 7) обучилась хуже, чем CAE без БЧХ кодов, достигнув наименьшего количества ошибок (9) за 6 эпохи, и БЧХ код (15, 7) позволил исправить 2 ошибки;

- модель CAE (15, 11) обучилась хуже, чем CAE без БЧХ кодов, и достигла наименьшего количества ошибок (10) за 541 эпоху. БЧХ код (15, 11) позволил исправить 1 ошибку.

4. MAE:

- модель MAE (7, 4) обучилась быстрее, чем MAE без БЧХ кодов, и достигла наименьшего количества ошибок (0) за 6 эпох;
- модель MAE (15, 5) обучилась быстрее, чем MAE без БЧХ кодов, и достигла наименьшего количества ошибок (0) за 16 эпох;
- модель MAE (15, 7) обучилась быстрее, чем MAE без БЧХ кодов, и достигла наименьшего количества ошибок (0) за 4 эпохи;
- модель MAE (15, 11) обучилась быстрее, чем MAE без БЧХ кодов, и достигла наименьшего количества ошибок (0) за 2 эпохи.

Выводы

Сравнение результатов обучения различных моделей автоэнкодеров с и без использования БЧХ кодирования выявило, что модели, обученные с использованием БЧХ кодирования, продемонстрировали более высокую эффективность в обработке данных, чем их аналоги без такого кодирования. Это говорит о том, что архитектура автоэнкодеров с включенными кодами БЧХ в некоторых случаях способствует более успешному обучению и достижению цели, чем модели без такого кодирования. Дополнительная избыточность, предоставляемая БЧХ кодами, может действительно улучшать процесс обучения и способствовать более эффективному восстановлению данных из-за специально структуры кодового пространства используемого помехоустойчивого кода. Это подчеркивает потенциальные преимущества включения кодов БЧХ в архитектуру автоэнкодеров и подчеркивает их важность в контексте оптимального сжатия и восстановления информации.

Исследование результатов обучения различных моделей автоэнкодеров с и без использования БЧХ-кодирования предоставило полезное понимание процессов сжатия данных с потерями в контексте нейронных сетей.

Сложность обучения автоэнкодеров стала очевидной, особенно в случаях, когда модели AE, VAE и CAE были обучены с использованием БЧХ кодирования. Прерывание обучения из-за медленного прогресса указывает на сложность этого процесса, особенно при наличии дополнительной избыточности в данных.

Значительным результатом в исследовании стала эффективность моделей MAE с БЧХ кодированием. В контексте обработки данных с избыточностью, эти модели успешно достигли цели (0 ошибок) в каждом случае. Это подчеркивает потенциал автоэнкодеров для управления данными, содержащими избыточность, особенно при использовании БЧХ кодирования.

Использование БЧХ кодирования в автоэнкодерах имеет смысл, особенно в случаях, когда данные подвержены возможным искажениям и

ошибкам, например, при передаче по сетям связи. Эти дополнительные коды помогают не только обнаруживать ошибки, но и восстанавливать данные при передаче, обеспечивая надежность и стабильность в условиях возможных помех.

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Кузьмин О. В. Коды Боуза – Чоудхури – Хоквингема в системах обнаружения и исправления ошибок при передаче данных/ Кузьмин О. В., Дружинин В. И. // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - 2013. - №1;
2. Березкин А.А. Нейросетевое кодирование в системах сжатия данных в каналах связи / Березкин А.А., Кукунин Д.С., Киричек Р.В. // Технические средства систем управления и связи. Информационные технологии и технические средства управления (ICCT-2022). Акусооптические и радиолокационные методы измерений и обработки информации (ARMIMP-2022). – 2022. – с. 148-150;
3. Baldi, P. Autoencoders, Unsupervised Learning, and Deep Architectures/ Baldi, P. //Journal of Machine Learning Research, 27, 2012, pp. 37-50;
4. Diederik P. Kingma An Introduction to Variational Autoencoders / Diederik P. Kingma Max Welling // Foundations and Trends in Machine Learning: Vol. 12 (2019): No. 4, pp. 307-392;
5. Salah Rifai Contractive Auto-Encoders: Explicit Invariance During Feature Extraction / Salah Rifai, Pascal Vincent, Xavier Muller [и др.] // Proceedings of the 28 th International Conference on Machine Learning. – 2011.

Berezkin A., Danilin S., Matveev D., Tumanov I.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Research of the applicability of BCH codes in training neural network models of autoencoder architecture.

This article explores the use of neural networks for the data compression process, as well as their ability to recover data taking into account the addition of cyclic codes. The role of BCH codes in increasing the accuracy of data compression and the possibility of more explicit data selection for models has been explored. The results of training various autoencoder models with and without the use of BCH coding revealed that models trained using BCH coding demonstrated higher efficiency in data processing than their counterparts without such coding.

Key words: Autoencoder, data analysis, machine learning, information compression, cyclic codes.

УДК 621.311
ГРНТИ 49.33.29

ОПТИМИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ПРЕДСКАЗАНИЯ ВИДЕО С ПОМОЩЬЮ TENSORRT ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ЗАДЕРЖЕК ПРИ УПРАВЛЕНИИ БПЛА

А. А. Березкин, Д. В. Матвеев, Д. Ю. Савелов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Сжатие видео и уменьшение задержек играют важную роль в современных системах передачи видеоданных. Одним из перспективных направлений в сжатии видео и уменьшении задержек является предсказание видео. В данной статье предлагается способ оптимизации модели для предсказания Dynamic Multi-Scale Voxel Flow Network (DMVFN) с помощью TensorRT, а также проводится анализ полученных оптимизированных моделей. В результате оптимизации, модель была ускорена более чем в 3.5 раз, сохраняя точность предсказаний.

предсказание кадров, видеопоток, МРК, модель DMVFN

В современном мире мы наблюдаем неуклонный рост объема передаваемых данных, что играет важнейшую роль в эффективной доставке информации до конечных пользователей. Оптимальная скорость передачи данных становится все более значимым фактором, определяющим качество пользовательского опыта. Однако, несмотря на это, применение различных методов сжатия данных и устранения задержек в контексте видео передачи остается довольно редким явлением.

Одним из таких методов, который заслуживает большего внимания, является предсказание кадров в видеопотоке. Этот подход позволяет значительно снизить объем передаваемых данных, сохраняя при этом высокое качество видео. Предсказание кадров основано на анализе предыдущих кадров и использовании полученной информации для предсказания следующего кадра. Такой подход позволяет сократить объем передаваемых данных без потери качества визуального восприятия, что в свою очередь способствует более плавному и быстрому воспроизведению видео потока.

Применение предсказания кадров в видеопотоке является одним из многообещающих направлений развития технологий передачи данных. Этот метод может быть особенно полезен в ситуациях, когда доступная пропускная способность ограничена. Он позволяет оптимизировать использование доступных ресурсов и обеспечить более качественное воспроизведение видео для пользователей.

Так, в проекте развития РФ есть отдельный пункт, про внедрение орбитально-наземных гибридных сетей, задержка в которых может достигать 1 секунды [1], что является критически большой задержкой, например, при

управлении беспилотными летательными аппаратами (БПЛА). Команды управления, как правило, имеющие небольшой вес (меньше 5 кб), смогут передаться с достаточно большой скоростью, чтобы сделать возможным управление БПЛА, но кадр, размер которого может достигать десятков мегабайт, не сможет прийти в ответ достаточно быстро, чтобы управляющие команды БПЛА соответствовали реальной обстановке.

Кадры, приходящие по сети с такой задержкой, будут отображать состояние БПЛА, запаздывающее на время задержки, но это время можно нивелировать, предсказывая положение БПЛА средствами предсказания кадров. В таком случае пользователю не будет отображаться полученный от камеры БПЛА кадр. Требуется рассчитывать время, которое тратиться на передачу кадра от БПЛА до оператора, и предсказывать соответствующее количество кадров, “угадывая” положение БПЛА в реальный момент времени, а не в тот, которому соответствует кадр. В тоже время требуется достаточно сильный механизм аналитики, позволяющий понять, что предсказанные кадры действительно соответствуют приходящим кадрам, и позволяющий ограничивать предсказание для избежания появления сильных артефактов на кадре, которые будут накапливаться с ростом количества предсказанных кадров.

Для применения алгоритмов предсказания кадров при управлении БПЛА предлагается использовать архитектуру решения, представленную на рис. 1.

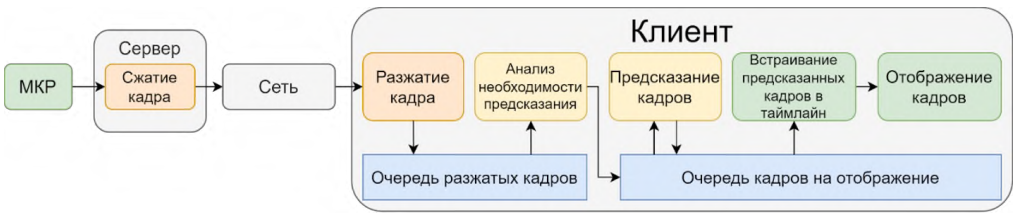


Рис. 1. Архитектура решения

Сервер - источник данных, установленный на БПЛА или находящийся в непосредственной близости к БПЛА, осуществляет сжатие данных и отправляет их по сети на клиентское приложение.

Клиент - машина, с достаточным количеством вычислительных ресурсов, находящаяся в непосредственной близости с машиной оператора БПЛА, или машина оператора БПЛА. Осуществляет разжатие данных и предсказание следующих кадров.

Получив кадр от сервера, клиент разжимает его и складывает в очередь разжатых кадров. Данная очередь передается на вход модулю анализа необходимости предсказания, которых посчитает необходимое количество кадров для предсказания на основе задержки в сети. В случае минимальной задержки стоит сразу отправить кадр в очередь на отображение, так как предсказание будет неоправданным и только увеличит задержку. Если задержка достаточно большая, то полученный кадр используется для

циклического запуска предсказания, и получения N будущих кадров, которые будут добавлены в очередь на отображение. Далее модуль построения временного интервала выберет, какие кадры требуется отобразить пользователю и в какой момент времени и осуществит эту операцию.

Однако в данном решении необходимо минимизировать время работы предсказательной модели. Это можно сделать несколькими способами:

1. выбор наиболее оптимизированных и быстрых моделей;
2. дополнительная оптимизация моделей средствами TensorRT или аналогами и квантование в меньшие размерности;
3. увеличение вычислительных мощностей клиентской машины.

Основной моделью для предсказания в решении является DMVFN [2], которая использует предсказание воксельного потока [3] и динамическую архитектуру, благодаря чему добивается лучших [4] результатов на общеизвестных наборах данных CityScapes [5] и KITTI [6].

В данной статье рассматривается способ оптимизации модели DMVFN, а также влияние этой оптимизации на точность предсказаний.

Стоит отметить, что модель DMVFN уже является очень быстрой моделью, благодаря работе с воксельным потоком и динамической архитектуре. Оптимизация и тесты проводились на видеокарте NVIDIA A100-SXM4-80GB. Для другого оборудования результаты могут значительно отличаться.

Для проведения оптимизации была выбрана библиотека TensorRT [7]. С помощью библиотеки Speedster [8], было определено, что данный подход является наиболее эффективным в сравнении с другими, такими как ONNX и TorchScript.

Архитектура DMVFN (рис. 2) состоит из 9 блоков MVFB и модуля маршрутизации (рис. 3).

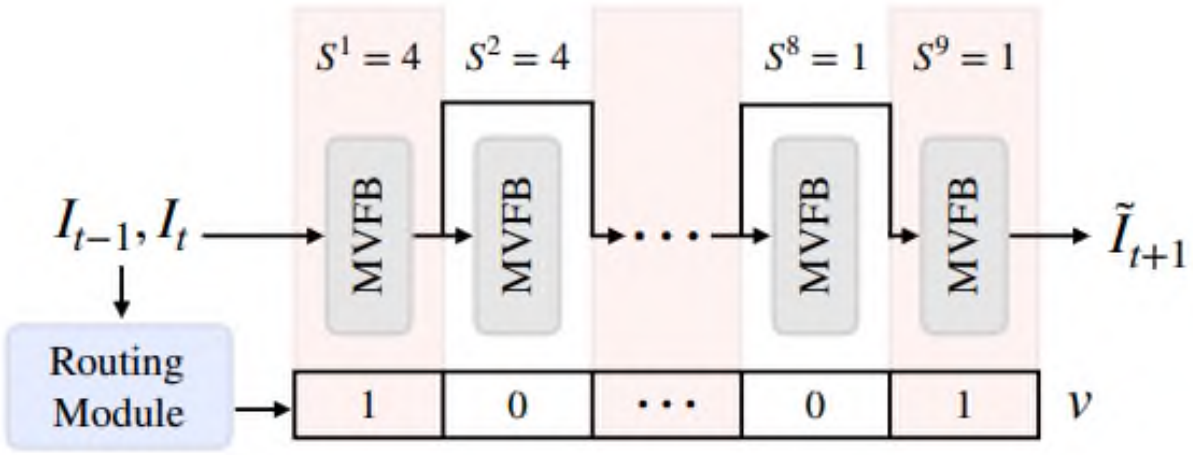


Рис. 2. Архитектура модели DMVFN

Модуль маршрутизации обеспечивает динамическую архитектуру модели, он определяет какие блоки нужно использовать для предсказания

каждого изображения, благодаря чему можно не использовать всю модель для проведения предсказания, тем самым ускоряя модель [9]. В алгоритме маршрутизации присутствует логика, которую невозможно конвертировать в TensorRT, поэтому была конвертирована не вся модель, а отдельно каждый блок MVFB, на которые уходит большая часть времени предсказания. Модуль маршрутизации занимает меньше 5% времени исполнения модели, поэтому его оптимизация не принесёт большого прироста.

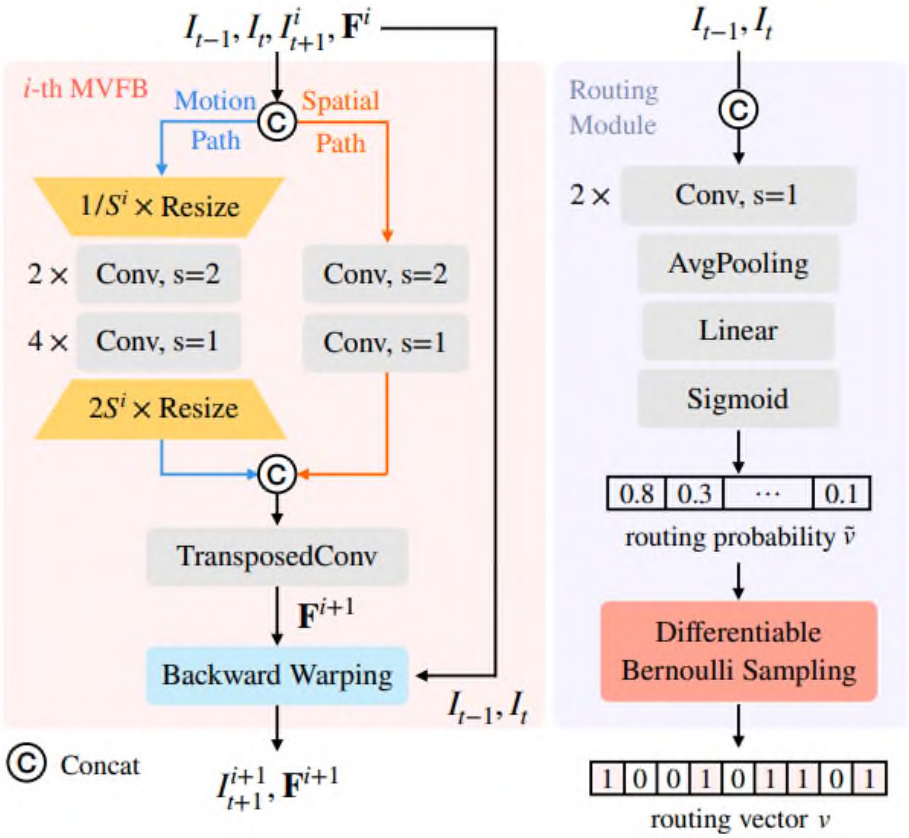


Рис. 3. Блок MVFB (слева) и модуль маршрутизации (справа)

Особенностью предлагаемого решения является работа с видеопотоком, а значит разрешение кадров не изменяется. В DMVFN предусмотрено динамическое разрешение входных изображений [10], который не используется в предлагаемом решении. Отказавшись от этого и используя статические разрешения для входных данных, можно ускорить модель на 10-20%. Все тесты проводились на изображениях с разрешением (512*x*512). При конвертации модели в TensorRT динамические входные данные не использовались [11].

Основной техникой для ускорения модели является квантование. Квантование модели - это процесс изменения точности чисел, используемых для представления весов и активаций нейронной сети. В данном случае вместо использования 32-битных чисел с плавающей точкой (float32) модель квантуется в 16-битные числа с плавающей точкой (float16) или в 8-битные

целые числа (int8). Операции в данных типах происходят гораздо быстрее и занимают меньше памяти. В табл. 1 представлены результаты скорости оптимизированных и оригинальной модели.

ТАБЛИЦА 1. Таблица сравнения скорости работы оригинальной и оптимизированных моделей

Параметр	Оригинальная модель	Модель в (float16)	Модель в (int8)
Среднее время предсказания одного кадра в миллисекундах	24.53 мс 40 кадров в секунду	**6.67 мс** 148 кадров в секунду	**6.67 мс** 148 кадров в секунду

Стоит заметить, что оптимизированные модели более, чем в 3.5 раза быстрее оригинальной. Также было выявлено, что дальнейшая конвертация float16 в int8 не даёт дополнительного прироста во времени.

Так как были использованы типы данных с меньшей битностью, то точность предсказания модели также падает. Для того чтобы оценить падение метрик, был собран авторский набор данных, состоящий из 31 видео, снятых с движущихся объектов. В табл. 2 приводится сравнение метрик.

ТАБЛИЦА 2. сравнения метрик оптимизированных моделей к оригинальной

Средние значение метрики	Оригинальная модель	Модель в (float16)	Модель в (int8)
MS-SSIM	**0.8512**	0.8506	0.8430
LPIPS	**0.8586**	0.8582	0.8486

Можно заметить, что разницы в точности между оригинальной моделью и моделью, оптимизированной под (float16) практически нет, но между оригинальной и моделями, оптимизированными под (int8) есть заметное ухудшение.

Также имеет смысл проанализировать точность по каждому последовательно предсказанному кадру. На рис. 4 показано среднее значение метрик относительно оригинальной модели.

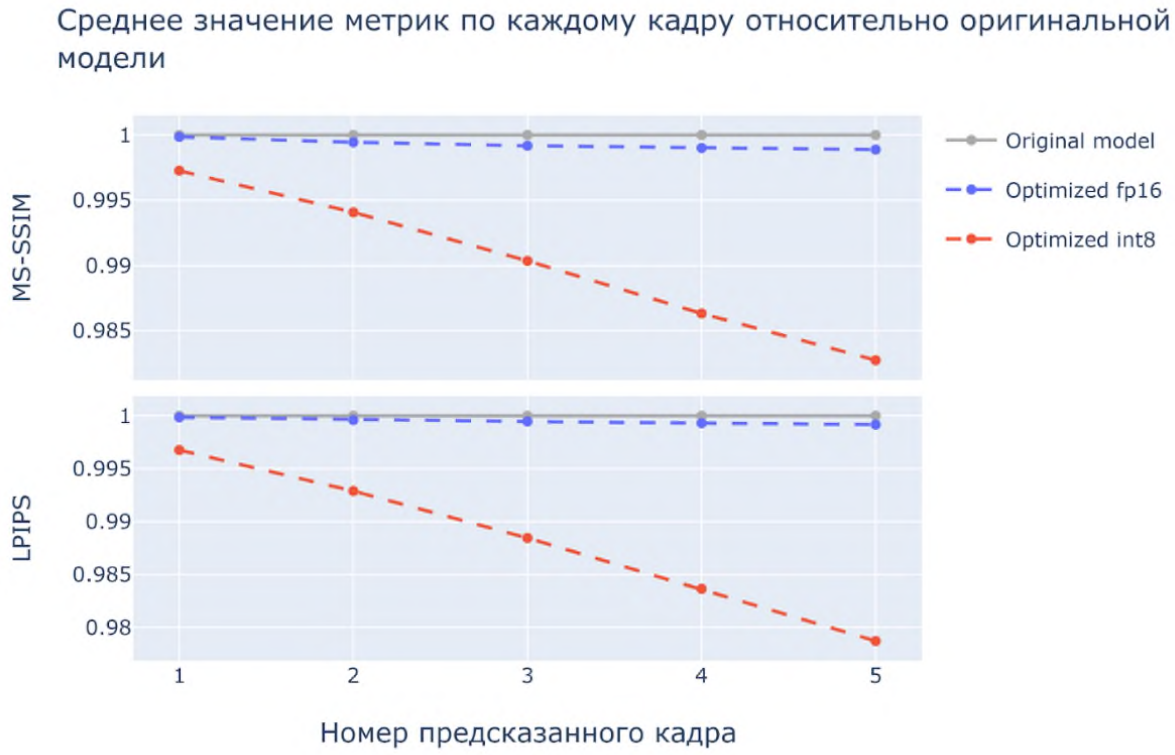


Рис. 4. Сравнения метрик по каждому последовательно предсказанному кадру

Результаты модели в float16 почти не отличаются от оригинальной, но модель в int8 показывает всё более худшие результаты с каждым последовательным предсказанием.

В данной статье был предложен и протестирован способ оптимизации модели DMVFN с помощью TensorRT с целью улучшения её производительности. Были проанализированы 2 варианта оптимизации с разными вариантами квантизации. В результате скорость предсказания модели была увеличена более чем в 3.5, сохраняя высокую точность предсказания.

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Министерство цифрового развития: “Проект стратегии развития отрасли связи РФ” [Электронный ресурс]. URL: https://digital.gov.ru/ru/documents/9120/ (дата обращения: 24.10.2023);

2. A Dynamic Multi-Scale Voxel Flow Network for Video Prediction/ Xiaotao Hu1, Zhewei Huang, Ailin Huang, Jun Xu4 - Текст: непосредственный // CVPR, 2022;

3. Ziwei Liu, Video Frame Synthesis using Deep Voxel Flow/ Ziwei Liu, Raymond A. Yeh, Xiaoou Tang [и др.] - Текст: непосредственный // arXiv:2003.12039, 2017;

4. Papers With Code: “Video Prediction benchmark” [Электронный ресурс]. URL: https://paperswithcode.com/task/video-prediction (дата обращения: 24.10.2023);

5. Marius Cordts, The Cityscapes Dataset for Semantic Urban Scene Understanding / Marius Cordts, Mohamed Omran, Sebastian Ramos [и др.] - Текст: непосредственный // CVPR, 2016;
6. A. Geiger, Are we ready for autonomous driving? The KITTI vision benchmark suite/ A. Geiger, P. Lenz and R. Urtasun - Текст: непосредственный // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2012;
7. Nvidia: “TensorRT” [Электронный ресурс]. URL: https://developer.nvidia.com/tensorrt (дата обращения: 24.10.2023);
8. GitHub: “Speedster” [Электронный ресурс]. URL: https://github.com/nebuly-ai/nebuly/tree/main/optimization/speedster (дата обращения: 24.10.2023);
9. Slamp: Stochastie latent appearance and motion pre-diction. / Adil Kaan Akan, Erkut Erdem, Aykut Erdem, Fatma Guney - Текст: непосредственный // CCV. 2021;
10. Lluis Castrejon, Im-proved conditional vrns for video prediction / Lluis Castrejon, Nicolas Ballas, Aaron Courville - Текст: непосредственный // Int. Conf. Comput. Vis., 2019;
11. Tolga Bolukbasi, Adaptive neural networks for efficient inference / Tolga Bolukbasi, Joseph Wang. Ofer Dekel, and Venkatesh Saligrama - Текст: непосредственный // Inf. Conf. Mach. Learn., 2017.

Berezkin A., Matveev D., Savelov D.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Optimizing dmvfn prediction model with tensorrt for video compression and latency reduction.
Video compression and latency reduction play an important role in modern video transmission systems. One of the promising areas in video compression and latency reduction is video prediction. In this paper, we propose a model optimization method for Dynamic Multi-Scale Voxel Flow Network prediction using TensorRT and analyze the resulting optimized models. As a result of the optimization, the model was accelerated by more than 3.5 times while maintaining the prediction accuracy.

Key words: frame prediction, video stream, MRC, DMVFN model.

УДК 004.896
ГРНТИ 28.23.37

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ЗАДЕРЖЕК ПРИ УПРАВЛЕНИИ БЕСПИЛОТНЫМИ СИСТЕМАМИ В ГИБРИДНЫХ СЕТЯХ СВЯЗИ

А. А. Березкин, Д. В. Матвеев, А. В. Слепнев, А. В. Суходоева
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной статье рассмотрена архитектура системы передачи видеопотока при управлении беспилотными системами от первого лица. Рассматриваемая система предназначена для сжатия передаваемого видео и снижение задержек в транслируемом пользователю видеопотоке с помощью модуля предсказания кадров.

передача видео, уменьшение задержки, сжатие данных с потерями, сжатие данных без потерь, предсказание изображений

На сегодняшний день наблюдается постоянный рост объема данных, которые передаются, что играет важную роль в доставке информации до пользователей. Быстрая передача данных имеет определенное значение для улучшения пользовательского опыта, однако доступность информации является одним из наиболее важных аспектов. На данный момент существуют регионы, в которых предоставление связи является сложной задачей, такие как Арктическая зона, трасса Северного морского пути и другие [1].

В связи с этим, все больше внимания уделяется исследованию, разработке и внедрению орбитально-наземных гибридных сетей. Тем не менее, данные решения имеют один большой недостаток - высокий показатель задержки при передаче данных. Эта проблема особенно актуальна при использовании гибридных сетей для управления дронами как в труднодоступных зонах, так и на море [2].

Для решения данной проблемы в рамках данной статьи предлагается новое техническое решение, включающее в себя систему передачи видеопотока и блок предсказания, который должен снизить визуальные задержки транслируемого видео для операторов беспилотных систем (БС).

Предлагаемое решение ориентировано в первую очередь на работу в гибридных сетях связи, где в качестве транслирующей стороны выступает беспилотная система с встроенными камерами и датчиками, принимающей стороны в виде пункта управления, которая включает в себя экран для трансляции передаваемого видео, а также управляющего устройства. В качестве среды передачи используется геостационарные спутники или низкоорбитальная спутниковая группировка, в связи с чем предполагается наличие больших задержек при передаче данных. С учетом данного фактора, одной из основных задач, является уменьшение визуальных задержек при

трансляции видеопотока от БС в режиме управления от первого лица. Таким образом, в качестве решения предлагается использовать систему, включающую модуль предсказания кадров.

Порог задержки передачи видео зависит от конкретного типа видеоконтента и потребностей пользователей. В общем случае, большинству видеоматериалов, таких как фильмы, сериалы и телевизионные передачи, приемлема задержка до 2-3 секунд. Однако, например, для спортивных соревнований и онлайн-игр, порог следует устанавливать на значительно более низком уровне, обычно менее 1 секунды.

В случае работы с *FPV* (*First Person View*) задержка должна оставаться в пределах 30-50 миллисекунд, поскольку более длительные задержки могут негативно сказаться на реакции оператора и привести к потере контроля над БС или другим устройством. Такого диапазона стараются придерживаться уже разработанные системы [3]. Однако, их диапазон работы на данный момент остается не очень широким.

Таким образом, задача сводится к максимально возможному уменьшению визуальных задержек. Предлагаемое решение представляет из себя клиент-серверное приложение. В качестве сервера выступает сторона, передающая видеопоток (БС или машина, находящаяся в непосредственной близости к беспилотной системе), а в качестве клиента - транслирующая видео оператору (софт, находящийся на машине оператора или в непосредственной близости к машине оператора).

Важно отметить, что в рамках данной статьи рассматривается именно этап обработки кадров видеопотока без учета передачи команд, данных с различных датчиков и взаимодействия компонентов данной системы со спутником, т.к. в зависимости от частных случаев данные аспекты могут достаточно сильно меняться.

1. Сторона «Сервер»

Данная часть системы располагается на мобильном роботизированном комплексе, который выступает в качестве беспилотной системы или в непосредственной близости к нему. Для увеличения скорости передачи применяется максимально возможное сжатие изображения. Для этого используются технологии как сжатия с потерями, так и без них. Общая архитектура данного элемента представлена на рис. 1.

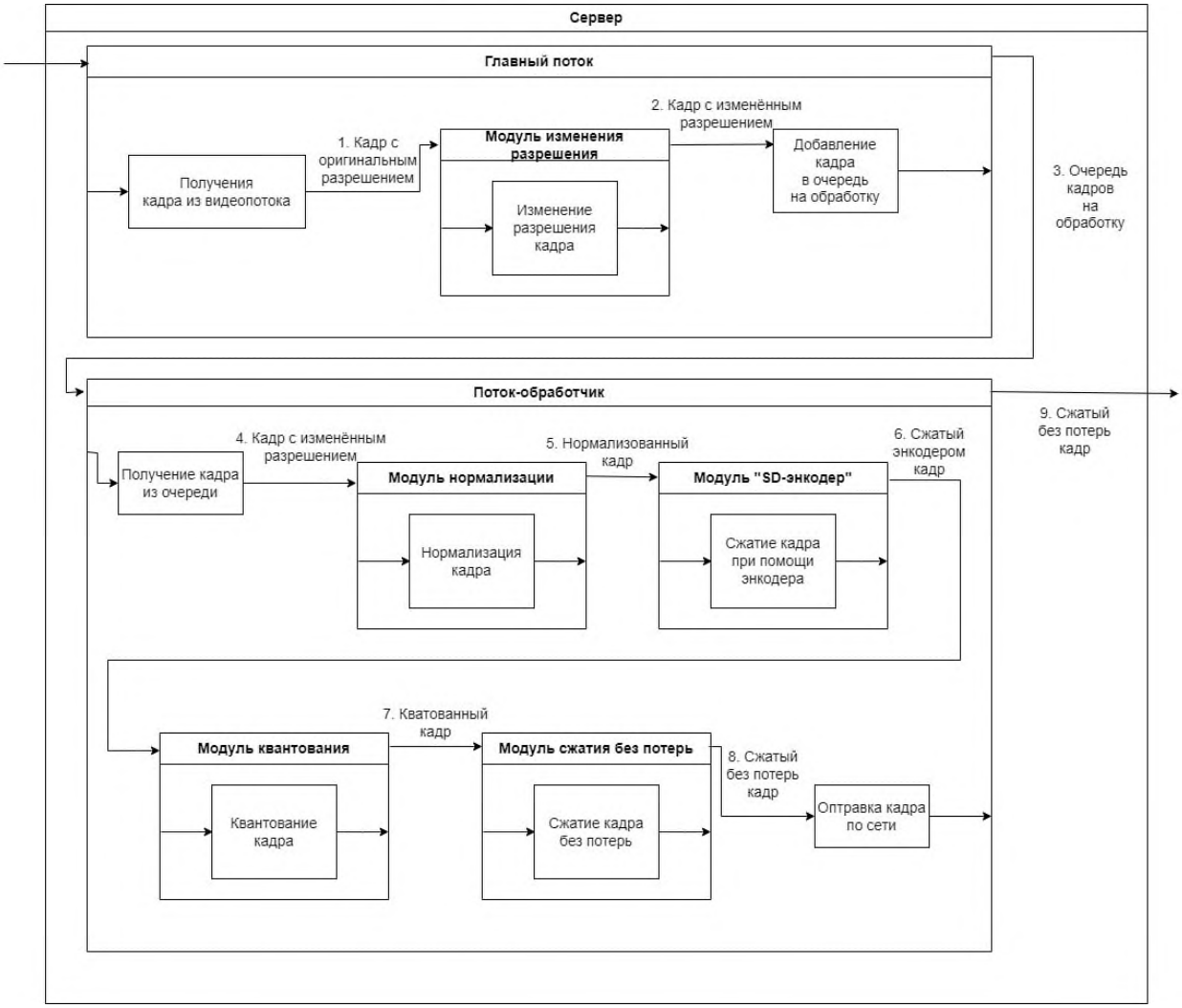


Рис. 1. Архитектура «Сервер»

Для избежания блокировки приложения в связи с большим потоком данных используется разделение процессов на два потока.

Первый поток принимает на вход кадр с камеры БС, после чего кадр добавляется в очередь второго потока.

Основной задачей второго потока является максимальное сжатие кадра. Это достигается путем обработки материалов несколькими модулями системы, а именно:

1) модулем нормализации, в котором происходит приведение кадра в вид, на котором обучался нефросетевой энкодер (перевод изображение в оттенки серого, нормализация значений в диапазон от 0 до 1 и т.п.);

2) модулем SD-энкодера, в котором используются часть модели латентной диффузии, разновидность глубокой генеративной нейронной сети Stable Diffusion (SD) [4]. Благодаря чему можно сжать кадр с потерями при этом сохранив приемлемое качество. Данный модуль последовательно накладывает гауссовский шум на изображение, в то же время уменьшая его разрешение до (64x64);

3) модулем квантования, благодаря которому происходит перевод числовых значений из типа данных с плавающей точкой (float32) в целочисленные (int8) для уменьшения размерности, т.е. дополнительного сжатия;

4) модулем сжатия без потерь, который сжимает итоговые данные без потерь, используя каскадный алгоритм DEFLATE, для достижения максимального уменьшения объема передаваемых данных.

Таким образом, благодаря работе всех модулей, на практике происходит сжатие кадра любого разрешения до размера приблизительно 14 килобайт. Это дает возможность сократить задержки при передаче и обработке данных на оконечных устройствах, что в свою очередь увеличивает скорость передачи данных в условиях примерно равных размеров данных по сравнению с использованием уже существующих способов сжатия данных.

2. Сторона «Оператор»

Данная часть системы находится в пункте управления БС, обязательным компонентом которой является экран для трансляции видео в реальном времени. В связи с наличием задержек в сети данный режим трансляции невозможен, однако, предлагается использовать модуль предсказания кадров для компенсации визуальных задержек и отображения реального положения БС.

Данную часть системы можно разделить на 2 подсистемы:

1. модуль для восстановления поступившего кадра (рис. 2);
2. модуль предсказания будущих кадров для уменьшения визуальной задержки в трансляции (рис. 3).

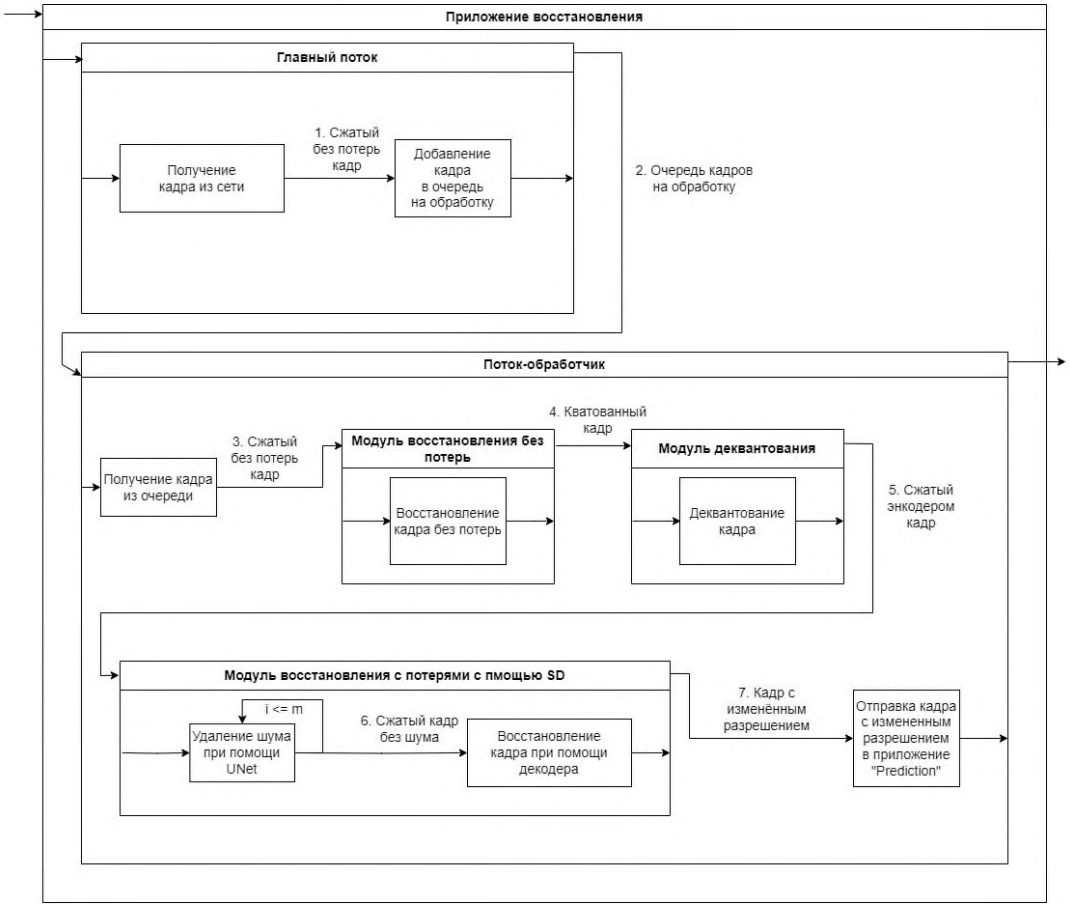


Рис. 2. Модуль для восстановления поступившего кадра

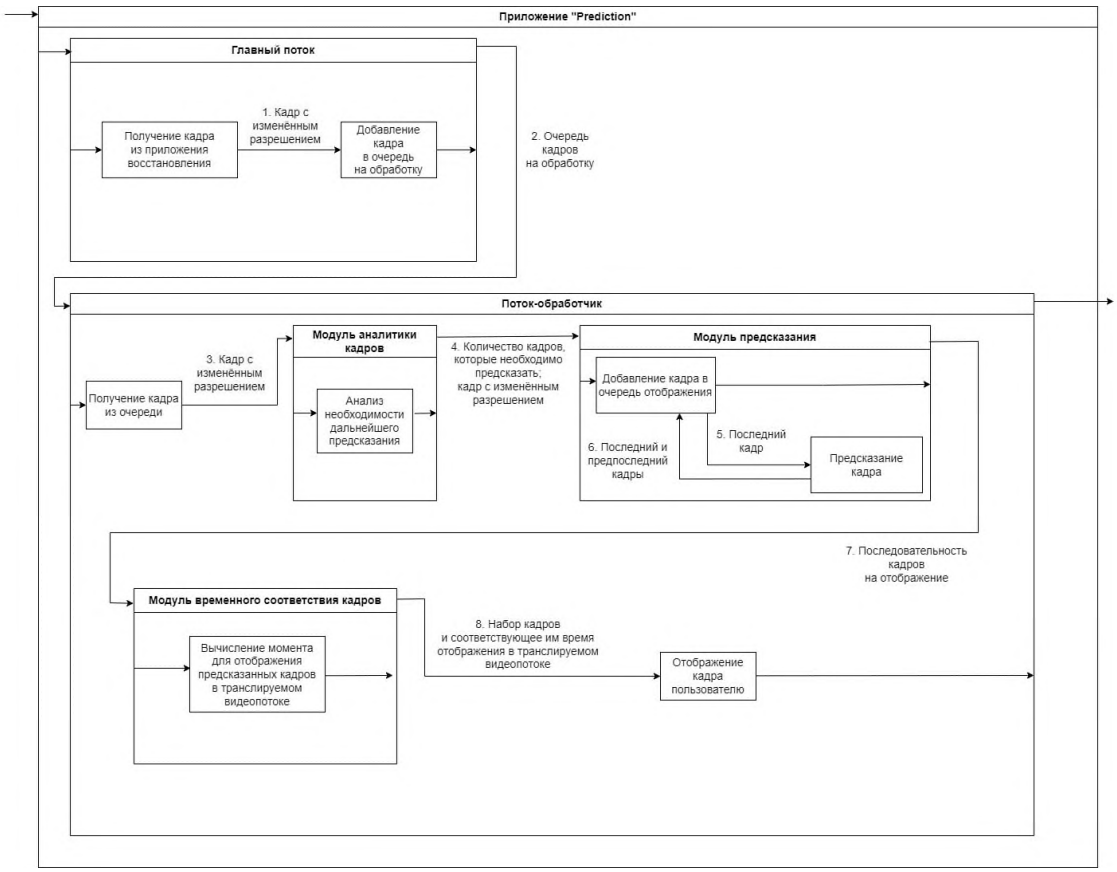


Рис. 3. Модуль предсказания будущих кадров

Как и на серверной стороне, для избежания блокировки в каждом приложении в связи с большим потоком данных используется разделение процессов на два потока.

В приложении для восстановления пришедшего кадра первый поток принимает на вход сжатый кадр, переданный через, например, спутниковый сегмент орбитально-наземной гибридной сети связи. Далее после преобразования кадр видеопотока добавляется в очередь изображений, с которой работает уже второй поток.

Основной задачей второго потока является восстановление кадра в вид, максимально приближенный к изначальному. Это достигается путем обработки материалов несколькими модулями системы, а именно:

1. модулем восстановления без потерь;
2. модулем деквантования;
3. модулем восстановления с потерями с помощью элементов *SD*;

Полученный кадр востанавливается алгоритмом, обратным алгоритму *DEFLATE*, после чего деквантуется, для получения тензора с вещественными числами (*float32*), который необходим для работы модели *U-NET* из состава *SD*. Данная модель через итерационный процесс обеспечивает выделение гауссовского шума из кадра, наложенного *SD*-кодировщиком, приблизив изображение к начальному виду. На этом этапе изображение содержит достаточно много артефактов, вызванных деквантованием и удалением шума. Для реставрации используется декодер из состава *VAE* (*variational autoencoder*) *SD*. Данная модель восстанавливает начальное изображение и приводит его к исходному разрешению.

Так как осуществляется сжатие с потерями, артефакты на данном этапе неизбежны, но они слабо заметны человеческому глазу и не сказываются на качестве восприятия изображения.

Таким образом, все кадры, которые были сжаты изначально на передающей стороне восстанавливаются в близкий к первоначальному вид. Однако, при наличии большого количества задержек в сети видеопоток получается очень «рваным». Таким, образом, чтобы привести транслируемое пользователю видео в более приемлемый вариант, восстановленный кадр идет на вход модуля предсказания.

В модуле для предсказания последующих кадров первый поток принимает на вход восстановленный кадр. Далее кадр добавляется в очередь изображений, с которой работает уже второй поток.

Основной задачей второго потока является предсказание нескольких кадров идущих за пришедшим. Это достигается путем обработки изображения несколькими модулями системы, а именно:

1. модуль аналитики кадров, в котором происходит анализ задержки, с которой приходят кадры и расчеты глубины предсказания. Данный модуль возвращает количество требуемых кадров для предсказания, или сигнал, обозначающий, что предсказание не требуется. Отдельная задача, которую выполняет этот модуль – выставление ограничения длинны предсказания. В ситуациях поворота, точное предсказание достаточно трудоемко, следовательно, предсказывать длинные последовательности кадров является не целесообразным;

2. модуль предсказания, в котором непосредственно происходит предсказание необходимого количества кадров, а также формирование из них очереди на отображение пользователю. В ситуации, когда задержка в сети минимальная, предсказание новых кадров не требуется. В таком случае, получив соответствующий сигнал от модуля аналитики кадров, модуль предсказания сразу добавляет кадр в очередь отображения и пропускает этап предсказания кадров;

3. модуль временного соответствия кадров, в данном модуле осуществляется контроль за своевременным включением полученных кадров в трансляцию пользователю для того, чтобы транслируемое видео было максимально приближено к тому, что в тот же момент времени происходило перед камерой передающей стороны;

Таким образом, благодаря работе рассмотренных выше модулей, получающая сторона может возвратить кадру максимально приближенный к изначальному вид и предсказать последующие кадры, чтобы минимизировать задержки на трансляции видеопотока пользователю при существенных задержках в сети передачи данных.

Важными аспектом является сохранение приемлемого качества изображения даже после проведения процедур сжатия, передачи и разжатия кадров. Для этого в системе используются адаптированные под задачу управления от первого лица элементы глубокой генеративной сети *SD*, т.к. изначальная модель SD не предназначена для выполнения операций в рамках поставленной задачи.

Помимо работы со сжатием, нейронные сети используются и в рамках предсказания. В данной рамках данной работы, после проведенного анализа и тестирований была использована модель *DVMFN* (*Dynamic Multi-Scale Voxel Flow Network*) [5], которая на данный момент позволяет осуществлять предсказание до 5-10 кадров с условием отсутствия резких изменений в изображении (таких как резкое появление объектов, ранее не задействованных в поданных данных, а также повороте камеры). Однако, возможности увеличения количества предсказываемых кадров, а также корректная обработка кадров в случае поворотов сейчас изучаются.

Преимущества системы:

1. наличие модульной структуры, которая обеспечивает большую гибкость системы и возможность расширения системы дополнительными модулями;

2. большое уменьшение объема передаваемых данных, за счет чего скорость передачи увеличивается;

3. уменьшение задержек благодаря наличию модуля предсказания, который помогает избежать больших видимых задержек в трансляции видео оператору.

Недостатки системы:

1. большие требования к мощности оборудования на стороне оператора;

2. необходимость подготовки большого количества данных для обучения нейронной сети предсказания для получения высоких результатов схожести предсказанных изображений с ожидаемым результатом.

На основе вышесказанного можно выделить основные перспективы развития разрабатываемой системы:

1. оптимизация уже существующих блоков;
2. оптимизация работы нейронных сетей, входящих в систему;
3. включение модулей системы, которые будут подходить под работу в специфических условиях для конкретных задач;
4. Оптимизация нейросетей, входящих в реализацию.

Таким образом, в данной работе описана основная архитектура системы для передачи и трансляции видеопотока в условиях наличия больших задержек в каналах передачи. Данная система может применяться в таких задачах, как FPV-управление, управление мобильным робототехническим комплексом в труднодоступных местах, в том числе в зонах чрезвычайных ситуаций, а также наблюдения и производственных процессов, требующих задействования подобных систем. Хоть данная система не лишена недостатков, однако, преимущества ее использования в ряде ситуаций могут упростить и улучшить качество предоставляемых услуг.

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. В России хотят построить аналог Starlink с 900 спутниками и интеграцией с 5G и 6G // Роскосмос; Научно-образовательный центр мирового уровня Инженерия будущего [Электронный ресурс]. URL: https://nocsamara.ru/news/458061 (Дата обращения: 18.10.2023);
2. Joint Mobility Control and MEC Offloading for Hybrid Satellite-Terrestrial-Network-Enabled Robots / Peng Wei, Wei Feng, Yanmin Wang [и др.] // IEEE Transactions on Wireless Communications, 2023, pp 1-1;
3. FPV Camera Latency Testing [Электронный ресурс]. URL: https://oscarliang.com/fpv-camera-latency/ (дата обращения: 16.10.2023).
4. stablediffusionweb.com. [Электронный ресурс]. URL: https://stablediffusionweb.com/ (дата обращения: 15.07.2023).
5. A Dynamic Multi-Scale Voxel Flow Network for Video Prediction / Xiaotao Hu1, Zhewei Huang, Ailin Huang [и др.] // CVPR, 2022.

Berezkin A., Matveev D., Slepnev A., Sukhodoeva A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Modelling and design of a neural network solution to reduce delays when controlling unmanned systems in hybrid communication networks.

This article discusses the architecture of a video stream transmission system for first-person control of unmanned systems. The system under consideration is designed to compress transmitted video and reduce delays in the video stream transmitted to the user using a frame prediction module.

Key words: video transmission, delay reduction, lossy data compression, lossless data compression, Image prediction.

УДК 004.89
ГРНТИ 28.23.37

ОПТИМИЗАЦИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ДИФФФУЗИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ СЖАТИЯ ВИДЕОПОТОКА В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

А. А. Березкин, М. Н. Нагорнов, Д. Ю. Савелов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье приведен анализ применения диффузионной модели Stable Diffusion в задаче сжатия кадров видеопотока с потерями при обработке в реальном времени. Особое внимание уделено оптимизации Stable Diffusion с целью уменьшения задержки при сжатии и восстановлении изображения в процессе его передачи от камеры на экран оператора. Показано, что оптимизация количества итераций модели U-Net, а также VAE позволяет сократить время обработки кадров видеопотока в среднем на 58%.

Stable Diffusion, оптимизация, беспилотная система, TensorRT, U-Net, VAE, сжатие с потерями

Активно развивающаяся сфера мобильных роботизированных комплексов (далее - МРК) предъявляет много вопросов к изучению для улучшения процесса передачи видеопотока в режиме реального времени. Среди них качество изображения, максимальная дальность комфортного FPV-управления (*first person view*), защита канала передачи изображений и команд от внешних помех и шумов.

Для комфортного управления, время передачи каждого кадра должно составлять не более 10 мс, иначе оператор может не успеть среагировать на возникающие ситуации, что может привести к аварии. Для комфортного использования такого потока необходимо достичь минимальной частоты в 24 кадра в секунду при задержках, не превышающих 0.04 секунды. Задержка включает в себя время сжатия изображения, передачи по сети, его распаковки и обработки перед выводом на экран.

В рамках проекта развития РФ до 2035 года [1] предлагается активное внедрение орбитально-наземных гибридных сетей, что является чрезвычайно выгодным в условиях, где применение наземных сетей неоправданно дорого или невозможно, как например, в северной части России или на морских территориях. Эта архитектура объединяет наземные и спутниковые элементы, предлагая интегрированный подход к организации связи.

В тоже время, хоть эти сети и имеют обширную зону покрытия, также они имеют и высокие задержки, которые в пике могут достигать 1 секунды. Обширная зона покрытия делает эти сети чрезвычайно выгодными для управления МРК, позволяя осуществить высадку, например, беспилотного летательного аппарата практически в любой точке, но высокая задержка делает процесс управления крайне сложным, или невозможным.

Для передачи изображения с МРК, как было описано выше, необходимо сжать изображение. Процесс сжатия можно разделить на две основные категории: сжатие без потерь (например, ZIP, DEFLATE и др.) и сжатие с потерями (например, JPEG, DjVu).

Сжатие без потерь позволяет точно сохранить всю информацию об изображении, но делает невозможным многократное уменьшение размера. В повседневной жизни алгоритмы сжатия, известные на данный момент, осуществляют сжатие примерно 20:1 [2]. Таким образом, при сжатии можно получить файл в размере 1/20 от исходного. В то время как сжатие с потерями делает возможным уменьшение размера в десятки и сотни раз за счет некоторой, возможно значительной, потери качества исходного изображения.

В связи с особенностью структуры данных изображений, людям не обязательно иметь перед глазами четкое изображение для его распознавания [3]. Таким образом, в случае частичного сглаживания линий и цветов, человеческое зрение не слишком чувствительно к таким изменениям.

Одним из исследуемых вариантов сжатия с потерями является использование нейронных сетей. В данной статье рассмотрена модифицированная модель латентной диффузии, известная как Stable Diffusion (SD). В основном, данная технология применяется для эффективного создания подробных визуализаций, сформированных на основе текстовых описаний. Кроме того, она также применима для выполнения других задач, включая окрашивание, перерисовку и создание плавных переходов между изображениями, базирующихся на текстовых подсказках [4]. SD состоит из трех компонентов: VAE (variational autoencoder), U-Net и текстового трансформера CLIP ViT-L/14. Архитектура модели SD представлена на рис. 1.

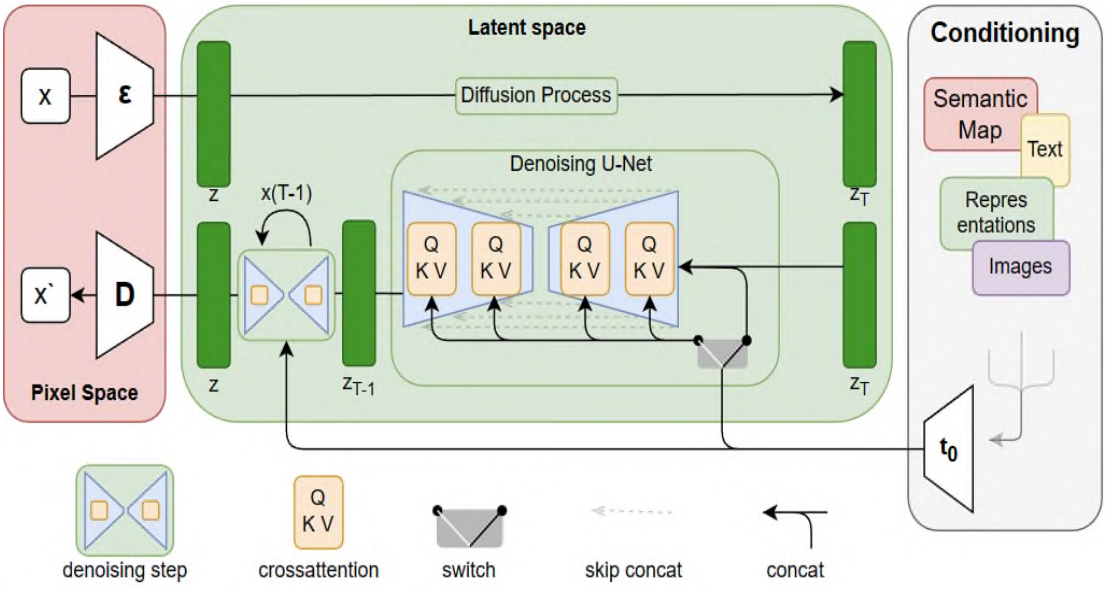


Рис. 1. Архитектура Stable Diffusion

Stable Diffusion – модель латентной диффузии, разновидность глубокой генеративной нейронной сети, разработанная группой CompVis в LMU Munich.

Эта модель может обрабатывать различные типы данных, такие как текст и изображения. Кроме того, она может использовать предварительно обученный текстовый кодер CLIP ViT-L/14 для преобразования текстовых подсказок в латентное пространство. Исследователи отмечают, что LDM (Latent Diffusion Model) имеет преимущество в повышении эффективности обучения и генерации.

Общий цикл работы модели можно описать следующим образом: кодер VAE сжимает изображение из пространства пикселей в латентное пространство меньшей размерности путем последовательного наложения гауссовского шума, передавая более фундаментальный семантический смысл изображения. Гауссовский шум итеративно накладывается на сжатое латентное представление во время прямой диффузии. Затем это представление передается в сеть U-Net, которая последовательно удаляет слои шума с изображения. В оригинальном пайплайне SD в этот момент так же работает текстовый трансформер, указывая, что U-Net должен «увидеть» в этом шуме. В рамках задачи сжатия изображений текстовый трансформер является лишним, так задачи создания нового изображения не стоит. Изображение необходимо только отчистить от шума. Поэтому в качестве запроса текстовому трансформеру передается пустая строка, и он не учувствует в обработке изображения. Декодер VAE затем преобразует это представление обратно в оригинальное пространство пикселей и сглаживает артефакты, полученные в результате удаления шума сетью U-Net, чтобы получить конечное изображение.

Стоит отметить, что квантование латентного пространства в целочисленные значения (int8) позволяет уменьшить размер изображения до 16 384 байт и этот размер является постоянным и не зависит от динамики изменения сцены на видеопотоке. Дополнительное использование алгоритма сжатия без потерь (DEFLATE, LZMA) для сжатия квантованного тензора уменьшает размер исходного кадра до 14 кб.

В тоже время модель SD является достаточно медленным решением, в первую очередь за счет большого количества итераций U-Net и времени работы кодера и декодера, что делает крайне сложным использование данной модели для сжатия видеопотока в реальном времени. Однако есть множество способов ускорения моделей, такие как квантование и оптимизация моделей средствами оптимизатора tensorRT от компании Nvidia, уменьшение необходимых итераций U-Net и оптимизация кода моделей, увеличение вычислительных мощностей и так далее. Таким образом, тема данного исследования – оптимизация моделей и анализ возможности использования SD для сжатия видеопотока в реальном масштабе времени.

За весь процесс сжатия и восстановления кадр видеопотока проходит через три этапа использования нейронных сетей, что неизбежно приводит к увеличению времени работы системы в целом. Оптимизация использующихся моделей и настройка параметров алгоритма может уменьшить время обработки одного кадра. В данной работе оптимизация была выполнена в два шага.

Первым этапом была проведена оптимизация количества итераций U-Net. Наибольшая задержка выявлена в работе U-Net, в среднем на один шаг требуется 0.145 секунд. В результате исследований выяснилось, что трех шагов для избавления от шума, наложенного кодером SD, достаточно для четкого восприятия выходного изображения человеком, более того, большое количество шагов U-Net негативно сказывается на восстановлении изображения. Так как в пайплайне сжатия не требуется использования текстового трансформера, U-Net не пытается «увидеть» новые элементы на зашумленном изображении, но начинает, с каждой итерацией, сильнее сглаживать изображение.

Вторым шагом была проведена оптимизация работы нейросетевых моделей, основанных на ресурсах GPU, методом оптимизации под конечное оборудование. Для этого была использована разработка Nvidia TensorRT [5] позволяющая провести оптимизацию на основе модели параллельного программирования CUDA. TensorRT включает в себя инструменты разработки и технологии CUDA-X для искусственного интеллекта.

Для определения наилучших методов и самой оптимизации использовалась библиотека Speedster [6]. Она моделирует производительность логических выводов моделей и на основе задержки, пропускной способности, размера модели и точности определяет наилучший подход в оптимизации и применяет его. Процесс оптимизации проводился на GPU Nvidia A100 80 ГБ памяти.

В качестве входного набора данных использовался видеоряд качества FullHD (1980*x*1080 пикселей).

Для оценки времени обработки кадров был использован авторский набор данных, состоящий из 235135 изображений, собранных из 3 доменов: съемка с наземных, воздушных и наводных дронов, распределенных в примерно одинаковом соотношении. Пример оценки времени обработки десяти разных кадров одного видео ролика из набора при использовании различных способов оптимизации показан в табл. 1, а также его графическое представление на разных этапах оптимизации представлено на рис. 2.

ТАБЛИЦА 1. Время обработки одного кадра моделью Stable Diffusion

Номер кадра	Время работы модели без оптимизации, с	Время работы после уменьшения количества итераций U-Net, с	Время работы после оптимизации VAE с помощью TensorRT и оптимизации U-Net, с
1	1,527940035	0,694122553	0,640209675
2	1,544714451	0,688658714	0,630898237
3	1,518944979	0,692696571	0,646114826
4	1,521414518	0,70465374	0,636950016
5	1,52968812	0,682834625	0,623701096
6	1,534773827	0,698814869	0,632194519
7	1,532782316	0,69376111	0,644294262
8	1,522382498	0,681683064	0,634839058
9	1,519154549	0,706484556	0,626689434
10	1,544256926	0,695789576	0,632516861

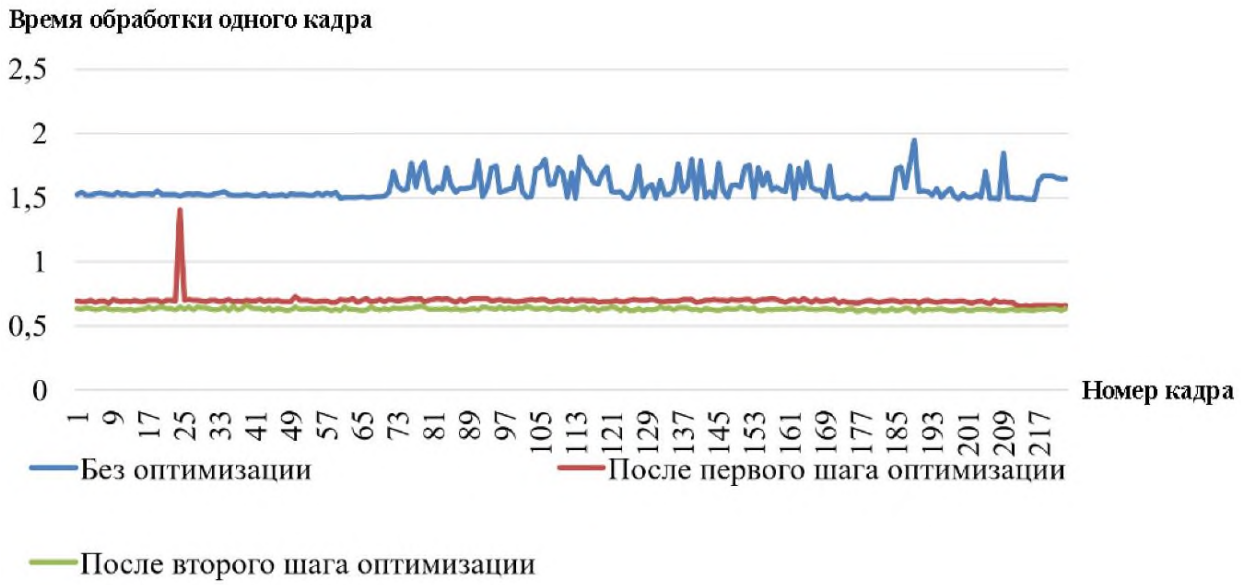


Рис. 2. График сравнения времени работы Stable Diffusion на разных этапах оптимизации для одного видео ролика из набора

После сокращения количества итераций U-Net с 8 до 3, заметно снижение задержки обработки изображения в среднем на 55%. С помощью Speedster и TensorRT на модели VAE, удается улучшить это результат до 58%.

Для оценки качества изображений были использованы метрики SSIM, коэффициент Пирсона и расстояние Хемминга. Данные способы

математического определения схожести двух изображений наиболее популярны для подобных задач. Метрики определяют коэффициент от 0 до 1, где 0 соответствует абсолютно различным наборам данных, а 1 – абсолютно идентичным.

Влияние оптимизации на метрики качества приведены в табл. 2 и табл. 3, где отражены параметры до и после оптимизации, соответственно.

ТАБЛИЦА 2. Метрики точности Stable Diffusion до оптимизации

	SSIM	PIRSON	Hamming distance
1	0.575645074011277	0.956487374555149	0.940209297839506
2	0.501201792874099	0.948119875132754	0.952334747942387
3	0.934702625018768	0.993206158127795	0.900925925925926
4	0.933832571576095	0.993364266496198	0.907460937500000
5	0.932119778390906	0.992992239444956	0.900739454732510
6	0.562598258696754	0.957247321859400	0.945133905606996
7	0.451411370732153	0.946469013988110	0.958958654835391
8	0.917726296538474	0.992803263584900	0.909727687757202
9	0.915336205415006	0.992810737693539	0.924852109053498
10	0.919514006578333	0.992693343286803	0.911216081532922

ТАБЛИЦА 3. Метрики точности Stable Diffusion после оптимизации

	SSIM	PIRSON	Hamming distance
1	0.574071728193372	0.955703985495911	0.954630111882716
2	0.498134883009760	0.947662278063550	0.965014628343621
3	0.934277826558687	0.992365917901341	0.931953768004115
4	0.930380695176184	0.991784940315376	0.933369984567901
5	0.929985748763898	0.992287605175002	0.930759548611111
6	0.562144697047637	0.957161410174856	0.958175315072016
7	0.450136537893129	0.944881837667905	0.965964666923868
8	0.918363267094212	0.991958476784959	0.940403002829218
9	0.913991456495106	0.991257442235580	0.952554173096708
10	0.917406133097592	0.991338854819676	0.948921199845679

Анализируя метрики, полученные на описанном выше наборе данных, можно сделать вывод, что разница в итоговом качестве изображений при использовании оптимизированной и не оптимизированной версии модели SD не существенна и выходные изображения имеют значительно сходство с входными.

Рассмотрим влияние оптимизации модели на выходное изображение.

На рис. 3 исходное изображение разрешения (1980*x*1080) сжатое до разрешения (512*x*512).

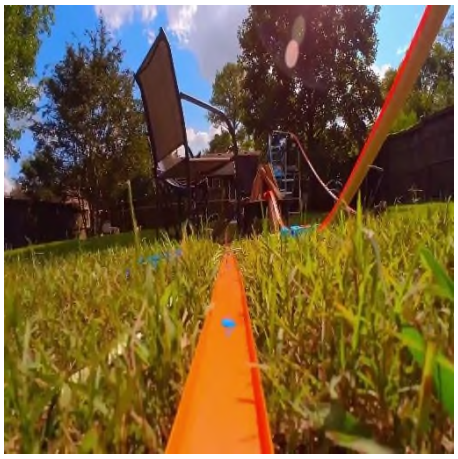


Рис 3. Исходное изображение

На рис. 4 выход SD без оптимизации VAE и уменьшения итераций U-Net. Анализ изображений показывает, что много мелких деталей было упущено, что характерно, в целом, для SD. Также грани стула, горки сглаженные.

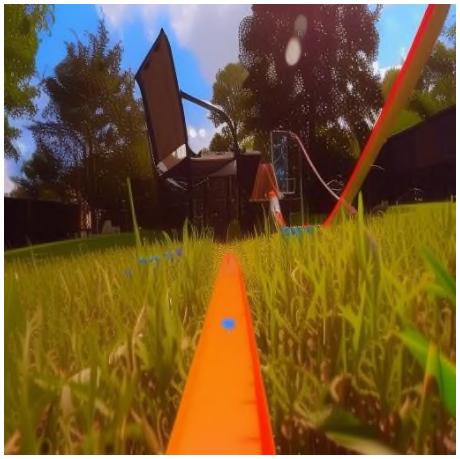


Рис 4. Выход без оптимизации

Заметное отличие видно на рис. 5 после уменьшения количества шагов U-Net до трех. Увеличилось количество сохранившихся деталей, но в то же время искривлены грани, что на итоговом видеопотоке будет сильно заметно.

Рис 5. Выход после оптимизации шагов U-Net

После оптимизации VAE с помощью TensorRT выигрыш был 3%, по сравнению с оптимизацией на первом этапе, при этом разница на изображениях не видна. Пример выхода после оптимизации VAE представлен на рис. 6.

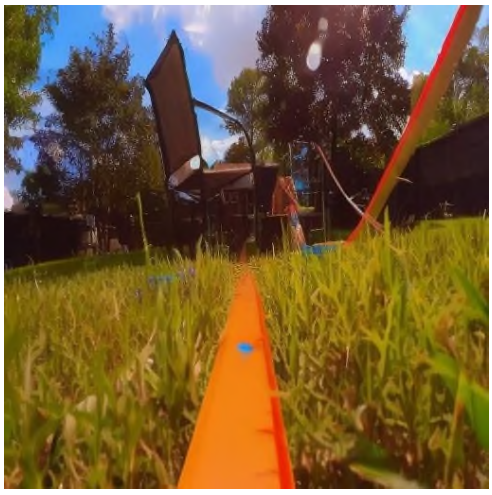


Рис 6. Выход после оптимизации VAE

Рассматривая вопрос реализации видеопотока в реальном времени, можно сделать вывод, время работы решения еще далеко от необходимого минимума. Задержка, создаваемая процессом сжатия и восстановления изображения после оптимизации в среднем 0.64 секунды. Данный результат способен показывать изображение с МРК на экране только раз в секунду, что никак не обеспечивает комфортного управления.

Требуется продолжить исследования возможности дополнительной оптимизации VAE и оптимизации U-Net средствами TensorRT, рассмотреть возможность квантования в типы меньшей размерности и провести

исследования потерь качества выходного изображения при сокращении шагов U-Net до одного.

Рассматривая отдельно результаты по времени используемых моделей. VAE необходимо, в среднем 0,044 на процесс кодирования и 0,046 на процесс восстановления. U-Net же требует на один шаг, в среднем, 0,145 секунды.

Можно сделать вывод что в оптимизации нуждается в первую очередь U-Net, но и модель VAE также нуждается в дальнейшей оптимизации для реализации сжатия видеопотока в реальном времени.

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Проект стратегии развития отрасли связи Российской Федерации на период до 2035 года, дата подписания – 13.08.2023, дата публикации – 13.08.2023, [Электронный ресурс]. URL: https://digital.gov.ru/ru/documents/9120/ (Дата обращения: 15.10.2023)
2. Андрейко Д.Н. Основные методы сжатия данных в передаче цифровых видеоизображений/ Андрейко Д.Н., Комаров П.Ю., Игнатов Ф.М. – Текст: непосредственный // T-Comm - Телекоммуникации и Транспорт, №9, 2013, С. 115-122.
3. Аббасов И.Б. Некоторые особенности восприятия и распознавания изображений / Аббасов И.Б. – Текст: непосредственный // Международный научно-исследовательский журнал. №8(98). Ч.3. 2020. С.116-126.
4. stablediffusionweb.com. [Электронный ресурс]. URL: https://stablediffusionweb.com/ (дата обращения: 24.10.2023).
5. NVIDIA TensorRT [Электронный ресурс]. URL: https://developer.nvidia.com/tensorrt#tensorrt (дата обращения: 24.10.2023).
6. nebuly.com/Speedster [Электронный ресурс]. URL: https://docs.nebuly.com/Speedster/overview/ (дата обращения: 24.10.2023).

Berezkin A., Nagornov M., Savelov D.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Optimization of neural network diffusion models for real-time video stream compression. The article provides an analysis of the use of the Stable Diffusion diffusion model in the problem of compressing frames of a video stream with losses during real-time processing. Particular attention is paid to optimizing Stable Diffusion in order to reduce the delay in compressing and restoring the image during its transmission from the camera to the operator's screen. It is shown that optimizing the number of iterations of the U-Net model, as well as VAE, can reduce the processing time of video stream frames by an average of 58%.

Key words: Stable Diffusion, Optimization, MRC, Tensor, U-Net, VSE, Lossy Compression.

УДК 004.772
ГРНТИ 28.23.29

ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ КОНУТРОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СЖАТИЯ С ПОМОЩЬЮ ДИФФУЗИОННЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ

А. А. Березкин, Е. В. Никифоров, Д. Д. Парфенов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В настоящее время активно набирает популярность использование беспилотной наземной и воздушной техники. Для управления данной аппаратурой важно максимальное снижение задержек в канале связи. Одним из методов снижения задержек является снижение количества данных, передаваемых в канал. В статье исследован метод повышения качества выходных изображений при использовании сжатия диффузионной моделью Stable Diffusion. Предложенный способ позволяет повысить точность восстановления изображения из латентного пространства, особенно на краях объектов.

МРК, сжатие с потерями, диффузионные нейронные сети, Stable Diffusion

В настоящее время особо важную роль играет задача снижения задержек в гибридных сетях связи. На текущий момент, в связи с значительным ростом популярности применения технологий нейронных сетей в различных сферах ведется большое количество исследований, связанное с применением нейронных сетей для решения задачи эффективного сжатия информации с потерями.

Одним из таких методов, является использование диффузионной модели под названием стабильная диффузия (Stable Diffusion - SD) [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] для покадрового сжатия видеопотока [1]. SD для этой задачи разделяется на две части: кодировщик и декодировщик.

Кодировщик конвертирует входное изображение в латентное пространство, накладывая случайный шум. Итоговое изображение с наложенным шумом имеет значительно меньшую размерность ($1x4x64x64$), чем оригинальное изображение, для отправки через канал связи.

Декодировщик восстанавливает полученное из канала связи изображение, предсказывая наложенный на этапе кодирования шум.

Такой подход позволяет превзойти показатели популярных на сегодняшний день алгоритмов сжатия с потерями.

Однако такой подход имеет и недостаток: из-за меньшего разрешения изображения в латентном пространстве, при восстановлении на приемной стороне проявляются нестабильные колебания границ объектов, что негативно сказывается на восприятии человеком, в том числе при применении в сфере управления беспилотными беспилотными системами от первого лица.

В данной работе исследован подход с дорисовкой (inpainting) объектов по маске [1]. На вход диффузионной модели может быть подана черно-белая маска, в соответствии с которой будет применен алгоритм наложения шума.

В связи с тем, что проблемой являются границы объектов в качестве маски использовались контуры на изображении (Рис. 1).

Рис. 1. Пример маски с контурами

Для оценки качества итоговых изображений использовались метрики:

- Пиковое соотношение сигнал/шум (peak signal-to-noise ratio - PSNR) [2].
- Структурная схожесть (structural similarity - SSIM) [3].
- Слияние многометодной оценки видео (Video Multimethod Assessment Fusion - VMAF) [4].

Для получения оценок качества использовался авторский набор из 10 тысяч изображений. Изображения представляли собой набор кадров из видеороликов с различных сценариев применения модели: FPV (first person view) видео с БПЛА, FPV видео с радиоуправляемой модели на колесах, автомобиль на дорогах общего пользования. Пример изображений из набора представлен на рис. 2.

Графики изменения метрики PSNR представлены на рис.3 и скользящее среднее на рис.4.

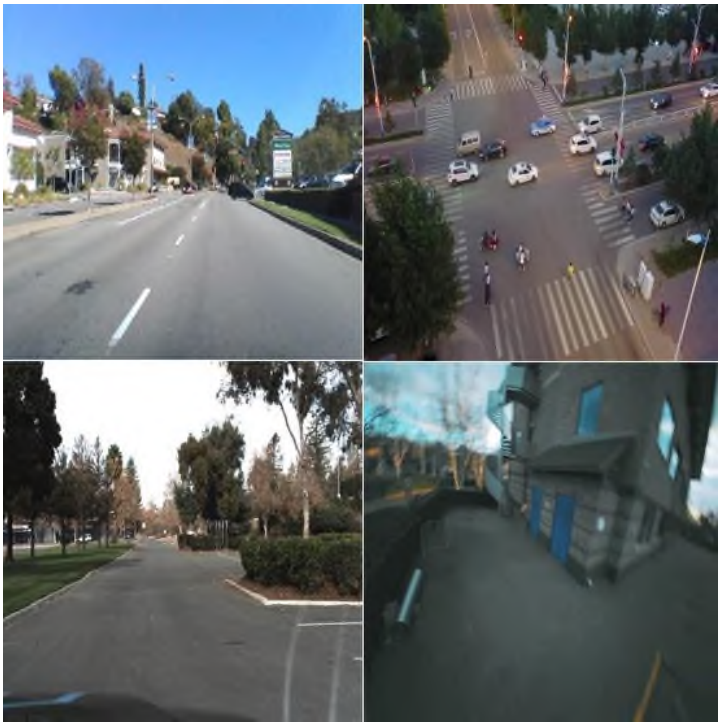


Рис. 2. Примеры изображений из авторского набора данных

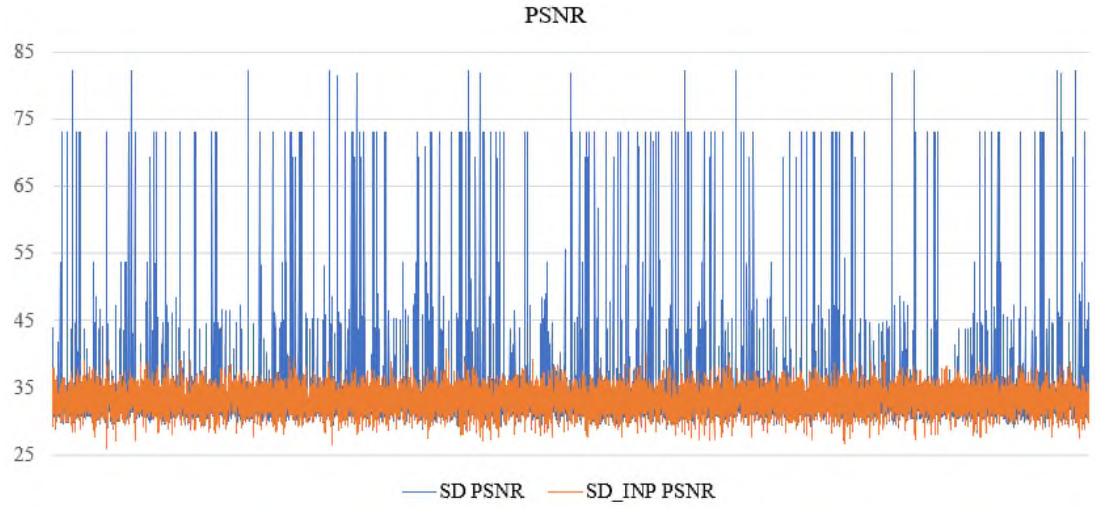


Рис. 3. Метрика PSNR

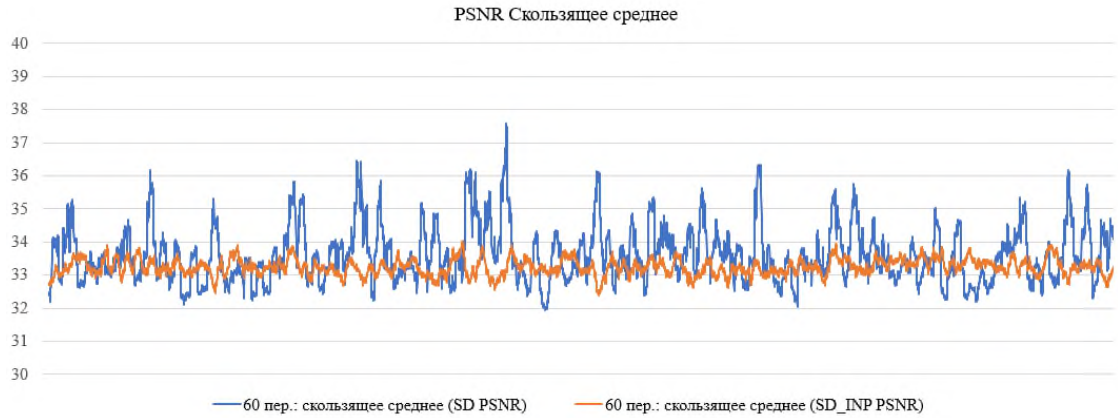


Рис. 4. Скользящее среднее для PSNR

Графики изменения метрики SSIM представлены на рис. 5 и скользящее среднее на рис. 6.

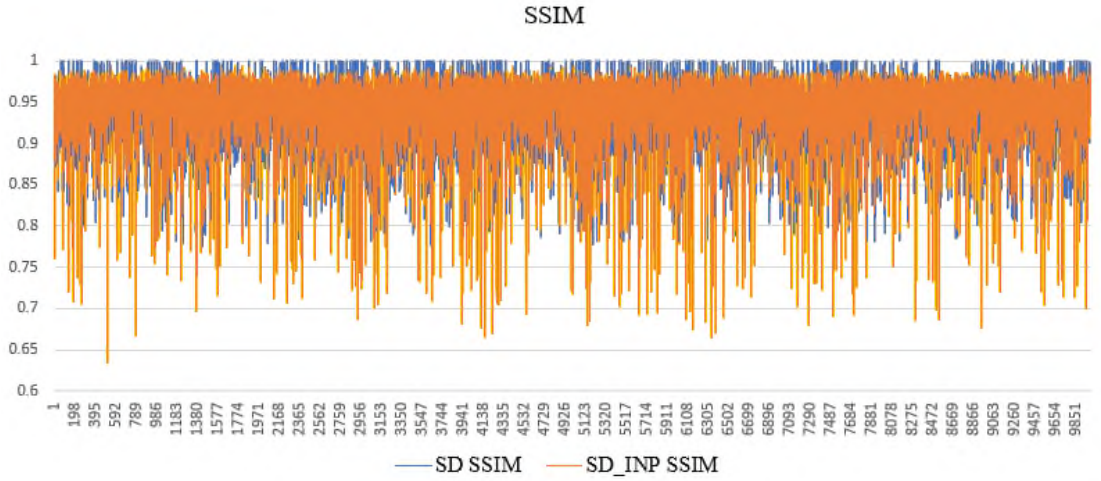


Рис. 5. Метрика SSIM

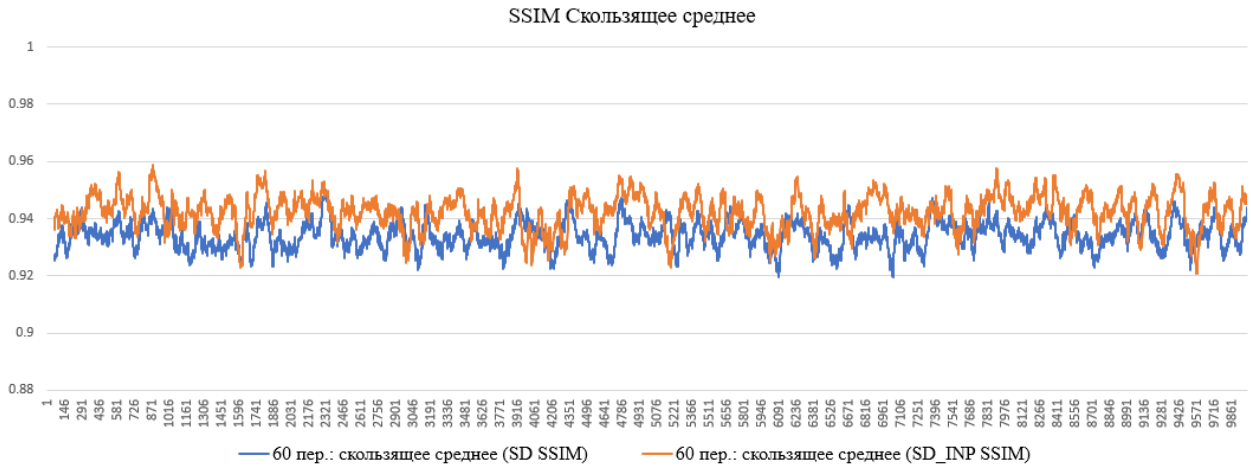


Рис. 6. Скользящее среднее SSIM

Графики изменения метрики VMAF представлены на рис. 7 и скользящее среднее на рис. 8.

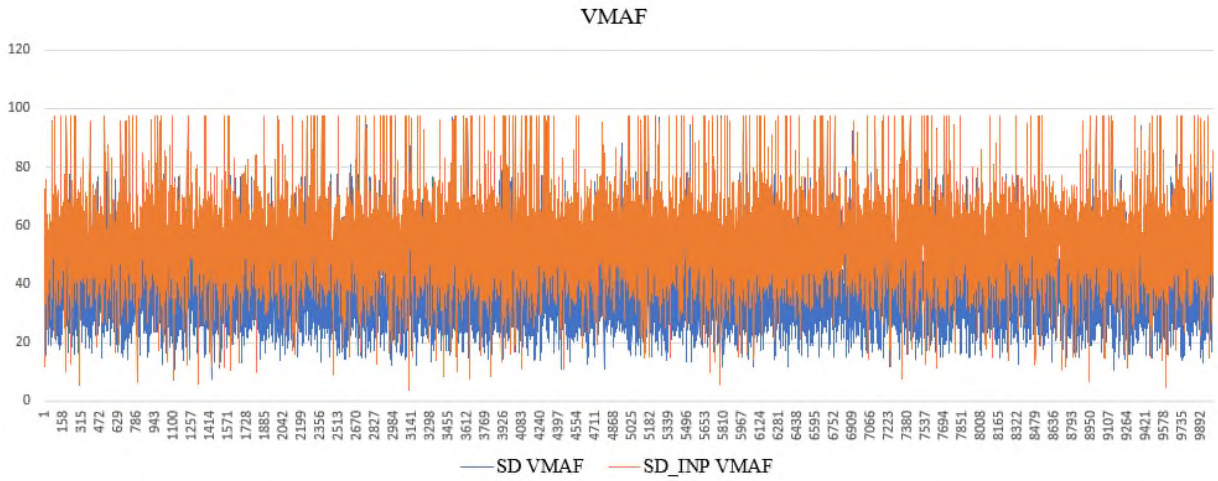


Рис. 7. Метрика VMAF

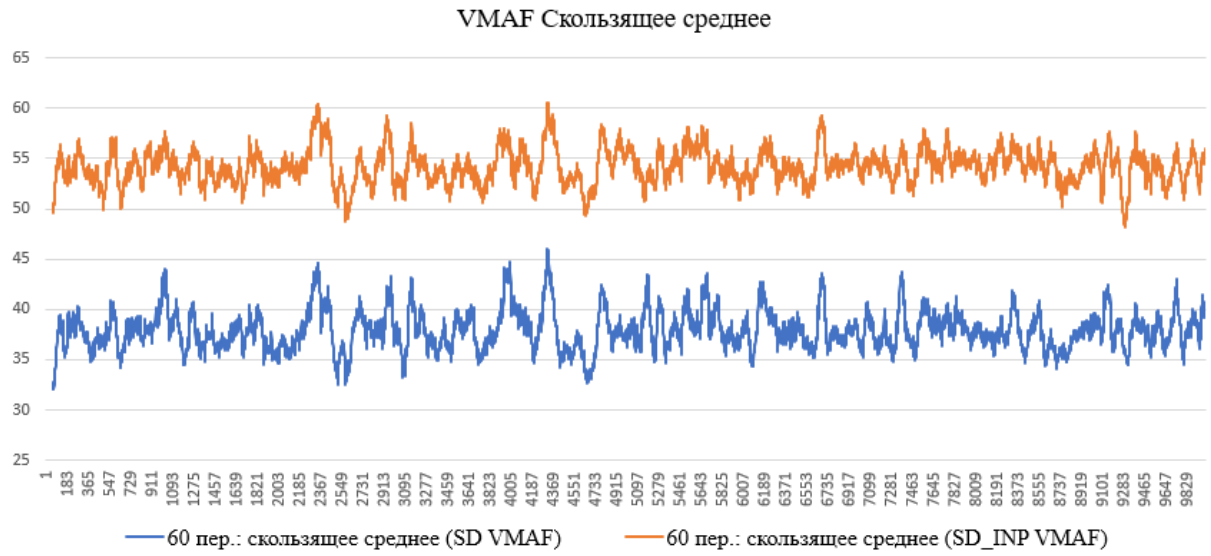


Рис. 8. Скользящее среднее VMAF

Результаты, представленные на графиках, демонстрируют, что выбранный подход позволяет увеличить результаты по метрикам SSIM и VMAF.

ТАБЛИЦА 1. Сравнение средних значений по метрикам

Модель	Метрики		
	PSNR	SSIM	VMAF
SD	33.6138	0.9340	37.9259
SD Inpainting	33.2387	0.9422	54.1899
Изменение %	-1.12%	+0.88%	+42.88%

Недостатками данного подходя являются: увеличение количества передаваемых данных: (1*x*4*x*64*x*64) + (2*x*4*x*64*x*64) + (2*x*1*x*64*x*64) + (1*x*4*x*64*x*64) вместо (1*x*4*x*64*x*64). Также значительно увеличивается время кодирования/декодирования кадра.

Значения этих параметров приведены в табл. 2. Измерения времени работы моделей проводились на видеокарте NVIDIA A100-SXM4-80GB:

ТАБЛИЦА 2. Сравнение параметров методов

Модель	Время, сек	Количество передаваемых данных, байт	Коэффициент сжатия FullHD
SD	0.3310	16384	379.6875
SD Inpainting	4.0000	73728	84.375
Изменение %	+1108.46%	+350.00%	-77.78%

Исследование показало, что предложенный метод повышает качество итогового изображения на 40%, согласно метрике VMAF. Однако, увеличивает количество передаваемых данных в 4.5 раза, и время

кодирования и декодирования в базовой реализации занимает в 12 раз больше времени.

По результатам применения данного метода можно сделать вывод, что он применим для использования с целью повышения качества изображений за счет увеличения использования пропускной способности канала. Однако применение данного метода в реальной системе требует значительной оптимизации модели в связи с низким быстродействием.

Научная статья подготовлена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 123060900012-6 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Rombach R. et al. High-resolution image synthesis with latent diffusion models //Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. – 2022. – С. 10684-10695.

2. Метод сжатия видеопотока при управлении беспилотными системами в гибридных орбитально-наземных сетях связи // Электросвязь. 2023. № 10. С. 40-48

3. Hore A., Ziou D. Image quality metrics: PSNR vs. SSIM //2010 20th international conference on pattern recognition. – IEEE, 2010. – С. 2366-2369.

4. Setiadi D. R. I. M. PSNR vs SSIM: imperceptibility quality assessment for image steganography //Multimedia Tools and Applications. – 2021. – Т. 80. – №. 6. – С. 8423-8444.

5. Li Z. et al. VMAF: The journey continues //Netflix Technology Blog. – 2018. – Т. 25. – №. 1.

Berezkin A., Nikiforov E., Parfenov. D.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Increasing the stability of contours in images when applying compression using diffusion neural networks

Currently, the use of unmanned ground and air vehicles is actively gaining popularity. To control this equipment, it is important to minimize delays in the communication channel. One of the methods of reducing delays is to reduce the amount of data transmitted to the channel. The article investigates a method for improving the quality of output images when using compression by the Stable Diffusion model. The proposed method makes it possible to increase the accuracy of image recovery from latent space, especially at the edges of objects.

Key words: MRC, Lossy compression, Diffusion neural networks, Stable Diffusion.

УДК 004.735
ГРНТИ 49.33.29

ГИБРИДНЫЕ СЕТИ И ИХ ОСНОВНЫЕ ВИДЫ С УЧЕТОМ ОБЛАСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ

А. А. Березкин, А. В. Слепнев, А. В. Суходоева
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

На данный момент все больший интерес вызывает тема создания и применения гибридных сетей в различных сферах деятельности. В данной статье рассматривается понятие гибридных сетей в общем понимании, и на какие виды их условно можно разделить. Также более подробно рассматривается каждый вид, с выделением сильных и слабых сторон применения гибридных сетей в данных направлениях.

гибридные сети, топологии, облачные технологии, орбитально-наземные гибридные сети

Сектор информационных технологий играет важную роль в обеспечении связи населения по всей стране. Благодаря развитой телекоммуникационной инфраструктуре удалось быстро и безболезненно перейти на удаленную работу и связь во время пандемии COVID-19. Сектор успешно адаптировался к новым условиям и поддерживает высокий уровень предоставляемых услуг.

В августе 2023 года Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации был разработан и опубликован проект стратегии развития отрасли связи до 2035 года [1]. Один из важных пунктов этого проекта - модернизация спутниковой связи. В рамках модернизации планируется создание новых национальных космических аппаратов с цифровой функциональностью и обновление состава спутников на геостационарной орбите. Кроме того, по плану будут развернуты отечественные НГСО-системы (НГСО - негеостационарная спутниковая орбита). К 2030 году число спутников в этой системе достигнет 622, а к 2035 году их количество увеличится до 924 [2].

В проекте также предусмотрено создание гибридных сетей связи с использованием выведенных спутников, которые будут использоваться для управления беспилотными авиационными системами. Предполагается, что эти сети обеспечат покрытие всей территории страны, включая федеральные и региональные автодороги, Арктическую зону и Северный морской путь. Данная статья является аналитическим обзором области гибридных сетей, а именно их разновидностей и применения в различных сферах.

В общем виде, гибридные сети являются комплексом разнообразных технологий и методов связи, которые объединены в единую систему с целью обеспечить более эффективную и надежную передачу информации. Гибридные сети, в свою очередь, можно условно классифицировать на несколько типов: топологические, облачные и орбитально-наземные

гибридные сети, каждая из которых имеет дополнительные подтипы. Ниже приведено их описание и характеристики.

1. Топологические гибридные сети

Гибридная топология - это способ сетевого соединения, который комбинирует несколько методов связывания точек подключения с другими устройствами. Например, персональный компьютер или принтер могут быть подключены к системе с использованием нескольких сетевых методов. Этот тип сети обладает рядом преимуществ, таких как возможность использования преимуществ других сетей, включая уровень сигнала. Однако, у него есть и некоторые недостатки, такие как необходимость в качественном оборудовании [3].

При создании гибридной топологии объединяются две или более различные топологии, чтобы получить систему, которая включает в себя преимущества и недостатки всех входящих в нее базовых топологий. Такая комбинация топологий обычно представляет собой полную систему, которая отвечает потребностям организации.

На сегодняшний день существует три основных типа гибридных топологий:

1) гибридная топология типа «Звезда-кольцо», представленный на рис. 1, где ПК – персональный компьютер, Ком. – коммутатор. Она представляет собой смесь или комбинацию топологии типа «Звезда» и кольцевой топологии.

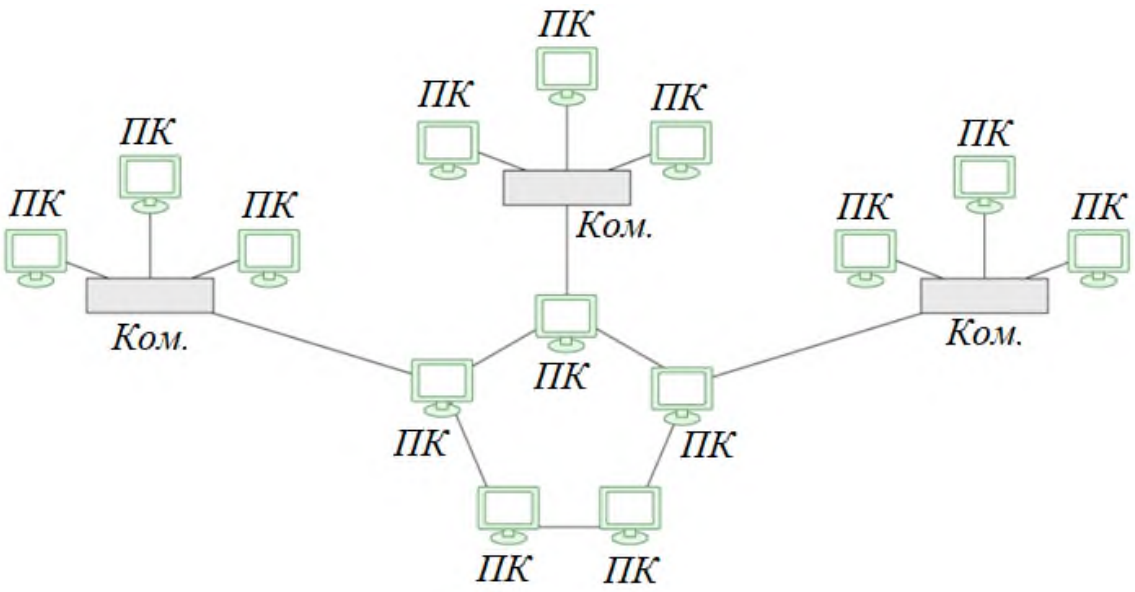


Рис. 1. Гибридная топология типа «Звезда-кольцо»

В гибридной топологии типа «Звезда-кольцо» звездообразные топологии соединяются друг с другом через кольцо в проводном соединении. Поток данных в топологии типа «Звезда-кольцо» может быть однонаправленным или двунаправленным;

2) гибридная топология типа «Звезда-шина», представленный на рисунке 2, где ПК – персональный компьютер, Ком. – коммутатор. Гибридная топология со звездообразной шиной представляет собой комбинацию звездообразной топологии и шинной топологии. Здесь сети топологии “Звезда” подключены к кабелю шинной топологии.

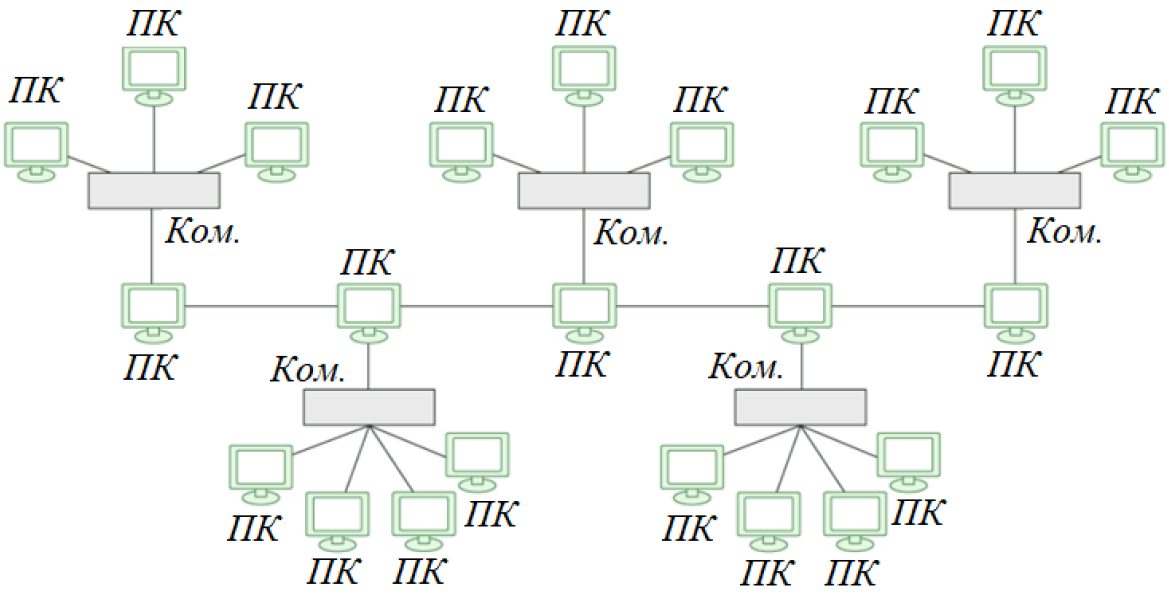


Рис. 2. Гибридная топология типа «Звезда-шина»

3) иерархическая топология.

Последний вид топологической гибридной сети представляет собой комбинацию гибридной топологии «Звезда-кольцо» и гибридной топологии «Звезда-шина». Она также состоит из корневого узла, дочернего узла и конечного узла.

Основными преимуществами использования гибридных топологий являются: возможность сочетания всех преимуществ используемых топологий; чрезвычайная гибкость и надежность; легкая масштабируемость, поскольку гибридные сети построены таким образом, что позволяет легко интегрировать новые аппаратные компоненты; возможность использования при больших объемах трафика и многие другие.

Однако, в их использовании есть и ряд недостатков, в частности: данных вид сетей является более дорогостоящим, нежели использование отдельных топологий без связки между собой; проектирование таких сетей достаточно сложное; для перехода на гибридную технологию часто необходимо менять используемое оборудование; используемые коммутаторы отличаются от обычных коммутаторов тем, что они должны быть достаточно интеллектуальными, чтобы работать с различными архитектурами.

Таким образом, гибридные топологии разработаны для удовлетворения широкого спектра потребностей и условий сети благодаря их гибкости. Они создаются после тщательного анализа доступных сетевых ресурсов и

объединяют различные конфигурации топологий, чтобы создать оптимальную среду для передачи сетевого трафика, обработки нагрузки и минимизации задержек при обмене данных.

2. Облачные гибридные сети

Гибридное или конвергентное облако – это комбинация по крайней мере одного публичного и одного частного облака. Преимущества использования гибридных облаков сводятся к экономии и скорости. Они предоставляют возможность выделять любые ресурсы из публичного облака на любой срок и отключать ненужные мощности [4]. Если учесть все детали, то стоимость аренды мощностей в публичном облаке будет примерно такой же, как и покупка реального оборудования, но расходы будут операционными, а срок квантования составит секунды.

Ключевым компонентом гибридного облака является платформа управления облачными ресурсами. Поскольку оба сегмента связаны защищенными каналами связи и находятся в одной сети, компании могут легко управлять всеми доступными виртуальными ресурсами как единым целым [5].

Существует несколько способов реализации взаимосвязи публичных и частных облаков. Наиболее распространены два метода: прямое соединение и VPN. Первый метод обеспечивает надежное и быстрое подключение частных ресурсов к инфраструктуре провайдера по запросу. Второй метод использует виртуальные частные сети для организации зашифрованного канала связи между частным и публичным сегментами гибридной инфраструктуры, при этом обеспечивая высокую скорость соединения.

Гибридные облака имеют ряд преимуществ, так как они позволяют устранить недостатки внешних и частных облачных сервисов. Они представляют компромиссное решение со значительными преимуществами: более низкие затраты на вычислительную мощность по сравнению с использованием собственного оборудования, гибкое управление ресурсами и легкая масштабируемость за счет провайдера.

Однако, применение этой технологии также имеет свои недостатки, такие как сложность интеграции, риск сбоя и возможность переподписки ресурсов нескольким клиентам провайдера.

Таким образом, гибридные облака - это логичный выбор для компаний, которые стремятся к гибкости и быстрому росту. Они объединяют преимущества частного и публичного хостинга и позволяют реализовывать различные сценарии - от быстрого развертывания дополнительных мощностей до безопасного хранения данных и тестирования новых продуктов.

3. Орбитально-наземные гибридные сети

Гибридная орбитально-наземная система представляет собой комбинированную сеть, состоящую из спутниковых и наземных

компонентов, которые взаимодействуют, но функционируют независимо друг от друга. Эти системы имеют отдельные системы управления сетью и работают в отдельных частотных диапазонах. Общая схема орбитально-наземной гибридной сети представлена на рисунке 3.

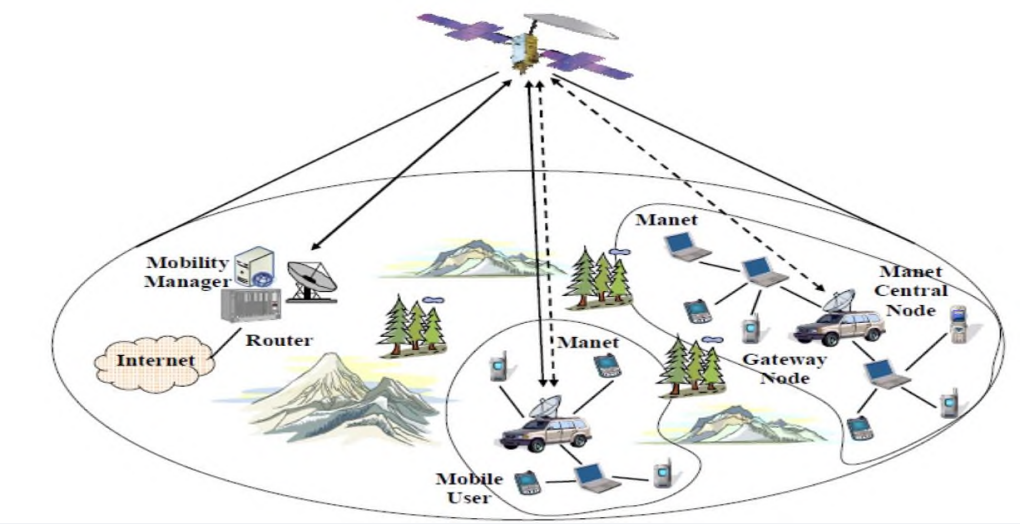


Рис. 3. Общая схема орбитально-наземной гибридной сети

Использование спутниковой связи предлагает ряд преимуществ по сравнению с другими системами связи. Она не имеет географических ограничений и может охватывать территории, на которых создание других систем связи нерентабельно или невозможно. Поэтому спутниковая связь активно внедряется в отдаленных районах и используется для интеграции новых технологий связи и интернета вещей. Эти спутниковые сети также могут обеспечивать универсальное обслуживание связи [6].

Будущая телекоммуникационная сеть предполагает использование различных технологий, таких как Wi-Fi, WiMAX, 2G / 3G, LTE, 5G и спутниковая связь. Для эффективной организации этих различных технологий серьезно рассматривается идея создания гибридных сетей, которые призваны упростить их взаимодействие с учетом качества сигнала, пробок на дорогах и экономических проблем. Целью таких гибридных сетей является обеспечение различных услуг для пользователей без перебоев [7].

Гибридные сети являются эффективным и экономичным решением для использования спутниковой связи не только для широковещательных или многоадресных услуг, но также для мобильной связи. Зоны покрытия спутниковых сетей, их внедрение и возможности передачи множественных сигналов делают их предпочтительным выбором для обслуживания специфических областей, таких как покрытие самолетов, кораблей и агрессивных сред.

Однако спутниковым системам связи присущи некоторые недостатки, такие как сложность технической реализации, высокая стоимость и затухание на высоких частотах. Поэтому возникла идея совместного использования

преимуществ и возможностей как спутниковых, так и наземных систем связи. Спутниковые сети могут обеспечить обширное покрытие низко населенных регионов, а наземные сети или компоненты — высокую пропускную способность и обслуживание городских областей с высокой плотностью населения при минимальных затратах.

С учетом прогресса современных цифровых сервисов в режиме реального времени и роста числа устройств, которые используют сетевые услуги, в развитии сетей связи сменяется основное направление с обеспечения высокой скорости подключения на обеспечение низкой задержки сигнала и возможность подключать больше устройств к сети. Данные задачи невозможно решить без создания новых поколений многоспутниковых систем связи, таких как НГСО.

Кроме того, уделяется все больше внимания исследованию и разработке гибридных сетей для решения различных задач в сферах сотовой связи, связи в морском пространстве и управления беспилотными летательными аппаратами. Управление и мониторинг гибридных сетей является значительным вызовом. Интеграция различных технологий и типов сетей требует совместимости, и для этого необходимы сложные системы управления и мониторинга. Как результат, настройка и обслуживание сетей требуют дополнительного времени и ресурсов.

В настоящее время эта тема является очень актуальной, и это очевидно в рамках проекта развития отрасли связи до 2035 года. Таким образом, изучение гибридных сетей, их создание и применение имеют широкие перспективы для дальнейшего развития информационных технологий в России.

Список используемых источников:

1. Проект стратегии развития отрасли связи Российской Федерации на период до 2035 года, дата подписания – 13.08.2023, дата публикации – 13.08.2023, [Электронный ресурс]. URL: https://digital.gov.ru/ru/documents/9120/ (Дата обращения: 15.10.2023)

2. В России хотят построить аналог Starlink с 900 спутниками и интеграцией с 5G и 6G // Роскосмос; Научно-образовательный центр мирового уровня Инженерия будущего [Электронный ресурс]. URL: https://nocsamara.ru/news/458061 (Дата обращения: 18.10.2023)

3. Dave Roos, How Hybrid Networks Work // Dave Roos [Электронный ресурс]. URL: https://computer.howstuffworks.com/hybrid-networks.htm#:~:text=Гибридная%20сеть%20относится%20к%20любой,компьютеров%20и%20других%20сетевых%20устройств (Дата обращения: 18.10.2023)

4. Armbrust M. A view of cloud computing / M. Armbrust, A. Fox, R. Griffith etc. // Communications of the ACM. — 2010. — Vol. 53. — No. 4. — P. 50-58.

5. Декалюк А.О. Гибридные облачные среды / А.О. Декалюк // Научное сообщество студентов. междисциплинарные исследования. Сборник статей по материалам CIX студенческой международной научно-практической конференции. Новосибирск, 2021. С. 6-9.

6. Hybrid satellite/terrestrial networks: State of the art and future perspectives / Nicolas Courville, Hermann Bischl, Erich Lutz [и др.]. - Текст: непосредственный // IWSTI '07: QShine 2007 Workshop: Satellite/Terrestrial Interworking. August 200, 7Article No.: 1, pp 1-7.

7. Mah Daniel C.H. Role of Satellite in 5G. SAS, Satellite Connectivity Workshop, Nadi, Fuji, 24 April 2017.

Berezkin A., Slepnev A., Sukhodoeva A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Hybrid networks and their main types, taking into account the scope of application.
At the moment, the topic of creating and using hybrid networks in various fields of activity is of increasing interest. This article discusses what hybrid networks are in the general sense, and what types they can be conditionally divided into. Each type is also considered in more detail, highlighting the strengths and weaknesses of the use of hybrid networks in these areas.

Key words: hybrid networks, topologies, cloud technologies, orbital-ground hybrid systems.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

4.1 Интеллектуальные коммуникационные технологии

УДК 004.7:004.422.8
ГРНТИ 20.01.07

МУЛЬТИАГЕНТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В УПРАВЛЕНИИ ГОРОДСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ

И. Б. Бондаренко, Д. А. Пелих
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Предложено применение мультиагентного подхода при решении задач управления городской инфраструктурой. Описаны ключевые показатели агентов. Формализован процесс принятия решений агентами. Описана последовательность действий агентов. Построена динамическая сеть Байеса для коллективной агентной модели принятия решений. Описан расчёт функции вознаграждения.

мультиагентные системы, динамическая сеть Байеса, модели принятия решений, задач управление городской инфраструктурой, ключевые показатели эффективности

Развитие цифровых технологий и искусственного интеллекта открывают широкие возможности для внедрения новых методов для решения самых разнообразных задач. В данной работе рассматривается проблема управления городом с позиции внедрения информационной системы. В городе, особенно мегаполисе присутствует огромное количество объектов регулирования, зачатую с неочевидными связями между собой. А в управлении принимают участие большое количество действующих лиц и у каждого из них свои интересы, цели и предпочтения. В условиях такой стохастической природы принятия решений может быть полезно мультиагентное планирование [1, 2]. В [3] обосновано применение мультиагентного подхода при решении задач городского планирования, приведена архитектура мультиагентной системы управления городом на концептуальном уровне, описаны возможные методы представления и анализа архитектуры подобных систем.

Объектам городского регулирования соответствуют агенты, имеющие ключевые показатели эффективности, которые могут отличаться в зависимости от области ответственности агента. Например, таким показателем может быть отношение количества социально значимых объектов (школ, больниц, МФЦ) к плотности населения в конкретном районе города. Взаимодействие агентов путем передачи сообщений в сетях потребностей и возможностей на основе самоорганизации позволяет выявить оптимальную комбинацию решений управления городскими ресурсами [4].

Агенты имеют свои собственные цели, критерии, предпочтения и ограничения, важность которых может быть представлена весовыми коэффициентами в линейной комбинации критериев (q_i) для данной

ситуации, но может меняться при формировании или исполнении плана. Такие критерии могут вводиться для любой из потребностей (G). Набор первоначальных критериев (q_i) поступает в систему в виде данных, описывающих состояние городской среды в текущий момент. Например, при планировании дорожной инфраструктуры в качестве потребностей выступают:

- максимальная загруженность на каждом участке дороги;
- связанность объектов инфраструктуры;
- возможность проезда общественного транспорта;
- пассажиропоток, обеспечиваемый общественным транспортом;
- общий пассажиропоток участка дороги;
- обеспечение дорожной инфраструктуры физическими ограничителями успокоения трафика и переходами;
- отношения к городской среде.

Подобные потребности могут быть расширены и приведены для других областей городского регулирования на основании закона Санкт-Петербурга от о Генеральном плане [5, 6].

Потребности помимо текущих значений критериев имеют предложенные идеальные значения (q_{iG}), для которых при проектировании системы необходимо предусмотреть взаимодействие с ней пользователей, в качестве которых выступают специалисты, компетентные в конкретных областях городского регулирования.

Значение функции удовлетворенности для каждого агента будет показывать отклонение текущего значения от заданного идеального по любому из критериев текущего шага поиска решения $f_{iG}\ (q_i - q_{iG})$. В качестве итогового результата для каждой потребности оценивается сумма виртуальных значений для каждого критерия i с заданными весовыми коэффициентами k_{iG}. При правильном выборе признаков и формы функции цель каждого агента может быть переформулирована как увеличение (максимизация) значения потребности G:

$$G = \sum_{i=0}^{n} (k_{iG} \times f_{iG}\ (q_i - q_{iG})),$$

где весовые коэффициенты нормированы $\sum_{i=0}^{n} (k_{iG}) = 1$.

На каждом временном этапе цикла последовательных действий агентов a_t система формирует массив состояний n_t, записанный в табличном формате, после чего каждый агент последовательно оценивает локальное состояние s_t окружающей среды, формирует локальные наблюдения o_t и совершает локальные действия, а затем система формирует массив состояний и действий n_t (рис. 1).

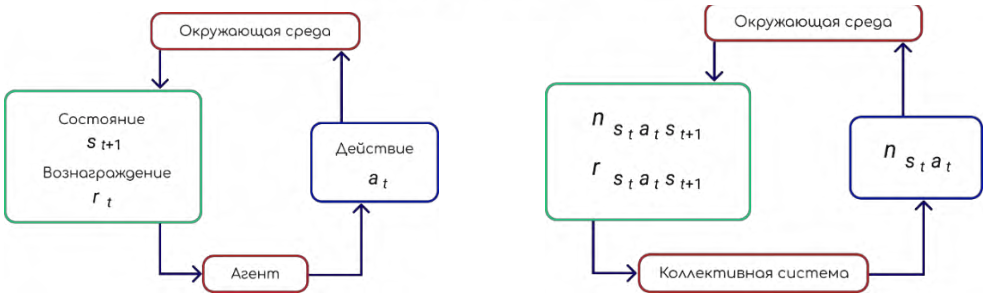


Рис.1. Схема для одиночной и коллективной агентной модели принятия решений

На рис. 2 представлена графовая вероятностная модель (сеть Байеса) для состояний, наблюдений и действий агентов во времени t, описывающая процесс принятия агентом решений с учётом действий остальных агентов.

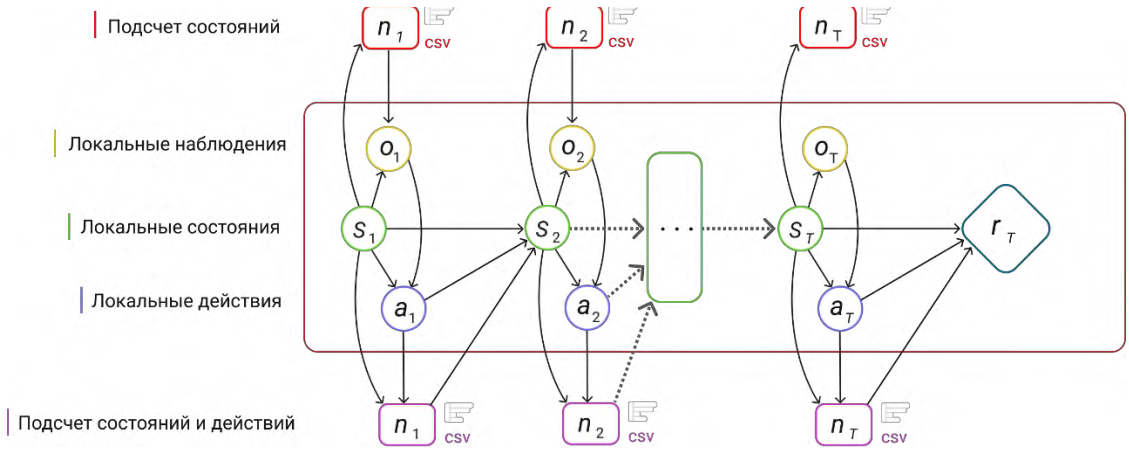


Рис.2. Динамическая сеть Байеса для коллективной агентной модели принятия решений

Ввиду стохастической природы процессов управления городом необходимо контролировать корректность принимаемых агентами действий посредством функции вознаграждения (R), отражающей изменения в функции удовлетворенности агентов и определяющая гибкость компромиссов при решении конфликтов [7, 8]. Расчёт функции вознаграждения влечет за собой нахождение функции количественной оценки совместных действий θ, которая максимизирует общее ожидаемое вознаграждение:

$$\mathrm{E}\left[\sum \gamma_i R\left(s_t;\ a_t;\ \theta\right)\right],$$

где γ_i – нормированный весовой коэффициент вознаграждения $\sum_{i=0}^{n}(\gamma_i) = 1$.

Оценить вклад агентов при решении задач планирования возможно посредством введения в систему координационного агента, оценивающего действия каждого агента и влияющего на его функцию вознаграждения. Для этого после действия каждого агента сравнивается его поведенческая функция с желаемыми показателями и в случае расхождений вносятся изменения в весовой коэффициент вознаграждения γ_i (рис. 3).

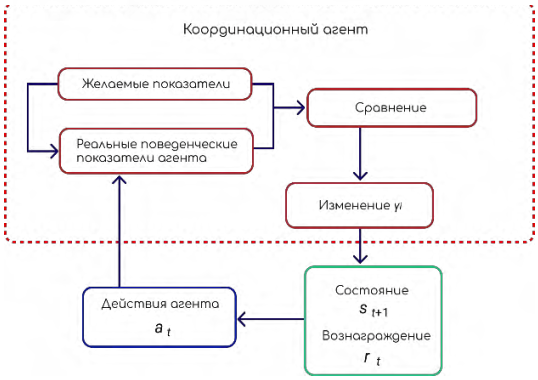


Рис.3. Схема функционирования координационного агента

Представленные выкладки и формализации являются теоретическим базисом для использования мультиагентного планирования в управлении городской инфраструктурой.

Список используемых источников:

1. Птицына Л. К., Кондратьев Д. А., Эльсабаяр Шевченко Н. Интеллектуальные профили сервис-ориентированных архитектур // Труды учебных заведений связи. 2016. Т. 2. N 2. С. 72-77.

2. Птицына Л. К., Эль Сабаяр Шевченко Н., Белов М. П., Птицын А. В. Планирование архитектуры сервис-ориентированных систем в условиях неопределённости // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2020. Т. 1. С. 115-118.

3. . Пелих Д. А, . Птицына Л.К. Мультиагентные системы в управлении городскими ресурсами // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании: материалы XII Междунар. науч.-технич. и науч.-методич. конф., Санкт-Петербург, 28 фев. - 01 марта 2023 г. СПб. : СПбГУТ, 2023. Т. 4. С 690 – 694.

4. Скобелев П. О., Лахин О. И., Майоров И. В., Симонова Е. В. Адаптивное мультиагентное планирование производственных ресурсов на основе онтологии // Информационно-управляющие системы. 2018.

5. Закон Санкт-Петербурга от 22.12.2005 №728-99 о Генеральном плане.

6. Закон Санкт-Петербурга от 19.12.2018 №761-161.

7. Aquib Mustafa, Dimitra Panagou. Adversary Detection and Resilient Control for Multi-Agent Systems // IEEE Transactions on Control of Network Systems.

8. Nadir K. Salih, Tianyi Zang, Abdelmotalib A. Mohamed. Autonomic Management for Multi-agent Systems // IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 8, Issue 5. N 6. P. 105–117.

Bondarenko I., Pelikh D.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Multi-agent planning in urban infrastructure management.

The application of a multi-agent approach to solving urban infrastructure management problems is proposed. Key indicators of agents are described. The decision-making process by agents has been formalized. The sequence of actions of agents is described. A dynamic Bayes network is constructed for a collective agent-based decision-making model. The calculation of the reward function is described.

Key words: multi-agent systems, dynamic Bayesian network, decision-making models, urban infrastructure management tasks, key performance indicators.

УДК 004.832.34
ГРНТИ 28.23.37

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ ПОЗЫ ЧЕЛОВЕКА И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТЕЛЕПРИСУТСТВИЯ

М. А. Еремеев, А. С. А. Мутханна
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном информационном обществе наблюдается ускоренное развитие технологий, приводящее к изменениям в способах взаимодействия и коммуникации между людьми. Одной из наиболее значительных тенденций в этом контексте является расширение возможностей телеприсутствия, которое позволяет пользователям взаимодействовать и воспринимать информацию, будто они находятся в удаленных местах, обеспечивая таким образом уровень коммуникации, близкий к личному присутствию. Технологии телеприсутствия представляют собой значительный механизм для обеспечения устойчивых и эффективных форм общения, обучения, работы и развлечения в условиях географической дистанции и мобильности. Для обеспечения услуги телеприсутствия невозможно пройти мимо такие современные и набирающие популярность технологии как нейронные сети и оценку позы человека.

оценка позы человека, нейронные сети, телеприсутствие, компьютерное зрение

Технология телеприсутствия – это разновидность информационных технологий, которая обеспечивает возможность удаленного взаимодействия между людьми, объектами и системами. В целом, технология телеприсутствия позволяет пользователям чувствовать себя присутствующими на удаленном месте и иметь возможность контролировать и взаимодействовать с объектами или системами на этом удаленном месте [1].

Эта технология базируется на принципе передачи информации в режиме реального времени между участниками взаимодействия. Телеприсутствие позволяет людям вести переговоры, проводить совместные мероприятия, обучаться, сотрудничать и даже участвовать в различных мероприятиях на расстоянии, не выходя из своего офиса или дома.

Основным принципом работы технологий телеприсутствия является передача информации между двумя удаленными местами, которые соединены с помощью сетевых технологий. Каждое место оборудовано специальными устройствами, которые обеспечивают передачу и прием изображения и звука.

Технологии телеприсутствия включают в себя различные виды связи, такие как видео– и аудиосвязь, чаты, конференции, видеоконференции, а также использования роботов телеприсутствия, технологии виртуальной и дополненной реальности. Они могут использоваться как на персональных

устройствах, таких как смартфоны, планшеты и компьютеры, так и на специально оборудованных системах, таких как телеконференц–залы и системы голографического телеприсутствия.

На данный момент способность обеспечить полноценную услугу телеприсутствия как это принято описывать у авторов фантастических фильмов и книг не возможно в полной мере. Но в будущем значительную роль в становлении технологии телеприсутствия сыграют представленные в этой работе научные методы.

Алгоритмы работы оценки позы человека

Оценка позы человека (от англ. *Human Pose Estimation, HPE*) — это способ идентификации и классификации суставов в человеческом теле.

По сути, это способ зафиксировать набор координат для каждого сустава (руки, головы, туловища и т. д.), который известен как ключевая точка, описывающая позу человека. Соединение между этими точками называется парой.

Связь между точками должна быть значимой, а это значит, что не все точки могут образовать пару. С самого начала цель *HPE* — сформировать скелетоподобное представление человеческого тела, а затем обработать его для конкретных задач.

HPE может работать, как и в двухмерном пространстве, так и в трехмерном, однако необходимо заметить, что моделей из второй категории заметно меньше, чем из первой. Процесс осуществляется путем рассмотрения комбинации ориентаций позы для данного предмета или человека. Основываясь на ориентации точек, мы можем визуализировать расположение объекта в пространстве или позу человека в пространстве.

Оценка позы в основном выполняется путем определения ключевых точек объекта/человека в двухмерном и трехмерном пространстве.

- Для объектов: ключевыми точками будут углы или края объекта.
- Для людей: изображение, содержащее людей, где ключевыми точками могут быть локти, запястья, пальцы, колени и т. д.

Существует три типа подходов к моделированию человеческого тела:

- Модель на основе скелета
- Контурная модель
- Объемная модель

Рис.1. Типы моделирования человеческого тела

Классические и основанные на глубоком обучении подходы к оценке позы человека

Подходы *HPE* в основном относятся к области компьютерного зрения и используются для понимания геометрической информации и данных о движении человеческого тела, которые могут быть очень сложными. В этом разделе рассматриваются два подхода: классический подход и подход к *HPE*, основанный на глубоком обучении. Также станет понятно, почему классические подходы не могут захватить геометрическую информацию и информацию о движении человеческого тела, и как алгоритмы глубокого обучения, такие как *CNN*, преуспевают в этом.

Подходы, основанные на глубоком обучении, к 2D–оценке позы человека

Подходы, основанные на глубоком обучении, хорошо определяются их способностью обобщать любую функцию (если в данном скрытом слое присутствует достаточное количество узлов). Когда дело доходит до задач компьютерного зрения, глубокие сверточные нейронные сети (*CNN*) превосходят все остальные алгоритмы, и это верно и для *HPE*. *CNN* имеет возможность извлекать шаблоны и представления из заданного входного изображения с большей точностью, чем любой другой алгоритм; это делает *CNN* очень полезным для таких задач, как классификация, обнаружение и сегментация. В отличие от классического подхода, когда функции создавались вручную; *CNN* может изучать сложные функции при наличии достаточного количества данных для обучения, проверки и тестирования.

Тошев и др. в 2014 году первоначально использовали *CNN* для оценки позы человека, переключившись с классического подхода на подход, основанный на глубоком обучении, и назвали его *DeepPose*: оценка позы человека с помощью глубоких нейронных сетей.

Они определили всю проблему как проблему регрессии на основе *CNN* к суставам тела[2].

Авторы также предложили дополнительный метод, в котором они реализовали каскад таких регрессоров для получения более точных и последовательных результатов. Они утверждали, что предложенная глубокая нейронная сеть может целостно моделировать заданные данные, т. е. сеть имеет возможность моделировать скрытые позы, что не соответствовало классическому подходу.

С сильными и многообещающими результатами, показанными *DeepPose*, исследования *HPE* естественным образом тяготели к подходам, основанным на глубоком обучении.

Описание работы модели свёрточной нейронной сети VNect

VNect – это нейронная сеть, обученная на задаче оценки позы человека по RGB–изображению. Она способна получить согласованную во времени, полную трехмерную позу скелета человека с монокулярной RGB–камерой[3].

Данная модель состоит из нескольких основных частей:

1) Сверточная нейронная сеть для предсказания 2D и 3D позиций суставов: Ядром модели является нейронная сеть, которая предсказывает как двухмерное, так и трехмерное положение суставов относительно корневого сустава (таза) в режиме реального времени. Эта нейронная сеть приводит к результатам, не уступающим современным офлайн–методам по точности определения положения 3D суставов

2) Подгонка кинематического скелета с предсказанными позициями суставов: VNect использует функцию оптимизации, которая: (1) объединяет предсказанные 2D и 3D положения суставов для подгонки кинематического скелета по методу наименьших квадратов, (2) обеспечивает плавное отслеживание во времени. Мы дополнительно улучшаем стабильность отслеживаемой позы, применяя этапы фильтрации на разных этапах.

3) Инициализация скелета (необязательно): Система настроена на скелет по умолчанию, который хорошо работает для большинства людей. Для более точных оценок относительные пропорции тела базового скелета могут быть адаптированы к пропорциям тела субъекта. Пользователям достаточно один раз указать свой рост (расстояние от головы до ног), чтобы можно было отслеживать 3D–позу в истинном метрическом пространстве.

Кинематический скелет – это виртуальная модель, используемая в компьютерной графике и анимации для описания движения персонажей или объектов. Он состоит из системы связанных костей (или суставов), которые имитируют анатомическую структуру существа или объекта. Каждая кость в скелете представляет отдельный элемент, который может быть перемещен и вращен вокруг своего сустава.

Модель была обучена на большом наборе данных, содержащих изображения людей в различных позах. В процессе обучения модель

подстраивает свои веса и параметры, чтобы минимизировать ошибку предсказания позы.

Поскольку выходные данные уже согласованы по времени и в глобальном трехмерном пространстве, их можно легко использовать в таких приложениях, как управления персонажем.

После обучения, VNect может быть использована для оценки позы человека на новых изображениях. Для этого изображение подается на вход модели, которая возвращает двухмерные и трехмерные координаты суставов человека. Эти данные могут быть использованы для различных приложений, таких как анализ движений, игры и взаимодействие человека с компьютером.

Работа выполнена в рамках прикладных научных исследований СПбГУТ, регистрационный номер 1022040500653-0 от 16.02.2023 в ЕГИСУ НИОКТР.

Список используемых источников:

1. Vybornova A. Immersive Telecommunications: a Survey and Future Development // Telecom IT. 2021. Vol. 9. Iss. 3. pp. 1–10 (in Russian). DOI 10.31854/2307-1303-2021-9-3-1-10.

2. Toshev A. and Szegedy C. "DeepPose: Human Pose Estimation via Deep Neural Networks. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Columbus, OH, USA. 2014. 1653-1660 pp. doi: 10.1109/CVPR.2014.214.

3. DUSHYANT MEHTA, SRINATH SRIDHAR, OLEKSANDR SOTNYCHENKO, HELGE RHODIN, MOHAMMAD SHAFIEI, HANS-PETER SEIDEL, WEIPENG XU, DAN CASAS, CHRISTIAN THEOBALT. VNect: Real-time 3D Human Pose Estimation with a Single RGB Camera // ACM Transactions on Graphics (SIGGRAPH 2017), Los Angeles, USA.

Eremeev M., Muthanna A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Analysis of human posture assessment technology and neural networks to provide telepresence technology.

In modern information society there is an accelerated development of technologies, leading to changes in the ways of interaction and communication between people. One of the most significant trends in this context is the expansion of telepresence, which allows users to interact and perceive information as if they were in remote locations, thus providing a level of communication close to personal presence. Telepresence technologies represent a significant mechanism for providing sustainable and effective forms of communication, learning, working and entertainment across geographical distance and mobility. To provide telepresence services, it is impossible to pass by such modern and gaining popularity technologies as neural networks and human pose estimation.

Key words: human pose estimation, neural networks, telepresence, computer vision.

УДК 004.891
ГРНТИ 20.23.19

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКОГО ИНТЕЛЛЕКТА РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

А. В. Ковальчук, В. Л. Литвинов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Показано возрастание востребованности интеллектуальных рекомендательных систем. Рассмотрены области применения рекомендательных систем. Определены необходимые требования к качеству функционирования интеллектуальных рекомендательных систем. Выделены базовые критерии качества. Показана объективная необходимость контроля и прогнозирования качества функционирования рекомендательных систем. Предложена концепция формирования модельно-аналитического интеллекта для сопровождения функционирования рекомендательных систем.

рекомендательные системы, анализ данных, прогнозирование, контроль, метод, модель

С развитием больших данных интеллектуальный анализ становится важнейшей технологией в исследованиях и бизнесе, так как в современном мире появляется огромное количество информации. Интеллектуальная рекомендательная система предназначена для анализа имеющейся информации и создания детальных и персонализированных прогнозов [1]. Она опирается на рекомендательные алгоритмы, которые определяют, какие предложения будут наиболее эффективными. Применение таких систем имеет важное значение как с точки зрения инноваций, так и с практической точки зрения, поскольку они позволяют обществу получать более точную и интеллектуальную информацию.

На сегодняшний день интеллектуальные рекомендательные системы активно применяются в разнообразных сферах. В сфере электронной коммерции они находят свое применение в интернет-магазинах, где предоставляют клиентам рекомендации по товарам и услугам, основанным на их предпочтениях, определенным на основе истории их покупок. В медиа- и развлекательной индустрии, включая стриминговые платформы, музыкальные сервисы, видеоигры и социальные сети, рекомендательные системы помогают предлагать пользователям контент, который может заинтересовать их, исходя из их просмотренных или прослушанных материалов. В сфере образования эти системы обеспечивают студентов курсами, учебными материалами и ресурсами, соответствующими их интересам и уровню знаний. В здравоохранении они предоставляют рекомендации по выбору врачей, лечебных процедур и лекарств, а также помогают разрабатывать персонализированные планы фитнеса и здорового образа жизни. Распространены системы рекомендаций в сфере финансовых

услуг, где они предлагают клиентам инвестиционные стратегии, кредитные продукты, учитывая их финансовую историю. Интеллектуальные рекомендательные системы также используются в социальных сетях, в сфере путешествия и туризма, в области IT, в производстве и снабжении и научных исследованиях.

Для качественной работы интеллектуальных рекомендательных систем определены основные требования:

1. Точность и релевантность рекомендаций: Система должна предлагать рекомендации, которые действительно соответствуют предпочтениям и потребностям пользователей. Рекомендации должны быть точными, полезными и релевантными, чтобы удовлетворить запросы и предложить наиболее подходящие варианты.

2. Персонализация: Рекомендательная система должна уметь учитывать индивидуальные предпочтения, интересы и контекст каждого пользователя. Каждый пользователь уникален, и система должна предлагать рекомендации, которые отвечают его уникальным потребностям и вкусам.

3. Доступность и скорость: Рекомендации должны быть доступны и предоставляться пользователю в режиме реального времени с минимальной задержкой. Идеально, если система способна адаптироваться к изменяющимся условиям и предлагать актуальные рекомендации с высокой скоростью.

4. Разнообразие рекомендаций: Рекомендательная система должна уметь предлагать разнообразные варианты, чтобы удовлетворить разнообразные интересы и потребности пользователей. Предлагать только очевидные или популярные варианты может быть недостаточно, система должна уметь учитывать и предлагать исключительные и уникальные варианты.

5. Прозрачность и объяснимость: Пользователи должны понимать, как система формирует рекомендации и какие факторы она учитывает. Система должна быть прозрачной и объяснимой для пользователей, чтобы они могли доверять и понимать процесс формирования рекомендаций.

6. Управляемость: Пользователи должны иметь возможность влиять на рекомендации, вносить корректировки и настраивать систему в соответствии с их предпочтениями. Система должна быть гибкой и управляемой, чтобы удовлетворить различные потребности и предоставить пользователю контроль над рекомендациями.

На основе этого можно выделить базовые критерии качества: актуальность, точность, разнообразие, своевременность, персонализация, простота использования, масштабируемость, эффективность и безопасность. Следовательно, интеллектуальная рекомендательная система должна соответствовать интересам и предпочтениям пользователя, рекомендации должны быть точными, разнообразными, персонализированными и своевременными. Помимо вышеперечисленных критериев, интеллектуальные рекомендательные системы должны иметь способность

обрабатывать и анализировать большие объемы данных, а также обеспечивать высокий уровень автоматизации и интеграции с другими системами. Кроме того, они должны быть способны адаптироваться к изменяющимся предпочтениям и поведению пользователей, обеспечивая высокий уровень пользовательского опыта и удовлетворенности. Важным фактором также является способность системы обеспечивать конфиденциальность и защиту данных пользователей.

Объективная необходимость контроля и прогнозирования качества функционирования рекомендательных систем заключается в том, что они являются важным инструментом для персонализации и улучшения пользовательского опыта в различных сферах. Они могут значительно повысить эффективность и конверсию в различных сферах, что может привести к экономическим выгодам для компаний и организаций [2]. Однако, функционирование рекомендательных систем может быть подвержено различным факторам, таким как изменения в предпочтениях пользователей, изменения в данных, технические проблемы и другие факторы. Поэтому, контроль и прогнозирование качества функционирования рекомендательных систем являются важным аспектом их разработки и использования, который может помочь в обеспечении высокого уровня пользовательского опыта, удовлетворенности пользователей и экономических выгод для компаний и организаций.

Важную роль в рекомендательных системах играет модельно-аналитический интеллект, который влияет на повышение эффективности и точности рекомендаций. Он использует комбинацию моделей и аналитических методов для обработки и интерпретации данных, а также для прогнозирования и предложения наиболее подходящих рекомендаций. Концепция модельно-аналитического интеллекта показана на рис. 1.

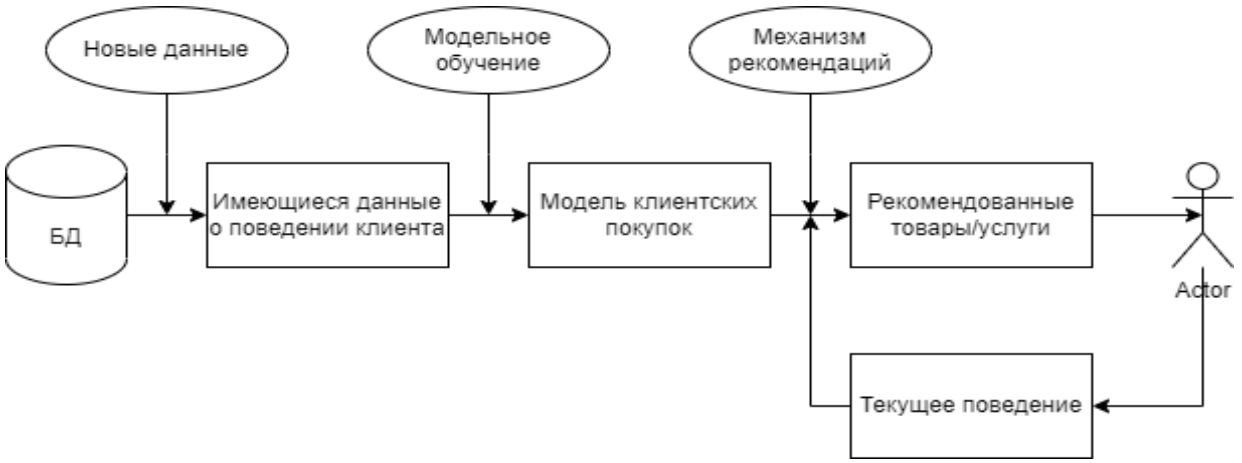


Рис.1. Концепция модельно-аналитического интеллекта

Распространенные методы интеллектуального анализа классификаций включают байесовскую классификацию, дерево решений и метод опорных векторов [3]. При использовании байесовских сетей будут использоваться

формулы условной вероятности, совместной вероятности и общей вероятности, как показано в следующих формулах [4]:

$$P(Y|X) = \frac{P(XY)}{P(X)},$$

$$P(XY) = P(X)\,P(Y|X),$$
$$P(X) = \sum_{i=1}^{n} P(Y_i)\,P(X|Y_i),$$

где – X, Y все события и $P(Y_i) > 0$, i=1,2,…,n. В соответствии с приведенными выше тремя формулами можно вывести байесовскую формулу, как показано в следующей формуле:

$$P(Y_i|X) = \frac{P(X|Y_i)P(Y_i)}{\sum_{j=1}^{n} P(X|Y_j)P(Y_j)}.$$

Байесовская формула является основой байесовского сетевого обучения и прогнозирования.

Предложенная концепция технологии интеллектуального анализа данных для рекомендательных систем обеспечивает четкое визуальное представление механизма рекомендаций клиентам и его различных компонентов. Она включает в себя различные методы и алгоритмы, которые могут быть визуально представлены в виде диаграмм, схем и иерархий.

Диаграммы и схемы могут быть использованы для представления различных компонентов рекомендательной системы, таких как источники данных, модели данных, аналитические методы, прогнозирование и обработка неопределенности. Иерархии могут быть использованы для представления различных уровней сложности и взаимосвязи между компонентами системы.

Визуальное представление механизма рекомендаций клиентам позволяет более эффективно понимать и анализировать работу системы, а также облегчает ее оптимизацию и улучшение. Кроме того, четкое визуальное представление может помочь пользователям и экспертам в понимании того, как система принимает решения и как они могут быть влиятельными для рекомендаций.

Список используемых источников:

1. Мохов А. И., Кислинский В. Г., Алексейчук А. С. Разработка рекомендательной системы на основе сессий с использованием многоуровневой системы отбора кандидатов // Труды МАИ. 2022. N 126. С. 1–53. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49767580 (дата обращения 22.01.2023).

2. Федоренко В. И., Киреев В. С. Использование методов векторизации текстов на

естественном языке для повышения качества контентных рекомендаций фильмов // Современные наукоемкие технологии. 2018. N 3. С. 102–106. [Электронный ресурс]. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32749348 (дата обращения 23.01.2023).

3. Оскуэи Р. Дж., Кор Н. М., Малеки С. А. Интеллектуальный анализ данных и медицинский мир: диагностика, лечение, прогноз и проблемы рака молочной железы // Американский журнал исследований рака. 2017. Т. 7, N 3, С. 610-627

4. Блейлок Б. К., . Хорел Дж. Д, Листон С. Т. Облачное архивирование и интеллектуальный анализ данных для вывода прогнозной модели быстрого обновления высокого разрешения // Computers & Geosciences. 2017. Т. 109, С. 43-50.

Kovalchuk A., Litvinov V.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Research of model-analytical intelligence of recommendation systems.
The increasing demand for intelligent recommendation systems is shown. The areas of application of recommendation systems are considered. The necessary requirements for the quality of functioning of intelligent recommendation systems are determined. The basic quality criteria are highlighted. The objective necessity of monitoring and forecasting the quality of the functioning of recommendation systems is shown. The concept of the formation of model-analytical intelligence to support the functioning of recommendation systems is proposed.

Key words: recommendation systems, data analysis, forecasting, control, method, model.

УДК 004.056.5
ГРНТИ 81.93.29

УГРОЗЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ИЗ-ЗА СЕРВИСОВ ПО ПОИСКУ РАБОТЫ

Е. В. Коровкина, В. Л. Литвинов, М. Д. Поведайко
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Защита информационной безопасности – актуальная проблема современности, чтобы уметь правильно реагировать на атаки и правильно защищаться, нужно иметь представление о том на какие компоненты системы, а также откуда может готовиться атака. Целью статьи является анализ метода сбора данных с помощью технологии OSINT (open source intelligence) и социальной инженерии, которые могут представлять ценность для злоумышленников.

OSINT, социальная инженерия, данные о киберугрозах, киберфизические системы, сервисы для поиска работы

Как правило, сервис, с которым мы работаем, никак не проверяет работодателей, нет никакого подключения к базе или реестру зарегистрированных в РФ организаций, ИП и так далее. Завести аккаунт под видом организации может кто угодно, и это занимает меньше двух минут. На рис. 1-4 показан процесс регистрации в сервисе как работодателя. На рис. 1 показана регистрация с помощью только что созданной почты. Для проверки данных по номеру телефона был куплен номер на несколько минут, специально для регистрации на HeadHunter (HH).

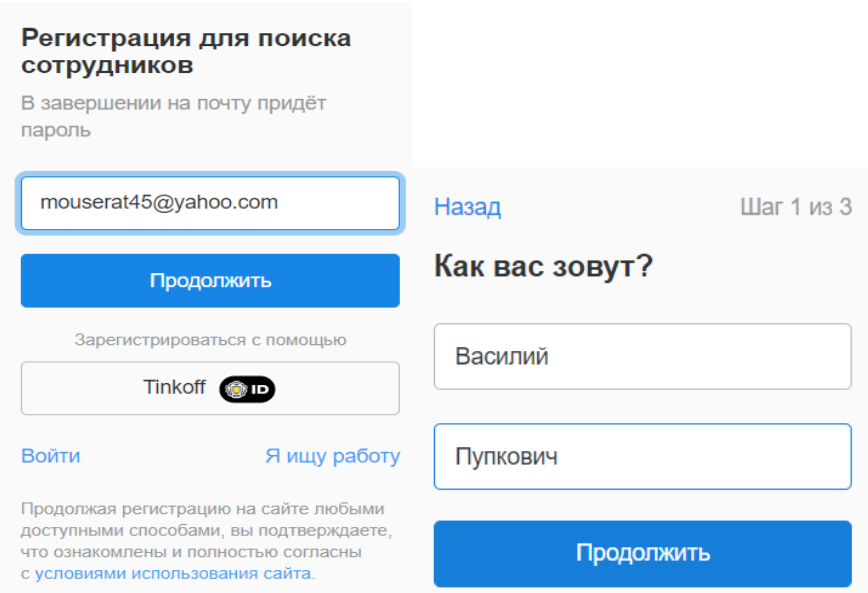


Рис.1. Заполнение личных данных о контактном лице организации

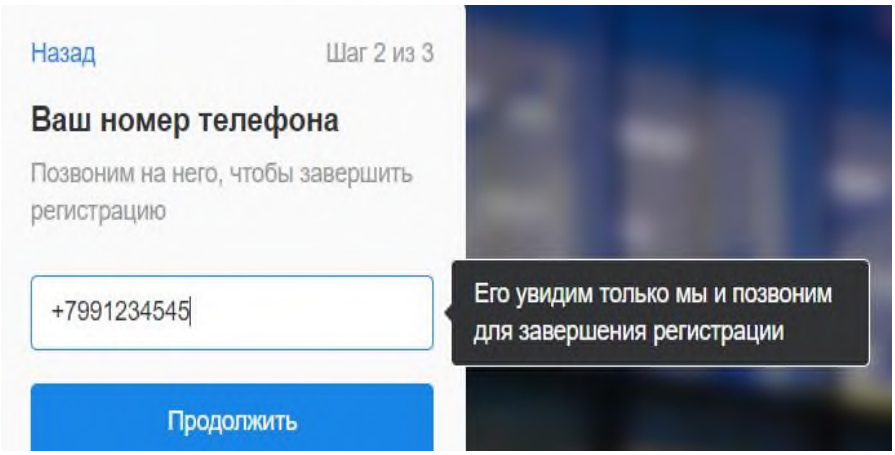


Рис. 2. Подтверждение данных по номеру телефона

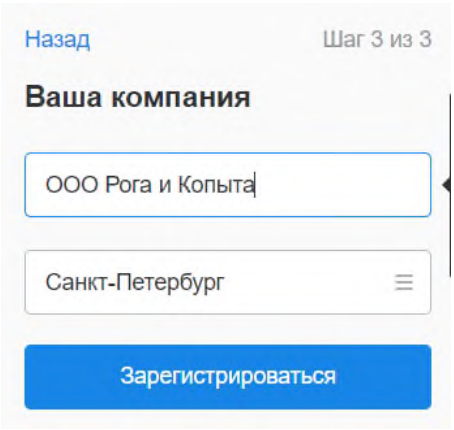


Рис. 3. Заполнение данных о компании

После того, как произошла регистрация на данном сервисе, можно расписать то, чем занимается компания, сколько ей лет, даже создать фейковый сайт, чтобы повысить уровень доверия. Если оставить несколько отзывов с фейковых аккаунтов, то страница будет выглядеть живой и вряд ли вызовет подозрение.

По тегам начинаем поиск людей, которые недавно уволились, не закрыли аккаунты или оставили отзывы о работе на странице интересующего нас предприятия. Создаем вакансию с зарплатой гораздо выше рыночной, хорошими условиями труда и отправляем их интересующим нас сотрудникам. Особенно интересуют те, кто уволился, потому что такие люди по ФСТЭК [1] являются одной из угроз информационной безопасности для предприятия.

Далее связываемся с сотрудником под видом собеседования [2] и начинаем задавать вопросы про оборудование, с которым он работал, под видом того, что эта информация нужна для того, чтобы принять решение о найме сотрудника на данную вакансию.

Если сотрудник всё ещё работает в данной организации, то имеется возможность подкупа данного лица с возможностью пронести на объект вредоносное программное обеспечение или же его найм с целью промышленного шпионажа.

На рис. 4 показана информация одного из профилей соискателей. Был выполнен поиск по запросу «SCADA» [3], можно достоверно установить в каких организациях работал сотрудник, его функциональные обязанности и компетентность в аппаратно-программной сфере организации, имеет ли смысл пытаться с ним связаться.

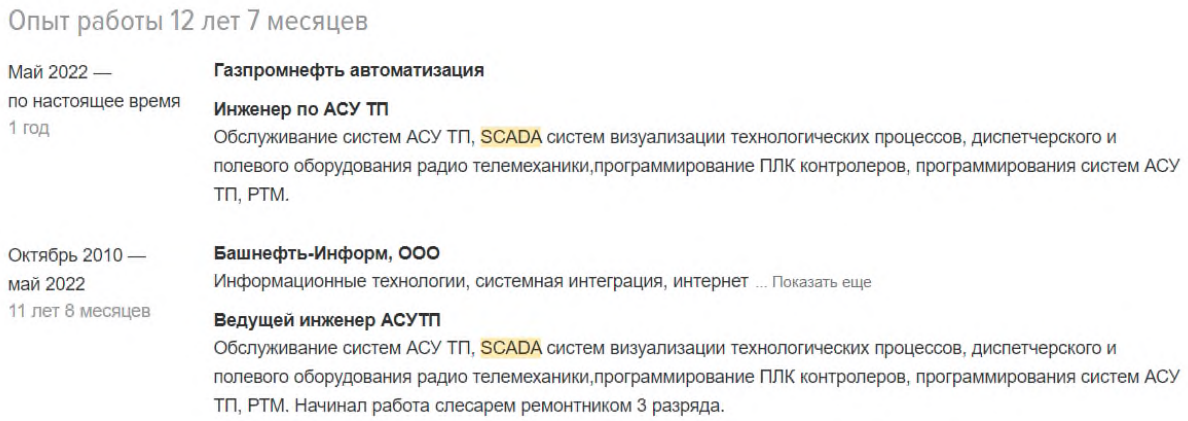


Рис. 4. Пример резюме с сайта HH

На рис. 5 показан пример резюме, где сотрудник указал, какой фирмы оборудование использовалось на предприятии. Некоторым хакерам достаточно знать поставщика оборудования для того, чтобы совершить атаку. Одним из примеров такой атаки является Stuxnet [4].

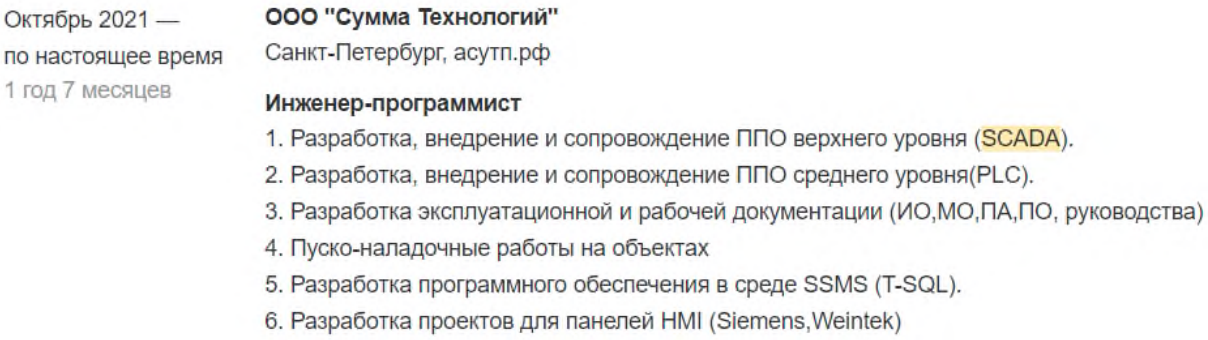


Рис. 5. Информация, которую можно получить из резюме

Применяя социальную инженерию и методы OSINT [3] с большой долей вероятности можно получить у соискателей сервиса HH указанную ниже информацию об организации, на которую планируется совершить кибератаку:

–наименование поставщика оборудования;
–год оборудования;
–в каком состоянии находится оборудование;
–как следят за его защитой, какие предписания есть у сотрудников;
–расписание смен оператора киберфизического оборудования;
–серийный номер оборудования;
–возможные сбои при использовании оборудования;

–кто имеет доступ к оборудованию;
–как давно обновлялись патчи;
–к чему подключено данное оборудование.

Таким образом, можно утверждать, что любой пользователь подобного сервиса может быть расценен, как потенциальная угроза информационной безопасности предприятия. Одним из способов защиты от подобных угроз может являться подписание дополнительного договора о неразглашении компрометирующий информации об оборудовании и протекающих процессах в организации. Помимо этого, необходимо вменить в обязанность службы безопасности организации проверять резюме сотрудников (работающих и уволившихся) на предмет содержания в нём информации полезной для злоумышленников.

Список используемых источников:

1. Методика моделирования угроз безопасности информации. Россия : ФСТЭК РОССИИ, 2020. 54 с.
2. Krombholz K., Hobel H., Huber M., Weippl E. Advanced social engineering attacks // Journal of Information Security and Applications. 2015. N 22. P. 113-122.
3. Gunes V., . Peter S, Givargis T., Vahid F. A Survey on Concepts, Applications, and Challenges in Cyber-Physical Systems // KSII Transactions on Internet and Information Systems (TIIS). 2014. T. 8, N 12. C. 4242-4268. ISSN 1976-7277
4. Baezner M., Stuxnet M., Baezner P. Robin // CSS Cyberdefense Hotspot Analyses [Электронный ресурс]. URL: https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/200661 (дата обращения 23.04.2023)
5. Francisco José, C. G. Cybersecurity Threats with New Perspectives // Intech Open, 2021. 178 с. [Электронный ресурс]. URL: https://www.intechopen.com/books/10518 (дата обращения 23.04.2023).ISBN 978-1-83968-853-9

Korovkina E., Litvinov V., Povedaiko M.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Information security threats oroginating from job search services.

Information security protection is a pressing problem in our times. In order to be able to correctly react to attacks and defend your information systems. It is required to have an understanding of which components of the system might be targeted and what can be the source of an attack. The purpose of the article is to analyze the method of data collection using OSINT (opensource intelligence) technologies and and social engineering, that can be of value to attackers.

Key words: OSINT, social engineering, cyber threat intelligence, cyber-physical systems, job search services.

УДК 004.415.2
ГРНТИ 50.41.29

ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ О МИКРОКЛИМАТЕ ОРАНЖЕРЕИ С ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ

К. А. Красавцева, О. В. Раковский
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье рассматривается значение оранжерей, динамика микроклимата внутри них, технологии мониторинга и сбора данных, а также преимущества интеграции этих данных в интеллектуальные сельскохозяйственные системы. Интеграция данных о микроклимате оранжереи с интеллектуальными сельскохозяйственными системами обладает большим потенциалом для улучшения методов ведения сельского хозяйства, а также его устойчивого и продуктивного развития.

микроклимат, мониторинг микроклимата, обработка данных, датчик, интеграция, оранжерея, сельское хозяйство

В современном мире оранжереи, традиционно предназначенные для защиты цитрусовых деревьев в зимний период, превратились в многофункциональные сооружения, оснащенные системами мониторинга микроклимата. В оранжереях создается контролируемая среда для выращивания сельскохозяйственных и декоративных культур, позволяющая регулировать и исследовать вегетационный период растений и их реакцию на изменение окружающей среды.

Температура, влажность, интенсивность освещения и прочие параметры окружающей среды значительно влияют на рост и развитие растений. Мониторинг этих факторов имеет важное значение для принятия решений в управлении растениеводством и распределении ресурсов обеспечения жизнедеятельности растений. Интеграция структурированных данных об этих факторах может помочь оптимизировать условия для различных культур, улучшая их рост и урожайность [1].

Сбор данных в оранжереях осуществляется с помощью различных датчиков и приборов. Устройства собирают большие объемы данных, которые необходимы для понимания текущего состояния микроклимата и своевременного внесения изменений для поддержания оптимальных условий выращивания. Высокочастотный сбор данных позволяет мгновенно реагировать на изменения микроклимата и поддерживать его в пределах желаемых параметров. Эти данные могут быть использованы для анализа тенденций и принятия решений системами управления в сельскохозяйственных системах.

Повышение качества принимаемых решений, в свою очередь, обладает следующими преимуществами:

•повышение урожайности и качества урожая: оптимизация микроклимата способствует росту и качеству урожая.

•эффективное использование ресурсов: интеграция данных позволяет эффективно распределять ресурсы, сокращая количество отходов и энергопотребление.

•раннее выявление вредителей и болезней: мониторинг микроклимата позволяет сделать прогноз о появлении вредителей и болезней и обеспечить своевременное вмешательство.

•устойчивое к изменению климата сельское хозяйство: фермеры могут адаптировать свои методы в ответ на изменение погодных условий, обеспечивая более стабильное и надежное получение урожая.

Примером преимущества интеграции данных является виноградник в Калифорнии. Используя точные данные о микроклимате, виноградник оптимизировал графики орошения и сроки сбора винограда, что привело к увеличению урожайности винограда на 20% и значительному улучшению качества продукции [2]. Также, в качестве примера, можно привести крупную томатную ферму в Испании, которая использовала данные о микроклимате оранжереи в своей деятельности. Эти данные позволили более эффективно распределить ресурсы – сократить потребление воды на 30% и свести к минимуму применение пестицидов, что способствовало как увеличению прибыли, так и экологической устойчивости [3]. Эти и многие другие примеры подчеркивают практичность и адаптивность этой технологии в различных сельскохозяйственных условиях.

Несмотря на высокую привлекательность, интеграция данных о микроклимате оранжереи в интеллектуальное сельское хозяйство сопряжена с определенными трудностями. Одним из препятствий является природа происхождения данных и их интероперабельность. Системы мониторинга микроклимата состоят из различных датчиков, оборудования и программных приложений, что усложняет согласование и синхронизацию потоков данных. Обеспечение бесперебойного потока данных и совместимости между различными устройствами и платформами имеет решающее значение для успеха в области интеллектуального сельского хозяйства [4]. Внедрение системы – посредника позволяет исключить данное препятствие при проектировании интеграций.

На рис. 1 представлена общая концепция интеграции данных о микроклимате оранжереи с интеллектуальными сельскохозяйственными системами при помощи посредника – системы обработки данных.

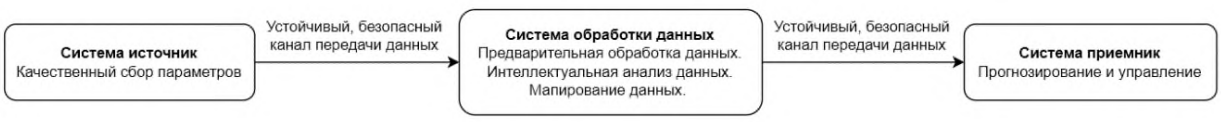


Рис. 1. Концепция интеграции данных

Первоначальные затраты на установку оборудования для интеграции также могут стать существенным препятствием, особенно для небольших ферм. Приобретение инфраструктуры передачи данных и внедрение совместимого программного обеспечения может оказаться дорогостоящим. Однако по мере развития технологий и их широкого внедрения эти затраты, вероятно, со временем будут снижаться [5].

Технологические ограничения, включая ограниченное подключение к сети в отдаленных сельских районах и необходимость регулярного технического обслуживания и обновлений, могут препятствовать бесперебойной работе интеллектуальных сельскохозяйственных систем. Обеспечение надежной инфраструктуры и систем поддержки имеет важное значение для преодоления этих ограничений.

Датчики и устройства для сбора данных становятся все более совершенными, позволяя проводить более точный мониторинг микроклимата в оранжереях. Такой широкий набор данных может обеспечить прогнозирующую аналитику, которая, в свою очередь, позволяет производителям заблаговременно решать проблемы и оптимизировать использование ресурсов. Существующие системы управления микроклиматов в сельском хозяйстве не используют эти преимущества в полной мере. В связи с этим, предлагается разработка технологии для мониторинга и управления микроклиматом, предусматривающей использование обработанных данных, полученных в оранжереях.

Список используемых источников:

1. Smith J. The Role of Orangeries in Modern Agriculture // Agricultural Science Journal. 2020. N 45 (2). P. 123-137.
2. Brown A. et al. Monitoring Microclimates in Controlled Environments // Journal of Agriculture and Environment. 2019. N 35 (4). P. 287-301.
3. Johnson R. Smart Agriculture Systems: A Comprehensive Review // Journal of Agricultural Technology. 2018. N 21 (1). P. 56-72.
4. Williams S. Integration of Microclimate Data into Smart Agriculture // International Conference on Agricultural Engineering Proceedings. 2017. N 3 (1). P. 109-123.
5. Заяц О. А., Назарова Ю. Н., Стрижакова Е. А., Пенькова Р. И. Технологии BIG DATA в сельском хозяйстве // Фундаментальные исследования. 2022. N 7. С. 35-40.

Krasavtseva K., Rakovskii O.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Integration of greenhouse microclimate data with intelligentagricultural systems.

The article discusses the importance of orangeries the dynamics of the microclimate inside them, monitoring and data collection technologies, as well as the advantages of integrating these data into intelligent agricultural systems. The integration of orangeries microclimate data with intelligent agricultural systems has great potential for improving agricultural practices, as well as its sustainable and productive development.

Key words: microclimate, microclimate monitoring, data processing, sensor, integration, greenhouse, agriculture.

УДК 004.032.26
ГРНТИ 28.23.37

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ КАЛИБРОВКИ УВЕРЕННОСТИ ПРИНИМАЕМЫХ РЕШЕНИЙ В НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЯХ

В. Л. Литвинов, Е. Д. Митченкова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Нейросетевые модели все более широко применяются в различных областях, однако их недостаточная уверенность в принимаемых решениях становится проблемой. В статье представлен обзор различных подходов калибровки уверенности и проблем, связанных с ней, а также рассмотрены различные методы калибровки. Также проведены эмпирические исследования для сравнения эффективности методов калибровки уверенности.

нейросетевая модель, калибровка уверенности, методы калибровки

В последнее время нейросетевые модели, особенно глубокие нейронные сети, стали широко применяться в различных областях, включая компьютерное зрение, автоматическое распознавание речи, обработку естественного языка и прогнозирование временных рядов. Одним из ключевых аспектов работы нейросетевых моделей является не только принятие правильных решений, но и уверенность в этих решениях.

Концепция калибровки уверенности в контексте нейросетевых моделей связана с оценкой степени достоверности или уверенности модели в принятых решениях или предсказаниях. Вместо простой выдачи предсказанных значений нейросетевые модели также могут давать оценку уверенности в этих предсказаниях [1].

Уверенность модели обычно понимается как вероятность или мера уверенности, с которой модель выдает свое прогнозное значение или предсказание. Например, при классификации изображений модель может предсказать, что на изображении изображен кот, и при этом указать, что уверена в этом предсказании на 95%. Связь уверенности модели с уровнем точности предсказаний заключается в следующем: если уверенность модели соответствует действительной точности предсказаний, то говорят, что модель хорошо калибрована. Если же модель ошибочно переоценивает свою уверенность, то модель считается некалиброванной.

Для вычисления значения уверенности предсказания сети вводится следующая мера:

$$confidence(y^1, y^2) = 1 - \frac{\sum_{i=0}^{i<10} \left| |y_i^1 - y_i^2| \right|}{2},$$

где «y^1» – результат работы сети на входном изображении, «y^2» – результат работы сети на восстановленном с помощью декодера изображении. Результат функции интерпретируется как вероятность корректного ответа сети на переданное изображение. Данная мера имеет следующее свойство:

$$\forall y^1, y^2 = conf\ idence(y^1, y^2)[0, 1].$$

Количество ошибочных предсказаний сети можно регулировать при помощи порога, отбрасывая те изображения, для которых введенная мера не превосходит порога.

Калибровка уверенности в нейросетевых моделях имеет важное значение в реальных применениях. Верная оценка уровня уверенности модели позволяет принимать обоснованные решения на основе этих предсказаний или предупреждать о потенциальных ошибках.

Кроме того, существуют критерии, которые позволяют оценит качество калибровки уверенности в контексте нейросетевых моделей:

1. Точность: калибровка должна обеспечивать высокую точность измерений. Это означает, что результаты измерений должны быть близки к истинным значениям. Приборы и системы измерений должны быть настроены таким образом, чтобы максимально снизить ошибку измерений.

2. Повторяемость: калибровка должна обеспечивать повторяемость результатов измерений. Это означает, что при повторном измерении одного и того же объекта или величины с использованием калиброванного прибора или системы измерений, результаты должны быть согласованы и близки друг к другу.

3. Надежность: калибровка должна быть надежной и давать стабильные результаты на протяжении длительного времени. Приборы и системы измерений должны быть стабильными и не требовать частых корректировок или повторной калибровки.

4. Метрологическая прослеживаемость: Калибровка должна быть проведена с использованием методов и стандартов, которые имеют метрологическую прослеживаемость. Это означает, что результаты калибровки должны быть связаны с национальной или международной системой единиц измерения.

5. Документация: калибровка должна быть хорошо задокументирована. Документация должна содержать информацию о процедурах калибровки, использованных стандартах, результаты измерений и другую информацию, связанную с проведенной калибровкой [2].

Чем выше эти показатели, тем лучше качество калибровки. В процессе оценки качества калибровки также могут использоваться дополнительные показатели и стандарты, специфичные для конкретного типа приборов или систем измерений.

Рассмотрим несколько случаев и приведем примеры из реальных задач.

1. Недоуверенность в правильных ответах:

- В задаче распознавания изображений нейросетевая модель может недооценивать свои способности и быть неуверенной в правильном классификации объектов. Например, модель, обученная на изображениях собак, может сомневаться в том, что определенное изображение на самом деле является изображением собаки, когда оно действительно является таковым. Подобная недоуверенность может привести к неправильным действиям или недостаточному доверию со стороны пользователя.

2. Переуверенность в неправильных ответах:

- В задаче автономной навигации нейросетевая модель может быть слишком уверена в своих предсказаниях, даже если они неверны. Например, система автопилота автомобиля может считать, что препятствие на дороге, такое как дерево или человек, на самом деле не является проблемой и продолжать движение, что может привести к авариям.

3. Переобучение и недообучение:

- В различных задачах машинного обучения нейросетевые модели могут быть переобучены или недообучены. Переобучение возникает, когда модель слишком сложна и адаптирована только под тренировочные данные, и она может оказаться недоуверенной в новых или неизвестных данных. Недообучение же происходит, когда модель не имеет достаточного количества данных или недостаточно тренировки, что может привести к недостаточной уверенности в правильных ответах [3].

Примеры из реальных задач:

1. В задаче детекции объектов на изображениях модель может недоуверенно определять объекты или не замечать их вообще, что может серьезно повлиять на эффективность системы наблюдения или безопасности.

2. В задаче машинного перевода модель может неверно переводить предложения и быть слишком уверенной в неправильных переводах, что может привести к непониманию и ошибкам в коммуникации между людьми из разных культур или стран.

3. В задаче автоматической классификации писем электронной почты (спам или не спам) модель может ошибочно классифицировать письма, что может привести к потере важных сообщений или недополучению рекламных предложений.

Организации и исследователи активно работают над устранением проблем недо- и переуверенности, вводя дополнительные структуры и методы обучения, такие как калибровка моделей и введение меры неопределенности ответов. Это позволяет предотвратить негативные последствия, связанные с недоуверенностью или переуверенностью в нейросетевых моделях.

Существует несколько различных подходов и методов к калибровке уверенности в нейросетевых моделях. Вот некоторые из них:

1. Плэттовский метод:

- Преимущества: Простой и эффективный метод, основанный на логистической регрессии или линейной регрессии.

- Недостатки: Метод неоднозначен и может не справиться с определенными типами решений и моделей. Требует дополнительных вычислений и обучения.

2. Изотоническая регрессия:

- Преимущества: процедура, учитывающая порядок предсказанных значений и улавливающая нелинейности. Эффективен в случаях, когда уверенность модели имеет неоднородные распределения.

- Недостатки: неэффективен при регулярном применении на больших объемах данных из-за высокой вычислительной сложности.

3. Проксимальная регуляризация:

- Преимущества: позволяет тонко настраивать уверенность модели путем добавления штрафа за неверную калибровку в функцию потерь.

- Недостатки: может быть сложно настроить оптимальные параметры регуляризации и требует подбора эмпирических значений.

4. Метод платформы Жаккара:

- Преимущества: Универсальный метод, основанный на измерении расстояния между распределением предсказаний модели и истинным распределением.

- Недостатки: требуется большой объем вычислений и сложная оптимизация для точного измерения расстояния Жаккара [4].

Сравнение результатов при применении этих методов на различных наборах данных зависит от конкретной задачи и модели. Однако исследования показывают, что все эти методы способны улучшить калибровку уверенности моделей. Некоторые методы могут быть более эффективными для конкретных типов моделей или наборов данных. Важно проводить эксперименты и анализировать результаты для выбора наиболее подходящего метода калибровки уверенности в каждом конкретном случае.

Проведены эксперименты по калибровке уверенности в нейросетевых моделях, с использованием нескольких популярных датасетов, включая CIFAR-10 и MNIST.

На первом этапе эксперимента проведено обучение глубокой нейронной сети на каждом датасете с использованием стандартной архитектуры, такой как ResNet для CIFAR-10 и сверточной нейронной сети для MNIST. После обучения модели, произведена оценка калибровки нейронной сети с помощью различных методов.

Примение метода Плэттовской калибровки показало, что модели, обученные на CIFAR-10 и MNIST, недоуверены в своих предсказаниях, что видно из дальнейших выданных результатов. На втором этапе эксперимента применена изотоническая регрессия для улучшения калибровки модели. Этот метод позволяет учесть порядок предсказанных значений и улавливает нелинейности. Результаты после применения изотонической регрессии

показали значительное улучшение в калибровке уверенности модели на обоих датасетах. Графики надежности стали более близкими к диагонали, что указывает на лучшую калибровку.

Также, для сравнения, на третьем этапе эксперимента применен метод платформы Жаккара, основанный на измерении расстояния между распределением предсказаний модели и истинным распределением. Результаты этого метода показали улучшение калибровки уверенности модели, что подтверждает его эффективность.

Проанализировав полученные данные, можно заключить, что применение методов калибровки уверенности, таких как Плэттовский метод, изотоническая регрессия и метод платформы Жаккара, может значительно улучшить качество калибровки уверенности в нейросетевых моделях. Конкретный выбор метода зависит от конкретной задачи и набора данных, поэтому рекомендуется проводить эксперименты и анализировать результаты для выбора наиболее подходящего метода.

Список используемых источников:

1. Умнова О., Рахова Е., Стрижов В. Анализ уверенности принимаемых решений в нейросетевых моделях // Информатика и ее применения: научно-технический журнал. - 2019. - Т. 13, №3. - С. 3-12.
2. Волкова Е. И., Архипов А. А., Неганов А. В. Методы объективной калибровки уверенности в нейросетевых моделях // Программные продукты и системы. - 2018. - № 3. - С. 43-49.
3. Никитин А., Кузнецов М. Анализ и калибровка уверенности нейронных сетей в задачах классификации // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Прикладная математика и информатика. - 2019. - № 5. - С. 65-75.
4. Стрижов В. В. Калибровка уверенности и надежности моделей и алгоритмов в машинном обучении // Машинное обучение и анализ данных. - 2018. - № 10. - С. 1378-1396.

Litvinov V., Mitchenkova E.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Research of methods for calibrating the confidence of decisions made in neural network models.

Neural network models are increasingly being used in various fields, but their lack of confidence in decisions is becoming a problem. This article provides an overview of the concept of confidence calibration and problems associated with it, and also discusses various calibration methods. Empirical studies have also been conducted to compare the effectiveness of confidence calibration methods.

Key words: neural network model, confidence calibration, calibration methods.

УДК 004.03, 504.064
ГРНТИ 20.15.05, 87.01.81

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА С ПРОПУЩЕННЫМИ ЗНАЧЕНИЯМИ

Д. А. Рожкова, Г. Н. Смородин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье определена важность восстановления пропущенных значений, получаемых от станций экологического мониторинга за определенные даты или периоды времени. Актуализировано применение методов заполнения временных рядов данных экологического мониторинга с использованием математического моделирования. Проанализированы методы заполнения отсутствующих значений при помощи среднего арифметического, медианы, NOCB, LOCF, линейной интерполяции, spline-интерполяции, polynomial-интерполяции и k-NN. Произведена оценка эффективности исследуемых методов для обработки временных рядов данных о состоянии атмосферного воздуха при помощи метрик MAE, MSE, R^2.

экологический мониторинг, анализ данных, временной ряд, математическое моделирование

В последнее время повестка устойчивого развития в области экологического мониторинга набирает популярность и преследует своей целью улучшение экологической ситуации и повышение уровня жизни населения. Для обеспечения эффективности политик и программ по защите окружающей среды, а также оценки и прогнозирования ее состояния, необходимо проводить качественный анализ данных со станций мониторинга. Одним из ключевых аспектов обработки данных экологического мониторинга является анализ временных рядов. Временные ряды представляют собой последовательность наблюдений, сделанных в определенных временных интервалах. Собираемые данные помогают определить уровни загрязнения воздуха, воды и почвы, следить за изменениями климата, выявлять угрозы населению.

Используемое оборудование, которое находится в эксплуатации у станций экологического мониторинга, не всегда отвечает требуемым стандартам качества, что приводит к появлению пропусков в данных. Причины появления пропусков бывают различными: поломка приборов, неблагоприятные погодные условия, ошибки, повреждение носителей информации и т.д.

Стандартные методы обработки временных рядов, к которым и относятся данные о состоянии окружающей среды, затрудняют возможность работы с неполными данными. В связи с этим необходимо обеспечить предварительную обработку данных, которая поможет устранить эти проблемы и обеспечить более точные и надежные результаты.

В настоящее время в пакетах прикладных программ по статистическому моделированию предусмотрены несколько методов заполнения пропусков. Смоделируем наиболее распространенные методы на примере данных о состоянии атмосферного воздуха и оценим их эффективность.

Для анализа выбран датасет со станции мониторинга в Южной Корее (Station code 101, Address Jong-ro 35ga-gil, Jongno-gu, Seoul) [1]. Взята концентрация P2.5 (мелкодисперсная пыль - твердые частицы с размером 25 мкм), которая измерялась каждый час в течение 2017 года. Данные содержат 6552 непустых значений. Для оценки эффективности методов необходимо заполнить данные пустыми значениями, для этого случайным образом были выбраны 20% строк, значения которых сделали пустыми. Эксперимент проводился на языке программирования Python, смоделированы 8 методов заполнения пропущенных значений: среднее арифметическое, медиана, NOCB, LOCF, линейная интерполяция, spline-интерполяция, polynomial-интерполяция и k-NN [2].

Для оценки эффективности методов восстановления пропущенных значений используем метрики MAE, MSE, R^2 [3]:

$$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1}(y^* - y_i)^2,$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1}(y^* - y_i),$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=0}^{n-1}(y^* - y_i)^2}{\sum_{i=0}^{n-1}(y^* - \bar{y})^2},$$

где y* - прогнозируемое значение, $\bar{y}$ – среднее арифметическое значений, y_i – исходное значение.

Результаты моделирования и анализ методов.

1. Медиана.

Формула медианного заполнения данных во временных рядах заключается в замене отсутствующего значения медианой доступных значений в некотором интервале. Как видно из графика на рисунке 1а, данный метод не учитывает экстремальные значения и выбросы, а также искажает данные при постепенном увеличении или уменьшении.

2. Метод среднего значения.

Этот метод подразумевает замену пропусков средним арифметическим значением для всех наблюдений. Результат моделирования (рис. 1б) показал, что данный метод может не подходить в случае систематических колебаний в переменных ряда. На рисунке видно, как нарушилось сезонное колебание при применении такого метода заполнения пропусков. Вместо общего среднего при наличии сезонной составляющей уместнее использовать

среднее по соответствующей дате. Если пропуски заменить средним значением между присутствующими значениями концентраций соответствующего месяца. Этот метод он не обладает гибкостью к несезонным изменениям и даже может привести к трудностям в определении линии тренда, сделать ее менее заметной для распознавания.

3. Перенос следующего наблюдения (NOCB) и перенос последнего наблюдения (LOCF). Результат моделирования представлен на графиках 1в и 1г соответственно. Недостатком LOCF и NOCB методов заполнения пропущенных значений является то, что они не учитывают специфику данных и могут привести к их искажению при наличии выбросов, аномалий или резких изменений тренда в данных.

4. Линейная интерполяция.

При выборе этого метода, недостающие данные вычисляются путем интерполяции из соседних недостающих точек, результат моделирования представлен на рис. 1д. Этот метод предполагает, что есть некоторая серийная корреляция данных, то есть каждое наблюдение является в некоторой степени связанным с предыдущим и последующим, и, следовательно, наиболее похоже на предыдущее и следующее наблюдения. Метод линейной интерполяции достаточно точен только в том случае, когда значения переменной близки и изгиб кривой между ними невелик.

5. Spline-интерполяция.

Этот метод включает в себя подгонку кусочно-полиномиальной функции к наблюдаемым данным и использование этой функции для оценки недостающих значений. Метод сплайн-интерполяции более гибок, чем линейная интерполяция, и может фиксировать более сложные взаимосвязи между отсутствующими значениями и наблюдаемыми значениями. Результат моделирования представлен на рис. 1е.

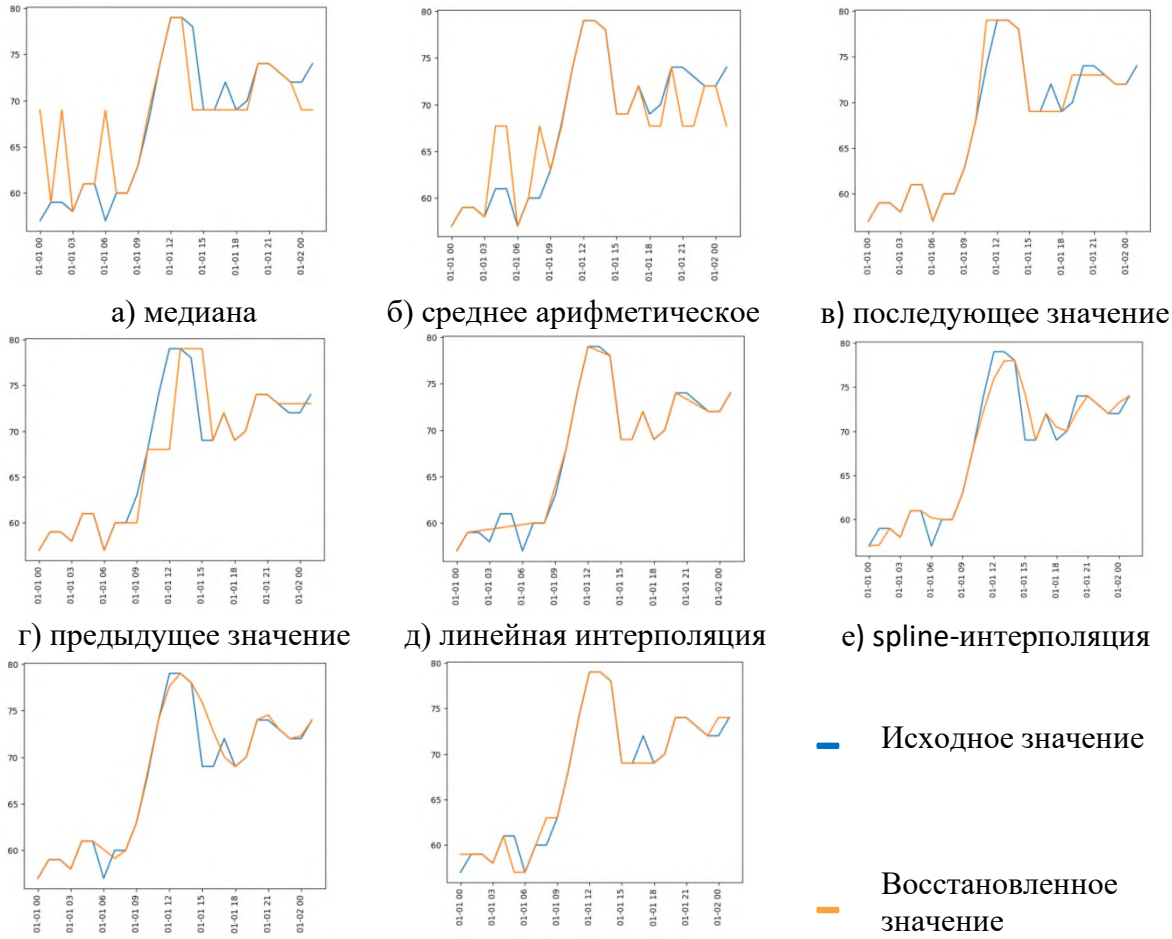
6. Polynomial-интерполяция.

Это метод интерполяции, который использует полиномы, чтобы приблизить функцию или значения данных, распределенных равномерно в пределах определенного интервала. Результат моделирования представлен на рис. 1ж. Метод не учитывает сезонность, возможность возникновения шумов в данных. График на выходе является сглаженным.

7. Метод k-ближайших соседей (k-NN).

k-NN - это алгоритм машинного обучения, который использует ближайших соседей в качестве предсказания для рассматриваемого элемента. В целом, этот метод предполагает, что данные в области, заданной параметром N, более похожи друг на друга, чем данные более удаленных точек. Этот метод имеет недостаток - он не может быть применим при пропуске данных в точке максимума или минимума. Результат моделирования представлен на рис. 1з.

Для наглядности на рисунке 1 представлены данные изменения P2.5 в течение одного дня (исходное значение/восстановленное) в виде графиков.



а) медиана б) среднее арифметическое в) последующее значение

г) предыдущее значение д) линейная интерполяция е) spline-интерполяция

ж) polynomial-интерполяция з) k-NN

Рис. 1. Графическое представление моделирования исследуемых методов

В таблице 1 представлены значения метрик MAE, MSE, R^2 рассчитанные для каждого метода, эксперимент проводился на данных за 2017 год, состоящих из 6552 значений концентрации P2.5, процент пропусков 20%. При больших значениях процента пропусков в данных методы показывают пропорциональное ухудшение эффективности.

ТАБЛИЦА 1. Оценка методов восстановления пропущенных данных

	медиана	среднее арифметическое	последующее значение	предыдущее значение	линейная интерполяция	spline-интерполяция	polynomial-интерполяция	k-NN
MAE	2,71	2,82	1,51	1,70	1,09	1,18	1,21	2,81
MSE	74,20	74,85	54,16	60,59	31,45	34,99	40,82	82,91
R^2	0,82	0,81	0,86	0,73	0,94	0,91	0,90	0,79

В результате оценки эффективности методов при помощи вычисления специальных метрик, а также графического моделирования стало возможно выявить наиболее подходящие методы обработки данных с пропущенными значениями. Результаты эксперимента показывают, что методы интерполяции имеют лучшую эффективность при моделировании среди выбранных методов. Рекомендуется применять их в сочетании с другими методами, чтобы обеспечить точность и достоверность данных. Сочетая методы математической оптимизации с системами имитационного моделирования, можно разработать эффективные стратегии мониторинга окружающей среды, которые сбалансируют затраты и качество информации.

В целом обработка пропущенных значений в данных временных рядов имеет решающее значение для обеспечения точного и надежного анализа, прогнозирования и принятия решений для экологического мониторинга.

Список используемых источников:

1. Air Korea. URL: https://www.airkorea.or.kr/eng/stationInformation ?pMENU_NO=158. (Дата обращения: 15.10.2023).

2. Rantou Kleio Elissavet. Missing Data in Time Series and Imputation Methods (2017)/ Missing Data in Time Series and Imputation Methods Rantou Kleio Elissavet MSc in Statistics and Actuarial Financial Mathematics Department of Mathematics University of the Aegean Samos. (Дата обращения: 08.10.2023).

3. Tunnicliffe Wilson, Granville. (2016). Time Series Analysis: Forecasting and Control,5th Edition, by George E. P. Box, Gwilym M. Jenkins, Gregory C. Reinsel and Greta M. Ljung, 2015. Published by John Wiley and Sons Inc., Hoboken, New Jersey, pp. 712. ISBN: 978-1-118-67502-1. Journal of Time Series Analysis. 37. n/a-n/a. 10.1111/jtsa.12194. (Дата обращения: 10.10.2023).

Rozhkova D., Smorodin G.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Analysis of methods for processing environmental monitoring data with missing values.
The article identifies the importance of recovering missing values from environmental monitoring stations for certain dates or time periods. The application of methods of filling in time series of environmental monitoring data using mathematical modeling is actualized. The methods of filling missing values using arithmetic mean, median, NOCB. LOCF, linear interpolation, spline interpolation, polynomial interpolation and k-NN. The effectiveness of the investigated methods for processing time series of atmospheric air data using MAE, MSE, R^2 metrics was evaluated.

Key words: environmental monitoring, data analysis, time series, mathematical modeling.

УДК 004.891
ГРНТИ 20.23.19

ПРИМЕНЕНИЕ ЦЕПЕЙ МАРКОВА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЯ ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Ф. В. Филиппов, Ф. Э. Шульгин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Оптимизация графика движения общественного транспорта является важной проблемой, требующей комплексного решения. Одним из способов решения данной проблемы оптимизации являются цепи Маркова, которые позволяют прогнозировать возможные переходы состояний данной системы массового обслуживания.

Рассмотрены способы использования цепей Маркова для решения задачи оптимизации движения общественного транспорта. Представлены различные способы применения марковских цепей в данной области, такие как прогнозирования состояния трафика движения, прогнозирования моментов времени прибытия общественного транспорта и оптимизации маршрутов транспортной сети.

цепи Маркова, моделирование транспортного потока, системы массового обслуживания

Оптимизация движения общественного транспорта является актуальной проблемой в современных городах, где потоки пассажиров и автотранспорта постоянно растут. Эффективное управление общественным транспортом может существенно снизить проблемы с транспортной инфраструктурой, сократить время в пути и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду. Один из подходов к оптимизации движения общественного транспорта - использование цепей Маркова. Эти математические модели предоставляют инструмент для анализа и прогнозирования движения, что позволяет улучшить мобильность граждан и качество их обслуживания [1].

Цепи Маркова - это математическая модель, которая описывает случайные последовательности событий, где будущее состояние события зависит только от текущего состояния, но не зависит от прошлых событий. На рис. 1 представлен пример такого графа случайных событий.

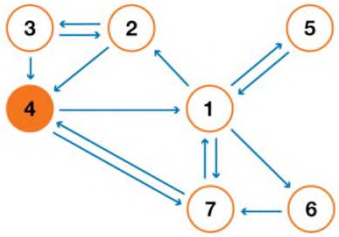


Рис. 1. Пример графа цепей Маркова

В данной статье рассмотрены три потенциальных применения марковских цепей для моделирования и оптимизации движения общественного транспорта. Марковские цепи могут быть использованы для оптимизации маршрутов транспортной сети, определения оптимального расписания движения транспорта, а также для прогнозирования времени прибытия транспорта на остановку.

Распределения вероятностей по состояниям должны рассчитываться на основе статистической обработки пар значений времени движения автобусов между тремя соседними остановочными пунктами (t_{ab}, t_{bc}), расположенными на маршруте. В результате статистической обработки выборок значений (t_{ab}, t_{bc}) получается матрица переходов времени движения автобуса между остановочными пунктами для определенного периода времени [2]. Схема определения времени между соседними остановочными пунктами представлена на рис. 2.

Рис. 2. Схема определения времени движения автобусов между соседними остановочными пунктами

Для составления матрицы состояний автобусного маршрута, необходимо определить возможные основные состояния, которые могут возникнуть на этом маршруте. Пример матрицы вероятностей представлен на рис. 3.

	$t_{bc\,0}$	$t_{bc\,1}$	…	$t_{bc\,n-1}$
t_{ab0}	$P_{0\,0}$	$P_{0\,1}$	…	$P_{0\,n-1}$
t_{ab1}	$P_{1\,0}$	$P_{1\,1}$	…	$P_{1\,n-1}$
…	…	…	…	…
t_{abn-1}	$P_{n-1\,0}$	$P_{n-1\,1}$	…	$P_{n-1\,n-1}$

Рис. 3. Схематичная матрица вероятностей состояний

Когда транспортное средство прибывает на остановочный пункт b, время движения автобуса между остановочными пунктами a и b является известным. Тогда время движения автобуса между остановочными пунктами b и c рассчитывается с использованием матрицы переходов по формуле:

$$t_{bc} = \sum_{j=0}^{n-1} P_{ij}\, t_{bcj} \qquad (1)$$

Момент времени прибытия автобуса на остановочный пункт с ($t_{arrive\ c}$) рассчитывается по формуле:

$$t_{arrive\ c} = t_{arrive\ b} + t_{bc} \quad (2)$$

где $t_{arrive\ b}$ – момент времени прибытия автобуса на остановочный пункт b.

Построим математическую модель движения на маршруте, считая, что он проходит через перекрестки и места сужения дорог. Кроме этого, на маршруте могут произойти ДТП или строительные работы. На автомобильной трассе имеются различные узлы движения, каждый из которых может принимать несколько состояний. Выделим самые основные параметры для составления простого графа:

- T: длительность полного цикла светофора.
- λ: интенсивность входного потока автомобилей (автомобилей в секунду).
- μ: интенсивность потока обслуживания во время "зеленой" фазы светофора (автомобилей в секунду).
- n: количество автомобилей в очереди.

Составим граф состояний для автомобильной дороги (рис. 4) на основе данных параметров.

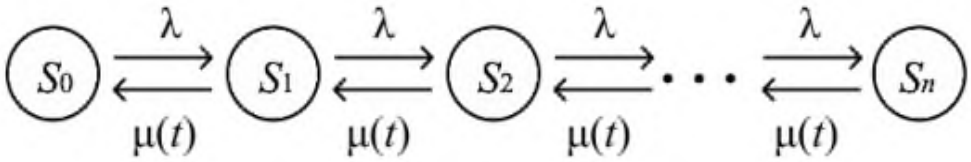


Рис. 4. Граф состояний системы

Система на автомобильной трассе может находиться в следующих состояниях:

- "*S0*" - отсутствие автомобилей непосредственно перед стоп-линией.
- "S*1*" - один автомобиль проезжает.
- "*S2*" - один автомобиль проезжает, и один находится перед светофором, и так далее.
- "*Sn*" - все места в очереди заняты, то есть участок дороги от предыдущего узла до рассматриваемого перекрестка заполнен автомобилями.

При разработке и оптимизации маршрута общественного транспорта также можно воспользоваться марковскими цепями. Для этого необходимо создать модель состояний транспортной системы, учитывающую

динамическое изменение скорости на маршруте [3]. На основе данной модели можно определить оптимальное направление движения, соответствующее поставленным задачам (например, экономической целесообразности, урбанизации или скорости движения) и использовать наборы вероятностей состояний для каждого целевого показателя. Пример изменения состояний параметра скорости на маршруте представлен на рис. 5.

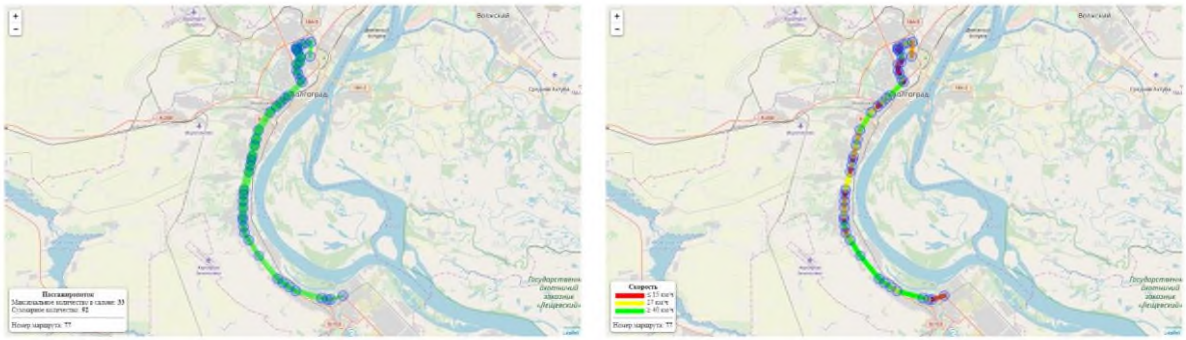


Рис. 5. Изменение скорости автобуса на маршруте

Для построения модели состояний необходимо описать возможные вариации маршрута и отобразить параметры их виде матрицы (рис. 3). После этого можно использовать методы анализа цепей Маркова для определения вероятности переходов между состояниями и вычисления стационарного распределения. Полученные результаты позволяют выбрать оптимальный маршрут, учитывая заданные критерии.

Рассмотрены частные случаи моделирования состояний систем массового обслуживания. Каждый из них представляет собой сложную модель, которая может включать множество параметров. Анализируя и оптимизируя каждый показатель состояния по отдельности, изменения параметров дорожного движения, графиков движения или маршрутов могут привести к улучшению работы общественного транспорта [4].

Для поиска оптимальных решений можно использовать алгоритмы оптимизации, применяемые к данным моделям. Для повышения точности матриц переходов и результатов прогнозирования необходимо накапливать и обрабатывать статистические данные о состояниях на маршрутах в течение длительного времени. Применение такого подхода к моделированию в сочетании с дополнительными устройствами мониторинга состояний позволяет оптимизировать различные показатели состояния автобусного парка для достижения желаемых результатов.

Список используемых источников:

1. Корчагин В.А., Суворов В.А., Чекрыжов Е.А. Моделирование интегрированных цепей поставок с помощью поглощающих цепей Маркова // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2012. № 3 (30). С. 49-53.

2. Тьянь Ю., Рахмангулов А.Н., Муравьёв Д.С., Ван С. Алгоритм прогнозирования моментов времени прибытия городских пассажирских автобусов на основе марковских цепей // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2018. Т. 8. № 2. С. 29-37.

3. Корягин М.Е. Теоретические аспекты оптимизации управления движением городского транспорта // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2012. № 1 (89). С. 125-131.

4. Епифанцев Б.Н., Михайлов Е.М. Оценка эффективности алгоритма оптимизации маршрутов движения городского транспорта по критерию загрязнения окружающей среды // Дорожно-транспортный комплекс, экономика, экология, строительство и архитектура. Материалы Международной научно-практической конференции. 2003. С. 153-154.

Filippov F., Shugin F.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Markovian chains for optimization the movement of public transport.

Optimization of the public transport schedule is an important problem and requires a comprehensive solution. One of the ways to solve this optimization problem is Markov chains, which allow predicting possible state transitions of a given queuing system.

The ways of using Markov chains to solve the problem of optimizing the movement of public transport are considered. Various ways of using Markov chains in this field are presented, such as predicting the state of traffic, predicting the arrival times of public transport and optimizing the routes of the transport network.

Key words: Markov chains, traffic flow modeling, queuing systems.

4.2. Интеллектуальные технологии в автоматизации и цифровых системах управления

УДК 621.398
ГРНТИ 49.37.29

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО КОНТРОЛЛЕРА

Е. С. Барбанель, М. С. Бойков, А. Ю. Бухинник, В. Н. Точилов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича.

Представлено краткое описание структуры сети сбора и передачи телеметрической информации и возможностей универсального контроллера SUT-UC разработки СПбГУТ, предназначенного для применения на необслуживаемых контролируемых пунктах сети и обладающего возможностями расширения за счет подключения дополнительных контроллеров (модулей расширения), в том числе удаленных.

телеизмерение, телеуправление, сеть передачи данных, контроллер, протокол связи, стандарт связи, модуль расширения

Практически во всех отраслях хозяйства страны актуальной задачей является обеспечение функционирования необслуживаемых или редко обслуживаемых объектов, часто расположенных на значительном удалении от места нахождения диспетчерской службы, где постоянно присутствует дежурный персонал. Примеры таких объектов в газовой отрасли: газораспределительные станции и пункты, а также установки электрохимической защиты (ЭХЗ) подземных металлических сооружений: трубопроводов, кабелей связи и других подземных коммуникаций от электрохимической коррозии. В электроэнергетике – это электрические подстанции различной мощности, в теплоэнергетике – тепловые станции и автономные котельные, в системе освещения городов и трасс – шкафы управления наружным освещением (ШУНО). Такие объекты имеются и на предприятиях «Водоканала», в лифтовой службе, на объектах ЖКХ, объектах агрокомплексов и т.д.

Для мониторинга состояния этих объектов и решения задачи дистанционного управления их параметрами применяются системы телеметрии, как правило, Автоматизированные системы дистанционного контроля и управления (АСДКУ), состоящие из оборудования, устанавливаемого на контролируемых объектах, или пунктах (КП) и оборудования и программных продуктов, размещаемых на диспетчерских пунктах (ДП) [1,2]. Во многих случаях АСДКУ представляют собой многоуровневые сетевые структуры, где нижний уровень, это, собственно, контролируемые пункты, а верхних уровней может быть несколько в

зависимости от степеней иерархии в соответствующей отрасли. К примеру, во многих хозяйствах отрасли газораспределения (ГРО), таких уровней, кроме уровня КП, обычно три: участок (первый уровень контроля и управления), филиал (второй уровень) и главное, или центральное, Управление (третий уровень) [3,4].

Пример структуры такой АСДКУ приведен на Рис.1.

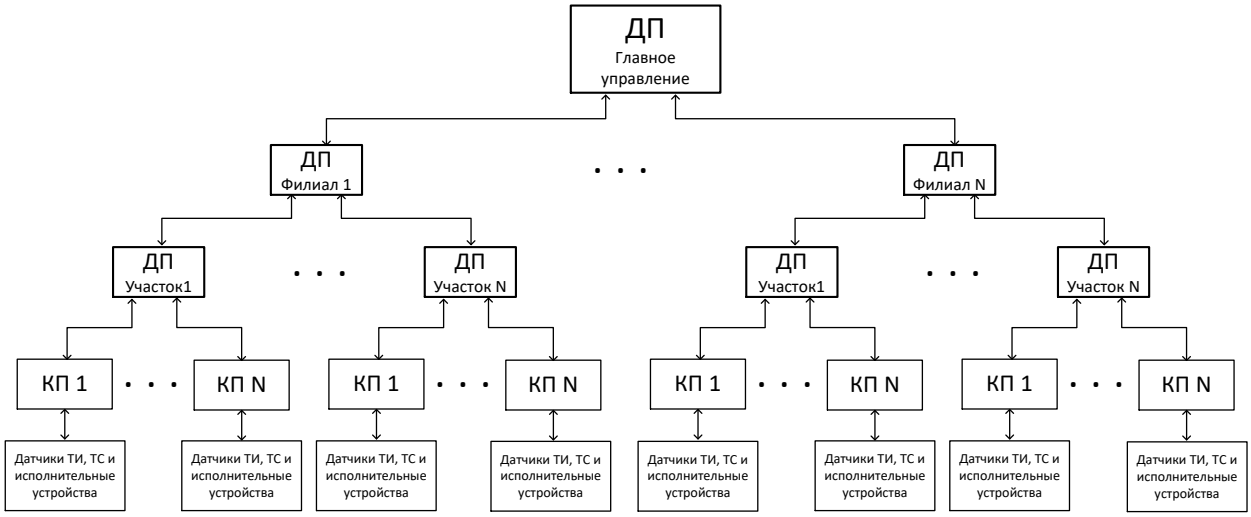


Рис.1. Пример структуры многоуровневой АСДКУ

Типовой структурой фрагмента такой АСДКУ «КП – ДП участка», таким образом, является «звезда», где передача данных между КП и ДП осуществляется по различным видам каналов связи – проводным или радио. В последние годы наиболее широкое распространение получило использование каналов мобильной связи стандарта GSM/GPRS, а передача данных на более высокие уровни ПУ осуществляется при помощи OPC-серверов.

В подавляющем большинстве случаев в состав оборудования АСДКУ на КП входит ***контроллер***, обеспечивающий цифровую обработку сигналов от аналоговых датчиков, взаимодействия с датчиками телесигнализации типа «сухой контакт», имеющий обычно несколько выходов телеуправления и/или телерегулирования, а также цифровые порты для подключения счетчиков с импульсными выходными сигналами. Измеряются обычно такие физические величины, как давление, температура, влажность, уровень жидкости в резервуарах, состояние различных выключателей и датчиков, к примеру, охранных, пожарных и т.п.

На рынке имеется достаточное количество как отечественных, так и импортных контролеров, как общего назначения, так и ориентированных на применение в конкретных отраслях. Количество входов-выходов в них варьируется от единиц до нескольких десятков, а в отдельных случаях и сотен. Как правило, контроллер также содержит проводной или радиомодем для обмена данными с ДП своего уровня.

В некоторых случаях на объектах контроля, относящихся к одной АСДКУ, требуется применение не единственного контроллера, а одного

основного контроллера, дополненного рядом территориально удаленных периферийных контроллеров (модулей расширения). Примером таких объектов являются объекты систем электрохимической защиты, где в интервалах между основными КП, разнесенными вдоль защищаемого сооружения, требуется установка дополнительных контрольно-измерительных пунктов (КИП).

Взаимодействие между основным и периферийными контроллерами в зависимости от расстояний между ними и рядом других факторов, как правило, организуется через шины RS-232 или RS-485. Это требует прокладки между контроллерами проводных линий, что не всегда возможно, особенно в случае, когда АСДКУ на объекте внедряется не на стадии строительства объекта. Кроме того, как правило, периферийные контроллеры представляют собой устройства с батарейным электропитанием, что накладывает существенные ограничения по их энергопотреблению.

По нашему мнению, удачной альтернативой такому способу комплексирования контроллеров является установка в каждом из таких контроллеров маломощного приемо-передатчика, реализующего стандарт связи IEEE 802.15.4 [5], ориентированный на применения, не требующие высоких скоростей передачи данных, но критичные по энергопотреблению оборудования, габаритам и стоимости.

Ниже мы приведем описание контроллера «*SUT-UC*», разработанного в Санкт-Петербургском государственном университете телекоммуникаций имени проф. М.А.Бонч-Бруевича, в котором предусмотрена возможность комплексирования с использованием технологии IEEE802.15.4.

Структурная схема контроллера *SUT-UC* представлена на рис.2.

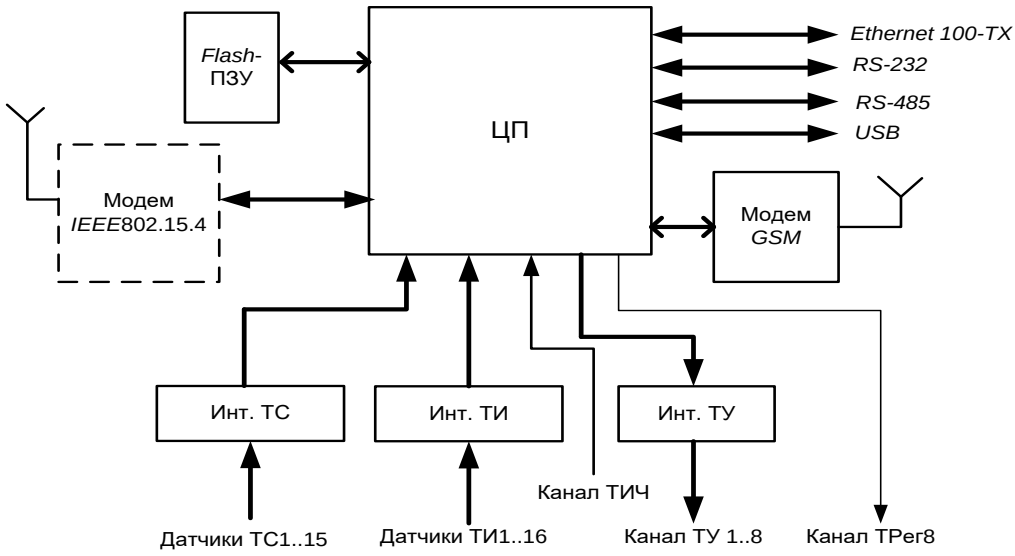


Рис. 2. Структурная схема контроллера SUT-UC

Схема содержит следующие функциональные узлы:

- центральный процессор ЦП на основе ARM-микроконтроллера CORTEX-M4;
- интерфейс каналов телесигнализации Инт. ТС;
- интерфейс каналов телеизмерений Инт. ТИ;

- интерфейс каналов телеуправления Инт. ТУ;
-интерфейс канала телерегулирования Инт.ТРег;
- GSM-модем;
- Flash-ПЗУ;
- модем радиосети по стандарту IEEE802.15.4 (опционально).

Через интерфейсы Инт.ТС и Инт.ТИ к контроллеру подключаются датчики телесигнализации типа «сухой контакт» числом до 15-ти и датчики телеизмерений с токовыми выходами 4..20/0..20 мА числом до 16-ти. Кроме этого, контроллер поддерживает подключение одного датчика телеизмерения частоты в диапазоне 0..15000 Гц. Программа ЦП считывает показания датчиков ТИ с частотой не краткой 50 Гц (в избежание синхронного детектирования) и усредняет считанные отсчеты по 8-ми точкам. Подобное усреднение позволяет снизить влияние помех от промышленной сети на результаты измерений. Состояние шлейфов ТС регистрируется с периодом 40 мс, что позволяет подключать к контроллеру шлейфы охранной сигнализации, для которых требуется регистрация нарушений шлейфа (замыкание или размыкание) длительностью свыше 70 мс.

Интерфейс Инт.ТУ обеспечивает подключение исполнительных устройств числом до 8-ми через промежуточные реле с напряжением 24 В, а интерфейс ТРег – телерегулирование напряжением 0..10 В или током 0…20 мА.

Контроллер имеет 4 внешних проводных интерфейса по стандартам: *Ethernet 100-TX, RS-232, RS-485* и *USB*. Интерфейс *Ethernet 100-TX* служит для соединения контроллера и ДП по локальной сети. Посредством интерфейсов *RS-232, RS-485* и *USB* к контроллеру могут подключаться внешние измерительные и контрольные приборы: электросчетчики, газовые корректоры, устройства релейной защиты и т.д., которые, как правило, снабжены одним из перечисленных выше стыков. Наконец, через внутренний стык SPI подключается внешний радиомодем по стандарту *IEEE802.15.4* для связи с удаленными периферийными контроллерами.

Для связи с удаленным ДП контроллер имеет внутренний радиомодем стандарта *GSM* и поддерживает обмен данными через каналы SMS и GPRS. При этом обеспечиваются следующие режимы обмена:

- автоматическая передача на ДП текущих данных телесигнализации и телеизмерений с заданной периодичностью от 4-х часов до 2-х суток;
- ручной запрос текущих данных ТС и ТИ оператором ДП;
- передача от ДП команд ТУ и ТРег;
- удаленное конфигурирование контроллера со стороны ДП, включая параметры каналов ТС и ТИ: перечень задействованных каналов, тип датчиков, уставки (аварийные уровни) ТИ, параметры связи и др.;
- автоматическая передача на ДП информации по аварийным событиям в каналах ТС (замыкание или размыкание шлейфа) и ТИ (выход измеряемого параметра за аварийные уставки);
- запуск по команде ДП специального осциллографического режима измерений с заданной с частотой выборки, накопление результатов во Flash-ПЗУ контроллера и считывание накопленного массива данных в ДП.

Контроллер *SUT-UC* обладает компактной конструкцией с размещением в стандартном корпусе промышленного образца, с креплением на DIN-рейку, или с креплением на панель.

В заключение отметим, что выбор конкретного режима обмена данными между КП и ДП в варианте использования услуг мобильной связи стандарта GSM/GPRS осуществляется с учетом не только технических, но и экономических требований, поскольку трафик является платным. Так, в системах с большим количеством КП, SMS-сообщения используется только для передачи сигналов типа «авария», накопленные же на КП результаты телеизмерений (т.е. «архивы») передаются, главным образом, в режиме GPRS.

***Источник финансирования**: публикация подготовлена в рамках прикладных научный исследований СПбГУТ, регистрационный номер 1022040500653-0 в ЕГИСУ НИОКТР.*

Список используемых источников:

1. Аппаратно-программные телеметрические комплексы (АПТК) «ТЕЛУР». Промышленное газовое оборудование. Справочник. Изд. 3-е, доработанное. Под ред. Е.А.Карякина. Саратов, «Научная книга», 1999. с. 347-354.
2. Барбанель Е.С., Гуревич И.В., Лесман М.Я., Лутовинов С.И., Точилов В.Н. Система дистанционного мониторинга ГРП с использованием мобильной связи стандарта GSM.// Газ России. №1, 2007, с.58-65.
3. Барбанель Е.С., Бухинник А.Ю., Вашкевич Я.Б., Точилов В.Н. Внедрение автоматизированной системы диспетчерского контроля и управления параметрами ЭХЗ с использованием каналов мобильной связи стандарта GSM на объектах ОАО «Рязаньоблгаз».// Сборник «Газификация и использование газа». №1, 2004, с.34-46.
4. Барбанель Е.С., Гуревич И.В., Лесман М.Я., Лутовинов С.И., Точилов В.Н. Автоматизированные системы диспетчерского контроля и управления объектами ЭХЗ подземных газопроводов на основе АПТК «ТЕЛУР-ПМЗ-G» с использованием каналов мобильной связи стандарта GSM. // «Газпромрегионгазинформ», № 4 (15), 2006, с. 48-54.
5. IEEE Std 802.15.4TM-2003 Wireless Meduim Access Control (MAC) and Physical Layer Specification (PHY) For Low-Rate Wireless Personal Area Networks// IEEE Inc, New York, 1 October 2003.

Barbanel E., Boikov M., Buhinnik A., Tochilov V.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Automatic system for collect and transmit telemetric information used universal controller. Is presented the brief description of the network structure for collect and transmit a telemetric information and opportunity of universal controller named SUT-UC, made in SPbSUT, and designed for use in non-service network objects, permit to increase a technical possibility by connection of additional controllers (expansion modules).

Key words: tele-measuring, data transmission network, controller, communication protocol, communication standard, expansion module.

УДК 004.428.4
ГРНТИ 20.53.21

МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ГЕНЕРАЦИИ ТАЙЛОВ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

И. А. Котцов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Использование географических карт широко распространено в приложениях доставки и сервисов такси. Существует несколько возможных способов обеспечения использования карт, каждый из которых обладает плюсами и минусами. Рассмотрена генерация растровых и векторных тайлов карт на основе открытых данных с использованием свободного программного обеспечения.

тайлы карт, векторные карты, растровые карты, MapGL, Mapnik

В настоящее время большое количество приложений таких как сервисы доставки, городской мобильности, навигации используют визуальные представления карт. Большинство реализаций визуального представления карт основано на использовании тайлов, как составного элемента изображения карты. Тайлы представляют из себя небольшой по размеру атомарный фрагмент карты, типичное разрешение которого составляет 512 пикселей в растровом формате. В свою очередь методы представления планов можно разделить на две основных группы: векторные и растровые.

Растровые карты состоят из тайлов, представленных изображениями, что позволяет точно представлять фотографические изображения и реалистичные сцены, с разным уровнем увеличения относительно наблюдателя, без искажения пропорций карты. Такой метод представляет целочисленные уровни зума, без потери качества, но требует на каждый уровень представления отдельных фрагментов плана местности. Каждый тайл определяется при помощи геодезических координат системы *WGS*-84 и уровнем зума с допуском, зависящим от параметров провайдера картографических данных. При работе приложение, использующее карты загружает фрагменты плана местности с опережением действий пользователя для обеспечения бесшовности изображения, при этом уже полученные тайлы могут быть кэшированы на конечном устройстве.

Векторные карты представляют собой графическое представление изображений в виде геометрических объектов, таких как линии, кривые, полигоны и текст. Принцип работы векторных карт основан на использовании математических формул, которые определяют положение, размеры и свойства каждого объекта на карте. Каждый объект на векторной карте может иметь различные атрибуты, такие как цвет, толщина линии, прозрачность, шрифт, глиф, иконку. Эти атрибуты хранятся внутри файла с картой и используются для определения внешнего вида объекта при его

отображении и поставляются посредствам *API*. Объекты на векторной карте могут быть сгруппированы в слои или категории, чтобы облегчить управление и отображение, к примеру, возможны слои автомобильных дорог, сельскохозяйственного использования, территориального деления. Векторные планы местности могут быть без потери качества масштабированы до различных масштабов. Благодаря математической природе векторных данных, объекты сохраняют свою форму и четкость независимо от масштаба, при этом уровень детализации карты также определяется уровнем зума, но в отличие от растровых карт, где данный параметр может быть только целочисленным, в векторных картах возможен свободный уровень, представленный *float*. Так как данный подход предполагает рендеринг непосредственного изображения на клиентском устройстве, возможны преобразования в разные системы координат и проекции, для того чтобы отображать их на плоскости или на сфере. Это позволяет представлять географическую информацию в удобной форме, что в совокупности с возможностью манипулирования компоновкой слоёв карты позволяет выполнять более разнообразные задачи на одном наборе данных, в отличие от растровых карт, где изменение любого элемента изображения требует очередного выполнения рендера карты.

Рассмотрим создание экземпляров векторной и растровой карты на основе одинаково набора данных, источником которого будут являться открытые данные *OpenStreatMap* [1]. Для работы сервисов генерации тайлов необходимо использование *PostgreSQL* с расширением для работы с пространственными данными – *PostGIS*.

При выборе растрового подхода для создания карты можно использовать следующие инструменты, созданные сообществом открытого кода: *Mapnik,* стили *OpenStreatMap CartoCSS*, вспомогательными утилитами для преобразования систем координат и загрузки пространственных данных в *PostgreSQL Osm2Pgs*, веб-сервисом рендеринга карт *renderd* на основе модуля *Apache*. Рендер карты опирается на стили описанные в конфигурации библиотеки *Mapnik*, для полноценного построения изображения могут потребовать описанные в стилях глифы, иконки, шрифты и маркеры. Создание тайлов карты требует наличия существенных вычислительных мощностей от сервера, где выполняется рендер карт. Для фрагментов плана местности, создаваемых таким способом существуют ограничения размера в 16384 пикселя, при необходимости большего разрешения необходимо выполнять склейку соответствующих единиц изображения. При выборе большого размера тайлов уменьшается требуемое количество элементов карты для отображения, при этом карта становится менее атомарной, что увеличивает нагрузку на сервис, при запросе схожих фрагментов плана, расположенных в смежных областях. Пример изображения карты, полученный при помощи библиотеки Mapnik и стилей openstreetmap-carto представлен на рисунке 1.

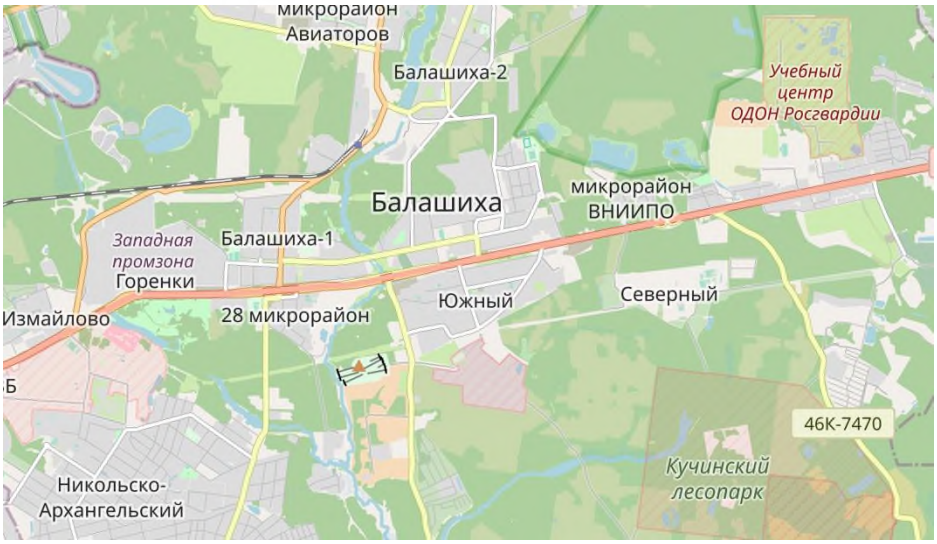


Рис. 1. Фрагмент карты, полученный при помощи Mapnik

Просмотр карты возможен в специализированных клиентских библиотеках, так и по тайлам при помощи любого веб-браузера, что является плюсом по сравнению с векторными картами, просмотр которых невозможен без использования клиентских библиотек для рендера карт. Рендер растровых тайлов карт не требует предварительной работы по подготовке данных, созданные изображения возможно кэшировать локально, однако при изменении данных, на основе которых произведён рендер карты необходима перегенерация всех уровней зума для фрагмента карты.

Использование векторного подхода для создания экземпляра карты требует в отличие от растрового подхода, описанного ранее, генерации подготовленного набора данных в формате *MBTiles* [2]. Файлы формата *MBTiles* являются контейнерами, в которых объединены все необходимые загружаемые изображения тайловой карты и связанная с ними метаданных информация. Они могут содержать тайлы, созданные для разных уровней масштабирования и охватывающие различные области карты, метаданные хранятся в СУБД *SQLite*, встроенной в контейнер файла. Для создания требуемого файла требуется инструментария для создания векторных тайлов, такой как *OSM2VectorTiles.* Сервис генерации векторных тайлов с использованием подготовленных данных требует существенно меньших мощностей, чем при использовании растрового подхода и библиотеки *Mapnik,* однако требуются большие вычислительные возможности клиента с поддерживаемыми интерфейсами браузера. Для отображения стилизованной карты необходимо использовать стили карт, описанные стандартами GL Styles и *OpenLayers*. Методы размещения дополнительных элементов, необходимых для отображения карты в зависимости от стиля карты стандартизированы спецификацией *Mapbox GL Style Spec* [3]. Пример карты, полученной при помощи *TileServer GL* показан на рисунке 2.

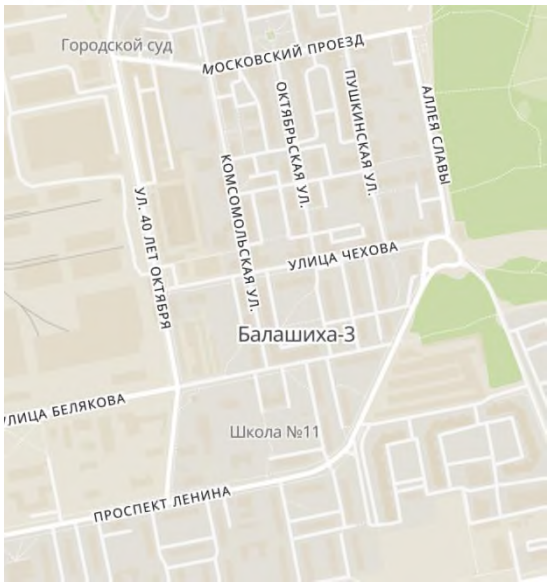


Рис. 2. Фрагмент векторной карты

Векторные карты в отличие от растровых карт передаются клиенту в формате *pbf*, обеспечивающим высокий уровень сжатия, позволяющий эффективнее использовать пропускную способность канала между клиентом и сервером. Также как и при растровых тайлах возможно кэширование данных клиентом, при этом при отсутствии фрагментов плана местности на запрашиваемый уровень зума может быть использован уже доступный на клиентской стороне объект без ухудшения качества изображения при увеличении масштаба. Для получения дополнительных уровней детализации необходима загрузка искомого зума тайла.

При невозможности использования клиента, поддерживающего векторные карты возможна, генерация на стороне сервера растровых тайлов на основе контейнеров *MBTiles*, что позволяет использовать устаревший клиент, при этом потребляется меньшее количество вычислительных ресурсов, в среднем в 70-80 раз, в зависимости от сложности стиля карты, чем при использовании *Mapnik* без подготовленных данных. Визуальное представление растровой карты, на основе вектора определяется схожими стилями.

В настоящее время использование растровых карт имеет смысл при необходимости использования реалистичных и фотографических карт, состоящих из снимков местности. Векторные карты обладают лучшими показателями интерактивности, в том числе созданием объёмных представлений, по средствам использования соответствующих стилей.

Сравнение ресурсоёмкости отображения одинакового фрагмента местности посредствам векторных и растровых карт с одинаковыми стилями, представлено в таблице 1. Номер области карты обозначает фрагмент одинакового уровня зума с одинаковыми координатами для векторных и растровых карт, относительного сравнения нагрузки при отображении планов местности.

ТАБЛИЦА 1. Сравнение ресурсоёмкости отображения карт

Номер области карты	Вектор, время загрузки, мс	Растр, время загрузки, мс	Вектор, объём данных, Кб	Растр, объём данных, Кб
1	120	260	178	1340
2	96	179	197	950
3	99	180	108	1230
4	102	192	160	2305
5	112	283	195	2670

Таким образом использование векторных карт является преимущественным способом внедрения карт в приложение, так как обеспечивает лучшее качество изображения, при меньших нагрузках на сервер и сеть, при этом растровые карты должны использоваться при обращении с фотографическими картами. Растровые карты менее требовательны к вычислительным мощностям устройств пользователей и уровню *API* браузеров. Векторные карты представляют большие интерактивные возможности такие как: работа со слоями, перемещение камеры наблюдателя, изменение параметров отображения без необходимости повторной генерации *mbtiles*.

Список используемых источников:

1. OpenStreetMap Data Extracts [Электронный ресурс]. URL: https://download.geofabrik.de/ (дата обращения 20.10.2023).
2. MBTiles Specification [Электронный ресурс]. URL: https://github.com/mapbox/mbtiles-spec (дата обращения 20.10.2023).
3. Style map with Mapbox GL [Электронный ресурс]. URL: https://openmaptiles.org/docs/style/mapbox-gl-style-spec/ (дата обращения 21.10.2023).

Kottsov I.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Methods and technologies for generating geographical map tiles.

The use of geographical maps is widespread in delivery applications and taxi services. There are several possible ways to ensure the use of cards, each of which has pros and cons. The generation of raster and vector map tiles based on open data using free software is considered.

Key words: map tiles, vector maps, raster maps, MapGL, Mapnik.

УДК 004.942
ГРНТИ 28.19.23

АДАПТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ

О. С. Пархачева
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье приведены результаты исследований в области применения электронного обучения в современном мире, а также моделей адаптивного обучения. Предложена модель построения интероперабельной адаптивной образовательной системы, которая позволит повысить качество и эффективность электронного обучения. Данная модель построена по модульному принципу, обладает гибкостью, отсутствием функциональной избыточности у отдельных модулей и допускает интеграции в единое образовательное пространство.

электронное обучение, адаптивные системы обучения, системы управления обучением, интероперабельность

Электронное обучение сохраняет свою актуальность и демонстрирует нарастающую тенденцию даже после завершения периода ограничительных мер, вызванных пандемией. Организация РСР (Российский Союз Ректоров) фиксирует увеличение спроса электронного обучения среди учащихся различных образовательных сегментов в периоды 2019-2020 и 2021-2022 учебных годов [1]. Разница между рассматриваемыми периодами для школьников составила 4,2%, для студентов среднего профобразования (СПО) – 13%, а для студентов вузов – 24,8%, что подтверждает существенный рост значимости электронного обучения в современной системе образования (рис. 1).

Согласно данным, представленным агентством Smart Ranking на 20 марта 2023 года, отмечается значительный рост на рынке образовательных сервисов в России за первую половину 2023 года. Общий оборот данного рынка составил 52,4 миллиарда рублей, что представляет собой увеличение на 34,6% по сравнению с аналогичным периодом 2022 года [2]. Интерес, проявляемый к электронному обучению, можно объяснить его ключевым преимуществом, а именно возможностью гибкого обучения. Учащиеся просматривают видео-уроки в удобное для них время и адаптируют темп обучения в соответствии с собственными потребностями, что особенно благоприятно для профессионалов, чья специфика не допускает соблюдения жестких графиков и строгих временных рамок. Однако, несмотря на все преимущества, феномен отсева студентов становится распространенным, это обуславливается отсутствием достаточной индивидуализации образовательного процесса, проблемами с мотивацией учащихся и ограниченным предоставлением обратной связи. Совместно данные факторы

оказывают негативное воздействие на степень успешного завершения образовательных программ [3].

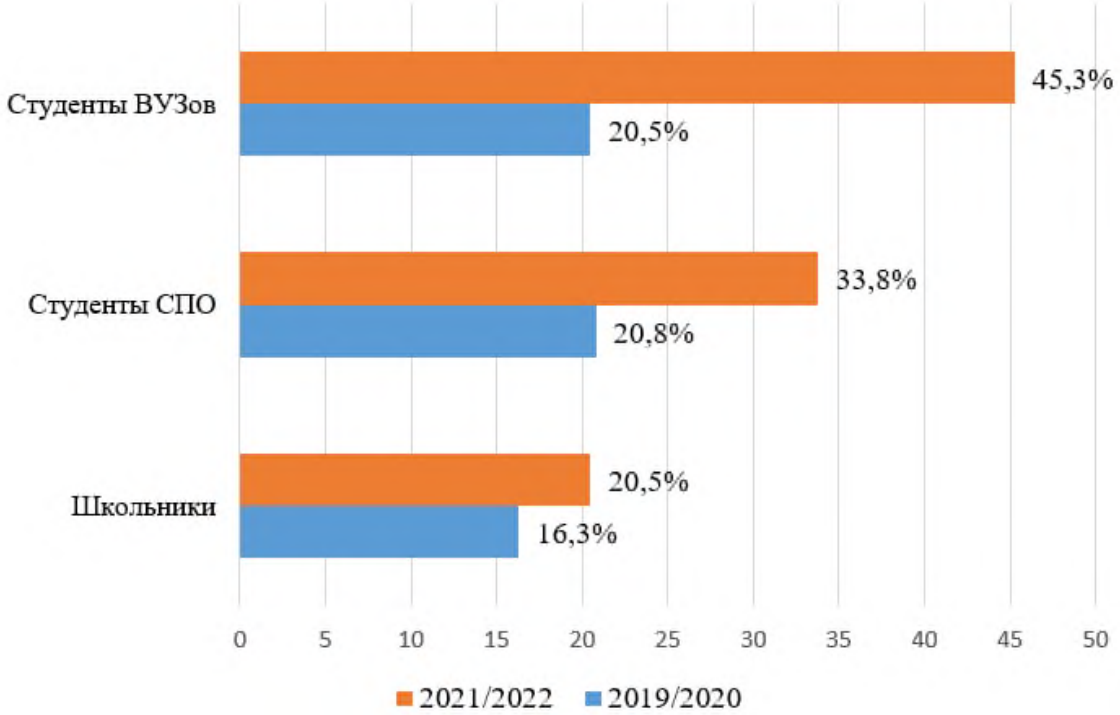


Рис.1. Процент учащихся (от общего числа), для которых было организовано электронное обучение

Системы, реализующие адаптивный подход к обучению стремятся решить данную проблему, предоставляя персонализированный и эффективный учебный план для каждого ученика. В отличие от традиционных методов, адаптивный процесс обучения ориентирован на формирование индивидуальной образовательной траектории, которая учитывает его текущий уровень знаний, интересы, темп усвоения материала, методологический подход к обучению и специфические образовательные цели обучающегося, а также предусматривает возможность коррекции данной траектории на основе промежуточных данных (рис. 2) [4].

В настоящее время на рынке образовательных технологий существует множество готовых систем, спроектированных с учетом адаптивного метода обучения, таких как Smart Sparrow, DreamBox Learning Math, Knewton и Aero. Однако важно отметить, что все эти системы представляют собой проприетарное программное обеспечение, обладающее ограничениями в доступе и модификации. Более того, указанные образовательные системы характеризуются избыточностью функциональности, что может представлять трудности для их глубокой интеграции в другие системы обучения (LMS), а также их последующее внедрение в единое информационное пространство цифрового университета, формирование которого возможно путем создания интероперабельных систем электронного обучения.

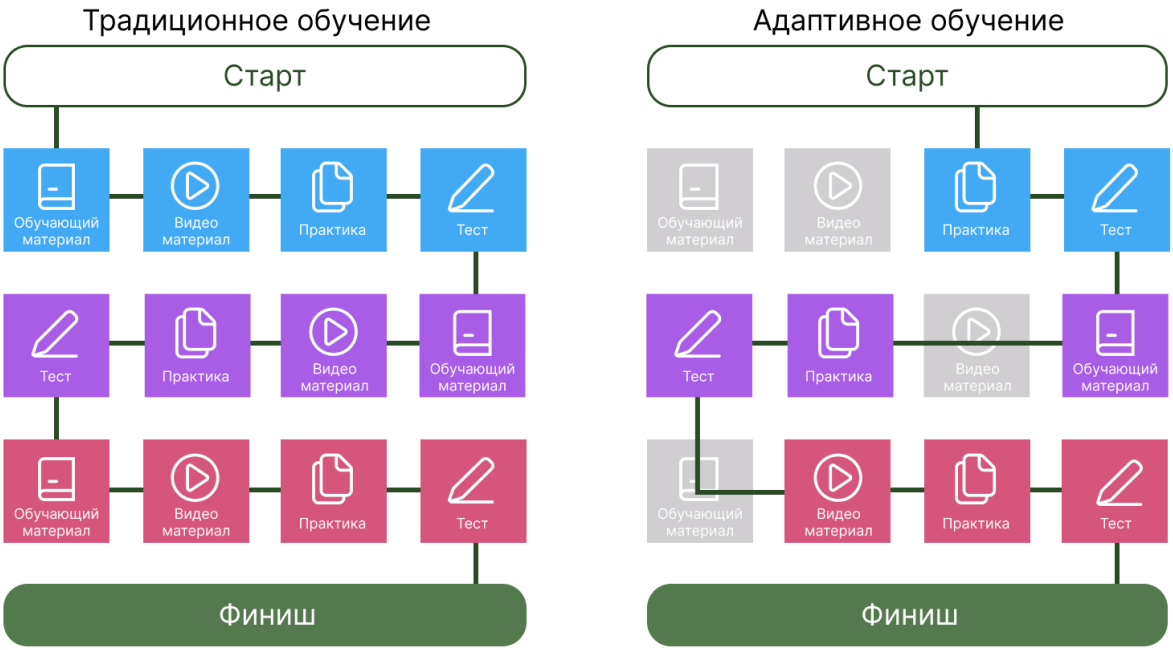


Рис.2. Сравнение двух подходов к обучению

Создание интераперабельной системы, реализующей адаптивный подход к обучению и, в частности, построение персонализированного образовательного пути, позволит преодолеть вышеупомянутые недостатки существующих систем. При разработке такой системы необходимо учесть принципы модульности, гибкости, функциональной избыточности и возможности интеграции с другими системами, а также адаптации к изменяющимся условиям и требованиям [5]. В качестве математической модели такой системы предлагается следующая запись:

$$MAdaptive = < MLes, MStud, MTrack >,$$

где:

MLes – модель учебно-методического комплекса;

MStud – модель индивидуальной траектории обучения;

MTrack – менеджер построения траектории обучения.

Такой подход позволит бесшовно интегрировать данную систему в интероперабельную среду электронного обучения и обеспечить эффективное взаимодействие всех компонентов образовательного процесса. В дальнейшей перспективе это позволит создать единую образовательную среду, которая будет обеспечивать персонализированное обучение и легко адаптироваться к изменяющимся условиям. Такая среда позволит повысить эффективность обучения, улучшить качество образовательных ресурсов и сделать процесс обучения более доступным и удобным для студентов и преподавателей.

Список используемых источников:

1. РСР. Новости науки и образования [Электронный ресурс]. URL:https://rsr-online.ru/news/2023/3/20/novosti-nauki-i-obrazovaniya (дата обращения 28.09.2023).

2. Развитие edtech в 2023 году [Электронный ресурс]. URL: https://edtechs.ru (дата обращения 30.09.2023).

3. Тажина Г.О. / Факторы успешности онлайн-обучения взрослых // Вестник КазНУ. 2022г., Том 83 № 4. С. 36-46.

4. Татарникова, С. А. Адаптивное обучение как технология персонализированного профессионального обучения / С. А. Татарникова, И. А. Чаунина // Ratio et Natura. – 2022. – № 1(5).

5. Верхова Г.В., Акимов С.В. Магистрально-модульный принцип построения программного обеспечения информационных систем с микросервисной архитектурой // В сборнике: Проектирование и обеспечение качества информационных процессов и систем. Сборник докладов Международной конференции. Санкт-Петербург, 2022. С. 3-6.

Parkhacheva O.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Adaptive technologies in e-learning systems.

The article presents the results of research in the field of electronic learning in the modern world, as well as adaptive learning models. A model for constructing an interoperable adaptive educational system is proposed, which will enhance the quality and effectiveness of electronic learning. This model is built on a modular principle, offering flexibility, the absence of functional redundancy in individual modules, and allowing integration into a unified educational space.

Key words: e-Learning, adaptive systems, LMS, interoperability.

УДК 004.045
ГРНТИ 50.41.25

РАЗРАБОТКА ОБЪЕКТНОЙ-МОДЕЛИ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАБОЧИМИ УЧЕБНЫМИ ПЛАНАМИ

Д. Ю. Петров
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Данная статья предлагает разработку автоматизированной системы, способной поддерживать жизненный цикл основных образовательных программ, а также систему для создания и управления рабочими учебными планами. В соответствии с методологией Domain Driven Design, предлагается разработка объектной модели для учебных планов, что позволит четко определить структуру данных и создать качественное программное обеспечение для управления учебными планами. Реализация такой модели предлагается в виде микросервиса, который будет охватывать ограниченный контекст разработки и управления учебными планами.

объектная-модель, рабочие учебные планы, система управления, жизненный цикл, domain driven design

В настоящее время преподаватели вузов сталкиваются с необходимостью готовить большие объемы отчетной документации, что приводит к тому, что значительная часть их рабочего времени уходит на ее подготовку. Данная ситуация негативно влияет на качество образовательного процесса, так как существенно сокращает время на разработку новых и совершенствование существующих учебных материалов. В современных вузах часто отсутствует программное обеспечение, автоматизирующее данные процессы на уровне, который позволил бы минимизировать рутинные процедуры.

Управление жизненным циклом основной образовательной программы в современных университетах требует наличия соответствующего программного обеспечения. Ситуация с автоматизацией разработки управления рабочими учебными планами в настоящий момент не отвечает требованиям цифровой трансформации вузов. Существующие программы позволяют автоматизировать только отдельные процессы, не позволяя выполнит сквозную информационную поддержку рабочих учебных планов и основных образовательных программ. Необходима автоматизированная система, обеспечивающая поддержку жизненного цикла основных образовательных программ, и как составная часть такой системы – система создания и сопровождения рабочих учебных планов.

Согласно методологии Domain Driven Design (DDD) [1-2], в основу системы должна быть положена объектная модель предметной области. Разработка объектной модели учебных планов позволит более четко определить структуру данных и позволит создать качественное программное обеспечение для управления рабочими учебными планами. Такая модель

может быть положена в основу приложения, реализованного в виде микросервиса, и реализующего ограниченный контекст разработки и управления рабочими учебными планами [3-4].

Основными классами объектной модели являются: учебный план, профиль конфигурации, модуль, блок плана, дисциплина, виды занятий, семестр, академическая занятость и занятие. Объектная модель приведена на рис. 1.

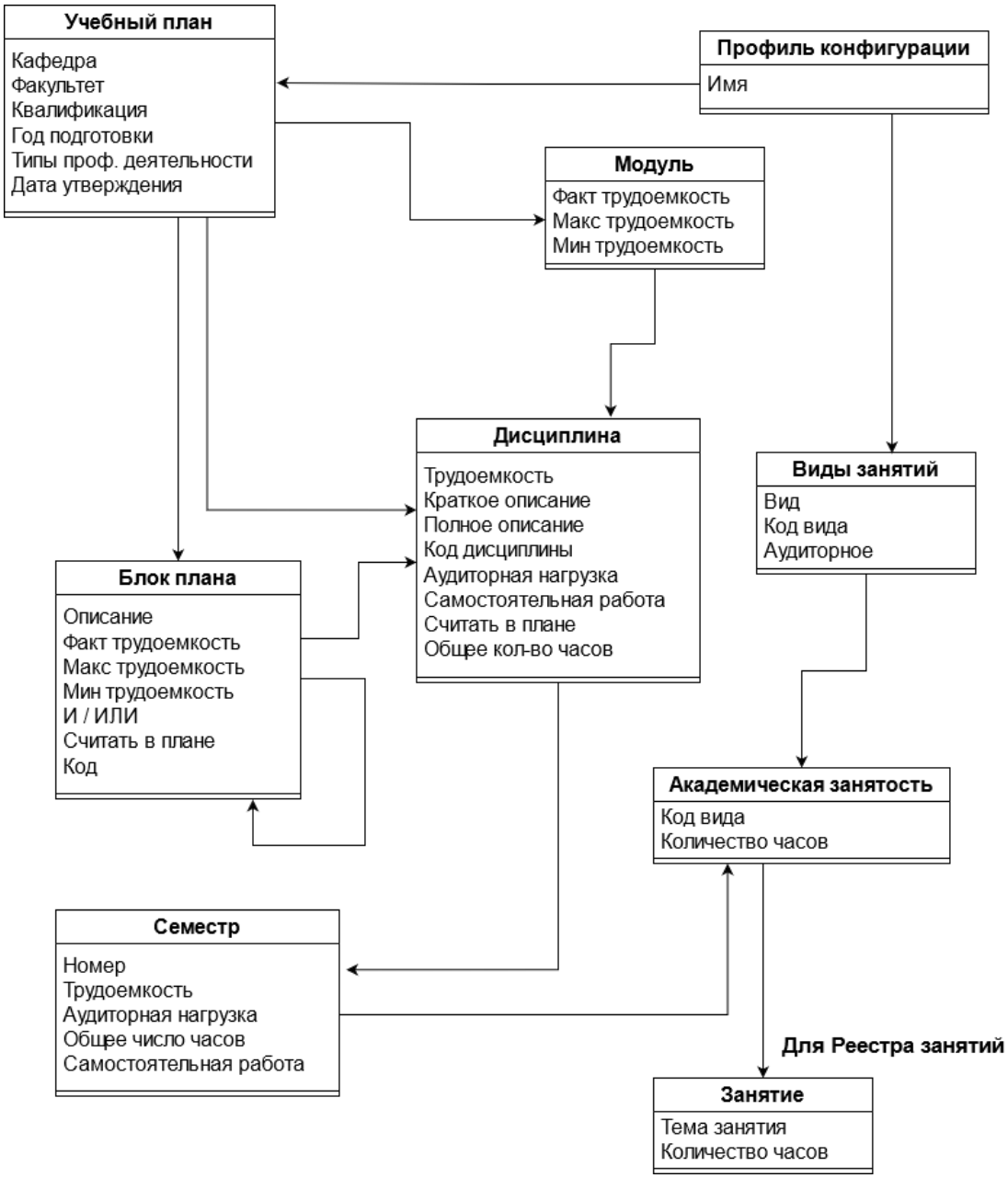


Рис. 1. Объектная-модель рабочего учебного плана

Класс учебный план необходим для описания общей информации о плане. В нём определяется учебное подразделение, факультет плана, квалификация учебной программы, год реализации программы, тип профессиональной деятельности и дата, когда был утвержден. Класс

«Учебный план» зависит от модуля, блока плана и дисциплины РУП. Профиль конфигурации определяет спецификацию проведения занятий и определяет множество видов занятий, которые будут реализовываться в рамках учебного плана. Класс «Модуль» описывает логически организованный блок учебных материалов и активностей, связанных с определенной темой или областью знаний. Модули разработаны так, чтобы обеспечивать систематическое изучение определенной темы, позволяя студентам получать навыки и знания в определенной области. Класс «Модуль» зависит от класса «дисциплина».

Дисциплина представляет собой класс, описывающий дисциплины рабочего плана, их название, описание, трудоемкость и нагрузку. Класс «Блок плана» в рабочей учебной программе представляет собой группу связанных между собой учебных предметов или курсов. Он служит для структурирования учебного плана и обеспечивает логическую организацию предметов в рамках образовательной программы.

«Вид занятий» является классом, который определяющий вид проводимого занятия, основываясь на коде вида и является ли оно аудиторным. Класс зависит от академической занятости. Класс «Академическая занятость» описывает количество часов для конкретного вида занятия, данный класс зависит от занятия. «Занятие» – это класс позволяющий реестр занятий. Класс «Семестр» обеспечивает структурирование дисциплин по семестрам.

В таблице 1 приведена матрица отношений зависимостей объектной модели рабочего учебного плана.

ТАБЛИЦА 1. Матрица отношений объектной модели РУП

	УП	БП	Д	М	ПК	ВЗ	С	АЗ	З
УП	–	1	1	1	–	–	–	–	–
БП	–	1	1	–	–	–	–	–	–
Д	–	–	–	–	–	–	1	–	–
М	–	–	1	–	–	–	–	–	–
ПК	1	–	–	–	–	1	–	–	–
ВЗ	–	–	–	–	–	–	–	1	–
С	–	–	–	–	–	–	–	1	–
АЗ	–	–	–	–	–	–	–	–	1
З	–	–	–	–	–	–	–	–	–

В основу единой информационной модели учебного процесса, содержащей всю необходимую информацию об образовательной программе, положена дисциплина и учебный модуль. Процесс разработки образовательной программы можно выполнять поэтапно, повышая степень проработки ее элементов. [5]

Представленная в докладе объектная модель может быть положена в основу программного обеспечения для сквозной информационной поддержки основной образовательной программы в рамках цифрового университета. Предложенная модель отличается отсутствием избыточности информации и отвечает требованиям методологии Domain Driven Design.

Список используемых источников:

1. Oleynik P.P. Domain-driven design the database structure in terms of metamodel of object system // Proceedings of 11h IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS'2013), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Rostov-on-Don, Russia, September 27-30, 2013, pp. 469-472
2. Олейник П.П. Предметно-ориентированное проектирование структуры базы данных в понятиях метамодели объектной системы // Объектные системы – 2014: материалы VIII Международной научно-практической конференции (Ростов-на-Дону, 10-12 мая 2014 г.) / Под общ. Ред. П.П. Олейника. – Ростов-на-Дону: ШИ (ф) ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платонова, 2014 – С. 41-46.
3. Аллен Э. Типичные ошибки проектирования. СПб: Издательский дом «Питер», 2003. – 224 с.
4. Kim M., Bergman L., Lau T., Notkin T.. Ethnographic Study of Copy and Paste Programming Practices in OOPL // Proc. on 2004 International Symposium on Empirical Software Engineering, 2004. ISESE '04. 2004. Pp. 83-92. DOI: 10.1109/ISESE.2004.1334896.
5. Верхова Г. В., Акимов С. В. Комплексная автоматизация управления высшим учебным заведением // Телекоммуникации. 2020 N 7 С. 41-47.

Petrov D.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Development of an object model for a work curriculum management system.
This article proposes the development of an automated system capable of supporting the lifecycle of educational programs, as well as a system for creating and managing working curricula. In accordance with the Domain Driven Design methodology, an object model development for curricula is suggested, which will allow for a clear definition of data structure and the creation of high-quality software for curriculum management. The implementation of such a model is proposed in the form of a microservice that will cover a limited context of curriculum development and management.

Key words: Object Model, Work Curriculum Plan, Control System, Lifecycle, Domain Driven Design.

ГУМАНИТАРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

6.1 Вопросы регионоведения и межкультурных коммуникаций в цифровую эпоху

УДК 94
ГРНТИ 03.09.31

СОЗДАНИЕ ФРАНЦУЗСКОГО ИНОСТРАННОГО ЛЕГИОНА И ЕГО УЧАСТИЕ В КОЛОНИЗАЦИИ АЛЖИРА

М. А. Аверьянов
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В данной статье рассматривается зарождение и ранний период функционирования Французского иностранного легиона. Подробно анализируются причины, которые привели к его созданию, выделяются специфические особенности и основные принципы функционирования Легиона. В статье также изучается то, как эти принципы формировались под воздействием особых обстоятельств и потребностей времени, и как они продолжают определять характер и деятельность Французского иностранного легиона на современном этапе. Особое внимание уделяется роли Французского иностранного легиона в завоевании Алжира. В этом контексте статья предоставляет подробный анализ начального этапа существования легиона, его первых боевых операций и сложных условий, с которыми столкнулись легионеры при освоении новой территории. Благодаря историческому экскурсу статья представляет возможность более полно рассмотреть, как историческое значение Легиона, так и его роль в реализации внешней политики Франции в настоящее время.

Французский иностранный легион, Французская колониальная система, Французский Алжир, колониальные войны, колонизация Алжира

Прежде чем перейти непосредственно к рассмотрению заявленной темы, хотелось бы кратко осветить актуальность реализации исследования именно в данном направлении. В первую очередь необходимо отметить, что Французский иностранный легион интересует нас не столько как одно из многочисленных воинских соединений, входящих сегодня в состав вооружённых сил Пятой Республики, сколько как инструмент, позволяющий Франции на протяжении уже почти двух веков реализовывать свои геополитические задачи.

Однако невозможно в полной мере исследовать неоколониальную политику Франции, не обратившись к инструментам её реализации, ключевым из которых является Иностранный легион. В эпоху колониализма новые территории захватывались при помощи экспедиционных корпусов, сформированных из регулярных соединений армии. Однако по мере распада

французской колониальной системы и отхода от силового удержания власти в уже бывших колониях, возникает потребность продвижения государственных интересов несколько менее прямолинейными методами, нежели непосредственное военное вторжение. В этой связи значительно возрастает роль Иностранного легиона, как воинского формирования, занимающего особое место в структуре вооружённых сил Франции. Именно на него возлагается продвижение политических, экономических, культурных и иных интересов Франции в своих бывших западно- и центральноафриканских колониях.

Однако неправильно было бы браться сходу за изучения современного этапа деятельности Легиона, не рассматривая при этом его почти двухвековую историю, тем более что данное воинское формирование представляет собой уникальный феномен, сочетающий в себе как черты наёмнической организации, так и регулярного армейского соединения, служащего Французской республике и отстаивающего её интересы по всему миру.

Кроме того, актуальность данной работы обуславливается и тем, что в её рамках, посредством изучения французского иностранного легиона мы можем коснуться и института наёмничества, а также использования такого рода подразделений для защиты интересов страны.

Таким образом, целесообразным является обратиться к истокам возникновения Иностранного легиона, рассмотреть обстоятельства, которые привели к появлению данного феномена, изучить особенности его организации и функционирования, а также рассмотреть его роль в колонизации Францией Алжира, то есть в рамках участия в первой военной компании, в которой примело участие данное воинское формирование.

С точки зрения идейной составляющей, французский иностранный легион не представляет собой принципиального новшества. Наёмники из различных европейских стран служили французским королям с давних времён. Из наиболее близких ко времени создания Французского иностранного легиона примеров можно вспомнить закон от 3 августа 1792 года, принятый Законодательным собранием и направленный на предоставление определённых льгот (например, более высокого жалования) иностранным солдатам и офицерам, которые захотят вступить во Французскую армию. В этом ключе нельзя не упомянуть и португальский, польский, ирландский и другие легионы, созданные Наполеоном Бонапартом и принимавших участие в его военных кампаниях, входя в состав Великой армии. Стоит отметить, что такие подразделения, набираемые и организованные по национальному признаку, формировались и при Национальном конвенте, а затем и при Директории [1].

Традиция принимать иностранцев на службу во французскую армию была продолжена и при Луи-Филиппе I. В рамках реформирования порядка организации данной сферы, 9 марта 1831 года он издаёт указ о создании особого подразделения, состоящего исключительно из иностранцев –

Французского иностранного легиона. Чем же было мотивировано подобное решение?

К началу 30-х годов XIX века во Франции сложилась довольно напряжённая обстановка, в равной степени вызванная последствиями Великой французской революции, военных походов Наполеона и последовавшей за его правлением реставрации монархии Бурбонов, а также приходом к власти в 1830 году самого Луи-Филиппа вследствие Июльской революции. Перед новым королём стояло множество сложнейших задач, из числа которых для нас наиболее интересными представляются необходимость стабилизировать положение внутри страны, избавиться от воевавших ещё в армии Наполеона иностранцев, а также большого количества мигрантов и, само собой, продолжить столь успешно начатую колонизацию Алжира. Создание же Французского иностранного легиона идеально подходило для решения всех этих задач. Так, командный состав был сформирован из числа офицеров наполеоновской армии, имевших значительный боевой опыт, но не слишком приветствовавшийся новой властью. Воинский же контингент набирался не только из числа иностранных ветеранов, воевавших на стороне Франции. Стремились попасть в легион и те, кто не имел работы и нуждался в средствах к существованию, хотел сбежать от проблем с законом или начать новую жизнь. Крайне притягательным было и обещание получения французского гражданства по истечении пяти лет службы. Таким образом, создание легиона помогло не только снизить градус социального напряжения в метрополии, но и помогло найти дополнительные людские ресурсы для решения приоритетных государственных задач [1].

Французский иностранный легион на момент его создания категорически запрещалось квартировать и использовать на территории континентальной Франции, что само собой, шло бы вразрез с указанными ранее причинами, подтолкнувшими Луи-Филиппа I к его созданию. На данном этапе Французский иностранный легион был сформирован, как и подобные подразделения, существовавшие на рубеже XVIII и XIX веков, по национальному принципу. Это означало, что батальоны (в состав которых входило по 8 рот численностью около 112 человек каждая) формировались исключительно из военнослужащих-представителей одной нации, говоривших на одном языке. Стоит отметить, что данный принцип на начальном этапе являлся единственно возможным, поскольку на то, чтобы обучить всех военнослужащих одному (французскому) языку потребовалось бы слишком много времени и ресурсов. А в это время война в Алжире (о чём речь пойдёт далее) уже приобретала характерные черты партизанской и предвещала долгое и кровопролитные противостояние, а значит, боеспособные соединения на фронте нужны были как можно скорее [2].

Тем не менее, уже несколько лет спустя, от национального принципа укомплектования пришлось отказаться, ввиду возникновения столкновений между представителями различных батальонов. Был внедрён действующий и

по сей день принцип всеобщего равенства военнослужащих Иностранного легиона вне зависимости от их происхождения, языка, религиозных убеждений предполагавший формирование подразделений из представителей различных стран, народов и наций. Следовательно, все они вынуждены были учить некий общий язык, чтобы взаимодействовать между собой и понимать отдаваемые приказы, которым стал, само собой французский [2].

Первый случай применения этих основополагающих принципов Французского иностранного легиона относят к 1835 году, когда отдельные его подразделения были отправлены в Испанию, охваченную, после смерти Фердинанда XVII, гражданской войной. Перед самой высадкой легионеров в Таррагоне, для предотвращения назревающих из-за эпидемии холеры недовольств, генерал Бернелль принимает решение перемешать состав принимавших участие в высадке батальонов. Такое решение, по сути, ознаменовало начало отхода от национального принципа формирования воинских подразделений и внедрение французского в качестве единого языка, знание которого является обязательным для всех военнослужащих без исключения [3].

Однако ещё более знаменателен этот эпизод тем, что по прошествии всего лишь четырёх лет с момента создания, Французский иностранный легион уже начинает использоваться в очень схожей с современной манере. Франция, не желая напрямую вмешиваться в дела Испании, однако же будучи заинтересована в наиболее выгодном для себя исходе происходящих в стране событий, решает направить туда не регулярные войска, а именно легионеров, пусть и под французским флагом. Таким образом, Франция, дистанцируясь, с точки зрения восприятия её действий прочими государствами, от происходящих событий, принимает самое активное участие в идущей гражданской войне, поддерживая королеву Изабеллу II в борьбе против карлистов. Уже на данном этапе мы видим, что при помощи Иностранного легиона Франция решает определённые геополитические задачи, избегая прямого втягивания в конфликт – именно это, пусть и в гораздо более завуалированной форме, мы и наблюдаем сегодня в Западной и Центральной Африке [3].

На начальном этапе существования Легиона он не считался, как сейчас, элитным подразделением. Нередки были случаи дезертирства, неповиновения офицерам, грабежи, пьянство и т.д. Такая обстановка возникла с одной стороны из-за того, что новобранцы в большинстве своём были не самыми благонадёжными элементами французского общества, а с другой, из-за того, что командующие ротами и батальонами, знавшие не только своих солдат, но и их языка, не могли в столь короткий срок отладить дисциплину в своих подразделениях. Именно поэтому, изначально по прибытии в Алжир иностранный легион использовался как инженерно-строительное подразделение. Они занимались строительством дорог, мостов, осушением

болот, возведением зданий и их ремонтом. Однако уже в 1832 году Легион переходит к активному участию в войне [4].

Во избежание уже упомянутых противостояний, возникавших между ротами батальонов, состоящих из представителей различных национальностей, боевые действия они вели раздельно. Так, уже в 1832 году, после переброски сформированных соединений Легиона в Алжир, батальон испанских добровольцев был направлен на границу с Марокко для взятия города Оран, польский батальон занимался взятием прибрежного города Аннаба, швейцарско-немецкие соединения отличились тем, что захватили город Мостаганем [4].

Не вдаваясь в подробное описание боевых подвигов Иностранного легиона, отметим лишь, что в дальнейшем, до самого окончания войны в Алжире, он участвовал во всех военных компаниях проводимых французской армией. Они осуществляли вылазки против арабов, в ответ на их регулярные набеги, в составе регулярной армии воевали с войсками Абд-Аль Кадера, как до перемирий 1834 и 1837 годов, так и впоследствии, принимали участие в ходе кампании по окончательному подчинению Алжира, начатой в 1838 году, отличились в ходе многочисленных походов против кабильских племён, направленных на присоединение южных провинций Алжира. Таким образом, можно утверждать, что именно в ходе алжирской кампании Иностранный легион окончательно сформировался и приобрёл свои современные черты, более того, в действие были введены ключевые принципы его функционирования, неукоснительно соблюдаемые и на современном этапе [4].

Подводя итоги, хотелось бы ещё раз отметить, что создание Французского иностранного легиона было обусловлено рядом как внешних, так и внутренних факторов, сделавших крайне выгодным создание воинского подразделения из числа иностранных граждан. Франция не только получала полностью боеспособное подразделение, которое могло быть задействовано в ходе ведущейся войны с Алжиром, но и избавилась от нежелательных, проблемных элементов общества. Кроме того, как это покажет история, Легион проявит себя как крайне удобный инструмент решения геополитических задач Франции в различных уголках земного шара. Помимо Испанской кампании, только в XIX веке его подразделения принимали участие в Австро-итало-французской войне, Франко-англо-испанской интервенции в Мексику, в операциях по захвату Тонкина, Аннама, Лаоса, Камбоджи, а также многих других.

С течением времени, значение Иностранного легиона для Франции значительно возросло. На современном этапе этот феномен обуславливается тем, что отказ Пятой Республики от использования силовых методов для удержания колониальных владений на практике сочетается с ее стремлением поддерживать привилегированные отношения с этими странами, иногда требующими вооруженного вмешательства в качестве помощи легитимным властям. Очевидно, что в свете потенциальных конфликтов с, например,

своими партнёрами по ЕС, использование французских вооруженных сил становится практически невозможным. В этом контексте Французский Иностранный Легион надежно служит геополитическим интересам Пятой Республики.

Список используемых источников:

1. Esclangon-Morin V. La Légion étrangère, une particularité française //Hommes & migrations. Revue française de référence sur les dynamiques migratoires. – 2014. – №. 1306. – С. 133-137.

2. Бойко, О. О. Становление и роль Французского иностранного легиона в колониальных конфликтах Франции XIX века / О. О. Бойко // Архонт. – 2018. – № 5(8). – С. 79-84.

3. Claude D'Abzac-Epezy. La conquête : comment les Français ont pris possession de l'Algérie, 1830-1848, Colette Zytnicki, Tallandier, 2022, Revue Historique des Armées, vol. 310, no. 3, 2023, pp. 141-143.

4. Dominique Lejeune. Rappels sur l'histoire de l'Algérie coloniale : Cours n°1 du cycle "Notes sur l'histoire de l'Algérie", Maison des Sciences de l'Homme et de l'Environnement de Besançon, dans le cadre de l'Université ouverte, France. 2022, pp.24.

Averyanov M.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The creation of the french foreign legion and its participation in the colonisation of algeria. This article examines the origins and early period of the French Foreign Legion. The reasons that led to its creation are analysed in detail, and the specific features and basic principles of the Legion's functioning are highlighted. The article also examines how these principles were shaped by the special circumstances and needs of the time and how they continue to shape the character and activities of the French Foreign Legion today. Particular attention is paid to the role of the French Foreign Legion in the conquest of Algeria. In this context, the article provides a detailed analysis of the initial phase of the Legion's existence, its first combat operations, and the difficult conditions faced by the legionnaires in their exploration of the new territory. Thanks to its historical background, the article provides an opportunity to examine more fully both the historical significance of the Legion and its role in the realisation of French foreign policy today.

Key words: French Foreign Legion, French colonial system, French Algeria, colonial wars, colonisation of Algeria*.*

УДК 378
ГРНТИ 11.25.40

СПБГУТ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА КАК ОДИН ИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЦЕНТРОВ ИЗУЧЕНИЯ СТРАН СЕВЕРНОЙ ЕВРОПЫ И АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА

А. Б. Гехт
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Изучению современной Европы и прочих регионов мира сегодня в России уделяется большое внимание, в том числе на уровне высших учебных заведений. Актуальные миграционные, интеграционные, этнические и иные процессы являются неотъемлемой частью проблематики современного мирового зарубежного регионоведения. В широкий круг задач комплексного регионоведения входит не только необходимость изучения европейского континента и прочих регионов мира, но и воспитание нового поколения исследователей с разносторонней гуманитарной подготовкой. В статье авторы делятся опытом изучения современной Европы и иных регионов мира в контексте актуальной специальности высшей школы.

зарубежное регионоведение, междисциплинарные гуманитарные исследования, региональные исследования, высшая школа, высшее образование

Начиная с начала 1990-х гг. Российская Федерация не только активно вошла в мировое образовательное пространство, но и пережила всплеск интереса к целому ряду региональных исследований. Наряду с большим интересом к американистике, востоковедению, европеистике и ряду других направлений, стали появляться и специальности высшего образования, в задачу которых входило воспитание новой генерации ученых, исследователей, специалистов широкого гуманитарного профиля. Рост популярности изучения проблематики международных отношений и зарубежного регионоведения в российском научном и образовательном пространстве стал закономерным следствием многочисленных общественных трансформаций [1, с. 23]. Сегодня наличие программ бакалавриата и магистратуры по международным и региональным исследованиям, центров междисциплинарного изучения различных регионов мира является однозначной нормой. СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича не является исключением в рамках этой тенденции, в этой связи университет мыслит себя не только как центр изучения технических аспектов коммуникации и связи, но и как площадка для подготовки кадров в области глобальных, региональных, международных и всероссийских коммуникаций [2].

Вот уже более двадцати лет на базе кафедры истории и регионоведения СПбГУТ осуществляется подготовка по специальности «Зарубежное регионоведение», одного из самых актуальных направлений подготовки высококлассных специалистов гуманитарного профиля, способных к успешной и плодотворной межкультурной коммуникации, построению

эффективного межгосударственного сотрудничества, решению вызовов и задач нового, «цифрового» века. Кафедра истории и регионоведения относится к старейшим кафедрам университета, возникшим еще при создании Ленинградского института инженеров связи осенью 1930 г. Ведущую роль в создании современного высоко квалицированного «ядра» кафедры сыграл д-р ист. наук, профессор Н.Ф. Катков, руководивший коллективом преподавателей в 1960–1980-х гг. В 1990 г. кафедру возглавил канд. ист. наук, доцент С.А. Лосев. В связи с подготовкой специалистов в области регионоведения кафедра стала выпускающей (2004 г.), и из кафедры истории была переименована в кафедру истории и регионоведения. В рамках подготовки по специальности «Зарубежное регионоведение» ведутся общепрофессиональные и специальные курсы, связанные с углубленным изучением вопросов мировой политики, международного права, экономики, истории культуры изучаемых регионов и т.п. В сферу научных интересов преподавателей кафедры истории и регионоведения входят вопросы истории и культуры скандинавских и западноевропейских стран, европейской интеграции, международных отношений, актуальных европейских проблем и др.

Отвечая на вопрос о европейских исследованиях в контексте современного зарубежного регионоведения, нельзя не заметить комплексности подхода современных региональных исследованиях в вопросе изучения Европы. Пожалуй, только регионоведение способно охватить и включить в повестку, проанализировать и выработать решения и дать прогнозы по целому ряду актуальных направлений – этноконфессиональному, социально-политическому, экологическому, научно-техническому, миграционному и пр. [3, p. 289]. Современная Европа находится в постоянном динамическом развитии и ее изучение вовсе не сводится сугубо к историческим выкладкам. Изучение современной европейской ситуации требует многочисленных точек зрения, новых принципов и форм изучения [4, с. 25-29]. Возможно, что именно сейчас самое подходящее время для европейских исследований, понимания европейской идентичности, попытки долгосрочного прогнозирования в контексте многочисленных регионов Европы. Как на уровне бакалавриата, так и на уровне магистратуры, студенты-регионоведы глубоко погружаются в процессы регионализации и интеграции, происходящие в современной Европе, соотносят аспекты внешней и внутренней политики изучаемых государств, знакомятся с глобальными и региональными вызовами экономико-политического развития, рассматривают протекание общемировых процессов на европейском уровне, выделяют европейские регионы в качестве самостоятельных аналитических объектов исследования для решения теоретических и прикладных задач [5, с. 271-285].

Говоря о многочисленных трендах развития современной Европы, представляется справедливым выделить следующие. Во-первых, Европа представляет собой пример успешной интеграции и межгосударственного сотрудничества в большинстве сфер взаимодействия. Вопреки тому, что сегодня идея единой Европы и переживает некоторый кризис, а единое

европейское пространство по-прежнему не является гомогенным в политическом смысле, многие регионы мира не достигли даже отдаленного европейского уровня в вопросах единого пространства безопасности, преодоления и охраны границ, политического взаимодействия на разных уровнях и пр. Тем элементам межгосударственности и принципам надгосударственности, которые много лет успешно реализуются на базе Европейского союза и сопредельных стран, еще только предстоит найти свое воплощение во многих регионах мира. Во-вторых, Европа остается важным культурным центром, но не только благодаря общему вековому наследию, но и возникновению новых течений, трендов, направлений, форм самовыражения. Помимо этого, Европа сегодня является центром агностицизма и атеизма, предлагая новое отношение к традиционным религиям и поиску места для них в актуальной культурной повестке и системе ценностей современного человека. В экологической сфере современная Европа явила миру не только ряд экологических вызовов и проблем, но и разнообразие их решений, новый курс во внешней и внутренней политике, основанный на концепции устойчивого развития и более бережного отношения к природе. Список подобных вопросов можно продолжать достаточно долго. Разумеется, большая часть вышесказанного, в той или иной степени, относится и к прочим регионам мира. Важнейшую роль представляют собой азиатские регионы, идет активное освоение арктических территорий различными странами мира, важную роль в мировых процессах продолжает играть североамериканский регион.

Неоднородность мирового политического и экономического пространства решительным образом сказывается на масштабе влияния региональных процессов на глобальный уровень международных отношений. В условиях возвышения новых мировых центров актуализируется проблема комплексного изучения регионов с учетом общемировых трендов [6, с. 305-319], что влечет за собой необходимость проведения всестороннего регионального и кроссрегионального анализа, а, следовательно, порождает и потребность в соответствующих высококлассных специалистах, в том числе, глубоко погруженных в европейские реалии [7, с. 55]. Таким образом, зарубежное регионоведение – аналитическое научное направление, комплексно изучающее внутренние и внешние факторы развития конкретных регионов с учетом международных проблем и явлений, можно признать краеугольным камнем современного комплексного изучения Европы. Методологии зарубежного регионоведения присуща выраженная междисциплинарность: не просто заимствование техник и методов из других областей науки (междисциплинарный подход), но и создание на их основе новых исследовательских концепций; перманентная опора на синтез и синергию истории, международных отношений, страноведения, международной экономики, политической и экономической географии, культурной антропологии и политологии, что в совокупности формирует предметное поле, аналитический инструментарий и понятийный аппарат зарубежного регионоведения как учебной дисциплины и научного

направления, способного готовить специалистов, безусловно, преодолевающих вызовы Европы и прочих регионов мира, стремительно идущих в «цифровой век» [8, с. 273-289].

Список используемых источников:

1. *Гехт А.Б.* Зарубежное регионоведение как научно-образовательная программа (на примере кафедры ИРВ СПбГУТ) / А.Б. Гехт // Подготовка профессиональных кадров в магистратуре для цифровой экономики (ПКМ-2020). Региональная научно-методическая конференция магистрантов и их руководителей. Сборник лучших докладов конференции: 1–3 декабря 2020 г. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2021. – С. 20–24.

2. Кафедра истории и регионоведения // Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича [Электронный ресурс]. – URL: https://www.sut.ru/education/fakulteti-i-instituti/gf/iirv (дата обращения: 09.10.2023).

3. Schlosser-Berg D. Comparative area studies: epistemological and methodological foundations and a practical application / D. Schlosser-Berg // Vestnik RUDN. International Relations.Vol. 20. Issue 2. 2020. P.288–302.

4. *Макаренко В.В.* Об объектно-предметном поле регионоведения и его месте в ряду социальных наук / В.В. Макаренко // Сравнительная политика. 2019. № 10(4). С. 12–33.

5. Регионоведение: учебник для вузов / В.А. Ачкасова [и др.] ; под редакцией И.Н. Барыгина. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2021. – 391 с.

6. Мировое комплексное регионоведение: учебник / под ред. А.Д. Воскресенского. – М.: Магистр: Инфра-М., 2020. – 416 с.

7. *Воскресенский А.Д.* Особенности мирового комплексного регионоведения (МКР) как направления в международных исследованиях и методологической платформы для исследования региональной проблематики / А.Д. Воскресенский // X Юбилейный Южно-Российский политологический конвент «Политическая власть в условиях социальной турбулентности: региональные и глобальные аспекты» : материалы Всероссийской онлайн-конференции с международным участием, Ростов-на-Дону, 27–31 октября 2020 года / Отв. ред. Р.А. Пупыкин, К.П. Пилюгина– Ростов-на-Дону : Южный федеральный университет 2020. – С. 54–58.

8. Регионоведение: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Регионоведение», «Международные отношения». Подред. В.А. Дергачёва. М.: Юнити-Дана, 2012. – 312 с.

Gekht A.

TheBonch-Bruevich St. Petersburg State University of Telecommunications

TheBonch-Bruevich St. Petersburg State University of Telecommunications as one of the domestic centers for studying northern european countries and the arctic region.
Much attention is paid to the study of modern Europe and other regions of the world today in Russia, including at the level of higher educational institutions. Actual migration, integration, ethnic and other processes are an integral part of the problems of modern world foreign regional studies. The wide range of tasks of complex regional studies includes not only the need to study the European continent and other regions of the world, but also the education of a new generation of researchers with diversified humanitarian training. In the article, the authors share their experience of studying modern Europe and other regions of the world in the context of the current specialty of higher education.

Key words: foreign regional studies, interdisciplinary humanities research, regional studies, high school, higher education.

УДК 323.22
ГРНТИ 04.41.63

ИСТОРИЯ ЖЕНСКОГО ДВИЖЕНИЯ В ТУРЦИИ В XX ВЕКЕ

Р. А. Жадан
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Анализируется история развития женских организаций в Турции в XX веке. Дается подробная характеристика каждой организации (Kadin Hukukçular Dernegi, Mor Çatı Women's Shelter Foundation, Women for Women's Human Rights, Kadin Koalisyonu, Flying Broom), включая их достижения и цели.

феминизм, Турция, женские права, Запад, женские организации

История женского движения в Турции восходит к рубежу XIX-XX вв. В 1908 г. в Османской империи была создана организация для социального обеспечения женщин. В этот же период возникли первые социалистические партии, при которых образовывались женские группы. Следующим важным этапом стали реформы Мустафы Кемаля Ататюрка, в ходе которых были закреплены права женщин в Турецкой Республике. В период становления республики произошел значительный прогресс в вопросе равенства женщин и мужчин. Реформы Ататюрка, проводимые в течение 10 лет после создания Республики в 1923 году, имели двойное влияние на положение женщин. С одной стороны, они способствовали получению женщинами гражданских прав, а с другой стороны, привели к глобальной перестройке турецкого общества. Благодаря этим реформам женщины получили возможность участвовать в таких сферах как образование и политика. Государство активно поддерживало участие женщин во всех областях общественной жизни; в результате образовательной реформы появились женщины-юристы, врачи и др [1]. А в 1934 году турецким женщинам были предоставлены избирательные права, что опередило развитие ряда западных реформ, например, во Франции женщинам разрешили голосовать в 1945. Более того, Ататюрк придавал большое значение освобождению женщин в области повседневной жизни, боролся с практикой ношения чадры, внедрял европейские развлечения (танцы, театр) [2].

Дальнейшее развитие женских прав в Турции характеризовалось отменой ряда значительных реформ, например, трудовой сфере, согласно оценке Мирового банка, некоторые положения трудового кодекса, предназначенные для защиты безопасности и здоровья женщин, на самом деле ограничивают возможности женщин работать в традиционных отраслях и на низкооплачиваемых должностях [3]. Регресс происходил в период правления Кенана Эврена, он считается политиком с жестким подходом, который ограничил гражданские свободы в течение семи лет своего правления. Именно при нем был осуществлен третий военный переворот в 1980 году, который в

последствии оказал негативное влияние на турецкую экономику и страны в целом [4].

Это инициировало борьбу женщин за свои права и процесс институционализации женского движения. В таблице 1 перечислены основные организации женского движения Турции, возникшие в XX в.

ТАБЛИЦА 1. Женские организации в Турции

Название организации	Год основания	Деятельность, цели	Достижения
Ассоциация женщин-юристов (Kadin Hukukçular Dernegi)	1987	Организация занимается защитой прав женщин и оказывает юридическую помощь женщинам, сталкивающимся с насилием или дискриминацией. Они проводят различные мероприятия, семинары и тренинги для повышения осведомленности о правах женщин и предоставляют бесплатные юридические консультации для женщин.	• Ассоциация предоставляет юридическую помощь женщинам, сталкивающимся с насилием и дискриминацией, и помогают им получить справедливое правосудие. • Проводят образовательные программы для повышения осведомленности о правах женщин и содействия эмансипации женщин в обществе [5].
Mor Çatı Women's Shelter Foundation	1990	Одна из ведущих организаций в Турции, предоставляющая приюты и консультационные услуги для женщин, сталкивающихся с насилием в семье или в других отношениях. Mor Çatı Women's активно работают над изменением законодательства, чтобы обеспечить больше защиты для жертв насилия.	• Организация инициировала принятие Закона о защите семейных членов от насилия в Турции (1998). Этот закон ужесточил наказание за насилие в семье и предоставил больше защиты для жертв такого насилия [6]. • Выступают с докладами на международных конференциях. Обычно такие документы содержат вопросы о дискриминации и неравенства прав человека в Турции • В 2022 году активно проводят интервью со студентами и

			читают им лекции о неравенстве и домашнем насилии • Удалось выпустить 228 новостных статей в СМИ, включая 9 основных, 103 независимых и 63 местных новости [7].
Women for Women's Human Rights (WWHR)	1995	Независимая женская организация, созданная в 1993 году с целью защиты женских прав в Турции. Организация WWHR работает над тем, чтобы нарастить потенциал активисток и тех, кто работает в области прав женщин.	• Организация сыграла активную роль в адаптации гендерной проблематики к Национальному плану образований в области прав человека в Турции. • Продвигают свои идеи не только на локальном уровне, но и на международном, например, WWHR сотрудничает с ООН • Инициировала Закон о равенстве полов в Турции в 2011 году, запрещающий дискриминацию по половому признаку в различных сферах, таких как трудовые отношения, образование и доступ к услугам [8].
Коалиция женщин (Kadin Koalisyonu)	1995	«Коалиция женщин» объединяет различные женские группы и организации, которые борются за права женщин. Организация активно работает над созданием законодательства, направленного на защиту прав женщин и борьбу с дискриминацией.	• Организация инициировала закон о предотвращении насилия в отношении женщин и семейного насилия в Турции. Этот закон ужесточает наказание за насилие в отношении женщин и предоставляет больше защиты для жертв [9].

Flying Broom	1996	Женская организация играет значительную роль в привлечение проблем принудительных браков, домашнего насилия и неравенств прав человека.	• Организация выпускает свои собственные радиопередачи, телевизионные передачи для того, чтобы расширить свою аудиторию • Устанавливает тесные отношения со студентами университетов. Проводит для них лекции и приглашают к себе на практику [10]. • Имеют местную корреспондентскую сеть по всей Турции.

Итак, в XX в. организации по борьбе за женщин свои права сформировали ряд сценариев своей деятельности, включающих освещение соответствующих проблем через СМИ, а также демонстрации и митинги. Эти новые для Турции институты систематически добивались успехов в своей деятельности, в том числе в такой важной сфере, как предотвращение насилия в отношении женщин. По результатам анализа, именно женщины являются членами данных организаций.

Такие организации, как Women for Women's Human Rights (WWHR), Mor Çatı Women's Shelter Foundation, Flying Broom, Ассоциация женщин-юристов (Kadin Hukukçular Dernegi) и Ассоциация женщин-юристов (Kadin Hukukçular Dernegi), до сих пор играют важную роль в борьбе за права женщин и меньшинств в современной Турции. Они продвигают свои идеи на международном уровне и сотрудничают с ООН, что помогает им расширить свое влияние и получить поддержку от других государств.

История борьбы за права женщин в Турции на протяжении XX в. демонстрирует две противоречивые тенденции. С одной стороны, стремление сохранить традиционные для исламского общества ценности, с другой – заложенные Ататюрком тенденции вестернизации, которые и инициировали рост женского движения, и стремлению женщин к равным правам и возможностям. Эти противоречия продолжают существовать и в настоящее время, отражая сложность и многогранность процесса борьбы за равноправие женщин в Турции.

Список используемых источников:

1. Сулейманова З. А. Реформы Мустафы Кемаля // Научный журнал. 2017. №2 (15). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/reformy-mustafy-kemalya (дата обращения: 08.10.2023).

2. Кютюкчю М. Х. Формирование прав женщин в процессе культурных и общественных преобразований в Турецкой Республике // Власть. 2010. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-prav-zhenschin-v-protsesse-kulturnyh-i-obschestvennyh-preobrazovaniy-v-turetskoy-respublike (дата обращения: 08.10.2023).
3. Адаян Т. А. К вопросу о правовом статусе женщины в Турецкой Республике // Теория и практика общественного развития. 2012. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-pravovom-statuse-zhenschiny-v-turetskoy-respublike (дата обращения: 15.10.2023).
4. Дементьева А. О. Оппозиционные организационные и их деятельность в современной Турции // Столыпинский вестник. 2023. №6. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/oppozitsionnye-organizatsii-i-ih-detalnost-v-sovremennoy-turtsii (дата обращения: 15.10.2023).
5. Kadin Hukukçular Dernegi // Tukhukukcukadinlar // URL: http://www.turkhukukcukadinlar.org.tr (дата обращения: 03.10.2023)
6. Morcati // Activity report // URL: https://en.morcati.org.tr/wp-content/uploads/2023/04/morcati-2022-activity-report.pdf (дата обращения: 01.10.2023)
7. Morcati // Activity report // URL: https://en.morcati.org.tr/wp-content/uploads/2023/04/morcati-2022-activity-report.pdf (дата обращения: 01.10.2023)
8. Women for Women's Human Rights (WWHR) // about us // https://wwhr.org/about-us/who-we-are/ (Дата обращения: 02.10.2023)
9. Kadin Koalisyonu // Kimiz // URL: https://kadinkoalisyonu.org/kimiz/ (дата обращения: 03.10.2023)
10. Flying Broom // about us // URL: https://flyingbroom.org/about-us/who-are-we/ (дата обращения: 03.10.2023)

Zhadan R.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The history of the women's movement in Turkey in the XX century.
The history of the development of women's organizations in Turkey in the XX century is analyzed. A detailed description of each organization is given ((Kadin Hukukçular Dernegi, Mor Çatı Women's Shelter Foundation, Women for Women's Human Rights, Kadin Koalisyonu, Flying Broom), including their achievements and goals.

Key words: feminism, Turkey, women's rights, West, women's organizations.

УДК 327.7
ГРНТИ 11.25.40

САХЕЛЬ КАК ГЕОПОЛИТИЧЕСКИЙ РЕГИОН В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Р. Д. Замятин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Сахель – важный регион африканского континента, который продолжительное время вызывает интерес со стороны многих ведущих государств мира своими полезными ископаемыми и озабоченность – ростом террористических формирований на его территории.

Сахельская пятерка, антитеррористические операции, ООН, ЕС, опустынивание

Сахель – это исторически сложившийся обширный регион, население которого составляет порядка 100 млн. человек; преобладающая религия – ислам. Территорию занимает так называемая «Сахельская пятерка», в которую входят: Буркина-Фасо, Мавритания, Мали, Нигер и Чад. На протяжении многих десятилетий данная область являлась промежуточным мостом между Центральной Африкой и Средиземноморьем, переходящим в европейскую цивилизацию. В Сахельском регионе встречаются несколько различных культур и укладов жизни – зачастую конфликтующих друг с другом, но одновременно обогащающих друг друга [1]. Указанные особенности порождают целый ряд проблем. Так, в регионе остро стоят вопросы, связанные с постоянно увеличивающейся угрозой терроризма, организованной преступностью, климатическими изменениями, миграционными и демографическими процессами и пр.

В колониальную эпоху страны «Сахельской пятерки» были под контролем Франции. Их существование зависело от сезонов дождей, которые обеспечивали должным продовольствием для дальнейшей торговли с другими регионами. С приходом Франции ситуация изменилась, прежние торговые маршруты, связывавшие регион с другими государствами и являвшиеся важным фактором развития рынков западно-центральных африканских стран, перестали функционировать. В 1905 году было отменено рабство, но Франция старалась сохранить рабские взаимоотношения на африканском континенте в угоду своим интересам – обеспечению реквизиции рабочей силы, продовольствия и домашнего скота [2].

Сахель является значимым геополитическим регионом в современном мире. Именно в этом регионе занимаются добычей полезных ископаемых:

природный газ, нефть, драгоценные металлы, уголь, которые, в большей степени, экспортируются в Индию и Китай. Торговые отношения с этими странами растут год от года, делая их главными партнёрами в международной торговле полезных ресурсов. Помимо этого, там присутствуют залежи золота и алмазов, которые экспортируются на рынок уже мирового хозяйства в целом. Одну из лидирующих позиций занимает и сектор сельского хозяйства, который специализируется на продуктах, востребованных в странах Европы и даже получивших обозначение «европейских», таких как: какао-бобы, кофе, хлопок, натуральный каучук, ананасы, бананы и прочие [3].

Сахель играет одну из важнейших ролей в области внешней политики ЕС, и прежде всего Франции. В период с 2013 года по 2023 ЕС потратил около 600 млн. евро на поддержание демократии в регионе, по словам Жозепа Боррель (Верховного представителя Союза по иностранным делам и политики безопасности) [4]. Ключевым интересом многих европейских стран является обеспечение безопасности и предотвращение развития противозаконной деятельности: незаконный оборот наркотиков и оружия, торговля людьми и незаконная перевозка мигрантов. Регион постоянно подвергается атакам со стороны террористических группировок типа Аль-Каиды*, и экстремистки настроенного населения сопредельных государств. Вследствие этого по просьбе стран Сахеля Французским правительством было принято решение по проведению множества антитеррористических операций; первой из них стала операция «Сервал», целью которой было оказание поддержки африканскому контингенту в борьбе с террористами. С 2014 г. осуществляется операция «Бархан», ставшая продолжением «Сервала» (рис. 1) и направленная на оказание «Сахельской пятерке» более развернутой поддержки со стороны вооруженных сил Франции. В силу провала миссии, данная операция официально завершена в 2022 году и все французские силовики вынуждены покинут Сахель до конца 2023 года [5].

* Террористическая организация, запрещена в России

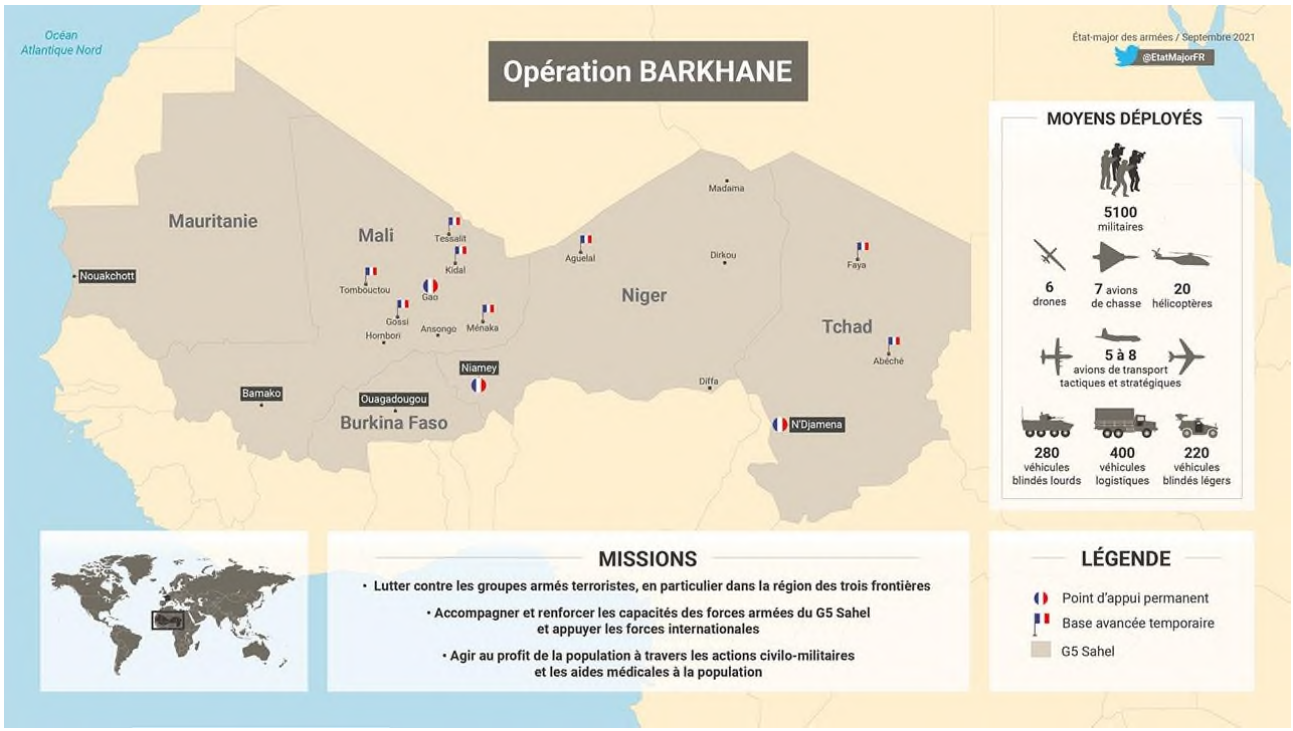


Рис. 1. Инфографика антитеррористической операции ВС Франции «Бархан»

Однако существует мнение, что миссия Франции не так однозначна, как может показаться – и как это декларируется, так как в Нигере осуществляет свою деятельность французская компания атомной энергетики *AREVA*, занимающейся добычей урана. Поэтому французское правительство заинтересовано в предоставлении ей защиты собственными вооружёнными силами [6].

По данным Российского совета по международным делам (РСМД) и Международного Комитета Красного Креста (МККК) к главным трудностям сахельского региона относят: отсутствие продовольственной безопасности, нестабильную работу медицинской инфраструктуры, невозможность получения безопасного доступа к образованию, изменение климата и Ковид-19 [7].

По данным ООН, на пути решения проблемы гуманитарным работникам приходится каждый раз иметь дело с нападениями на дорогах, засадами и угонами автомобилей.

Климатические изменения с каждым годом приводят к опустыниванию территорий, что влечёт за собой изменение в сельском хозяйстве, увеличивая долю земледелия и уменьшая скотоводства [8].

Главным инвестором Сахеля можно по праву считать совместный проект Международного фонда сельскохозяйственного развития и Зелёного Климатического фонда по оказанию помощи государствам-членам

«Сахельской пятерки» в области сельскохозяйственной инфраструктуры. Проект подразумевает под собой оказание поддержки сотни тысячам сельских домохозяйств в приграничных районах шести стран. Помимо этого, вложенные инвестиции в размере 180 млн. долларов, будут реализованы в виде развития рынков и сельской инфраструктуры, в которую входит ремонт дорог и постройка малых ирригационных систем.

Предполагается обучение методам ведения сельского хозяйства для фермерских домохозяйств в полевых школах для скотоводов, где, помимо знаний, фермеры смогут получить необходимые наборы для осуществления сельскохозяйственной деятельности, которые являются устойчивыми к изменению климата. С помощью проекта сельские общины и население, входящее в уязвимые группы, обучаются устойчивому развитию животноводства, управлению рисками, а также разработке бизнес-планов, предотвращению и разрешению конфликтов путём социального посредничества [9].

Итак, Сахельский регион обладает противоречивыми характеристиками. С одной стороны, здесь зарождаются многие террористические ячейки, которые занимаются рэкетом, запугиванием и вербовкой местного населения, что приводит к ухудшению внешних экономических связей, торговли с другими государствами, а также к появлению угрозы безопасности и территориальной целостности стран мира. На базе этого региона проводятся различные антитеррористические операции со стороны многих европейских стран. Главным их участником традиционно является Франция, которая на протяжении многих лет оказывала военную поддержку по просьбе «Сахельской пятерки» в установлении мира и «демократии». С другой стороны, при слабо развитых экономических отношениях с другими государствами, сельское хозяйство остается доминирующим сектором экономики Сахеля, но главным же экономическим тормозом является климатический кризис, из-за него происходит опустынивание, что не позволяет в полной мере заниматься сельской хозяйственностью. Несмотря на это, в данный африканский экорегион вкладывают множество инвестиций и проводят проекты, ориентированные на улучшение сельскохозяйственной инфраструктуры. Наконец, регион является важным поставщиком полезных ископаемых, делая многие страны зависимыми от него с этой точки зрения.

Список используемых источников:

1. А. В. Кортунов, И. Асланов, Х. Соломон, С. В, Мезенцев, Г. Сегелл, В. Р. Филиппов, Д. А. Дегтерев, А. С. Давидчук, У. Сидибе, З. Майга, Т. Ферраро, С. А. Бокерия, А. Р. Андронова. Болевые точки Африканского континента: Сахель (обзор ситуации и

перспективы) // Безопасность, Общество и культура: доклад РСМД и МККК / Под ред. Е. О. Карпинской, Т. С. Богдасаровой, И. А. Цымбал. Москва: НП РСМД, 2022. Вып. 77. С. 4.

2. The Sahel in West African History [Electronic resource] // African History [website]. URL: https://oxfordre.com/africanhistory/display/10.1093/acrefore/9780190277734.001.0001/acrefore-9780190277734-e-167 (date of treatment: 20.10.2023).

3. Шитов В.Н. Западная Африка: экономический обзор [Электронный ресурс] // Экономика зарубежных стран: электрон. научн. журн. 2008. № 4(7). URL: https://mirec.mgimo.ru/2008/2008-4/Zapadnaja-Afrika-jekonomicheskij-obzor (дата обращения 22.10.2023).

4. Боррель: потраченные ЕС €600 млн в Сахеле не помогли в поддержке демократии [Электронный ресурс] // TRT Russian [сайт]. Режим доступа: https://www.trtrussian.com/novosti/borrel-potrachennye-es-euro600-mln-v-sahele-ne-pomogli-v-podderzhke-demokratii-14950110 (дата обращения 22.10.2023).

5. Действия Франции в Сахеле [Электронный ресурс] // Diplomatie.gouv.fr: official site. – URL: https://www.diplomatie.gouv.fr/ru/politique-etrangere/securite-desarmement-et-non-proliferation/crises-et-conflits/l-action-de-la-france-au-sahel/ (дата обращения 22.10.2023).

6. Сухие отношения [Электронный ресурс] // Коммерсант [сайт]. Режим доступа: https://www.kommersant.ru/doc/2458934 (дата обращения 22.10.2023).

7. Африканский регион Сахель: основные проблемы и эффективные решения [Электронный ресурс] // Международный Комитет Красного Креста [сайт]. Режим доступа: https://www.icrc.org/ru/event/afrikanskiy-region-sahel-osnovnye-problemy-i-effektivnye-resheniya (дата обращения 28.10.2023).

8. Десятилетие конфликта в Сахеле привело к перемещению 2,5 миллионов человек [Электронный ресурс] // UNCHR [сайт]. Режим доступа: https://www.unhcr.org/ru/27709-sahel-conflict.html (дата обращения 28.10.2023).

9. Повышение устойчивости в Сахеле [Электронный ресурс] // ФАО [сайт]. Режим доступа: https://www.fao.org/support-to-investment/our-work/success-story-detail/ru/c/1459907/ (дата обращения 28.10.2023).

Zamyatin R.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Sahel as a geopolitical region in the modern world.

The Sahel – a crucial region on the African continent, has long captured the interest of many leading world powers due to its valuable resources and concerns about the proliferation of terrorist formations on its territory.

Key words: The Sahel G5, counter-terrorism operations, the UN, EU, desertification.

УДК: 94(4+7)
ГРНТИ: 11.09.09

РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ГЕНРИ КИССИНДЖЕРА В ИСТОРИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОТНОШЕНИЙ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XX ВЕКА

П. В. Лещинский, А.В. Неровный
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Киссинджер, чей век деятельности охватывает важные события со второй половины XX века до наших дней, был ключевым игроком в мировой политике и оставил неизгладимый след в мировой истории.

Киссинджер, внешняя политика, мировая дипломатия

С начала второй половины XX века до сегодняшних дней мир был свидетелем событий и трансформаций, которые оставили неизгладимый след в мировой истории и политике. Одним из ключевых участников в этом глобальной игре был Генри Киссинджер, чей век деятельности стал неотъемлемой частью современной истории.

В течение столетия, прошедшего с момента рождения Генри Киссинджера, его имя оставалось синонимом влиятельного политика и стратегического мастера в мире. Генри Киссинджер родился 27 мая 1923 года и продолжает оставаться в центре внимания как уважаемый дипломат, внешнеполитический аналитик и бывший государственный секретарь Соединенных Штатов Америки. Его влияние на современную историю невозможно недооценить, и исследование его жизни и карьеры предоставляет ценные уроки о международных отношениях и политических решениях.

С течением десятилетий Генри Киссинджер восходил к высшим постам в американской политике, став советником и госсекретарем состояния в периоды, когда мировая сцена переживала переломные моменты. Его вклад в формирование американского внешнеполитического курса, а также в мировую дипломатию, сложно переоценить. Как советник президента Ричарда Никсона и Геральда Форда, а затем как секретарь состояния, Киссинджер реализовал ряд амбициозных внешнеполитических инициатив, включая диалог с СССР в период Холодной войны и укрепление американских отношений с Китаем.

Генри Киссинджер считается одним из великих дипломатов XX века и мастером реальной политики. В качестве государственного секретаря США и советника по национальной безопасности советника он стоял у руля важнейших событий и конфликтов той эпохи.

Генри Киссинджер стал символом реализма и дипломатической мудрости, как отмечают его поклонники и критики. Его решения и стратегии оказывают влияние на современные международные отношения и вызывают важные вопросы о будущем мира.

Исследование столетия Генри Киссинджера представляет собой глубокий анализ внешней политики, которое позволит нам лучше понять сложные вызовы и решения, стоявшие перед этим выдающимся дипломатом. Будут

рассмотрены его ранняя жизнь и образование, его роль в американской политике, а также его влияние на мировую и его наследие в современном мире.

Актуальность изучения деятельности Генри Киссинджера заключается в его значимости, как политика. Генри Киссинджер был ключевой фигурой в мировой во второй половине 20 века. Его политическая карьера охватывала период важных глобальных событий, таких как конец Вьетнамской войны, арабо-израильский конфликт, распад Советского Союза и холодная война. Он славится своим дипломатическим мастерством и умением проводить сложные переговоры с различными странами. Его методы дипломатии и урегулирования международных конфликтов остаются актуальными и могут служить уроком для современных лидеров. Также Киссинджер оказал значительное влияние на международные отношения во времена своей службы. Его стратегии и решения влияли на мировой баланс сил и региональные конфликты. Изучение его вклада позволяет лучше понимать, как политика одного человека может формировать судьбу нескольких наций.

Важно исследовать Генри Киссинджера и его наследие, чтобы лучше понять современную политическую динамику и сложные вопросы международных отношений. Этот доклад представит обзор жизни и карьеры Генри Киссинджера, его влияния на мировую политику и наследия, которое он оставил для будущих поколений.

Список используемых источников:

1. What I Learned From Henry Kissinger. [Электронный Ресурс]. URL: https://www.wsj.com/articles/what-i-learned-from-henry-kissinger-74f21e53 (Дата обращения: 25.10.23)

2. Walter Isaacson. Henry Kissinger: A Biography. Simon and Schuster. New York. 1997. 896 p.

3. Lessons From History Series: A Conversation With Henry Kissinger. [Электронный ресурс]. URL: https://www.cfr.org/event/lessons-history-series-conversation-henry-kissinger (Дата обращения: 25.10.23)

Leshchinskii P., Nerovnyy A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The role and significance of henry kissinger in the history of international relations of the second half of the twentieth century.

Kissinger, whose century of activity spans significant events from the early 20th century to the present day, was a pivotal figure in world politics and left an indelible mark on global history. Born in 1923, Henry Kissinger continues to be a prominent figure as a respected diplomat, foreign policy analyst, and former U.S. Secretary of State. His contributions to American foreign policy and global diplomacy are immeasurable.

Key words: Kissinger, foreign policy, global diplomacy.

УДК 94(44).083«1939/40»
ГРНТИ 03.09.55

МАЛЕНЬКАЯ ГЕРОИЧЕСКАЯ ЕВРОПЕЙСКАЯ СТРАНА ПРОТИВ РУССКОГО ВЕЛИКАНА: РИТОРИКА ОСВЕЩЕНИЯ СОВЕТСКО-ФИНЛЯНДСКОГО КОНФЛИКТА НА СТРАНИЦАХ ФРАНЦУЗСКИХ ГАЗЕТ 1939-1940 ГГ.

Е. А. Терентьева
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Современное противостояние между Россией и "коллективным Западом" - это, конечно, не новое явление. Менее очевидно и в то же время весьма примечательно, что риторика западных СМИ сегодня также не нова. Не только принципиальная позиция, но и настроения, и даже формулировки, использовавшиеся французской прессой относительно советско-финляндского конфликта 1939-1940 гг., во многом совпадают с современной риторикой западных публикаций в отношении украинского кризиса.

Зимняя война, пропаганда, СМИ, СССР, Финляндия, Франция

В первые месяцы Второй мировой войны французская периодическая печать сохраняла тенденции своего развития в межвоенные десятилетия [1]. Это означало, что до появления летом 1940 г. прессы Сопротивления в стране не существовало просоветски настроенных изданий. Освещение советско-финляндского конфликта конца 1930-х гг. и Зимней войны 1939 – 1940 гг. дает яркую и характерную иллюстрацию особенностей медийного дискурса Франции относительно Советского Союза и его роли на международной арене [2]. Многие из этих особенностей сохранились в европейских СМИ эпохи Холодной войны, а затем оказались перенесены в медийное пространство постбиполярного мира.

Прежде всего, поскольку знания французского читателя о североевропейском регионе были достаточно отрывочными, на необходимость обращения к финской тематике ведущие газеты отреагировали публикацией карт-схем региона с физико-географической характеристикой; вводивших читателя в курс дела. Видимость объективности создавалась и краткими историческими обзорами, в которых информация подавалась определенным образом эмоциональной окрашенной. Так, 6 ноября 1939 г. «Уэст-Эклер» опубликовала на первой полосе статью «Финляндия против красного великана», где помимо рассказа о поголовном участии финнов 15-80 лет в войне против большевиков в 1917 г. и их готовности повторить этот подвиг, давалось лирическое описание красот финских пейзажей с озерами и лесами (Рис.1).

La Finlande contre l'ogre rouge

En 1917, tous les hommes, de 15 ans à 80 ans, prirent les armes pour vaincre les bolchevistes. Demain, s'il le faut, le même élan dressera le peuple finlandais, dont l'indépendance est menacée

LACS ET FORETS : CLASSIQUE PAYSAGE DE FINLANDE

Рис. 1. Передовица газеты «Уэст-Эклер» от 6 ноября 1939 г. «Финляндия против красного великана» [3]

О сущности конфликта между странами говорилось мало, история возникновения актуальных границ в регионе совершенно не упоминалась. Лексика с агрессивной семантикой становится постоянной характеристикой подобных публикаций, причем СССР постоянно позиционируется как мощная и агрессивная держава (метафоры «*ogre*» - фр. «великан» - и «медведь» не сходят со страниц газет, см. рис. 1,3), а Финляндия – как объект агрессии, к которому, опять же при помощи тропов и метафор, возбуждается сочувствие читателя. Мысль о стратегической уязвимости Ленинграда, оказавшегося в 1917 г. вблизи советско-финляндской границы, подавалась откровенно издевательски и стала излюбленной темой газетных карикатур, на которых СССР изображался как великан с клишированной внешностью русского мужика или красного комиссара, а Финляндия – в виде испуганного ребенка, девочки или мальчика (Рис.2, 3).

Французские газеты подчеркивали готовность Финляндии к уступкам, что, как известно, не соответствовало действительности [6-9]. Переговоры Б. Ярцева в 1938-1939 гг. не упоминались; а относительно переговоров в Москве 1939 г. и предложении СССР по обмену территорий постоянно, хотя и без какой-либо конкретики, говорилось о том, что финские делегаты вновь и вновь уступали «г-ну Молотову» [10,11]. Мирные намерения Финляндии и нежелание СССР идти ей навстречу стали общим местом новостных статей, даже когда для этого приходилось манипулировать размерами шрифтов: например, 28 ноября 1939 г. «Матен» сообщала о готовности Финляндии отвести войска от границы с уточнением мелким шрифтом «если Советы сделают это первыми» [12]. Более того, сразу после Майнильского инцидента та же «Матен» провела прямую параллель между действиями Гитлера «с Австрией и Прагой» и Сталина с Финляндией [13].

После Майнильского инцидента, безоговорочно объявленного провокацией Советов с указанием числа солдат Красной Армии, которые в ней участвовали, эмоциональность публикаций еще более возросла. Журналисты заговорили об агрессивных устремлениях не только руководства СССР, но и «русского населения» - солдат Красной Армии, состоявшей из рабочих и крестьян [12].

Рис. 2. Карикатура из газеты «Овр» от 30 ноября 1939 г. «На помощь! Эта трусиха хочет меня побить!» [4]

К моменту разрыва дипломатических отношений и начала военных действий образ СССР как агрессора был сформирован во французской периодике окончательно. Наиболее распространенным стилем сообщения этой новости были заголовки в духе этой передовицы «Пти паризьен»: «Вчера утром маленькая Финляндия была атакована русским колоссом» [14]. В декабре 1939 г. разнообразные издания по всей Франции кричали об агрессии Москвы, героическом сопротивлении финнов, лжи Москвы, бомбардировках Советами мирных городов Финляндии и многочисленных жертвах среди женщин и детей, вмешательстве США и их требованиях прекратить целенаправленные бомбардировки мирного населения [15,16], которые опять-таки были не более чем журналистским изобретением для нагнетания антисоветской истерии.

Наконец, примечателен сюжет о поддержке, которую оказывало Финляндии международное сообщество. Сразу же по объявлении войны появились публикации о том, что все западные государства, включая не только Великобританию и Францию, но даже Германию и Италию, а также США поддерживают Финляндию как жертву агрессии и осуждают СССР. То есть фактически декларировалось объединение даже тех стран, которые в тот момент находились в состоянии войны – «странная война» к тому времени уже давно началась, и сравнение Сталина с Гитлером уже появилось на страницах тех же газет (см. выше) [13]. Это противоречие, однако, никого не смущало.

Однако о помощи, которая выходила за пределы словесной поддержки и громких заявлений, французские периодические издания предпочитали молчать – так же, как и о соответствующих просьбах со стороны Финляндии. Поставки вооружений, боеприпасов, техники и солдат вообще не упоминались, и даже помощь датского Красного креста описывалась весьма скромно и не на первых полосах газет [17,18].

Рис. 3. Карикатура из газеты «Журналь» от 1 декабря 1939 г. (перепечатка из «Дейли Миррор»). «Красный великан: Не провоцируй меня, малыш!» [5]

В начале 1940 г. интерес французских газет в советско-финляндской войне заметно снизился. Риторика осуждения советской агрессии, очевидно, наскучила читателям и потеряла былую остроту. Теперь основной фокус внимания оказался перенесен с темы «агрессивного гиганта» на тему огромных потерь СССР в борьбе с очевидно более слабым и несравнимым по размерам противником, а также тему отсутствия крупных успехов СССР в этой неравной, казалось бы, борьбе. Постоянно увеличивались цифры советских потерь – так, 15 февраля сообщалось одновременно о 14 000 и 40 000 убитых красноармейцах под Суммой [19-21]. Успехи РККА постоянно преуменьшались, и о продвижении советских войск сообщалось со значительным запозданием и в непременном сопровождении статей о жесточайших контратаках финнов. О прорыве линии Маннергейма заговорили только через неделю после того, как он в действительности состоялся [22].

Но марте 1940 г. задержки с публикацией новостей прекратились, и новость о Московском мирном договоре опубликовали на следующий день после его подписания, 13 марта. Однако никаких аналитических статей о завершении войны так и не появилось. Вероятнее всего, после шквала сообщений о готовности Франции и Великобритании помочь Финляндии перед самым подписанием капитуляции не позволяли французским газетам сохранить лицо при сколько-нибудь серьезном анализе результатов войны. Единственная оценочная их характеристика заключалась в публикации карт-схем региона, где были отмечены как «украденные» территории, отошедшие к СССР по результатам Московского договора [23-27].

Список использованных источников и литературы:

1. Histoire générale de la presse française / Sous dir. de C. Bellanger, J. Godechot, P. Guiral, F. Terrou. En 5 vols. Tome III. De 1871 à 1940. Paris: Presses Universitaires de France, 1972. 688 p.
2. Терентьева Е.А. Зимняя война в освещении французской прессы // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2024. Т. 46, № 1. (в печати)
3. L'Ouest-Eclair (Rennes). 06.11.1939. No. 15700. P. 1.
4. L'Oeuvre. 30.11.1939. No. 8824. P. 1.
5. Le Journal. 01.12.1939. No. 13238. P. 3.
6. Барышников В.Н. Вступление Финляндии во вторую мировую войну. 1940-1941 гг. СПб.: Издательство СПбГУ, 2003. 326 с.

7. От войны к миру: СССР и Финляндия в 1939–1944 гг. / отв. ред. В. Н. Барышников. СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2006. 440 с.
8. Раунио А., Килин Ю. Сражения Зимней войны. Б.м.: Издательство «Военный музей Карельского перешейка», 2018. 320 с.
9. Сейдин И.И. Линия Маннергейма и Красная Армия (30 ноября 1939 г. – 22 июня 1941 г.). СПб.: Гйоль, 2012. 448 с.
10. Le Progrès de la Côte-d'Or. 05.11.1939. No. 309. P. 1.
11. La Bourgogne Républicaine. 03.11.1939. No. 305. P. 1.
12. Le Matin. 28.11.1939. No.20337. P. 3.
13. Le Matin. 29.11.1939. No. 20338. P. 2.
14. Le Petit Parisien. 01.12.1939. No. 22920. P. 1.
15. Le Petit Marseillais. 02.12.1939. No. 26092. P. 1.
16. Le Journal. 01.12.1939. No. 13238. P. 1.
17. La Revue universelle. 01.01.1940. P. 63-64.
18. Le Progès de la Somme. 01.01.1940. No. 22067. P. 2.
19. L'Oeuvre. 15.02.1940. No. 8901. P. 1.
20. L'Action française. 15.02.1940. No. 46. P. 3.
21. L'Ouest-Eclair (Rennes). 15.02.1940. No.15801. P. 1.
22. La Dépêche (Toulouse). 22.02.1940. No. 20097. P. 1.
23. Le Matin. 20463. 02.04.1940. P. 1.
24. Excelsior. №10700. 02.04.1940. P. 3.
25. Le Temps. №28689. 02.04.1940. P. 1.
26. L'Action française. №93. 02.04.1940. P. 3.
27. L'Intransigeant. №52087. 02.04.1940. P. 3

Terenteva E.

The Bonch-Bruevich State University of Telecommunication

A little brave European country against the Russian giant: the rhetoric of the French press concerning the Soviet-Finnish conflict in 1939-1940

The contemporary confrontation between Russia and the "collective West" apparently is not a new phenomenon. Which is less obvious and quiet interesting, that the rhetoric of the Western mass-media of the time is not new as well. Not only the position, but the attitude and even the formulae of the French press concerning the Soviet-Finnish conflict in 1939-1940 are very much the same and curiously match the modern rhetoric of Western publications concerning the Russian Federation in the Ukrainian crisis.

Key words: Finland, France, mass-media, propaganda, USSR, Winter war.

УДК 929
ГРНТИ 03.29

АЛЬФРЕД НАТГОРСТ (1850 – 1921): ГЕОЛОГ, БИОЛОГ, ПОЛЯРНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬ

И. А. Цверианашвили
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Статья посвящена вехам жизни и научной деятельности Альфреда Габриэля Натгорста - палеоботаника, геолога, участника шведских арктических экспедиций. Являя не первое поколение ученых в своей семье, Натгорст стал наиболее выдающимся её представителем. Он оставил широкое научное наследие в целом ряде наук, включая географию, зоологию, ботанику и пр., занимался переводческой деятельностью, написал ряд биографий.

Швеция, наука, Альфред Натгорст, арктическая экспедиция, геология, палеоботаника

Альфред Габриэль Натгорст родился 7 ноября 1850 г. в приходе Бергсхаммар в окрестностях города Нючёпинг [1]. Он был сыном известного педагога и агронома Яльмара Отто Натгорста (1821 – 1899) и его жены, Марии Шарлотты Матильды аф Георги (1825 – 1869) и был третьим из 10 детей этой супружеской пары. Заметим, что уже дед Альфреда, Юхан Натгорст (1794 – 1862) был известным в стране агрономом и членом Королевской академии наук страны. Юхан Натгорст в 1820-х гг. оставил государственную службу и стал землевладельцем в местечке Нэс, близ Йёнчепинга [2]. Там он активно занялся сельским хозяйством и вместе со своим другом, будущим директором Коммерц-коллегии Габриэлем Поппиусом (1769 – 1856) стал одним из наиболее преуспевающих помещиков в стране, занимаясь, в частности, овцеводством. После поездки в Германию, Юхан в 1831 г. откроет в Нэсе сельскохозяйственную школу, которая проработает до 1840 г., затем Натгорст вернется на государственную службу. Его сын Яльмар разделит интересы отца к сельскому хозяйству и педагогике. Преподавая с 1842 г. в Сёдерманланде, в 1855 г. Яльмар станет директором собственной школы в Дальсланде, на западе Швеции, где он будет активно заниматься научной и издательской деятельностью [3]. В 1862 г. он станет профессором сельскохозяйственного института в Альнарпе, что в провинции Сконе. Таким, образом, Альфред Натгорст с детства развивался всесторонне и приобщался к исследовательской деятельности, наблюдая за членами своей семьи и их окружением. Большим хобби юного Натгорста стал сбор гербариев, который, в отличие от его одноклассников в Мальмё, давался ему достаточно легко. Заметим, что флористика ещё не раз пригодится Натгорсту в жизни.

15 сентября 1868 г. Альфред Натгорст начинает обучение в Лундском университете. Там, помимо биологии, он проявляет немалый интерес и к геологическим наукам. Вскоре он переводится в Уппсалу, где получает

диплом бакалавра, а затем возвращается в Лунд, защищает диссертацию и становится доцентом геологии. Время, проведенное Натгорстом в Уппсале запомнилось ему не только учёбой, но и многочисленными интересными знакомствами. Так, уже в первый год учёбы там он познакомится с Нильсом Ангельном (1805 – 1876), одним из ведущих геологов и палеонтологов своего времени. Ангельн много занимался полевой работой и активно путешествовал по Сконе, куда и брал молодого коллегу. К этому времени относятся и первые научные публикации Натгорста [4], с которыми ему также помогал один из его наставников, профессор ботаники Фредрик Аескуг (1830 – 1908). Помимо Аескуга и Ангельна, одним из учителей Альфреда, стал молодой профессор зоологии и геологии Отто Торелль (1828 – 1900). Благодаря уже опытному арктическому исследователю Тореллю, Натгорст отправился в своё первое путешествие на Шпицберген вместе с инженером Яльмаром Виландером (1844 – 1891). Это была коммерческая поездка, заказанная Нильсом Нурденшёльдом (1832 – 1901), и призванная уточнить наличие залежей фосфоритов в районе мыса Торсден. Об успешных результатах небольшой экспедиции было доложено Нурденшельду, а Натгорст смог опубликовать свою следующую научную работу по ботанике [5].

В 1872 г. Натгорст посещает Германию, Швейцарию и Англию, где стажируется в области палеоботаники. В Швейцарии, он, в частности, активно взаимодействует с профессором Освальдом фон Хеером (1809 – 1883), который много помогал Нурденшёльду в описании и систематизации собранных экспедиционных находок. Спустя пару лет, Натгорст опубликует и первые работы, вдохновленные сотрудничеством с фон Хеером [6]. В следующем году, он поступает на работу помощником геолога в Шведскую геологическую службу, а в 1877 г. становится ассистентом Отто Торрелля, ставшего директором этого учреждения. В связи с этим назначеним, он будет вынужден оставить преподавательскую работу в Лунде. Кроме того, в дальнейшие годы продолжится сотрудничество и с Нурденшёльдом - так, коллекцией растений из Японии, собранной в 1878-1879 гг. будет заниматься именно Натгорст [7], причём в течение достаточно долгого времени [8].

В начале 1870-х гг. Натгорст начнет собирать и собственную научную коллекцию ископаемых растений, выбрав для этого южную часть Швеции - историческую область Скания. Он неоднократно будет посещать Хельсинборг, Софиеру, Польщё, Хёгэнес и другие населенные пункты региона с исследовательскими целями. Уже в 1900-х гг., будучи занят работой в музее естественной истории, Натгорсту будут высылать образцы местные лесники и егеря [9]. Всего им будет собрано и описано более 5 тысяч образцов, которые и сегодня находятся в хранилищах музея. В 1882 г. Альфред Натгорст отправится в своё второе арктическое путешествие вместе с геологом Герхардом де Геером (1858 – 1943) на судне «Бьюна», с целью географических и геологических изысканий [8]. Их небольшая экспедиция была признана крайне успешной, и на следующий год, Натгорст становится заместителем Нурденшёльда в очередной экспедиции к берегам Гренландии. Работая на западном побережье острова, в районе полуострова Нугсуак и на острове

Диско, он привез домой большое количество ископаемых растений и провел важные стратиграфические исследования [10]. 5 декабря 1884 г. Натгорст получает звание профессора и по указанию Королевской Академии наук возглавляет отдел ископаемых растений при Шведском музее естественной истории в Стокгольме. На этой должности он проработает до фактической пенсии в 1917 г. Кроме того, после смерти Освальда фон Хеера, почти всеми палеоботаническими образцами, привезенными шведскими экспедициями, будет заниматься Натгорст.

В конце XIX в. Натгорст будет занят подготовкой арктических экспедиций уже под собственным руководством. В 1898 г. будут посещены острова архипелага Шпицберген: Медвежий и Земля Принца Карла. Результатом комплексных междисциплинарных работ на Свальбарде стал ряд публикаций [6], кроме того, Натгорст задумывался о создании постоянного шведского поселения на архипелаге. В следующем году, корабль «Антарктика», служивший Натгорсту и годом ранее, отправился в Гренландию. Помимо научных изысканий, экспедиция планировала найти пропавших без вести Саломона Андре (1854 – 1897), Кнута Френкеля (1870 – 1897) и Нильса Стриндберга (1872 – 1897), отправившихся в Арктику на воздушном шаре, но найти следов исследователей не удалось. Именно из-за экспедиции Андре, чью деятельность также финансировал промышленник Оскар Диксон (1823 – 1897), возвращение Натгорста в Арктику затянулось - он был готов стартовать уже в 1896 г. Однако, экспедиция провела плодотворные научные исследования - помимо Натгорста [11], огромную картографическую работу, в частности, провел Пер Дусен (1855 – 1926). После этих экспедиций, Натгорст оставил активные полевые исследования. К его научным работам добавилась и публицистическая деятельность - в частности, его сочинения о Карле Линнее и Эмануэле Сведенборге. К этому времени, Натгорст, в числе немногих шведских ученых своего времени, получает и полноценное международное признание, в немалой степени из-за его публикаций на английском и немецком языках.

К концу жизни Альфред Натгорст стал испытывать немалые проблемы со здоровьем. К беспокоившим ранее проблемам со слухом добавились и проблемы с сердцем, из-за которых он работал с большим непостоянством с 1916 г., однако последние публикации учёного состоялись в 1920 г. В публикации на смерть Альфреда Натгорста, палеоботаник и его ученик Турре Халле (1884 – 1964) напишет: «Натгорст был одним из последних исследователей линнеевского типа, а его научное наследие столь широко, что некому сегодня охватить его целиком». Важность и известность Натгорста в научном мире подтвердил и британский ботаник Альберт Сьюард (1863 – 1941): «Его научные достижения завоевали ему выдающееся положение среди коллег, но, теперь, когда он ушёл от нас, о нем вспоминают не только как о вдохновляющем учителе, но и как о добром друге, память о котором - наше драгоценное состояние» [12]. Американский палеоботаник Генри Н. Эндрюс (1910 – 2002) в своей книге «Охотники за ископаемыми» заметит: «Таким образом, он является одной из величайших фигур в истории палеоботаники»

[13]. Своим коллегам и ученикам он запомнился, как эмоциональный, упрямый, но дружелюбный и патриотичный человек [14].

Список используемых источников:

1. Königsson L.-K. Alfred G. Nathorst. Botanist, Geolog, Polarforskare [Электронный ресурс] // Svenskt biografiskt lexikon. URL: https://sok.riksarkivet.se/sbl/mobil/Artikel/8762 (дата обращения 17.09.2023).
2. Johansson T. Johan T. Nathhorst. Agronom, Ämbetsman. [Электронный ресурс] // Svenskt biografiskt lexikon. URL: https://sok.riksarkivet.se/sbl/mobil/Artikel/8764#/sbl/Mobil/Artikel/8761 (дата обращения 19.09.2023).
3. Nilzen G. Hjalmar O. Nathorst (Nathhorst). Agronom, Lantbrukslärare. [Электронный ресурс] // Svenskt biografiskt lexikon. URL: https://sok.riksarkivet.se/sbl/mobil/Artikel/8764 (дата обращения 19.09.2023).
4. Nathorst A. G. Om lagerföljden inom Cambriska formationen vid Andrarum i Skåne // Öfversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar. 1869. N 1. S. 61–65.
5. Nathorst A. Om vegetationen på Spetsbergens västkust // Botaniska Notiser. 1871. N 4. S. 105–117.
6. Kvale S., Brinkmann S. Den kvalitativa forskningsintervjun. Lund: Studentlitteratur, 2009. 370 s.
7. Nathorst A. G. Bidrag till Sveriges Fossila Flora // Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar. 1876. N 3. P. 65.
8. Nathorst A. G. Om floran i Skånes kolförande bildningar. Sveriges geologiska undersökning.Serie C, Avhandlingar och uppsatser. Stockholm: 1878-1886. 106 s.
9. Nathorst A. G. Nouvelles Observations sur la flore fossile du Mogi (annales des sciences naturelles. 6. Serie, Botanique. T. 17. Berlin: De Gruyter, 1888. 113 p.
10. Nathorst A. G. Nya bidrag till kännedomen om Spetsbergens kärlväxter, och dess växtgeografiska förhållanden. Stockholm: Norstedt, 1883. 88 s.
11. Nathorst A. G. Beiträge zur Geologie der Bären-Insel, Spitzbergens und des König-Karl-Landes. Uppsala: Almqvist & Wiksells, 1910. 155 s.
12. Seward A. C. Alfred Gabriel Nathorst // Botanical Gazette. N 71. 1921. P. 462–465.
13. Andrews H. N. The Fossil Hunters. NY: Cornell University Press, 1980. 421 p.
14. Jonansson O. Alfred Gabriel Nathorst (1850-1921) // Naturhistoriska museet. URL: https://www.nrm.se/en/forskningochsamlingar/paleobiologi/historik/agnathorst.867.html (дата обращения 24.09.2023).

Tsverianashvili I.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Alfred Nathorst (1850 – 1921): geologist, biologist, polar explorer.
The article is devoted to the milestones in the life and scientific activity of Alfred Gabriel Nathorst - paleobotanist, geologist, participant in Swedish Arctic expeditions. Not the first generation of scientists in his family, Nathorst became its most prominent representative. He left a wide scientific legacy in a number of sciences, including geography, zoology, botany, etc., was engaged in translation activities, and wrote a number of biographies.

Key words: Sweden, science, Alfred Nathorst, polar expedition, geology, paleobotany.

6.2. РЕКЛАМА И СВЯЗИ С ОБЩЕСТВЕННОСТЬЮ В ЦИФРОВОМ ОБЩЕСТВЕ

УДК 659.4
ГРНТИ 45.01.14

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ИМИДЖА КОМПАНИИ СРЕДСТВАМИ РЕКЛАМЫ И СВЯЗЕЙ С ОБЩЕСТВЕННОСТЬЮ

И. А. Арутюнян
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

На сегодняшний день конкуренция на рынке очень высока, а потребители становятся все более требовательными и осведомленными. Поэтому имидж компании должен быть соответствующим, чтобы привлекать и удерживать клиентов. Кроме того, в эпоху цифровых технологий имидж может быстро распространяться в социальных сетях и других онлайн-платформах, что делает его еще более важным для коммерческой компании. Таким образом, работа над имиджем коммерческой компании крайне актуальна и может оказать существенное влияние на ее успех на рынке.

имидж, имидж компании, имидж и реклама

Формирование имиджа компании средствами рекламы и связей с общественностью – это процесс создания и усиления восприятия целевой аудиторией общей картины компании и ее бренда с использованием различных рекламных, маркетинговых и СО-инструментов. Этот процесс может включать создание рекламных кампаний, проведение мероприятий и публичных выступлений, связанных с ценностями и миссией компании, а также взаимодействие с представителями средств массовой информации и общественностью для получения положительной репутации и улучшения имиджа.

В последние годы понятие имиджа стало неотъемлемой частью деловой жизни в России. Имидж компании в глазах общества стал ключевым фактором ее конкурентоспособности. Раньше понятие «имидж» ассоциировалось в основном с человеком. Это слово происходит от французского «image», что в переводе на русский язык означает внешний вид или образ. В широком смысле слова в психологии образ понимается как субъективное представление о мире, включающее в себя предмет, окружающих людей, пространство и время. Понятие «имидж» является неотъемлемой частью современного общества. Экономисты, занимающиеся предпринимательством, начали активно работать над созданием и улучшением имиджа компаний. В 60-х годах XX века

американский экономист Кеннет Болдуинг ввел понятие «имидж» в деловой оборот и доказал его полезность для успеха бизнеса. [1] Существует множество определений понятия имидж, а в совокупности имидж – это специально созданный образ субъекта связей с общественностью для воздействия на целевую аудиторию.

Процесс создания образа и его дальнейшего развития – сложный процесс, требующий больших усилий, мастерства и внимания. Важно, чтобы руководство и сотрудники организации четко понимали важность положительного имиджа и прилагали все усилия для его улучшения. При создании имиджа в первую очередь важно выявить такие характеристики, как образ жизни, социальный статус, потребности и желания целевой аудитории организации. Необходимо выявить основные идеи, принципы и обозначить положение этой группы в обществе. Однако важно учитывать внутренние элементы имиджа: корпоративную культуру, психосоциальную атмосферу в коллективе, образ руководителя, имидж сотрудников, дизайн офисного помещения, фирменный стиль. Затем второй этап, который заключается в непосредственном создании образа с использованием различных технологий. Слово «технология» происходит от греческих слов «techne» (искусство, ремесло) и «logos» (наука, знание). Технология — это не просто инструмент, метод или способ взаимодействия. Технология — это и процесс, и результат этой деятельности по использованию методов реальным действующим лицом для достижения конкретной цели. Иными словами, технология есть результат специфического взаимодействия этих способов деятельности, проявляющегося в повторяющихся действиях для достижения цели, что обеспечивает наилучший и наиболее эффективный способ решения задачи.

Имидж организации можно охарактеризовать как эмоционально окрашенный образ, сформировавшийся и действенный при восприятии отдельных составляющих организации. Этот образ основан на реальных или воспринимаемых перцептивных свойствах той или иной организации и имеет социальную значимость для тех, кто его воспринимает.

Факторы, влияющие на формирование положительного имиджа: [2]

- Финансовое положение организации (оценивается на основании ее финансовой отчетности и финансовых результатов);
- История организации, фирмы, ее традиции и репутация;
- Личность руководителя (совокупность его индивидуальных качеств, влияющих на его способность эффективно управлять организацией и достигать поставленных целей);
- Паблисити (форма рекламы, направленная на создание положительного имиджа компании, товара или услуги в глазах широкой публики);

- Забота о персонале;
- Социальная ответственность перед обществом (понимание и признание того, что компания не только зарабатывает деньги, но и влияет на окружающую среду, общество и людей);
- Менеджмент организации (процесс планирования, организации, направления и контроля деятельности организации с целью достижения ее целей и максимизации ее эффективности);
- Фирменный стиль (набор элементов дизайна, служащих для создания уникального визуального образа компании, отражающего ее ценности, миссию и бренд);
- Этичность деятельности и отношений (компании должны придерживаться высоких этических стандартов во всех своих действиях, таких как недопущение коррупции, обмана и других неправомерных действий).

Каждый компонент общей стратегии формирования имиджа выполняет свои задачи, имеет определенные преимущества и характеристики, а также может использоваться в комплексе с другими инструментами, дополнять и усиливать механизмы действия для достижения глобальной цели. Успех ведения бизнеса во многом зависит от грамотной и правильной разработки и реализации стратегии формирования имиджа и продвижения в целом, ведь грамотно спланированная и, кроме того, системная работа в этой области становится стратегическим ресурсом компании и способствует решению и реализации поставленных задач, а также преодоление возникающих трудностей. Необходимо понимать, что продвижение коммерческой компании будет связано со значительной частью расходов по отношению к общему бюджету компании. При тщательно проработанной стратегии и правильном подборе имиджевых инструментов для конкретной компании можно избежать лишних затрат и получить высокие результаты в заданных сферах, а также достичь поставленных целей.

Связь имиджа и рекламы заключается в том, что имидж представляет собой общее представление о компании, бренде или продукте, которое формируется в умах потребителей. Реклама, в свою очередь, является инструментом, с помощью которого компания пытается влиять на восприятие потребителей и формировать нужный имидж. Реклама может использовать различные элементы и стратегии для создания и поддержания желаемого имиджа. Например, использование определенного стиля, цветовой гаммы, шрифтов, музыки и т.д. может помочь установить конкретные ассоциации у потребителей и создать нужный имидж. Имидж, в свою очередь, может влиять на рекламу, определяя ее тон, стиль и содержание. Если компания имеет имидж надежного и качественного бренда, то реклама может акцентировать эти характеристики и использовать соответствующий язык и образы. [4]

Список используемых источников:

1. Зубова, В. А. Изучение сущности и трактовок понятия имиджа / В. А. Зубова. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2019. - № 23 (261). – С. 207-209. – URL: https://moluch.ru/archive/261/60173/ (дата обращения: 20.10.2023).
2. Семенова, Л. М. Имиджмейкинг: учебник и практикум для вузов / Л. М. Семенова. – Москва: Юрайт, 2023. – 141 с.
3. Nikolaenko, I. S. The development of professional competence in linguistic university students in the framework of the project "Political Advertisements and Their Peculiarities" / I. S. Nikolaenko, A. V. Shelehov // International Journal of Advanced Studies in Education and Sociology. – 2022. – No. 3. – P. 48-51.
4. Чумиков, А. Н. Имидж – репутация – бренд: традиционные подходы и новые технологии : сборник статей / А. Н. Чумиков – Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 106 с.
5. Инструменты формирования корпоративного имиджа [Электронный ресурс]. – URL: https://www.gtnp.ru/instrumenty-formirovaniya-korporativnogo-imidzha-instrumenty-formirovaniya/ (дата обращения: 22.10.2023).

Arutiunian I.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Formation of a positive image of the company through advertising and public relations. Today, competition in the market is very high, and consumers are becoming more demanding and knowledgeable. Therefore, the company's image must be appropriate in order to attract and retain customers. Additionally, in the digital age, image can spread quickly on social media and other online platforms, making it even more important for a business company. Thus, working on the image of a commercial company is extremely important and can have a significant impact on its success in the market.

Key words: image, company image, image and advertising.

УДК 32.019.5
ГРНТИ 11.01.29

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЛИТИЧЕСКИХ КОНФЛИКТОВ В КОНТЕКСТЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Е. М. Еникеева
Санкт-Петербургский государственный университет
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

Цифровизация общества оказала влияние на развертывания политических конфликтов. В статье рассматриваются социальные «разломы», появившиеся в ходе цифровизации, характеризующие изменения в обществе, влияющие на сферу политических коммуникаций. Рассматривается функциональная теория конфликтов, а также различные подходы к определению политического конфликта. Определяются тенденции в рамках глубоких трансформационных процессах в обществе. Также в работе выявляются основные концептуальные изменения в политической коммуникации в том числе конфликтной коммуникации в контексте цифровой трансформации общества.

цифровизация, политический конфликт, конфликтная коммуникация, социальный разлом

В современном мире политические конфликты приобрели особый характер, который обусловлен тенденциями информационного века. Цифровизация общества привела к появлению противоречий и проблем, или же к социальным «разломам».

Переход к следующему этапу социального развития акцентирует внимание на двух основных противоречиях, характерных для динамики человеческой цивилизации (таблица 1).

ТАБЛИЦА 1. Социальные «разломы» в следствии цифровизации

№	Социальные «разломы»	Проявление	Примечание
1	«культурное отставание»	Различие в темпах технологического прогресса и развития культурных норм, обычаев и морально-нравственного состояния общества.	Отмечается высокий темп технического развития, но также происходит замедление культурного развития.

ТАБЛИЦА 1. (Продолжение)

2	«управленческое отставание»	Влияние знаний на управленческие процессы в условиях увеличения сложности социальной действительности.	Рост знаний приводит к расширению возможностей социальных действий на уровне индивидуумов и средних социальных групп, движений и корпораций. На макроуровне национальных обществ и мировой системы процесс замедляется в следствии большой инертности.

Анализ социальных «разломов», выделяемых современными специалистами, показывает, что активное внедрение информационно-коммуникационные технологий открывает доступ обществу к различным проявлениям культуры. Тем не менее, доступность не гарантирует качество контента. На данный момент можно наблюдать снижение содержательного, морального и эстетического уровня создаваемой культурной продукции [1].

Кроме того, «управленческое отставание» вводит дисбаланс, который приводит к снижению способности к управлению и увеличению хаотичных процессов на системном уровне [2].

Появление цифрового общества спровоцировало образование новых проблем, включая угрозы конфиденциальности и безопасности данных, социальные проблемы, связанные с цифровым неравенством и зависимостью от технологий, а также изменение роли человека в обществе.

Современные технологии и доступность интернета позволяют быстро и широко распространять информацию о любых событиях в любой точке мира, но в тоже время, общественность теряет контроль над информацией. Это оказывает влияние на ход ведения политических конфликтов.

Концепция «цифрового общества» стала неотъемлемой частью развития государственных структур. С начала 1990-х годов происходит активное обновление систем массовой информации со стороны участников внутренней политики – государств. На рисунке 1 представлен переход от традиционной модели взаимодействия к новой (по Тихоновой С.В. и Фролову С.М.) [3].

Рис. 1. Смена моделей взаимодействия

Переход к новому виду коммуникации сможет повысить уровень прозрачности управленческих процессов перед гражданами, параллельно стимулируя гражданскую активность, так как потребление государственных и муниципальных услуг пассивными гражданами становится маловероятным.

Сегодняшний политический процесс можно охарактеризовать наличием многочисленных политических конфликтов на разных уровнях. Важно отметить происхождение этих конфликтов из общего кризиса социальных отношений. Диалектический подход к определению конфликта как результата существующих объективных противоречий, где противоречия являются движущей силой истории. Однако, отмечается усложнение научного анализа конфликтных ситуаций в связи со слиянием понятий «противоречие» и «конфликт», что приводит к сведению анализа к абстрактным общим идеям [4, с.14; 5, с.64-70].

Конфликт как созидательный фактор, создающий и поддерживающий баланс сил – это ключевая идея, лежащая в основе функциональной теории конфликта. Соглашения в конфликтах между сторонами, чьи интересы сталкиваются между собой достигаются при сопоставлении собственных сил и сил оппонента. Тем не менее, часто это соотношение становится возможным лишь через проявление открытого конфликта (например, забастовка). Эти столкновения, не представляя угрозы общественной стабильности, способствуют регулированию разрывов между властью, статусом и влиянием конкретной группы, восстанавливая естественный баланс.

Социолог Р. Дарендорф выделил несколько политических факторов, которые лежат в основе социальных конфликтов, изображённых на рисунке 2 [5].

Рис. 2. Политические факторы, лежащие в основе социального конфликта по Р. Дарендорфу

Из рисунка видно, что политические факторы определяют наличие неравенства между доминирующими и зависимыми структурами (кто имеет больше власти или авторитета, тот и занимает доминирующую позицию) и именно это обуславливает возможность возникновения конфликта в любом обществе или социальной группе. Таким образом, основным источником конфликта по мнению Р. Дарендорфа становится стремление к доминированию [5, с.55, 6]. В качестве прямых источников возникновения конфликта также выделяется недостаток ресурсов, идеологические разногласия и др.

Политический конфликт в действительности существует в парадигме сложного общественного взаимодействия индивидов или социальных групп с политическими структурами. Особенностью политических конфликтов является их социальная значимость, которая проявляется во влиянии последствий конфликтов на различные аспекты общественной жизни не зависимо от желания индивидов принимать участие в политической жизни [7].

Трансформации политических конфликтах, обусловленные цифровизацией, отражают динамику перемен, зарожденных в сфере цифрового взаимодействия общества. Перенос дискуссий в виртуальное измерение создал совершенно новую среду для возникновения конфликтов.

Также следует отметить переход от молчания масс к коммуникативному обществу (таблица 2). Если ранее политические кризисы могли быть вызваны

молчанием общественности, которое подрывало манипулятивный потенциал традиционных средств воздействия, то сейчас современное общество стало более активными в создании и распространении информации благодаря современным технологиям и мобильности. Это приводит к тому, что массы реагируют на конфликтогенные элементы, присутствующие в создаваемом контенте. Эти реакции часто связаны с политической напряженностью внутри страны.

Глубокие процессы трансформации, которые происходят в современном мире при переходе к новому цифровому обществу, характеризуются глобализацией экономики и культурной унификацией, что влечет потерю национальной специфики и размывание традиций. Эти явления вызывают кризис национальной политической идентичности. Исследователи подчеркивают, что отсутствие общей идентичности в обществе приводит к идентификации граждан как представителей определенных групп, что может вызвать серьезный кризис и политический конфликт между разрозненными группами граждан.

Таким образом, политические конфликты продолжают возникать и в новом цифровом обществе. Цифровая среда создаёт больше площадок для конфликтов. Информационная открытость и доступность оказывает влияние на возможность проецирования мнений меньшинства как массовое мнение, что формирует неправильное представление о политической обстановке. Кризис политической идентичности также приводит к конфликтам между разными гражданами, идентифицирующих себя не как единое общество, а как представителей определённых групп.

Список используемых источников:

1. Культурные трансформации в современной России (соц. филос.анализ). Рос. акад. наук, Ин-т философии. / Отв. ред. С.А. Никольский. М.: ИФРАН, 2009. С. 22

2. Осипов, Г. В. Цифровизация общественной жизни и новые задачи социальных наук / Г. В. Осипов, С. В. Климовицкий // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2018. – № 7. – С. 52-57. – DOI 10.23672/SAE.2018.2018.15791. – EDN XVRCAX.

3. Тихонова С.В., Фролова С.М. Цифровое общество и цифровая антропология: трансдисциплинарные основания социально-эпистемологических исследований // Изв. Сарат. ун-та Нов. сер. Сер. Философия. Психология. Педагогика. 2019. №3. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoe-obschestvo-i-tsifrovaya-antropologiya-transdistsiplinarnye-osnovaniya-sotsialno-epistemologicheskih-issledovanii (дата обращения: 29.03.2023).

4. Флоров С.С. Социология: сотрудничество и конфликты: учеб. пособие. М., 1997.

5. Дарендорф Р. Современный социальный конфликт. Эссе о политике и свободе. М., 1991.

6. Мусаева, Э. Ш. Теоретико-философские аспекты политических конфликтов / Э. Ш. Мусаева // Общество: философия, история, культура. – 2016. – № 2. – С. 24-26. – EDN VKVDKJ.

Enikeeva E.

The Saint-Petersburg State University
The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Conceptual changes of political conflicts in the context of digitalization.
The digitalization of society has had an impact on the unfolding of political conflicts. The article examines the social "fractures" that have appeared during digitalization, characterizing changes in society that affect the sphere of political communications. The functional theory of conflicts is considered, as well as various approaches to the definition of political conflict. Trends are determined within the framework of deep transformational processes in society. The paper also identifies the main conceptual changes in political communication. including conflict communication in the context of digital transformation of society.

Key words: digitalization, political conflict, conflict communication, social rift.

УДК 378.1
ГРНТИ 14.35.07

ГРАНТОВЫЙ КОНКУРС ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ МАГИСТРАТУРЫ: ОТ ИДЕИ ДО РЕАЛИЗАЦИИ

Е. П. Желтова, Н. В. Маршева
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье описывается опыт участия в проекте нового формата в сфере ВО, предоставляемом фондом Владимира Потанина, по созданию образовательного продукта. Подчеркивается актуальность данного вида мероприятий для преподавателей-практиков с целью совершенствования их профессиональных компетенций. Представлены этапы реализации проекта от постановки цели и задач до конечных результатов. Эффективность разработанного продукта подтверждаются количественными показателями, а также качественными изменениями по разным направлениям.

фонд, проект, грант, учебный курс, профессиональная компетентность

Для современного преподавателя вуза, отвечающего вызовам современности и требованиям высшего профессионального образования, одним из эффективных вариантов повышения профессиональной квалификации и развития профессиональных компетенций, является активное участие в научно-исследовательской и проектной деятельности, изучение и внедрение новых технологий как педагогических, так и компьютерных в образовательный процесс. Благотворительный фонд В. Потанина предоставляет новый формат такого рода развития и возможности в виде конкурсов для преподавателей магистратуры [1]. Актуальность и потребность в подобного рода профессиональных мероприятиях в виде участие в номинациях конкурса повышает уровень педагога и его профессиональные и универсальные компетенции.

Новый формат участия и победы в конкурсе среди команд вузов-участников в проекте грантового конкурса для преподавателей магистратуры 2020/2021ставил целью разработать новый учебно-методический комплекс для новой дисциплины "Иностранный язык для научно-исследовательской работы" для студентов магистратуры технических направлений, включенный в ООП Института магистратуры СПбГУТ по причине ориентации вуза на приоритетные направления в процессе подготовки магистров, а именно, - формирование системы компетенций, необходимых для ведения научно-исследовательской деятельности и решения профессиональных задач [2].

Во избежание сложностей и рисков реализации проекта по разработке учебно-методического комплекса по «Иностранному языку для научно-исследовательской работы» для студентов магистратуры технических направлений были определены основные этапы и сроки реализации проекта (Табл. 1).

ТАБЛИЦА 1. Этапы реализации проекта

Этап	Сроки / содержание	Результаты
1	подготовка продукта (март – май 2021 г.)	1 Обобщение основных идей продукта, систематизирование и конкретизирование теоретико-методологических и практических знаний в рамках определенных образовательных программ; 2 обсуждение в команде поиска ресурсов по проекту; 3 составление стратегического и оперативного планов выполнения работ.
2	реализация продукта (июнь – декабрь 2021 г.)	1. Определение содержания, структуры и наполняемости УМК дисциплины «Иностранный язык для научно-исследовательской работы»; 2. Разработка учебного пособия по курсу «ИЯ для НИР»: подбор тем, заданий, текстов и прочего учебного материала общенаучного характера с лексикой, связанной с научно-исследовательской работой; 3. Разработка основных элементов электронного курса в ЭИОС вуза; 4. Продвижение образовательного продукта в вузе в виде просветительской работы в вузе, н-р, участие в рубрике Радио Бонч [3] Диалоги обо всём: цикл передач «Наука» - Значимость английского языка в современных телекоммуникациях; 5. Подготовка к конференциям и выступлениям с докладом в рамках проекта; 6. Корректировка учебного пособия, рецензирование, подготовка к печати и изданию в РИО.
3	проверка качества продукта (январь – июнь 2022 г.)	1. анализ качества продукта и результатов студентов через их аттестацию по программе курса «ИЯ для НИР», через привлечение студентов к участию в проектах, публикациях и участия в разного рода конференциях; 2. Разработан инструментарий для оценивания результатов остаточных знаний (ФОЗ) студентов Института магистратуры СПбГУТ по курсу «ИЯ для НИР», положение по проведению тестированию остаточных знаний (ОЗ). 3. Разработаны РПД и ФОС «ИЯ для НИР» [4] по новому направлению подготовки студентов Института магистратуры - 09.04.01 «Машинное и глубокое обучение для Интернета вещей и тактильного интернета» на новый учебный год. 4. Разработаны и изданы в 2023 г. методические указания для студентов и преподавателей вуза по организации СРС по дисциплине «ИЯ для НИР» [5].

В рамках конкурса проектной команде удалось достигнуть запланированных результатов благодаря общим научным методическим подходам, созданию продуктивной атмосферы сотрудничества и творчества. Основные достигнутые результаты проекта подтверждаются

количественными показателями, а также качественными изменениями по разным направлениям:

- ✓ *для вуза в целом* - улучшение учебно-методического обеспечения для студентов Института Магистратуры в предметной области, поскольку по новой учебной дисциплине отсутствовало методическое обеспечение в т.ч. основное учебное пособие. По итогам проекта запланированное учебное пособие [6] было разработано, издано, внесено в библиотечный фонд в УИОР СПбГУТ. Улучшение материально-технического обеспечения учебного процесса благодаря разработанному электронному курсу 3.4. ИЯ для НИР [7] в СДО СПбГУТ на платформе Moodle, возможности его использования и внедрения в процесс иноязычного обучения в очной, гибридной и дистанционной форме (blending learning);
- ✓ *для проектной группы* - профессиональное развитие, в т.ч. развитие профессиональных и цифровых компетенций, поскольку преподаватели проекта помимо сертификатов получили бесценный опыт в виде командной работы и обучения в рамках проекта на семинарах, круглых столах и курсах повышения квалификации, организованных фондом В. Потанина, таких как: «Академическое лидерство и магистратура», «Научная коммуникация в образовательных и музейных проектах», «Педагогический дизайн в смешанном обучении» и др.);
- ✓ *для целевой аудитории* - повышение уровня иноязычной коммуникативной компетенции в контексте академической коммуникации, включая помимо прочих развитие универсальных компетенций студентов института магистратуры (проектные навыки и навыки публичного выступления на ИЯ).

В рамках реализации учебного продукта за основу была взята модульная образовательная технология в сочетании с современными подходами, принципами, методами и приёмами обучения (компетентностный подход, методы педдизайна, активные и интерактивные методы обучения, технологии смешанного обучения, принцип диалога культур, проблемный метод). Методика обучения по разработанному УМК была напрвлена на системное формирование компетенций иноязычной академической коммуникации (АК) - от изучения понятия НИР в межакадемическом контексте до создания аннотации к научной статье, тезисов доклада на конференции и полноценной научной статьи (уровень магистратуры). Применение модульного подхода при обучении иностранному языку для НИР позволило более эффективно сформировать у студентов-магистрантов навыки академического письма и научной коммуникации, а также устранить большую часть сложностей, возникающих при написании научного текста, в частности при написании аннотации к статье на английском языке.

Полученные результаты за период 2020-2023г.г. позволяют сделать следующие выводы:

✓ 89% студентов при написании научного текста стали лучше справляться с типичными трудностями, а именно нарушения академического стиля, ранее данный показатель варировался в пределах 55%;

✓ 72% студента, что почти в два раза больше по сравнению с предыдущими годами, после обучения удалось ликвидировать межакадемические проблемы в виде нарушения логики изложения, неумения обосновать актуальность исследования и сформулировать его цель, отсутствия стилистического единства, несоблюдения структуры научного текста (IMRAD) по правилам международного научного сообщества;

✓ Лишь 18% в 2023 году при переводе научного текста на английский язык сделали некорректный выбор лексики и грамматических конструкций.

Ежегодно наблюдается увеличение процента магистрантов, проявляющих интерес к участию в конференциях, организуемых СПбГУТ - БАФО, ПКМ, Студенческая Весна и др., на английском языке. Они активно занимаются написанием статей, тезисов и подготовкой устных презентаций по темам научного исследования. Это свидетельствует об успешных достижениях студентов в области научных исследований, а также о росте их интереса к активному участию в профессиональных мероприятиях, которые предоставляют возможность обмена знаниями и опытом.

Однако опрос студентов 1 курса ИМ СПбГУТ по учебным годам 2020-2023 демонстрирует очень незначительную динамику роста числа студентов ИМ, имеющих опыт представления доклада на научной конференции на ИЯ (Таблица 2). Средний показатель варьируется в пределах 20-25 %.

ТАБЛИЦА 2. Опыт АК студентов ИМ СПбГУТ на ИЯ

Опыт представления доклада на ИЯ	2020	2021	2022	2023
есть	20	25	21	24
нет	69	59	70	57
нет, но есть большой интерес	11	16	9	19

При этом основными причинами таких показателей, по мнению студентов, является отсутствие достаточных знаний о лексико-грамматических особенностях написание доклада / статьи на английском языке, её структуре и норм пунктуации ИЯ (Рис.1), а также неуверенность в себе и собственных силах.

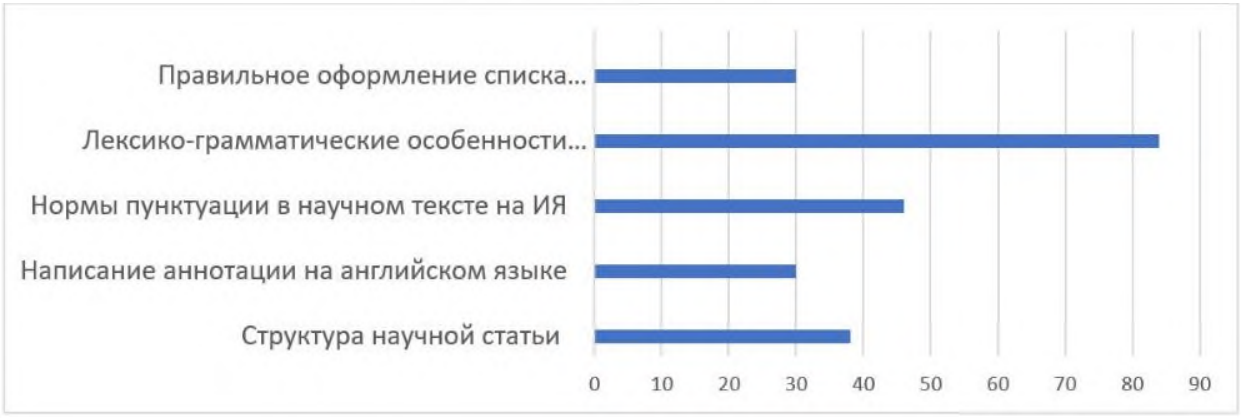


Рис. 1. Основные вопросы, вызывающие проблемы у студентов при подготовке представления результатов НИР на ИЯ

С целью регулярного усовершенствования и тактической коррекции данного курса ежегодно проводится проверка качества продукта в виде итогового анкетирования и проверки остаточных знаний, социологического опроса студентов с целью выявления степени эффективности образовательного курса по предмету «ИЯ для НИР». Данный приём даёт возможность более эффективно моделировать иноязычную академическую среду, поскольку одной из важных характеристик иноязычной академической среды в вузе является её ориентация на реальную исследовательскую деятельность и публикационную практику. Поэтому результаты проекта имеют большой вклад для вуза в целом, так как данный вид деятельности повышает результаты и эффективность, как самих преподавателей, так и студентов.

Список использованных источников:

1. Конкурс "Профессиональное развитие" Благотворительного фонда Владимира Потанина. [Электронный ресурс]. URL: https://fondpotanin.ru/competitions/konkurs-professionalnogo-razvitiya/ (дата обращения: 15.10.2023).

2. Преподаватели магистратуры – победители грантового конкурса Владимира Потанина. [Электронный ресурс]. URL: https://www.sut.ru/bonchnews/science/01-04-2021-prepodavateli-magistraturi--pobediteli-grantovogo-konkursa-vladimira-potanina (дата обращения: 15.10.2023).

3. Радиоверсия. О современных открытиях в ИТ-отрасти и о том, как студентам помогает английский для научно-исследовательской работы. [Электронный ресурс]. URL: https://vk.com/wall-43759752_3499?api_access_key=07ebf342f48d9a650b (дата обращения: 15.10.2023).

4. ФОС: Иностранный язык для научно-исследовательской работы. [Электронный ресурс]. URL: https://lms.spbgut.ru/course/view.php?id=1633 (дата обращения: 11.10.2023).

5. Желтова Е.П., Маршева Н.В. Иностранный язык для научно-исследовательской работы : учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы студентов и контроля изучения дисциплины / Е. П. Желтова, Н. В. Маршева ; СПбГУТ. – Санкт-Петербург, 2023. – 47 с.

6. Желтова Е.П., Маршева Н.В. Иностранный язык для научно-исследовательской работы. Английский для магистрантов : учебное пособие / Е. П. Желтова, Н. В. Маршева ; СПбГУТ. – Санкт-Петербург, 2022. – 96 с.

7. Система дистанционного обучения СПбГУТ по курсу 3.4. Иностранный язык для научно-исследовательской работы. [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://lms.spbgut.ru/course/view.php?id=935 (дата обращения: 11.10.2023).

Zheltova E., Marsheva N.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

The grant competition project for master's degree professors: from ideas to implementation. The article describes the experience of participation in the project of a new format in the field of higher education, provided by Vladimir Potanin Foundation, on the creation of an educational product. The relevance of this activities for teachers-practitioners is emphasized for improving the professional competencies. The steps of the project realization from setting the goal and objectives to the final results are presented. The effectiveness of the developed product is confirmed by both quantitative indices and qualitative changes in various directions.

Key words: fund, project, grant, training course, professional competence.

УДК 339.138
ГРНТИ 19.71

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБЛАСТИ SMM-ПРОДВИЖЕНИЯ И РЕКЛАМЫ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСНОЙ СИТУАЦИИ 2023 ГОДА

А. М. Карачурин
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В статье отражаются преимущества использование нейросетей в работе интернет-продвижения компаний и рекламной деятельности в целом. Актуальная ситуация рынка рекламных услуг в 2023 году терпит некоторые изменения связанные с уходом множества зарубежных компаний и специалистов, что требует использование новых платформ продвижения и экономических затрат на специалистов данной сферы. Автоматизация работы ИИ может улучшить продвижения компаний и сократить затраты на поиск и внедрениях рекламных и коммуникационных инструментов.

искусственный интеллект, smm-продвижение, кризис рынка рекламы 2023 года, реклама, коммуникация, нейросеть

В условиях быстро меняющейся ситуации на рынке и экономического кризиса, российские компании все больше обращают внимание на новые инструменты маркетингового продвижения. Одной из таких технологий являются нейросети или же по-другому искусственный интеллект, которые демонстрируют потенциал в области рекламы и SMM-продвижения.

Нейросети представляют собой математический подход, который имитирует работу человеческого мозга. Они способны анализировать большие объемы данных, выявлять закономерности и делать прогнозы на основе полученных информаций[1]. В контексте рекламного и SMM-продвижения, нейросети позволяют более точно определить целевую аудиторию, разработать персонализированный подход к каждому клиенту и оптимизировать процессы рекламного воздействия. Таким образом, компании могут находиться на одной волне со своей аудиторией и предлагать ей релевантные продукты или услуги, что способствует увеличению конверсии и доходности.

В ситуации изменения рынка в сфере рекламных ресурсов и блокировки многих платформ на российском рынке, когда многие компании сталкиваются с ограничениями бюджета и необходимостью оптимизации затрат, применение нейросетей может быть особенно полезным. Они позволяют автоматизировать процессы анализа данных и принятия решений, что сокращает время и затраты на проведение маркетинговых исследований. Более того, нейросети способны выявлять скрытые закономерности и тренды

[1] Все о нейросетях [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://gb.ru/ (Дата обращения: 18.10.2023)

в поведении потребителей, что помогает компаниям адаптироваться к изменениям на рынке быстрее и эффективнее. Такой подход позволяет снизить риски для бизнеса в период нестабильности и обеспечить его успешное развитие даже в условиях кризиса. Если рассматривать затраты на специалиста в рекламной или маркетинговой сфере, то заработная плата у таких специальностей достаточно высокая, если учесть, что у начинающих специалистов она начинается уже от 40-50 тысяч рублей (рис.1)[2].

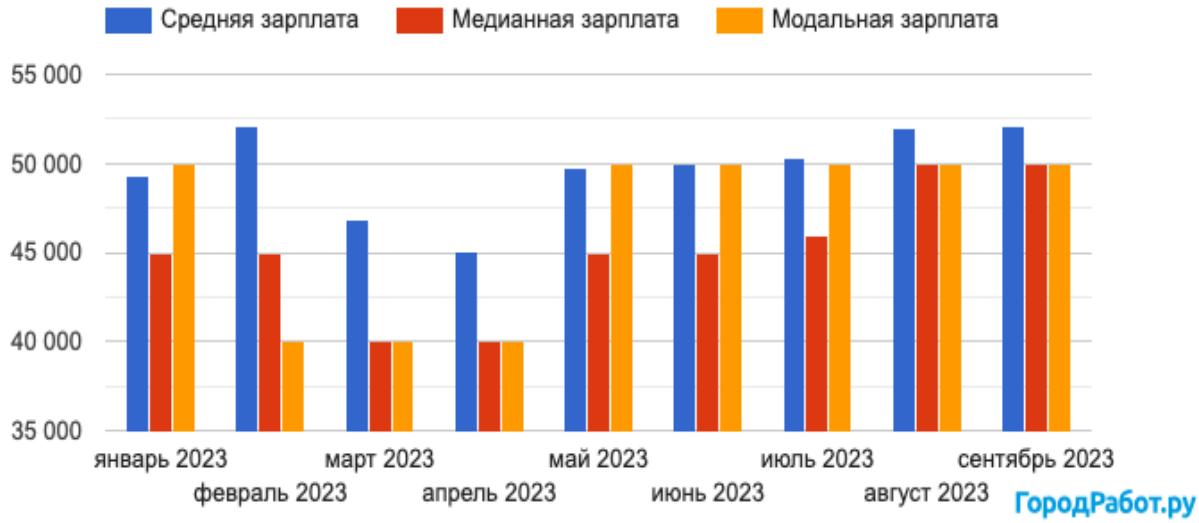


Рис.1. График средней зарплаты специалиста по рекламе

Таким образом, использование нейросетей в рекламе и SMM-продвижении предоставляет компаниям новые возможности для достижения успеха в условиях кризиса, особенно это важно малым компаниям и стартапам. В первую очередь репутация важна новичкам и стартапам. Тем, у кого малые рекламные бюджеты, тоже стоит поостеречься. Испортить впечатление некачественным обслуживанием очень легко, а средств на восстановление имиджа компании может не оказаться[3]. Эта технология позволяет более точно определить целевую аудиторию, разработать персонализированный подход и оптимизировать процессы маркетингового воздействия. Благодаря автоматизации анализа данных и выявлению скрытых закономерностей, нейросети помогают компаниям эффективно адаптироваться к изменениям на рынке и снижать риски для бизнеса. Если учесть стоимость подписок на нейросети которые выполнят весь функционал специалиста по рекламе, то для компании это будет не так дорого, как нанять штатного сотрудника, подробную стоимость мы можем увидеть в табл. 1.

[2] Информационный портал: статистика рынка труда в России — «Менеджер по рекламе» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://gorodrabot.ru/ (Дата обращения: 18.10.2023)

[3] Рудов, К. SMM handbook. – М.: Василий Крылов°, 2023. – С.8.

ТАБЛИЦА 1. Нейросети для автоматизации работы специалиста по рекламе

Название	Описание	Стоимость
Midjourney	Самая популярная нейросеть из предназначенных для генерации изображений по текстовым описаниям. Для работы с ней нужно перейти в Discord-канал и отправить текст боту. Изначально пользователям был доступен бесплатный пакет на 25 запросов, но в конце марта такую возможность закрыли.	Тариф «базовый» - 800 рублей/месяц. Тариф «стандарт» - 2400 рублей/месяц. Тариф «профессиональный» - 4800 рублей/месяц.
Anyword	Это программное обеспечение для копирайтинга с искусственным интеллектом. Позволяет создавать объявления на основе ключевых слов. Это дает вам множество возможностей для создания объявлений, включая заголовки различной длины и форматов, Выбор между графическими или текстовыми объявлениями и несколько различных вариантов основного текста.	Стартовый план – от 2320 рублей/месяц. Продвинутый план – от 7800 рублей/месяц
Descipt	инструмент для быстрого редактирования видео с эффектами. Загружаете файл, выбираете фильтр - и за пару кликов получаете готовое видео. Descipt позволяет менять цвета, накладывать анимацию, текстуры. Даёт бизнесу возможность самостоятельно создавать качественный видеоконтент быстро и недорого	Стандартный план – от 960 рублей/месяц. Профессиональный план – от 1920 рублей/месяц.
Jasper AI	искусственный интеллект для оптимизации рекламы в интернете. Jasper глубоко анализирует статистику и даёт рекомендации для повышения эффективности. Он может настраивать таргетинг в соцсетях и на площадках типа Google Ads, чтобы максимально соответствовать целевой аудитории. Также Jasper оптимизирует бюджет и рекламные материалы.	Базовый тариф – от 3120 рублей месяц. Командный тариф – от 7900 рублей месяц.

Нейросети играют ключевую роль в современной рекламе и SMM-продвижении, особенно в условиях напряженной ситуации и ухода множества зарубежных компаний и специалистов. Они обладают уникальными преимуществами, которые помогают компаниям эффективно привлекать и удерживать клиентов. Во-первых, нейросети позволяют проводить более точное таргетирование аудитории. Благодаря анализу больших объемов данных, нейросети могут определить характеристики и предпочтения потенциальных клиентов с высокой точностью. Это позволяет компаниям создавать персонализированные рекламные сообщения, которые лучше соответствуют интересам каждого отдельного потребителя. Во-вторых, нейросети способны быстро анализировать данные и делать выводы на основе сложных моделей поведения пользователей. Это позволяет компаниям быстро реагировать на изменения на рынке и адаптироваться к новым требованиям клиентов. Например, нейросети могут автоматически определять самые эффективные временные интервалы для публикации рекламных сообщений или предлагать оптимальные стратегии продвижения в социальных сетях. В-третьих, нейросети могут помочь компаниям повысить эффективность своих рекламных кампаний. Искусственный интеллект может анализировать результаты предыдущих кампаний и определять наиболее успешные подходы. Также современные нейросети могут автоматически определять наиболее привлекательные элементы рекламного контента или оптимизировать бюджет расходов на рекламу, чтобы достичь максимального эффекта при минимальных затратах.

Одним из ключевых преимуществ использования нейросетей в рекламе и SMM-продвижении в условиях кризиса 2023 года является возможность автоматизации и оптимизации рекламных кампаний. Нейросети позволяют сократить затраты на человеческий труд, а также улучшить эффективность рекламных стратегий. Автоматизация рекламных кампаний с помощью нейросетей осуществляется путем разработки специальных алгоритмов, которые позволяют машине самостоятельно принимать решения о размещении рекламы, выборе целевой аудитории и оптимальном бюджете. Это значительно упрощает работу маркетологов и снижает вероятность ошибок при принятии таких ключевых решений. Кроме того, нейросети обладают уникальной способностью обрабатывать большие объемы данных за короткое время. Это позволяет проводить как можно более детальный анализ целевой аудитории и ее поведения в интернет-среде. Анализ полученных данных помогает оптимизировать рекламные кампании, учитывая предпочтения и потребности потенциальных клиентов.

Таким образом можно сказать, что можно успешно автоматизировать функции искусственного интеллекта в лице одного сотрудника для

повышения эффективности работы компании и снижения затрат на выплаты заработной платы специалистам. Но при этом всем, есть и свои риски в использовании искусственного интеллекта. К ним следует отнести сложность внедрения и обучения моделей нейросетей. Требуется высокая квалификация специалистов для правильной настройки и работы с этими инструментами. Компании должны быть готовы к затратам на подготовку персонала или привлечению экспертов. И другой важный вопрос — это безопасность. Безопасность является важным аспектом при работе с данными пользователей. Нейросети требуют больших объемов данных для обучения, и компании должны быть готовы обеспечить конфиденциальность и защиту личной информации клиентов.

Список используемых источников:

1. Константин Рудов SMM handbook. – М.: Василий Крылов°, 2023. – 8 с.
2. Статистика рынка труда в России — «Менеджер по рекламе» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://gorodrabot.ru/ (Дата обращения: 18.10.2023)
3. Все о нейросетях [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://gb.ru/ (Дата обращения: 18.10.2023)
4. Adpass: маркетинг и нейросети [Электронный ресурс]. — Режим https://adpass.ru/marketing-i-nejroseti/ (Дата обращения: 18.10.2023)

Karachurin. A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunications

The article reflects the advantages of using neural networks in the Internet promotion of companies and advertising activities in general. The current situation of the advertising services market in 2023 is undergoing some changes associated with the departure of many foreign companies and specialists, which requires the use of new promotion platforms and economic costs for specialists in this field. Automation of AI work can improve the promotion of companies and reduce the costs of searching and implementing advertising and communication tools.

Key words: artificial intelligence, SMM promotion, advertising market crisis of 2023, advertising, communication, neural network.

УДК 65.016.7
ГРНТИ 82.33.13

РЕБРЕНДИНГ, КАК ПРОДВИЖЕНИЕ СОВРЕМЕННОЙ КОМПАНИИ НА РЫНКЕ

Е. Г. Клейн, А. В. Кульназарова
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

В современном мире на любом рынке товаров и услуг существует большое количество схожих продуктов. Теперь, компаниям нужно следить за трендами, запоминаться клиенту, чтобы он не выбрал конкурента. Важную роль играет позиционирование компании, ее имидж.

имидж, ребрендинг, конкурентоспособность, визуальная атрибутика бренда

Условия рынка постоянно меняются, бизнес эволюционирует, потребители сменяются, поэтому компании сталкиваются с необходимостью постоянно следить за рынком, адаптироваться и менять свой подход к бизнесу. В таком контексте ребрендинг выступает как стратегия, позволяющая компаниям обновить свой имидж и усилить свою позицию на рынке. Ребрендинг может быть связан с любой визуальной атрибутикой бренда, с изменением логотипа, слогана, дизайна упаковки или рекламы, а также с изменением миссии, ценностей и целей компании.

Кевин Кейн в своей книге «Стратегическое управление брендом» отмечает, что ребрендинг — это процесс изменения брендовой стратегии, который включает в себя изменение названия, логотипа, ассоциаций, символики или дизайна бренда с целью создания нового имиджа и повышения ценности бренда для потребителей [2].

Ребрендинг компании включает несколько этапов, каждый из которых имеет свои особенности и цели. Разберем эти этапы подробнее:

1. Анализ текущего состояния и имиджа компании: В этом этапе компания проводит детальный анализ своего текущего имиджа, бренда, конкурентной среды и потребностей целевой аудитории. Оцениваются такие аспекты, как восприятие бренда, позиционирование на рынке, сильные и слабые стороны, а также потенциальные возможности и угрозы.

2. Определение нового видения и стратегии: На основе анализа компания разрабатывает новое видение своего бренда и определяет стратегические цели ребрендинга. В этом этапе решается, какие изменения нужно внести в брендовую идентичность, какую уникальность и дифференциацию нужно

привнести, чтобы лучше соответствовать ожиданиям и потребностям целевой аудитории.

3. Разработка нового брендового имиджа и идентичности: На этом этапе компания создает новый брендовый имидж, определяет новые ценности, обещания и позиционирование своего бренда. Это включает разработку нового логотипа, цветовой схемы, шрифтов, дизайна упаковки и других визуальных элементов, которые будут лучше соответствовать новому видению и стратегии компании.

4. Обновление коммуникаций с потребителями: В этом этапе компания пересматривает и обновляет свои коммуникационные стратегии и каналы, чтобы эффективно передавать новое брендовое сообщение. Это может включать создание новых рекламных кампаний, обновление веб-сайта и социальных медиа, улучшение взаимодействия с клиентами и повышение осведомленности о новых ценностях и обещаниях бренда.

5. Вовлечение сотрудников и обучение: Критический момент в ребрендинге — это участие и вовлечение сотрудников компании. Распространение новой брендовой идентичности и стратегии требует обучения и мотивации сотрудников, чтобы они могли адекватно представлять и продвигать бренд внутри и вовне компании.

6. Мониторинг и анализ результатов: В последнем этапе компания следит за результатами ребрендинга и анализирует их эффективность. Оценка влияния ребрендинга на продажи, узнаваемость и лояльность потребителей поможет компании принять правильные решения и вносить корректировки в стратегии и планы, если это необходимо.

У ребрендинга есть три основные задачи: усиление лояльности бренда, усиление узнаваемости бренда и увеличение целевой аудитории потребителей.

Провести обновление бренда — это значит сделать его более актуальным, интересным и привлекательным эмоционально. Чаще ребрендинг не изменяет полностью товар, а лишь некоторые его элементы, с тем, чтобы сохранить его узнаваемость. Но бывают обстоятельства, когда бренд требует совершенно другого восприятия, нежели раньше, и его имидж меняется полностью.

Дмитрий Чиненов причины ребрендинга подразделяет на три типа: структурные, стратегические и функциональные [1].

1. Структурный ребрендинг.

При ребрендинге, вызванном структурными изменениями, например, при слиянии равных корпораций, необходимо подчеркнуть лучшие идентификаторы, ассоциирующиеся с каждой из компаний. При поглощениях

обычно трансформируется выживший бренд либо создается новое видение с отрицанием негативного прошлого.

2. Стратегический ребрендинг.

Существует такая разновидность ребрендинга, как «стратегический ребрендинг», который проводится при необходимости смены позиционирования компании на рынке.

В этом случае необходимо согласовать восприятие бренда с новой целью. При ребрендинге, вызванном стратегическими изменениями, как правило, меняются идентификаторы, связанные со сферой деятельности предприятия.

3. Функциональный ребрендинг.

Иногда ребрендинг требует коррекции функциональности торговой марки. Если название бренда слишком длинное, не определяющее и не ассоциирующееся с деятельностью компании, необходимо при помощи технологий нейминга усилить воздействие имени бренда на целевую аудиторию и его запоминаемость.

Полноценный ребрендинг. Изменения происходят на всех уровнях: от позиционирования до дизайна. Облик компании, как внутренний, так и внешний, полностью меняется. Например, этим путем пошел Сбербанк, когда стал называться «Сбер».

Рестайлинг. Изменение визуального образа бренда без замены внутреннего содержания и идеологии. К нему прибегают устоявшиеся бренды, которые хотят освежить свою марку, не меняя продукт. Может включать смену названия, цветовых решений и логотипа.

Фейслифтинг. Перемены, при которых дизайн корректируется незначительно и остается узнаваемым. Название пришло от английского facelifting, что значит «подтяжка лица». Применяется в случаях, когда нужно освежить стиль в соответствии с текущими тенденциями, но не распугать постоянную аудиторию кардинальными изменениями.

Репозиционирование. Новое позиционирование старого продукта, без внесения в него изменений. Может поменяться способ взаимодействия с аудиторией и рекламные методы, при этом визуальное оформление остается прежним. Например, компания Johnson & Johnson, которая выпускает детское масло для тела, в 2005 году решила расширить свою аудиторию и выпустила слоган «масло для всей семьи». Благодаря такому ходу масло, которое не поменяло свой состав, стали использовать еще, и родители [3].

Ребрендинг является сложным и многоэтапным процессом, который требует стратегического мышления, тщательного планирования и активной коммуникации с потребителями и сотрудниками компании. Однако, если он проводится грамотно, ребрендинг может значительно улучшить имидж

компании, привлечь новую аудиторию и способствовать ее росту и успеху на рынке.

Список используемых источников:

1. Чиненов Д. Не все то ребрендинг, что смена логотипа // Промышленный маркетинг. 2011.
2. Келлер К. Стратегический бренд-менеджмент. Создание, оценка и управление марочным капиталом. Вильямс, 2016. 704 с.
3. Что такое ребрендинг, когда и зачем он нужен // Карасаева Любовь // 24.07.2023 // URL: https://trends.rbc.ru/trends/innovation/61df11499a79474caf8eb045 (дата обращения: 20.10.2023).

Klein E., Kulnazarova A.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Rebranding as promotion of a modern company in the market.

In the modern world, in any market of goods and services there are a large number of similar products. Now, companies need to follow trends and be remembered by the client so that he does not choose a competitor. The positioning of the company and its image play an important role.

Key words: Image, rebranding, competitiveness, visual brand attributes.

УДК 32.019.5
ГРНТИ 11.01.29

КОММУНИКАЦИОННОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ НАЦИОНАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ РФ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ В СОЦИАЛЬНЫХ МЕДИА

Д. А. Щетинина
Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

Уровень информированности граждан определяет уровень поддержки в достижении стратегических целей нацпроектов России. В статье анализируются особенности реализации коммуникационной деятельности российских национальных проектов в социальных медиа. Особое внимание уделяется нацпроектам в сфере образования: рассматриваются основные идеи, транслируемые в рамках Интернет-коммуникации.

образование, государство, национальный проект, социальные медиа, коммуникационное сопровождение

Система образования играет важную роль в развитии государства, оказывая влияние на образовательную, экономическую и социальную сферы. Решение актуальных проблем и достижение конкретных целей развития государства в различных сферах жизни возможно путем разработки и реализации комплексных программ. Развитие образовательной системы является одной из целей развития государства согласно Указу Президента Российской Федерации «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» [1], в соответствие с которым были разработаны современные национальные проекты (программы) по 13 стратегическим направлениям. Из них области образования касаются три: «Образование», «Наука и университеты», «Цифровая экономика». Уровень и качество информированности граждан о национальных проектах во многом определяет уровень поддержки граждан в достижении стратегических целей нацпроектов России.

Понятие «национальный проект» не имеет точного определения в законодательстве, но в научной среде можно встретить попытки определения содержания нацпроекта как комплексной системы мероприятий с конкретно определенными социально-экономическими показателями или индексами, направленными на качественное улучшение жизни населения страны за счет модернизации системы жизнедеятельности [2]. В работе Строганова К.М. нацпроекты определяется как части социально-экономической стратегии страны, конкретизирующей для каждого нацпроекта: цели, этапы, средства, институты и механизмы, обеспечивающие достижение намеченных целей [3]. Горшков Д.А. отмечает, что национальные проекты являются принципиально новой управленческой методикой с применением прозрачной системы целевых показателей. Она включает в себя комплекс правовых, организационных и финансовых мер, предпринимаемых федеральным

центром, ее субъектами, с целью позитивного изменения в определенных социальных областях и, таким образом, качественного улучшения жизни населения [4].

В данной статье под коммуникационным сопровождением будем понимать комплекс решений по управлению информацией с целью достижения коммуникационных целей.

В 2019 году Правительством Российской Федерации была учреждена АНО «Национальные приоритеты», целью которой является решение задач в области информационного сопровождения национальных проектов [5]. Коммуникационная деятельность организации в Интернете осуществляется путем использования таких ресурсов как веб-сайт и социальные сети: ВКонтакте, Одноклассники, YouTube и Telegram. Данные каналы коммуникации аккумулируют информацию о всех реализуемых национальных проектах страны. Поскольку наполнение каналов ВКонтакте, Одноклассники и Telegram идентично далее будем рассматривать только ВКонтакте и YouTube.

В первую очередь обратим внимание на приоритетность освещения национальных проектов в социальных сетях. Так по количеству сообщений, публикуемых в официальной группе «Национальные проекты России» [6] во ВКонтакте можно сделать вывод о том, что в коммуникационной стратегии приоритет отдается проектам «Образование», «Демография» и «Туризм и индустрия гостеприимства» (на основе анализа публикаций за период с 15.04.2023-15.10.2023) (рис.1).

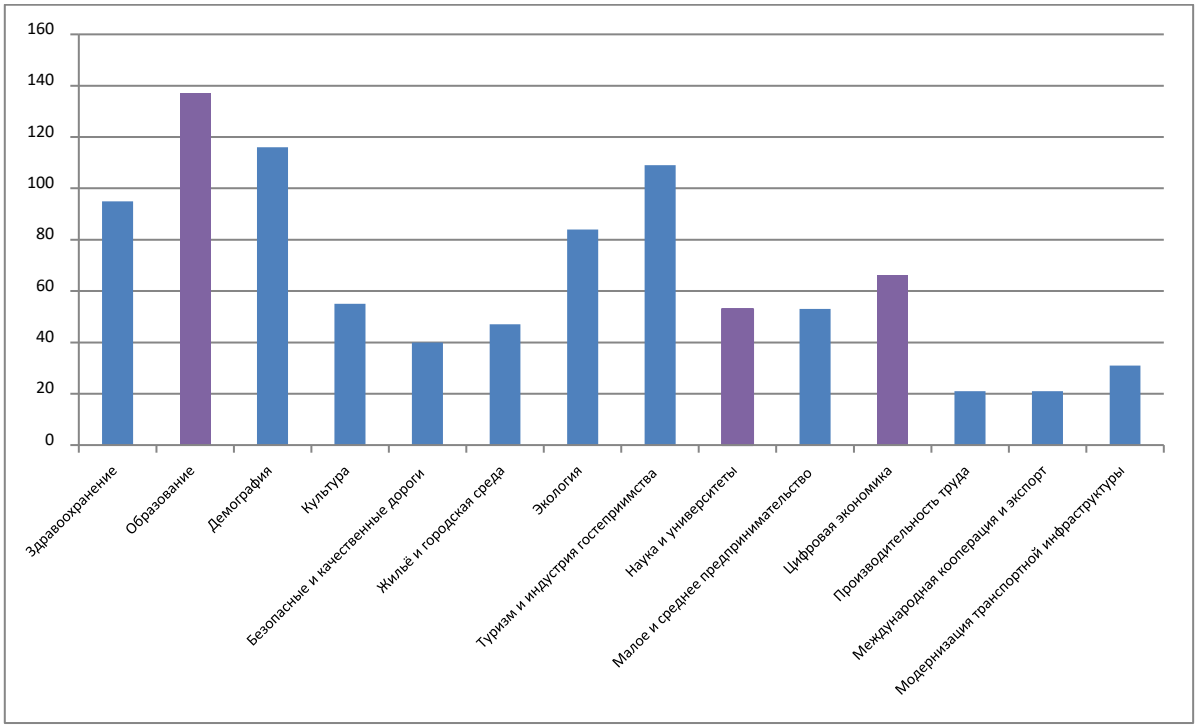


Рис. 1. Соотношение количества сообщений о нацпроектах в официальном канале «Национальные проекты России»

Стоит отметить что, коммуникационное сопровождение национальных проектов реализуется не только через официальные Интернет-ресурсы АНО «Национальные приоритеты», но и с помощью региональных органов власти, центров и организаций являющиеся частью проектов или участниками. Рассматривая общую частоту упоминаний нацпроектов в социальной сети ВКонтакте за все время, включая сообщения ранее упомянутых организаций, а также отдельных пользователей, можно обнаружить, что тенденция освещения проектов несколько меняется: так среди наиболее обсуждаемых можно отметить проект «Культура», но и проекты «Образование» и «Демография» занимают большое информационное пространство (рис.2).

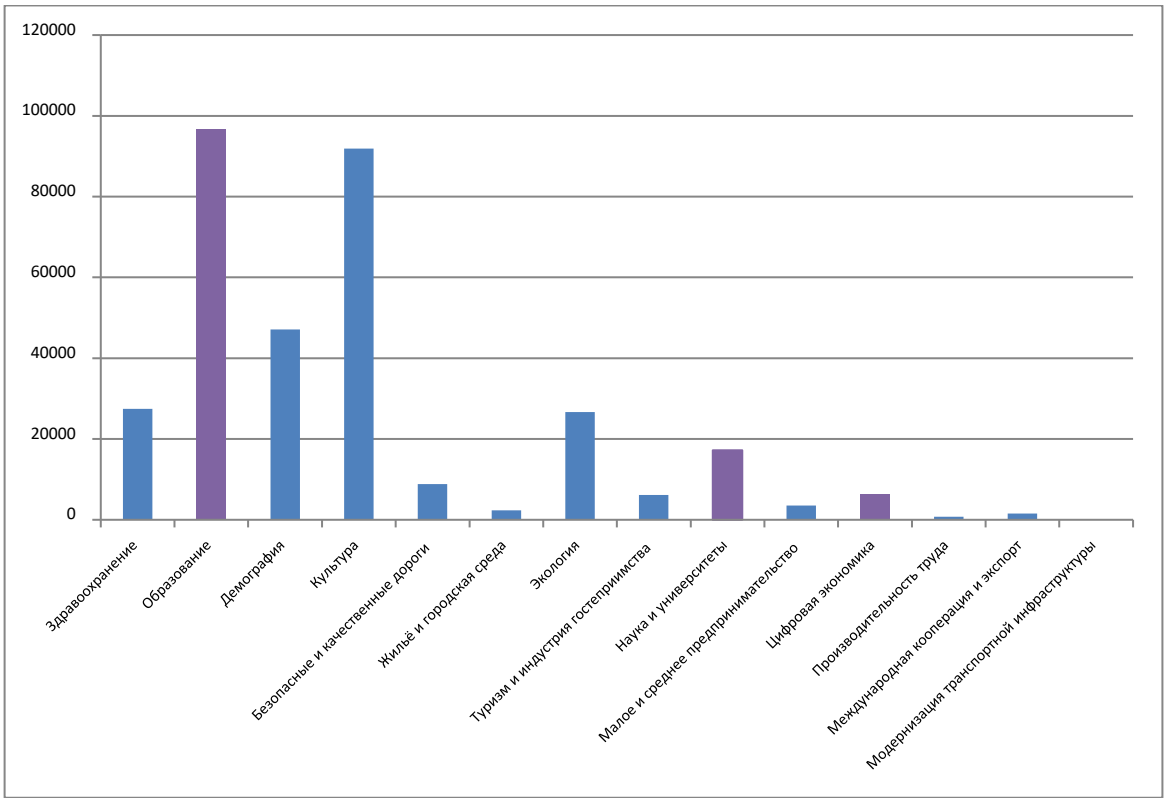


Рис. 2. Соотношение количества сторонних сообщений содержащих упоминание нацпроектов

В коммуникационной стратегии российских национальных проектов в социальных медиа приоритетным направлением является освещение результатов деятельности по изменению ситуации в регионах с использованием фото- и видеоматериалов. Также используются такие инструменты как онлайн-трансляции проводимых мероприятий (например, профориентационные акции для школьников, онлайн-уроки по предпринимательству и пр.); индивидуальные хештеги каждого нацпроекта (#нацпроектобразование, #нацпроектнаука и пр.), что облегчает поиск сообщений в рамках заданной темы и позволяет найти другие группы и организации, связанные с конкретным проектом; дополнительно привлекается внимание за счет проводимых конкурсов. Особое внимание уделяется

налаживанию прямого взаимодействия с гражданами посредством комментариев под публикациями. Большая часть постов сопровождается как положительными, так и негативными высказываниями, аудитория делится собственными наблюдениями касательно реализации проектов и изменений в регионах, отмечает на какие моменты стоит обратить внимание властей, задает вопросы, вступает в дискуссии – все проявления активности сопровождаются своевременной реакцией от лица сообщества.

Контент, размещаемый на YouTube-канале «Национальные Проекты России», имеет свою специфику: здесь коммуникационная основа представлена научно-популярным и просветительским контентом, также размещаются короткие рекламные ролики.

Переходя особенностям коммуникационной стратегии национальных проектов образовательной сферы стоит отметить, что вклад в их освещение вносят социальные медиа образовательных организаций среднего и высшего образования и их подразделений, центров дополнительного образования (в т.ч. сформированных в рамках реализации нацпроектов), площадок для проведения мероприятий, сотрудников образовательных организаций.

В результате анализа публикаций в социальных медиа были выделены основные идеи, составляющие концепцию коммуникационного сопровождения нацпроектов в сфере образования. При освещении нацпроекта «Образование» наиболее часто звучит посыл «каждый ребенок по-своему талантлив», в рамках которого освещаются возможности развития детей и подростков не только в школах, но и в центрах дополнительного образования, строительство и повышение комфорта которых является одним из приоритетов нацпроекта. Для развития талантов подрастающего поколения необходимы не только специальные места и условия, но и педагогические кадры, в исследуемом информационном пространстве можно проследить следующую идею: «быть педагогом престижно». Акцентируется внимание на повышении востребованности педагогических специальностей среди абитуриентов, возможностях профессионального развития (конкурсы, форумы, курсы повышения квалификации), повышении уровня комфорта рабочих мест, возможностей получения материальной поддержки со стороны государства. Еще одна среди наиболее ярких идей: «меняем мир к лучшему» – формируется культура добрых дел, повышается вовлеченность граждан с юных лет в волонтерскую деятельность, которая координируется через центры добровольчества, создаваемые на базе образовательных организаций, НКО, государственных и муниципальных учреждений [7]. Освещается деятельность волонтерских организаций, поддержка полезных инициатив.

Основную идею национального проекта «Наука и университеты» в информационном пространстве формулируется как «гениями не рождаются, ими становятся». Популяризация научной деятельности среди молодежи посредством проведения конкурсов и мероприятий для школьников и студентов, привлечение для получения высшего образования как начальной

ступени развития в научной сфере, освещение достижений молодых исследователей, поддержки научных исследований и вузов со стороны государства.

Национальный проект «Цифровая экономика» только частично связан с образовательной средой, однако именно в рамках его реализации повышается доступность образования (увеличение доступности Интернета на территории страны), техническая оснащенность образовательных учреждений и научно-исследовательских центров, взращивание специалистов ИТ-сфере (реализация и поддержка курсов дополнительного образования для школьников, вузовских программ), популяризация сферы цифровых технологий. Суть деятельности нацпроекта в публикациях нашла отражение во фразе «получай образование и реализовывай себя».

По данным ВЦИОМ за декабрь 2022 о нацпроектах в среднем осведомлены 68% россиян. Наибольший прирост информированности за последний год зафиксирован в отношении национальных проектов «Наука и университеты», «Туризм и индустрия гостеприимства», «Образование» [8]. Данные позволяют сделать вывод о том, что качество информированности о нацпроектах возрастает.

Национальные проекты могут рассматриваться как эффективные инструменты решения актуальных государственных проблем, поскольку представляют собой комплексную систему, но достижение поставленных стратегических целей возможно только при условии формирования качественной стратегии информирования граждан о планах и ходе реализации проектов. Использование правильных коммуникационных инструментов и четкое отражение идей позволит сформировать позитивное отношение к государственным проектам, повысить доверие и вовлеченность населения в решение ключевых задач государства.

Список используемых источников:

1. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 г. № 204 О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года

2. Иваненко Л. В., Тасеев В. Б. Проблемы реализации национальных проектов и определение направлений их решения // Основы ЭУП. 2020. №6 (25). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-realizatsii-natsionalnyh-proektov-i-opredelenie-napravleniy-ih-resheniya (дата обращения: 24.10.2023).

3. Строганов, К.М. Управление процессом реализации национальных проектов: автореферат дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / Строганов Константин Михайлович. – Москва, 2007. – 30 с.

4. Горшков, Д.А. Социально-экономические механизмы реализации приоритетных национальных проектов: автореферат дис. ... канд. эконом. наук: 08.00.05 / Горшков Дмитрий Александрович. – Москва, 2008. – 27 с.

5. Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 30.11.2019 N 2880-р [Об учреждении автономной некоммерческой организации "Национальные приоритеты"]

6. Национальные проекты России // ВКонтакте: [Электронный ресурс]. URL: https://vk.com/nationalprojectsru (дата обращения 20.10.2023).

7. Национальный проект «Образование» – социальная активность // Национальные проекты России: [Электронный ресурс]. URL: https://национальныепроекты.рф/projects/obrazovanie/volonterstvo (дата обращения 20.10.2023).

8. Национальные проекты – 2022: планы и результаты // ВЦИОМ: [Электронный ресурс]. URL: https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/nacionalnye-proekty-2022-plany-i-rezultaty (дата обращения 23.10.2023).

Shchetinina D.

The Bonch-Bruevich Saint-Petersburg State University of Telecommunication

Communication support of national projects of the russian federation in the field of education in social media.

The level of awareness of citizens determines the level of support in achieving the strategic goals of Russia's national projects. The article analyzes the features of the implementation of communication activities of Russian national projects in social media. Special attention is paid to national projects in the field of education: the main ideas broadcast in the framework of Internet communication are considered.

Key words: education, state, national project, social media, communication support.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

АВЕРЬЯНОВ
Максим Алексеевич
студент группы ЗР-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, averyanov00@yandex.ru

АЛЕХИН
Роман Вячеславович
студент группы ИКТБ-37м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, romanalekhin23@gmail.com

АМАЛИЕВ
Хашим Сурхоевич
студент группы ИКТБ-38м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, amalievk@mail.ru

АНТИПИН
Борис Маврович
кандидат технических наук, доцент кафедры телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, antip@irga.sut.ru

АПАНАСОВ
Данил Борисович
студент группы ИКТМ-32м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, danilapanasov@ya.ru

АРУТЮНЯН
Изабелла Артуровна
студент группы РСО-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, bella_2000_00@mail.ru

БАБАНОВ
Захар Дмитриевич
студент группы ИКПИ-04 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, zach.fadeev@yandex.com

БАБИЧ
Василий Николаевич
студент группы ИКТУ-03 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, babichvn22@mail.ru

БАКАТОВ
Виталий Николаевич
студент группы ИКПИ-292м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, bakatovvitalij@gmail.com

БАРБАНЕЛЬ
Евгений Семёнович
начальник Научно-исследовательской лаборатории систем передачи телеметрической информации, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, barb@sut.ru

БАРЫШНИКОВА
Анастасия Николаевна
студент группы РТ-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, barishnikovanastya@yandex.ru

БАТАЛИН
Никита Сергеевич
студент группы ИКТГ-24м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, batalin.ns@sut.ru

БЕРЕЗКИН
Александр Александрович
кандидат технических наук, доцент кафедры программной инженерии и вычислительной техники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, berezkin.aa@sut.ru

БОЖЕДОМОВ
Артем Юрьевич
студент группы ИКТМ-22м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, artbohed@mail.ru

БОЙКО
Игорь Андреевич
ассистент кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

БОКОЙ
Михаил Сергеевич
научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории систем передачи телеметрической информации Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, mmmikle@mail.ru

БОНДАРЕНКО
Игорь Борисович
кандидат технических наук, доцент кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, igorlitmo@rambler.ru

БОРИСОВ
Алексей Александрович
студент группы ИКТК-01 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, alex135ey@mail.ru

БРАЗОВСКИЙ
Глеб Русланович
студент группы ИКТФ-26м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
gl-hl@inbox.ru

БУХИННИК
Александр Юрьевич
старший научный сотрудник Научно-исследовательской лаборатории систем передачи телеметрической информации, кандидат технических наук
bhnnk@mail.ru

БУЧАТСКИЙ
Александр Николаевич
кандидат технических наук, доцент, директор института магистратуры Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
alexanderbuchatsky@sut.ru

БЫЛИНА
Мария Сергеевна
кандидат технических наук, доцент, Заведующий кафедрой фотоники и линий связи, преподаватель базовой кафедры высокоскоростных мисгистральных транспортных DWDM-систем (ВТС DWDM) Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ВИВЧАРЬ
Роман Михайлович
кандидат технических наук, доцент кафедры программной инженерии и вычислительной техники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, vivchar.rm@sut.ru

ВИНИЦКИЙ
Михаил Александрович
студент группы ИКТУ-03 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
m.vinitsky48@gmail.com

ВИНОГРАДОВ
Евгений Михайлович
кандидат технических наук, доцент, инженер 1 кат. научно-исследовательской лаборатории радиоконтроля и элекромагнитной совместимости Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, vinog1936@mail.ru

ВОЛКОВ
Артём Николаевич
кандидат технических наук, доцент кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, artem.nv@sut.ru

ГЕХТ
Антон Борисович
кандидат исторических наук, доцент, заведующий кафедрой истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, geht.ab@sut.ru

ГЛУШАНКОВ
Евгений Иванович
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, glushankov.ei@sut.ru

ГОНЧАРОВ
Егор Евгеньевич
студент группы ИКМ-21з Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, vip.egostar@mail.ru

ДАНИЛИН
Станислав Валерьевич
кандидат технических наук, советник по взаимодействию с органами государственной власти Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, Danilin.sv@sut.ru

ДЕМИДОВ
Николай Александрович
аспирант группы 1113А-20 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, deminickal@outlook.com

ДЕРЖКО
Дмитрий Ярославович
студент группы ИКТБ-27м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, dimaderzhko@gmail.com

ДМИТРИЕВА
Юлия Сергеевна
ассистент кафедры инфокоммуникационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича, dmitrieva@sut.ru

ДУСТАЛЕВ
Евгений Владимирович
студент группы ИКТУ-03 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, evgenydustalev@gmail.com

ЕЛАГИН
Василий Сергеевич
кандидат технических наук, доцент, Заведующий кафедры инфокоммуникационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, v.elagin@sut.ru

ЕНИКЕЕВА
Екатерина Михайловна
ассистент кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, аспирант 2 курса Высшей школы журналистики Санкт-Петербургского государственного университета, enikeeva_em@mail.ru

ЕРЕМЕЕВ
Михаил Анатольевич
студент группы ИКТГ-34м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, eremeevmisha2001@gmail.ru

ЖАДАН
Роман Алексеевич
студент группы ЗР-21М Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Zhadan_2000@bk.ru

ЖЕЛТОВА
Елена Петровна
кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры иностранных и русского языков Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, elena_gzheltova@mail.ru

ЖИКИН
Сергей Александрович
студент группы ФП-21м Санкт-Петербургского государственного университета им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, zhikin.20001@yandex.ru

ЗАМЯТИН
Роман Дмитриевич
студент группы ЗР-01 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Zamjatin1.rd@yandex.ru

ЗАПАЙЩИКОВ
Александр Викторович
аспирант Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, zapaishikov.av1999@gmail.com

ИВАНИЩЕВА
Елизавета Федоровна
аспирант группы 2214А-23 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, elizaveta.ivanischeva@yandex.ru

ИСУПОВ
Александр Ильич
студент группы ИКТФ-26м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича

ИСХАКОВ
Эльмир Эдуардович
студент группы ИСТ-121 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, elmir.iskhakov@yandex.ru

КАРАЧУРИН
Артем Маратович
студент группы РСО-21М Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, artkrmc@mail.ru

КАРПЫЧЕВ
Максим Олегович
студент группы ИКВТ-291м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, karpychevmax@yandex.ru

КЛЕЙН
Евгения Геннадьевна
студент группы РСМ-21з, Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, zhenyaklien@gmail.com

КОВАЛЕНКО
Вадим Николаевич
аспирант группы 1113А-20 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, kovalenkovadim1996@gmail.com

КОВАЛЬЧУК
Анастасия Васильевна
студент группы ИСТ-212м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kovana9951@ya.ru

КОЗЛОВ
Денис Витальевич
аспирант Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, diroges@gmail.com

КОРОВКИНА
Екатерина Викторовна
студент группы ИСТ-311м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, yonhuuh@gmail.com

КОРОЛЕВ
Даниил Сергеевич
студент группы ИКТИ-35м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, dany.coroleov@yandex.ru

КОТЦОВ
Илья Алексеевич
студент группы ИСТ-251м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ilya.kot@hotmail.com

КРАСАВЦЕВА
Ксения Алексеевна
студент группы ИСТ-212м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Krasavtseva.Ks@yandex.ru

КУКУНИН
Дмитрий Сергеевич
кандидат технических наук, доцент кафедры сетей связи и передачи данных Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, kukunin.ds@sut.ru

КУЛЬНАЗАРОВА
Анастасия Витальевна
доцент, кандидат политических наук, Заместитель декана факультета социальных цифровых технологий по воспитательной работе, Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, kulnazarova.av@sut.ru

ЛАЗАРЕВ
Андрей Анатольевич
аспирант кафедры программной инженерии и вычислительной техники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, lazarev.aa@sut.ru

ЛЕОНТЬЕВ
Александр Сергеевич
аспирант группы 0301А-21 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича

ЛЕЩИНСКИЙ
Павел Валерьевич
студент группы ЗР-21м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, pavelleshinsky@gmail.com

ЛИКОНЦЕВ
Алексей Николаевич
кандидат технических наук, доцент кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, likoncev.an@sut.ru

ЛИТВИНОВ
Владислав Леонидович
кандидат технических наук, исполняющий обязанности заведующего кафедрой информационных управляющих систем, доцент кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, vlad.litvinov61@gmail.com

МАЖИРИНА
Анна Андреевна
инженер ОАО «СУПЕРТЕЛ», mazhirina_aa@supertel.ru

МАКСИМЕНКО
Сергей Олегович
студент группы ИКПИ-04 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, mmickeys@bk.ru

МАРШЕВА
Наталия Владимировна
старший преподаватель кафедры иностранных и русского языков Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, nmarshevaspb@gmail.com

МАТВЕЕВ
Данила Валерьевич
магистр группы ИКПИ-392м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, matveev.dv@sut.ru

МИТЧЕНКОВА
Елизавета Дмитриевна
студент группы ИСТ-211м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, mitchenkova0112@mail.ru

МОГИЛАТОВ
Антон Викторович
студент группы ФП-21м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, antonmoglatov@yandex.ru

МОДЕЛЬ
Михаил Викторович
аспирант группы 1113А-21 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, modelmv97@gmail.com

МУТХАННА
Аммар Салех Али
кандидат технических наук, доцент кафедры сетей связи и передачи данных, руководитель лаборатории SDN Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, muthanna.asa@sut.ru

НАГОРНОВ
Максим Николаевич
студент группы РЦТ-21 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, nagornov.mn@sut.ru

НАСЕДКИН
Борис Александрович

научный сотрудник лаборатории квантовых коммуникаций, научный сотрудник лаборатории квантовых процессов и измерений, сотрудник подразделения - Лаборатория квантовой информатики Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики,
b.nasedkin@bk.ru

НЕРОВНЫЙ
Артем Викторович

Старший преподаватель кафедры Истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
nerovnyi.av@sut.ru

НИКИФОРОВ
Евгений Васильевич

магистр группы ИКПИ-292м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
nikiforov.ev@sut.ru

НИКОНОВА
Елена Юрьевна

студент группы ИКТИ-25м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
214365444@mail.ru

НИХАЕНКО
Кирилл Михайлович

студент группы ИКТМ-22м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
Kirill.nihaenko@yandex.ru

ОБАТНИН
Виктор Алексеевич

студент группы ЭП-21м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций
им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
vobatnin@mail.ru

ПАРФЕНОВ
Дмитрий Дмитриевич
аспирант кафедры программной инженерии и вычислительной техники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, parfenov.dd@sut.ru

ПАРХАЧЕВА
Ольга Сергеевна
студент группы ИСТ-341м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, olya.parhacheva@yandex.ru

ПЕЛИХ
Дмитрий Александрович
аспирант группы 231А-22 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, elektronstandart@bk.ru

ПЕТРОВ
Даниил Юрьевич
студент группы ИСТ-341м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, Danyape@yandex.ru

ПЕТУШКОВ
Илья Олегович
студент группы ИКТИ-25м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, computerilya@gmail.com

ПИЩУГИНА
Александра Дмитриевна
студент группы ЭП-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, aleksaaa_p@mail.ru

ПОВЕДАЙКО
Максим Дмитриевич
кандидат технических наук, доцент кафедры Безопасности информационных систем, преподаватель кафедры Безопасности информационных систем, mpovedaiko@yandex.ru

ПОДАЙКО
Светлана Викторовна
студент группы ИКТС-02 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, svetlana.podajko@yandex.ru

ПОМОГАЛОВА
Альбина Владимировна
старший преподаватель кафедры Программной инженерии и вычислительной техники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, a.l.b.i.n.a@bk.ru

ПУПЦЕВ
Ринат Игоревич
старший преподаватель кафедры инфокоммуникационных систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, pupcev.ri@sut.ru

РАКОВСКИЙ
Олег Владимирович
кандидат технических наук, доцент, преподаватель кафедры Информационных Управляющих Систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, rakovskyo@mail.ru

РОЖКОВА
Дарья Андреевна
студент группы ИСТ-212м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, daryawarrior@mail.ru

РОЩИНСКИЙ
Роман Сергеевич
студент группы Р-22м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевич, rosh.rs@bk.ru

САВЕЛОВ
Дмитрий Юрьевич
студент группы ИСТ-121 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, savelov.du@sut.ru

САВИНОВ
Игорь Аднреевич
студент группы РК-31М Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, savinov26@gmail.com

СЕДЫШЕВ
Эрнест Юрьевич
кандидат технических наук, доцент кафедры электроники и схемотехники Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, laboratoria-mw@yandex.ru

СИГАЕВ
Андрей Николаевич
кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник ОАО «СУПЕРТЕЛ», sigaevan@supertel.ru

СЛЕПНЕВ
Алексей Валерьевич
магистр группы ИКПИ-392м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, slepnev.av@sut.ru

СМОРОДИН
Геннадий Николаевич
кандидат технических наук, доцент кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, gsmorodin@gmail.com

СТЕПАНОВ
Андрей Борисович
кандидат технических наук, доцент, заместитель директора института магистратуры по учебной работе, доцент кафедры радиосистем и обработки сигналов Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, sabarticle@yandex.ru

СУДЬИНА
Екатерина Владимировна
студент группы ЭП-21м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, rinagart@yandex.ru

СУРИН Дмитрий
Александрович
студент, группы V4140, НОЦ ФиОИ Национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

СУХОДОЕВА
Алёна владимировна
техник лаборатории прикладных научных исследований Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, suhodoeva.av@sut.ru

СУЧКОВА Дарья
Михайловна
студент группы Р-21м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, daria_suchkova_00@mail.ru

СЫРОВЕТНИК
Дмитрий Сергеевич
магистр Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, инженер, ООО «Эйртэго», syrovetnikds@mail.ru

ТЕРЕНТЬЕВА
Екатерина Анатольевна
кандидат исторических наук, доцент кафедры истории средних веков Санкт-Петербургского государственного университета, доцент кафедры истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, terenteva.ea@sut.ru

ТЕРНОВАЯ
Анастасия Константиновна
студент группы Р-21м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, ternovaya_00@bk.ru

ТОЧИЛОВ
Владимир Николаевич
инженер-исследователь Научно-исследовательской лаборатории систем передачи телеметрической информации Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, barb@sut.ru

ТУМАНОВ
Иван александрович
студент группы ИСТ-051 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, tumanov.ia@sut.ru

ФЕДОРОВ
Сергей Игоревич
аспирант группы 2214А-23 Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, fedorov.sergey.igorevich@yandex.ru

ФЕДОТОВСКАЯ
Анастасия Дмитриевна
студент группы ИКТБ-37м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, ananas3302@mail.ru

ФИЛИППОВ
Феликс Васильевич
кандидат технических наук, доцент, преподаватель кафедры информационных управляющих систем Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 9000096@mail.ru

ХАРЛАМОВ
Максим Алексеевич
аспирант Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, 214365444@mail.ru

ХАСАНОВА
Владлена Александровна
студент группы ИКТИ-25м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, kxasanovavlada@yandex.ru

ХРЕНОВ
Андрей Александрович
студент группы РТ-21м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, knerov00@yandex.ru

ЦВЕРИАНАШВИЛИ
Иван Алексеевич
старший преподаватель кафедры истории и регионоведения Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, cverianashvili.ia@sut.ru

ЧАСОВСКИХ
Екатерина Ильдаровна
студент группы ИКТИ-35м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, feofanova_e_i@mail.ru

ШАБРОВА
Елена Витальевна
инженер, преподаватель кафедры Телевидения и метрологии Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, shabrova.ev@sut.ru

ШВЕЦ
Максим Анатольевич
магистр группы Р-21м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, maximshvets2000@mail.ru

ШОЙТОВ
Иван Алексеевич
студент группы РТ-32м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, shoitov@yandex.ru

ШУЛЬГИН
Федор Эдуардович
студент группы ИСТ-212м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича, teo.shulgin@gmail.ru

ШУМИГАЙ
Владимир Сергеевич
ментор научно-образовательного центра фотоники и оптоинформатики, лаборант лаборатории квантовых процессов и измерений, студент, группы V4140, НОЦ ФиОИ Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики,
vshumigay.itmo@gmail.com

ЩЕДРИН
Александр Алексеевич
студент группы РТ-31м Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича,
ultimatespiderdiskodenser@gmail.com

ЩЕТИНИНА
Дарья Александровна
ассистент кафедры социально-политических наук Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
darya.shchetinina@inbox.ru

ЯШИН
Даниил Александрович
инженер лаборатории квантовых коммуникаций, студент, группы V4221, НОЦ ФиОИ Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики,
dayashin@itmo.ru

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ И НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ МАГИСТРАНТОВ И ИХ РУКОВОДИТЕЛЕЙ

ПОДГОТОВКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КАДРОВ В МАГИСТРАТУРЕ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ (ПКМ-2023)

Сборник лучших докладов

Том 1

Научное издание

План издания научной литературы 2023 г.

Отпечатано с авторского оригинал-макета

Вёрстка
Д. А. Рожковой,
А. Д. Коскоковой
Дизайн логотипа Г. И. Юрьев
Подписано в печать 05.12.2023
Объём 25,0 усл.-печ. л. Тираж 40 экз. Заказ 1545

Редакционно-издательский отдел СПбГУТ
193232 СПб., пр. Большевиков, 22, корп. 1
Отпечатано в СПбГУТ