

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

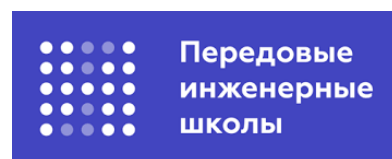
РОССИЙСКОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО РАДИОТЕХНИКИ,
ЭЛЕКТРОНИКИ И СВЯЗИ им. А.С.ПОПОВА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

ИНСТИТУТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ



приоритет
2030[^]
лидерами становятся



«ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ» ИСТ–2024

*Программа и аннотации докладов
XXX Международной
научно-технической конференции*

Нижний Новгород, 2024

Информационные системы и технологии - 2024: [Электронный ресурс]: Программа и аннотации докладов XXX Международной научно-технической конференции – Электрон. дан. – Н. Новгород: Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева, 2024.

В сборнике представлены материалы докладов XXX Международной научно-технической конференции ИСТ-2024, проведенной 18-20 апреля 2024 г. дирекцией Института радиоэлектроники и информационных технологий при поддержке, оказанной ректоратом НГТУ им. Р.Е. Алексеева и Нижегородским областным правлением РНТОРЭС им. А.С. Попова.

Публикуемые материалы представляют тематику, круг научных интересов и состояние исследований представителей научных и высших учебных заведений 10 городов РФ - преподавателей, научных сотрудников, докторантов, аспирантов, магистрантов и студентов - участников НИРС, а также сотрудников Российского технологического университета – МИРЭА, Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Военно-воздушной академии им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина, Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева, Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, Волжского государственного университета водного транспорта, Нижегородского государственного инженерно-экономического университета; представителей более 15 предприятий и НИИ: Специального конструкторского бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения РАН, Арктического и антарктического научно-исследовательского института, РФЯЦ-ВНИИЭФ, ИПФ РАН, НИИИС им. Ю.Е. Седакова, НИРФИ, НПП «Полет», и других организаций.

Программный комитет:

А.А. Куркин (председатель), А.В. Мякинков (зам.председателя),
Н.Ю. Бабанов, О.Г. Берестнева, Д.В. Жевнерчук, В.Р. Милов, Д.А. Ляхманов, С.Л. Моругин,
А.С. Раевский, А.Г. Рындык, Э.С. Соколова, О.П. Тимофеева, Ю.М. Туляков, М.В. Ульянов,
А.Д. Филинских, В.П. Хранилов, В.Л. Ягодкин

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ ИСТ-2024.....	4
АННОТАЦИИ ДОКЛАДОВ.....	15
СЕКЦИЯ 1 РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА.....	15
СЕКЦИЯ 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ ВЧ И СВЧ ДИАПАЗОНОВ.....	32
СЕКЦИЯ 3 ЭЛЕКТРОННЫЕ СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ.....	47
СЕКЦИЯ 4 ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	65
СЕКЦИЯ 5 ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА (интеллектуальные системы обработки информации).....	91
СЕКЦИЯ 6 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ.....	125

УВАЖАЕМЫЙ КОЛЛЕГА !

Оргкомитет совместно с Дирекцией института радиоэлектроники и информационных технологий НГТУ им. Р.Е. Алексеева приглашают Вас принять участие в работе XXX Международной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии – ИСТ-2024», которая состоится **18 - 20 апреля 2024 года**.

Пленарное заседание **19 апреля** в 10-00, Многофункциональный зал «Взлёт» (4 корпус НГТУ, ул. Минина 28В)

Начало работы секций **18 апреля** в 10-00, **19 апреля** в 11-00 по расписанию секций.

Справки по телефону: 436-93-47 – Дирекция ИРИТ и e-mail: hgranilov@nntu.ru

Форма проведения – очная и комбинированная (по решению руководства секций).

Проводится в рамках реализации; научно-исследовательской политики Программы «Приоритет-2030» и Стратегического проекта Радиоэлектронные системы и комплексы; Программы ПИШ НГТУ им. Р.Е. Алексеева.

ГРАФИК ПРОВЕДЕНИЯ МЕРОПРИЯТИЙ КОНФЕРЕНЦИИ

19 апреля	Пленарное заседание	10-00	МФЗ «Взлёт» (4 корп.)
18,19 апреля	Работа секций	11-00 - 15-00	

Секция 1	«Радиотехнические системы и устройства»	19 апреля 11-00-15-00	аудитория 5427
Секция 2	«Проектирование радиоэлектронных устройств ВЧ и СВЧ диапазонов»	19 апреля 11-00-15-00	аудитория 5234
Секция 3	«Электронные сети и телекоммуникации»	19 апреля 11-00-15-00	аудитория 4311
Секция 4	«Информационные и вычислительные технологии»	19 апреля 11-00-15-00	аудитория 5412
Секция 5	«Техническая кибернетика (интеллектуальные системы обработки информации)»	19 апреля 11-00-15-00	аудитория 4403
Секция 6	«Математическое моделирование геофизических процессов»	18 апреля 10-00-15-00	аудитория 1315

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ
19 апреля 10-00 (МФЗ «Взлёт» (4 корп.))

1. Вступительное слово.
А.В. МЯКИНЬКОВ, директор ИРИТ, профессор
2. Приветствие ректората НГТУ им. Р.Е. Алексеева.
С.М. ДМИТРИЕВ, ректор НГТУ, профессор
3. Инструментарий для оценки микроволнового астроклимата в частотном диапазоне
Телескопа горизонта событий
**К.В. МИНЕЕВ, к.т.н., научный сотрудник ИПФ
им. А.В. Гапонова-Грехова РАН**

СЕКЦИЯ 1
РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА
19 апреля 11-00 (Ауд. 5427)

Председатель: д.т.н., профессор А.В. Мякинков
Секретарь: инженер К.Д. Логинова

**АПРОБАЦИЯ КОРОТКОВОЛНОВОЙ РЛС WERA ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ**

В.И. Веремьев, И.Г. Горбунов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ"

АЛГОРИТМ ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ ДАННЫХ С УЧЕТОМ ИЗМЕРЕНИЙ РАДИАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ЦЕЛИ

А.А. Коновалов

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИГНАЛА, ОТРАЖЕННОГО ОТ ВИНТОВ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА, В
ПРИЛОЖЕНИИ К ОБРАЩЕННОМУ СИНТЕЗУ АПЕРТУРЫ АНТЕННЫ В БИСТАТИЧЕСКОЙ РЛС**

Е.С. Плотницкая

Санкт- Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

**РАЗРАБОТКА МАЛОГАБАРИТНОЙ ШП РАДИОСТАНЦИИ ДМВ ДИАПАЗОНА С РЕАЛИЗАЦИЕЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ И СПЕКТРАЛЬНО ЭФФЕКТИВНОЙ СИГНАЛЬНО-КОДОВОЙ КОНСТРУКЦИИ**

А.В. Новожилов, А.В. Колобков

Научно-производственное предприятие "Полет"

**УСТРОЙСТВО И СПОСОБ СОГЛАСОВАНИЯ РАДИОПЕРЕДАЮЩЕГО
АНТЕННО-ФИДЕРНОГО ТРАКТА С АНТЕННАМИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ**

И. Ю. Хлопушин

Научно-производственное предприятие "Полет"

СОЗДАНИЕ МОДЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДЛЯ МЕМРИСТИВНЫХ УСТРОЙСТВ

И.А. Борданов, С.А. Щаников

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

**К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОГО КОРПУСА ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ
МОНОЛИТНОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СХЕМЫ**

А.Д. Дорогов, Н.С. Корнев, А.В. Назаров, Р.Р. Османов, Б.Ю. Царев, В.А. Шульпин

«Российский федеральный ядерный центр. Всероссийский научно-исследовательский институт

**РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТР СУБМИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Е.Н. Богданов, В.Н. Иконников, Г.А. Козлов, Н.С. Корнев, А.В. Назаров, Р.Р. Османов, А.В. Репин

«Российский федеральный ядерный центр. Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «РФЯЦ-ВНИИЭФ», НИИИС им. Ю.Е. Седакова

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ПРИ ТЕПЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ ВЕРОЯТНОСТНОГО ХАРАКТЕРА С УЧЕТОМ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛИЗАЦИИ

П.П. Зорков

«Российский федеральный ядерный центр. Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «РФЯЦ-ВНИИЭФ», НИИИС им. Ю.Е. Седакова

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЧ РЕЗОНАТОРНОЙ СЕКЦИИ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СГУСТКОВ
И.В. Бандуркин¹, И.М. Летавин^{1,2}, К.В. Минеев^{1,2}

¹Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук ²Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

РУПОРНО-ЛИНЗОВАЯ АНТЕННА СУБТГЦ РАДИОМЕТРИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

К.В. Минеев^{1,2}, В.А. Сальков^{1,2}

¹Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук

²Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ВРЕМЕННОЙ ЗАДЕРЖКИ НЕПРЕРЫВНОГО ФКМ СИГНАЛА

А.В. Ширкаев, Д.Н. Ивлев

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДИКИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЛОКАЦИИ НА ПРОСВЕТ В СОЧЕТАНИИ С РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРИИ С ДЛИННЫМИ БАЗАМИ

Н.А. Дугин^{1,2}, Е.А. Панков¹, Ю.С. Федосенко¹

¹Волжский государственный университет водного транспорта

²Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОФИЛЯ ВЫСОТ ПОСАДОЧНЫМ РАДАРНОМ

А.В. Мякинков, С.Е. Кузнецов, А.А. Кузин, Р.С. Фадеев, К.Д. Логинова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ПРИМЕНЕНИЕ ВНУТРИПЕРИОДНОГО И МЕЖПЕРИОДНОГО ФАЗОВОГО КОДИРОВАНИЯ СИГНАЛА С ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ В АВТОМОБИЛЬНОМ РАДАРЕ С МИМО РЕШЕТКОЙ

А.В. Мякинков, С.Е. Кузнецов, Р.С. Фадеев

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ В МАКЕТЕ АВТОМОБИЛЬНОГО РАДАРА ММ ДИАПАЗОНА
В.Н. Буров, Р.С.Фадеев, С.Е.Кузнецов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ АНТЕНН

П.А.Тупиков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

СЕКЦИЯ 2
ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ
ВЧ И СВЧ ДИАПАЗОНОВ

19 апреля 11-00 (Ауд. 5234)

Председатель: д.ф.-м. н, профессор А.С. Раевский

Секретарь: к.т.н. доцент С.А. Капустин

ОБНАРУЖЕНИЕ И ОЦЕНКА ДЕФЕКТОВ В МНОГОСЛОЙНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ И ПОКРЫТИЯХ МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

А.И. Казьмин, П.А. Федюнин, В.А. Манин

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

А.И. Казьмин, П.А. Федюнин, В.А. Манин

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

РЕКОНСТРУКЦИЯ СТРУКТУРЫ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОНИЦАЕМОСТЕЙ И ТОЛЩИН МНОГОСЛОЙНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭМ ВОЛН

А.И. Казьмин, П.А. Федюнин

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

ГИБРИДНАЯ ИНТЕГРАЛЬНАЯ СХЕМА СВЧ-СМЕСИТЕЛЯ В ДИАПАЗОНЕ 7-25 ГГц В КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА

Л.Р. Кириллов^{1,2}, А.А. Чиликов²

¹Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

²НФАО «НПФ «Техноякс»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ИНВЕРТИРОВАНИЯ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ И СИММЕТРИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ВАРИАНТОВ ТОПОЛОГИЙ ПОГЛОЩАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ АТТЕНУАТОРОВ

А.В. Пилькевич, В.Д. Садков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ТОПОЛОГИИ ПОГЛОЩАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ АДАПТОАТЕНУАТОРОВ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА

А.В. Пилькевич, В.Д. Садков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

РАЗРАБОТКА СОГЛАСОВАННОЙ СВЧ-НАГРУЗКИ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ, ОХЛАЖДАЕМОЙ ЖИДКОСТЬЮ

Р.В. Бударрагин, З.Ю. Саласенко

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ РЕЖИМОВ И СБОРА ДАННЫХ ОТ МОЩНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СВЧ ЭНЕРГИИ

Р.В. Бударрагин, А. Д. Серов, И.А. Цветкова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ БАЛАНСИРОВКИ БЛОКОВ БАЛЛАСТНОЙ НАГРУЗКИ

Р.В. Бударрагин, А. Д. Серов

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

МОЩНЫЕ УСИЛИТЕЛИ СВЧ С ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

С.А. Бабунько, Ю.Г. Белов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЗИСТИВНОЙ ПЛЕНКИ НА ОСЛАБЛЕНИЕ АТТЕНУАТОРОВ

И.А. Вдовиченко, А.Е. Иванов, Г.И. Шишков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АНТЕННЫ КАССЕГРЕНА НА ЧАСТОТУ 118 ГГц С ПРЕДЕЛЬНО ДОСТИЖИМЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

В.В. Бирюков, И.А. Воробьев, В.А. Малахов, Д.В. Образцова, А.С. Раевский,

Ю.В. Раевская, В.В. Щербаков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ РУПОРНОГО ОБЛУЧАТЕЛЯ АНТЕННЫ КАССЕГРЕНА НА 118 ГГц

И.А. Воробьев, Д.В. Образцова, В.В. Щербаков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И НАСТРОЙКА (КАЛИБРОВКА) ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ДИПЛЕКСЕРОВ И МУЛЬТИПЛЕКСЕРОВ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ LTE

В.А. Грачев, Е.А. Крашенинникова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В САПР ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ДИПЛЕКСЕРОВ И МУЛЬТИПЛЕКСЕРОВ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ LTE

В.В. Бирюков, И.А. Воробьев, В.А. Малахов, Д.В. Образцова, А.С. Раевский, Ю.В. Раевская

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

СЕКЦИЯ 3
ЭЛЕКТРОННЫЕ СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ
19 апреля 11-00 (Ауд. 4311)

Председатель: д.т.н., доцент Н.Ю. Бабанов
Секретарь: ст. преп. Ю.С. Егоров

**НОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТРАКТОВ ОПТИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ ПРИ
ВВОДЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ И В ЕЕ ПРОЦЕССЕ**

К.А. Батенков

МИРЭА – Российский технологический университет

**ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ДОСТУПНОСТИ СИСТЕМЫ СВЯЗИ И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПОЛЕТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ В ХОДЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ**

С.С. Белоусов, П.А. Федюнин, М.А. Стафеев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

**ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ СВЯЗИ СИСТЕМОЙ СВЯЗИ
И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ**

С.С. Белоусов, П.А. Федюнин, М.А. Стафеев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

СОВРЕМЕННЫЕ ВЗГЛЯДЫ НА ПОСТРОЕНИЕ СЕТИ СВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Б.И. Волков, П.А. Федюнин, М.А. Стафеев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ДОСТУПНОСТИ
СЕТИ АВИАЦИОННОЙ РАДИОСВЯЗИ**

А.В. Рябов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ РТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ

А.В. Трухин, С.Ю. Чупрасов, М.А. Стафеев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

**АНАЛИЗ МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАРУШЕНИЯ СОСТОЯНИЙ
ЗАЩИЩЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ОТ
УГРОЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДОНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Р.А. Хворов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ЗАПАЗДЫВАНИЯ В МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЯХ

О.А. Маркелов, Н. Тымченко

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ"

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ ОДНОРАНГОВЫХ МОБИЛЬНЫХ СЕТЕЙ

И.А. Климова, М.А. Маркелова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ"

ЭЛЕКТРОННЫЕ СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ В ПРАВОВЕДЕНИИ

И.А. Мячина

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

РАЗВИТИЕ 5G И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ 6G

А.С. Вострилов

"Нижегородский государственный инженерно-экономический университет"

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕМАРКИРОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ

А.А. Коротышева, С.Н. Жуков

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

**О ПОДХОДЕ К ПОДДЕРЖКЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ КОНЦЕПТУАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ
ИННОВАЦИОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Ю.С. Егоров

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА «УМНОГО ГОРОДА»

С.В. Пономаренко, А.В. Семашко

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ SQL-ЗАПРОСОВ К ХРАНИЛИЩАМ ДАННЫХ

Е.В. Сидорова, С.И. Антонова

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

**СЕКЦИЯ 4
ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
19 апреля 11-00 (Ауд. 5412)**

Председатель: д.т.н., доцент Д.В. Жевнерчук

Секретарь: к.т.н., доцент П.С. Кулясов

АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТА ДВИЖЕНИЯ БПЛА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ОБХОДА ПРЕПЯТСТВИЙ

А.М. Авербух

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

МУЛЬТИАГЕНТНАЯ МОДЕЛЬ РЕОРГАНИЗАЦИИ АППАРАТНОГО РЕСУРСА АСУ ТП

Н.Д. Кабальцев, Д.В. Жевнерчук

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

**ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНАЯ МОДЕЛЬ ГРАФИЧЕСКОГО ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА НА
ОСНОВЕ АЛГЕБРО-ЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА**

В.О. Сапожников, Е.В. Кузнецова, Д.В. Жевнерчук

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

**СИНТЕЗ ИНТЕРФЕЙСОВ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ ОБУЧЕНИЯ С
ПОДКРЕПЛЕНИЕМ И ИМИТАЦИИ UX-ТЕСТИРОВАНИЯ**

А.В. Тарасов, Д.В. Жевнерчук

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

ДИНАМИКА ОПРЕДЕЛЕНИЙ НАУЧНЫХ ПОНЯТИЙ (НА МАТЕРИАЛЕ ТЕРМИНОВ ФИЛОСОФИИ)

А.В. Синелева

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

**КОНЦЕПЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И ПОДДЕРЖАНИЯ КОНСИСТЕНТНОГО ОБРАЗА ОПЕРАЦИОННОЙ
СИСТЕМЫ В NON-x86 ЭКОСИСТЕМАХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

С.О. Черных

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ВНЕШНЕЙ ЗАВИСИМОСТИ КЛАССОВ

С.В. Логанов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ПРИЗНАКОВОГО ОПИСАНИЯ АРХИТЕКТУР
ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
НА ОСНОВЕ МЕТА-ОБУЧЕНИЯ**

Р.О. Баринов, В.Е. Гай

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМЫ АУГМЕНТАЦИИ ПОТОКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ЗАДАЧИ ОБНАРУЖЕНИЯ ДРЕЙФА
КОНЦЕПЦИЙ НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТИВНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

В.А. Голубенко, В.Е. Гай

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ГЕНЕРАЦИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
В ДИАГНОСТИКЕ ИНТЕРФЕЙСОВ СВЯЗИ В СИСТЕМАХ АСУТП**

Г.Д. Кузнецов, В.Е. Гай

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**СИСТЕМА АНАЛИЗА ПРИМЕНИМОСТИ СРЕДСТВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ
ВНУТРИ КЛАСТЕРА БАЗ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ**

И.А. Новиков, Р.О. Барин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**АЛГОРИТМЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ЧАТ-БОТОВ НА ОСНОВЕ ДЕКЛАРАТИВНОГО
ОПИСАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И НЕФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ**

А.А. Сахаров

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АНАЛИЗ ТОНАЛЬНОСТИ ТЕКСТОВ В СИСТЕМАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ЗВОНКОВ КОЛЛ-ЦЕНТРА

Е.С. Зверев, А.С. Суркова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ
НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДВУДОЛЬНЫХ ГРАФОВ**

Д.В. Жевнерчук, А.А. Селиванов, А.С. Суркова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**МНОГОАГЕНТНЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Д.С. Мартынов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ПЛАТФОРМА ДЛЯ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Д.С. Мартынов, А.С. Солеев, Л.А. Татус

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПОДДЕРЖКИ
БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ**

П.В. Мисевич, Н.С. Поляков

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ**

П.П. Мисевич, Е.Н. Панкратова

Нижегородский государственный университет им. Р.Е. Алексеева

БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ. МЕТОДЫ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

А.М. Бугрова, И.Д. Колчин, Е.И. Михайлова, Л.В. Кулагина

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ

И.Д. Колчин, А.М. Бугрова, Е.В. Михайлова, Л.В. Кулагина

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ЯЗЫКИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ОЛИМПИАДАХ

Е.В. Михайлова, А.М. Бугрова, И.Д. Колчин, Л.В. Кулагина

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**АНАЛИЗ СПЕЦИФИКИ РЕСУРСОВ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ,
РЕАЛИЗУЮЩИХ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИФИЦИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ**

М.А. Ивлев, Н.К. Кандзюба

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**КОНЦЕПЦИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ,
РЕАЛИЗУЮЩИХ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИФИЦИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ**

М.А. Ивлев, Н.К. Кандзюба

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ФОРМАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ
ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СПЕЦИФИЦИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ**

М.А. Ивлев, Н.К. Кандзюба

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**КОНЦЕПЦИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ, РЕАЛИЗУЮЩИХ
МУЛЬТИПРОЕКТНУЮ ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**

М. А. Ивлев, Д. Е. Рябов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ РЕСУРСОВ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ФАКТОР ЕЁ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

М. А. Ивлев, Д. Е. Рябов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

СЕКЦИЯ 5

ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

(интеллектуальные системы обработки информации)

19 апреля 11-00 (Ауд. 4403)

Председатели: д.т.н., профессор Э.С Соколова,
к.т.н., доцент О.П. Тимофеева

Секретарь: аспирант А.Н. Санников

ПОИСК ЦЕНТРОВ ЗРАЧКОВ ГЛАЗ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

Д.В. Щербаков

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ

**ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АУДИОЗАПИСЕЙ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ОКРАСКИ РЕЧИ
ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ**

Д.И. Карпенкова

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ

**ВЛИЯНИЕ АУГМЕНТАЦИИ ДАННЫХ ПУПИЛЛОМЕТРИИ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО
СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ**

Д.Г. Петросянц

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ

**НАБОР ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ РАСПОЗНАВАНИЯ УСТАЛОСТИ
ВОДИТЕЛЕЙ**

Б. Курбанов

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ

РАСШИРЕНИЕ НАБОРА ДАННЫХ ПРИ ПОМОЩИ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ

Т.С. Евдокимова

Казанский национальный исследовательский технический университет им.А.Н.Туполева - КАИ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ КНИЖНОГО МАГАЗИНА

Р.Р. Ахметзянова, Н.В. Андреянов

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ

**ОБ АРХИТЕКТУРЕ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ТЕСТИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ С
ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ**

В.М. Сморякова

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ В ПРОЕКТАХ ИННОВАЦИОННОЙ КОМПАНИИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАЧЕСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ О ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОСТИ**

Д.Е. Шапошников, Н.В. Шестакова

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

**УПРАВЛЕНИЕ С ИТЕРАТИВНЫМ ОБУЧЕНИЕМ ВЫСШЕГО ПОРЯДКА ДИСКРЕТНОЙ СИСТЕМОЙ НА
БАЗЕ НАБЛЮДАТЕЛЯ СОСТОЯНИЯ – I**

П.В. Пакшин, А.О. Комаров, Ю.П. Емельянова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**УПРАВЛЕНИЕ С ИТЕРАТИВНЫМ ОБУЧЕНИЕМ ВЫСШЕГО ПОРЯДКА ДИСКРЕТНОЙ СИСТЕМОЙ НА
БАЗЕ НАБЛЮДАТЕЛЯ СОСТОЯНИЯ – II**

П.В. Пакшин, А.О. Комаров, Ю.П. Емельянова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ АРХИТЕКТУР ДЛЯ АППАРАТНЫХ МОДУЛЕЙ
ИНФОРМАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ**

А.С. Олонцев

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ПОДДЕРЖКА ПЕРСОНАЛА В ПРОЦЕССЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Д.Д. Мясников, Н.Е. Пособилов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЭЛЕМЕНТОВ НА ВИДЕОКАДРЕ

Е.А. Токарева, Н.Е. Пособилов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

АНАЛИЗ СКОРОСТИ И НАГРУЗКИ НА СИСТЕМЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛГОРИТМА СИММЕТРИЧНОГО ШИФРОВАНИЯ AES 256

Д.В.Белянин

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АТАК НА ПРОТОКОЛ MODBUS TCP

В.С. Салтыков, Р.А. Васильев

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТУАЛЬНЫХ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ

Д.Р. Шамсутдинова, В.Ю. Карпычев

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

УГРОЗЫ DEEPFAKE ТЕХНОЛОГИЙ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ФАЛЬСИФИКАЦИИ АУДИО И ВИДЕО

С. А. Опарин, О. П. Тимофеева

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО АБИТУРИЕНТА

М.Е. Бушуева, В.А. Решетов, М.А. Фарафонов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ С НЕЧЕТКИМИ ДАННЫМИ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

А.Н. Санников, А.Ю. Карпычева

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫМИ ЗНАНИЯМИ НА ОСНОВЕ КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ

С.Н. Капранов, Е.П. Плюснин, Д.А. Скворцова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.А. Алексеева

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОДБОРА СИСТЕМ В ОБЛАСТИ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Э.С. Соколова, К. Н. Васильев

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

ПРИМЕНЕНИЕ MINIKUBE ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ЭКОНОМИИ РЕСУРСОВ IT-КОМПАНИЙ

Э.С. Соколова, М. А. Рукавишников

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

ТЕОРИИ СОЗНАНИЯ ПРИМЕНИМЫЕ ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

О.В. Судаков, Д.В. Дмитриев

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

РАЗРАБОТКА ТРАНЗИТА УПРАВЛЕНИЯ МЕЖДУ УПРАВЛЯЮЩИМИ СУБЪЕКТАМ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ БЕЗОПАСНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ БПЛА

А. С. Парамонов, Э.С. Соколова

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ КИЛЛЧЕЙНА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

С. Н. Капранов, И. А. Шитов

КЛАССИФИКАЦИЯ ДАННЫХ ЭКГ ПРИ ПОМОЩИ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

М.М. Гордеев, О.П.Тимофеева

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ВРЕШЕНИИ ЗАДАЧИ УПАКОВКИ ОБЪЕКТОВ В ОГРАНИЧЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ С УЧЕТОМ ЦЕЛЕВОГО ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ

А. И. Корнилов, О.П. Тимофеева

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ КОДИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ БЕСПРОВОДНОГО КАНАЛА СВЯЗИ УПРАВЛЕНИЯ МОРСКИМИ ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Е.Д. Кораблев¹, А.А. Крит¹, В.И. Логинов¹, Ю.С. Федосенко¹, Н.П. Ямпурин²

¹Волжский государственный университет водного транспорта

²Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

СРАВНЕНИЕ ЛИНЕЙНО КОНГРУЭНТНОГО ГЕНЕРАТОРА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ И ГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВЕ СДВИГОВЫХ РЕГИСТРОВ

Е.Д. Кораблев¹, А.А. Крит¹, В.И. Логинов¹, Ю.С. Федосенко¹, Н.П. Ямпурин²

¹Волжский государственный университет водного транспорта

²Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексеева

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ВЫРАВНИВАНИЕМ ФАЗ В УСТАНОВКЕ КОГЕРЕНТНОГО СЛОЖЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ

П.А. Смолин^{1,2}, Ю.С. Федосенко²

¹Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова РАН

²Волжский государственный университет водного транспорта

О КОНЦЕПЦИИ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ГЛУБИН РЕЧНОГО ФАРВАТЕРА

В.В. Волков, Ю.С. Федосенко

Волжский государственный университет водного транспорта

О СОГЛАСОВАНИИ КОЛЛЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ АГЕНТОВ ТРАНСПОРТНОГО ТИПА В МОДЕЛИ МНОГОЭТАПНОГО ДВУХФАЗНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

А.А. Овчинин, Ю.С. Федосенко

Волжский государственный университет водного транспорта

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СТОХАСТИЧЕСКИХ И ФРАКТАЛЬНЫХ СТРУКТУР

В.Б. Куликов, А.Б. Куликов, В.П. Хранилов

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

СЕКЦИЯ 6

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

18 апреля 10-00 (Ауд. 1315)

Председатель: д.ф.-м.н., профессор А.А.Куркин

Секретарь: к.т.н., доцент А.С. Епифанова

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СХОДА ПОДВОДНЫХ ОПОЛЗНЕЙ И ПРОЯВЛЕНИЕ ЦУНАМИ НА ЮГО-ВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ О. САХАЛИН

И.С. Костенко

Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований

Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Южно-Сахалинск

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПРОЧНЫХ КОРПУСОВ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В МОРСКОЙ СРЕДЕ

А.Х. Пак

Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований

Дальневосточного отделения Российской академии Наук, г. Южно-Сахалинск

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ОЦЕНКИ РАЗМЫВА БЕРЕГА ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ

Л.С. Шабрамова^{1,2}

¹Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований Дальневосточного отделения Российской академии Наук, г. Южно-Сахалинск

²Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ФОРМИРОВАНИЕМ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА НА ГОРЬКОВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ГИДРОЛОКАТОРА

И.А.Романов², Д.А.Ковалдов¹, Ю.А. Титченко¹, В.Ю.Караев¹, Е.М.Мешков¹

¹Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук

²Федеральное государственное бюджетное учреждение «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт»

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ СЕТОК ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАДАЧ АЭРО- И ГИДРОДИНАМИКИ

С. В. Быстрицкий, О. Н. Борисенко, А. Г. Гиниятуллина, М. В. Кузьменко, Н. В. Попова, М. В. Черенкова, Н. В. Чухманов

«Российский федеральный ядерный центр. Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХ ПАРАЛЛЕЛЬНО ДВИЖУЩИХСЯ СУДОВ

О.А. Пузан¹, А.С. Козелков^{1,2}, В.В. Курулин^{1,2}, В.Ю.Герасимов^{1,2}

¹ «Российский федеральный ядерный центр. Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

² Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ ПРИ РЕШЕНИИ СЛАУ ГИДРОДИНАМИКИ

П.А. Ежов

«Российский федеральный ядерный центр. Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЯЗКИХ ТУРБУЛЕНТНЫХ ТЕЧЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХСЛОЙНОЙ МОДЕЛИ K-E REALIZABLE

И.А. Юрлова

«Российский федеральный ядерный центр. Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

АЛГОРИТМ ПОИСКА ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ТРЕУГОЛЬНИКОВ В ПОВЕРХНОСТНОЙ ТРЕУГОЛЬНОЙ СЕТКЕ

А.С. Ларькин, Т.В. Цалко

«Российский федеральный ядерный центр. Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

ИНДЕКС СТРАТИФИКАЦИИ МОРЕЙ РОССИИ ПО ДАННЫМ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО АТЛАСА WOA18

М.В. Кокоулина, О. Е. Куркина, А. А. Куркин

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

ПЕРЕНОС АНСАМБЛЕЙ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ БАРОКЛИННЫМИ ПОТОКАМИ НА ШЕЛЬФЕ О.САХАЛИН

П.Д. Кузнецов, Е.А. Рувинская

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

О БАЗЕ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗАХВАЧЕННЫХ ВОЛН В МИРОВОМ ОКЕАНЕ

И.Е.Савело, С.А. Епифанов, А.С. Епифанова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

О НЕКОТОРЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ПОЛУГРУПП, ПОРОЖДЕННЫХ СИСТЕМАМИ ИТЕРИРОВАННЫХ ФУНКЦИЙ

А.В. Багаев, Ю.А. Колотина

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ПРОГРАММА ВЫЧИСЛЕНИЯ РАЗМЕРНОСТИ МИНКОВСКОГО

А.В. Багаев, А.И. Соловьева

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ В АНТАРКТИДЕ

Н.А. Жуков, Р.Е. Мазова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦУНАМИ В ОХОТСКОМ МОРЕ ОТ ОПОЛЗНЯ В КУРИЛЬСКОЙ КОТЛОВИНЕ

Д.А. Окунев, Р.Е. Мазова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

РЕИНЖИНИРИНГ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЕНЕРАЦИИ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН ЦУНАМИ

К.С. Поляков, Р.Е. Мазова

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

**АПРОБАЦИЯ КОРОТКОВОЛНОВОЙ РЛС WERA ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
ГИДРОГРАФИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ**

В.И. Веремьев

ORCID: 0000-0001-8167-6616 e-mail: vervladiv@gmail.com

И.Г. Горбунов

ORCID: 0009-0005-4193-6205 e-mail: gor-ig@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ"
им. В.И. Ульянова (Ленина)

В докладе рассмотрены вопросы экспериментального развертывания коротковолновой радиолокационной станции (КВ-РЛС) WERA для исследования гидрографических параметров на берегу Финского залива. В России отсутствует опыт работы с этими РЛС, поэтому представляет интерес выявление возможностей измерения параметров морской поверхности с их помощью. Принцип работы РЛС использует резонансный характер отражений, позволяющий получить высокоточный инструмент измерения карты поверхностных течений и других характеристик моря на большой дальности. Полученные результаты измерений скорости течений в практически пресной воде Финского залива подтверждают хороший потенциал РЛС для целей гидрографии. Вместе с тем выявлен ряд недостатков системы WERA. Ряд функций РЛС недоступен в России. Возможна разработка альтернативных методов обработки данных, получаемых с помощью РЛС WERA, для улучшения характеристик измерения параметров морской поверхности и загоризонтного обнаружения надводных объектов. На Российском рынке на сегодняшний день нет специальных КВ-радаров для гидрографических исследований. Предложена концепция создания собственной КВ-РЛС с использованием беспроводной передачи сигнала от приемников на основе современных сетевых технологий.

Ключевые слова: КВ-РЛС, РЛС WERA, прибрежная зона, беспроводные технологии

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-10375, <https://rscf.ru/project/21-79-10375/>

**TESTING OF SHORTWAVE RADAR FOR HYDROGRAPHIC PARAMETERS
MONITORING OF THE COASTAL ZONE**

V.I. Veremyev, I.G. Gorbunov

Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI"

Purpose: The paper discusses the activities on the experimental deployment of the short-wave radar station (HF radar) WERA to study hydrographic parameters on the shores of the Gulf of Finland.

Design / methodology / approach: There is no experience in operating these stations in Russia, the reforeexposureof possibilities for measurements sea surface parameters by this radar is of interest. Development of alternative data processing methods can improve measurement characteristics including over-the-horizon detection of surface targets.

Findings: Measurement results of the surface current velocity were obtained. This paper finds out some good results even for nearly fresh water in the Gulf of Finland and confirms enough good radar potential. At the same time a number of disadvantages of WERA system wereidentifiedwhich makes the task of developing its own radar of current importance.

Research limitations/implications: The water in the Gulf of Finland is almost fresh and there aren't any big surface currents, what limits measurement range of sea surface parameters.

Originality/value: The concept of creating its own HF radar using wireless signal transmission from receivers based on modern network technologies is proposed. There are no special HF radars for hydrographic surveys on the Russian market today.

Key words: short-wave radar, WERA radar, coastal zone, wireless technologies

This work was supported by Russian Science Foundation grant no.21-79-10375, <https://rscf.ru/project/21-79-10375/>

**АЛГОРИТМ ОТОЖДЕСТВЛЕНИЯ ДАННЫХ
С УЧЕТОМ ИЗМЕРЕНИЙ РАДИАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ЦЕЛИ**

А.А. Коновалов

ORCID: 0009-0004-1943-5394 e-mail: al_an_kon@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

В работе рассматривается алгоритм отождествления данных в ходе траекторного сопровождения в доплеровской РЛС, учитывающий измерения радиальной скорости цели. При этом отождествление производится в пространстве измерений, для чего экстраполированный вектор состояния проверяемой траектории и его ковариационная матрица должны быть преобразованы из прямоугольной системы координат в полярную (сферическую). Предложено использовать для этого ансцентное преобразование, которое является простым и вычислительно эффективным способом нелинейного преобразования математического ожидания и ковариационной матрицы векторной случайной величины. Проведено сравнение предложенного алгоритма отождествления с традиционным, выполняемым в пространстве состояния без использования измерений скорости, показано преимущество предложенного способа, особенно в условиях сложной помеховой обстановки.

Ключевые слова: радиолокация, траекторное сопровождение, радиальная скорость, отождествление, ансцентное преобразование.

**DATA ASSOCIATION ALGORITHM TAKING INTO ACCOUNT
RADIAL VELOCITY MEASUREMENTS**

A.A. Konovalov

Saint-Petersburg state electrotechnical university “LETI”

Purpose: The author provides a simple data association algorithm for the target tracking scheme in Doppler radar taking into account measurements of the radial velocity.

Design / methodology / approach: Traditionally data association in radar target tracking is performed in Cartesian coordinates. Since it is impossible to convert the radial velocity directly into Cartesian coordinates, it does not participate in association. In order to use radial velocity in association it should be carried out in the measurement space, i.e. in the polar coordinates. This requires extrapolated state vector and its covariance are to be transformed from Cartesian to polar coordinates. This is a nonlinear transformation of a vector random variable. The article proposes to use the unscented transformation for this purpose.

Findings: The paper proposes an algorithm for data association in the measurement space using unscented transformation to calculate the covariance matrix of an extrapolated state vector. It also makes conclusions about the advantages of data association taking into account radial velocity measurements.

Research limitations/implications: Research is limited to the applications with Gaussian process and measurement noises due to the properties of unscented transformation.

Originality/value: The value of the article is the implementation of the data association method taking into account the target radial velocity measurements. The use of an additional value in data association process increases the probability of correct association and reduces the probability of false measurements joining the track. The originality of the article lies in the development of a simple and computationally efficient way to recalculate the extrapolated state vector and its covariance matrix from Cartesian coordinates to polar ones based on an unscented transformation.

Key words: radar tracking, data association, radial velocity, unscented transformation.

УДК 621.396.969

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИГНАЛА, ОТРАЖЕННОГО ОТ ВИНТОВ
ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА, В ПРИЛОЖЕНИИ К ОБРАЩЕННОМУ СИНТЕЗУ
АПЕРТУРЫ АНТЕННЫ В БИСТАТИЧЕСКОЙ РЛС**

Е.С. Плотницкая

ORCID: 0009-0006-1558-2420 e-mail: katya.plotnitskaya@yandex.ru

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

Разработана математическая модель сигнала, отраженного от винтов летательного аппарата, в приложении к обращенному синтезу апертуры антенны (ОСАА) в бистатической РЛС. В качестве летательного аппарата (ЛА) рассматривается квадрокоптер. Лопасть винта в рассматриваемой модели представляется в виде совокупности точечных отражателей, расположенных вдоль двух линий, проходящих по передней и задней кромкам лопасти. Путем моделирования получены реализации сигналов, отраженных от одной лопасти винта, от одного винта и от совокупности винтов квадрокоптера. Выполнен анализ временных и спектральных структур отраженных сигналов для двух вариантов представления лопасти. Модель является основой для создания алгоритма построения изображений винтов ЛА путем обращенного синтеза апертуры антенны в бистатической РЛС.

Ключевые слова: радиолокационное распознавание, летательный аппарат, обращенный синтез апертуры антенны.

**MATHEMATICAL MODEL FOR A RADAR SIGNAL REFLECTED FROM AIRCRAFT
PROPELLERS AS APPLIED TO THE METHOD OF INVERSE SYNTHETIC APERTURE
RADAR IN BISTATIC RADAR**

E.S. Plotnitskaya

ORCID: 0009-0006-1558-2420 e-mail: katya.plotnitskaya@yandex.ru

Saint Petersburg electrotechnical university "LETI"

Purpose: To develop a mathematical model for a signal reflected from aircraft propellers in application to the method of inverse synthetic aperture radar (ISAR) in bistatic radar. A drone is considered as an aircraft.

Design / methodology / approach: In the model under consideration, the propeller blade is represented by a set of point reflectors located along two lines passing through the front and rear edges of the blade.

Findings: Signals reflected from one propeller blade, from one propeller, and from a set of drone propellers were simulated. The temporal and spectral structures of the reflected signals for two variants of blade representation were analyzed. A mathematical model for a signal reflected from aircraft propellers in application to the method of ISAR in bistatic radar was developed.

Originality/value: The developed mathematical model can be used when developing an algorithm for constructing images of drone propellers by the method of inverse synthetic aperture radar in a bistatic radar system.

Key words: radar recognition, aircraft, inverse synthetic aperture radar.

**РАЗРАБОТКА МАЛОГАБАРИТНОЙ ШИРОКОПОЛОСНОЙ РАДИОСТАНЦИИ ДМВ
ДИАПАЗОНА С РЕАЛИЗАЦИЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ И СПЕКТРАЛЬНО
ЭФФЕКТИВНОЙ СИГНАЛЬНО-КОВОЙ КОНСТРУКЦИИ****А.В. Новожилов**

ORCID: 0009-0009-7616-5657 e-mail: arnov25@mail.ru

А.В. Колобков

ORCID: 0000-0002-6934-8879 e-mail: antvk@npp-polyot.ru

Научно-производственное предприятие "Поле́т"

В АО «НПП «Поле́т» разрабатывается малогабаритная широкополосная радиостанция ДМВ диапазона «Радиомодем» для применения в робототехнических комплексах и беспилотных летательных аппаратах. Частотный диапазон радиостанции позволяет применять различные широкополосные сигнально-кодовые конструкции (СКК) с полосой сигнала в десятки мегагерц и псевдослучайной перестройкой рабочих частот в широком диапазоне. В Радиомодеме применена сигнально-кодовая конструкция с фазовой манипуляцией со сдвигом квадратур относительно друг друга, подвергнутых фильтрации, и турбокодированием, что позволяет получить высокие показатели энергетической и спектральной эффективности.

Для создания и освоения на производстве радиомодемов проработаны предложения, связанные как с конструкцией блока и аппаратной частью приемопередатчика, так и с применяемой СКК. В статье рассмотрены вопросы, связанные со схмотехническими и конструктивными решениями, а также разработки программного обеспечения изделия в части управления Радиомодемом и приема сигнально-кодовой конструкции. Реализация позволит снизить сложность при проектировании и построении подобных устройств и, как следствие, снизить затраты на производство. Конструктивные особенности позволят выполнить требования к внешним воздействующим факторам объектов и условиям установки. Также преимуществом радиостанции станут схмотехнические решения, снижающие энергопотребление изделия, повышающие такие характеристики как помехозащищенность и диапазон по блокированию.

Ключевые слова: радиостанция ДМВ диапазона, Радиомодем, БПЛА, SOQPSK, разработка.

**DEVELOPMENT OF A SMALL-SIZED BROADBAND UHF RADIO STATION
WITH THE IMPLEMENTATION OF AN ENERGETICALLY
AND SPECTRALLY EFFICIENT SIGNAL-CODE SEQUENCE****A.V. Novozhilov, A.V. Kolobkov**

JSC «RPC «Polyot»

Purpose: The article proposes and elaborates issues related to circuit design and design solutions, as well as product software development in terms of Radiomodem control and signal-code sequence reception.

Design / methodology / approach: In the Radiomodem, it is proposed to use a high-performance FPGA and a bandwidth of 40 MHz for receiving and transmitting using a highly integrated transceiver chip. This will allow for the implementation of signal-code sequence SOQPSK, which can transmit a video stream over long distances at speeds up to 12 Mbit/s. The use of a preselector in the receiving path circuit, using tunable microstrip filters, will increase the radio modem's interference immunity and extend its blocking dynamic range.

Findings: Circuit design and design solutions have been proposed to implement a modern, small-sized radio station with high characteristics and reliability for use in UAVs. A signal-code sequence with high energy and spectral efficiency - SOQPSK has been studied and implemented in this product.

Research limitations/implications: This project is the basis for the development of a family of radio stations of this type, the study and application of new advanced signal-code sequence.

Originality/value: A radio modem can be the basis for creating networks of radio stations that can combine UAVs. At the moment, the popularity of the use of UAVs is growing, and the creation of such systems is really in demand.

Key words: UHF band radio station, Radiomodem, UAV, SOQPSK, development.

УСТРОЙСТВО И СПОСОБ СОГЛАСОВАНИЯ РАДИОПЕРЕДАЮЩЕГО АНТЕННО-ФИДЕРНОГО ТРАКТА С АНТЕННАМИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

И. Ю. Хлопушин, к.т.н., ведущий научный сотрудник

АО «НПП «Полет», г. Нижний Новгород, РФ

ORCID: 0009-0009-6923-0019 e-mail: igxlop@citydom.ru

С целью повышения надежности связи в ДКМВ диапазоне необходимо согласование радиочастотных фидеров с антеннами различных типов в широкой полосе частот. От решения этой задачи напрямую зависят достоверность передачи информации и дальность связи, масса и габариты бортовых радиостанций и комплексов радиосвязи.

В работе приведена структурная схема и описан способ согласования и алгоритм работы универсального антенного согласующего устройства распределенного типа, предназначенного для согласования с радиопередающим фидером разнотипных бортовых антенн ДКМВ диапазона.

Устройство выполнено на основе двух коммутируемых на входе и выходе посредством входного и выходного высокочастотных реле параллельных согласующих контуров распределенного типа, в которых индуктивности одного контура и другого контура соединены последовательно, а между ними параллельно включено по три емкости, с возможностью выбора и коммутации контуров и емкостей посредством устройства управления на основе сравнения по заданному алгоритму напряжений в соседних плечах каждого звена согласующего контура, дополнительно введены подключенные к выходному реле два узла предварительной настройки, выбор и коммутация элементов которых осуществляется также посредством устройства управления, выполненного с возможностью запроса у передающего устройства информации о рабочей частоте и характере реактивности импеданса антенны объекта и определения рабочего поддиапазона диапазона частот, между входным высокочастотным разъемом и входным реле включен датчик КБВ и входного импеданса антенны, выдающий информацию о КБВ и входном импедансе антенны в устройство управления по шине информационно-логического взаимодействия.

Ключевые слова: антенное согласующее устройство, алгоритм, датчик.

DEVICE AND METHOD OF MATCHING THE RADIO TRANSMISSION ANTENNA-FEEDER PATH WITH ANTENNAS OF VARIOUS TYPES

I. Yu. Khlopushin

JSC "NPP "Polet"

In order to increase the reliability of communication in the DCMV range, it is necessary to coordinate radio frequency feeders with antennas of various types in a wide frequency band. The reliability of information transmission and the range of communication, the weight and dimensions of on-board radio stations and radio communication complexes directly depend on the solution of this problem. The paper presents a block diagram and describes the method of matching and the algorithm of operation of a universal antenna matching device of a distributed type designed to match with a radio transmitting feeder of various types of on-board antennas of the DCMV range.

The device is based on two parallel matching circuits of a distributed type, switched at the input and output by means of input and output high-frequency relays, in which the inductances of one circuit and the other circuit are connected in series, and three capacitances are connected in parallel between them, with the possibility of selecting and switching circuits and capacitances by means of a control device based on a comparison according to a given voltage algorithm in the adjacent arms of each link of the matching circuit, two presetting nodes connected to the output relay are additionally introduced, the selection and switching of elements of which is also carried out by means of a control device made with the possibility of requesting information from the transmitting device about the operating frequency and the nature of the reactivity of the antenna impedance of the object and determining the operating sub-range of the frequency range, between the input high-frequency connector and the input relay, a sensor of the KBV and the input impedance of the antenna is included, which provides information about the KBV and the input impedance of the antenna to the control device via the information and logic interface bus.

Keywords: antenna matching device, algorithm, sensor.

И.А. Борданов

ORCID: 0000-0001-6289-9005 e-mail: bordanov2011@yandex.ru

С.А. Щаников

ORCID: 0000-0002-3938-8896 e-mail: seach@inbox.ru

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

В работе предложен подход к созданию моделей мемристивных устройств на основе данных, полученных в процессе их программирования в определённом диапазоне резистивных состояний. Полученные таким образом модели позволяют не только заранее определить ошибку программирования конкретного резистивного состояния запоминающего устройства, но и то какие параметры программирования необходимо задать, чтобы получить требуемое сопротивление. В то же время для создания такой модели не требуется знание физических свойств мемристивных материалов, в отличие от физических и полуэмпирических подходов к моделированию.

Возможности описанного подхода продемонстрированы на примере создания модели мемристивного устройства на основе оксида циркония и дальнейшего её применения для имитационного моделирования искусственной нейронной сети.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ СП-3988.2022.5.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, модель вариации на основе данных, мемристоры, имитационное моделирование

CREATING DATA-DRIVEN MODELS FOR MEMRISTIVE DEVICES

I.A. Bordanov, S.A. Shanikov

Murom Institute (branch) Federal state budgetary Educational Institution of Higher Education "Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nickolay Grigoryevich Stoletovs"

Purpose: In this paper, an approach is proposed to create models of memristive devices based on data obtained during their programming in a certain range of resistive states.

Design/methodology/approach: The approach to creating a data-based model of a multi-dimensional device consists of several main stages. First, experiments are conducted for selected memristive devices, which consist in programming several resistive states in a certain resistance range and data accumulation. Then, for the experimental data obtained, the probability density is constructed and the probability distribution and the values of its parameters are determined. Finally, the experimental data is interpolated to obtain a model of a memristive device.

Findings: As a result of this work, a methodology for creating a model of a memristive device based on data was developed. The possibilities of using this model were illustrated by the example of evaluating the accuracy of an artificial neural network based on memristive devices.

Research limitations/implications: The study of the operation of the implemented model is limited to memristive devices based on zirconium oxide. However, the described approach can be extended to memristive devices with a different structure.

Originality/value: The models developed using the described approach can be used to evaluate the accuracy of artificial neural networks based on memristors, taking into account the errors of memristive devices. In addition, such models allow not only to determine in advance the programming error of a specific resistive state of a memristive device, but also which programming parameters need to be set in order to obtain the required resistance. At the same time, knowledge of the physical properties of memristive materials is not required to create such a model, unlike physical and semi-empirical approaches to creating models of memristor devices.

Key words: artificial neural networks, data-driven variability model, memristors, simulation

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКОГО КОРПУСА ДЛЯ ГЕРМЕТИЗАЦИИ МОНОЛИТНОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СХЕМЫ

А.Д. Дорогов

ORCID: 0009-0007-8932-5045 e-mail: aethnos-nn@yandex.com

Н.С. Корнев

ORCID: 0000-0002-7848-3917 e-mail: korneff15@rambler.ru

А.В. Назаров

ORCID: 0000-0002-0261-1724 e-mail: aNazarov@niis.nnov.ru

Р.Р. Османов

ORCID: 0000-0002-4324-7623 e-mail: rOsmanov@niis.nnov.ru

Б.Ю. Царев

ORCID: 0000-0001-8975-1588 e-mail: b.yu.tsarev@gmail.com

В.А. Шульпин

ORCID: 0009-0008-4560-6635 e-mail: vladshu@list.ru

Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный Ядерный Центр Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»

При разработке радиолокационных датчиков (РД) мм-диапазона длин волн актуальной задачей является снижение их массогабаритных и стоимостных характеристик. Ключевым узлом любого РД является СВЧ приемопередающий модуль (ППМ). Наиболее перспективным подходом при разработке ППМ РД является применение малогабаритной СВЧ элементной базы в виде монолитных интегральных схем (МИС). Использование МИС многократно повышает технологичность и на порядок снижает стоимость изготовления как ППМ, так и всего РД. При этом основные технические характеристики и работоспособность МИС при воздействии внешних факторов зависят от степени защиты, обеспечиваемой герметичным корпусом. Для герметизации МИС предлагается рассмотреть возможность использования металлокерамических корпусов отечественного производства.

В докладе представлены результаты технической реализации и экспериментальных исследований тестовой платы для ППМ мм-диапазона длин волн в герметичном корпусе.

Ключевые слова: радиолокационный датчик, приемопередающий модуль, монолитная интегральная схема, металлокерамический корпус.

METAL-CERAMIC CASE EMPLOYMENT FOR SEALING OF MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUIT

A.D. Dorogov, N.S. Kornev, A.V. Nazarov, R.R. Osmanov, B.Yu. Tsarev, V.A. Shulpin

Federal State Unitary Enterprise "Russian Federal Nuclear Center All-Russian Research Institute of Experimental Physics"

Purpose: This article considers the definition of metal-ceramic case (MCC) employment for monolithic integrated circuit sealing of 5-mm wavelength transceivers in radar sensors.

Design / methodology / approach: Investigation results of influence on electromagnetic wave expansion by attenuation factor measuring are presented. Theoretical calculation values of MCC parasitical resonance frequencies are presented.

Findings: Experimental investigation results of MCC losses by mm-wavelength electromagnetic wave propagation are presented. Measuring method of EHF signal losses values in MCC is presented. Test printed-circuit board construction for MCC electrical characteristic investigation is described.

Research limitations/implications: Research results can be used in mm-wavelength radar sensors development.

Originality/value: Realized investigation shows that values of MCC losses by mm-wavelength electromagnetic wave propagation on $60 \pm 1,5$ GHz aren't more 3 dB value. Also, the signal frequency of monolithic integrated circuit is out of MCC resonance frequency range.

Key words: radar sensor, transceiver, monolithic integrated circuit, metal-ceramic case.

**РАДИОИНТЕРФЕРОМЕТР СУБМИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

Е.Н. Богданов

ORCID: 0009-0008-0298-736X e-mail: enbogdanov@vniief.ru

В.Н. Иконников

ORCID: 0000-0001-9455-4001 e-mail: ikonnikov-vn@yandex.ru

Г.А. Козлов

ORCID: 0009-0006-5215-8610 e-mail: postmaster@ifv.vniief.ru

Н.С. Корнев

ORCID: 0000-0002-7848-3917 e-mail: korneff15@rambler.ru

А.В. Назаров

ORCID: 0000-0002-0261-1724 e-mail: nazarov52@mail.ru

Р.Р. Османов

ORCID: 0000-0002-4324-7623 e-mail: rOsmanov@niis.nnov.ru

А.В. Репин

ORCID: 0009-0005-9520-8115 e-mail: repin-niis86@mail.ru

Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный Ядерный Центр
– Всероссийский Научно-Исследовательский Институт Экспериментальной Физики»

Переход в субмиллиметровый диапазон длин волн позволит увеличить точность и разрешающую способность измерений перемещений и скоростей поверхностей объектов диагностики. Разработан радиоинтерферометр (РИ) субмиллиметрового диапазона длин волн. РИ состоит из блока питания, блока передатчиков, приемо-передающего модуля (ППМ) и антенно-фидерной системы (АФС). Блок питания обеспечивает формирование постоянных стабилизированных напряжений с низким уровнем пульсаций, необходимых для питания составных частей РИ. Блок передатчиков осуществляет формирование двух гармонических сигналов трехмиллиметрового диапазона длин волн. ППМ осуществляет преобразование входных сигналов, формируемых блоком передатчиков, в выходные сигналы субмиллиметрового диапазона длин волн, а также формирует опорный и информационный сигналы промежуточных частот. АФС представляет собой комбинированную фидерную линию, состоящую из короткого участка диэлектрического волновода и сверхразмерного металлического волновода, открытый конец которого используется в качестве облучателя.

Ключевые слова: радиоинтерферометр, субмиллиметровый диапазон, газодинамический процесс

SUB-MM RADIOINTERFEROMETER FOR GAS-DYNAMIC PROCESSES RESEARCH

E.N. Bogdanov, V.N. Ikonnikov, G.A. Kozlov, N.S. Kornev,

A.V. Nazarov, R.R. Osmanov, A.V. Repin

Federal State Unitary Enterprise “Russian Federal Nuclear Center All-Russian Research Institute of
Experimental Physics”

Development of a submillimeter interferometer in order to increase the accuracy and resolution of motion parameter measurements. The article presents a description of the interferometer and its components: power supply, transmitter unit, transceiver module and antenna-feeder system.

The results of a gas-dynamic experiment on recording the parameters of motion of a steel plate thrown by a plane detonation wave are presented. The velocity values obtained using microwave and laser interferometers are in good agreement with each other.

The results of the gas-dynamic experiment show an increase in the spatial resolution of measurements with a decrease in the wavelength of the probing radiation and confirm the operability of the device.

Key words: radiointerferometer, submillimeter range, gas-dynamic process.

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ БЕЗОТКАЗНОЙ РАБОТЫ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ПРИ ТЕПЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ ВЕРОЯТНОСТНОГО ХАРАКТЕРА С УЧЕТОМ ЭЛЕМЕНТОВ МЕТАЛЛИЗАЦИИ**П.П. Зорков**

ORCID: 0009-0008-9032-1313 e-mail: zorkovp@mail.ru

Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно - исследовательский институт экспериментальной физики»

В статье приводится описание модели оценки вероятности безотказной работы многослойных печатных плат на основе статистического моделирования с вычислением параметра состояния с помощью метода конечных элементов. Предлагается развить данный подход для решения задач тепломассопереноса на примере оценки вероятности безотказной работы многослойных печатных плат с теплоотводящими слоями как изделий, мониторинг состояния которых затруднен (либо невозможен) по причине особенностей конструкции и условий эксплуатации. Приводится описание конструкции многослойной печатной платы и механизма теплопередачи. Описывается проблема твердотельного моделирования многослойных композитных структур. Для оценки параметра состояния (максимальной температуры в опасной точке - где расположено ЭРИ, выход из строя которого является причиной возникновения отказа) предлагается использовать модель многослойной печатной платы представленной в виде эквивалентного материала.

Ключевые слова: мониторинг состояния, многослойные печатные платы, теплоотводящие слои, модель эквивалентного материала, вариационные ряды, вероятность безотказной работы

A MODEL FOR ESTIMATING THE PROBABILITY OF TROUBLE-FREE OPERATION OF AN PCB UNDER PROBABILISTIC THERMAL INFLUENCES, TAKING INTO ACCOUNT METALLIZATION ELEMENTS**P.P. Zorkov**

Federal State Unitary Enterprise «Russian Federal Nuclear Center-All-Russian Research Institute of Experimental Physics»

Purpose: The author suggests using the model he developed for estimating the state parameter of multilayer printed circuit boards to calculate the probability of trouble-free operation based on a generalized approach.

Design / methodology / approach: The article presents the specifics of the design of on-board electronic equipment products. Multilayer printed circuit boards with heat-trapping layers play a key role in the heat transfer process. Thermal loads are the main factor in the occurrence of failures. In this regard, it is concluded that it is necessary to develop a PCB model with heat-trapping layers to assess the probability of trouble-free operation under conditions of exposure to probabilistic thermal loads. It is proposed to use a statistical modeling method with calculation of the state parameter based on the finite element method

Findings: The article describes a model for estimating the probability of trouble-free operation of an MPP with heat-trapping layers under the influence of random thermal loads. To assess the condition parameter, the author's own development is used – the MPP model based on equivalent material.

Research limitations/implications: The development of a model for estimating the PCB state parameter was carried out on the basis of studies of PCB with heat-trapping layers. The parameter that takes into account the metallization elements is a universal value. Thus, the developed model can be used for printed circuit boards with different layer configurations, degree of metallization and geometric dimensions.

Originality/value: The value of the entire article lies in the following: the model for estimating the probability of trouble-free operation is a parametric model of "load-bearing capacity". The defining design parameters are presented as independent random variables, which makes it possible to describe the physical nature of failures as accurately as possible. The use of the PCB model based on equivalent material ensures high accuracy in calculating the state parameter with low computational costs. The combination of the proposed models is an established engineering method, the correctness of which is confirmed by the results of field tests.

Key words: monitoring of the state, multilayer printed circuit boards, heat dissipation layers, model based on equivalent material, variation series, probability of trouble-free operation.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВЧ РЕЗОНАТОРНОЙ СЕКЦИИ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СГУСТКОВ

И.В. Бандуркин¹

ORCID: 0000-0003-3619-302X e-mail: iluy@ipfran.ru

И.М.Летавин^{1,2}

ORCID: 0009-0002-2538-1535 e-mail: i.letavin@ipfran.ru

К.В.Минеев^{1,2}

ORCID: 0000-0002-6869-5473 e-mail: mineevkv@ipfran.ru

¹Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова Российской академии наук

²Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Эффективным средством генерации плотных коротких сгустков ускоренных электронов является фотоинжектор, в котором электроны с фотокатода эмитируются импульсом ультрафиолетового лазера с последующим ускорением в мощном СВЧ поле резонаторной секции. Наряду с характеристиками ускоряющего СВЧ колебания и эмиссионного УФ импульса, ключевыми факторами, влияющими на эффективность работы ускоряющей системы фотоинжектора, являются амплитудно-частотные характеристики его колебательной системы – высокодобротного СВЧ резонатора, резонансная частота которого настраивается на частоту сигнала возбуждения. Незначительные отклонения при изготовлении и узловой сборке резонатора в силу его большой добротности вызывают существенный уход резонансного пика, что требует тонкой ручной юстировки.

В докладе приводятся результаты электродинамического моделирования резонаторной секции фотоинжектора, изготовленной в ИПФ РАН, проводится их сравнение с результатами измерений на векторном анализаторе цепей, исследуется зависимость параметров от различных факторов: размеров резонаторной секции, наличия деформаций и неоднородностей на технологических стыках и т.д. Даются рекомендации по согласованию резонатора с рабочей частотой сигнала возбуждения. Данная работа выполняется в рамках проекта РНФ №21-72-30027.

Ключевые слова: фотоинжектор, ускоритель электронов, СВЧ резонатор.

INVESTIGATION OF THE MICROWAVE RESONATOR FOR ACCELERATING ELECTRON BEAMS

I.V. Bandurkin¹, I.M. Letavin^{1,2}, K.V. Mineev^{1,2}

¹A.V. Gaponov-Grekhov Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences (IAP RAS),

²Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: Investigation of the microwave photoinjector resonator designed to accelerate electron beams.

Design/methodology/approach: The 3D numerical simulation program used employs various methods to solve electrodynamic equations: FEM, IE, FDTD.

Findings: The report contains the resulting optimized main parameters of the microwave resonator.

Research limitations/implications: Equation solving methods for modeling require dividing the space into small cells. So, large computational resources are required for high computer performance.

Originality/value: The fabrication of a resonator with refined modeled parameters can make it possible to produce electron beams with particle energy of about 3.5 MeV and a charge of up to 100 pKl.

Key words: photoinjector, electron accelerator, microwave resonator.

Достоверность экспериментальных оценок микроволнового астроклимата, представляющего собой набор сведений об атмосферном поглощении электромагнитного излучения для конкретной местности, с помощью микроволновых радиометров тесно связана с размером пятна засветки зондируемого участка на небе, который, в свою очередь, определяется шириной главного лепестка диаграммы направленности антенны. При слишком широкой диаграмме интегральное усреднение будет производиться на слишком большом участке, что, во-первых, не позволит сканировать во всем диапазоне зенитных углов, а во-вторых, снизит динамический диапазон регистрируемых уровней, что негативно отразится на качестве результатов, получаемых при обработке радиометрических данных (метод атмосферных разрезов в приближении плоскостойкой атмосферы); при слишком узкой – будут проявляться флуктуации, связанные с локальными неоднородностями атмосферы, усреднить которые возможно лишь по времени, что не всегда удается сделать ввиду ограниченности экспериментальных серий.

По проведенному анализу оптимальным значением ширины главного лепестка диаграммы направленности антенны радиометра является 2,5-3° по уровню -3 дБ. В докладе описывается математический расчет оптимальной рупорно-линзовой антенны для субТГц радиометрического комплекса, разрабатываемого в настоящее время в ИПФ РАН, приводятся обоснование используемых технических и конструктивных решений и результаты численного моделирования, подтверждающие соответствие характеристик антенны предъявляемым требованиям, в том числе массогабаритным. Работа выполняется в рамках проекта РНФ №23-79-00006.

Ключевые слова: субТГц диапазон, радиометр, атмосферное поглощение.

HORNLENS ANTENNA OF SUB-THZ RADIOMETRIC COMPLEX

K. Mineev^{1,2}, V. Salkov^{1,2}.

¹A.V. Gaponov-Grekhov Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences (IAP RAS),

²Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The report describes a model of a sub-THz horn lens antenna. To reduce the reflection coefficient, an antireflection layer is implemented on the surface of the dielectric lens.

Design / methodology / approach: The dimensions of the horn lens antenna and its main characteristics (far-field pattern, S11 reflection coefficient) were calculated.

Findings: A sub-THz antenna design is proposed based on our electrodynamic calculations. The advantages and disadvantages of the antireflective layer of a dielectric lens are described.

Research limitations/implications: Antireflective layers of complex geometry cannot be implemented on the surfaces of Teflon lenses. Lens milling is a separate production task.

Originality/value: This calculation technique has not previously been used to calculate 230 GHz antennas.

Key words: sub-THz range, radiometer, atmospheric absorption.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ ВРЕМЕННОЙ ЗАДЕРЖКИ
НЕПРЕРЫВНОГО ФКМ СИГНАЛА

А.В. Ширкаев

ORCID: 0009-0007-5966-7343 e-mail: avshirkaev@mail.ru

Д.Н. Ивлев

ORCID:0009-0001-7939-4385e-mail:ivlev@rf.unn.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

При зондировании непрерывным фазо-кодо-манипулированным сигналом объектов, расположенных вне зоны обзора корреляционного измерителя, основанный на последетекторном вычислении функции взаимной корреляции на базе ПЛИС, возможно возникновение неоднозначности измерения временной задержки принимаемых сигналов, что в свою очередь ведет к неточности определения расстояния до объекта. При непрерывном зондировании становится невозможным применение стандартных методов расширения зоны обзора за счет разделения диапазона дальностей на сегменты. В данной статье посредством численного моделирования исследуется корреляционный измеритель на возможность различения непрерывно принимаемых ФКМ сигналов от объектов вне зоны обзора, предлагаются подходы к решению устранения неоднозначности измерения временной задержки с учетом минимизации требований к вычислительным ресурсам.

Ключевые слова: корреляция, корреляционный измеритель, зона обзора, ФКМ сигнал

RESEARCH OF THE CORRELATION METER OF THE TIME DELAY OF A
CONTINUOUS PHASE-CODE MANIPULATED SIGNAL

A.V. Shirkaev, D.N. Ivlev

National research Lobachevsky state university of Nizhny Novgorod

Purpose: The article examines the correlation meter for the possibility of distinguishing continuously received PCM signals from objects outside the coverage area, and proposes approaches to solving the ambiguity of time delay measurement, taking into account minimizing the requirements for computing resources.

Design/methodology/approach: To study the possibility of continuous processing and determine the unambiguity of PCM signals, numerical modeling of various approaches to distinguishing viewing areas was performed, taking into account the requirements of minimizing computing resources.

Findings: Various approaches to increasing the unambiguity of determining the time delay of PCM signals are considered. A method for increasing unambiguity is proposed using a combined coding rule for the reference pseudo-random sequence of the emitted PCM signal. The proposed method does not require a significant increase in computing resources.

Research limitations/implications: The present article expands the application of the correlation meter time delay.

Originality/value: The proposed approaches to increasing the unambiguity of determining the time delay can be used in radio, hydro, and acoustic location systems with limited computing resources using continuous PCM signals.

Key words: correlation, correlation meter, coverage area, PCM signal

УДК 621.396.96

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДИКИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЛОКАЦИИ НА ПРОСВЕТ В СОЧЕТАНИИ СРАДИОИНТЕРФЕРОМЕТРИИ С ДЛИННЫМИ БАЗАМИ

Н.А. Дугин^{1,2}

ORCID: 0009-0007-5517-4007 e-mail: ndugin@yandex.ru

Е.А. Панков¹

ORCID: 0009-0006-0182-2534 e-mail: pankevg98@yandex.ru

Ю.С. Федосенко¹

ORCID: 0000-0002-9434-4386 e-mail: fds1707@mail.ru

¹Волжский государственный университет водного транспорта

²Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Представлено описание радиолокационного эксперимента, использующего особенности просветной локации в сочетании с принципами радиоинтерферометрии с длинными базами. В качестве источников сигнала выступали навигационные спутники систем GPS, Galileo и Beidou, а в качестве приёмного устройства – антенна РТ-15, установленная на полигоне НИРФИ «Зимёнки». Основное внимание уделено расчёту задержки прохождения сигнала, отражённого от наблюдаемых объектов – фрагментов космического мусора на околоземной орбите. Изучен характер изменения задержки сигнала при одновременном сложном криволинейном движении как источника сигнала, так и облучаемого объекта в трёхмерном пространстве.

Ключевые слова: локация на просвет, радиоинтерферометрия, задержка прохождения сигнала

EXPERIENCE IN IMPLEMENTING A PROCESSING METHOD OF FORWARD SCATTER RADIOLOCATION DATA IN COMBINATION WITH LONG-BASE RADIO INTERFEROMETRY

N.A. Dugin^{1,2}, E.A. Pankov¹, Yu.S. Fedosenko¹

¹VolgaStateUniversityofWaterTransport

²Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod

Purpose: The main purpose of this work is to calculate the transmission delay of a signal reflected from objects of interest – fragments of space debris in low Earth orbit.

Design / methodology / approach: The study was carried out using the joint processing method of forward scatter radiolocation and long-base radio interferometry data.

Findings: Characteristics of signal delay change were studied taking into consideration simultaneous complex curvilinear movement in three-dimensional space of both the transmitter and the illuminated object.

Research limitations/implications: The gained results allow for significant improvement in the processing accuracy of experimental data.

Originality/value: The value of this work lies in the creation of a theoretical basis as an addition to already conducted and planned experiments, which allows for experimental technique improvements to obtain more reliable data.

Key words: forward scatter radiolocation, radio interferometry, signal transmission delay.

**ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОФИЛЯ ВЫСОТ ПОСАДОЧНЫМ
РАДАРНОМ**

А.В. Мякинков

ORCID: 0000-0001-6952-4134 e-mail: alex_myakinkov@nntu.ru

С.Е. Кузнецов

ORCID: 0000-0003-2862-036X e-mail: s_kuznetsov@nntu.ru

А.А. Кузин

ORCID: 0000-0002-1857-776X e-mail: kuzin_andrey@nntu.ru

Р.С. Фадеев

ORCID: 0000-0001-8877-6724 e-mail: fr_201190@mail.ru

К.Д. Логинова

ORCID: 0000-0002-1232-2125 e-mail: loginova.xenia@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для обеспечения безопасной посадки БПЛА вертолетного типа среднего размера на местности со сложным рельефом необходимо получать более детальную информацию о профиле высот площадки. Для этого требуется создание радара с трехкоординатной антенной решеткой, обеспечивающей формирование радиоизображения (карты) профиля высот в области под БПЛА в заданном секторе углов. В данной работе решается задача оценки профиля распределенной (сплошной) поверхности, на которую необходимо совершить безопасную посадку в условиях ограниченной видимости. Разработан алгоритм оценивания двумерной формы поверхности площадки, на которую необходимо произвести посадку. Проанализированы алгоритмы интерполяции отметок, которые обнаруживаются при пороговом анализе в сформированных цифровым способом лучах антенной решетки. Методом математического моделирования получены оценки ошибок определения расстояния до поверхности в зависимости от направления и отношения сигнал-шум.

Ключевые слова: беспилотные транспортные средства, миллиметровые радары, карта высот.

**ASSESSMENT OF THE ACCURACY OF DETERMINING THE HEIGHT PROFILE BY
LANDING RADAR**

A.V. Myakinkov, S.E. Kuznetsov, A.A. Kuzin, R.S. Fadeev, K.D. Loginova

Nizhniy Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: Assessment of the profile of a distributed (solid) surface on which it is necessary to make a safe landing in conditions of limited visibility. The purpose of the work is to develop algorithms for estimating the two-dimensional shape of the surface of the site on which it is necessary to land. Algorithms for interpolation of marks that are detected by threshold analysis in digitally generated beams of an antenna array are analyzed.

Design/methodology/approach: The work uses well-known methods and approaches similar to those used in widespread automotive radars - digital beamforming of the receiving antenna array, optimal accumulation of a burst of signals with a piecewise linear law of frequency tuning, threshold analysis and detection of scattering centers. To clarify the coordinates of scattering centers for a more accurate construction of a height map, the direction finding characteristic method is used.

Findings: For the method of interpolation of inverse weighted distances by mathematical analysis, estimates of errors in determining the distance to the surface are obtained depending on the direction and signal-to-noise ratio.

Originality/value: The developed algorithm can be used for use in airborne millimeter-wave radars to ensure flight and landing safety.

Keywords: unmanned vehicles, millimeter radars, elevation maps

ПРИМЕНЕНИЕ ВНУТРИПЕРИОДНОГО И МЕЖПЕРИОДНОГО ФАЗОВОГО КОДИРОВАНИЯ СИГНАЛА С ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТОТНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ В АВТОМОБИЛЬНОМ РАДАРЕ С МИМО РЕШЕТКОЙ**А.В. Мякинков**

ORCID: 0000-0001-6952-4134 e-mail: alex_myakinkov@nntu.ru

С.Е. Кузнецов

ORCID: 0000-0003-2862-036X e-mail: s_kuznetsov@nntu.ru

Р.С. Фадеев

ORCID: 0000-0001-8877-6724 e-mail: fr_201190@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (НГТУ)

Выполнен сравнительный анализ методов разделения непрерывных сигналов с частотной модуляцией (ЧМ) в автомобильных радарх миллиметрового диапазона с МИМО антенными решетками (АР). Рассмотрены вопросы энергетической эффективности и однозначности измерений параметров сигналов при использовании временного и кодового разделения. Оценены характеристики спектров отраженных сигналов для отдельных видов кодовых последовательностей. Показано, что одновременное фазовое кодирование сигналов как внутри периодов ЧМ, так и между периодами позволяет реализовать когерентное накопление отраженного от цели сигнала в лучах диаграммы направленности (ДН) виртуальной АР с последующим однозначным измерением дальности до цели и ее радиальной скорости. Применение фазовой модуляции по законам двоичных псевдослучайных последовательностей обеспечивает относительный уровень боковых лепестков двумерного спектра по размерностям «дальностной» и доплеровской частот, соответствующий величине $1/(N_R N_D)$, где N_R – число элементов кода внутри одного периода частотной модуляции, N_D – число периодов в накапливаемом сигнале (размер пачки).

Ключевые слова: автомобильный радар, МИМО антенная решетка, двоичные псевдослучайные последовательности, фазовое кодирование, однозначное измерение.

THE USE OF INTRA-PERIOD AND INTER-PERIOD PHASE CODING OF FMCW SIGNAL IN AUTOMOTIVE RADAR WITH MIMO ARRAY**A.V. Myakinkov, S.E. Kuznetsov, R.S. Fadeev**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: To provide the optimal signal detection after the coherent beam forming with unambiguous measurement of range and Doppler shift in automotive FMCW radar with MIMO array.

Design/methodology/approach: To provide the acceptable low level of the side lobes of 2D range-Doppler spectrum of the target reflected signal taken after the homodyne receiver, simultaneous coding in so called fast time (inside of the chirps) and slow time (between the chirps) by the pseudo-noise sequences (PNS) should be used.

Findings: The mathematical simulation model of the signals reflected from the target observed on the certain range R and moving with the given range velocity V_R is developed to investigate the characteristics of the range-Doppler spectrum. The level of side lobes for different sizes of PNSes used for the coding in fast time and slow time is estimated. It is shown that the level of side lobes is comparable or lower than the level of internal noise when the sizes of PNSes is bigger or equal than 128.

Originality/value: The developed algorithm will be used for the design of the next generation FMCW radars with coherent detection after the MIMO array beam forming. To provide this opportunity, the architecture of the concrete Tx/Rx chips should be learned.

Keywords: automotive radar, MIMO antenna array, binary pseudo-random sequences, phase coding, unambiguous measurement.

АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ В МАКЕТЕ АВТОМОБИЛЬНОГО РАДАРА МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

В.Н. Буров

ORCID: 0000-0003-4029-7745 e-mail: burov@nntu.ru

Р.С.Фадеев

ORCID: 0000-0001-8877-6724 e-mail: fr_201190@mail.ru

С.Е.Кузнецов

ORCID: 0000-0003-2862-036X e-mail:s_kuznetsov@nntu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе рассмотрен алгоритм обнаружения траекторий для цифровой обработки траекторной информации в автомобильных радарх миллиметрового диапазона. Предложена эффективная вычислительной точки зрения архитектура алгоритма, при которой достигается обнаружение как неподвижных, так и быстро движущихся целей. Достигается корректное обнаружение большого числа целей в сложной многоцелевой обстановке. Разработана программная реализация алгоритма для макета автомобильного радара.

Ключевые слова: вторичная обработка радиолокационной информации, обнаружение траектории, ассоциация измерений, R-RANSAC.

ALGORITHM FOR DETECTING TRAJECTORIES IN A MILLIMETER-WAVE AUTOMOTIVE RADAR

V.N. Burov

ORCID: 0000-0003-4029-7745 e-mail: burov@nntu.ru

R.S.Fadeev

ORCID: 0000-0001-8877-6724 e-mail: fr_201190@mail.ru

S.E.Kuznetsov

ORCID: 0000-0003-2862-036X e-mail:s_kuznetsov@nntu.ru

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

The paper considers an algorithm for detecting trajectories for digital processing of trajectory detection in millimeter-wave automotive radars. An algorithm architecture that is computationally efficient is proposed, in which detection of both stationary and fast-moving targets is achieved. The correct detection of a large number of targets in a complicated multi-target environment is achieved. A software implementation of the algorithm for the automotive radar area has been developed.

Key words: econdary processing of radar information, trajectory detection, measurement association, R-RANSAC.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ АНТЕНН**П.А.Тупиков**ORCID: **0009-0008-9458-580X** e-mail: **ppro@inbox.ru**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Сверхширокополосные сигналы имеют ряд уникальных применений в задачах радиосвязи, сопряжённых с измерением координат приёмных или принимающих позиций. Они используются в радиосистемах стандарта IEEE 802.15.4a и аналогах. В отличие от традиционных узкополосных сигналов - приём и передача СШП сигналов существенно зависит от используемых антенн, так как согласование и эффективность излучения в полосе, перекрывающей несколько октав, компактной антенной становится крайне сложной задачей. Это обуславливает необходимость выбора квазиоптимальных антенн, и изучения их эффективности, особенностей.

В статье рассматриваются несколько типов компактных и лёгких сверхширокополосных антенн: логопериодические, рупорные, щелевые, дисконусные, а так же искажения сигнала, возникающие при излучении и приёме сигналов такими антеннами. В статье также сформулированы рекомендации и способы оценки эффективности радиосвязи с использованием СШП сигналов по измеренным характеристикам антенн.

Ключевые слова: антенны, сверхширокополосные сигналы, импульсное радио, позиционирование, IEEE 802.15.4a.

DIFFERENT ULTRAWIDEBAND ANTENNA TYPES COMPARISON**P.A.Tupikov**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: This article considers different types of UWB antenna measurement results. Considered UWB signals are used in combined communication systems, including positioning service by the communication signals.

Design/methodology/approach: Methodology consists of selection UWB antennas samples selection and provide different kinds of measurements: phase and amplitude response, VSWR, conversion factor, radiation patterns.

Next step consists comparison of theoretical and practical results for real UWB signal propagation through selected antennas. Antenna quality factor is complex parameter, which includes

Findings: Key results are the choice of antenna applicability criteria, depending on the characteristics of target UWB signals and methods of signal reception. Another result is to estimate UWB signal propagation loss of signal for observed non optimal or surrogate antennas.

Research limitations/implications: Considered antennas generally limited by the size and weight. Results may be unuseful for other kinds of antennas.

Originality/value: The article is useful for engineers or scientists, developing modern UWB radiocommunication and/or local positioning systems. It gives focused view on UWB antenna selection, tune and achieved benefits or losses in overall radiosystems quality.

Keywords: antenna, UWB signals, pulse radio, positioning, IEEE 802.15.4a

ОБНАРУЖЕНИЕ И ОЦЕНКА ДЕФЕКТОВ В МНОГОСЛОЙНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ И ПОКРЫТИЯХ МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

А.И. Казьмин

ORCID: 0000-0001-7682-2420 e-mail: alek-kazmin@yandex.ru

П.А. Федюнин

ORCID: 0000-0001-6663-4362 e-mail: fpa1969@yandex.ru

В.А. Манин

ORCID: 0009-0005-1325-6798 e-mail: fanni.05@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Представлены результаты исследования по обнаружению и оценке протяженных межслойных дефектов в трехслойном диэлектрическом покрытии «полиметилметакрилат-фторопласт Ф-4Д-полутвердая резина» методом поверхностных электромагнитных волн. Метод основан на решении обратных задач по реконструкции геометрических параметров протяженных межслойных дефектов многослойных материалов и покрытий по частотной зависимости коэффициента ослабления поля поверхностной медленной электромагнитной волны. В отличие от методов с информативным параметром – комплексным коэффициентом отражения, позволяет увеличить точность реконструкции геометрических параметров протяженных дефектов. Повышение точности достигается в результате учёта точной зависимости коэффициента ослабления поля поверхностной электромагнитной волны от частоты, а также уменьшения количества фиксированных частот измерений.

Ключевые слова: многослойное диэлектрическое покрытие, дефект, измерение, обратная задача, коэффициент ослабления поля поверхностной электромагнитной волны, метод поперечного резонанса

DETECTION AND ASSESSMENT OF DEFECTS IN MULTILAYER DIELECTRIC MATERIALS AND COATINGS BY SURFACE ELECTROMAGNETIC WAVES METHOD.

I. Kaz'min, P. A. Fedyunin, V. A. Manin

Zhukovsky and Gagarin Voronezh Air Force Academy

Purpose: development of a method for detecting and assessing extended defects in multilayer dielectric materials and coatings with an arbitrary number of layers, based on determining their position relative to the layers of the material under study and determining their geometric parameters (thicknesses).

Design/methodology/approach: the method is based on the solution of inverse problems in the reconstruction of the geometric parameters of extended interlayer defects of special multilayer materials and coatings from the frequency dependence of the attenuation coefficient of the field of a slow surface electromagnetic wave.

Findings: the results of experimental studies that confirm the linear dependence of the attenuation coefficient of the field of a surface electromagnetic wave on frequency as well as a decrease in the number of fixed measurement frequencies are presented. The method implements a simple measurement procedure, since only the values of the field strength of the surface electromagnetic wave are measured and there is no need for phase measurements in the method. Reconstruction of geometric parameters of the extended interlayer defects of a three-layer coating consisting of polymethyl methacrylate, F-4D PTFE, and semi-hard rubber with precision 10% is realized with the use of measurements in a multifrequency measurement complex in the range 10–11 GHz by means of the new method.

Research limitations/implications: the present article provides a starting-point for further research in the measuring electrophysical parameters and defects of multilayer materials and coatings.

Originality/value: in contrast to methods that involve an informative parameter – the complex reflection coefficient – the proposed method yields an increase in the precision of the reconstruction of the geometric parameters of extended interlayer defects.

Key words: multilayer dielectric coating, defect, measurement, inverse problem, attenuation coefficient field of the surface electromagnetic wave, transverse resonance method

МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

А.И. Казьмин

ORCID: 0000-0001-7682-2420 e-mail: alek-kazmin@yandex.ru

П.А. Федюнин

ORCID: 0000-0001-6663-4362 e-mail: fpa1969@yandex.ru

В.А. Манин

ORCID: 0009-0005-1325-6798 e-mail: fanni.05@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Предложен оригинальный радиоволновый метод совместных измерений частотных зависимостей комплексных диэлектрической и магнитной проницаемостей, а также толщины плоскостойких образцов диэлектрических и магнитодиэлектрических покрытий на металлической подложке. Определение электрофизических и геометрических параметров покрытия сведено к минимизации целевой функции, построенной по невязке между экспериментальными и вычисленными теоретическими значениями коэффициентов ослабления поля поверхностной электромагнитной волны сверхвысокочастотного диапазона на сетке дискретных частот.

Ключевые слова: поверхностная электромагнитная волна, диэлектрическое покрытие, магнитодиэлектрическое покрытие, комплексная диэлектрическая проницаемость, комплексная магнитная проницаемость, частотная дисперсия, обратная задача, имитационная модель, коэффициент ослабления поля

METHOD FOR MEASUREMENT OF FREQUENCY DEPENDENCIES OF ELECTROPHYSICAL PARAMETERS OF DIELECTRIC AND MAGNETODIELECTRIC COATINGS

A. I. Kaz'min, P. A. Fedyunin, V. A. Manin

Zhukovsky and Gagarin Voronezh Air Force Academy

Purpose: development of a multi frequency optimization method for measuring the frequency dependences of complex dielectric and magnetic permeabilities, as well as the thickness of dielectric and magnetodielectric coatings on a metal substrate.

Design/methodology/approach: determination of electrophysical and geometric parameters of the coating in the proposed method is reduced to minimizing the objective function constructed based on the discrepancy between the experimental and design theoretical values of the attenuation coefficients of surface electromagnetic wave fields on a grid of discrete frequencies.

Findings: we present the new radio wave method of joint measurements of the frequency dependence of the complex permittivity, the frequency dependence of the complex magnetic permeability, and the thickness of plane-layered samples of dielectric and magnetodielectric coatings on a metal substrate. The simulation model of measurements is shown, implemented on the basis of the electrodynamic modeling system CST Microwave studio (Simulia corporation, USA) and the Matlab system. The results of simulation are presented to determine the frequency dependences of the electrophysical parameters and the thickness of a sample of a radio-absorbing coating on a metal substrate. Errors in the estimates of permittivity and permeability in the measurement frequency band 9–13,5 GHz, which are no more than 10 % with a confidence level of 0.95 with a mean square deviation of the noise level of 0,006, have been obtained.

Research limitations/implications: the present article provides a starting-point for further research in the measuring of frequency dependence of the complex permittivity and the frequency dependence of the complex magnetic permeability.

Originality/value: the proposed method can be in demand in various science-intensive areas – microelectronic, aerospace, mechanical engineering, etc.

Key words: surface electromagnetic waves, dielectric coating, magnetodielectric coating, complex permittivity, complex permeability, frequency dispersion, inverse problem, simulation model, attenuation coefficient of surface electromagnetic waves.

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ СТРУКТУРЫ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОНИЦАЕМОСТЕЙ И ТОЛЩИН МНОГОСЛОЙНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

А.И. Казьмин

ORCID: 0000-0001-7682-2420 e-mail: alek-kazmin@yandex.ru

П.А. Федюнин

ORCID: 0000-0001-6663-4362 e-mail: fpa1969@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Рассмотрена одна из важнейших проблем диагностики многослойных диэлектрических материалов и покрытий – разработка методов количественной интерпретации результатов контроля электрофизических и геометрических параметров этих материалов. Представлены результаты исследования потенциальной информативности многочастотного радиоволнового метода поверхностных электромагнитных волн при реконструкции структуры электрофизических и геометрических параметров многослойных диэлектрических покрытий. Представлена имитационная модель, позволяющая оценить точность реконструкции структуры электрофизических и геометрических параметров многослойных диэлектрических покрытий в зависимости от значений этих параметров, уровня шума измерительных данных и ширины полосы частот измерений.

Ключевые слова: многослойное диэлектрическое покрытие, радиоволновый метод, имитационная модель, обратная задача, коэффициент ослабления поля поверхностной электромагнитной волны, диэлектрическая проницаемость

ASSESSMENT OF THE ACCURACY OF RECONSTRUCTION OF THE STRUCTURE OF DIELECTRIC CONTINUITY AND THICKNESS OF MULTILAYER DIELECTRIC COATINGS BY SURFACE ELECTROMAGNETIC WAVES METHOD

A. I. Kaz'min, P. A. Fedyunin

Zhukovsky and Gagarin Voronezh Air Force Academy

Purpose: numerical study and experimental verification of the potential capabilities of the surface electromagnetic wave method for the accuracy of reconstruction of the structure of dielectric constants and thicknesses of multilayer dielectric coatings depending on the noise level in the measurement data and the measurement bandwidth.

Design/methodology/approach: the simulation model is presented that makes it possible to evaluate of the accuracy of reconstruction of the structure of the electrophysical and geometric parameters of multilayer dielectric coatings depending on their electrophysical and geometric parameters, taking into account the value of the noise level in the measurement data and the measurement frequency bandwidth.

Findings: the results of simulation and experimental investigations of reconstruction of the structure of relative permittivities and thicknesses of single-layer and double-layer dielectric coatings with different thicknesses, with different values of the standard deviation (RMS) of the noise level in the measured attenuation coefficients of the surface slow electromagnetic wave are presented. Experimental investigations and simulation results of a multilayer dielectric coating based on the following materials were investigated: polymethylmethacrylate, F-4D PTFE, Rogers RO 3010 demonstrated the theoretical capabilities gained relative error permittivity and thickness of the individual layers with relative error not greater than 10 %, with a measurement bandwidth of 1 GHz and RMS of noise level 0,003–0,004.

Research limitations/implications: the present article provides a starting-point for further research in the measuring of electrophysical parameters of multilayer dielectric coatings by the multi-frequency radio wave method of a surface electromagnetic waves.

Originality/value: the presented model allows for a specific measuring complex that implements the multi-frequency radio wave method of surface electromagnetic waves, to quantify the potential possibilities for the accuracy of reconstruction of the structure of the electrophysical parameters of multilayer dielectric materials and coatings.

Key words: multilayer dielectric coating, radio wave method, simulation model, inverse problem, permittivity, attenuation coefficient of the field of a surface electromagnetic wave.

**ГИБРИДНАЯ ИНТЕГРАЛЬНАЯ СХЕМА СВЧ-СМЕСИТЕЛЯ В ДИАПАЗОНЕ 7-25 ГГц
В КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА**Л.Р. Кириллов^{1,2}

ORCID: 0000-0003-0310-2961 e-mail: leonidkirillov000@gmail.com

А.А. Чиликов²

ORCID:0009-0001-3606-292X e-mail: chilikov_aa@mail.ru

¹Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева²НФАО «НПФ «Техноякс», г. Москва

Спроектирована гибридная интегральная схема (ГИС) СВЧ-смесителя в конструкции для поверхностного монтажа с возможностью герметизации, обладающая следующими расчетными характеристиками: потери преобразования около 7 дБ; диапазон входного СВЧ сигнала и гетеродина 7-25 ГГц; диапазон ПЧ 0-13 ГГц; изоляция каналов около 25 дБ. Для осуществления поверхностного монтажа и герметизации предложена конструкция ввода-вывода сигнала через металлизированные отверстия, которая была исследована и оптимизирована в целях согласования с 50-омным трактом и минимизации потерь в переходе. Исследована и оптимизирована ГИС двойного балансного смесителя на мостах Маршанда с целью повышения технических характеристик. Объединяя результаты упомянутых исследований, проведен электродинамический анализ смесителя в конструкции для поверхностного монтажа. Основываясь на результатах исследований, можно сделать вывод о возможности применения приведенного конструктивного решения для других ГИС СВЧ-устройств. Все расчетные характеристики получены путем анализа в САПР трехмерного электромагнитного и схемотехнического моделирования. Устройство выполнено полностью на отечественных материалах и компонентах: подложка из поликора толщиной 0,25 мм, диодная микросборка производства АО «НПП «Салют». Спроектированный смеситель является аналогом зарубежной микросхемы HMC773ALC3B.

Ключевые слова: СВЧ-смеситель, ГИС, поверхностный монтаж.

**A HYBRID INTEGRATED CIRCUIT MICROWAVE MIXER FOR THE 7-25GHZ
RANGEFABRICATED BY THE SURFACE MOUNTING TECHNOLOGY**L.R. Kirillov^{1,2}

ORCID: 0000-0003-0310-2961 e-mail: leonidkirillov000@gmail.com

A.A Chilikov²

ORCID:0009-0001-3606-292X e-mail: chilikov_aa@mail.ru

¹Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev,²Nizhny Novgorod branch of joint stock company «Scientific Production Company«Tehnojaks»

Purpose: the purpose of this work is to design a hybrid integrated circuit (HIC) microwave mixer fabricated by the surface mounting technology (SMT).

Design/methodology/approach: the research requires dividing the task into two parts: research and optimization of the signal input/output design using metallized holes, research and optimization of the mixer topology. An analysis of the entire design is carried out after carrying out the mentioned researches. All calculated characteristics of the design were obtained by analyzing in the CAD for three-dimensional electromagnetic and circuit modeling.

Findings/results: The HICmicrowave mixer by SMT with the possibility of sealing is presented. Using of this design solution is possible for other HIC microwave devices. Designedmixer has the following calculated characteristics: conversion loss is about 7 dB; RF/LO range is 7-25 GHz; IFbandwidth is DC-13GHz; isolation is about 25 dB. The designed mixer is an analog of the foreign HMC773ALC3B chip.

Originality/value: the authors propose a new HIC microwave mixer by SMT. The present article provides a promising solution for designing HIC microwave devices. The mixer made of domestic materials and components: a ceramic substrate with a thickness of 0,25 mm, diode microassembly manufactured by the RPE«Salut».

Key words: Microwave mixer, hybrid integrated circuit, surface mounting technology.

УДК 621.372.56

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ИНВЕРТИРОВАНИЯ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ И СИММЕТРИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ВАРИАНТОВ ТОПОЛОГИЙ ПОГЛОЩАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ АТТЕНУАТОРОВ

А.В. Пилькевич

ORCID: 0000-0002-8246-492X e-mail: anton-pi@yandex.ru

В.Д. Садков

ORCID: 0000-0002-0917-1186 e-mail: sadvd2016@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для построения волноводных, коаксиальных и полосковых аттенуаторов широко используются пленочные резистивные поглощающие элементы.

В литературе рассмотрены топологии поглощающих элементов на основе распределенных однородных и кусочно-однородных резистивных структур, обеспечивающих реализацию широкого диапазона ослаблений, минимизацию плотности мощности и градиентов потенциалов вблизи входного контакта. Использование кусочно-однородных структур позволяет резко снизить габариты поглощающих элементов, расширить диапазон ослаблений в область малых ослаблений, улучшить условия для работы в импульсном режиме, построить поглощающие элементы для монтажа в МПЛ резистивной пленкой вниз, вверх, в отверстие.

Предлагается методика для получения новых оригинальных вариантов топологий поглощающих элементов, среди которых могут оказаться топологии с улучшенными частотно-мощностными характеристиками, упрощенной технологией изготовления, большей устойчивостью для работы в импульсном режиме. При этом для ослабления и входного сопротивления нового поглощающего элемента получаются простые соотношения.

Ключевые слова: пленочный поглощающий элемент, аттенуатор, инверсия граничных условий, принцип симметрии.

USING THE PRINCIPLES OF INVERTING BOUNDARY CONDITIONS AND SYMMETRY TO OBTAIN NEW TOPOLOGIES OF ABSORBING ELEMENTS ATTENUATOR

A.V. Pilkevich, V.D. Sadkov

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: A technique is proposed for obtaining promising topologies of absorbing elements for typical installation methods in a transmission line with improved frequency-power characteristics

Design / methodology / approach: The combination of the principles used makes it possible to obtain new topologies, a number of which turn out to be valuable for practical application

Findings: Original topologies of absorbing elements with the same attenuation and significantly different specific surface resistance of resistive films, suitable for operation in pulsed mode.

Research limitations / implications: New topologies allow you to expand the scope of application and installation methods.

Originality / value: The parameters of the new topologies are easily expressed in terms of the parameters of the original ones.

Key words: film absorbing element, attenuator, inversion of boundary conditions, symmetry principle.

ТОПОЛОГИИ ПОГЛОЩАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ АДАПТОАТТЕНУАТОРОВ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА

А.В. Пилькевич

ORCID: 0000-0002-8246-492X e-mail: anton-pi@yandex.ru

В.Д. Садков

ORCID:0000-0002-0917-1186e-mail: sadvd2016@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е. Алексеева

Широкополосные фиксированные аттенюаторы с пленочными поглощающими элементами (ПЭ) широко используются в радиоэлектронике. Разновидностью аттенюаторов являются адаптоаттенюаторы, отличающиеся разными значениями входного и выходного сопротивлений. ПЭ аттенюаторов и адаптоаттенюаторов могут быть построены на основе как сосредоточенных (по П- и Т-схемам), так и распределенных резистивных структур. Последние отличаются нечувствительностью к точечным дефектам и неоднородностям, разбросу технологических параметров, точностью и широкополосностью, большей устойчивостью к импульсным и температурным воздействиям. Известные топологии ПЭ адаптоаттенюаторов на основе распределенных резистивных структур, разработанные ранее для коаксиальных и полосковых трактов, оказываются непригодными для поверхностного монтажа, контакты которых по технологическим соображениям должны располагаться на противоположных сторонах подложки и охватывать ее. Кроме того, перспективные топологии ПЭ должны обеспечивать при заданных ослаблении и коэффициенте трансформации уменьшение максимальных значений градиентов потенциалов и плотностей мощности, что важно для устойчивой работы в импульсном режиме. Предложены перспективные топологии ПЭ адаптоаттенюаторов для поверхностного монтажа, позволяющие в малых габаритах обеспечить необходимый диапазон ослаблений и коэффициентов трансформации, проведено их моделирование с использованием аналитических и численных методов.

Ключевые слова: пленочный поглощающий элемент, адаптоаттенюатор, градиент потенциала, плотность мощности, поверхностный монтаж.

TOPOLOGIES OF ABSORBING ELEMENTS OF ADAPTO ATTENUATORS FOR SURFACE MOUNTING

A.V. Pilkevich, V.D. Sadkov

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: Analysis of the topologies of AE adaptoattenuators, allowing for a given attenuation and transformation coefficient to reduce the maximum values of potential gradients and power densities.

Design / methodology / approach: The modeling of AE using analytical and numerical methods is carried out.

Findings: Distributed resistive structures are insensitive to point defects and inhomogeneities, have a smaller spread of technological parameters, greater accuracy and broadband, resistance to pulse and temperature influences.

Research limitations / implications: The known topologies of AE adaptoattenuators based on distributed resistive structures, developed earlier for coaxial and strip paths, are unsuitable for surface mounting, the contacts of which, for technological reasons, should be located on opposite sides of the substrate and cover it.

Originality / value: Promising topologies of AE adaptoattenuators for surface mounting are proposed, allowing in small dimensions to provide the necessary range of attenuation and transformation coefficients.

Key words: film absorbing element, adaptoattenuator, potential gradient, power density, surface mounting.

УДК 621.372

**РАЗРАБОТКА СОГЛАСОВАННОЙ СВЧ-НАГРУЗКИ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ,
ОХЛАЖДАЕМОЙ ЖИДКОСТЬЮ**

Р.В. Бударагин

ORCID: 0009-0001-3172-9633 e-mail: rbudaragin@mail.ru

З.Ю. Саласенко

ORCID: 0000-0003-3609-2632 e-mail: zina.salasenko@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Создание нагрузок большой мощности, работающих в широком диапазоне частот вызывает определенные трудности, связанные с потребностью внесения конструктивных технологических решений, которые обеспечат оптимальный уровень теплоотдачи при хорошем согласовании нагрузки с СВЧ-трактом. В докладе на основе строгого электродинамического метода производится расчет, и приводятся результаты проектирования согласованной СВЧ-нагрузки большой мощности, охлаждаемой водой

Ключевые слова: СВЧ-нагрузка, метод частичных областей, система охлаждения.

**DEVELOPMENT OF A CONSISTENT HIGH-POWER, LIQUID-COOLED
MICROWAVE LOAD**

R.V. Budaragin, Z.IU. Salasenko,

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: This article discusses the creation of a consistent high-power microwave load using a cooling system, which is a closed circuit of liquid circulation, as a heat sink.

Design / methodology / approach: It is proposed to use the partial domain method to optimize parameters as a method for calculating the matched coaxial load of high microwave power. By this method, by solving the diffraction problem, a system of linear algebraic equations with respect to wave amplitudes is obtained and coefficients are found.

Findings: The authors proposed using the partial domain method as a method for calculating a consistent coaxial load of high microwave power to optimize parameters such as geometric dimensions, at which the VSWR of the load in the operating frequency range (from DC to 1300 MHz) will be the smallest. In addition, it was found that the presence of coolant layers significantly affects the level of VSWR, and a circuit of a closed cooling system is provided, which allows to ensure the level of dissipated microwave power up to 5 kW.

Research limitations/implications: In order to limit the problem and give a complete mathematical description of the process of converting electromagnetic energy into coolant energy inside a microwave absorber, boundary conditions were used in conjunction with CFD modeling. This made it possible to visualize the temperature gradient of the coolant in the considered model in the form of a color field and achieve such an intensity of the mixing process that the coolant flow was turbulent.

Originality/value: The value of this article lies in the fact that the development of this system relates to microwave technology and can be used as an end load in waveguide paths with an increased power level. In conclusion, the paper presents the results of designing a consistent high-power microwave load cooled by liquid (water).

Key words: microwave load, partial domains method, cooling system.

УДК654.938:53.082.63

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОТРАБОТКИ РЕЖИМОВ И СБОРА ДАННЫХ ОТ МОЩНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СВЧ ЭНЕРГИИ

Р.В.Бударагин

ORCID: 0009-0001-3172-9633 e-mail: rbudaragin@mail.ru

А. Д. Серов

ORCID:0009-0008-4609-8601e-mail:alesha.serow2014@yandex.ruИ.А.

Цветкова

ORCID: 0009-0003-1923-8860e-mail: tsvetkova.ira@icloud.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Современные технологии требуют создания высокоэффективных систем управления для обеспечения стабильности и точного расчета работы различных устройств, в том числе мощных преобразователей СВЧ энергии. В докладе приводятся система отработки режимов преобразователя СВЧ энергии, а также подключенного к нему охлаждения, состоящая из одноплатного компьютера (Orange Pi Lite), который используется для отображения, обработки и хранения информации. В него встроен модуль для обработки сигналов от датчиков, подключенных к системе: датчикам расхода, уровня, температуры, электрической мощности. Сбор и обработку данных, отображение информации на сенсорный экран и архивирование логов для последующего анализа осуществляет приложение, написанное на Java (AxiomJDK) с использованием PostgreSQL.

Ключевые слова: автоматизированная система, преобразователь СВЧ, одноплатный компьютер, датчики, Java, тепловая мощность, теплообменные процессы, калибровка

AUTOMATED SYSTEM FOR MODE CONTROL AND DATA ACQUISITION FROM HIGH-POWER MICROWAVE ENERGY CONVERTER

P. V. Budaragin, A. D. Serov

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: To develop a system capable of efficiently controlling mode and data acquisition from a high-power microwave energy converter.

Design/methodology/approach: A microcontroller control system based on a single board computer is used in the work. It provides data visualization, processing and storage. An integrated module for signal processing allows interfacing with various sensors including flow, level, temperature and electrical power sensors. The software, written in Java, is responsible for collecting, processing and displaying information on the touch screen, as well as archiving logs for later analysis.

Findings: System testing showed a high correlation between the measured power and thermal power, which confirms the reliability and accuracy of the developed measurement method. Thus, the determination of the cooling system capacity and its automated control provides the necessary stability of heat exchange processes in production.

Research limitations/implications: The development and testing of microwave converters will become easier.

Originality/value: The development of microwave converter causes certain difficulties associated with the introduction of additional design and technological solutions to the devices, providing the required level of heat transfer with good load matching with the microwave path. Therefore, after the design stage it is important to experimentally test the operation modes of this load at different power levels in a wide range of changes in the parameters of the coolant.

Key words: automated system, microwave converter, single board computer, sensors, java, thermal power, heat exchange processes, calibration

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ БАЛАНСИРОВКИ БЛОКОВ БАЛЛАСТНОЙ НАГРУЗКИ

Р.В.Бударагин

ORCID:0009-0001-3172-9633 e-mail: rbudaragin@mail.ru

А. Д. Серов

ORCID:0009-0008-4609-8601 e-mail: alesha.serow2014@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им Р. Е. Алексеева

С развитием технологий в области энергетики становится все более актуальной задача обеспечения стабильной работы турбины электродвигателей в различных условиях эксплуатации. Одним из ключевых аспектов обеспечения этой стабильности является правильная балансировка мощностей на балластной нагрузке. Нарушения работы в данной ситуации могут привести к серьезным сбоям и потере энергии. Решение этой проблемы может быть найдено в разработке автоматической системы управления, способной эффективно балансировать блоки балластной нагрузки на основе данных о полезной нагрузке и внешних условий.

Ключевые слова: автоматическая система управления, балансировка нагрузки, C++, электробезопасность, ручное управление, калибровка.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR BALANCING BALLAST LOAD UNITS

P.V. Budaragin, A.D. Serov

Nizhny Novgorod state technical university n.a.R.E.Alekseev

Design / methodology / approach: To achieve the objective, Arduino microcontroller, C++ programming algorithms, and solid state relays are used to control the ballast load units. The software is developed based on a greedy algorithm that will optimally allocate the ballast load considering the current payload and data from current and voltage sensors. Current and voltage sensors are installed on bus bars connected to the ballast and payload panels to provide feedback and correct system operation.

Findings: During this project, an automatic ballast load balancing system was successfully developed and tested to effectively control the operation of a turbine or power generator under various operating conditions. The developed software meets the established requirements and provides a user-friendly interface for the operator.

Research limitations/implications: However, it should be noted that this system has limitations, such as the accuracy of payload data measurement and the need for additional customization for specific types of turbines or electric generators. Additional features such as adaptation to changing operating conditions or enhanced control and monitoring capabilities could be implemented to improve the system.

Originality/value: The originality of this project lies in the development of a control system algorithm for balancing power on ballast load based on payload data. The system has a high throughput of up to 8 measurements per second, which significantly increases the responsiveness to parameter changes. In addition, besides automatic control, it provides for manual control for more flexible converter operation. Equally important is the system's enhanced safety for closed electrical systems such as spacecraft or submarines, making it applicable in a wide range of operating environments.

Keywords: automatic control system, load balancing, C++, electrical safety, manual override, calibration

В современных малогабаритных радиолокаторах особое место занимает проблема создания коротких мощных зондирующих радиоимпульсов с прямоугольной формой огибающей. Существующие методы формирования таких импульсов в твердотельных усилителях не позволяют обеспечить либо требуемую форму огибающей, либо необходимых энергетических показателей усилителя при импульсном режиме работы. В докладе сравниваются различные методы импульсной модуляции твердотельных усилителей, предлагается реализация схемы формирования коротких импульсов (с длительностями от десятков наносекунд до единиц микросекунд) в С-диапазоне с помощью СВЧ-усилителей на GaN-транзисторах при значительной выходной мощности (100 Вт и более) и высоком подавлении выходного сигнала в паузе между импульсами. Рассмотренный подход может быть применен при проектировании малогабаритной бортовой радиолокационной аппаратуры, работающей в импульсном режиме, при жестких требованиях к потребляемой мощности и электромагнитной совместимости.

Ключевые слова: твердотельная электроника, GaN-транзистор, режим работы, импульсная модуляция, накопительный конденсатор, фронт и спад импульса, скважность

POWERFUL MICROWAVE AMPLIFIERS WITH PULSE MODULATION

S.A. Babunko, Yu.G. Belov

Nizhny Novgorod state technical university named after R.E. Alekseev

Purposes: The task is to develop a C-band output amplifier with an output power of 100 Watts, which ensure the formation of short microwave power pulses (lasting from 50 ns to 2 mcs) with signal suppression in the pause between pulses of at least minus 130 dBm.

Design/methodology/approach: Achieving the required high suppression of the output signal in the pause between pulses is impossible due to a change in the offset voltage or switching of the input microwave signal of the amplifier operating at constantly operating supply voltages of the transistor. In order to realize the necessary suppression of the output power in the pause between pulses, it was decided to use two methods of generating a radio pulse simultaneously: switching off the supply voltage of the amplifier transistors in the pause between pulses together with the manipulation of microwave switches.

Findings: To improve the pulse parameters, a voltage modulation scheme for each of the microwave amplifier transistors was developed. NEDI Technology microwave transistors were tested, which showed characteristics at the level of Toshiba transistors (uneven peak of a powerful pulse, duration of the leading/trailing edges of the microwave pulse, coinciding in the frequency band).

Research limitations/implications: The considered approach can be applied in the design of small-sized on-board radar equipment operating in pulse mode, with strict requirements for power consumption and electromagnetic compatibility.

Originality/value: By choosing the lead time of the trigger pulse and its duration, it is possible to ensure the formation of short high-power microwave pulses with steep edges and relatively low unevenness of the pulse tip, even on transistors of not the highest quality. Modulation of the supply voltage and switching of the input signal of the amplifier in the pause between pulses allows you to obtain high electromagnetic compatibility parameters, which will allow the receiver to work with high sensitivity.

Key words: solid-state electronics, GaN transistor, operating mode, pulse modulation, storage capacitor, pulse front and decay, duty cycle.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО
СОПРОТИВЛЕНИЯ РЕЗИСТИВНОЙ ПЛЕНКИ
НА ОСЛАБЛЕНИЕ АТТЕНУАТОРОВ**

И.А. Вдовиченко

ORCID: 0009-0002-3917-983X e-mail: vdovichenkoia@mail.ru

А.Е. Иванов

ORCID: 0009-0000-2040-4662 e-mail: iaearth@yandex.ru

Г.И. Шишков

ORCID: 0009-0009-8203-5058 e-mail: radiofnn@bk.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Цель работы: Разработка методики расчета характеристик ослабления аттенуаторов, учитывающей неравномерность поверхностного сопротивления тонкой резистивной пленки.

Проектирование/методология/подход: Оценка неравномерности поверхностного сопротивления, а на её базе и расчет характеристик ослабления основан на реальных исходных характеристиках напыления, зависящих от геометрии испарителей. Вводится понятие удельного дифференциального поверхностного сопротивления. По диаграммам конденсации испарителей вычисляется среднее поверхностное сопротивление для расчета ослабления аттенуатора.

Новизна: В основу расчета поверхностного сопротивления положены характеристики, определяемые диаграммами конденсации испарителей.

Научное исследование/ограничение/причастность: На конкретном примере проведен расчет и сравнение значений ослабления на основе оценок максимального, минимального ослабления, половинного усреднения и усреднения ослабления на основе диаграмм конденсации. Расчет ограничивается двумя основными элементарными типами испарителей: точечный испаритель и испаритель типа «элементарная площадка».

Оригинальность/значение: Расчет характеристик на основе диаграмм конденсации позволяет уменьшить расхождение теоретических и экспериментальных результатов и во многих случаях избежать процедуру подгонки и регулировки СВЧ (КВЧ) узлов.

Ключевые слова: резистивные пленки, поверхностное сопротивление, диаграммы конденсации, аттенуаторы, ослабление.

**EVALUATION OF THE INFLUENCE OF IRREGULARITY OF SURFACE
RESISTANCE OF A RESISTIVE FILM ON
ATTENUATOR PARAMETERS**

I.A. Vdovichenko, A.E. Ivanov, G.I. Shishkov

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R.E. Alekseev

Purpose: Development of a technique for calculating the attenuation characteristics of attenuators, taking into account the irregularity of the surface resistance of a thin resistive film

Design/methodology/approach: Taking into account the unevenness of surface resistance, and on this basis, the calculation of attenuation characteristics is built on the actual initial characteristics of coatings, depending on the geometry of evaporators. The concept of specific differential surface resistance is introduced. Based on the condensation diagrams of the evaporators, the average surface resistance is calculated, from which the attenuator parameters are calculated.

Findings: The calculation of surface resistance is based on the characteristics determined by the condensation diagrams of evaporators.

Research limitations/implications: Using a specific example, we calculated and compared attenuation values based on estimates of maximum, minimum attenuation, half averaging, and attenuation averaging based on condensation diagrams. The calculation is limited to two main elementary types of evaporators: a point evaporator and an “elementary platform” evaporator.

Originality/value: Calculation of characteristics based on condensation diagrams makes it possible to reduce the discrepancy between theoretical and experimental results and, in many cases, to avoid the procedure of fitting and adjusting microwave (EHF) units.

Key words: resistive films, surface resistance, condensation diagrams, attenuators, attenuation

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АНТЕННЫ КАССЕГРЕНА НА ЧАСТОТУ 118 ГГц С ПРЕДЕЛЬНО ДОСТИЖИМЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

В.В. Бирюков

ORCID: 0000 0002 6003 0450 e-mail: birukovvv@mail.ru

И.А. Воробьев

ORCID: 0009-0009-6639-6494 e-mail: unihoc50@yandex.ru

В.А. Малахов

ORCID: 0000-0001-5902-6908 e-mail: mr.vasmal@mail.ru

Д.В. Образцова

ORCID: 0009-0006-1220-685X e-mail: korgik.265265@gmail.com

А.С. Раевский

ORCID: 0000-0001-8676-0949 e-mail: raevsky_as@mail.ru

Ю.В. Раевская

ORCID: 0009-0008-2357-2251 e-mail: raevskaja.julija@yandex.ru

В.В. Щербakov

ORCID: 0000-0002-7744-0763 e-mail: sherbakovvv@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В беспроводной связи терагерцовый диапазон интересен для передачи больших объемов данных на дальние расстояния. Основной проблемой использования терагерцового диапазона для построения беспроводных систем связи является низкая выходная мощность источников излучения, поэтому в таких системах целесообразно использовать антенны Кассегрена, позволяющие получить узкую диаграмму направленности с коэффициентом усиления не менее 40 дБ. Приведенные характеристики антенны в терагерцовом диапазоне частот в условиях атмосферы Земли должны обеспечивать беспроводную связь на расстоянии нескольких километров, а в условиях космического пространства на несколько тысяч километров. Таким образом, представляет интерес рассмотрение антенны Кассегрена на частоте 118 ГГц с коэффициентом усиления не менее 55 дБ. В статье представлен расчет электрических характеристик антенны Кассегрена на частоту 118 ГГц. Расчет электрических параметров антенны проводился с помощью пакета программ трёхмерного моделирования электромагнитного поля методом конечных элементов. По результатам проведенных расчетов предложена антенна с применением круглого гофрированного рупора в качестве облучателя.

Ключевые слова: антенна Кассегрена, терагерцовый диапазон частот, коэффициент усиления, круглый гофрированный рупор.

DESIGNING A 118 GHZ CASSEGRAIN ANTENNA WITH EXTREMELY ACHIEVABLE CHARACTERISTICS

V.V. Biryukov, I.A. Vorobiev, V.A. Malakhov, D.V. Obratsova,

A.S. Raevsky, Yu.V. Raevskaya, V.V. Shcherbakov

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The purpose of the work is to achieve the maximum characteristics of the Cassegrain antenna, such as gain and side lobe level.

Design / methodology / approach: In this paper, the modeling of antenna Cassegrain using computer-aided design systems Ansys HFSS and CST Studio Suite is considered. The work contains the basic steps of 3D modeling of the structure with the calculation of the main characteristics at each stage of model modification and the use of the possibility of optimizing the structure to achieve optimal characteristics.

Findings: In the article, using electrodynamic modeling, the optimal dimensions of the reflector were found, with the help of which the maximum gain was achieved.

Research limitations: This article serves as a starting point for further to find solutions to optimize the design of the Cassegrain antenna in order to improve the characteristics of the antenna system.

Originality/value: Mirrored antennas are widely used in wireless communication systems. In particular, the designs of these antennas are of interest in the terahertz frequency range, where it is necessary to concentrate electromagnetic energy in a narrow beam of radiation of the main maximum. Improving the energy characteristics of mirrored antennas remains an urgent task today.

Key words: Cassegrain antenna, terahertz frequency range, gain, round corrugated horn.

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ РУПОРНОГО ОБЛУЧАТЕЛЯ АНТЕННЫ
КАССЕГРЕНА НА 118 ГГц****И.А. Воробьев**

ORCID: 0009-0009-6639-6494 e-mail: unihoc50@yandex.ru

Д.В. Образцова

ORCID:0009-0006-1220-685X e-mail:korgik.265265@gmail.com

В.В. Щербаков

ORCID:0000-0002-7744-0763 e-mail: sherbakovvv@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Одним из ограничивающих факторов для использования терагерцового диапазона частот в телекоммуникационных системах является активное поглощение такого типа излучения водой и водяными парами в воздухе. Из-за этого терагерцовые системы связи применяются в качестве систем ближней и средней дальности (до 5 км). Одним из перспективных направлений является использование терагерцового диапазона для спутниковой связи в космосе, где отсутствует поглощение в атмосфере. При этом к антенне предъявляются требования большого коэффициента усиления и узкого главного лепестка диаграммы направленности для обеспечения дальней межспутниковой связи. Таким требованиям удовлетворяют антенны, построенные по схеме Кассегрена, где в качестве облучателя используются различные виды рупоров. Практика показывает, что использование в качестве облучателя пирамидального рупора не позволяет эффективно передавать энергию от генератора к системе зеркал антенны Кассегрена из-за рассеяния энергии в свободное пространство. В работе приводится анализ рупорных облучателей, используемых в антеннах Кассегрена, для повышения энергетической эффективности антенны в терагерцовом диапазоне частот. Повышение энергетической эффективности достигается за счет увеличения коэффициента направленного действия антенны и минимизации уровня боковых лепестков. В качестве анализируемых рупорных облучателей были выбраны пирамидальный рупорный излучатель, используемый в лабораторном макете антенны Кассегрена на 220 ГГц, и круглый гофрированный рупорный излучатель.

Ключевые слова: круглый гофрированный рупор, рупорный облучатель, антенна Кассегрена, энергетическая эффективность антенны.

**CHOOSING THE OPTIMAL DESIGN OF THE 118 GHZ CASSEGRAIN ANTENNA HORN
IRRADIATOR****I.A. Vorobiev, D.V. Obrastsova, V.V. Shcherbakov**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The paper provides an analysis of horn irradiators used in Cassegrain antennas to increase the energy efficiency of the antenna in the terahertz frequency range.

Design / methodology / approach: In this paper, the modeling of horns using computer-aided design systems Ansys HFSS and CST Studio Suite is considered. The work contains the basic steps of 3D modeling of the structure with the calculation of the main characteristics at each stage of model modification and the use of the possibility of optimizing the structure to achieve optimal characteristics.

Findings: Comparing the characteristics of the horns will allow you to choose the optimal horn design for use in the Cassegrain antenna.

Research limitations/implications: This article serves as a starting point for further modeling and obtaining the maximum gain of the Cassegrain antenna at 118 GHz.

Originality/value: Horns are used as irradiators of mirror antennas. The characteristics of the horn directly affect the characteristics of the dual-mirror antenna antenna system, such as the gain in the direction of the main maximum and the level of the side lobes. This article presents a comparison of two types of horns using electrodynamic modeling programs.

Key words: round corrugated horn, horn irradiator, Cassegrain antenna, antenna energy efficiency.

УДК 621.372

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И НАСТРОЙКА (КАЛИБРОВКА) ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ДИПЛЕКСЕРОВ И МУЛЬТИПЛЕКСЕРОВ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ LTE

В.А.Грачев

ORCID:0000-0002-9665-6877 e-mail: grachev.v@yandex.ru

Е.А. Крашенинникова

ORCID: 0009-0000-4285-6067 e-mail: katya-krasheninnikova@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Уровень опыта и экспертных знаний, необходимый для точной настройки и построения фильтров исключает массовое производство этих устройств. По иронии судьбы, эти же фильтры становятся все более необходимыми в больших количествах для услуг беспроводной связи, вследствие роста систем сотовой связи. Данная работа посвящена проектированию и настройке фильтров, которые используются в диплексерах и мультиплексерах базовых станций LTE. В статье представлены результаты расчета характеристик резонаторного фильтра с помощью матриц связи. С помощью программного пакета Ansys HFSS проведено моделирование конструкции фильтра. Проведено исследование характеристик фильтра с помощью программы HFSS, а также экспериментальное исследование с помощью опытного образца. В работе предлагается алгоритм настройки фильтра с помощью регулировочных винтов с применением векторного анализатора цепи. Основным методом настройки в частотной области фильтра заключается в измерении отклика параметров S11 и S21.

Ключевые слова: резонаторный фильтр; базовые станции LTE; настройка фильтра.

DESIGNING AND CONFIGURING (CALIBRATION) FILTERS FOR BUILDING LTE BASE STATION DIPLEXERS AND MULTIPLEXERS

V.A. Grachev, E.A. Krasheninnikova

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: This paper discusses possible approaches to the implementation of the filter, as well as the method of configuring this filter.

Design / methodology / approach: At the first stage, the filter design was modeled in the HFSS software package. Next, the real filter is configured using the Rohde&Schwarz vector analyzer. It is used to measure the S-parameters of the filter.

Findings: A ready-made algorithm for configuring filters has been obtained. The modeling and calculation of the filter characteristics in the HFSS environment has been carried out.

Research limitations/implications: The results presented in the report can show and explain the resonator filter design process. The filter adjustment algorithm can increase understanding of the method of its adjustment, as well as reduce the time for its adjustment.

Originality/value: Due to the growing number of base stations and improvements in cellular communication systems, this has led to stricter requirements for filters and diplexers used at base stations, therefore new options are required to improve these devices. The value of this work lies in considering the process of designing and configuring resonator filters, which can help to improve the processes of working with these devices.

Key words: resonator filter; LTE base stations; setting up the filter.

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В САПР ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ДИПЛЕКСЕРОВ И МУЛЬТИПЛЕКСЕРОВ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ LTE

В.В. Бирюков

ORCID: 0000 0002 6003 0450 e-mail: birukovvv@mail.ru

И.А. Воробьев

ORCID: 0000-000X-XXXX-1XX e-mail: unihoc50@yandex.ru

В.А. Малахов

ORCID: 0000-0001-5902-6908 e-mail: mr.vasmal@mail.ru

Д.В. Образцова

ORCID: 0009-0006-1220-685X e-mail: korgik.265265@gmail.com

А.С. Раевский

ORCID: 0000-0001-8676-0949 e-mail: raevsky_as@mail.ru

Ю.В. Раевская

ORCID: 0009-0008-2357-2251 e-mail: raevskaja.julija@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Особое место среди СВЧ ППФ занимают фильтры, входящие в состав мультиплексоров систем сотовой связи с конструкцией на коаксиальных резонаторах. Технологии их изготовления и сборки продолжают совершенствоваться. В работе рассмотрено моделирование фильтров диапазонов n78 и b7 с использованием САПР Ansys HFSS и CST Studio Suite. Работа содержит основные шаги 3D моделирования конструкций фильтров с расчетом основных характеристик на каждом этапе модификации моделей и применение возможности оптимизации конструкции для достижения оптимальных характеристик. Для создания моделей фильтров диапазона b7 за основу была взята модель коаксиального фильтра диапазона n78, перенесенная с лабораторного макета в САПР HFSS. Для изменения диапазона рабочих частот фильтра была изменена высота резонаторов, в том числе и самого корпуса, для сужения рабочей полосы частот фильтра были уменьшены связи между резонаторами, были уменьшены ширины окон связи между соседними резонаторами. Дальнейшее изменение конструкции с целью уменьшения потерь в полосе пропускания фильтра производилось с использованием автоматической оптимизации.

Ключевые слова: диплексор, мультиплексор, моделирование, полосно-пропускающие фильтры

ELECTRODYNAMIC MODELING IN CAD OF FILTERS FOR BUILDING DIPLEXERS AND MULTIPLEXERS OF LTE BASE STATIONS

V.V.Biryukov, I.A.Vorobiev, V.A.Malakhov, D.V.Obraztsova, A.S.Raevsky, Yu.V.Raevskaya
Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: This article discusses the possibility of modeling coaxial filters as part of a diplexer using CAD in order to improve the design of filters and diplexers from the point of view of its manufacturing technology.

Design / methodology / approach: In this paper, the modeling of filters using computer-aided design systems Ansys HFSS and CST Studio Suite is considered. The work contains the basic steps of 3D modeling of the structure with the calculation of the main characteristics at each stage of model modification and the use of the possibility of optimizing the structure to achieve optimal characteristics.

Findings: This approach allows us to study how modification of the filter model affects the main characteristics. In the future, with this in mind, create filter models for different ranges using a proven scheme for solving this problem.

Research limitations/implications: This article serves as a starting point for further research in field of electrodynamic modeling of filters for construction of diplexers and multiplexers of LTE base stations.

Originality/value: Ultrahigh frequency bandpass filters are widely used in various radio engineering devices. A special place among microwave band-pass filters is occupied by filters that are part of multiplexers, in particular, diplexers used in cellular communication systems. Filter and diplexer designs based on coaxial resonators are widely used in mobile communication systems. In this paper, steps have been proposed to model these structures and obtain optimal characteristics.

Keywords: diplexer, multiplexer, modeling, band pass filters

**НОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТРАКТОВ ОПТИЧЕСКИХ
ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ ПРИ ВВОДЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ И В ЕЕ ПРОЦЕССЕ**

К.А. Батенков

ORCID: 0000-0001-6083-1242 e-mail: pustur@yandex.ru

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва

В работе обобщаются параметры, нормы, цели, ограничения и процедуры при вводе в эксплуатацию и в процессе эксплуатации международных трактов блоков данных оптического канала и секций транспортных блоков оптического канала, транспортируемых посредством оптической транспортной сети. Показано, что для анализа результатов контроля определяются пороговое значение числа секунд с существенными ошибками и пороговое значение числа блоков с фоновыми ошибками за период наблюдения для трактов. Указывается, что если за период наблюдения по результатам эксплуатационного контроля получены число секунд с существенными ошибками или число блоков с фоновыми ошибками, то тракт считается успешно прошедшим испытания только при условии неперевышения допустимых порогов. Демонстрируется наличие двух стандартных длительностей интервалов измерений при контроле во время эксплуатации (технического обслуживания), каждому из которых соответствуют свои предельные значения показателей. Первая длительность контроля соответствует 15 минутам и используется при идентификации неприемлемого уровня показателей качества, либо возврате в нормальное состояние. Вторая длительность контроля соответствует одним суткам и используется при идентификации ухудшенного уровня показателей качества. При этом пороговые значения ухудшенных качественных показателей рассчитываются исходя из 75 % границы для трактов.

Ключевые слова: оптический тракт, эталонная модель, оперативные нормы, категории длины, уровни показателей качества.

**QUALITY INDICATORS NORMALIZATION OF OPTICAL TRANSPORT NETWORK PATHS
DURING COMMISSIONING AND IN ITS PROCESS**

К.А. Batenkov

MIREA – Russian technological university, Moscow

Purpose: The paper summarizes the parameters, norms, goals, restrictions and procedures for commissioning and during operation of international paths of optical channel data blocks and sections of optical channel transport blocks transported via an optical transport network.

Design / methodology / approach: The methodology used involves the consideration and analysis of the main current governing documents of the industry: domestic GOST and recommendations of the International Telecommunication Union.

Findings: It is shown that for the analysis of the control results, the threshold value of the number of seconds with significant errors and the threshold value of the number of blocks with background errors for the observation period for the paths are determined.

Research limitations/implications: As a limitation, we can consider the study of only open freely distributed documents of the industry.

Originality/value: It is indicated that if during the observation period, according to the results of operational control, the number of seconds with significant errors or the number of blocks with background errors are obtained, then the tract is considered to have successfully passed the tests only if the permissible thresholds are not exceeded. The presence of two standard durations of measurement intervals during monitoring during operation (maintenance) is demonstrated, each of which corresponds to its own limit values of indicators. The first control duration corresponds to 15 minutes and is used to identify an unacceptable level of quality indicators, or to return to normal. The second control duration corresponds to one day and is used to identify a degraded level of quality indicators. At the same time, the threshold values of degraded quality indicators are calculated based on 75% of the boundary for the paths.

Key words: optical path, reference model, operational standards, length categories, levels of quality indicators

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ДОСТУПНОСТИ СИСТЕМЫ СВЯЗИ И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ В ХОДЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАЧ

С.С. Белоусов

ORCID: 0009-0001-4483-4600 e-mail: belousovvtel@yandex.ru

П.А. Федюнин

ORCID: 0000-0001-6663-4362 e-mail: fpa1969@yandex.ru

М.А. Стафеев

ORCID: 0009-0002-4460-911X e-mail: stafeevmih@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

В статье рассмотрены роль и место системы связи в обеспечении управления силами государственной авиации, а также особенности методики, позволяющей произвести оценку уровня доступности системы связи и радиотехнического обеспечения авиационного формирования. В основу методологического подхода положена оценка устойчивости на трех уровнях показателей: частном, общем и обобщенном.

Ключевые слова: доступность, система управления, система связи, государственная авиация, органы управления, коэффициента доступности узлов связи.

AN APPROACH TO ASSESSING THE AVAILABILITY OF A COMMUNICATION SYSTEM AND RADIO ENGINEERING SUPPORT FOR STATE AVIATION FLIGHTS DURING THE PERFORMANCE OF TASKS

S.S. Belousov, P.A. Fedyunin, M.A. Stafeev

Military Training and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin" (Voronezh)

Purpose: to develop a methodology for assessing the availability of a communication system and radio engineering support, functioning in the interests of managing the forces of state aviation, based on determining the ability to provide officials of management bodies of control points of various links with access to the resources of a public communication system.

Design/methodology/approach: the quantitative assessment of the branching is based on the assessment of the radii of the zones of possible organization of direct connections by means of linking communication nodes to communication networks, calculated in accordance with technical capabilities.

Findings: As an indicator characterizing the degree of coverage by the communication system and radio engineering support for state aviation flights of the task band, the article adopts the coefficient of coverage C_S of the total area of deployment of control points for the formation of state aviation by the access zones of the control point communication node to the support and auxiliary communication nodes, as well as the coefficient of accessibility of control points communication nodes to communication network channels C_N , as the ratio of the number of communication nodes of control points with access to the reference communication nodes of communication networks to the total number of communication nodes of control points deployed in the military action zone.

Research limitations/implications: The proposed new approach assumes to provide the field of control of state aviation forces to the full depth of performing tasks for their intended purpose in the predicted conditions of destructive impact.

Originality/value: The proposed methodological approach involves solving the problem of assessing the indicator characterizing the degree of coverage of the communication system and radio engineering support for state aviation flights of the task band in conditions when the areas of deployment of communication nodes of control points are unknown at the planning stage, and therefore there is a need to cover with access zones possible areas of deployment of control points in the band of upcoming actions.

Key words: accessibility, management system, communication system.

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ УСТОЙЧИВОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ СВЯЗИ СИСТЕМОЙ СВЯЗИ И РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ

С.С. Белоусов

ORCID: 0009-0001-4483-4600 e-mail: belousovtel@yandex.ru

П.А. Федюнин

ORCID: 0000-0001-6663-4362 e-mail: fpa1969@yandex.ru

М.А. Стафеев

ORCID: 0009-0002-4460-911X e-mail: stafewmih@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

В статье рассмотрены роль и место системы связи в обеспечении управления силами государственной авиации, а также особенности методики, позволяющей произвести оценку уровня устойчивости системы связи и радиотехнического обеспечения авиационного формирования. В основу методологического подхода положена оценка устойчивости на трех уровнях показателей: частном, общем и обобщенном.

Ключевые слова: устойчивость, система управления, система связи, государственная авиация, органы управления, коэффициент исправного действия.

AN APPROACH TO ASSESSING THE STABILITY OF THE FUNCTIONING OF THE COMMUNICATION SYSTEM BY THE COMMUNICATION SYSTEM AND RADIO ENGINEERING SUPPORT FOR STATE AVIATION FLIGHTS

S.S. Belousov, P.A. Fedyunin, M.A. Stafeev

Military Training and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin" (Voronezh)

Purpose: This article considers to develop a methodology for assessing the stability of a communication and radio engineering system functioning in the interests of managing the forces of state aviation, based on determining the ability to provide control under the influence of various destructive factors, including natural and man-made ones.

Design/methodology/approach: to assess the state of stability of the communication system and radio engineering support, which is the technical basis of the control system of the state aviation forces, the main attention in the article is paid to the analysis of the coefficient of serviceability of the communication resource K_u , as well as the coefficient of downtime of the communication resource K_n , characterizing the probability that the communication channel will be serviceable (operable) at any given time. As criteria for assessing the level of stability of a communication system, it is proposed to adopt a scale classified by the value of the coefficient of stability of the communication direction as a complex structure determined by the stability of the totality of its constituent communication lines (channels), the coefficient of serviceability of communication channels. As an indicator characterizing the coefficient of serviceability of the communication system and radio engineering support for state aviation flights K_u^{cc} , the article adopted the coefficient of serviceability of communication directions K_u^{hc} , taking into account the coefficients of serviceability of the communication direction in terms of survivability, noise immunity, reliability.

Research limitations/implications: The proposed new approach assumes to provide the field of control of state aviation forces to the full depth of performing tasks for their intended purpose in the predicted conditions of destructive impact.

Originality/value: The novelty of the proposed methodological approach is the scientifically based calculation of the stability indicator of the communication system, which provides for determining the amount of resource used for reflexive control by the opposing side, which has a destructive effect on the communication system.

Key words: stability, control system, communication system, state aviation, management bodies, coefficient of serviceability.

**СОВРЕМЕННЫЕ ВЗГЛЯДЫ НА ПОСТРОЕНИЕ
СЕТИ СВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ****Б.И. Волков**

ORCID: 0009-0004-0811-3744 e-mail: volkovbron@yandex.ru

П.А. Федюнин

ORCID: 0000-0001-6663-4362 e-mail: fpa1969@yandex.ru

М.А. Стафеев

ORCID: 0009-0002-4460-911X e-mail: stafeewmih@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

В статье проведен анализ факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на создание и функционирование ключевых элементов сети связи специального назначения (СН) в современных условиях – узлов связи пунктов управления (УС ПУ) и транспортной сети связи на тактическом уровне. Цель – сформулировать тактико-технические требования к построению сети связи СН и определить направления ее дальнейшего совершенствования с учетом опыта применения отечественных телекоммуникационных технологий в вооруженных конфликтах. Результатом работы является выработка единых подходов к построению сети связи СН на основе системного анализа и прогнозирования, уточнение существующих взглядов на перечень и функциональные возможности военной техники связи с перспективой ее дальнейшего применения в полевых условиях. Новизна предлагаемого подхода заключается в выработке единых подходов по созданию тактической системы связи, обладающей свойствами конвергентности с динамической самоорганизацией, гарантированной криптозащитой и разведзащищенностью, с использованием технологии искусственного интеллекта, позволяющей интегрировать услуги связи по предоставлению актуальной информации на УС ПУ, и устойчивых ко всем видам внешнего воздействия.

Ключевые слова: сеть связи, узел связи, построение, технологии, подходы, направления

**MODERN VIEWS ON THE CONSTRUCTION OF A SPECIAL-PURPOSE (SP)
COMMUNICATION NETWORK****B.I. Volkov, P.A. Fedyunin, M.A. Stafeev**Military Training and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Prof. N. E.
Zhukovsky and Yu. A. Gagarin" (Voronezh)

Purpose: To formulate tactical and technical requirements for the construction of the SP communication network and determine the directions for its further improvement, taking into account the experience of using domestic telecommunication technologies in existing armed conflicts.

Design/methodology/approach: On the basis of system analysis and forecasting, it is proposed to clarify the existing views on the composition and functionality of communication equipment with the prospect of its further application in the field.

Findings: The result of the work is the development of unified approaches to the construction of a SP communication network in modern conditions.

Research limitations/implications: The paper discusses the field component of a special-purpose communication network.

Originality/value: The novelty of the proposed approach lies in the development of unified views on the creation of a field communication system of the tactical level, which has the properties of convergence, dynamic self-organization with guaranteed cryptographic protection and intelligence security, using artificial intelligence technology, which allows you to independently integrate communication services for the provision of up-to-date information on the control panel, and resistant to all types of external influence.

Key words: communication network, communication node, construction, technologies, approaches, directions.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ДОСТУПНОСТИ СЕТИ АВИАЦИОННОЙ РАДИОСВЯЗИ

А.В. Рябов

ORCID: 0000-0003-4578-0840 e-mail: ryalvy@mail.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

В работе предложены способы снижения электромагнитной доступности элементов сетей авиационной радиосвязи на основе оптимизации энергетических и временных показателей. Рассмотрены возможности по оптимизации энергетических и временных показателей на основе адаптивного управления структурным и параметрическим ресурсом. Структурная адаптация предлагается на основе ретрансляции сигналов по составным или параллельным радиолиниям при установке ретрансляторов на беспилотных летательных аппаратах и аэростатах. Произведена оценка эффективности разработанных способов и сделаны рекомендации по их практическому применению в сетях авиационной радиосвязи.

Ключевые слова: электромагнитная доступность, авиационная радиосвязь, оптимизация, ретрансляция.

OPTIMIZATION OF INTERFERENCE IMMUNITY INDICATORS OF AERONAUTICAL RADIO COMMUNICATION NETWORK

A. V. Ryabov

Military Training and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin" (Voronezh)

Purpose: The author proposes ways to reduce the electromagnetic accessibility of elements of an aviation radio communication network based on optimizing its performance.

Design / methodology / approach: Analysis of indicators of electromagnetic accessibility of elements of an aviation radio communication network allowed the author to divide them into energy and time. The possibilities of optimizing energy and time indicators based on adaptive control of the structural and parametric resource of the radio communication network are considered. Structural adaptation is proposed on the basis of relaying signals over composite or parallel radio links when installing repeaters on unmanned aerial vehicles and balloons. The effectiveness of the developed methods was assessed and recommendations were given for their practical application in aviation radio communication networks.

Findings: The work proposes ways to reduce the electromagnetic accessibility of elements of aviation radio communication networks based on optimization of energy and time parameters. The possibilities for optimizing energy and time indicators based on adaptive control of structural and parametric resources are considered. Structural adaptation is proposed on the basis of relaying signals over composite or parallel radio links when installing repeaters on unmanned aerial vehicles and balloons. The effectiveness of the developed methods was assessed and recommendations were made for their practical application in aviation radio communication networks.

Research limitations/implications: The study is limited to an aviation radio communication network with repeaters deployed on unmanned aerial vehicles and balloons. The results obtained can be used in the construction of automated radio communication networks with adaptive control of structural and parametric resources.

Originality/value: Developed methods for optimizing energy and time indicators of electromagnetic availability in aviation radio communication networks with adaptive control of structural and parametric resources make it possible to minimize the power and time of radiation of individual elements of the radio network based on parallel and alternating relaying of signals through two or more repeaters with in-phase addition of signals at the receiving point. The practical implementation of the proposed methods, when used in combination with existing methods of parametric adaptation, makes it possible to reduce the electromagnetic accessibility of elements of aviation radio communication networks in order to ensure its secrecy.

Key words: electromagnetic accessibility, aviation radio communications, optimization, relay.

**НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ
РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ**

А.В. Трухин

ORCID: 0000-0003-1260-1746 e-mail: truxin82@rambler.ru

С.Ю. Чупрасов

ORCID: 0009-0003-3036-4569 e-mail: uvelir09@list.ru

М.А. Стафеев

ORCID: 0009-0002-4460-911X e-mail: stafeewmih@yandex.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

В статье проведен анализ факторов, влияющих на эффективность функционирования системы радиотехнического обеспечения полетов. Цель работы – сформулировать основные направления совершенствования системы радиотехнического обеспечения полетов авиационных формирований. Показаны основные недостатки существующей системы, проанализированы перспективные технические решения. Предложен вариант применения импульсно-фазовых радиотехнических систем дальней навигации в дифференциальном режиме работы. Новизна предлагаемого подхода заключается в оперативном использовании ресурсов радиотехнических систем дальней навигации исходя из требований потребителя по повышению точности определения собственных координат в заданном районе в требуемое время. Разработанный способ позволяет обеспечить решение навигационных задач потребителями в условиях сложной радиоэлектронной обстановки.

Ключевые слова: радиотехническое обеспечение полетов, радиотехнические системы дальней навигации

**DIRECTIONS FOR IMPROVING THE SYSTEM
RADIO FLIGHT SUPPORT**

A.V. Trukhin, S.Y. Chuprasov, M.A. Stafeev

Military Training and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin" (Voronezh)

Purpose: The article analyzes the factors influencing the efficiency of the flight radio support system and the main directions for improving the system of radio technical support for aviation flights were formulated.

Design/methodology/approach: Based on system analysis and forecasting, it is proposed to clarify existing views on the composition and functioning of the radio technical flight support system with the prospect of its further use in modern conditions.

Findings: The main disadvantages of the existing system are shown, promising technical solutions are analyzed. An option for using pulse-phase radio engineering systems for long-range navigation in a differential operating mode is proposed.

Research limitations/implications: The article discusses directions for improving the system of radio technical support for aviation flights.

Originality/value: The novelty of the proposed approach lies in the operational use of the resources of long-range navigation radio systems based on consumer requirements to increase the accuracy of determining one's own coordinates in a given area at the required time. The developed method allows consumers to solve navigation problems in a complex radio-electronic environment.

Keywords: radio technical support for flights, long-range navigation radio systems

**АНАЛИЗ МЕТОДИКИ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИКИ
НАРУШЕНИЯ СОСТОЯНИЙ ЗАЩИЩЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ОТ УГРОЗ
ВОЗДЕЙСТВИЯ ВРЕДНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Р.А. Хворов

OCRID: 0000-0002-5718-6227 e-mail: khvoroff@rambler.ru

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

Анализ существующего методического аппарата оценки угроз безопасности информации, как инструмента исследования проблемы адаптивного управления процессом обеспечения защищенности информационных ресурсов автоматизированных систем специального назначения (АССН) от угроз воздействия вредоносного программного обеспечения (ВПО), показал необходимость уточнения ряда положений для его использования в качестве концептуальной основы количественной оценки характеристики нарушения состояний защищенности информации этих систем.

В-первых, это связано с эмпирическим характером процедуры оценки возможностей нарушителя по использованию ВПО для реализации несанкционированного доступа к информации АССН, а во-вторых, с возможностью построения функциональных моделей угроз воздействия ВПО на информационные процессы АССН на основе выявленных закономерностей практики выявления инцидентов, связанных с реализацией такого рода угроз. Такие модели позволяют детализировать последовательность действий нарушителя.

Таким образом, существующий методический аппарат оценки угроз безопасности информации, применительно к угрозам воздействия ВПО, концептуально охватывает лишь часть вопросов построения исследовательской среды для решения проблемы адаптивного управления процессом обеспечения защищенности информационных процессов АССН от угроз воздействия ВПО.

Ключевые слова: адаптивного управления, оценка угроз безопасности информации, защищенность информационных процессов

**ANALYSIS OF THE METHODOLOGY FOR QUANTIFYING CHARACTERISTICS
VIOLATIONS THE INFORMATION SECURITY CONDITIONS OF AUTOMATED SPECIAL
PURPOSE SYSTEMS FROM THREATS OF EXPOSURE TO MALICIOUS SOFTWARE**

R.A.Khvorov

Military Training and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin" (Voronezh)

Purpose: Analysis of existing methodological equipment for assessing threats to information security, such as instrumental studies the problems adaptive control of the process ensuring security information resources of automated systems for special purposes (ASSP) from the effects of threats traditional software (VPO), showed the need to clarify the rules for its use in conceptual form. Basics quantitative assessment of the characteristics security violations these information systems

Research limitations/implications: Firstly, this is due to the empirical nature of the procedure for assessing the ability an intruder to use malware to implement unauthorized access ASSP information, and secondly, with the possibility of constructing functional models of threats of the impact of malware on ASSP information processes based on the identified patterns of incident detection practice associated with the implementation of such threats. Such models allow us to detail the sequence actions of the intruder.

Originality/value: The existing methodological apparatus for assessing threats to information security, in relation to threats from malware, conceptually covers only part of the issues constructing a research environment to solve the problem adaptive management of the process ensuring security of information processes ASSP from threats malware.

Key words: adaptive management, assessment of threats to information security, security of information processes

**ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ЗАПАЗДЫВАНИЯ В МНОГОПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЯХ**

О.А. Маркелов

ORCID:0000-0002-6099-8867 e-mail:oamarkelov@etu.ru

Н. Тымченко

ORCID: 0009-0005-1489-8725 e-mail: ntymchenko@etu.ru

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

Целью работы являлось сравнение результатов оценки времени запаздывания в многопользовательских системах, полученных в результате теоретического расчета, математического и имитационного моделирования, а также изучение статистических характеристик сервера. Для оценки времени запаздывания производилось сравнение функций распределения. Для теоретического расчета использовалось q -экспоненциальное распределение. Математическое моделирование реализовано в терминах теории массового обслуживания: генерировался набор взаимно коррелированных рядов с долговременной зависимостью, затем производилось «агрегирование» путем суммирования полученных временных рядов с последующим конкатенированием и сортировкой. Для имитационного моделирования использовалась СМО М/М/1, в которой для каждого пользователя задавались переменные интенсивности, полученные в результате математического моделирования. Имитационное моделирование позволяет учесть переходные процессы и задержки, которые возникают в реальных системах при изменении интенсивности, поэтому оценка времени обслуживания оказывается выше, чем в результате математического моделирования. Функция распределения, полученная в результате имитационного математического моделирования, хорошо описывается теоретической q -экспонентой.

Ключевые слова: многопользовательская система, время запаздывания, функция распределения, имитационное моделирование

ESTIMATION OF LAG TIME IN MULTI-USER INFORMATION NETWORKS

O. A. Markelov, N. Tymchenko

Saint Petersburg electrotechnical university "LETI" n.a. V.I. Ulyanov (Lenin)

Purpose: To compare the results of estimating the delay time in multi-user systems obtained as a result of theoretical calculation, mathematical and simulation modeling. Studying the statistical characteristics of the server.

Design/methodology/approach: The distribution functions were compared. The q -exponential distribution was used for the theoretical calculation. Mathematical modeling is implemented in terms of queuing theory, initially a set of mutually correlated series with long-term, and then "aggregation" was performed by summing the obtained time series followed by concatenation and sorting. For simulation, the M/M/1 queuing system was used, in which intensity variables obtained as a result of mathematical modeling were set for each user.

Findings: Simulation modeling allows us to take into account transients and delays that occur in real systems when intensity changes, therefore, the estimate of service time as a result of simulation is higher than as a result of mathematical modeling. The distribution function obtained as a result of simulation and mathematical modeling is well described by the theoretical q -exponent.

Research limitations/implications: The Poisson system works with small times that are physically unrealizable, so the time estimate is not accurate enough to describe real systems. Using this model, it is possible to evaluate the necessary equipment to ensure a balance between performance and the number of infocommunication equipment.

Originality/value: The resulting CFR allows you to change the intensity of each user during the simulation process, which brings it closer to a real multi-user system. The implemented model allows you to estimate the number of requests over a certain period of time and study the statistical characteristics of aggregated traffic.

Key words: multiuser system, lag time, distribution function, simulation modeling

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ ОДНОРАНГОВЫХ МОБИЛЬНЫХ СЕТЕЙ

И.А. Климова, М.А.Маркелова

ORCID: 0009-0008-1420-9151 e-mail: klimova.oms@gmail.com

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

Данная работа посвящена концепции сети передачи данных между устройствами, общающихся друг с другом децентрализованно посредством гетерогенных сетей и коммуникационных технологий. Исследовано влияние одноранговых сетей и пятого поколения мобильной связи (5G) на развития Интернета вещей (IoT). Рассмотрены основные уровни коммуникационных функций в сети, определена задача объединения двух типов облачных технологий для развития Интернета вещей на базе архитектуры сетей 5G. Моделирование сетей MANET проводилось в симуляторе трафика NS-3 с целью изучения динамической архитектуры самоорганизующихся сетей и выявления протокола маршрутизации, который наилучшим образом подстраивается под особенности этой архитектуры. Оценка характеристик производительности протоколов динамической маршрутизации проводилась с помощью анализа данных, полученных из приложения NS-3. Рассмотрены особенности модуля mmWaveNS-3 для моделирования сотовых сетей 5G, работающих на миллиметровых частотах.

Ключевые слова: NS-3, беспроводные сети, Интернет вещей (IoT), MANET сети, 5G.

RESEARCH OF WIRELESS PEER-TO-PEER MOBILE NETWORKS

I.A. Klimova, M.A. Markelova

Saint Petersburg electrotechnical university «LETI», Saint Petersburg

Purpose: The author demonstrates the capabilities of the NS-3 network simulator for the development of the Internet of Things

Design / methodology / approach: Network performance evaluation parameters can be such indicators as throughput, average delay, percentage of delivered packets, etc. In this paper, the network density and the speed of the network nodes were changed. The author takes the percentage of delivered packets as the main criterion of efficiency of the work. The correct choice of routing protocol affects the speed of information transmission and maintenance of sufficient throughput.

Findings: In the article the author shows that the application of network modeling has a positive effect on the development of new technologies. Decomposition of problems into layers makes their solution more efficient. The author shows that thanks to the NS-3 network simulator the network layer problem, namely the selection of the optimal routing protocol for decentralized networks, was solved.

Research limitations/implications: Research is limited to the network technologies available for modeling; NS-3 supports most of the current technologies such as MANET, LTE, WLAN, 5G, IoT, WSN, CRS, etc. However, not all routing protocols are implemented in this network simulator. For example, the hybrid dynamic routing protocol ZRP is not available in all versions of the program. Network performance analysis and network architecture animation are limited by the set of external tools available in NS-3.

Originality/value: The value of this paper is that the author examines the Internet of Things from the perspective of two types of cloud technologies. By examining each of them separately using network simulation, it is possible to better understand how to optimize data transfer between IoT devices. Thanks to NS-3 simulation, it is also possible to consider modeling a 5G-based IoT architecture where the two types of cloud computing will be combined. It is necessary to solve the network layer problem to build any complex network, this means to build a route to send data to the addressee. NS-3 allows users to apply known routing protocols, to simplify the search for a suitable protocol

Key words: NS-3, wireless networks, Internet of Things (IoT), MANET networks, 5G.

Как любой специалист в своей области, каждый из нас встречается с проблемами правового характера, решение которых требуют определенных знаний в области права. Это касается и обычного человека, и преподавателя, и студентов образовательных организаций, и курсантов военных образовательных учреждений. Для того, чтобы решить определенные задачи, необходимо использовать современные информационные технологии, в частности это касается технологии передачи данных через телекоммуникационные каналы связи, с помощью компьютерной сети. Цель-проблема передачи данных преимущественно в правовой сфере. Что же касается военной сферы, передача такой информации носит конфиденциальный характер и ограниченный доступ. Поэтому, чтобы изучить документы и применять их по назначению это сложности. Познавательное и прагматическое значение Интернет-сети огромно. Во-первых, это огромная база знаний. Во-вторых, это мощное средство (система передачи информации). Средство общения. Почта. В-третьих, Большая сеть – это глобальное средство массовой информации. Практически все печатные и электронные издания представлены в сети. В-четвертых, это средство образования (дистанционное образование) и научной деятельности (проведение конференций и семинаров).

Ключевые слова: передача данных, виды телекоммуникационных связей, конфиденциальный характер, ограниченный доступ, познавательное и прагматическое значение.

ELECTRONIC NETWORKS AND TELECOMMUNICATIONS IN THE SCIENCE OF LAW

I.A. Myachina

Military Training and Scientific Center of the Air Force "Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin" (Voronezh)

Purpose: The author describes the problem of transfer information especially in the law sphere.

Design/methodology/approach: In order to solve certain tasks, people need to use modern information technologies to transfer through telecommunications with electronic networks. As for military sphere, the transfer information has confidential character and restrictive access. That's why to study documents and using them to their destiny is so difficult.

Findings: Information and computing way, network presents two or more computers connected with each other with the communicational channel (wired, fibre optic and radio communication)/

Research limitations/implications: There are four networks that exist in information networks: local, corporate, regional and global.

Originality/value: Informative and pragmatic meaning of the Internet is huge. First of all, it's a large base of knowledge. Secondly, it's a powerful mean of the system of transfer information. It's a mean of communication. It's an e-mail. In the third way, Information network is a global mean of mass media. In practice all printing and electronic publications are in the network. You just need to think what you are looking for. In the fourth way, it's a mean of education (remote and science activities) and taking part in conferences and seminars.

Key words: the transfer information, kinds of telecommunication, confidential character, restrictive access, informative and pragmatic meaning.

РАЗВИТИЕ 5G И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ 6G

А.С. Вострилов

ORCID: 0009-0009-8033-2446 e-mail: alexvostrilow@gmail.com

"Нижегородский государственный инженерно-экономический университет"

Цель данной статьи — провести анализ эволюции мобильных сетей от 1G до 5G и рассмотреть перспективы внедрения технологии 6G. Рассматриваются ключевые этапы развития мобильных сетей, фокусируется внимание на характеристиках 5G и их влиянии на общество. Далее поднимается вопрос ожидаемых изменений при переходе от 5G к 6G, включая увеличение скорости передачи данных, минимизацию задержки и обеспечение поддержки массового подключения устройств. Анализируются потенциальные применения 6G в различных областях, таких как медицина, промышленность, транспорт и развлечения, предоставляются примеры изменений в этих сферах. Также обсуждаются проблемы безопасности и приватности в контексте 6G, включая использование квантовых технологий и новых методов шифрования. Работа включает анализ глобальных вызовов внедрения 6G, включая стандартизацию, международное сотрудничество и воздействие на социальные, экономические и экологические аспекты.

Ключевые слова: 5G, 6G, мобильные сети, телекоммуникации, будущие технологии, перспективы развития.

DEVELOPMENT OF 5G AND PROSPECTS OF 6G IMPLEMENTATION

A.S. Vostrilov

"State budget educational institution of higher education «Nizhny Novgorod state engineering and economic university, Knyaginino»"

Purpose: This article examines mobile network evolution (1G to 5G) and explores 6G integration prospects, emphasizing 5G's societal impact. Anticipating 6G's advancements, it discusses increased speeds, enhanced connectivity, and potential applications across industries.

Design / methodology / approach: The study takes a holistic approach, analyzing the evolution of mobile networks from 1G to 5G, focusing on the characteristics of 5G and its impact on society. It then looks at expected changes with the transition to 6G, including increased data speeds and connectivity for mainstream devices. Methodologically, an in-depth analysis of potential 6G applications in various sectors is used. The research also delves into security and privacy issues, including quantum technologies and new encryption methods. It also illustrates the global challenges associated with 6G deployment, including standardization, international cooperation and wider socio-economic implications.

Findings: The analysis of the transition from 1G to 5G and the study of 6G integration have revealed the milestones of transformation in mobile communications. Expected 6G improvements include faster speeds, lower latency and widespread connectivity, promising revolutionary implications. Regarding 6G security, the findings place particular emphasis on quantum technologies and innovative encryption. The global challenges of implementing 6G are covered, including standardization and socio-economic considerations.

Research Limitations / implications: In this individual study, recognizing limitations is critical.

Data availability. Research is limited by data availability, especially when tracking the historical evolution of mobile networks. Despite efforts, potential gaps may exist.

Theoretical Focus: The study primarily focuses on theoretical considerations and predictions for 6G technology. While depth is sought, actual implementation may vary due to technological advances and market dynamics.

Assumptions: The analysis is based on current understanding and assumptions about 6G capabilities, resulting in uncertainty associated with its conceptual stage.

Despite the limitations, the study provides implications for future research and industry stakeholders by guiding the decision-making process in the development of next generation mobile networks. Emphasizes the importance of ongoing research and collaboration in shaping the future of mobile communications.

Key words: 5G, 6G, mobile networks, telecommunications, future technologies, development prospects.

**МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ
ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕМАРКИРОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ**

А.А. Коротышева

ORCID: 0000-0001-8877-4235 e-mail: ania.korotishewa@yandex.ru

С.Н. Жуков

ORCID: 0000-0002-4410-4720 e-mail: jsn@rf.unn.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В работе предложена модель формирования базы знаний для идентификации немаркированных объектов на основе комплексирования признаков, полученных в результате интеллектуальной обработки данных. В качестве входных данных в исследовании рассматриваются цветные и рентгеновские изображения с немаркированными объектами. Обработка данных происходит поэтапно, с применением к последовательности данных алгоритмов нейросетевых моделей. Результатом каждого из этапов является множество признаков найденных и классифицированных объектов на изображении. Полученное комплексированное признаковое описание позволяет применять базу знаний для последующей идентификации объектов. Применение базы знаний в сочетании с нейросетевыми алгоритмами позволит повысить эффективность идентификации сортировки опасных и ценных видов объектов, у которых отсутствует маркировка, в промышленных комплексах.

Ключевые слова: база знаний, идентификация, нейронная сеть, компьютерное зрение, немаркированные объекты.

**FORMATION MODEL OF A KNOWLEDGE BASE
FOR THE IDENTIFICATION OF UNLABELED OBJECTS**

A.A. Korotysheva, S.N. Zhukov

National research Lobachevsky state university of Nizhny Novgorod

Purpose: The article is devoted to the development of knowledge base for the identification of unlabeled objects.

Design / methodology / approach: The article discusses a formation model of a knowledge base about objects for their subsequent identification, as well as methods for combining the features of objects that are not labeled.

Findings: The created model of the knowledge base will increase the efficiency of identification and sorting of hazardous and valuable types of objects that are not labeled in industrial complexes. Scaling the program to identify new objects can be implemented by entering information about new objects into the knowledge base.

Research limitations/implications: Research is limited to the features of objects that can be obtained from Color and X-ray images using a neural network detector and a classifier. However, the model can be further supplemented with a feature database from other sources for complexes with other input data.

Originality/value: The proposed model is universal and can be adapted for use both in the already developed intelligent identification system and in other systems receiving data from a video camera and an X-ray machine.

Key words: knowledge base, identification, neural network, computer vision, unlabeled objects.

О ПОДХОДЕ К ПОДДЕРЖКЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ КОНЦЕПТУАЛЬНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИННОВАЦИОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ю.С. Егоров

ORCID: 0000-0002-6628-4574 e-mail: ckar@list.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

В результате проектирования инновационных информационных систем (ИС) удается реализовать в общем случае не все отобранные в процессе концептуального проектирования функциональные возможности (ФВ), поэтому зачастую проектируемая инновационная ИС обладает набором ФВ, реализация которых в полной мере нецелесообразна или при ограниченных ресурсах невозможна. Развиваемый подход включает в себя выбор конфигурации (состава ФВ) инновационной ИС и распределение доступных ресурсов для реализации прототипа. Сначала отбираются наиболее ценные ФВ из множества предложенных, для которых доступная трудоемкость на весь проект перераспределяется для достижения максимальной ожидаемой ценности. Отобранная конфигурация определяет состав ФВ, подлежащих дальнейшей реализации. Затем всю выделенную трудоемкость на реализацию прототипа распределяется таким образом, чтобы добиться максимальной ожидаемой ценности прототипа, что позволит получить такой начальный продукт, который будет максимально приближен к ожиданиям заинтересованных сторон.

Ключевые слова: поддержка принятия решений, концептуальное проектирование, инновация, программное обеспечение, информационная система.

AN APPROACH TO DECISION SUPPORT IN THE CONCEPTUAL DESIGN OF INNOVATIVE INFORMATION SYSTEMS

Y.S. Yegorov

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R.E. Alekseev

Purpose: The article is devoted to the development of innovative information systems.

Design/methodology/approach: The article discusses the approach to the development of innovative information systems, as well as methods for choosing the composition of functional capabilities at the stage of conceptual design and minimum viable product formation.

Findings: The considered aspects of creating innovative information systems will help to avoid critical situations that may be caused by errors in the conceptual design process.

Research limitations/implications: This article is the starting point for further research on the creation of innovative information systems with rational selection of functional capabilities.

Originality/value: The proposed approach will help improve the efficiency of the conceptual design of innovative information systems and the implementation of a minimum viable product.

Key words: decision support, conceptual design, innovation, software, information system.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА «УМНОГО ГОРОДА»

С.В. Пономаренко

ORCID: 0009-0004-8898-8646 e-mail: gidranoid@yandex.ru

А.В. Семашко

ORCID: 0000-0003-4698-9666 e-mail: semashko@nntu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Интернет вещей представляет собой сеть устройств, подключенных к интернету, для обмена данными о окружающей среде. Эта концепция испытывает быстрый рост благодаря развитию технологий и сетей связи. Основные уровни архитектуры интернета вещей включают физический, сетевой и прикладной уровни. Прогнозируется, что к 2030 году будет более 50 миллиардов подключенных устройств, что приведет к созданию "умных городов". "Умные города" используют интернет вещей и информационно-коммуникационные технологии для оптимизации инфраструктуры и услуг, улучшая качество жизни. Несмотря на потенциальные преимущества, интеграция интернета вещей вызывает опасения относительно безопасности, конфиденциальности и этических вопросов.

Ключевые слова: интернет вещей, умный город, технические устройства, подключенные к интернету устройства, информационно-коммуникационные технологии, инфраструктура.

USAGE THE INTERNET OF THINGS TO IMPROVE THE QUALITY OF A «SMART CITY»

S.V. Ponomarenko, A.V. Semashko

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R.E. Alekseev

Purpose: Assessment of the use of the Internet of Things and its role in the creation of "smart cities".

Design / methodology / approach: An analytical approach is proposed and an assessment of existing trends, problems and prospects in the field of the Internet of Things and smart cities, where the main focus is on the analysis of concepts, trends and potential problems.

Findings: The final assessment of the use of the Internet of Things in the development of the concept of "smart cities" and the provision of tools for collecting data on the city's environment, managing infrastructure and services, as well as to improve the efficiency and quality of people's lives.

Research limitations/implications: There are a number of issues and challenges, such as security, privacy, ethics, regulation, and public acceptance. The integration of the Internet of Things into urban infrastructure requires careful analysis and an approach to managing these risks.

Originality/value: Assessment of the current state and prospects for the development of the concept of "smart cities", taking into account the role of the Internet of Things.

Key words: internet of things, smart city, technical devices, Internet-connected devices, information and communication technologies, infrastructure.

УДК 004.657

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПТИМИЗАЦИИ SQL-ЗАПРОСОВ К ХРАНИЛИЩАМ ДАННЫХ

Е.В. Сидорова

ORCID: 0000-0002-6828-1625 e-mail: tv.09.03.02.nntu@yandex.ru

С.И. Антонова

ORCID:0009-0008-4799-407 e-mail: antonovka2000seta@list.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексева

Для больших хранилищ данных остро встает вопрос сокращения времени обработки запросов к ним с учетом возможных аппаратных ресурсов. Решением данной задачи является использование различных техник оптимизации SQL-запросов. Это становится необходимостью для повышения производительности информационной системы.

В докладе описываются этапы разработки универсальной методики оптимизации SQL-запросов на основе метода анализа иерархий (МАИ). Для исследования выбраны следующие техники оптимизации запросов: индексирование, хинты, логические преобразования и правила. При проведении исследовательских экспериментов, учтены такие классы SQL-запросов как: простые и сложные, однотабличные и перекрестные многотабличные. Для каждого класса и категории SQL-запросов в процессе серии экспериментов были собраны статистические данные, на основе которых с помощью МАИ разработана универсальная методика оптимизации SQL-запроса с учетом аппаратных ресурсов и стоимости выполнения запросов.

Разработанная методика позволяет произвести оптимизацию выполнения SQL-запросов к хранилищам данных с целью повышения производительности самих запросов и уменьшения объема используемых ресурсов оборудования.

Ключевые слова: оптимизация, SQL-запрос, использование индексов, использование хинтов, использование правил и логической оптимизации, метод анализа иерархии.

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR OPTIMIZING SQL QUERIES TO DATA WAREHOUSES

E.V. Sidorova, S.I. Antonova

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev

Purpose: This article describes the need to develop an algorithm for solving the problem of optimizing SQL select to a database in order to reduce the load on system resources and provide accurate results in less time. This allows you to make the code more efficient, which is important for optimal select performance.

Design / methodology / approach: The article describes the development of an optimization algorithm based on the hierarchy analysis method. Indexing, hinting, and the use of logical transformations and rules are considered as alternatives to SQL select optimization methods. Using the hierarchy analysis method allowed us to build the most effective algorithm for optimizing an SQL select using optimization methods. An algorithm has been developed for each class and category of an SQL select, the use of which allows optimization in order to increase productivity and reduce the load on hardware resources with less resource expenditure on the part of a human database administrator

Findings: The article proposes a universal methodology for optimizing SQL queries, applicable to an information system in order to reduce hardware costs.

Research limitations/implications: The research is limited to the use of SQL query optimization methods. Nevertheless, the results obtained can be further used in database administration.

Originality/value: The value of the article lies in determining the most effective algorithm in terms of improving the performance of SQL queries.

Key words: optimization, SQL query, use of indexes, use of hints, use of rules and logical optimization, algorithm, hierarchy analysis method.

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОКОДИРОВЩИКА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ СЕТЕВЫХ АНОМАЛИЙ В АППАРАТНО-ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД»

О.Е. Виноградов

ORCID: 0009-0001-0209-865X e-mail: vinogradov-oe@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

В работе рассмотрен опыт применения автокодировщика для выявления сетевых аномалий в аппаратно-программном комплексе «Безопасный город». Рассмотрены возможные варианты оптимизации гиперпараметров для достижения максимальной чувствительности автокодировщика к аномалиям. В связи с тем, что начальный набор гиперпараметров невелик и может быть подвергнут исчерпывающему поиску, используется метод поиска по решетке. Применение анализа трафика с использованием автокодировщика позволяет выделять коридор асимметрично математическому ожиданию значения, а также учитывает возможные сдвиги значения временной отметки. Мониторинг сетевого трафика с использованием обученного автокодировщика с оптимально подобранными гиперпараметрами не требует много ресурсов вычислительной системы: дискового пространства и вычислительной мощности процессора, а также рабочего времени персонала.

Ключевые слова: безопасный город, сетевые аномалии, автокодировщик

APPLICATION OF AN AUTOENCODER FOR DETECTING NETWORK ANOMALIES IN THE “SAFE CITY” HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX

O.E. Vinogradov

Nizhny Novgorod state technical university named after R.E. Alekseeva

Purpose: The article discusses the use of an autoencoder to detect unknown network anomalies in the Safe City software and hardware complex.

Design/methodology/approach: The article discusses possible options for optimizing hyperparameters to achieve maximum sensitivity of the autoencoder to anomalies. Due to the fact that the initial set of hyperparameters is small and can be exhaustively searched, the method used is lattice search.

Findings: The use of traffic analysis using an autoencoder allows you to allocate a corridor asymmetrically to the mathematical expectation of the value, and also takes into account possible shifts in the timestamp value (time synchronization failure).

Monitoring network traffic using a trained autoencoder with optimally selected hyperparameters does not require a lot of computing system resources: disk space and processor processing power, as well as staff time.

Research limitations/implications: The article discusses the theoretical foundations of an autoencoder for detecting network anomalies for further practical application.

Originality/value: The advantage of this method, identified during practical use, is the fact that anomalies are identified that were not in the training set. Using this method, events that require attention are selected more efficiently than when using an operator. Detected network anomalies are indicators of the following factors:

- Incorrect operation of CCTV cameras: technical malfunction; lack of proper maintenance.
- Network problems: optics rupture; technical malfunction of network equipment;
- An abnormal deviation in the number of people recorded by CCTV cameras.

Key words: Safe city, network anomalies, autoencoder.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ИЗОЛИРУЮЩЕГО ЛЕСА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ
СЕТЕВЫХ АНОМАЛИЙ В АППАРАТНО-ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ
«БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД»**

О.Е. Виноградов

ORCID:0009-0001-0209-865X e-mail: vinogradov-oe@yandex.ru

А.В. Семашко

ORCID: 0000-0003-4687-9666 e-mail: semashko@nntu.ru

Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева

При решении задач управления сложной информационной системой, такой как аппаратно-программного комплекса «Безопасный город» востребованы такие технологии мониторинга, которые оказывали бы поддержку системным и сетевым администраторам в разрешении проблем сокращения среднего времени реакции на неисправность. В работе рассмотрено применение метода изолирующего леса для обнаружения аномального поведения сетевого трафика. Задача решается в несколько этапов: подготовка данных, обучение модели, определение порога аномалии. В результате было установлено, что метод изолированного леса является точным и эффективным средством обнаружения аномалий сетевого трафика. Преимущество данного метода заключается в том, что при практическом применении были выявлены аномалии, которых не было в обучающем наборе.

Ключевые слова: Безопасный город, обнаружение сетевых аномалий, изолирующий лес.

**APPLICATION OF THE ISOLATING FOREST METHOD FOR DETECTING
NETWORK ANOMALIES IN THE “SAFE CITY” HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX**

O.E. Vinogradov, A.V. Semashko

Nizhny Novgorod state technical university named after R.E. Alekseeva

Purpose: The article discusses the use of the isolating forest method for detecting unknown network anomalies in the “Safe City” hardware and software complex.

Design/methodology/approach:

The problem of identifying network anomalies using machine learning is solved in several stages.

1. Stage - data preparation.
2. Stage - training the model.
3. Stage - determining the anomaly threshold

Findings: Monitoring network traffic using the isolation forest method does not require a lot of computer system resources: disk space and processor processing power, as well as staff time. As a result, the isolation forest method is found to be an accurate and effective network traffic anomaly detector.

Research limitations/implications: The article discusses the theoretical foundations of using the isolation forest method to identify network anomalies for further practical application.

Originality/value: The advantage of this method, identified during practical use, is the fact that anomalies are identified that were not in the training set. Using this method, events that require attention are selected more efficiently than when using an operator. Detected network anomalies are indicators of the following factors:

- Incorrect operation of CCTV cameras:
 - technical malfunction;
 - lack of proper maintenance.
- Network problems:
 - optics rupture;
 - technical malfunction of network equipment;
- An abnormal deviation in the number of people recorded by CCTV cameras.

Key words: Safe city, network anomaly detection, isolating forest.

**ОБЗОР ЯЗЫКОВ ОПИСАНИЯ ПРОТОКОЛОВ
ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА**

А.В. Семашко

ORCID: 0000-0003-4687-9666 e-mail: semashko@nntu.ru

А.Р. Калмин

ORCID: 0009-0007-0713-9960 e-mail: k_andrey_r@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докладе проводится обзор наиболее распространенных языков описания протоколов информационного обмена. Рассматриваются их основные характеристики и особенности, преимущества и недостатки. Описывается структура, синтаксис, возможности для описания различных типов протоколов и форматов обмена информацией. Также рассматривается их применение в различных областях, анализируются требования к языкам описания протоколов в современных системах информационного обмена. Авторами проведенного исследования и делаются выводы о наиболее эффективных и удобных языках описания протоколов информационного обмена, которые могут быть использованы при разработке современных информационных систем.

Ключевые слова: протокол информационного обмена, информационные системы, XML, YAML, JSON.

**OVERVIEW OF PROTOCOL DESCRIPTION LANGUAGES
INFORMATION EXCHANGE**

A.V. Semashko, A.R. Kalmin

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The purpose of this article is to analyze and review the various languages used to describe information exchange protocols in order to identify patterns and suggest ways to optimize them.

Design / methodology / approach: The article provides an overview of the most common protocol description languages: XML, JSON and YAML. Their main characteristics, capabilities and applications are considered. For each language, an analysis of its syntax, semantics and functional features is carried out. The usability of each language in the development of information exchange protocols and their compatibility with existing technologies are also evaluated. As a result of the research, conclusions are drawn about the most effective and promising languages for describing information exchange protocols in modern information systems.

Findings: The paper finds out main criteria and features of the languages for describing information exchange protocols for creating patterns. Conclusions are also drawn about the advantages and disadvantages of each of the languages based on the selected quality metrics.

Research limitations/implications: The limitation of the research is the inability to analyze all existing information exchange languages due to their different specifications. Nevertheless, the obtained results can be further used to create the most optimal description language.

Originality/value: The value of the whole paper is the fact that it provides an overview of various languages describing information exchange protocols in one source, which allows you to better understand the capabilities of each of the languages, their features and applications area. This article is of great importance for developers in the field of information technology, as it helps to make a more informed choice in the design and development of information exchange systems and improve the efficiency of these systems. Thus, this article provides valuable information for specialists in the field of information technology and can serve as a material for developing their own language for describing information exchange protocols.

Key words: information exchange protocol, information systems, XML, YAML, JSON

**АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ МАРШРУТА ДВИЖЕНИЯ БПЛА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ
ОБХОДА ПРЕПЯТСТВИЙ****А.М. Авербух**

ORCID: 0009-0004-0879-7955 e-mail: averbukhsasha@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Для успешного полета беспилотного летательного аппарата по заранее заданной траектории необходимо решить проблемы преодоления препятствий на небольших высотах, таких как деревья, линии электропередач и прочее. Традиционные алгоритмы поиска пути, вроде A* и алгоритма Дейкстры, сталкиваются с проблемой поиска кратчайшего оптимального маршрута. Однако существуют улучшенные версии этих алгоритмов, такие как улучшенный A*, Theta* и другие. В данной статье, основываясь на проведенном сравнительном анализе популярных алгоритмов, предлагается использование алгоритма Theta* с целью повышения эффективности обхода препятствий, возникающих в процессе полета БПЛА. На основе данных, полученных с датчиков обнаружения препятствий, алгоритм принимает решение о перестроении маршрута следования и избегании столкновения. Сравнительный анализ результатов моделирования алгоритмов A*, Дейкстры и Theta* показал, что предложенный алгоритм Theta* способствует обеспечению более точного и безопасного движения беспилотного летательного аппарата по заданному маршруту.

Ключевые слова: алгоритм A*, алгоритм Дейкстры, поиск пути, алгоритм Theta*, обход препятствий, траектория движения, БПЛА

**AN ALGORITHM FOR BUILDING A UAV ROUTE WITH THE ABILITY TO BYPASS
OBSTACLES****A.M. Averbukh**

Nizhniy Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: This article addresses the challenges associated with the successful navigation of an unmanned aerial vehicle along a predetermined trajectory, focusing on overcoming obstacles at low altitudes, such as trees, power lines, and other hindrances. It explores the limitations of traditional pathfinding algorithms like A* and Dijkstra's algorithm in finding the shortest optimal route.

Design/methodology/approach: The article proposes the utilization of the Theta* algorithm to enhance obstacle avoidance efficiency during unmanned aerial vehicle flights. This suggestion is grounded in a comparative analysis of popular algorithms, emphasizing the need for improved methods. The Theta* algorithm is chosen based on its demonstrated effectiveness in mitigating obstacles encountered during the unmanned aerial vehicle's trajectory.

Findings: The findings of the study reveal that the implementation of the Theta* algorithm contributes to achieving more precise and secure movement of unmanned aerial vehicles along predefined routes. By leveraging data obtained from obstacle detection sensors, the algorithm dynamically decides on route reconstruction and collision avoidance, ensuring a higher level of safety and accuracy.

Research limitations/implications: While this article presents a compelling argument for the efficacy of the Theta* algorithm in enhancing obstacle avoidance during unmanned aerial vehicle flights, it acknowledges the need for further research and exploration. The limitations of the current study provide a starting point for future investigations, including potential refinements and optimizations to the proposed approach.

Originality/value: The originality of this article lies in its proposal to apply the Theta* algorithm for optimizing the navigation of unmanned aerial vehicles, particularly in scenarios involving obstacle-laden trajectories. The comparative analysis of A*, Dijkstra's algorithm, and Theta* establishes value of the proposed approach, emphasizing its contribution to achieving both precision and safety in unmanned aerial vehicle movement.

Key words: A* algorithm, Dijkstra's algorithm, route search, Theta* algorithm, obstacle avoidance, trajectory movement.

**МУЛЬТИАГЕНТНАЯ МОДЕЛЬ РЕОРГАНИЗАЦИИ АППАРАТНОГО РЕСУРСА
АСУ ТП****Н.Д. Кабальцев**ORCID: 0009-0009-5572-5002 e-mail: nkabaltsev@gmail.com**Д.В. Жевнерчук**ORCID: 0000-0001-6306-0893 e-mail: d.zhevnerchuk@nntu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) представляют собой многокомпонентные гетерогенные аппаратно-программные комплексы и могут быть описаны с позиций открытых информационных систем. Одной из важнейших задач, возникающих при проектировании АСУ ТП, является задача планирования аппаратного ресурса (АР), необходимого для формирования, обработки и передачи данных о состоянии технических объектов управления, а также управляющих воздействий. В работе представлен обзор существующих моделей и алгоритмов планирования АР. Предложена модификация мультиагентной модели реорганизации АР для АСУ ТП. Применение модели позволит оценить требования к минимальному и максимальному значению пространственно-временного ресурса, в том числе с учетом режима реального времени.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, аппаратный ресурс, мультиагентная система, моделирование.

**MULTI-AGENT MODEL OF REORGANIZATION OF THE HARDWARE RESOURCE
OF THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM****N.D. Kabaltsev, D.V. Zhevnerchuk**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The purpose of the work is to build a model for planning the hardware resource necessary for the formation, processing and transmission of data on the state of technical control facilities, as well as control actions in heterogeneous automated process control systems

Design/methodology/approach: The proposed model is implemented as an extension of the well-known multi-agent resource model of a computing system, simulating the process of its reorganization and transferring it to a stable state characterized by ranges of values of spatial and temporal resources.

Findings: The article examines a modification of the multi-agent model of hardware resource reorganization for automated process control systems. The application of the model will allow us to assess the requirements for the minimum and maximum value of the space-time resource, including taking into account the real-time mode.

Research limitations/implications: The constructed model is used to create simulation models, the experiment with which allows you to obtain an interval within which the variation of the resource is allowed.

Originality/value: The difference between the proposed model and its analogues lies in the possibility of scheduling a hardware resource for two or more interacting control system subsystems operating in different modes, processing data and signals transmitted by data streams of different intensity

Key words: automated control system, hardware resource, multi-agent system, simulation

ДИСКРЕТНО-СОБЫТИЙНАЯ МОДЕЛЬ ГРАФИЧЕСКОГО ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА НА ОСНОВЕ АЛГЕБРО-ЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА**В.О. Сапожников**

ORCID: 0009-0000-5696-9951 e-mail: vlad.sapozhnickof@gmail.com

Е.В. Кузнецова

ORCID: 0009-0004-5991-1412 e-mail: ewgesha2008@yandex.ru

Д.В. Жевнерчук

ORCID: 0000-0001-6306-0893 e-mail: d.zhevnerchuk@nntu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Проектирование систем человеко-машинного взаимодействия является актуально задачей в современном мире. Стремительное развитие информационных технологий ведет к повышению качества и скорости взаимодействия оператора и интерфейса. Адаптивные методы призваны увеличить качество работы оператора путем подстраивания интерфейса системы под каждого конкретного пользователя. Проектирование моделей человеко-машинного взаимодействия необходимо для верификации совершенствования методов построения действующих систем, получения статистики и выявления слабых сторон метода. В статье предложена дискретно-событийная модель средств человеко-машинного взаимодействия, как система микросервисов, показано ее применимость в базах знаний онтологического типа.

Ключевые слова: интерфейсы, моделирование, ЧМВ, алгебро-логические методы

DISCRETE-EVENT MODEL OF A GRAPHICAL USER INTERFACE BASED ON AN ALGEBRA-LOGICAL APPROACH**V.O. Sapozhnikov, E.V. Kuznetsova, D.V. Zhevnerchuk**

Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The article examines methods for forming models of interaction between a human-machine system. Logical-algebraic methods were chosen as the main group of methods. To analyze the operation of the resulting model, a special case of a graphical interface was chosen.

Design/methodology/approach: A structural analysis of graphical interfaces as systems of the human-machine interaction class was carried out. A GUI model is proposed, which is a multicomponent structure in which each component formalizes a GUI layer or control element. A feature of the model is the existence of input/output interfaces in elements and layers, which provide data flows between components.

Findings: Logical inference rules have been developed to ensure controlled, through filtering, pairing of graphical user interface elements into a single system.

Research limitations/implications: A feature of the constructed model is the existence of input/output interfaces for elements and layers, which provide data flows between components. To limit and simplify the results obtained, a system of filtering interfaces is created.

Originality/value: The design of human-machine interaction systems (HMS) and their adaptation to the changing conditions of operation of control systems, including the management of potentially dangerous objects such as vehicles, automated process control systems, etc. is an important and urgent task. A discrete-event model of human-machine interaction tools is proposed as a system of microservices, and its applicability in knowledge bases of an ontological type is shown.

Key words: interfaces, modeling, algebraic-logical methods, human-machine interaction

**СИНТЕЗ ИНТЕРФЕЙСОВ ЧЕЛОВЕКО-МАШИННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НА
ОСНОВЕ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ И ИМИТАЦИИ UX-ТЕСТИРОВАНИЯ****А.В. Тарасов**

ORCID: 0009-0009-6868-2937 e-mail: alexandervtarasovddd@gmail.com

Д.В. Жевнерчук

ORCID: 0000-0001-6306-0893 e-mail: d.zhevnerchuk@ntu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Представлена общая схема обучения с подкреплением агентов-дизайнеров, участвующих в генерации прототипа пользовательского интерфейса. Среда обучения представляет собой совокупность структуры UI и агентов-операторов. В процессе имитации UX-теста агенты операторы оказывают воздействие на UI, после чего получают информацию о его состоянии, на основании которого они планируют следующее воздействие. После выполнения UX-теста подсистема мониторинга собирает информацию о UX-метриках и передает ее подсистеме обучения, в которой выполняется корректировка поведения агентов-дизайнеров. Агенты дизайнеры обучаются на множестве UX-тестов до тех пор, пока не будут формировать пользовательский интерфейс, обеспечивающий значения UX-метрик в условиях заданных ограничений.

Ключевые слова: человеко-машинное взаимодействие, агент, обучение с подкреплением.

**SYNTHESIS OF HUMAN-MACHINE INTERACTION INTERFACES BASED ON
REINFORCEMENT LEARNING AND SIMULATION OF UX TESTING****A.V. Tarasov, D.V. Zhevnerchuk**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The aim of the work is to create tools for generative design of the graphical user interface, including simulation of UX testing

Design/methodology/approach: A set of implementations for different agent training variations compared by some UX-metrics was constructed. Training variations were differed by the amount of information being observed by a trained agent, different rewards and different actions could be made. A human needed to run UX-metrics was replaced by a simple random motion based model.

Findings: A prototype of a generative GUI design tool has been built using the stable-baseline3 library. Algorithms A2C and PPO were mainly used as methods of training agents. A prototype of a generative GUI design tool has been built using the stable-baseline3 library. Algorithms were mainly used as methods of training agents. The prototype was used to experimentally verify the applicability of reinforcement learning methods for GUI design in conditions of incomplete information about the operating modes of the system and the operator profile

Research limitations/implications: Trained agents could be used in UI prototypes generation with a certain set of properties based on UX-metrics. Metrics which could be used in the learning process are restricted by an ability to run them automatically or an ability to replace a human with a relevant model, which could be integrated with learning a model.

Originality/value: It differs in the proposed modification of the GUI model, in which each UI element (figure) is connected by "springs" to a certain set of points on the screen, which can be the corners or center of the screen, the center of mass of the group to which the figure belongs, the centers of the nearest figures, etc.

Key words: human-machine interaction, agent, reinforcement learning.

**ДИНАМИКА ОПРЕДЕЛЕНИЙ НАУЧНЫХ ПОНЯТИЙ
(НА МАТЕРИАЛЕ ТЕРМИНОВ ФИЛОСОФИИ)**

А.В. Синелева

ORCID: 0000-0001-9926-9760 e-mail: sinstasi@mail.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В статье представлен опыт использования фреймового представления информации при анализе содержания словарных статей в терминологических словарях с целью выявления динамики понятий. Фреймовый метод, положенный в основу разработки искусственного языка, является достаточно эффективным при решении задач логико-семантического моделирования естественного языка. В рамках задач данного исследования он позволяет представить содержание научных понятий в формализованном виде для анализа смыслового наполнения терминов в диахроническом аспекте.

Ключевые слова: диахронический процесс, логико-смысловые аспекты, содержание понятия, существенный признак, термин, фрейм.

**DYNAMICS OF DEFINITIONS OF SCIENTIFIC CONCEPTS
(BASED ON THE TERMS OF PHILOSOPHY)**

A.V. Sineleva

ORCID: 0000-0001-9926-9760 e-mail: sinstasi@mail.ru

Nizhniy Novgorod state university n. a. N.I. Lobachevsky

Purpose: This article proposes a method for analyzing the content of concepts – terms of philosophy - in a diachronic aspect based on a frame model of information representation.

Design/methodology/approach: The analysis of the content of terminological concepts according to the categorical feature contained in the definition allowed us to identify categories (subsets) of terms. In order to identify and study the dynamics of the process of forming concepts of logic, the content of dictionary entries of terminological dictionaries of different times of publication was analyzed. In the process of analyzing the meaningful meaning of terms recorded in terminological dictionaries, a frame method of data interpretation was used, an artificial formalized language was created. Logical and semantic aspects representing information conditionally divided into two parts: synchronic and diachronic, represent essential features of concepts, are reflected in dictionary entries of different times.

Conclusions: The conducted research allowed us to conclude that the content of dictionary entries changes over time, scientific concepts are replenished with new essential and non-essential features, while the concept of an essential feature is also relative, because it depends on the progress of the cognition process.

Originality/value: A formalized language has been developed that allows to represent the content of dictionary entries of terminological dictionaries. Frames representing the conceptual content of individual terms not only highlight the essential features of concepts, but also reflect the order of semantic aspects recorded in dictionary entries.

Key words: diachronic process, logical and semantic aspects, content of the concept, essential feature, term, frame.

УДК 621.3.061

**КОНЦЕПЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ И ПОДДЕРЖАНИЯ КОНСИСТЕНТНОГО ОБРАЗА
ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В NON-x86 ЭКОСИСТЕМАХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ
РЕСУРСОВ**

С.О. Черных

e-mail: **Black.S52@yandex.ru**

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Концентрация вычислительных ресурсов, с последующем предоставлением к ним общего доступа, позволяет снизить стоимость их владения и обслуживания. Одним из критериев предоставления качества предоставляемых вычислительных ресурсов является повторяемость проводимых на нем вычислений, а также прозрачность, предсказуемость используемой конфигурации. Унификация компонент, насколько это возможно, позволяет с одной стороны обеспечивать единообразие подходов взаимодействия с программно-аппаратными ресурсами т.е. масштабируемость подходов, а с другой стороны, единую конфигурацию на вычислительных устройствах, что является ключевым условием повторяемости результатов. В статье рассматриваются варианты организации вычислительных сред с консистентными образами операционных систем Linux, методы оперативного изменения программной конфигурации на поле вычислительных устройств, методы администрирования подобных систем, а также возможности переноса удачных, для x86, подходов в программные экосистемы иных архитектур.

Ключевые слова: консистентный образ операционной системы, оперативное изменение программных конфигураций, ограничения non-x86 экосистем, загрузка операционной системы Linux.

**CONCEPT OF CONSISTENT OPERATION SYSTEM IMAGE, ORGANIZATION AND
SUPPORTING FOR NON-X86 ECOSYSTEM OF COMPUTING RESOURCE**

S.O. Chernykh

Nizhniy Novgorod state technical university n.a.R.E. Alekseev

Purpose: This article considersexisting and possible approaches how to cover and managea big scale of computer resources in unified way, provide an idea of consistent operation system image, possible image deployment ways, management methods.

Design/methodology/approach: it'sproposed to useconsistent operation system (OS) image distributed through network. It eliminates install OS and configure full soft scope stages, prevent system configuration sprawl, increase flexibility by fast reconfiguring selected resources without preparation these resources. In addition, this approach practically doesn't have scale limitation. It greatly works for x86 architectures but still doesn't have suitable tools for RISC-V soft ecosystem.

Findings: The paper finds a suitable way to cover non-x86 computing resource by scalable management methods and approaches to ensure consistent soft state, flexibility in deployand reconfiguration, to increase resource utilization density.

Research limitations/implications: The present article provides a starting-point forfurther research in the consistent operation system image system for deploy and management for non-x86 soft ecosystems. Research limited LinuxOS, RISC-V maybe ARM architecture. Architecture based on Linux network booting featuresof RISC-V-based devices, DHCP, PXE, Linux distribution, tools for images management.

Originality/value: Cooperation network booting consistent operation system image with management for tools it's a new for fairly new RISC-V architecture. Currently for this purpose use standards deploy methods or network boot but only partially instead of x86 solutions where already exist complex tools for administration such resources. Non-x86 computing resources currently lacked such tools.

Key words: consistent operation system image, fast software configuration changing, limitations of non-x86 soft ecosystem, operation system booting

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ВНЕШНЕЙ ЗАВИСИМОСТИ КЛАССОВ

С.В.Логанов

ORCID: 0000-0002-7302-4586e-mail: loganovserg@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Достоинства объектно-ориентированного программирования могут проявиться лишь при проектировании архитектуры программной системы на основе модели предметной области. В работе обосновано, что ввод дополнительных промежуточных интерфейсов между равноправными объектами модели предметной области является неоправданным, так как приводит к дублированию кода и лишь загромождает архитектуру разрабатываемой программной системы. Интерфейсы необходимо вводить лишь для обслуживающих объектов инфраструктуры, которые с высокой степенью вероятности могут быть заменены по мере появления дополнительных требований к масштабированию или мультиплатформенности приложения. Применение принципа инверсии зависимостей к инфраструктурным объектам вынуждает преждевременно проектировать интерфейсы, которые не позволяют полноценно решить задачу безболезненной заменяемости этих объектов в условиях недостаточно точно сформулированных требований. Необходимо строить такую модель предметной области, которая адекватно решает текущие задачи разработки, а гибкость архитектуры должна обеспечивать лишь независимость построенной модели от способов ее сохранения и представления.

Ключевые слова: объектно-ориентированное программирование, объектно-ориентированное проектирование, архитектура ПО, принцип DIP, SOLID-принципы, принципы проектирования пакетов.

SELECTION OF OPTIMAL EXTERNAL DEPENDENCE OF CLASSES

S.V. Loganov

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The article discusses the features of constructing a domain model, which is the basis for designing the architecture of object-oriented software systems. Without designing an architecture based on a domain model, it is impossible to achieve the benefits of object-oriented programming.

Design / methodology / approach: To develop the architecture of an object-oriented software system, an incremental approach is proposed instead of universally introducing interfaces between various objects to increase the flexibility of the system.

Findings: Software architecture design is a process of incremental discovery, dependent on the maintenance, support and evolution of an object-oriented system. And the introduction of additional intermediate interfaces between business logic objects is unjustified, since it leads to code duplication and only clutters the architecture of the software system being developed. Since the domain model, in principle, should not be replaceable, all dependencies of software system objects can be directed towards it.

Research limitations/implications: Construction of an adequate domain model is a fundamental principle of designing the architecture of an object-oriented software system, represents its integral essential and has independent worth.

Originality/value: It is necessary to build a domain model that adequately solves current development problems, and the flexibility of the architecture should only ensure the independence of the model from the methods of its storage and presentation. The application of the dependency inversion principle to infrastructure objects forces the premature design of interfaces that do not allow us to fully solve the problem of painless replaceability of these objects in conditions of insufficiently precisely formulated requirements. Interfaces need to be introduced only for infrastructure objects that, with a high degree of probability, can be replaced as additional requirements for scaling or crossplatform software systems arise.

Key words: object-oriented programming, object-oriented design, software architecture, DIP principle, SOLID principles, package principles.

МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ПРИЗНАКОВОГО ОПИСАНИЯ АРХИТЕКТУР ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ МЕТА-ОБУЧЕНИЯ**Р.О. Баринов**

ORCID: 0000-0002-0269-3205 e-mail: barinovr@list.ru

В.Е. Гай

ORCID: 0000-0002-3644-5234 e-mail: iamuser@inbox.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время растет спрос на интеллектуальные системы автоматизированного машинного обучения, способные решать различные задачи по анализу данных без фактического привлечения эксперта. Подобный спрос вызван успехами в области генеративных моделей, больших языковых моделей и искусственного интеллекта в целом. Большинство существующих решений направлено на поиск наиболее оптимальных моделей машинного обучения исходя из мета-признаков наборов данных. Подобные решения ограничены экспертными оценками по выделению мета-признаков, а также форматами моделей машинного обучения, на основе которых формируется пространство поиска конечных алгоритмов. В работе предложены модель и алгоритмы, позволяющие осуществлять преобразование входных задач, описываемых наборами данных, в конечное векторное пространство, преобразование различных архитектур искусственных нейронных сетей в конечное векторное пространство и генерацию признакового описания архитектур нейронных сетей на основе мета-обучения и сиамских сетей.

Ключевые слова: мета-обучение, нейронные сети, автоматизация обучения, сиамские сети.

MODEL AND ALGORITHMS FOR AUTOMATIC GENERATION OF A FEATURE DESCRIPTION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK ARCHITECTURES BASED ON META-LEARNING**R.O. Barinov, V.E. Gai**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: This work is aimed at creating models and algorithms of artificial intelligence, which allows you to determine the most suitable neural network architectures for solving various business problems without involving expert evaluation

Design / methodology / approach: Meta-learning is an approach to teaching machine learning models based on knowledge about the quality of operation of multiple models in the context of previously solved tasks. The main feature of meta-learning is to bring the task of finding the optimal machine learning model to the task of learning with a teacher. This article proposes a meta-learning model for generating a feature description of neural network architectures. At the training stage, the proposed model consists of three modules, each of which is responsible for independent transformations of input datasets and the search space. The first module consists of several fully connected neural networks capable of converting an input dataset into a finite vector space. Both one-dimensional (tabular) and two-dimensional (for example, images) signals can be supplied to the input of the module. The second module is responsible for a similar transformation of neural network architectures, on the basis of which the learning search space is built. The third module is a Siamese network. At the stage of application of this model, it consists of the first two pre-trained modules. As a result, this meta-model is able to determine the most appropriate neural network architecture for the input task described by the dataset.

Findings: The article proposes an approach to building a meta-learning model that allows generating a feature description of neural network architectures based on data sets.

Research limitations/implications: Research and experiments are limited to models and datasets for classification. However, the proposed meta-learning model can be extended to solve problems that differ from classification problems.

Originality/value: The value of the entire article lies in the proposed model of automatic generation of a feature description of artificial neural network architectures, built on the basis of a meta-learning approach, an algorithm for converting datasets into a finite vector space, an algorithm for converting artificial neural network architectures into a finite vector space.

Key words: meta-learning, neural networks, learning automation, siamese neural network.

УДК 004.89

МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМЫ АУГМЕНТАЦИИ ПОТОКОВЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ЗАДАЧИ ОБНАРУЖЕНИЯ ДРЕЙФА КОНЦЕПЦИЙ НА ОСНОВЕ ГЕНЕРАТИВНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В.А. Голубенко

ORCID: 0000-0002-4683-3249 e-mail: fullmoonshrine@gmail.com

В.Е. Гай

ORCID: 0000-0002-3644-5234 e-mail: iamuser@inbox.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Задача обнаружения дрейфа концепций в потоковых данных зачастую решается путём сравнения характеристик данных на двух отрезках времени - текущих и относительно недавно поступивших. В данной работе предлагается альтернативный подход к решению задачи, основанный на синтетических данных, вырабатываемых генеративной моделью, также сам алгоритм выработки подобного синтетического датасета. Ключевой идеей исследования является гипотеза о том, что при наличии генеративной модели, успешно производящей реалистичные потоковые данные, выборка этих данных на определенном отрезке времени в совокупности с реальными позволит с высокой точностью сигнализировать о дрейфе благодаря повышенной статистической значимости любых отклонений между реальными и предсказанными данными. В ходе исследования был проведён ряд экспериментов по генерации данных, а также по выработке различных комбинаций сращенных выборок. Результаты экспериментов показывают, что полученные предложенным алгоритмом данные имеют высокую схожесть с оригинальным временным рядом и пригодны для дальнейшей оценки гипотезы через эксперименты.

Ключевые слова: обнаружение дрейфа концепций, генеративные модели, нейронные сети, временные ряды, аугментация данных.

MODEL AND ALGORITHMS OF STREAM DATA AUGMENTATION FOR THE TASK OF CONCEPT DRIFT DETECTION BASED ON GENERATIVE NEURAL NETWORKS.

V.A. Golubenko, V.E. Gai

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The aim of this work is to establish a method for generating synthetic streaming datasets for the purpose of conducting further experiments using a novel concept drift detection method.

Design / methodology / approach: This paper proposes an algorithm for composing synthetic streaming datasets using time-series generative adversarial networks (GANs) and subsequent splicing of real and synthetic data to produce augmented data samples.

Findings: The experiment shows that the data produced as a result closely resembles the original data stream, and is fit for conducting further experiments with a concept drift detection system.

Research limitations/implications: The results of this research are limited in their applicability to any real use-cases, as it focuses on establishing the viability of proposed generation algorithms and should be treated as a preliminary study required for further experiments on a larger study.

Originality/value: The value of the paper lies in providing a novel method of producing synthetic time-series data for the purpose of concept drift detection. This data is in turn used for a novel concept drift detection algorithm, which relies on finding anomalies within the augmented versions of the latest batch of samples, rather than the traditional sliding window methods.

Key words: concept drift detection, generative models, neural networks, time series data, data augmentation.

ГЕНЕРАЦИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ДИАГНОСТИКЕ ИНТЕРФЕЙСОВ СВЯЗИ В СИСТЕМАХ АСУТП

Г.Д. Кузнецов

ORCID: 0000-0001-5564-045X e-mail: gd.smith@yandex.ru

В.Е. Гай

ORCID: 0000-0002-3644-5234 e-mail: iamuser@inbox.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В данной работе определяется возможность генерации искусственных данных для обучения нейронных сетей в задаче диагностики интерфейсов связи в системах автоматического управления и технологического процесса. Основная проблема заключается в недостаточном объеме реальных данных для обучения моделей, особенно для таких протоколов, как CAN, EtherCAT и Ethernet. В рамках работы разрабатывается модель генерации данных, позволяющая создавать искусственные сценарии работы интерфейсов. Эти сценарии соответствуют адекватному поведению интерфейсов связи в реальных системах АСУТП. Примеры таких сценариев включают различные комбинации передачи данных, управляющих сообщений, а также возможные ошибки и помехи, характерные для данных протоколов. Для создания наборов данных используются различные источники, включая реальные устройства и симуляторы, а также результаты моделирования. Полученные данные будут использоваться для обучения и оценки моделей нейронных сетей, направленных на диагностику и анализ работоспособности интерфейсов связи в системах АСУТП. Для проверки эффективности модели генерации данных проводятся эксперименты на различных моделях нейронных сетей. Используются наборы данных, полученные как из реальных систем АСУТП, так и с помощью разработанной модели генерации. Эксперименты включают в себя как обучение моделей на искусственных данных, так и их тестирование на реальных сценариях работы сетей. Разработанная модель генерации данных представляет собой важный инструмент для обучения нейронных сетей в условиях ограниченной доступности реальных данных. Дальнейшие исследования могут включать в себя расширение модели с учетом новых протоколов связи, улучшение качества сгенерированных данных и исследование других методов обработки данных для повышения точности диагностики интерфейсов связи в системах АСУТП.

Ключевые слова: АСУТП, искусственные данные, CAN, ETHERCAT, UART, диагностика, генерация данных.

GENERATING ARTIFICIAL DATA FOR TRAINING NEURAL NETWORKS IN DIAGNOSING COMMUNICATION INTERFACES IN APCS

G.D. Kuznetsov, V.E. Gai

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: Determine the possibility of generating artificial data for training neural networks in the problem of diagnosing communication interfaces in automatic control and technological process systems.

Design / methodology / approach: In this work, a data generation model has been developed that allows you to create artificial scenarios for the operation of interfaces. These scenarios correspond to the adequate behavior of communication interfaces in real automated process control systems. Examples of such scenarios include various combinations of data transmission, control messages, and possible errors and interference specific to these protocols.

Findings: The developed data generation model is an important tool for training neural networks in conditions of limited availability of real data.

Research limitations/implications: Research is limited to the model and algorithms. However, the results obtained can be used in the future in interface error detection systems in APCS

Originality/value: The value of the entire work lies in the proposed model and algorithms for generating artificial data, which are used to train the error detection model in APCS systems

Key words: APCS, artificial data, CAN, ETHERCAT, UART, diagnostics, data generation.

СИСТЕМА АНАЛИЗА ПРИМЕНИМОСТИ СРЕДСТВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ ВНУТРИ КЛАСТЕРА БАЗ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

И.А. Новиков

ORCID: 0000-0001-6963-9628 e-mail: nov.ilucha@yandex.ru

Р.О. Баринов

ORCID: 0000-0002-0269-3205 e-mail: barinovr@list.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Базы данных представляют собой программное обеспечение, производительность которых крайне зависима от пропускной способности накопителей, в связи с этим вертикальное масштабирование для соответствия бизнес требованиям оказывается ограничено. В данной статье описывается архитектура системы анализа применимости средств распределения нагрузки внутри кластера баз данных PostgreSQL, которая на основе модели машинного обучения даёт оценку эффективности использования программного обеспечения PgPool2. В работе так же рассматривается конфигурация стенда для автоматической генерации обучающих данных. Автоматическая система конфигурирования стенда реализована с помощью таких инструментов как Terraform и Ansible. Таким образом тестовый стенд является легко переносимым с одного облачного провайдера на другой. Развёртывание программного обеспечения на целевых узлах описано с помощью Ansible, что позволяет выполнять его на различных операционных системах в автоматическом режиме.

Ключевые слова: postgresql, балансировка нагрузки, испытательный стенд, кластер БД, классификация.

A SYSTEM FOR ANALYZING THE APPLICABILITY OF LOAD BALANCING TOOLS WITHIN A DATABASE CLUSTER BASED ON A MACHINE LEARNING MODEL

I.A. Novikov, R.O. Barinov

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: This paper provides an intelligent system based on a machine learning algorithm to analyze the applicability of load balancing tools within a database cluster.

Design / methodology / approach: The paper investigates the implementing database clusters and load balancing in them. It also describes the PgPool2 system, which provides load balancing in a PostgreSQL database cluster. Author provides a testbed for generating data samples, with features such as repeatability and portability to other cloud service providers through the use of terraform scripts. Author introduces important attributes that the system will rely on to generate the score. The article also describes the sign of database query complexity. It describes variants of forming this attribute, such as the use of built-in analyzer in the PostgreSQL database code and own estimation. The article also describes the model of the developed system with the module of machine learning. This module summarizes the obtained data and provides a prediction with specified metrics of accuracy and recall.

Findings: The paper proposed a system for analyzing the applicability of load balancing tools within a database cluster based on a machine learning model. It also described an approach to test sample generation and created a portable testbed configuration.

Research limitations/implications: The test generation unit of the developed system can be deployed only on the Yandex cloud platform. Transfer to a new provider can be done by creating a new resource description in terraform language.

Originality/value: The resulting analysis system can be used by database architects to get a preliminary assessment of PgPool2 software efficiency without the need to test it in a real environment. The test bench, due to its configuration, can be adapted and used by the client in its own environment. In this way, the client gets the opportunity to improve the model's responses by creating a training sample that is closer to his working environment.

Key words: postgresql, loadbalancing, testbed, database cluster, classification.

УДК 004.4'244

АЛГОРИТМЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ЧАТ-БОТОВ НА ОСНОВЕ ДЕКЛАРАТИВНОГО ОПИСАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И НЕФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ

А.А. Сахаров

ORCID: 0009-0006-2984-5033 e-mail: artemka12214@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе предложены алгоритмы параметрического синтеза чат-ботов с помощью передаваемых параметров в функции, по которым определяется принадлежность к тому или иному мессенджеру. Исследование показало наличие общих методов у мессенджеров, а пример реализации подтвердил результаты исследования. Проведён количественный и качественный анализ существующих алгоритмов синтеза чат-ботов с целью определения их достоинств и недостатков.

Ключевые слова: боты, параметрический синтез, алгоритмы.

ALGORITHMS FOR PARAMETRIC SYNTHESIS OF CHATBOTS BASED ON DECLARATIVE DESCRIPTION OF FUNCTIONAL AND NON-FUNCTIONAL REQUIREMENTS

A.A. SAKHAROV

Nizhny Novgorod state technical university named after. R.E. Alekseeva

Purpose: The author suggests algorithms for parametric synthesis of chatbots, with which it is possible to create a chatbot with a given functionality for different messengers without using programming.

Design / methodology / approach: In the article, VKontakte and Telegram messengers are selected for use in the example. The author combines the same functional methods into one function, but with different transmitted parameters for each of the selected messengers. Those methods that cannot be combined into one have a messenger type parameter. The article provides an example of the implementation of algorithms, which shows the versatility of use and ease of configuration.

Findings: The article describes the development of algorithms for parametric synthesis of chatbots, vulnerabilities were found, documentation was investigated, based on which common methods were found for several messengers; the implementation example clearly shows that further development to a full-fledged implementation definitely takes place and has high competitiveness.

Research limitations/implications: Research is limited by the capabilities of the messenger API. The results of the research were the common methods found, which are combined into one common function for more optimal use.

Originality/value: The value of the entire article lies in the algorithms developed. They are a kind of software model. If we develop the example given in the article to full-fledged software, then we can safely compete with similar programs that will clearly be inferior in functionality. The author mentioned the importance of this research several times in his article, since the full implementation of algorithms can help many companies and educational institutions. The applicability will be especially noticeable for those who do not have a full-time programmer in the organization, because the algorithm is aimed at making its use available to a person who does not know any programming language. In conclusion, the author suggests continuing to explore the field and improve the algorithm, because almost any algorithm has a lot to develop.

Key words: bots, parametric synthesis, algorithms.

УДК 004.62

АНАЛИЗ ТОНАЛЬНОСТИ ТЕКСТОВ В СИСТЕМАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ЗВОНКОВ КОЛЛ-ЦЕНТРА

Е.С. Зверев

ORCID: 0009-0004-9042-038X e-mail: lamplighter0112@gmail.com

А.С. Суркова

ORCID: 0000-0003-0018-9053 e-mail: ansurkova@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Работа колл-центра крупной организации – это десятки часов звонков каждый день. В своей работе они используют облачные АТС, которые в частности предоставляют записи звонков. Эти записи содержат важную для бизнеса информацию: потребности клиентов, их недовольства и пожелания. Но анализ данных такого объёма является дорогостоящим процессом, т.к. по меньшей мере нужно прослушать звонок целиком. Для автоматизации работы сотрудников колл-центра предложена система расшифровки звонков. Сначала запись делится на два канала, т.к. АТС сохраняют записи каждого собеседника в разных каналах. Затем каждый канал расшифровывается с помощью модели автоматического распознавания речи. В качестве такой модели в настоящий момент выбрана модель Whisper Large-v2 компании OpenAI. На последнем этапе расшифровки обоих каналов склеиваются в один диалог по временным меткам слов. В работе предлагается использовать методы интеллектуальной обработки текстов для анализа тональности диалога, чтобы определить уровень удовлетворённости собеседника, и для выявления потребностей собеседника, что может быть использовано в подборе для него услуг. В дальнейшем на основании расшифровки планируется система классификация звонков для использования в рекомендательных системах.

Ключевые слова: автоматическое распознавание речи, облачные АТС, whisperlarge-v2, анализ тональности диалога.

TEXT SENTIMENT ANALYSIS IN CALL CENTER CALL RECOGNITION SYSTEMS

E.S. Zverev, A.S. Surkova

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The author proposes a call transcription system to be used by call center employees.

Design/methodology/approach: The developed system is a web service. Currently, the Whisper Large-v2 OpenAI model is proposed as an ASR model. The paper also describes the algorithm of converting stereo recordings into 2 mono channels and their further transcribing by ASR model.

Findings: A web service architecture for call recognition is proposed. The architecture includes interacting with a cloud PBX, splitting a stereo call recording into two mono channels, transcribing the different channels using an ASR model and further merging both transcripts into a single text.

Research limitations/implications: Research is limited to a database of real estate agency call records and is a starting point for the development of specialized tools in this area.

Originality/value: The proposed call transcription system can be applied to automate the work of call center employees. Such a system reduces time costs for call analysis, which can be demanded by various organizations.

Key words: automatic speech recognition, cloud PBX, whisper large-v2, dialogue sentiment analysis.

УДК 004.057, 004.421.4

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ ПРОГРАММНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДВУДОЛЬНЫХ ГРАФОВ

Д.В. Жевнерчук

ORCID: 0000-0001-6306-0893 e-mail: d.zhevnerchuk@nntu.ru

А.А. Селиванов

ORCID: 0009-0002-9204-6980 e-mail: fateisdecease@gmail.com

А.С. Суркова

ORCID: 0000-0003-0018-9053 e-mail: ansurkova@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Программные системы могут быть отнесены к открытым информационным системам, основными свойствами которых являются интероперабельность, переносимость и масштабируемость. При этом не существует универсальных методов количественных оценок интероперабельности. В работе предложено рассматривать программные системы в виде двудольных графов и на основе такого представления предложен алгоритм оценки интероперабельности на основе анализа паросочетаний таких графов. Для анализа взаимодействий между компонентами системы и оценки их степени согласованности и совместимости в работе предлагается использовать алгоритм Хопкрофта-Карпа для поиска максимального паросочетания в двудольном графе. Для количественной оценки интероперабельности предлагается использовать отношение максимального паросочетания двудольного графа к его совершенному паросочетанию. Выполнена программная реализация предложенных алгоритмов и проведена экспериментальная проверка их работы.

Ключевые слова: открытые информационные системы, программные системы, оценка интероперабельности, двудольный граф, паросочетание.

AN ALGORITHM FOR INTEROPERABILITY EVALUATING OF SOFTWARE SYSTEMS BASED ON THE BIPARTITE GRAPHS ANALYSIS

D.V. Zhevnerchuk, A.A. Selivanov, A.S. Surkova

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: Quantitative interoperability evaluating of software systems.

Design / methodology / approach: It is proposed to represent software systems in the form of bipartite graphs, where vertices represent components or services of the system, and edges represent connections and data flows between them. Software systems have a different number of input and output interfaces, wherein the internal composition of a software system or component does not matter for interoperability evaluating, only its input and output interfaces are important, through which data is interacted and transmitted with other systems. To analyze the interactions between the components of the system, the Hopcroft-Karp algorithm is used to find the maximum matching in a bipartite graph. To Quantitative interoperability evaluating, the ratio of the maximum matching of a bipartite graph to its perfect matching is calculated.

Research limitations/implications: The software implementation of the proposed algorithms has been performed and an experimental verification of their operation has been carried out. To assess interoperability, model examples of software systems and a multi-agent graph generation system were considered.

Originality/value: The algorithm proposed in the work can be used to improve the processes of development and integration of software systems, as well as to improve the efficiency and reliability of interaction between systems.

Key words: open information systems, software systems, interoperability evaluating, bipartite graph, matching.

МНОГОАГЕНТНЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

Д.С. Мартынов

ORCID: 0009-0002-9562-2269 email: martynov-dmitriy@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Интеллектуальные системы поддержки принятия решений (ИСППР) предназначены не только для оказания информационно-справочной помощи лицу, принимающему решение, но и оценки эффективности принятого решения. Изменение характера процессов, протекающих в объекте мониторинга и управления, обуславливает требование адаптивности и технической самоорганизации, применительно к ИСППР. Одной из технологий, позволяющей создавать адаптивные информационные системы, является технология многоагентных систем (МАС).

В настоящей работе рассматриваются модели и методы технической самоорганизации в ИСППР, основанные на онтологии предметной области сопровождаемых процессов.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, базы знаний, темпоральная логика, иерархический конечный автомат.

MULTI-AGENT APPROACH TO BUILDING INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEMS

D.S. Martynov

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The article discusses an ontological approach to the design of intelligent decision support systems. Intelligent DSS not only provides information assistance in the process of making management decisions, but also adapts to changes in the properties of the control object.

Design/methodology/approach: A discrete-event model of a distributed information system using a Computation Tree Logic (CTL) model is proposed. Methods for constructing an ontology for processes occurring in the distributed system under consideration are considered. Models of distributed multi-agent systems for building adaptive intelligent DSS are presented.

Findings: The proposed discrete-event model allows us to correctly build an ontological framework for the knowledge base of an intelligent DSS. The use of multi-agent systems technology provides a solution to the problem of ensuring technical self-organization of intelligent information systems. The developed methodology for designing intelligent knowledge-based DSS can be applied to solving a wide class of problems.

Research limitations/implications: This article reflects the results of research carried out as part of the development of a methodology for designing adaptive intelligent DSS, including in relation to real-time systems. As a result of the study, it was concluded that it is advisable to use models of logical artificial intelligence and the mathematical apparatus of branching time logic when developing knowledge-based systems.

Originality/value: The introduction of new production technologies, provision of medical services and scientific research is impossible without the use of special information technologies. But it is not enough to introduce a new software product in production; it is necessary to provide the opportunity for its integration into a single information space of the enterprise and industry. This task makes urgent the need to develop a methodological basis for the design of knowledge-based systems, including logical artificial intelligence systems. Within the framework of this work, the problem of using algebraic structures and hierarchical finite state machines for the design and construction of intelligent DSS with the property of technical self-organization was solved. A model was proposed that allows you to adapt the structure of the knowledge base during the operation of the DSS without loss of performance and without the need for a radical change in the structure of the software system.

Keywords: decision support system, knowledge bases, temporal logic, hierarchical finite automaton.

УДК 004.031.43

ПЛАТФОРМА ДЛЯ МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Д.С. Мартынов

ORCID: 0009-0002-9562-2269 e-mail: martynov-dmitriy@yandex.ru

А.С. Солеев

ORCID: 0009-0007-4396-217X e-mail: ejik.jr@gmail.com

Л.А. Татус

ORCID: 0009-0007-6904-0245 e-mail: for.it.step.tatus@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Проведение научных исследований в медицине и биологии невозможно без использования современных средств вычислительной и измерительной техники, которые существенно упрощают решение задачи съема и оперативного анализа многомерных данных. Зачастую требуется создание комплекса, позволяющего организовать съем и обработку данных для уже имеющихся, стандартных датчиков, но в новой, не стандартной комбинации. Это наиболее характерно для задачи определения новых информативных комбинаций данных параметров состояния, получивших название биомаркеров.

В настоящей работе рассматривается опыт проектирования и разработки программно-аппаратного комплекса, включающего в себя инженерную на базе микроконтроллер ARM Cortex-M3+, используемую для съема и предварительной обработки многомерных биомедицинских данных, и персонального компьютера, выполняющего функции ядра для интеллектуальной обработки данных.

Ключевые слова: многомерный анализ данных, базы знаний, темпоральная логика, микроконтроллеры, цифровая обработка сигналов.

MULTI-AGENT APPROACH TO BUILDING INTELLIGENT DECISION SUPPORT SYSTEMS

D.S. Martynov, A.S. Soleev, L.A. Tatus

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The article discusses the experience of building a hardware and software complex designed for parallel reading and subsequent processing of biomedical data received from several sensors. The prototype of the software and hardware complex created as a result of the design is intended to solve the problems of intelligent analysis of streaming data received simultaneously from several sensors connected to the complex, and to test the correctness of the hypothesis for identifying new biomarkers.

Design/methodology/approach: A discrete event model of a distributed information system is proposed using a Compute Tree Logic (CTL) model. Methods for constructing an ontology of processes occurring in the distributed system under consideration are considered. Temporal database models using Lamport vector clocks are presented. Means for synchronizing the operation of processes in a distributed system are defined. Statistical methods were used to process multivariate data. Pre-processing of multidimensional data was performed on a microcontroller.

Findings: The proposed discrete-event model allows us to correctly construct the ontological structure of the database for measurements carried out in a distributed system. Lamport vector clocks make it possible to unambiguously solve the problem of consistency of interpretation of processed multidimensional data.

Research limitations/implications: This article reflects the results of research conducted as part of the development of a prototype hardware and software system for collecting and analyzing multidimensional biomedical data. A process synchronization model based on Lamport vector clocks was tested for a system with microcontrollers.

Originality/value: The introduction of new production technologies, the provision of medical services and scientific research are impossible without the use of special information technologies. The use of microcontrollers to organize data input and their subsequent processing makes it possible to reduce the costs of creating prototypes of special medical equipment.

Keywords: multidimensional data analysis, knowledge bases, temporal logic, microcontrollers, digital signal processing

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПОДДЕРЖКИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

П.В. Мисевич, Н.С. Поляков

ORCID: 0000-0002-7254-0079 e-mail: vt@nntu.ru

ORCID: 0009-0009-1210-9672 e-mail: nik.polykov@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе рассматривается задача построения инструментальных средств разработки ПО для составления отчетности в предметной области проектирования и поддержки программного обеспечения процессов службы планирования и развития сетей передачи данных.

Предложена модификация модели процессов, которая основана на EPC- нотациях (Event-Driven Process Chain - событийная цепочка процессов). Используются идеи технологии проектирования баз данных: описание предметной области при помощи концептуальной модели. Концептуальная модель обладает следующими важными свойствами: машинная-независимость, понятность и специалисту предметной области и ИТ персоналу в предметной области создания системы, легкость трансформации в машино-ориентированную модель (в технологии баз данных это – логическая модель). Машино-ориентированная модель, в свою очередь, легко трансформируется в информационное и программное обеспечение средств автоматизации.

Суть модификации в введение в EPC модель ситуационного описания в форме фреймов, что обеспечивает переход от модели бизнес-процессов к концептуальной машинно-независимой модели предметной области, которая облегчит создание машинно-ориентированной модели.

Для каждой составляющей диаграммы EPC (события, функции и др.) предложены типовые информационные структуры – прототипы фреймов, которые описывают ситуацию в предметной области моделирования. При моделировании эти заготовки трансформируются в типовые фреймы.

Модифицированная диаграмма EPC является основой инструментального комплекса построения программного и информационного обеспечений. Отмечено, что модификация EPC является моделью сценарно-ситуационного подхода, который дополняет ситуационную модель (EPC- событийная цепочка процессов) ситуационной составляющей (сетью фреймов).

Ключевые слова: EPC, фреймы, сценарный подход, ситуационный подход, сценарно-ситуационный подход, программное обеспечение, информационное обеспечение, модели бизнес-процессов

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL FEATURES OF THE TOOLS TO DESIGN SOFTWARE AND INFORMATION SUPPORT OF BUSINESS PROCESSES

P.P. Misevich, N.S. Polyakov

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Altkseev

Purpose: Developing tools for the conceptual description of business process models to design information and software design tools. The conceptual model is based on EPC notation (a tool for describing a scenario) and a network of frames.

Design / methodology / approach: The scenario and situational approach are the basis for that conceptual model. The modification of the EPC (Event-Driven Process Chain) diagram contains a special system of frame prototype templates. Templates are attached to objects in the diagram. The process of transforming a template into a frame is used to design a description of the situation in the subject area of modelling business processes. The modified EPC diagram model has the advantages of the scenario and situational approaches. It is understandable for specialists in the subject area and IT specialists. The modified EPC diagram describes the scenario and the situation at the same time.

Research limitations/implications: The approach is a starting point for the development of an instrumental complex for the transformation of the conceptual model into software and models of the information support.

Originality/value: The modification of EPC diagrams is used to design software and information models for supporting the business processes. The model has the advantages of a scenario and situational approach. Modification of EPC diagrams is the basis for building tools of automatic design of software.

Keywords: EPC, frame networks, scenario approach, situational approach, scenario-situational approach, software, information support, business process models

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

П.П. Мисевич

ORCID: 0009-0004-0244-3013 e-mail: polina_180_5_a@mail.ru

Е.Н. Панкратова

ORCID: 0000-0002-5009-9315 e-mail: keibusan@gmail.com

Нижегородский государственный университет им. Р.Е. Алексева

В работе рассматривается задача поиска оптимального программного управления для нелинейной системы с аддитивным квадратичным критерием качества. Предметом исследования стал метод последовательных приближений, который основан на принципе оптимальности Беллмана. Предложено использовать для решения локальной задачи оптимизации метод наискорейшего спуска, методом золотого сечения и дихотомии. В докладе раскрыт механизм реализации идей Беллмана в вычислительном алгоритме через декомпозицию глобальной процедуры оптимизации на множество локальных задач. Описан численный эксперимент. Проведён количественный и качественный анализ его результатов.

Ключевые слова: оптимальное управление, принцип оптимальности Беллмана, метод последовательных приближений, градиентный алгоритм, метод наискорейшего спуска, метод золотого сечения, метод дихотомии, численный эксперимент, нелинейная система, управление без обратной связи, квадратичный критерий качества

THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL PECULIARITY OF THE APPLICATION OF THE SEQUENCE APPROXIMATIONS METHOD FOR GENERATING THE CONTROL WITHOUT FEEDBACK FOR A NONLINEAR SYSTEM WITH AN ADDITIVE QUALITY CRITERION

P.P. Misevich, E.N. Pankratova

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The authors research the features of the application of the successive approximation method and provides algorithms for solving local optimization tasks.

Design / methodology / approach: The task of the synthesis of the optimal program control for a nonlinear system with an additive quadratic quality criterion is discussed in the paper. The subject of the study is the features of Bellman's optimality principle in the successive approximation method.

Findings: The report considers the mechanism of implementation of the Bellman's optimality principle in the successive approximation method. Optimization algorithms to solve the local optimization problem in the method of successive approximations are suggested in this paper. They are the following: the steepest descent method; the golden section method; dichotomy.

A numerical experiment of applying various optimization procedures for solving local optimization problems in the method is described in the paper too. The authors provide analytical formulas for estimating the computational costs of solving a test example using various algorithms. The quantitative and qualitative analysis of the experiment results is given in the paper. The article also sets the task of creating an automated research system to automate solving the task of synthesizing optimal control without feedback for a nonlinear system with a quadratic quality criterion.

Limitations/consequences of the study: This article serves as a starting point for developing a CAD system for automatic control systems.

Originality/value: successive approximation method is used to synthesize and verify optimal control functions in the theory of optimal control. Analytical formulas for estimating the computational costs of solving are used to plan computational experiments. The peculiarities of the implementation of the Bellman's optimality principle in the successive approximation method are of interest for specialists in the field of theoretical information.

Key words: optimal control, Bellman's optimality principle, successive approximation method, gradient algorithm, steepest descent method, golden section method, dichotomy method, numerical experiment, nonlinear system, control without feedback, quadratic quality criterion, method of successive improvements

А.М. Бугрова

ORCID: 0009-0003-6270-2331 e-mail: bugrova424@gmail.com

И.Д. Колчин

ORCID: 0009-0007-8884-5495 e-mail: kolchin.ilya.2004@gmail.com

Е.И. Михайлова

ORCID: 0009-0005-6694-3241 e-mail: ewylim126@gmail.com

Л.В. Кулагина

ORCID: 0000-0001-5734-411X e-mail: kulaginal@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В статье представлен обзор основных методов обработки больших данных и наиболее распространенные программы для работы с ними. Также обсуждаются этические аспекты работы с большими данными и проблемы, связанные с обеспечением конфиденциальности и защиты персональных данных, собираемых различными компаниями для последующего анализа.

Эффективное использование информации позволяет делать выводы, находить закономерности и принимать важные решения на основе изначально разрозненной информации в самых различных сферах жизни: от индустрии развлечений до сферы образования. Такой подход позволяет получить конкурентные преимущества в исследуемой области, выявить наиболее приоритетные направления для дальнейшего развития, увеличить доходы и, возможно, избежать ошибок.

Ключевые слова: большие данные, методы обработки данных, защита конфиденциальной информации.

BIG DATA. METHODS AND FEATURES OF THEIR USE

A.M. Bugrova, I.D. Kolchin, E.V. Mikhailova, L.V. Kulagina

Nizhniy Novgorod state technical university n. a.R.E.Alexeev

Purpose: overview of the concept of big data, methods for processing it and programs for working with it. Discuss ways to protect confidential information used for analysis.

Design/methodology/approach: the article provides an overview of various methods and ways of working with big data, and discuss about the importance of protecting confidential data.

Findings: analysis of big data arrays.

Research limitations/implications: big data has a wide range of applications nowadays.

Originality/value: the proposed analysis clarifies the situation in the field of big data processing and provides insight into ways to protect private information used by companies for analysis.

Key words: big data, data processing methods, ways to protect confidential information.

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПУТИ
РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ**

И.Д. Колчин

ORCID: 0009-0007-8884-5495 e-mail: kolchin.ilya.2004@gmail.com

А.М. Бугрова

ORCID: 0009-0003-6270-2331 e-mail: bugrova424@gmail.com

Е.В. Михайлова

ORCID: 0009-0005-6694-3241 e-mail: ewylim126@gmail.com

Л.В. Кулагина

ORCID: 0000-0001-5734-411X e-mail: kulaginal@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. П.Е. Алексеева

В статье обозревается современный этап развития нейронных сетей, разбираются концепции, связанные с путями развития нейронных сетей, обсуждается вопрос замещения человеческого труда машинным. Представлен анализ информации, полученной из различных источников. Предложенный анализ должен прояснить ситуацию в области развития технологий нейронных сетей и дать понимание по поводу развития данной технологии в будущем.

Ключевые слова: будущее нейронных сетей, искусственный интеллект, перспективы развития технологии

**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF NEURAL NETWORKS AND THEORETICAL
WAYS OF TECHNOLOGY DEVELOPMENT.**

I.D.Kolchin, A.M.Bugrova, E.V. Mikhailova, L.V. Kulagina

Nizhniy Novgorod state technical university n. a.R.E.Alexeev

Purpose: analyze the ways of development of artificial intelligence; review the current level of technology development; answer the question about the possibility of replacing human labour with machinery.

Design/methodology /approach: information was collected and analyzed from various sources. A review of news related to the development of artificial intelligence has been carried out.

Findings: Scientists see several ways to develop artificial intelligence technology. The first is related to the development of superior AI, comparable to human intelligence. The second way involves the development of a variety of narrowly focused models and linking them into a single ecosystem. The probability of complete replacement of human labor with machine labor is extremely low, but the increasing introduction of artificial intelligence into industry will change the requirements for the qualification of workers.

Research limitations/implications: A large amount of information does not allow us to describe the situation in detail, so we have to limit ourselves to a general description

Originality/value: the proposed analysis clarifies the situation in the field of development of neural network technologies and gives an understanding about the development of this technology in the future.

Key words: the future of the neural networks, artificial intelligence, prospects for the development of technology

ЯЗЫКИ ПРОГРАММИРОВАНИЯ В ОЛИМПИАДАХ

Е.В. Михайлова

ORCID: 0009-0005-6694-3241 e-mail: ewylim126@gmail.com

А.М. Бугрова

ORCID: 0009-0003-6270-2331 e-mail: bugrova424@gmail.com

И.Д. Колчин

ORCID: 0009-0007-8884-5495 e-mail: kolchin.ilya.2004@gmail.com

Л.В. Кулагина

ORCID: 0000-0001-5734-411X e-mail: kulaginal@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

В статье рассмотрены несколько языков программирования с точки зрения применения в олимпиадах, а также приведен анализ их востребованности у работодателей.

Ключевые слова: Олимпиадное программирование, Python, Java, C++, востребованные языки программирования

PROGRAMMING LANGUAGES AT OLYMPIADS

E.V. Mikhailova, A.M. Bugrova, I.D. Kolchin, L.V. Kulagina

Nizhniy Novgorod state technical university named after R.E.Alexeev

Purpose: Comparison of programming languages from the point of view of Olympiad programming and the demand for the language.

Design/methodology/approach: The information was obtained through a survey of qualified people, from specialized literature, through benchmark testing, as well as from personal experience.

Findings: analysis of information received from various sources.

Research limitations/implications: Eventually, a comparative analysis of several programming languages was obtained according to several parameters, which will allow novice olympiad programmers to more consciously choose the main language.

Originality/value: the proposed analysis helps to choose a programming language for programming olympiad classes, taking into account the demand for the language in the labor market

Key words: Olympiad programming, Python, Java, C++, popular programming languages

УДК 658.51:004

**АНАЛИЗ СПЕЦИФИКИ РЕСУРСОВ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ,
РЕАЛИЗУЮЩИХ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИФИЦИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ**

М.А. Ивлев

ORCID: 0000-0001-8039-7543 e-mail: ivlev-ma@yandex.ru

Н.К. Кандзюба

ORCID: 0009-0005-9825-3149 e-mail: nikita.kandziuba@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Объект исследования – ресурсный аспект принятия решений в организационных системах предприятия, продуктом деятельности которого являются изделия специфицированного вида. Предметом исследования выбраны те качества ресурсов организационных систем, которые должны учитываться разработчиками изделий при их проектировании на стадии технического предложения. На этой стадии разработчик должен сформировать перспективные варианты изделия, из которых выбирается оптимальный – наиболее конкурентоспособный вариант. Для разработки специфицированных изделий такими вариантами целесообразно принять совокупности их компонентов (составных частей), трактуемых как *ресурсы*. Выбор компонентов (их назначение в состав изделия) и есть суть *управления ресурсами*, реализуемого субъектами организационной системы – разработчиками продукции. *Первой* важной особенностью ресурсов является функциональная взаимозаменяемость их определенных совокупностей (составов) по показателям назначения изделия. *Второй* особенностью таких ресурсов, является их иерархический характер – одна и та же функция изделия может быть реализована наборами компонентов из разных иерархий видов изделий – от деталей до комплексов. *Третья* особенность состоит в том, что при функциональной идентичности совокупностей ресурсов они различаются по электрофизическим параметрам, что влечет различие характеристик изделий по надежности, эргономичности, безопасности, экологичности, стоимости. Эти различия, наряду с показателями назначения, определяют предпочтения потребителей, а значит и конкурентоспособность продукции.

Ключевые слова: проектирование, ресурсный подход, оценка ресурсов, критерии оценки, конкурентоспособность.

**ANALYSIS OF THE SPECIFIC RESOURCES OF ORGANIZATIONAL SYSTEMS,
IMPLEMENTING THE DESIGN OF PRODUCTS CONSISTED OF COMPONENTS**

M. A. Ivlev, N. K. Kandziuba

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: identifying the resources of the organizational system of a research and production enterprise that carries out the development of promising products, as well as determining those of their qualities that the subject of the organizational system must take into account in order to achieve its ultimate goal.

Design/methodology/approach: formation of a set of characteristics of resources – alternative components of products, taking into account their impact on its competitiveness.

Findings: an analysis of the specifics of resources – alternative components – is presented, within the framework of which the developer will be able to purposefully form their aggregates that implement the functionality of the product.

Research limitations/implications: the variety of promising options is limited by the number of types of resources of the organizational system received by it from the external environment of the enterprise.

Originality/value: the value of the analysis results lies in the formed criteria for assessing the resources of the organizational system, allowing its subject to determine the feasibility of their use in design decisions.

Key words: design, resource approach, resource assessment, evaluation criteria, competitiveness.

**КОНЦЕПЦИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ,
РЕАЛИЗУЮЩИХ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СПЕЦИФИЦИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ****М.А. Ивлев**

ORCID: 0000-0001-8039-7543 e-mail: ivlev-ma@yandex.ru

Н.К. Кандзюба

ORCID: 0009-0005-9825-3149 e-mail: nikita.kandziuba@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Объект исследования – организационные системы предприятия, продуктом деятельности которого являются изделия специфицированного вида: сборочные единицы и комплексы. К ним относится практически вся продукция высокотехнологичных отраслей промышленности приборостроения и машиностроения. В соответствии с требованиями, предъявляемыми к первой стадии проектирования – стадии технического предложения, принятие проектных решений разработчиком – субъектом организационной системы (ЛПП1), предусматривает разработку исходных вариантов продукции. В данном исследовании предлагается выполнять ее на основе выбора её альтернативных компонентов, являющихся при таком подходе ресурсами организационной системы, реализующей проектную деятельность – проектирование продукции. Общей характеристикой таких альтернативных вариантов является заданная функциональность и требуемые показатели назначения в определенных условиях эксплуатации. Отличительные параметры, зависящие от набора компонентов и важные для потребителя (ЛПП2), – показатели качества, надежности, экономичности, массогабаритные и др. В случае многоуровневой структуры изделия (большого количества так называемых уровней «разукрупнения» изделия) альтернативные варианты изделий будут представлять множество, экземпляры которого состоят из разнородных по уровням иерархии составных частей: от деталей до комплексов. Формирование таких вариантов проектных решений ЛПП1 будет рациональным («согласованным» с требованиями ЛПП2) при их формализованной поддержке, учитывающей человеческий фактор. В работе представлена основа такой поддержки – алгоритм выбора компонентов специфицированного изделия из их альтернативных вариантов.

Ключевые слова: изделия из составных частей, многоуровневая структура, проектирование, принятие решений, человеческий фактор.

**CONCEPT OF DECISION MAKING IN ORGANIZATIONAL SYSTEMS,
IMPLEMENTING THE DESIGN OF PRODUCTS CONSISTED OF COMPONENTS****M. A. Ivlev, N. K. Kandziuba**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: the goal of the work is the purposeful formation of promising variants of product designs, carried out by the subject of the organizational system of the enterprise in the design process.

Design\methodology\approach: an approach to making rational decisions by a subject of an enterprise's organizational system regarding the selection of components of specified products, taking into account consumer preferences.

Findings: the concept allowing making a variety of rational options in product design has been presented. This concept is applicable also in products with a multi-level structure.

Research limitations/implications: the number of product design options is limited by the number of types of alternative components - resources of the organizational system.

Originality/value: the value of the considered approach lies in the possibility for the customer to choose the optimal option of the final product structure at the design stage.

Key words: products from component parts, multi-level structure, design, decision making, human factor.

УДК 658.51:004

ФОРМАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СПЕЦИФИЦИРОВАННОЙ ПРОДУКЦИИ

М.А. Ивлев

ORCID: 0000-0001-8039-7543 e-mail: ivlev-ma@yandex.ru

Н.К. Кандзюба

ORCID: 0009-0005-9825-3149 e-mail: nikita.kandziuba@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

При проектировании наукоемкой продукции предприятий приборо- и машиностроения (по видам изделия – специфицированные: сборочные единицы и комплексы), в частности на стадии технического предложения, разработчик (ЛПП1) как субъект организационной системы выбирает компоненты изделия – ресурсы организационной системы. Управление такими ресурсами понимается как управление организационной системой. При эвристическом подходе состав компонентов изделия вследствие большого количества его вариантов может быть неоптимальным как по параметрам назначения, так и по другим важным для потребителя (ЛПП2) параметрам, например, надежности, стоимости, массогабаритным параметрам. Задача выбора состава компонентов среди аналогичных (задача формирования вариантов прототипов изделий) осложняется тем, что повышение показателей качества по одним параметрам, как правило сопровождается его снижением по другим, т.е. приходится принимать компромиссные решения. Кроме того, составные части таких изделий могут быть выбраны из разных иерархических уровней «разукрупнения» изделий (детали, сборочные единицы, комплексы). Поэтому принятие решений ЛПП1 при формировании проектных вариантов и выбор оптимального (рационального) с учетом предпочтений ЛПП2 целесообразно выполнить на основе их формализованной поддержки. В качестве начального прототипа таковой предложены графические инструменты – цепочечные схемы, показавшие эффективность в других, формально идентичных предметных областях.

Ключевые слова: продукция из составных частей, проектирование, управление ресурсами, принятие решений, формализованные схемы.

FORMALIZATION OF ORGANIZATIONAL SYSTEM MANAGEMENT IN THE DESIGN OF PRODUCTS CONSISTED OF COMPONENTS

M. A. Ivlev, N. K. Kandziuba

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: increasing the efficiency of management of the organizational system based on the development of formalized schemes of the management mechanism, which are a means of transforming the semantic concept of management into a mathematical model of such a mechanism.

Design/methodology/approach: formalized support for managing an organizational system, the first step in the development of which is the formation of graphical tools – chain diagrams.

Findings: a formalization of organizational system management is presented in which the customer of a given product will be able to obtain many rational variants of the final product at the design stage.

Research limitations/implications: An increase in product quality in one respect is often accompanied by a decrease in other characteristics, which necessitates the development of compromise solutions.

Originality/value: the value of the approach under consideration is in obtaining a set of rational design options considering the customer's preferences.

Key words: products from component parts, design, resource management, decision making, formalized schemes.

УДК658.51:004

КОНЦЕПЦИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ, РЕАЛИЗУЮЩИХ МУЛЬТИПРОЕКТНУЮ ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

М. А. Ивлев

ORCID 0000-0001-8039-7543 e-mail: ivlev-ma@yandex.ru

Д. Е. Рябов

ORCID0009-0005-6238-880X e-mail: dmetrei.ryabov@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Управление современным мультипроектным производственным процессом связано с необходимостью решения многих сложных задач организации производственных процессов: подготовки производства, планирования и организации управления производством, управления производственными ресурсами и кадрами. Областью исследования является производственная стадия одновременной реализации мультипроектов – нескольких проектов, не связанных общей целью и конкурирующих за ограниченные ресурсы предприятия. Эффективность организационной системы понимается как максимальное использование ею возможностей имеющихся производственно-технологических ресурсов (оборудования, линий) без увеличения их количества или замены на новые. В работе показано, что при реализации организационной системой производственных стадий мультипроектов на их фазах, соответствующих необходимым видам промышленного производства и ресурсов, возникают трудности в обеспечении принципов «бережливого» производства, работы без простоев и достижения минимальных циклов выпуска продукции, что характеризует организационную систему как неэффективную. В рамках применяемого ресурсного подхода предложена концепция повышения эффективности организационной системы посредством оптимизации ее производительности ресурсов на указанных фазах. Разработанная концепция обеспечивает максимально возможную сбалансированную по фазам проектов производительность ресурсов и минимизацию цикла производства.

Ключевые слова: мультипроектное производство, организационная система, управление, ресурсный подход.

CONCEPT OF INCREASING THE EFFICIENCY OF ORGANIZATIONAL SYSTEMS, IMPLEMENTING MULTIPROJECT PRODUCTION ACTIVITIES

M. A. Ivlev, D. E. Ryabov

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R.E. Alekseev

Purpose: the goal set in the work is to develop an approach to ensuring the effectiveness of the organizational system that implements the production stage of the multi-project development-manufacturing cycle.

Design/methodology/approach: the effectiveness of an organizational system is understood as its maximum use of the capabilities of existing production and technological resources (equipment, lines) without increasing their quantity or replacing them with new ones. The proposed approach is based on establishing the duration of resource use differentiated by production phases.

Conclusions: within the framework of the applied resource approach, a concept has been proposed for increasing the efficiency of the organizational system by optimizing its resource productivity at the phases of the production cycle.

Limitations/conclusions of the study: the maximum possible productivity of resources, balanced across the phases of the production cycle, is limited by the maximum working time fund established for the least productive phase of the production cycle.

Originality/value: the developed concept ensures the highest possible resource productivity balanced across the phases of the production cycle and minimization of the production cycle.

Keywords: multiproject production, organizational system, management, resource approach.

УДК 658.51:004

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ РЕСУРСОВ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА КАК ФАКТОР ЕЁ ЭФФЕКТИВНОСТИ

М. А. Ивлев

ORCID 0000-0001-8039-7543 e-mail: ivlev-ma@yandex.ru

Д. Е. Рябов

ORCID 0009-0005-6238-880X e-mail: dmetrei.ryabov@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Объектом исследования являются ресурсы научно-производственного предприятия (НПП) проектно-технологического типа. На стадии разработки, являющейся узкоспециализированной деятельностью, проекты, выполняемые на таком предприятии, не являются конкурентами за его ресурсы. Разрабатывающие подразделения НПП, передавая на его общую производственную базу полученные в ходе выполнения каждого проекта результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, загружают (используют) её неограниченные ресурсы. Отметим их особенность: они относятся к постоянным ресурсам, количество их в проектной деятельности неизменно. Очевидно, что ограниченные производственные мощности предприятия являются узким местом цикла проектирования-производства конечного продукта. Недостаток производственного ресурса усугубляется тем, что реализуемые предприятием проекты характеризуются различными трудоемкостями работ, относящихся к последовательным подстадиям (фазам) цикла производства, соответствующим применяемым в наукоемкой промышленности видам производства. Наличие такого обстоятельства означает различие производительности ресурсов по фазам производства, что может привести к простоям в одних фазах и затовариванию в других, а также к длительному циклу выпуска продукта (зависящему от наименее производительной фазы). Появление этих фактов свидетельствует о неэффективности организационной системы (ОС) НПП, субъекты которой по существу являются нерациональными распорядителями ресурсов. Таким образом, для повышения эффективности ОС необходим формализованный инструмент управления производительностью её ресурсов.

Ключевые слова: научно-производственная деятельность, организационные системы, ресурсы, производительность.

PRODUCTIVITY OF RESOURCES OF THE ORGANIZATIONAL SYSTEM OF INDUSTRIAL PRODUCTION AS A FACTOR OF ITS EFFECTIVENESS

M. A. Ivlev, D. E. Ryabov

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: the authors propose to optimize the organizational system that manages permanent resources in the context of competition for them from individual projects in the multi-project production activity of an enterprise. This work is aimed at ensuring the maximum possible productivity of their resources, balanced across project phases, and minimizing the cycle time of the entire production.

Design/methodology/approach: method of resource management of the organizational system of a research and production enterprise at the stage of industrial production of its products.

Conclusions: a resource-based approach to managing the organizational system of industrial production has been developed, making it possible to increase its efficiency, which is assessed by the productivity of the resources it manages at all stages of the production cycle.

Limitations/conclusions of the study: the maximum possible resource productivity, balanced across project phases, is limited by the maximum working time fund established for the least productive phase of the production cycle.

Originality/value: the resource approach developed in the article will make it possible to optimize the organizational system that manages heterogeneous constant resources in the conditions of competition for them from individual projects in the multi-project production activity of an enterprise.

Keywords: scientific and production activities, organizational systems, resources, performance.

ПОИСК ЦЕНТРОВ ЗРАЧКОВ ГЛАЗ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

Д.В. Щербakov

ORCID: 0009-0007-0838-5813 e-mail: dvshcherbakov@kai.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н.Туполева-КАИ

В данной статье представлен аналитический обзор существующих методов поиска центров зрачков глаз на изображении, используемых в компьютерном зрении и распознавании лиц. В статье рассматриваются следующие методы: метод шаблонного поиска объектов – каскады Хаара; метод поиска различных фигур – преобразование Хафа; метод поиска фигур с радиальной симметрией – метод быстрого преобразования радиальной симметрии. Перечислены преимущества и недостатки методов, а также возможности и перспективы развития по улучшению работы методов. Приведены наиболее подходящие области применения данных методов. Статья предназначена для специалистов в области компьютерного зрения, а также для всех, кто интересуется разработкой систем распознавания лиц и анализа изображений.

Ключевые слова: компьютерное зрение, распознавание лиц, каскады Хаара, преобразования Хафа, быстрое преобразование радиальной симметрии.

SEARCH FOR EYE PUPIL CENTERS ON THE IMAGE

D.V. Shcherbakov

ORCID: 0009-0007-0838-5813 e-mail: dvshcherbakov@kai.ru

Kazan national research technical university n.a. A.N. Tupolev-KAI

Purpose: Review the methods for determining the centers of the pupils of the eyes in the image.

Design/methodology/approach: The most common methods are: the template object search method – Haar cascades; the method of searching for various shapes – the Hough transform; the method of searching for shapes with radial symmetry – the method of fast transformation of radial symmetry.

Findings: Taking into account the disadvantages of the methods, recommendations are given for improving the work of each of them.

Research limitations/implications: The conducted analytical review has a limitation in that each method is based on the search for elliptical shapes.

Originality/value: The value of the article lies in the recommendations given to improve the methods of searching for the centers of the pupils of the eyes in the image.

This article provides an analytical review of existing methods for searching for the centers of the pupils of the eyes in an image used in computer vision and facial recognition. The following methods are considered in the article: the method of template object search – Haar Cascades; the method of searching for various shapes – Hough Transform; the method of searching for shapes with radial symmetry – Fast Radial Symmetry Transform. The advantages and disadvantages of the methods are listed, as well as opportunities and prospects for development to improve the work of the methods. The most suitable areas of application of these methods are given. The article is intended for specialists in the field of computer vision, as well as for anyone interested in the development of facial recognition and image analysis systems.

Key words: computer vision, face recognition, Haar cascades, hough transform, fast radial symmetry transform.

**ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК АУДИОЗАПИСЕЙ
НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОЙ ОКРАСКИ РЕЧИ ЧЕЛОВЕКА
НА ОСНОВЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ**

Д.И. Карпенкова

ORCID: 0009-0008-3897-7286 e-mail: dkarpenkova@gmail.com

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ

В работе представлены результаты оценки влияния количества извлекаемых характеристик аудиозаписей на определение эмоциональной окраски речи человека. Исходными данными для анализа послужили аудиозаписи англоязычной речи. В данной работе из аудиозаписей извлекалось от одной до пяти характеристик. На полученных выборках построены пять нейросетевых сверточных моделей одинаковой архитектуры. Для оценки их эффективности использованы метрики Accuracy, Precision, Recall и F1-Score. Результаты исследования показали, что наибольшее количество извлекаемых характеристик аудиоданных дает наибольшую точность нейросетевой модели по сравнению с точностью остальных построенных нейросетевых моделей, улучшая качество определения эмоциональной окраски речи человека.

Ключевые слова: аугментация данных, сверточная нейронная сеть, эмоциональная окраска речи, распознавание эмоциональной окраски речи.

**INFLUENCE OF THE CHARACTERISTICS OF AUDIO RECORDINGS
ON DETERMINING THE EMOTIONAL COLORING OF HUMAN SPEECH
BASED ON A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK MODEL**

D.I. Karpenkova

Kazan national research technical university n.a. A.N. Tupolev-KAI

Purpose: Increasing the efficiency of determining the emotional coloring of speech based on changes in the extracted characteristics of the original audio data of English speech, their analysis and construction of a convolutional neural network model.

Design/methodology/approach: One of the effective methods for determining the emotional coloring of speech is the use of convolutional neural networks. Features such as mel-cepstral coefficients and zero-crossing frequency are extracted from audio recordings. However, the process of feature extraction is quite time-consuming. To increase efficiency, it is advisable to identify the most significant features of audio data and build neural network models based on extracting only significant features.

Findings: The study made it possible to identify the most significant characteristics of the extracted audio recordings. Models built taking into account all characteristics and taking into account only significant ones are quite close in classification accuracy – 82% and 83%.

Research limitations/implications: The study was limited by the set of initial data, feature extraction methods and convolutional neural network architecture. However, the results obtained allow us to judge the positive outcome of the study.

Originality/value: The originality of the results obtained lies in finding the most significant characteristics of audio recordings. Besides, as a result of the work, original results were obtained indicating the possibility of increasing the efficiency of solving the problem by optimizing the architecture of the neural network model. The value of the completed research lies in the constructed model, suitable for effective practical use in various subject areas.

Key words: data augmentation, convolutional neural network, speech emotion, speech emotion recognition.

ВЛИЯНИЕ АУГМЕНТАЦИИ ДАННЫХ ПУПИЛЛОМЕТРИИ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОСЕТОВОЙ МОДЕЛИ

Д.Г. Петросянц

ORCID: 0000-0002-7543-3391 e-mail: dim-asu@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ

В работе представлены результаты оценки влияния аугментации данных пупиллометрии на определение функционального состояния человека. Исходными данными для анализа послужили графические изображения пупиллограмм, характеризующие состояния бодрствования и утомления человека. Для аугментации исходных данных использованы методы jitter, scaling и magnitudewarp. На полученной выборке из 1152 графических изображений пупиллограмм построена нейросетевая сверточная модель ResNet34. Для оценки ее эффективности использованы метрики Accuracy, Precision, Recall и F1-Score. Результаты исследования показали, что аугментация данных пупиллометрии повысила точность нейросетевой модели по сравнению с точностью, достигаемой на исходных данных, улучшая качество определения функционального состояния человека.

Ключевые слова: аугментация данных, пупиллометрия, графическое изображение пупиллограммы, функциональное состояние человека, сверточная нейронная сеть.

INFLUENCE OF PUPILLOMETRY DATA AUGMENTATION ON A HUMAN FUNCTIONAL STATE DETERMINING BASED ON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK MODEL

D.G. Petrosyants

Kazan national research technical university n.a. A.N. Tupolev-KAI

Purpose: Increasing the efficiency of determining the functional state of a person through augmentation of the initial data of pupillograms graphic images, their analysis and construction of convolutional neural network model.

Design/methodology/approach: One of the effective methods for determining the functional state of a person is pupillometry, based on the construction and analysis of pupillograms. A pupilogram is a time series characterizing the dynamics of changes in the size of the pupil of a human eye within 3 seconds from the moment the light pulse is applied. Graphic images of pupillograms represent the initial data for analysis and construction of convolutional neural network models. However, in conditions of small samples, such models do not solve the problem accurately enough. To increase their efficiency, it is advisable to enrich the source data using various augmentation methods and build neural network models based on the analysis of augmented data.

Findings: Augmentation of pupillometry data made it possible to build better convolutional neural network model. Compared to model built on the original data, the value of the Accuracy metric increased by 5%, Precision by 1%, Recall by 6%, and F1-Score by 12%.

Research limitations/implications: The conducted research is limited by the set of initial data, augmentation methods and convolutional neural network architecture. However, the results obtained allow us to judge the positive impact of augmentation on a person functional state determining.

Originality/value: The originality of the results obtained lies in the choice of approach for determining the functional state of a person based on the analysis of graphic images of pupillograms and the construction of convolutional neural network model. In addition, the work obtained original results indicating the possibility of increasing the efficiency of solving the problem by augmenting the initial pupilogram data and retraining the selected model. The value of the completed research is the constructed model, suitable for effective practical use in various subject areas.

Key words: data augmentation, pupillometry, graphical representation of pupilogram, functional state of a person, convolutional neural network.

**НАБОР ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ
РАСПОЗНАВАНИЯ УСТАЛОСТИ ВОДИТЕЛЕЙ****Б. Курбанов**

ORCID: 0009-0006-5777-675X e-mail: babahan-98@mail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева-КАИ

В работе представлены наборы данных и их предварительная обработка для построения модели сверточной нейронной сети распознавания усталости водителей по выражению лица. Модель сверточной нейронной сети построена на основе архитектуры ResNet50. Подготовленный набор данных состоит из 6000 изображений, 3000 изображений соответствуют признакам усталого человека (на этих изображениях человек зевает или закрывает глаза) и 3000 изображений – признакам бодрого человека. Построение сверточной нейронной сети длилось в течение 100 эпох, при этом каждый обучающий пример состоял из 32 элементов. При обучении нейросетевая модель достигла уровня точности классификации в 95%. Эти показатели свидетельствуют об эффективности наборов данных и возможности ее практического использования. Был сделан вывод о том, что проведенное исследование продемонстрировало успешное применение наборов данных для построения сверточной нейронной сети распознавания усталости водителей по выражению лица с высокой степенью точности.

Ключевые слова: распознавания усталости, resNet50, сверточные нейронные сети.

**DATASET FOR TRAINING A CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
FOR DRIVER FATIGUE RECOGNITION****B. Kurbanov**

Kazan national research technical university n.a. A.N. Tupolev-KAI

Purpose: Selecting efficient and practical data sets to build a convolutional neural network model for recognizing driver fatigue by facial expressions.

Design/methodology/approach: One of the accessible and effective methods for solving this problem is recognizing fatigue by facial expression using convolutional neural networks. This method is a classic solution to the research problem. However, the novelty of the author's approach to implementing this method lies in the enrichment and selection of a data set from an open source, as well as in training a convolutional neural network of a known model on prepared data. Next, we will consider data sources, preparation and generation of a data set for building and testing the model.

Findings: The correct selection of data sources and pre-processing allowed us to build an effective convolutional neural network model. The accuracy during construction was 95%. These indicators indicate the effectiveness of the data sets and the possibility of its practical use.

Research limitations/implications: Combination and pre-processing resulted in the formation of an effective and practical dataset for solving the problem of recognizing driver fatigue using convolutional neural networks.

Originality/value: The originality of the obtained results lies in the selection of data sets, combination and pre-processing to increase the diversity of the data. The study demonstrated the successful use of data sets to build a convolutional neural network for recognizing driver fatigue based on facial expressions with a high degree of accuracy.

Key words: fatigue recognition, resNet50, convolutional neural networks.

УДК 004.032.26

РАСШИРЕНИЕ НАБОРА ДАННЫХ ПРИ ПОМОЩИ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ

Т.С. Евдокимова

ORCID: 0009-0006-2929-4462 e-mail: evdokimovats97@gmail.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет

им.А.Н.Туполева - КАИ

Аугментация изображений является важным инструментом в области машинного обучения, особенно в задачах компьютерного зрения. Она заключается в преобразовании исходных изображений с целью увеличения объема данных для обучения модели.

Преимущества аугментации изображений при помощи обучения с подкреплением заключаются в следующем:

1. Улучшение обобщающей способности модели: аугментация изображений помогает модели распознавать объекты в различных условиях освещения, угла обзора и других факторов, что позволяет повысить ее способность к обобщению и классификации объектов в новых ситуациях;
2. Увеличение разнообразия данных: аугментация изображений позволяет создать больше вариаций изображений для обучения модели, что способствует более надежному и эффективному обучению.
3. Улучшение устойчивости модели: благодаря аугментации, модель становится более устойчивой к шуму и возможным искажениям входных данных, что повышает ее устойчивость и надежность в различных условиях.

Таким образом, аугментация изображений при помощи обучения с подкреплением играет важную роль в повышении качества обучения моделей компьютерного зрения и способствует их успешной применимости в реальных задачах.

Ключевые слова: аугментация, обучение с подкреплением, набор данных, модель, нейронная сеть.

EXPANDING THE DATASET WITH REINFORCEMENT LEARNING

T.S. Evdokimova

Kazan national research technical university n.a. A.N. Tupolev-KAI

Purpose: This article discusses a method for expanding a dataset using reinforcement learning.

Design/methodology/approach: An algorithm is proposed to improve the accuracy of the model with a small data set based on reinforcement learning.

Conclusions: A new approach to data augmentation using reinforcement learning in data classification tasks is proposed. The proposed algorithm includes a generalized approach to model training using augmentation using reinforcement learning.

Limitations/implications of the study: This article serves as a starting point for further research into the application of reinforcement learning methods.

Originality/value: This approach can be applied in areas where data collection is difficult, and this method also reduces the labor costs for additional collection and markup of training data.

Key words: augmentation, reinforcement learning, dataset, model, neural network.

УДК 004.65

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ КНИЖНОГО МАГАЗИНА

Р.Р. Ахметзянова

ORCID: 0009-0005-2986-9740 e-mail: AkhmetzyanovaRaR@yandex.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ

Н.В. Андреянов

ORCID: 0000-0003-4072-2609 e-mail: nik57643@yandex.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ

Сегодня использование баз данных и автоматизированных информационных систем необходимо для работы любого предприятия. Информационная система часто без поддержки базы данных не может быть использована полностью, а лишь частично. Соответственно, проектирование реляционных баз данных является важной частью разработки. Создание базы данных начинается с анализа информации и перехода к формализованному описанию объектов предметной области. Выделяются следующие этапы: анализ системы; определение информационной структуры; создание логической модели данных; физическая реализация.

В данной работе представлен процесс проектирования базы данных для книжного магазина. Также показаны анализ и описание предметной области, основные цели и задачи создания базы данных, её дата-логическая модель и структура информационной системы.

Ключевые слова: база данных, дата-логическая модель, проектирование, информационная система, разработка.

DESIGNING A DATABASE FOR A BOOKSTORE

R.R. Akhmetzyanova, N.V. Andreyanov

Kazan national research technical university n.a. A.N. Tupolev-KAI

Purpose: Having analyzed the subject area, we can say that the development of a database for a bookstore is relevant. The purpose of developing a database for working with it is to improve the quality of customer service in the store, improve the quality of the bookstore, and quickly navigate through the goods.

Design/methodology/approach: At the design stage of the data analysis, the ER model (ENTITY RELATIONSHIP) was used, i.e. the "ENTITY – RELATIONSHIP" model. The ER model is based on concepts such as essence and attribute.

Conclusions: This article discusses the process of building a database for a bookstore. A datalogical database model was formed and brought into normal form. The structure of the information system for the bookstore was also developed. The resulting database contains all the necessary components for convenient and fast work of employees, as well as convenient customer orientation in a variety of bookstore products.

Limitations/implications of the study: This article demonstrates one of the examples of solving specific tasks of a bookstore using a database.

Originality/value: The article describes the basic principles and methods of creating a database structure. An example of data normalization, the construction of a datalogical model and the structure of an information system is given. This is an important stage in development, since the efficiency and reliability of the entire system depend on a properly designed database.

Key words: database, datalogical model, design, information system, development.

ОБ АРХИТЕКТУРЕ ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ТЕСТИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ С ЗАДАНЫМИ СВОЙСТВАМИ

В.М. Сморякова

ORCID: 0000-0003-0357-0976 e-mail: smorykov@mail.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В работе описывается подход к построению архитектуры программной системы, предназначенной для исследования вычислительных алгоритмов, разрабатываемых с учётом заданных свойств. При адаптации построенного алгоритма для того или иного класса задач приходится разрабатывать такие стратегии (эвристики), которые позволяют определить (подобрать) конкретные значения параметров решаемых задач из соответствующих классов таким образом, чтобы сохранить эффективность и простоту построенного алгоритма. При этом необходимо проведение вычислительных экспериментов, подтверждающих работоспособность конкретной стратегии для последующего практического её применения на конкретных классах задач. Таким образом, необходимо построить исследовательскую вычислительную систему, основной целью которой является создание удобной среды, имеющей инструменты наглядного представления всех этапов работы алгоритма: мониторинги событий вычисления, визуализация полученного решения и его хода, возможность влияния на вспомогательные процедуры, возможность варьирования параметров исходного алгоритма для последующего анализа стратегий, возможность сравнения результатов работы алгоритма с уже существующими аналогами. При построении такой системы необходимо организовать архитектуру таким образом, чтобы полученная система удовлетворяла указанным требованиям. Отсюда возникает задача определения принципов разработки, которые будут использоваться в дальнейшем. В качестве апробации данной системы в статье приведен алгоритм численного интегрирования систем обыкновенных дифференциальных уравнений, основанный на использовании конечно-разностной формулы.

Ключевые слова: методы численного интегрирования, архитектурные принципы, программная система.

ON ARCHITECTURE OF SOFTWARE SYSTEM FOR DEVELOPMENT OF ALGORITHMS WITH DEFINED PROPERTIES

V. M. Smoryakova

Lobachevsky state university of Nizhny Novgorod

Purpose: The author provides an approach for creating architecture of software system for testing and development of algorithms with defined properties.

Design / methodology / approach: The paper describes an approach of designing architecture for the system and its usage on real cases. The development of the algorithm is a complex task, and it is required to analyze it entirely. Certain algorithms have theoretically designed best strategies on the given classes of tasks but in practice it is not possible to find an appropriate strategy for the specific class of tasks due to unknown exact values of certain parameters. Due to that it is necessary to propose heuristics to use instead of these exact strategies saving known features of the initial strategy. The researcher needs to have a suite of tools to thoroughly investigate every aspect of the developed strategy and to compare it to alternative strategies, see their pros and cons, visualize different important stages of its execution.

Findings: The paper finds out the approach to building research tool that allows to investigate and develop new algorithms and strategies by comparing them with each other and existing ones.

Research limitations/implications: The system is intended to be used not only as a pure research tool, but also as an educational tool for teaching students to learn extended practices of software development applied to their current work on courses.

Originality/value: In the paper we describe the principles we used to create such the system, important requirements that were considered during its design. Examples of the application are included on the example of numerical integration.

Key words: numerical integration, software design, methods with defined properties.

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЕЙ
В ПРОЕКТАХ ИННОВАЦИОННОЙ КОМПАНИИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАЧЕСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ О ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОСТИ**

Д.Е. Шапошников

ORCID: 0000-0003-1372-3753 e-mail: shaposhnikov@unn.ru

Н.В. Шестакова

ORCID: 0009-0005-6966-4600 e-mail: natalia.shestakova@itmm.unn.ru

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В работе предложена интерактивная процедура распределения исполнителей на работы креативного проекта с учётом качественной информации о предпочтительности назначения. Данная проблема весьма актуальна для инновационных компаний, в частности компаний, занимающихся разработкой ИТ продуктов, особенности которых в плане менеджмента рассмотрены в докладе. Такими особенностями, в частности, являются превышение количества работ над количеством исполнителей, наличие аутсорсинговых команд с другой системой финансового планирования и др. Предложена многокритериальная модель распределения работ на основе субъективных оценок качества со стороны менеджеров и исполнителей с одной стороны, финансовых и трудовых показателей эффективности, с другой стороны. Предложена методика учёта нагрузки на команды.

Ключевые слова: Многокритериальное проектное планирование, задача о назначениях, оценка эффективности проектов, индивидуальные предпочтения.

**DISTRIBUTION OF PERFORMERS IN PROJECTS OF INNOVATIVE COMPANY
USING QUALITATIVE INFORMATION ABOUT PREFERENCE**

D.E. Shaposhnikov

ORCID: 0000-0003-1372-3753 e-mail: shaposhnikov@unn.ru

N.V. Shestakova

ORCID: 0009-0005-6966-4600 e-mail: natalia.shestakova@itmm.unn.ru

Lobachevskiy state university of Nizhny Novgorod

Purpose: The authors provide an interactive procedure for allocating performers to work on a creative project, taking into account qualitative information about the preference of assignment.

Design / methodology / approach: This article discusses the features of planning the activities of innovative companies, in particular companies involved in the development of IT products. Such features are the excess of the number of works over the number of performers, the presence of outsourcing teams with a different financial planning system, etc. Also, an important factor is the availability of qualitative (non-quantitative) information, which is depended on significant difficulties in standardizing and assessing planned cost and efficiency indicators.

Findings: The article describes the developed multi-criteria model for the distribution of work based on subjective assessments of quality on the part of managers and performers on the one hand, and financial and labor performance indicators on the other hand.

Research limitations/implications: The proposed model is based on subjective assessments of the project parameters and performers and assumes the possibility of their accurate numerical assessment.

Originality/value: A model for the distribution of work among performers is proposed, considering subjective qualitative assessments of the parameters of the project for the development of an innovative solution. In the general case, it is assumed that the number of works in a set of company projects is greater than the number of work performers, and a method for considering the workload of teams of performers is proposed. An interactive procedure has been developed for analyzing possible solutions based on grouping criteria into two subsets (“cost-effectiveness”) and constructing a region of effective solutions.

Key words: Multiobjective project planning, project assignment problem, project effectiveness estimation, individual preferences.

**УПРАВЛЕНИЕ С ИТЕРАТИВНЫМ ОБУЧЕНИЕМ ВЫСШЕГО ПОРЯДКА
ДИСКРЕТНОЙ СИСТЕМОЙ НА БАЗЕ НАБЛЮДАТЕЛЯ СОСТОЯНИЯ – I****П.В. Пакшин**

ORCID: 0000-0002-0829-8636 e-mail: pakshinpv@gmail.com

А.О. Комаров

ORCID: 0000-0001-8011-4021 e-mail: godor1333@mail.ru

Ю.П. Емельянова

ORCID: 0000-0001-5311-3592 e-mail: EmelianovaJulia@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рассматривается задача управления с итеративным обучением (УИО) дискретной линейной системой в повторяющемся режиме. Такая задача в частности характерна для порталных роботов и других роботизированных систем. Одной из основных характеристик УИО является скорость сходимости ошибки обучения, с целью повышения которой предложен новый алгоритм высшего порядка на базе наблюдателя состояния. В отличие от известных алгоритмов первого порядка, использующих для коррекции управляющего сигнала только текущую информацию и информацию с предыдущей итерации, данный алгоритм использует информацию с нескольких предыдущих итераций. Для нахождения параметров алгоритма, обеспечивающих сходимость ошибки обучения, используется теория устойчивости повторяющихся процессов, основанная на дивергентном методе векторной функции Ляпунова. Это позволяет применить вычислительно эффективную технику линейных матричных неравенств.

Ключевые слова: Управление с итеративным обучением, алгоритмы высшего порядка, линейные системы, дискретные системы, наблюдатель состояния, повторяющиеся процессы, ускорение сходимости, устойчивость, векторная функция Ляпунова, линейные матричные неравенства

**HIGHER-ORDER ITERATIVE LEARNING CONTROL OF A DISCRETE SYSTEM
BASED ON STATE OBSERVER – I****P.V. Pakshin, A.O. Komarov, J.P. Emelianova**

Nizhniy Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The paper proposes a new higher-order iterative learning control (ILC) algorithm for linear discrete systems based on a state observer, the idea of the approach is based on an analogy with multi-step methods in optimization theory.

Design/methodology/approach: To obtain algorithms, previously developed stability theory of repetitive processes is used, in framework of which the conditions for the convergence of the learning error are formulated using the divergence properties of the vector Lyapunov vector function. This allows apply the computationally efficient technique of linear matrix inequalities.

Findings: The paper presents a new observer based higher-order iterative learning control algorithm for a linear discrete system.

Research limitations/implications: The higher-order ILC algorithms allow accelerate convergence of the learning error, which is one of important characteristic of the learning process.

Originality/value: Iterative learning control algorithms (ILC) are used effectively in additive manufacturing, including high-precision multilayer laser deposition machines, as well as in medical robots used for stroke rehabilitation, as well as in a variety of other applications.

Key words: Iterative learning control, higher order algorithms, linear systems, discrete systems, state observer, repetitive processes, convergence acceleration, stability, vector Lyapunov function, linear matrix inequalities

УПРАВЛЕНИЕ С ИТЕРАТИВНЫМ ОБУЧЕНИЕМ ВЫСШЕГО ПОРЯДКА ДИСКРЕТНОЙ СИСТЕМОЙ НА БАЗЕ НАБЛЮДАТЕЛЯ СОСТОЯНИЯ – II

П.В. Пакшин

ORCID: 0000-0002-0829-8636 e-mail: pakshinpv@gmail.com

А.О. Комаров

ORCID: 0000-0001-8011-4021 e-mail: godor1333@mail.ru

Ю.П. Емельянова

ORCID: 0000-0001-5311-3592 e-mail: EmelianovaJulia@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

На примере экспериментально полученной модели портального робота проводится сравнение новых алгоритмов управления с итеративным обучением (УИО) высшего порядка, полученных авторами в первой части работы, с известными алгоритмами первого порядка. Сравнение подтвердило, что алгоритмы УИО высшего порядка позволяют достичь более высокой скорости сходимости ошибки обучения. Кроме того пример показывает преимущество непричинных алгоритмов УИО, которые также ускоряют сходимость ошибки обучения. Даются рекомендации по выбор параметров, характеризующих глубину памяти. Общих теоретических результатов, подтверждающих преимущества алгоритмов УИО высшего порядка, пока не достигнуто, но представленный пример показывает их потенциальную эффективность и мотивирует дальнейшее исследование в этой области.

Ключевые слова: управление с итеративным обучением, портальный робот, дискретная модель, алгоритмы высшего порядка, наблюдатель состояния, ошибка обучения, ускорение сходимости, линейные матричные неравенства

HIGHER-ORDER ITERATIVE LEARNING CONTROL OF A DISCRETE SYSTEM BASED ON STATE OBSERVER – II

P.V. Pakshin, A.O. Komarov, J.P. Emelianova

Nizhniy Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: Application of causal and non-causal higher-order iterative learning control algorithms to an experimentally obtained model of a gantry robot.

Design/methodology/approach: Comparison of the convergence rate of the higher- and first order iterative learning control algorithms and comparison of the convergence rate of causal and non-causal higher-order iterative learning control algorithms.

Findings: The considered example confirmed that higher-order iterative learning control (ILC) algorithms provide a higher rate of convergence of the learning error compared to first-order algorithms. It is also confirmed that the non-causal ILC algorithm provides a higher rate of convergence of the training error compared to the causal one.

Research limitations/implications: General theoretical results confirming the advantages of higher-order ILC algorithms have not yet been achieved, but the presented example shows their potential effectiveness and motivates further research in this area.

Originality/value: The higher-order ILC algorithm obtained in the first part of this work allows accelerate convergence of the learning error of a gantry robot compared to the most widely used first-order algorithm.

Key words: Iterative learning control, higher-order algorithms, gantry robot, discrete systems, state observer, repetitive processes, convergence acceleration, stability, vector Lyapunov function, linear matrix inequalities

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ АРХИТЕКТУР ДЛЯ АППАРАТНЫХ МОДУЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

А.С. Олонцев

ORCID: 0000-0001-8785-9544 e-mail: olekseilon@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Развитие технологий и появление новых угроз кибербезопасности требуют постоянного совершенствования аппаратных модулей, обеспечивающих защиту информации. Они позволяют создавать мощные и эффективные средства защиты, обеспечивая высокий уровень безопасности и надежности в обработке конфиденциальных данных. В работе делается краткий обзор существующих решений аппаратных модулей для информационной защиты на архитектурах x86, ARM, RISC-V, выделены их основные функции. И сформулирована постановка задачи исследования этих решений.

Ключевые слова: Информационная безопасность, микроархитектура, процессор, RISC-V, x86, ARM.

OVERVIEW OF EXISTING MICROPROCESSOR ARCHITECTURES FOR INFORMATION SECURITY HARDWARE MODULES

A.S. Olontsev

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: This work is aimed at reviewing and analyzing existing hardware solutions for information security on x86, ARM, RISC-V architectures.

Design / methodology / approach: The paper provides an overview of existing solutions for hardware modules for information security on the most popular architectures and the main function of these modules are highlighted. The problems of hardware proprietary solutions are formulated.

Findings: An overview of current solutions allows to identify specific functions of hardware security modules, understand exactly what the module should do and check them for undeclared capabilities.

Research limitations/implications: This article is a starting point for further analysis and research of hardware solutions for information security.

Originality/value: Hardware solutions for information security are proprietary. These devices are essentially a full-fledged computer inside a computer, as they have their own operating system, memory, and various accelerators, but with full access to the main general-purpose processor. Obviously, such solutions may have undeclared capabilities, including hardware exploits.

Key words: information security, processor, micro architecture, x86, ARM, RISC-V

**ПОДДЕРЖКА ПЕРСОНАЛА В ПРОЦЕССЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

Д.Д. Мясников

ORCID: 0009-0007-0210-0514 e-mail: myasnikovdaniil5@yandex.ru

Н.Е. Пособилов

ORCID: 0000-0001-8850-4219 e-mail: posne44@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докладе раскрываются основные понятия дополненной реальности (AR), приводятся примеры, анализируются преимущества и недостатки этой технологии и рассматривается ее применение в нефтяной отрасли. В частности, описаны датчики, используемые на нефтеперекачивающих станциях, и их основные характеристики. Кроме того, описаны различные устройства, используемые для реализации технологии дополненной реальности, и представлены различные способы наложения виртуальных объектов. Также рассматриваются предпочтительные и менее предпочтительные атрибуты этой технологии, исследуются полезные возможности программного обеспечения AR, обзревается его плюсы и минусы, и выбирается наиболее оптимальное ПО для реализации системы дополненной реальности.

Ключевые слова: дополненная реальность, AR, нефтяная промышленность, нефтеперекачивающая станция, техническое обслуживание, датчики.

**SUPPORTING PERSONNEL DURING MAINTENANCE USING AUGMENTED REALITY
TECHNOLOGY**

D.D. Myasnikov, N.E. Posobilov

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: Analysis of the advantages and disadvantages of augmented reality technology and its application in the oil industry.

Design / methodology / approach: The article selects key sensors that are used in the oil industry, as well as their characteristics. The priority attributes of augmented reality for the information system are highlighted.

Findings: The article analyzes the advantages and disadvantages of augmented reality (AR), its application in the oil industry and examples in other industries. The sensors that are used in the oil industry and their characteristics are described. The most important attributes of AR technology and software for its development are considered.

Research limitations/implications: Research is limited by the use of free software development tools and hardware limitations. The results of the study can be applied in the oil industry.

Originality/value: The value of the entire article lies in finding all the key sensors that are used in the oil industry, the maintenance of which can improve the use of augmented reality technology.

Key words: augmented reality, AR, oil industry, oil pumping station, maintenance, sensors.

**АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ПРОВЕРКИ
ЭЛЕМЕНТОВ НА ВИДЕОКАДРЕ**

Е.А. Токарева

ORCID: 0009-0000-3383-929X e-mail: elizasoln@mail.ru

Н.Е. Пособилов

ORCID: 0000-0001-8850-4219 e-mail: posne44@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В докладе проведен анализ существующих методов, применяющихся для распознавания изображений. Выявлены основные преимущества и недостатки использования данных методов. Описана структура видеокadres, применяющихся на рабочих станциях блочного пункта управления атомной электростанции. Рассмотрены виды элементов, входящие в состав видеокадра и обозначающие состояние технологического оборудования. А также выделен наиболее подходящий и оптимальный метод распознавания изображений для проверки расположения и отображения элементов на видеокadre.

Ключевые слова: видеокadres, элементы оборудования, распознавание изображений, методы анализа изображений.

**ANALYSIS OF IMAGE RECOGNITION METHODS FOR VALIDATION OF
ELEMENTS ON A VIDEO FRAME**

E. A. Tokareva, N. E. Posobilov

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: This article is aimed to analyze and select the most suitable and optimal image recognition method for verifying the arrangement and display of elements in a video frame.

Design/methodology/approach: Methods of Graphic Image Recognition. The report examines fundamental methods used for image recognition. The main advantages and disadvantages of employing these methods are identified, along with the steps of their implementation.

Findings: Based on the explored methods of image recognition, the most suitable method for verifying the arrangement and display of elements in a video frame has been identified.

Research limitations/implications: The analysis and selection of the method will be conducted only for video frames included in the upper-level block of the SCADA system.

Originality/value: This research makes it possible to improve the safety and efficiency of operation at a nuclear power plant through the timely detection of malfunctions, inaccuracies and errors in the system.

Key words: video frames, equipment elements, image recognition, image analysis methods.

УДК 004.056.55

АНАЛИЗ СКОРОСТИ И НАГРУЗКИ НА СИСТЕМЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АЛГОРИТМА СИММЕТРИЧНОГО ШИФРОВАНИЯ AES 256

Д.В. Белянин

ORCID: 0009-0000-2802-9970 e-mail: belyanindv17@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Защита конфиденциальной информации является одной из главных проблем в современном мире, так как часто происходят различного рода утечки информации.

Предлагается направленное на оценку эффективности алгоритма Advanced Encryption Standard (AES) с использованием ключей длиной 256 бит в контексте высоких нагрузок на систему. Использование шифрования с длиной ключа 256 бит является крайне важным для обеспечения безопасности в современных информационных системах, и понимание его воздействия на скорость работы и загруженность системы имеет критическое значение. В рамках исследования были проведены различные эксперименты, включая измерение скорости шифрования и расшифрования данных, а также анализ загруженности системы в зависимости от объема обрабатываемых данных и параллельных процессов. Результаты этих экспериментов предоставляют важную информацию о производительности и нагрузке системы при использовании AES 256 в различных сценариях работы с данными. Выводы данного исследования позволяют лучше понять возможности оптимизации производительности системы при применении алгоритма AES 256, что имеет важное значение для разработчиков информационных систем, администраторов сетей и всех заинтересованных сторон в обеспечении безопасности и эффективности работы информационных технологий.

Ключевые слова: конфиденциальная информация, утечки, Advanced Encryption Standard (AES), ключи, оптимизация, сети.

ANALYZING THE SPEED AND LOAD ON SYSTEMS USING THE AES 256 SYMMETRIC ENCRYPTION ALGORITHM

D.V.Belyanin

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The purpose of this study is to study the effectiveness of the Advanced Encryption Standard (AES) algorithm with a 256-bit key in conditions of high system load.

Design/methodology/approach: Research of system performance and workload based on real data and usage scenarios. This allows you to get a more accurate idea of the effect of the algorithm on real systems.

Findings: The article conducted research aimed at evaluating the speed and workload of the system when using the AES 256 encryption algorithm. The research focused on analyzing the performance of this algorithm in the context of its application for data protection.

Research limitations/implications: The study was conducted on a limited set of data or conditions of use, which may limit the generalization of the results to other scenarios.

Originality/value: The research is aimed at evaluating the effectiveness of the Advanced Encryption Standard (AES) algorithm with a 256-bit key in conditions of high system load. While AES 256 is one of the most common encryption algorithms, investigating its performance in the context of high loads is an important area. This study includes a comprehensive approach that includes not only measuring the speed of the AES 256 algorithm, but also analyzing the workload of the system when using it. This allows you to get a more complete understanding of the impact of the algorithm on system performance in various use cases.

Key words: confidential information, leak, Advanced Encryption Standard (AES), keys, optimization, network.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АТАК НА ПРОТОКОЛ MODBUS TCP****В.С. Салтыков**

ORCID: 0009-0009-5779-4597 e-mail: saltykoff24@gmail.com

Р.А. Васильев

ORCID: 0000-0002-4978-2838 e-mail: romangamma@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева

Автор исследовал различные методы машинного обучения для определения аномалий в трафике протокола Modbus TCP. В рамках исследования были проведены эксперименты с использованием датасета, содержащего данные о типичном поведении протокола и различных видов атак. Результаты показали, что модели машинного обучения позволяют эффективно выявлять аномалии и идентифицировать возможные атаки на протокол Modbus TCP. Исследование также представляет сравнение эффективности различных алгоритмов машинного обучения в контексте выявления угроз для протокола Modbus TCP. Авторы описывают преимущества и ограничения применения алгоритмов машинного обучения для обнаружения атак на протокол Modbus TCP и предлагают пути дальнейших исследований в данной области. Статья представляет собой важный вклад в область кибербезопасности, особенно в контексте защиты от атак на промышленные сети и устройства, использующие протокол Modbus TCP. Работа может быть полезна для специалистов в области машинного обучения и разработчиков систем защиты от кибератак.

Ключевые слова: алгоритмы машинного обучения, информационная безопасность, протоколы передачи данных, Modbus TCP.

**USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS
TO DETECT ATTACKS ON MODBUS TCP PROTOCOL****V.S. Saltykov, R.A. Vasilyev**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod

Purpose: The goal of this article is to explore the use of machine learning algorithms for detecting attacks on Modbus TCP protocol. By examining various machine learning techniques, we aim to demonstrate their effectiveness in identifying and mitigating potential security threats to Modbus TCP networks. Ultimately, this research will provide insights into how machine learning can be leveraged to enhance the security of industrial control systems using Modbus TCP protocol.

Design / methodology / approach: In this study, Edge-IIoTset cybersecurity dataset of IoT&IIoT to train machine learning models. Various algorithms such as logistic regression, random forests, decision tree are applied to analyze the data and classify normal and malicious activities. By evaluating the performance of these algorithms using metrics such as precision, recall, and F1 score, the effectiveness of each model in detecting attacks on the Modbus TCP protocol can be determined.

Findings: The paper find result of training machine learning models on the dataset to detect attacks on the protocol. Characteristics extracted from network traffic data are obtained, including packet size, time information, and communication patterns It also makes conclusions about algorithms in terms of their performance in detecting attacks on the Modbus TCP protocol.

Research limitations/implications: Research is limited to Edge-IIoTset cybersecurity dataset of IoT&IIoT. The performance of the machine learning algorithms may be affected by the quality of the features extracted from the Modbus TCP packets, which could impact the effectiveness of the attack detection.

Originality/value: By adopting cutting-edge technology such as machine learning, organizations can enhance their cybersecurity defenses and stay ahead of cyber threats. The integration of machine learning algorithms in identifying malicious activities on Modbus TCP protocol offers a proactive approach to cybersecurity, enabling timely detection and response to potential cyber attacks. This innovative approach not only increases the efficiency of threat detection but also minimizes the risk of data breaches and network intrusions.

Key words: machine learning algorithms, information security, data transmission protocols, Modbus TCP.

**ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
АКТУАЛЬНЫХ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ**

Д.Р. Шамсутдинова

ORCID: 0009-0008-2669-8642 e-mail: olysh260297@gmail.com

В.Ю. Карпычев

ORCID: 0000-0001-8527-2600 e-mail: kavlyr@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

В статье рассматривается проблема определения актуальных угроз безопасности информации. Разработан алгоритм работы экспертной системы поддержки определения актуальных угроз безопасности информации, соответствующий законодательству Российской Федерации. Определены актуальные угрозы информационной безопасности для типовой информационной системы персональных данных медицинской отрасли. Сформулированы правила экспертной системы для полученных актуальных угроз.

Ключевые слова: информационная безопасность, угрозы информационной безопасности, определение актуальных угроз безопасности информации, защита информации, экспертная система.

**EXPERT SYSTEM TO SUPPORT IDENTIFYING CURRENT
INFORMATION SECURITY THREATS**

D.R. Shamsutdinova, V.Yu. Karpychev

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The author provides a work algorithm of an expert system for identifying current threats to information security.

Design / methodology / approach: The article identifies current threats to information security for a typical information system of personal data in the medical industry. The rules of the expert system are formulated for them. The obtained actual threats to information security can be ranked in order of likelihood of occurrence using confidence coefficients.

Findings: The article contains the rules of operation of the expert system and conclusions about the results of its work.

Research limitations/implications: Research is limited by the legislation of the Russian Federation, in particular the methodological document “Methodology for assessing threats to information security”

Originality/value: The value of the article lies in the fact that its materials can be used to create an expert system for identifying current threats to information security.

Key words: information security, threats to information security, identification of current threats to information security, data protection, expert system.

УДК 681.3.06

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

П.Н. Бураго

ORCID: 0000-0002-8010-906X e-mail: burago.pn@yandex.ru

В.П. Хранилов

ORCID: 0000-0003-1317-5320 e-mail: hranilov@nntu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

В статье показана ключевая роль различных математических моделей в укреплении систем поддержки принятия решений (DSS) для управления рисками информационной безопасности (ISRM). Используя заложенные в ней математические методы, DSS ISRM способствует всестороннему анализу уязвимостей, оценке вероятности реализации инцидентов информационной безопасности, выявлению потенциальных угроз и разработке эффективных стратегий управления рисками информационной безопасности. Использование DSS для ISRM позволяет руководству организаций принимать взвешенные и обоснованные решения для обеспечения защиты своих информационных активов, а также выбирать оптимальные стратегии инвестирования в вопросы информационной безопасности.

Ключевые слова: математические методы, программное обеспечение, система поддержки принятия решений (СППР, DSS), управление рисками информационной безопасности (ISRM), кибербезопасность, оценка рисков, математическое моделирование.

SUPPORT OF A DECISION SUPPORT SYSTEM FOR INFORMATION SECURITY RISK MANAGEMENT PURPOSES

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR INFORMATION SECURITY RISK MANAGEMENT

P.N. Burago, V.P. Khranilov

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

The article explores the key role of mathematical methods and models in strengthening decision support systems (DSS) for information security risk management (ISRM). Using mathematical foundations, DSSISRM facilitates comprehensive vulnerability analysis, incident probability assessment, identification of potential threats and development of effective information security risk management strategies. The use of DSS for ISRM allows the leadership of the organization to make reasonable and justifiable decisions to ensure the protection of its information assets, as well as to choose the best investment strategies in information security issues.

Key words: mathematical software, decision support system (DSS), information security risk management (ISRM), cybersecurity, risk assessment, mathematical modeling.

УГРОЗЫ ДИПЕРФАКЕ ТЕХНОЛОГИЙ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ
ОБНАРУЖЕНИЯ ФАЛЬСИФИКАЦИИ АУДИО И ВИДЕО

С. А. Опарин

ORCID: 0000-0003-2777-2492 e-mail: oparin.sergey.nng@gmail.com

О. П. Тимофеева

ORCID: 0000-0002-1935-7697 e-mail: optimofeeva@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В представленной статье рассматривается технология deepfake, объединяющая в себе несколько алгоритмов, позволяющих производить корректировку или полную подмену лица на фото или видео, изменение мимики выступающего в соответствии с произносимым текстом, а также позволяющая изменять голос пользователя в соответствии с целевым объектом. Качество полученных записей близко к оригинальным и не всегда может быть распознано человеком как обман, что влечёт за собой угрозу использования данной технологии с целью обмана или противоправных действий. В работе рассматриваются способы автоматического детектирования фальсификации с использованием алгоритмов на основе нейронных сетей. Внедрение систем автоматического обнаружения deepfake позволит предостеречь целевую аудиторию СМИ от фальшивых новостей, политических манипуляций, а также обезопасит людей от попыток мошенничества или угроз унижения чести и достоинства со стороны злоумышленников.

Ключевые слова: компьютерное зрение, глубокое обучение, свёрточные нейронные сети, генеративные нейронные сети, рекуррентные нейронные сети, фальсификация медиа, искусственный интеллект.

THREATS OF DEEPFAKE TECHNOLOGIES AND INTELLIGENT METHODS OF AUDIO
AND VIDEO TAMPERING DETECTION

S.A. Oparin

ORCID: 0000-0003-2777-2492 e-mail: oparin.sergey.nng@gmail.com

O.P. Timofeeva

ORCID: 0000-0002-1935-7697 e-mail: optimofeeva@mail.ru

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The author proposes ways to detect the use of mediadata falsification technologies based on the use of deep learning techniques.

Design/methodology/approach: The task of fake detection is reduced to a binary classification problem, where a video or audio stream is fed to the input of neural network, after which the degree of confidence of system is algorithmically calculated. The degree of confidence is represented as a value from 0 to 1, and when some threshold value is reached, the system's response should contain an alert to detect a fake.

Findings: The paper decomposed and analyzed the deepfake creation model, finding the weaknesses of generative algorithms to detect the fact that the original has been tampered with. Due to the fact that a full-fledged deepfake project includes at least a face replacement, voice change and lip movements modification - the analyzing algorithms are aimed at detecting dependencies in these three areas.

Research limitations/opportunities: The study is limited to datasets of generated deepfake image instances and a dataset with different generated voices. However, this is sufficient to test hypotheses about recognizing media data modification.

Originality/value: The value of the whole paper lies in the comprehensive approach to recognizing deepfake technologies, which achieves an optimal ratio between accuracy and computational power consumption. The comprehensive verification will counter deepfake not only in the present but also in the future. This is facilitated by the use of state-of-the-art deep learning and computer vision techniques. Finally, the author proposes what he believes to be the optimal set of solutions for each of the three directions. The first one is to determine the graphical part of the deepfake by boundary line fluctuations. The second - analysis of the voice spectrogram for post-generation artifacts. The third is automatic verification of correspondence between lip movements and pronounced sounds.

Key words: computer vision, deep learning, convolutional neural networks, generative neural networks, recurrent neural networks, media tampering, artificial intelligence.

УДК 004.04

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ
ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО
АБИТУРИЕНТА**

М.Е. Бушуева

ORCID: 0000-0002-0071-2417 e-mail: bme@nntu.ru

В.А. Решетов

ORCID: 0009-0001-8222-2496 e-mail: reshetov@nntu.ru

М.А. Фарафонов

ORCID: 0009-0000-0362-954X e-mail: farafontov@nntu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В работе предложен вариант использования технологии рекомендательных систем для выработки решения по формированию образовательной траектории в рамках мероприятий довузовской подготовки школьников. Проведен анализ накопленной информации в рамках работы ФДПиДОУ НГТУ в период с 2017 по 2023 года. Предложена модель описывающая объект исследования.

Ключевые слова: рекомендательная система, довузовская подготовка, образовательная траектория.

**THE USE OF RECOMMENDATION SYSTEMS IN THE FORMATION OF AN INDIVIDUAL
EDUCATIONAL TRAJECTORY OF A POTENTIAL APPLICANT**

M.E. Bushueva, V.A. Reshetov, M.A. Farafontov

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

The paper proposes an option for using the technology of recommender systems to develop a solution for the formation of an educational trajectory within the framework of pre-university training activities for schoolchildren. An analysis of the accumulated information was carried out as part of the work of the FDPiDOU NSTU in the period from 2017 to 2023. A model describing the object of study is proposed.

Purpose: Studying ways to use recommendation systems based on neural networks as a tool for building an individual educational trajectory. Obtaining a system model.

Design / methodology / approach: The article presents data accumulated over five years through an information system developed jointly with the Faculty of Pre-University Training. A version of the applicant model was considered, a matrix of parameters was compiled, and impact parameters were determined. A review of recommender systems and an analysis of approaches for implementing systems were carried out.

Findings: To implement the applicant model, as well as create his individual educational trajectory, it is planned to use the data accumulated during the operation of the “Motivated Applicant” information system and the methods described above for implementing recommendation systems, which will create an automated information system that can suggest to the student a possible choice of his future profession.

Research limitations/implications: With the development of the idea of forming an individual educational trajectory, an urgent need began to appear in analyzing the results of assessing the student’s competencies and subsequent adjustment of his learning trajectory to select the most interesting areas of development. Modern digital technologies make it possible to largely automate this process, reducing the influence of the human factor, which makes it possible to obtain an independent assessment of the process of personal development.

Originality/value: The use of recommendation systems based on deep learning neural networks makes it possible to solve recommendation problems more accurately for building an individual educational trajectory for a potential applicant.

Key words: recommendation system, pre-university preparation, educational trajectory.

УДК 004.023

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ С НЕЧЕТКИМИ ДАННЫМИ
НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА**

А.Н. Санников

ORCID: 0000-0002-8418-506X e-mail: lexsannikov@yandex.ru

А.Ю. Карпычева

ORCID: 0000-0001-9236-5207 e-mail: angelina00548@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Нечеткая логика, лежащая в основе реализации методов нечеткого управления, позволяет описать характер человеческого мышления и ход рассуждений более естественно, чем формально-логические системы. Именно поэтому применение математических средств для представления нечеткой исходной информации позволяет строить модели, более адекватно отражающие различные аспекты неопределенности. Целью данной работы является исследование решения задачи транспортной логистики с нечеткими исходными данными с помощью генетического алгоритма. В статье приводятся постановка и математическая модель задачи транспортной логистики с нечетко заданными потребностями и результаты тестирования программного обеспечения.

Ключевые слова: транспортная логистика, генетический алгоритм, оптимизация, нечеткая логика, эвристический метод.

**SOLUTION OF THE TRANSPORT LOGISTICS PROBLEM WITH FUZZY DATA BASED ON
GENETIC ALGORITHM**

A.N. Sannikov, A.Y. Karpycheva

Nizhny Novgorod state technical university named after R. E. Alekseev

Purpose: The purpose of this article is to study the solution of the transport problem in conditions of uncertainty of consumer demand using a genetic algorithm.

Design/methodology/approach: The concept of an algorithm for the operation of a logistics network for modeling a transport problem with fuzzy initial data to minimize financial costs and meet consumer demand is proposed using a genetic algorithm.

Findings: As a result, a comparative analysis was carried out between a deterministic method for solving a transport problem with fuzzy data and the use of a genetic algorithm.

Research limitations/implications: The results obtained during the work can be used for further research, and subsequently by logistics companies to optimize the work on the supply of products.

Originality/value: The novelty of the work is in the use of a genetic algorithm to solve a transport problem with changing consumer demand.

Key words: transport logistics, genetic algorithm, optimization, fuzzy logic, heuristic method.

УДК 004.822

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫМИ ЗНАНИЯМИ НА ОСНОВЕ КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ

С.Н. Капранов

ORCID: 0000-0002-5491-4735 e-mail: serg.kapranov@gmail.com

Е.П. Плюснин

ORCID: 0009-0005-9525-0030 e-mail: zhenja.plyusnin@yandex.ru

Д.А. Скворцова

ORCID: 0009-0007-8688-2612 e-mail: dariaskvortsowa@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.А. Алексеева

Цель работы: создать эргономичную информационную систему, которая будет хранить все загруженные в нее научные работы, а также показывать новые взаимосвязи посредством нахождения новых связей между загруженными ранее работами.

Методология: исследуются новые возможности для хранения, поиска и генерации новых идей и взаимосвязей между загруженными в систему работами.

Новизна и последствия исследования: объединение отдельных технологий (интеллект карты, zettelkasten и алгоритм PageRank) для поиска и выстраивания взаимосвязи между элементами, тем самым создавая новые связи и генерировать бесчисленное множество новых идей. Система позволит не только формировать новые связи, но и перемещаться между уже существующими работами по ключевым словам.

Ценность решения и результаты: объединяя используемые технологии, можно получить кумулятивный эффект, позволяющий ускорить процесс нахождения новых взаимосвязей между элементами.

Ключевые слова: zettelkasten, интеллектуальные системы, информационно-поисковые системы, цифровая база знаний, взаимосвязи между элементами.

INTELLIGENT KEYWORD-BASED SCIENTIFIC KNOWLEDGE MANAGEMENT SYSTEM

S.N.Kapranov, E.P.Plyusnin, D.A.Skvortsova

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R.E. Alekseev

Purpose: create an ergonomic information system that will store all the scientific works uploaded to it, and show new relationships by finding new links between previously uploaded papers.

Methodology: new possibilities for storing, finding and generating new ideas and relationships between uploaded works are explored.

Originality/value: combining separate technologies (mind map, and PageRank), to find and build relationships between elements, thereby creating new links and generating countless new ideas. The system will allow not only to form new links, but also to navigate between existing works by keywords.

Findings: of the solution and results: by combining the technologies used, a cumulative effect can be obtained to speed up the process of finding new relationships between elements.

Key words: zettelkasten, intelligent systems, information retrieval systems, digital knowledge base, interrelationships between elements.

УДК 004.8

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПОДБОРА СИСТЕМ В ОБЛАСТИ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Э.С. Соколова

ORCID: 0000-0003-0860-2463 e-mail: essokolowa@gmail.com

К.Н. Васильев

ORCID: 0009-0009-2855-7269 e-mail: kirvas132@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Работа посвящена исследованию и разработке методов применения машинного обучения для эффективного подбора компонентов в системах водоочистки. С учетом нарастающей проблемы загрязнения водных ресурсов необходимость улучшения технологий очистки воды становится критически важной. В работе рассматриваются подходы машинного обучения для решения задачи оптимального выбора оборудования для очистки воды в соответствии с ее составом. Исследование включает обзор существующих проблем в области водоочистки и обоснования возможности создания интеллектуальных и адаптивных систем в этой области. Решение задачи включает анализ данных, прогнозирование качества воды и автоматизированный подбор оптимальных конфигураций компонентов системы водоочистки. Проведено тестирование предложенных подходов на реальных данных и сравнение результатов с традиционными неавтоматизированными подходами. Представлены практические рекомендации по внедрению машинного обучения в системы водоочистки с целью повышения эффективности и устойчивости их работы. Основываясь на анализе результатов исследования, формулируются перспективы для дальнейших инноваций в области водоочистки. Данная работа вносит вклад в понимание потенциала машинного обучения в области водоочистки и предоставляет основу для дальнейших исследований в направлении автоматизации задачи создания эффективных систем водоочистки.

Ключевые слова: водоочистка, машинное обучение, подбор компонентов, обучение с подкреплением, анализ временных рядов, эффективность, инновации в водоподготовке

APPLICATION OF MACHINE TRAINING FOR AUTOMATIZATION OF SYSTEMS SELECTION PROCESS IN WATER TREATMENT IN WATER TREATMENT.

E. S. Sokolova, K. N. Vasilev

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R.E.Alekseev

The paper is devoted to the research and development of methods of applying machine learning for efficient selection of components in water treatment systems. Given the growing problem of water pollution, the need to improve water treatment technologies becomes critical. The paper discusses machine learning approaches for solving the problem of optimal selection of water treatment equipment according to water composition. The study includes a review of existing problems in the field of water treatment and the feasibility of intelligent and adaptive systems in this area. The problem solution includes data analysis, water quality prediction and automated selection of optimal configurations of water treatment system components. The proposed approaches are tested on real data and the results are compared with traditional non-automated approaches. Practical recommendations for the implementation of machine learning in water treatment systems to improve the efficiency and sustainability of their operation are presented. Based on the analysis of the research results, perspectives for further innovations in water treatment are formulated. This paper contributes to the understanding of the potential of machine learning in water treatment and provides a basis for further research towards automating the task of creating efficient water treatment systems.

Key words: water treatment, machine learning, component selection, reinforcement learning, time series analysis, efficiency, innovation in water treatment

ПРИМЕНЕНИЕ MINIKUBE ДЛЯ СНИЖЕНИЯ СТОИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ЭКОНОМИИ РЕСУРСОВ ИТ-КОМПАНИЙ

Э.С. Соколова

ORCID: 0000-0003-0860-2463 e-mail: essokolowa@gmail.com

М. А. Рукавишников

ORCID: 0009-0007-2226-1905 e-mail: rukavishnikovmihail00@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Крупные ИТ-компании часто используют облачную инфраструктуру в качестве инструментов для разворачивания и масштабирования кластеров. Преимущество таких решений в том, что заказчик платит лишь за используемые ресурсы и всегда имеет возможность расширять окружения в зависимости от нагрузки. Тем не менее, кластерная архитектура требует значительно больше финансовых вложений, чем набор виртуальных машин. При использовании кластерной архитектуры, кроме продуктовых и промежуточных стендов, необходимо разворачивать тестовый стенд для ежедневного использования командами при разработке новых возможностей продукта. Неэффективное использование таких технологий приводит к большим затратам компаний на содержание больших мощностей для разработки. В данной работе проведен анализ и разработана архитектура и инструментарий системы автоматизации сборки, тестирования и разворачивания программных продуктов на локальных или виртуальных машинах разработчиков. Предложенный подход позволяет значительно ускорить разработку и отладку новых инструментов без использования высокопроизводительных Kubernetes-кластеров, а также значительно снизить расходы компаний на поддержание облачной инфраструктуры. В качестве инструмента сборки выбран Docker, оркестрация контейнеров на виртуальных машинах реализована за счет инструмента Minikube. Процессы сборки, тестирования и разворачивания настроены с помощью GitlabCI-конвейеров. Разработанная система показала хорошую эффективность при ее сравнении с системой разработки и отладки продуктов на кластерах облачной инфраструктуры. Преимущества предложенного решения заключаются в увеличении скорости отладки проблем, разработки нового функционала, значительном снижении расходов компаний на поддержание тестовых стендов.

Ключевые слова: автоматизация, kubernetes, оптимизация, локальная разработка.

THE USE OF MINIKUBE TO REDUCE THE COST OF SOFTWARE DEVELOPMENT AND SAVE RESOURCES FOR IT COMPANIES.

M.A. Rukavishnikov, E.S. Sokolova

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R.E.Alekseev

Purpose: To automate the process of building, testing and deploying applications with local development.

Structure / Methodology / Approach: The article proposes automation tool for developers that uses Minikube as a core tool and Gitlab CI pipelines for building the applications. All tools run on the developers' virtual machines.

Results: All-in-one application that helps IT-companies reduce their development costs.

Limitations of the study/idea: The implemented tool requires the Virtual Machine with the installed prerequisites. The VM needs to be powerful to run the builder and Minikube to provide a good application performance.

Originality/value: The value of the solution is in the implementation of the CI/CD process for reliable deployment of software changes. Gitlab CI toolkit is used here, it installs Minikube and all the necessary components on the virtual machine, runs the application build and tests. The proposed approach increases the efficiency of building, testing and deploying software products on local and virtual machines, significantly reducing the costs of companies to maintain cloud infrastructure.

Keywords: test automation, kubernetes, optimization, local development.

ТЕОРИИ СОЗНАНИЯ ПРИМЕНИМЫЕ ДЛЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

О.В. Судаков

ORCID: 0000-0003-3723-5973 e-mail: Sudakov.oleg123@yandex.ru

Д.В. Дмитриев

ORCID: 0000-0001-9481-0968 e-mail: dmitdmit@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Работа представляет собой краткий обзорный анализ теорий сознания, начиная с классических философских концепций и заканчивая современными научными теориями. Целью работы является поиск общих элементов, составляющих сознание, для их последующей реализации в искусственном интеллекте. В начале статьи рассматривается современное философское понимание сознания, согласно философской энциклопедии РАН. В данной части работы особое внимание уделяется процессу функционирования сознания и самоидентификации. Вторая часть статьи включает анализ современных научных теорий отечественных и зарубежных исследователей. В начале, рассматривается анализ современных работ итальянскими учеными, которые провели обзор по 29 современным теориям сознания и попытались оценить их по 5 критериям. На основе полученной числовой оценки, наиболее интересной выглядела теория глобального рабочего пространства, которая рассмотрена подробнее. После анализа зарубежной литературы, в статье рассматриваются труды А.Р. Лурия, описывающего в своих работах эксперименты доказывающие, что работа сознания связана в том числе с речью. На основе рассмотренного материала, в заключении статьи выделяются наиболее интересные подходы для реализации сознания у искусственного интеллекта, с точки зрения авторов. Таким образом, данная работа представляет исследования и теории, способствующие лучшему пониманию природы сознания, а также выделяет аспекты современных теорий для создания его искусственной версии.

Ключевые слова: искусственный интеллект, сознание, познание, теория сознания, субъективность

THEORIES OF CONSCIOUSNESS APPLICABLE TO ARTIFICIAL INTELLIGENCE

O.V. Sudakov, D.V. Dmitriev

Nizhny Novgorod state technical university named after R.E. Alekseev

Purpose: The purpose of this work is to provide a brief overview and analysis of theories of consciousness, from classical philosophical concepts to modern scientific theories, in order to identify common elements that constitute consciousness for their subsequent implementation in artificial intelligence.

Design/methodology/approach: The article begins by examining the contemporary philosophical understanding of consciousness according to the philosophical encyclopedia of the Russian Academy of Sciences, focusing on the processes of consciousness functioning and self-identification. The second part includes an analysis of modern scientific theories by domestic and foreign researchers, with a special emphasis on the theory of global workspace.

Findings: After analyzing the works of Italian scientists who reviewed 29 modern theories of consciousness, the global workspace theory emerged as particularly interesting. Additionally, the article discusses the experiments conducted by A.R. Luria, which demonstrates the connection between consciousness and speech. The conclusion highlights the most intriguing approaches for implementing consciousness in artificial intelligence, as identified by the authors.

Originality/value: This work presents research and theories that contribute to a better understanding of the nature of consciousness, while also identifying aspects of modern theories that can be utilized in creating its artificial version.

Key words: artificial intelligence, consciousness, cognition, consciousness theory, subjectivity

**РАЗРАБОТКА ТРАНЗИТА УПРАВЛЕНИЯ МЕЖДУ УПРАВЛЯЮЩИМИ СУБЪЕКТАМ
ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ БЕЗОПАСНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ГРУППОЙ БПЛА****А. С. Парамонов**ORCID: **0009-0000-1530-2173** e-mail: alexsandr.paramonov.1998@mail.ru**Э.С. Соколова**ORCID: **0000-0003-0860-2463** e-mail: essokolowa@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Беспилотные летательные аппараты широко применяются для выполнения трудозатратных, операций, сопряженных с риском получения травм человеком, выполнения рутинных операций. Наблюдается отход от идеи применения малого количества сложных и уникальных аппаратов с централизованным управлением к использованию большого количества простых и модульных аппаратов с децентрализованным управлением. Актуально создание абстрагированной от конкретной задачи применения БПЛА кроссплатформенной системы управления, которую можно использовать для решения широкого круга задач, без привязки к узкоспециальной области. Однако, возникают вопросы непрерывности взаимодействия узлов топологической сети БПЛА, безопасности передачи сигнала между узлами, обеспечения конфиденциальности, целостности, доступности информации. Поэтому актуальны подходы, основанные на резервировании источников управления БПЛА и функциях распределения ролей с возможностью передачи управления между несколькими субъектами – отдельно взятыми источниками управления, искусственным интеллектом системы, группами субъектов управления с распределёнными ролями. Промежуточным управляющим звеном может быть БПЛА, оснащённый системой ретрансляции сигнала. Выстраивается система резервирования источника управления с помощью транзита управления другому управляющему субъекту с целью сохранения целостности и доступности обмениваемой с БПЛА информации, а также распределение ролей и политик доступа субъектам и группам субъектов управления с целью сохранения конфиденциальности служебной информации и разграничения доступа к среде управления.

Ключевые слова: БПЛА, безопасность, транзит, управление, распределение ролей

**DEVELOPMENT OF AN APPROACH TO THE TRANSIT OF MANAGEMENT
BETWEEN MANAGEMENT ENTITIES IN SOLVING THE SECURITY PROBLEM OF
MANAGING A GROUP OF UAVS.****A.S.Paramonov, E.S. Sokolova**

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R.E.Alekseev

Purpose: to ensure the safety of UAV group management in case of signal loss or targeted or unintentional malicious impact.

Structure / Methodology / Approach: The article proposes methods and algorithms of interaction for the transfer of control between subjects, as well as their mathematical interpretation

Results: a universal set of algorithm methods that helps to solve problems of maintaining integrity, accessibility and confidentiality of information during the operation of the UAV group control system.

Limitations of study/idea: To implement control transit methods, several control sources (UAV or AI pilots) and a UAV that supports group control or is equipped with a group control complex are required.

Originality/value: Currently, there is a tendency to use a large number of simple small partially universal UAVs instead of a small number of large unique and complex UAVs. It may be inefficient to establish a connection between one controlling entity and many small UAVs. The optimal way of interaction is dynamic topology of the interaction of a multitude of control subjects with a multitude of UAVs. In this case, the task of ensuring the transit of control between subjects and ensuring security standards becomes urgent, for example, "distribution of roles" of management and "access policies", or performing automatic transit of control to another subject due to loss of control signal with the current control source. In this paper, the possibilities of building and ensuring safety of the transit management system are considered.

Key words: UAV, security, transit, management, role allocation

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ВОЗМОЖНЫХ ВАРИАНТОВ КИЛЛЧЕЙНА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**С. Н. Капранов**ORCID: 0000-0002-5491-4735 e-mail: serg.kapranov@gmail.com**И. А. Шитов**ORCID: 0009-0004-0670-7186 e-mail: son.rid.bluestar2@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Кибербезопасность — довольно новая область науки. В последнее время атаки на предприятия с использованием уязвимостей программного обеспечения и социальной инженерии стали наиболее частым явлением. Развитие индустрии защиты от кибератак породило множество концепций, позволяющих более эффективно предотвращать атаки на инфраструктуру или значительно смягчать последствия таких атак. В среде исследователей кибербезопасности известны некоторые фреймворки, позволяющие структурировать подход к кибербезопасности и упростить реагирование на киберугрозу, сведя весь процесс к 7 фазам атаки: разведке, подготовке, доставке, эксплуатации уязвимостей, закреплению, получению контроля над системой и собственно вредоносным действиям на целевых системах. В целях улучшения ответных действий и ускорения начала таковых широко внедряются алгоритмы машинного обучения. Машинное обучение позволяет вести более подробный поведенческий анализ потенциально вредоносного программного обеспечения, нежели вручную. В данной статье приводятся результаты работы программы, строящей дерево классификации кибератак на основе тестового датасета, имитирующего последовательные атаки на инфраструктуру. В листьях дерева находятся атаки, прошедшие финальный этап и нанёвшие вред инфраструктуре. Узлы дерева — точки, в которых можно провести различные сценарии атаки. Атаки разделяются на нарушающие конфиденциальность, целостность и доступность информации.

Ключевые слова: киллчейн, информационная безопасность, машинное обучение

APPLICATION OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR CONSTRUCTING POSSIBLE VARIANTS OF KILLCHAIN FOR INFORMATION SYSTEMS**S. N. Kapranov**ORCID: 0000-0002-5491-4735 e-mail: serg.kapranov@gmail.com**I. A. Shitov**ORCID: 0009-0004-0670-7186 e-mail: son.rid.bluestar2@gmail.com

Nizhny Novgorod state technical university named after R. E. Alekseev

Cybersecurity is a fairly new field of science. Recently, attacks on enterprises using software vulnerabilities and social engineering have become the most frequent. The development of the cyberattack defense industry has given rise to many concepts that can more effectively prevent attacks on infrastructure or significantly mitigate the consequences of such attacks. There are some prominent frameworks that allow to structure the approach to cybersecurity and simplify the response to a cyber threat by reducing complex process to 7 phases: reconnaissance, weaponization, delivery, exploitation, installation, command and control, and actions on objectives. Machine learning algorithms are being widely deployed to improve responses and accelerate the onset of responses. Machine learning allows for more detailed behavioral analysis of potentially malicious software than can be done manually. This paper presents the results of a program that builds a cyberattack classification tree based on a test dataset simulating successive attacks on infrastructure. The leaves of the tree contain the attacks that passed the final stage and caused damage to the infrastructure. The nodes of the tree are the points at which different attack scenarios can be conducted. Attacks are divided into attacks that violate confidentiality, integrity, and availability of information.

Key words: killchain, information security, machine learning

КЛАССИФИКАЦИЯ ДАННЫХ ЭКГ ПРИ ПОМОЩИ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

М.М. Гордеев

ORCID: 0009-0005-2450-0274 e-mail: maximgrdv@gmail.com

О.П. Тимофеева

ORCID: 0000-0002-1935-7697 e-mail: optimofeeva@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева,

В работе предложен алгоритм предобработки сигналов ЭКГ из датасета MIT-BIH путем применения очистки, нормализации и сегментации данных, выполнено преобразование полученных сигналов в изображения на основе спектрограмм. Описан процесс создания и обучения сверточной нейронной сети, способной классифицировать изображения ЭКГ на пять основных классов: обычный ритм, преждевременное сокращение желудочков, блокирующий удар правой ветви пучка, блокирующий удар левой ветви пучка, преждевременное биение предсердий. Проведена оценка качества работы обученной модели на тестовых данных: точность нейронной сети составила 90%, построенный график функции потерь показывает, что нейронная сеть хорошо справляется с задачей классификации.

Ключевые слова: сверточные нейронные сети, обработка ЭКГ, задача классификации, набор данных MIT-BIH, нормализации и сегментация данных.

CLASSIFICATION OF ECG DATA USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS

M.M. Gordeev, O.P. Timofeeva

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R.E. Alekseev

Purpose: The author proposes the creation and training of a Convolutional Neural Network for classifying ECG images into five classes.

Design / methodology / approach: The paper considers the task of classification of ECG data belonging to one of five classes: Normal Beat, Premature Ventricular Contraction, Left Bundle Branch Block, Left Bundle Branch Block, Atrial Premature Beat. Data preprocessing, conversion of ECG signals into images, and the process of creating and training a Convolutional Neural Network are described. The quality of the obtained model is checked on a test dataset.

Findings: The preprocessing of ECG signals is implemented, including the stages of purification, normalization and segmentation of data, and the conversion of the received signals into images based on spectrograms is added. This allows not only to get a more accurate result, but also to conveniently visualize the data, which can be useful for diagnosing arrhythmias. A system is also developed to perform automatic heart rate analysis and classify ECG into five classes.

Research limitations/implications: The research is limited by the small amount of data from the publicly available MIT-BIH dataset, which may affect the accuracy of the model. However, the results obtained can be applied in the medical field to perform automatic heart rate analysis.

Originality/value: Cardiovascular diseases pose a huge danger to human life and health. Therefore, automatic heart rate analysis is crucial, which is able to quickly and accurately detect arrhythmia disorders. This article is devoted to the creation of a Convolutional Neural Network for classifying ECG data into several classes. This can be useful for doctors in cardiology in determining the diagnosis.

Key words: Convolutional Neural Networks, processing of ECG, classification task, MIT-BIH, normalization and segmentation of data.

УДК004.021

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ВРЕШЕНИИ ЗАДАЧИ УПАКОВКИ ОБЪЕКТОВ В ОГРАНИЧЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ С УЧЕТОМ ЦЕЛЕВОГО ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ

А. И. Корнилов

ORCID: 0009-0005-8147-2441 e-mail: kornilovqwerty@gmail.com

О.П. Тимофеева

ORCID: 0000-0002-1935-7697 e-mail: optimofeeva@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Задача упаковки объектов является важным аспектом в области транспортной логистики и представляет собой значимую и трудоемкую задачу комбинаторной оптимизации. Важно достигать оптимального положения центра тяжести для обеспечения безопасности и эффективности транспортировки грузов. В рамках данного исследования был предложен генетический алгоритм, ориентированный на эффективную организацию двумерной упаковки объектов в ограниченном пространстве с учетом желаемого центра тяжести. На первом этапе работы алгоритма находится оптимальное размещение объектов внутри блока упаковки. На втором этапе работы блоки упаковки оптимальным образом размещаются внутри заданной области. Было проведено исследование, направленное на выявление влияния размера популяции и числа поколений генетического алгоритма на отклонение центра тяжести упаковки от желаемого центра тяжести, и определены наилучшие значения указанных показателей. Результатом исследований стала программа на языке Python для оптимизации упаковки объектов.

Ключевые слова: генетический алгоритм, центр тяжести, упаковка.

GENETIC ALGORITHM IN SOLVING THE OBJECT PACKING PROBLEM IN LIMITED SPACE WITH CONSIDERATION OF THE TARGET CENTER OF GRAVITY

A. I. Kornilov, O.P. Timofeeva

Nizhny Novgorod state technical university. a. R.E. Alekseev

Purpose: In this paper, the author presents an algorithm designed to solve the problem of two-dimensional object packing, taking into account the target center of gravity.

Design / methodology / approach: The article provides a detailed description of the proposed algorithm, intended for efficient packing of objects in two-dimensional space, with special attention to considering the target center of gravity. Comparative analyses are conducted to compare the results of this algorithm with those obtained using the exhaustive search method. The influence of different population sizes and generation counts on the results of the genetic algorithm in solving the packing problem is investigated.

Findings: The developed algorithm demonstrates the capability to generate packings with significantly lower time costs compared to the exhaustive search method. It is noted that the deviation of the center of gravity in the packing formed by the genetic algorithm is small compared to the results obtained by the exhaustive search method.

Research limitations/implications: The conducted research is confined to the analysis of one-dimensional and two-dimensional packing problems. Nevertheless, based on the obtained results, it is possible to develop more efficient algorithms that take into account diverse conditions and requirements.

Originality/value: The significance of this work lies in the development of a unified algorithm designed for solving the two-dimensional packing problem with consideration of the center of gravity. The article thoroughly examines the advantages and disadvantages of the proposed algorithm, along with a comparison of its results with those of the exhaustive search method. This research can serve as a foundation for the development of more efficient methods for managing the spatial configuration of objects during packing.

Key words: genetic algorithm, center of gravity, packing.

РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ КОДИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ БЕСПРОВОДНОГО КАНАЛА СВЯЗИ УПРАВЛЕНИЯ МОРСКИМИ ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

Е.Д. Кораблев¹

ORCID: 0000-0003-4187-3900 e-mail: graravar@gmail.com

А.А. Крит¹

ORCID: 0000-0003-5194-7910 e-mail: qgc89092850880@gmail.com

В.И. Логинов¹

ORCID: 0000--0003-3642-2240 e-mail: vilog@list.ru

Ю.С. Федосенко¹

ORCID: 0000-0002-9434-4386 e-mail: fds1707@mail.ru

Н.П. Ямпурин²

ORCID: 0000-0002-9434-4386 e-mail: kitres@apingtu.edu.ru

¹Волжский государственный университет водного транспорта

² Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексева

Исследована возможность использования линейно конгруэнтного генератора и генератора на основе регистр сдвига с линейной обратной связью для получения псевдослучайной последовательности (ПСП), используемых в системах управления подвижными объектами с динамической сменой ключей шифрования в модификации шифра Эль-Гамала. Предлагается метод повышения криптостойкости потокового алгоритма с открытым ключом Эль-Гамала, основанный на передаче начального значения ПСП. Управление параметрами ПСП осуществляется посредством технологии шифровальных блокнотов. Приведены оценки избыточности кодирования с использованием кодов Хемминга в зависимости от размера блока сообщения.

Ключевые слова: криптостойкость, псевдослучайная последовательности, линейный конгруэнтный генератор, генератор на основе сдвиговых регистров обратной связью, избыточное кодирование, алгоритм Хемминга, метод Эль-Гамала.

IMPLEMENTATION OF A CODING SYSTEM FOR BUILDING A WIRELESS COMMUNICATION CHANNEL FOR CONTROLLING MARINE MOBILE OBJECTS

E.D. Korablev¹, A.A. Krit¹, V.I. Loginov¹, Yu.S. Fedosenko¹, N.P. Iampurin²

¹ Volga state university of water transport

² Nizhny Novgorod state technical university named after R.E. Alekseev

Purpose: Data protection method for managing mobile objects.

Design / methodology / approach: Implementation of the concept of data protection by dynamically changing keys based on a pseudorandom sequence generator.

Findings: An algorithm for data transmission based on the Elgamal method is implemented with the addition of dynamic key change using a linear feedback shift register generator.

Research imitations/implications: The results obtained in this work allow us to conclude that the application of the proposed method significantly increases the cryptographic strength of the standard El Gamal method by replacing one of the public keys with the initial settings of the generator.

Originality/value: This modification of the Elgamal method significantly increases cryptographic strength, no mention of this modification was found.

Key words: cryptographic strength, pseudorandom sequences generators, linear congruent generator, generator based on shift registers with linear feedback, redundant coding, Hamming algorithm, Elgamal method.

СРАВНЕНИЕ ЛИНЕЙНО КОНГРУЭНТНОГО ГЕНЕРАТОРА ПСЕВДОСЛУЧАЙНЫХ ЧИСЕЛ И ГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВЕ СДВИГОВЫХ РЕГИСТРОВ

Е.Д. Кораблев¹

ORCID: 0000-0003-4187-3900 e-mail: graravar@gmail.com

А.А. Крит¹

ORCID: 0000-0003-5194-7910 e-mail: qgc89092850880@gmail.com

В.И. Логинов¹

ORCID: 0000--0003-3642-2240 e-mail: vilog@list.ru

Ю.С. Федосенко¹

ORCID: 0000-0002-9434-4386 e-mail: fds1707@mail.ru

Н.П. Ямпурин²

ORCID: 0000-0002-9434-4386 e-mail: kitres@apingtu.edu.ru

¹Волжский государственный университет водного транспорта

²Нижегородский государственный технический университет им Р.Е. Алексева

Проведено сравнение использования линейно конгруэнтного генератора и генератора на основе регистр сдвига с линейной обратной связью для получения псевдослучайной последовательностей, используемых в системах управления подвижными объектами с динамической сменой ключей шифрования в модификации шифра Эль-Гамала, а также контроля целостности битовой последовательности с помощью алгоритма Хемминга. Проводится анализ использования линейно конгруэнтного генератора и генератора на основе регистр сдвига с линейной обратной связью для определения возможности дальнейшего использования выбранного генератора в модификации шифра Эль-Гамала. Основными параметрами сравнения являются: криптостойкость, быстродействие, количество данных необходимых для пересылки по открытому каналу связи для дальнейшей работы генератора.

Ключевые слова: криптостойкость, генераторы псевдослучайных последовательностей, линейный конгруэнтный генератор, генератор на основе сдвиговых регистров с линейной обратной связью, метод Эль-Гамала

COMPARISON OF A LINEARLY CONGRUENT PSEUDORANDOM NUMBER GENERATOR AND A LINEAR FEEDBACK SHIFT REGISTER GENERATOR

E.D. Korablev¹, A.A. Krit¹, V.I. Loginov¹, Yu.S. Fedosenko¹, N.P. Yampurin²

¹Volga state university of water transport

²Nizhny Novgorod state technical university named after R.E. Alekseev

Purpose: Determining the generator of the most suitable modification of the El Gamal cipher.

Design / methodology / approach: Search for the most suitable generator according to pre-selected basic criteria for modifying the El Gamal cipher.

Findings: A generator is selected that is most suitable for further modification of the El Gamal cipher by dynamically changing keys based on a pseudorandom number generator

Research imitations/implications: The results obtained in this work allow us to conclude that a pseudorandom number generator based on a shift register with linear feedback is the most suitable generator for predefined parameters.

Originality/value: The comparison makes it possible to further most effectively increase the cryptographic strength of the modification of the El Gamal cipher.

Key words: cryptographic strength, PRS generators, linear congruent generator, generator based on shift registers with linear feedback, El Gamal method

УДК 621.375.826 (075.8)

**ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ЦИФРОВОГО УПРАВЛЕНИЯ
ВЫРАВНИВАНИЕМ ФАЗ В УСТАНОВКЕ КОГЕРЕНТНОГО
СЛОЖЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ПУЧКОВ**

П.А. Смолин^{1,2}

ORCID: 0000-0002-5149-5141 e-mail: spa@ipfran.ru

Ю.С. Федосенко²

ORCID: 0000-0002-9434-4386 e-mail: fds1707@mail.ru

¹Институт прикладной физики им. А.В. Гапонова-Грехова РАН

²Волжский государственный университет водного транспорта

В рамках четырехканальной модели когерентного сложения лазерных пучков приводятся результаты апробации концепции автоматического цифрового управления процессом выравнивания фаз в реальном времени.

Функционирование системы, реализующей концепцию цифрового управления, основано на мониторинге величины тока фотодиода, расположенного за амплитудной маской в фокусе пучков, с последующим анализом данных мониторинга и формированием четырехуровневой напряжений, обеспечивающих регулирующие воздействия на пьезоэлектрические регуляторы фаз.

Оптимизация целевой функции – величины тока фотодиода – осуществляется в системе цифрового управления алгоритмом градиентного спуска.

Экспериментальная апробация системы цифрового управления продемонстрировала стабильность её работы, в том числе, в условиях длительного режима теплового и механического воздействия; при этом эффективность подавления шумов оценивается величиной среднеквадратичного отклонения порядка 1,5 %.

Полученные результаты открывают возможность реализации концепции цифрового управления процессом когерентного сложения лазерных пучков в модели с существенным большим числом каналов.

Ключевые слова: когерентное сложение лазерных пучков, управление в реальном времени.

**EXPERIENCE OF IMPLEMENTING DIGITAL CONTROL OF COHERENT LASER BEAM
COMBINING SYSTEM**

P.A. Smolin^{1,2}, Yu.S. Fedosenko²

¹A.V. Gaponov-Grekhov institute of applied physics of the Russian academy of sciences

²Volga state university of water transport

Purpose: Coherent laser beam combining control process.

Design / methodology / approach: implementation of the concept of digital control in real time of the process of automatic coherent laser beam combining.

Findings: Experimental testing of a digital control system for coherent laser beam combining has demonstrated the stability of its operation, including under conditions of long-term thermal and mechanical exposure.

Research limitations/implications: The results obtained in this work open up the possibility of implementing the concept of digital control of the process of coherent laser beam combining in a model with a significantly large number of channels.

Originality/value: Mathematical optimization of the target function - the value of the photodiode current - is implemented in a digital control system using a gradient descent algorithm

Key words: Laser beam, real-time control, coherent laser beam combining

УДК 627.7+528.931.2

О КОНЦЕПЦИИ ПОСТРОЕНИЯ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ГЛУБИН РЕЧНОГО ФАРВАТЕРА

В.В. Волков

ORCID: 0009-0009-4815-1661 e-mail: vasekama160599@yandex.ru

Ю.С. Федосенко

ORCID: 0000-0002-9434-4386 e-mail: fds1707@mail.ru

Волжский государственный университет водного транспорта

Рассматриваются возможные подходы к разработке модельно-алгоритмического обеспечения цифровой системы мониторинга глубин выделенного участка речного фарватера – водного пути. Геореференцированную батиметрию данных с заданным линейным шагом предлагается реализовать в автоматическом режиме движения по выделенному участку фарватера специализированного беспилотного плавсредства. В качестве условия выбора той или иной траектории сканирования глубин выделенного участка в целом (или его части) может быть определен, например, критерий минимизации суммарного пути, который при этом необходимо пройти специализированному плавсредству. Результатом сканирования является привязанная к актуальному времени цифровая батиметрическая карта выделенного участка речного фарватера. В интересах повышения уровня обеспечения безопасности судоходства на выделенном участке водного пути общий доступ к его биометрической карте может быть реализован с использованием телекоммуникационных сервисов интернет и соответствующих базовых станций типа АИС. В свою очередь совокупность биометрических карт выделенного участка фарватера, сформированных с установленным шагом по времени в течение навигационного периода, образует персонифицированный фрагмент общей базы данных водного пути речного бассейна с условным названием «глубины водного пути». Постнавигационный интеллектуальный анализ этой базы данных создаёт условия для решения целевых функциональных задач, как административных участков, района водного пути, бассейна в целом, так и судоводителей.

Ключевые слова: речной фарватер, водный путь, батиметрия, мониторинг глубин

ABOUT THE CONCEPT OF BUILDING A DIGITAL MONITORING SYSTEM THE DEPTHS OF THE RIVER CHANNEL

V.V. Volkov, Yu.S. Fedosenko

Volga state university of water transport

Purpose: Monitoring the depths of the river fairway.

Design / methodology / approach: Georeferenced river fairway bathymetry.

Findings: Concept for building a digital river fairway monitoring system.

Research imitations/implications: The results obtained in this work open up the possibility of developing a digital system for monitoring the depths of the river fairway.

Originality/value: Implemented through the use of telecommunication services on the Internet and corresponding AIS-type base stations, general access to an up-to-date bathymetric map of the river fairway will help improve the level of navigation safety.

Key words: river fairway, waterway, bathymetry, depth monitoring.

О СОГЛАСОВАНИИ КОЛЛЕКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ АГЕНТОВ ТРАНСПОРТНОГО ТИПА В МОДЕЛИ МНОГОЭТАПНОГО ДВУХФАЗНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

А.А. Овчинин

ORCID: 0009-0001-8596-2422 e-mail: fromdz@mail.ru

Ю.С. Федосенко

ORCID: 0000-0002-9434-4386 e-mail: fds1707@mail.ru

Волжский государственный университет водного транспорта

В рамках дискретного формализма рассматривается модель многоэтапного двухфазного обслуживания совокупности O_n независимых интеллектуальных агентов $o_i (i = \overline{1, n})$ транспортного типа в системе $q \cup q_j (j = \overline{1, m})$ стационарно расположенных в одномерной конечной рабочей зоне независимых процессоров. Согласование коллективного решения агентов на текущем этапе осуществляется всякий раз в момент завершения процессором q первой фазы обслуживания очередного поступившего агента $o^* \in O_n$ и заключается в однозначном определении процессора из совокупности $q_j (j = \overline{1, m})$ для выполнения второй фазы обслуживания агента o^* . По завершению текущего этапа обслуживания агента o^* он вновь направляется в очередь к процессору q для выполнения первой фазы обслуживания следующего этапа и так далее. Количество этапов двухфазного обслуживания, длительности фаз обслуживания и перехода между процессорами, а также величины штрафов за единицу времени обслуживания, перехода и простоя определены для каждого агента.

На каждом этапе двухфазного обслуживания согласование коллективного решения осуществляется с учетом накопленных каждым агентом суммарных штрафов на основе производственного подхода, реализуемого в форме зафиксированных и пополняемых в базе знаний совокупности правил.

На содержательном уровне модель многоэтапного двухфазного обслуживания описывает процесс согласования оперативного плана вывоза мелкотоннажными речными судами однородного груза из пунктов локального складирования в пункт накопления (для последующей погрузки и транспортировки крупнотоннажным морским флотом).

Ключевые слова: двухфазное обслуживание, агентное моделирование, производственный подход

ON THE COORDINATION OF COLLECTIVE DECISIONS OF TRANSPORT TYPE AGENTS IN THE MODEL OF MULTI-STAGE TWO-PHASE SERVICE

A.A. Ovchinin, Yu.S. Fedosenko

Volga state university of water transport

Purpose: Development of a digital support system for the coordination of collective decisions in the implementation of multi-stage two-phase maintenance of transport type agents.

Design / methodology / approach: Implementation of the production approach in the form of a set of rules fixed and replenished in the knowledge base.

Findings: A model of multi-stage two-phase maintenance of transport type agents for the coordination of collective solutions.

Research imitations/implications: The results obtained in this work open up the possibility of developing a digital support system for the processes of coordinating collective decisions with multi-stage two-phase maintenance of independent intelligent transport-type agents.

Originality/value: The proposed model of coordination of collective decisions in multi-stage two-phase maintenance of independent intelligent agents of the transport type is new. No mention of it has been found in the scientific literature.

Key words: river fairway, waterway, bathymetry, depth monitoring.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК СТОХАСТИЧЕСКИХ И ФРАКТАЛЬНЫХ СТРУКТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМОДАЛЬНЫХ ДВУМЕРНЫХ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

В.Б. Куликов

ORCID: 0000-0003-4101-1956 e-mail: vb.kulikov@yandex.ru

А.Б. Куликов

ORCID: 0000-0003-8011-4787 e-mail: akulikov@nntu.ru

В.П. Хранилов

ORCID: 0000-0003-1317-5320 e-mail: hranilov@nntu.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В рамках постановки и решения задачи идентификации полимодальных законов распределения случайных величин, средствами визуализации и интерпретации одно- и двумерных данных, представленных в пространстве параметров, исследуются стохастические структуры, обладающие, в том числе, с явно выраженными и скрытыми фрактальными свойствами. Показано, что для анализа и интерпретации вероятностных свойств систем и структур, описываемых двумерными выборками временного или пространственного типа в ряде случаев можно использовать систему одномерных плотностей распределения и идентифицировать условные законы распределения системы двух случайных величин. Кроме того, выявлено, что для объектов с фрактальными свойствами применим двумерный R/S – анализ. Показано, что для анализа и первичной оценки вероятностных свойств систем и структур, описываемых двумерными выборками временного или пространственного типа целесообразно использовать систему одномерных условных плотностей распределения. Двумерный R/S-анализ свидетельствует о фрактальной геометрии топологических характеристик гибридных газоселективных мембран и определяет ее меру на основе фрактальной размерности Хаусдорфа-Безиковича $D = 3 - M\{H\}$.

Ключевые слова: задачи идентификации и управления, двумерные законы распределения, визуализация 3D-графиков условных плотностей, двумерный R/S - анализ стохастических данных, полимодальные случайные величины.

IDENTIFICATION OF CHARACTERISTICS OF STOCHASTIC AND FRACTAL STRUCTURES USING POLYMODAL TWO-DIMENSIONAL DISTRIBUTION LAWS

V.B. Kulikov, A.B. Kulikov, V.P. Khranilov

Nizhniy Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

As part of the formulation and solution of the problem of identifying multimodal laws of distribution of random variables, using means of visualization and interpretation of one- and two-dimensional data presented in the space of parameters, stochastic structures are studied, including those with explicit and hidden fractal properties. It is shown that to analyze and interpret the probabilistic properties of systems and structures described by two-dimensional samples of a temporary or spatial type, in some cases it is possible to use a system of one-dimensional distribution densities and identify the conditional laws of distribution of a system of two random variables. In addition, it was revealed that two-dimensional R/S analysis is applicable for objects with fractal properties. It is shown that for the analysis and initial assessment of the probabilistic properties of systems and structures described by two-dimensional samples of a temporary or spatial type, it is advisable to use a system of one-dimensional conditional distribution densities. Two-dimensional R/S analysis indicates the fractal geometry of the topological characteristics of hybrid gas-selective membranes and determines its measure based on the Hausdorff-Besikovich fractal dimension $D = 3 - M\{H\}$.

Key words: identification and control problems, two-dimensional distribution laws, visualization of 3D conditional density graphs, two-dimensional R/S analysis of stochastic data, multimodal random variables.

УДК 651.46

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СХОДА ПОДВОДНЫХ ОПОЛЗНЕЙ И ПРОЯВЛЕНИЕ ЦУНАМИ НА ЮГО-ВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ О. САХАЛИН

И.С. Костенко

ORCID: 0009-0008-8630-1555 e-mail: i.kostenko@skbsami.ru

Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований
Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Южно-Сахалинск

На подводных склонах морей и океанов постоянно происходит накопление осадочных пород в результате чего может сойти подводный оползень. Численное моделирование цунами, возникающих в результате схода подводных оползней представляет собой как научно-практический, так и фундаментальный интерес. Это связано с тем, что подобные события являются трудно прогнозируемыми, а оползень может сойти без каких-либо предвестников. Поэтому возникает необходимость изучения возможности генерации таких цунами в районах, где были обнаружены формирующиеся, а также сошедшие подводные оползни. Проведено моделирование схода нескольких подводных оползней, расположенных на разных типах склонов. Также была проведена оценка зависимости высоты начальной волны цунами от скорости движения подводного оползня. Численные расчеты выполнялись с использованием вычислительного комплекса NAMIDANCE. Выявлена возможность возникновения волн цунами в случае схода подводных оползней с различными параметрами в Охотском море. Проведенные расчеты показали, что возникшие волны могут проявиться на побережье о. Сахалин.

Ключевые слова: подводный оползень, цунами, численное моделирование, о. Сахалин

NUMERICAL SIMULATION OF UNDERWATER LANDSLIDES AND TSUNAMI MANIFESTATION ON THE SOUTHEASTERN COAST OF SAKHALIN ISLAND

I.S. Kostenko

Special research bureau for automation of marine researches far east branch Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk

Purpose: The purpose of the study is to analyze the possibility of tsunami waves as a result of underwater landslides with various parameters and their manifestation on the coast of Sakhalin.

Design/methodology/approach: Numerical calculations were performed using the NAMI DANCE computing complex.

Findings: The possibility of tsunami waves in the event of underwater landslides with different parameters in the Sea of Okhotsk has been identified. The simulations have shown that the waves that have arisen can manifest themselves on the coast of Sakhalin.

Research limitations/implications: The study is limited by the availability of detailed real underwater and coastal bathymetry. Nevertheless, the results obtained can be used to analyze the features of the occurrence of tsunamis from underwater landslides.

Originality/value: Several underwater landslides located on various types of slopes were simulated. The dependence of the height of the initial tsunami wave on the velocity of the underwater landslide was estimated.

Key words: underwater landslide, tsunami, numerical simulation, Sakhalin Island

УДК 551.46.081

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИУРЕТАНОВЫХ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПРОЧНЫХ КОРПУСОВ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В
МОРСКОЙ СРЕДЕ**

А.Х. Пак

ORCID: 0009-0005-1257-1032 e-mail: a.pak@skbsami.ru

Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований
Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Южно-Сахалинск

Целью данной работы является проведение вычислительного эксперимента по расчету внешнего воздействия гидростатического давления на прочный корпус. Он проводился в допустимых и критических значениях допускаемого напряжения. Для проведения испытаний был выбран материал – полиуретан BC8782.

Теоретический расчет выполнен согласно ГОСТ. В работе представлены результаты вычислительного эксперимента, выполненного в системе «APM FEM» программы КОМПАС 3D методом конечных элементов. Кроме того, в СКБ САМИ ДВО РАН проведены лабораторные испытания, результаты которых приведены в данном исследовании.

Стоит отметить, что прочность полиуретанового корпуса была также проверена посредством включения его в состав Позиционной автономной гидрофизической измерительной станции, предназначенной для мониторинга заданных параметров водной среды на различных глубинах и последующей передачи полученных результатов. Испытания проводились на глубине 100 м. При проверке корпусов деформаций и затеканий не выявлено.

Ключевые слова: вычислительный эксперимент, полиуретан, корпус, прочность

**STUDY OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF POLYURETHANE CYLINDRICAL
STRONG HOUSINGS FOR MEASURING SYSTEMS IN THE MARINE ENVIRONMENT**

А.Х.Пак

Special research bureau for automation of marine researches far east branch
Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk

Purpose: The purpose of this work is to perform a computational experiment calculating the external effect of hydrostatic pressure on a durable housing. The experiment was carried out in acceptable values of the permissible voltage and values exceeding these values. A material was selected for testing – polyurethane BC8782.

Design/methodology/approach: A theoretical calculation was performed in accordance with GOST, the calculation was carried out and the results of the COMPASS 3D program performed in the APM FEM system by the finite element method were presented, as well as the results of laboratory tests performed at the SKB SAMI FEB RAS. Another important step in the verification of the polyurethane durable housing was its inclusion in the composition of a Positional autonomous hydrophysical measuring station designed to monitor the specified parameters of the aquatic environment at various depths and subsequent transmission of the results obtained. The tests were carried out at a depth of 100 m. When checking the housings, deformations and leaks were not detected.

Key words: computational experiment, polyurethane, housing, strength

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ОЦЕНКИ РАЗМЫВА БЕРЕГА ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ

Л.С. Шабрамова^{1,2}

ORCID: 0000-0002-0563-0445 e-mail: Lazerina79@yandex.ru

- ¹ Специальное конструкторское бюро средств автоматизации морских исследований
Дальневосточного отделения Российской академии Наук, г. Южно-Сахалинск
² Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Дистанционное зондирование Земли из космоса позволяет принципиально по-новому подойти к выявлению чрезвычайных ситуаций и оценке их последствий, благодаря охвату и периодичности спутниковых снимков. Применение методологии дистанционного зондирования Земли позволяет оценить масштабы воздействия природных явлений на прибрежную инфраструктуру на основе космических снимков и метеорологических данных за предыдущие годы, что дает возможность оценить динамику изменений, составить прогнозы и разработать рекомендации по предотвращению подобных явлений в будущем.

В данном исследовании представлена работа программного модуля для анализа больших объемов спутниковых снимков. Модуль анализирует временные изменения в прибрежных районах.

Исследование, проведенное в Сахалинской области, выявило участки дорог, наиболее подверженные эрозии. Они находятся вдоль побережья Охотского моря, между селами Взморье и Фирсово Долинского района области. Это главная федеральная трасса Сахалина и на этом участке дороги больше всего периодически размывает берег. Результаты анализа крайне важны для планирования инженерной защиты.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, прибрежная зона, программный модуль

THE SOFTWARE MODULE FOR ASSESSING COASTAL EROSION FROM SATELLITE IMAGES

L.S. Shabramova^{1,2}

- ¹ Special research bureau for automation of marine researches *far east branch* of Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk
² Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: Remote sensing of the Earth from space allows for a fundamentally new approach to identifying emergencies and assessing their consequences, thanks to the coverage and frequency of satellite images. The application of the Earth remote sensing methodology makes it possible to assess the extent of the impact of natural phenomena on coastal infrastructure based on satellite images and meteorological data from previous years, which makes it possible to assess the dynamics of changes, make forecasts and develop recommendations to prevent similar phenomena in the future.

Design/methodology/approach: This study presents the work of a software module for analyzing large volumes of satellite images. The module analyzes temporary changes in coastal areas.

Findings: A study conducted in the Sakhalin region revealed the sections of roads most prone to erosion. They are located along the coast of the Sea of Okhotsk, between the villages of Vzmoreye and Firsovo in the Dolinsky district of the region.

Research limitations/implications: The application of the Earth remote sensing methodology makes it possible to assess the extent of the impact of natural phenomena on coastal infrastructure based on satellite images and meteorological data from previous years, which makes it possible to assess the dynamics of changes, make forecasts and develop recommendations to prevent similar phenomena in the future.

Originality/value: This is the main federal highway of Sakhalin and on this section of the road the coast is washed away most of the time. The results of the analysis are extremely important for planning engineering protection.

Key words: remote sensing of the Earth, coastal area, the software module

НАБЛЮДЕНИЕ ЗА ФОРМИРОВАНИЕМ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА НА ГОРЬКОВСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ГИДРОЛОКАТОРА**И.А.Романов²**

ORCID: 0009-0006-7519-9685 e-mail: romanoffivan23@gmail.com

Д.А.Ковалдов¹

ORCID: 0000-0002-9535-4949 e-mail: d.kovaldov@ipfran.ru

Ю.А. Титченко¹

ORCID: 0000-0001-7762-7731 e-mail: yuriy@ipfran.ru

В.Ю.Караев¹

ORCID: 0000-0002-4054-4905 e-mail: volody@ipfran.ru,

Е.М.Мешков¹

ORCID: 0000-0002-5353-7528 e-mail: meshkov@ipfran.ru

¹Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук²Федеральное государственное бюджетное учреждение «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт»

В рамках данной работы используется подход наблюдения за формированием ледяного покрова с помощью ультразвукового гидролокатора. Особенность схемы измерений заключается в том, что гидролокатор устанавливается вблизи дна так чтобы его приемо-передающая антенна ориентировалась вертикально вверх на поверхность водоема. Преимуществом такой схемы измерений является отсутствие чувствительности результатов измерений к атмосферным условиям, при измерениях даже при малых толщин ледяного покрова, когда традиционные контактные и надледные методы сложно реализовать. Измерения ледяного покрова на горьковском водохранилище проводились в зимний сезон, с ноября 2023 – март 2024. В процессе работы гидролокатора записывались отраженные ледяным покровом акустические импульсы. По форме отраженного импульса можно оценить толщину ледяного покрова и коэффициенты прохождения и отражения верхней и нижней границы ледяного покрова. Для дополнительной верификации толщины ледяного покрова использовались установленные на прибор датчик гидростатического давления и ежемесячные контактные замеры толщины ледяного покрова.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-77-10064). Авторы благодарят коллектив Яхт-клуба «Белая речка» и лично его директора Антона Сергеевича Волкова за помощь в проведении эксперимента.

Ключевые слова: ледяной покров, дистанционное зондирование, полевые измерения, ультразвуковой гидролокатор, отраженный импульс, уровень воды

MONITORING THE FORMATION OF ICE COVER ON THE GORKY RESERVOIR USING ULTRASONIC SONAR**I.A. Romanov², D.A. Kovaldov¹, Yu.A. Titchenko¹, V.Yu. Karaev¹, E.M. Meshkov¹**¹Federal research center institute of applied physics of the Russian Academy of Sciences²Federal state budgetary institution "Arctic and Antarctic research institute"

Purpose: The research was conducted to determine the feasibility of using underwater acoustic systems to analyze the fine structure of the ice cover.

Design/methodology/approach: An underwater ultrasonic sonar was used in these studies. In the process of sonar operation, the signals emitted by the device and reflected by the ice cover were recorded. For additional verification, the underwater pressure sensor installed on the device and field expeditions with in-situ measurement of the ice cover thickness were used.

Findings: In the process of research, it was possible to trace the influence of ice cover changes on the reflected ultrasonic pulse.

Research limitations/implications: The data will be the basis for the development of a model of the scattering of acoustic pulses by the ice cover.

Originality/value: Acoustic methods were used for the first time to observe the growth and melting of the ice cover.

Keywords: ice cover, remote sensing, field measurements, pulse sonar, reflected pulse, water level

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ АНАЛИЗ КАЧЕСТВА НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ СЕТОК ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАДАЧ АЭРО- И ГИДРОДИНАМИКИ

С. В. Быстрицкий

ORCID: 0009-0000-6857-843X e-mail: SVBystritskiy@vniief.ru

О. Н. Борисенко

ORCID: 0000-0003-4004-3374 e-mail: ONBorisenko@vniief.ru

А. Г. Гиниятуллина

ORCID: 0000-0002-9390-242X e-mail: AGGiniyatullina@vniief.ru

М. В. Кузьменко

ORCID: 0000-0002-2972-0453 e-mail: MVKuzmenko@vniief.ru

Н. В. Попова

ORCID: 0000-0002-8076-0100 e-mail: NVPopova@vniief.ru

М. В. Черенкова

ORCID: 0009-0001-4656-9468 e-mail: MVCherenkova@vniief.ru

Н. В. Чухманов

ORCID: 0000-0002-4898-4278 e-mail: NVChukhmanov@vniief.ru

«Российский федеральный ядерный центр. Всероссийский научно-исследовательский институт
экспериментальной физики» «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

В докладе рассмотрены программные инструменты автоматизированного анализа качества неструктурированных сеток, построенных генератором методом отсечения.

При внесении изменений в алгоритмы возможны ситуации, которые влекут за собой ухудшение характеристик расчетных сеток. Качество расчетной сетки напрямую влияет на принципиальную возможность проведения расчетов, а также на скорость и точность решения численных задач, поэтому важно иметь программные инструменты, позволяющие отследить возникновение ошибок при построении расчетных сеток.

В работе описан метод автоматизированного анализа качества объемных сеток, построенных разными версиями генератора, по набору топологических и геометрических критериев. Далее проводится автоматизированное тестирование пригодности расчетных сеток для решения задач аэро- и гидродинамики в пакете программ Логос на базе практических задач различной сложности и анализ проблем в случае отсутствия сходимости итераций решателя.

Ключевые слова: генератор объемной сетки, качество сетки, автоматизированное тестирование, аэро- и гидродинамика, пакет программ Логос

AUTOMATED QUALITY ANALYSIS OF UNSTRUCTURED MESHES FOR AERO- AND FLUID DYNAMICS MODELING

**S.V. Bystritsky, O.N. Borisenko, A.G. Giniyatullina, M.V. Kuzmenko, N.V. Popova,
M.V. Cherenkova, N.V. Chukhmanov**

Russian federal nuclear center – The All-Russian research institute of experimental physics

Purpose: The report discusses software tools for automated quality analysis of unstructured grids generated using the cut-off method. When making changes to algorithms, there can be situations that entail deterioration in the characteristics of meshes. The quality of mesh directly affects the fundamental possibility of computations, as well as speed and accuracy of solving numerical problems. Therefore it is important to have software tools that allow tracking the errors when building meshes.

Design / methodology / approach: The test base is used to generate meshes and compare the quality of the obtained meshes according to a set of topological and geometric criteria. Automated testing of the suitability of meshes for solving the problems in the LOGOS software package is carried out. To do this, simulation meshes are generated on the basis of practical problems of different difficulties.

Findings: There is a possibility of mesh correction according to the elements of poor quality revealed.

Research limitations / implications: The paper describes the method of automated quality analysis of volumetric meshes.

Originality / value: original methods to analyze the quality unstructured grid and testing algorithms.

Key words: volume mesh generator, mesh quality, automated testing, aero- and hydrodynamics, LOGOS software package

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХ ПАРАЛЛЕЛЬНО ДВИЖУЩИХСЯ СУДОВ

О.А. Пузан¹

ORCID: 0009-0005-6303-0121 e-mail: OAPuzan@vniief.ru

А.С. Козелков^{1,2}

ORCID: 0000-0003-3247-0835 e-mail: ASKozelkov@vniief.ru

В.В. Курулин^{1,2}

ORCID: 0000-0002-1685-3775 e-mail: VVKurullin@vniief.ru

В.Ю. Герасимов^{1,2}

ORCID: 0000-0003-2198-4902 e-mail: VYuGerasimov@vniief.ru

¹ «Российский федеральный ядерный центр. Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «РФЯЦ-ВНИИЭФ»² Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Во время движения судно подвергается воздействию различных факторов: встречные и попутные потоки, волнение, а также присутствие других судов, находящихся в непосредственной близости. Последний фактор наиболее существенен в случае маневра обгона, который является наиболее потенциально опасной ситуацией, обусловленной характером и размером гидродинамических сил и моментов, оказывающих влияние на поведение и управляемость судна. Настоящий доклад посвящен численному моделированию параллельного движения двух судови определению гидродинамического взаимодействия между ними. Используемая математическая модель основана на трехмерной системе уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу. Для моделирования водной поверхности применяется метод Volume of Fluid. Учет подвижных тел осуществляется с помощью деформации расчетной сетки. Базой для численных экспериментов выступает пакет программ «Логос». В докладе представлены результаты валидации для одиночного движения судна, а также численное исследование взаимного влияния параллельно движущихся судов для трех случаев их взаимного расположения.

Результаты получены при финансовой поддержке национального проекта «Наука и университеты» в рамках программы Минобрнауки РФ по созданию молодежных лабораторий № FSWE-2024-0001 (научная тема: «Разработка численных методов, моделей и алгоритмов для описания течений жидкостей и газов в естественных природных условиях, и условиях функционирования индустриальных объектов в штатных и критических условиях на суперкомпьютерах экса- и зета-производительности»).

Ключевые слова: вычислительная гидродинамика, осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса, Volume of Fluid, маневрирование судов, пакет программ «Логос»

NUMERICAL SIMULATION OF TWO VESSELS MOVING PARALLELY

O.A. Puzan¹, A.S. Kozelkov^{1,2}, V.V. Kurulin^{1,2}, V.Yu. Gerasimov^{1,2}

Russian federal nuclear center – The All-Russian research institute of experimental physics

²Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: This report is devoted to numerical modeling of parallel movement of two models of ships in calm water and determination of hydrodynamic interaction between them.

Design/methodology/approach: The numerical simulation method is based on the solution of a system of Reynolds-averaged Navier-Stokes equations together with a VOF method. The Reynolds-averaged Navier-Stokes equations are discretized using finite volume method (FVM), and solved by SIMPLE method. The numerical simulations were conducted in «Logos» software package.

Findings: Validation results for single ship movement are presented. A numerical study of the mutual influence of parallel moving ships is carried out for three cases of mutual location of ships.

Research limitations/implications: This article presents a numerical method for modeling the joint movement of two vessels and studying their mutual influence on each other.

Originality/value: The article presents the original results of computer modeling of the movement of two ships.

Key words: CFD, RANS, Volume of Fluid, ship maneuvering, Logos software package

УДК 519.6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЯЗКИХ ТУРБУЛЕНТНЫХ ТЕЧЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХСЛОЙНОЙ МОДЕЛИ K-EREALIZABLE

И.А. Юрлова

ORCID: 0009-0005-4345-5704 e-mail: IA.Yurlova@vniief.ru

«Российский федеральный ядерный центр. Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

Дифференциальные двухпараметрические модели турбулентности k - ε (и различные ее модификации) являются одними из наиболее популярных RANS моделей турбулентности. Они доступны практически во всех инженерных пакетах и широко применяются при производственных расчетах.

Данный доклад посвящен модели турбулентности k - ε realizable, которая является модификацией стандартной модели k - ε . Благодаря своей простоте, вычислительной экономичности и приемлемым результатам, данная модель считается одной из наиболее популярных RANS моделей турбулентности для расчета вязких турбулентных течений. Она доступна практически во всех инженерных пакетах и широко применяется при производственных расчетах.

Для модели турбулентности k - ε realizable была предложена двухслойная формулировка, в которой кинетическая энергия турбулентности k находится из дифференциального уравнения, а скорости ее диссипации ε определяется алгебраически как функция, зависящая от расстояния до стенки, что позволяет применять ее для любых значений y^+ .

Модель realizable k - ε two-layer была протестирована на задачах внешней аэродинамики. Полученные результаты сравнивались с моделями турбулентности SA и SST.

Ключевые слова: вычислительная гидродинамика, осредненные по Рейнольдсу, уравнения Навье-Стокса, модели турбулентности, аэродинамика, пакет программ «Логос»

SIMULATION OF VISCOUS TURBULENT FLOWS USING TWO-LAYER REALIZABLE K-EPSILON TURBULENCE MODEL

I.A. Yurlova

Russian federal nuclear center – The All-Russian research institute of experimental physics

Purpose: This report considers application of the realizable k - ε turbulent model in the simulations of viscous turbulent flows.

Design / methodology / approach: The paper describes a two-equation model of turbulence which is referred to Reynolds-Averaged Navier-Stokes models. Paper also describes a two-layer formulation of the realizable k - ε model. In this approach the dissipation ε is prescribed algebraically and depends on wall distance Reynolds number.

Findings: The paper finds out advantages and disadvantages of introduced model. The results obtained by this model compare with experimental data and with results obtained by other models.

Research limitations / implications: This article presents a model of turbulence which is implemented into LOGOS and can be applied to compressible flows. Nevertheless, it can find application for other types of flows.

Originality/value: The value of the work is to implement the realizable k - ε into LOGOS and to validate it by using several sets of experimental data.

Key words: computational fluid dynamics, turbulence models, Reynolds-Averaged Navier-Stokes equations, aerodynamics, Logos software package

АЛГОРИТМ ПОИСКА ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ТРЕУГОЛЬНИКОВ В ПОВЕРХНОСТНОЙ ТРЕУГОЛЬНОЙ СЕТКЕ

А.С. Ларькин

ORCID: 0009-0005-1688-2102 e-mail: ASLarkin@vniief.ru

Т.В. Цалко

ORCID: 0000-0001-9112-5789 e-mail: TVtsalko@vniief.ru

«Российский федеральный ядерный центр. Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» «РФЯЦ-ВНИИЭФ»

Построение качественной поверхностной сетки с целью построения на нейобъемной сетки для проведения численного моделирования физических процессов являются одними из наиболее трудоемких и затратных по времени этапов подготовки численной модели в 3D пространстве.

В препроцессоре пакета программ «Логос» для подготовки к моделированию задач аэрогидродинамики реализованы несколько генераторов объемных сеток. Каждый из этих генераторов предъявляет ряд жёстких требований к входной поверхностной треугольной сетке, одним из которых является отсутствие в сетке пересекающихся треугольников.

Для выполнения данного требования необходим инструментарий, способный определять пересекающиеся треугольники в поверхностной сетке, чтобы затем их обработать (удалить, перестроить). Для этого существует алгоритм поиска пересечений треугольников.

Представлен результат – модернизация алгоритма поиска пересекающихся элементов поверхностной треугольной сетки, в которой учитываются не рассматриваемые ранее особенности, возникающие при поиске пересечений треугольников. Например, учет соседних по ребру/вершине треугольников, которые являются пересекающимися в общем смысле понятия пересечения, но являются корректными для поверхностной треугольной сетки. Приведены результаты сравнения замеров времени работы без использования и с использованием k-мерного дерева, примеры построения сеток с учетом исправления пересечений треугольников.

Ключевые слова: пакет программ Логос, препроцессор, генератор сеток, поверхностные сетки, пересечения треугольников, k-мерное дерево

TRIANGLES INTERSECTION SEARCH ALGORITHM IN SURFACE TRIANGULAR MESH

A.S. Larkin, T.V. Tsalko

Russian federal nuclear center – The All-Russian research institute of experimental physics

Purpose: In the preprocessor of the “Logos” software package, several generators of volumetric mesh are implemented to prepare for modeling aerohydrodynamics tasks. Each of these generators imposes a number of stringent requirements on the input surface triangular mesh. One such requirement is that there are no intersecting triangles in the mesh. To fulfill this requirement, you need a toolkit that can identify intersecting triangles in the surface mesh and then process them (delete, rebuild). To do this, there is an algorithm for searching the intersections of triangles.

Design/methodology/approach: The paper describes triangles intersections search algorithm in surface triangular mesh. Furthermore, the problem of triangles intersections detection and classification in context of mated mesh is considered. Besides, the optimization problem of algorithm run time is reviewed.

Findings: The report presents the results of acceleration using a k-dimensional tree and examples of meshing with corrected triangle intersections.

Research limitations/implications: The report presents an implementation of triangles intersection search algorithm in surface triangular mesh.

Originality/value: The report presents the result of the work done - the modernization of the algorithm for searching intersecting elements of a surface triangular mesh, which takes into account previously not considered features that arise when searching for triangle intersections in the surface triangular mesh. For example, Edge/vertex neighboring triangles are intersecting by definition, but they are correct for a surface triangular mesh.

Key words: “Logos” software package, pre-postprocessor, mesh generator, surface meshes, triangles intersections, k-d tree

ИНДЕКС СТРАТИФИКАЦИИ МОРЕЙ РОССИИ
ПО ДАННЫМ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО АТЛАСА WOA18

М.В. Кокоулина

ORCID: 0000-0001-5890-3649 e-mail: kokoulinamaria97@gmail.com

О. Е. Куркина

ORCID: 0000-0002-4030-2906 e-mail: oksana.kurkina@mail.ru

А. А. Куркин

ORCID: 0000-0003-3828-6406 e-mail: aakurkin@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексева

В данной работе был проведен расчет индекса плотностной стратификации вод (в форме потенциальной энергии на перемешивание столба единичного объема, нормированной на глубину дна) морей России за летний период с использованием данных из открытого международного гидрологического атласа WOA18. Характерные значения этой величины составляют от 100 до 1000 Дж/м³. Результаты исследования подтвердили сильную и единообразную функциональную степенную связь между индексом стратификации и фазовой скоростью длинных внутренних волн во всех российских морях. Множитель при степенной функции почти одинаковый (примерно 0.35) для всех рассматриваемых морей, что свидетельствует об универсальности обнаруженной зависимости. Полученная аппроксимация точно описывает исходные точки (коэффициент достоверности $R^2 > 0.96$ всех акваторий) и может быть использована для упрощенных, быстрых оценок значений фазовой скорости длинных внутренних волн. Индекс стратификации в выбранной форме также полезен при применении неамплитудных критериев интенсивности внутренних волн.

Ключевые слова: индекс стратификации, фазовая скорость длинных внутренних волн, моря России, гидрологический атлас WOA18

STRATIFICATION INDEX OF THE RUSSIAN SEAS
BASED ON THE HYDROLOGICAL ATLAS WOA18 DATA

M.V. Kokoulina, O.E. Kurkina, A.A.Kurkin

Nizhniy Novgorod state technical university n. a. R.E. Alekseev

Purpose: The aim of the study is to analyze the stratification index in the seas of Russia and to identify the correlation of the phase speed of long internal waves with this parameter.

Design/methodology/approach: The research was conducted within the framework of a weakly nonlinear model of internal waves, as well as using methods of mathematical statistics.

Findings: The stratification index of the Russian seas was analyzed using data from the open international hydrological atlas WOA18, and maps of the spatial distribution of this characteristic were obtained. A universal function describing the relationship between the phase speed of internal waves and the stratification index for all the seas under consideration was derived.

Research limitations/implications: The study is limited by the resolution of the original data.

Originality/value: The presented results are original and can serve as a starting point for future research in this area, expanding the understanding of the relationship between the stratification of sea water and the dynamics of internal waves.

Key words: stratification index, phase velocity of long linear internal waves, seas of Russia, hydrological atlas WOA18

УДК 532.5

**ПЕРЕНОС АНСАМБЛЕЙ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ БАРОКЛИННЫМИ
ПОТОКАМИ НА ШЕЛЬФЕ О.САХАЛИН**

П.Д. Кузнецов

ORCID: 0000-0001-5344-683X e-mail: kuznetsovpd@yandex.ru

Е.А. Рувинская

ORCID: 0000-0002-3858-1731 e-mail: e.rouvinskaya@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Целью настоящей работы является изучение переноса ансамблей частиц нейтральной плавучести в потоках, возникающих при прохождении полнонелинейных внутренних волн на шельфе острова Сахалин. Выбранная область представляет интерес для исследования, поскольку богата месторождениями углеводородов, а также является местом промысла некоторых рыб. В работе применяются различные методы анализа, обработки и визуализации полученных данных о лагранжевых траекториях частиц в нескольких двумерных разрезах. Показано, что в зависимости от области шельфа (выбранного разреза) и начального расположения частиц в расчетной области (на большой глубине, на мелководье или вблизи особенностей шельфа) наблюдаются различные сценарии перемещения частиц, что обусловлено особенностями динамики внутренних волн. За три суточных периода максимальные смещения в исследуемых областях составили порядка 30-50 км по горизонтали и 200-400 м по вертикали (направление движения при этом – преимущественно вверх и к берегу). Разработанные в рамках настоящей работы методы и инструменты могут быть использованы как для решения экологических задач (например, для исследования передвижений планктонных организмов в толще воды), так и для инженерных приложений (например, для анализа процессов перемещения седиментов у дна).

Ключевые слова: численное моделирование, внутренние волны, траектории частиц

**TRANSFER OF SUSPENDED PARTICLE ENSEMBLES BY BAROCLINIC FLOWS
ON THE SAKHALIN ISLAND SHELF**

P.D. Kuznetsov, E.A. Rouvinskaya

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The purpose of this work is to study the transfer of ensembles of particles of neutral buoyancy in flows arising during the passage of fully nonlinear internal waves on the shelf of the Sakhalin Island.

Design/methodology/approach: Various methods of analysis, processing and visualization of the obtained data on Lagrangian trajectories of particles in several two-dimensional sections are used in the work.

Findings: It is shown that, depending on the shelf area (selected section) and the initial location of particles in the computational domain (at great depth, in shallow water or near shelf features), different particle movement scenarios are observed, which is due to the peculiarities of the dynamics of internal waves. Over three daily periods, maximum displacements in the studied areas were about 30-50 km horizontally and 200-400 m vertically (the direction of movement was mainly upward and towards the shore).

Research limitations/implications: Since an ideal fluid is modeled and viscosity is not taken into account, slightly overestimated values of particle transport distances are obtained in the work.

Originality/value: The methods and tools developed in this work can be used both to solve environmental problems (e.g., to study movements of planktonic organisms in the water column) and for engineering applications (e.g., to analyze the processes of sediment movement near the bottom).

Key words: numerical modeling, internal waves, particle trajectories

О БАЗЕ ДАННЫХ
НАБЛЮДЕНИЙ ЗАХВАЧЕННЫХ ВОЛН В МИРОВОМ ОКЕАНЕ

И.Е.Савело

ORCID: 0009-0006-8308-6840 e-mail: ivaan2002@mail.ru

С.А. Епифанов

ORCID: 0009-0000-5585-6082 e-mail: epifanov.s.a@yandex.ru

А.С. Епифанова

ORCID: 0000-0003-1061-0964 e-mail: epifanova.anastasia.s@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Захваченные волны вносят существенный вклад в изменчивость поля течений на шельфе, что оказывает большое влияние на деятельность человека в прибрежной зоне. Поэтому сбор и систематизация информации о них является весьма актуальной задачей. В работе приведено описание базы данных, содержащей на данный момент информацию о зарегистрированных случаях наблюдений краевых, шельфовых волн, волн Пуанкаре и волн Кельвина из 60 литературных источников за период с 1945 года по настоящее время. Рассмотрена структура базы данных, ее объем и текущее содержание. Для взаимодействия с базой данных разработано веб-приложение, серверная часть которого реализована с помощью фреймворка Nest.js, а пользовательский интерфейс – на основе React.js. Для визуализации географического распределения наблюдений использованы Яндекс.Карты; они интегрированы в приложение посредством библиотеки React-yandex-maps. Работы по сбору информации о захваченных волнах планируется продолжать.

Ключевые слова: захваченные волны, краевые волны, шельфовые волны, волны Пуанкаре, волны Кельвина, база данных, Мировой океан

ON THE DATABASE
OF OBSERVATIONS OF TRAPPED WAVES IN THE WORLD OCEAN

I.E. Savelo, S.A. Epifanov, A.S. Epifanova

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: This article describes the database of observations of trapped waves in the World Ocean.

Design / methodology / approach: The database is based on the MySQL - open-source relational database management system. To interact with the database, a web application was developed. It's server part is implemented using the Nest.js framework, and the user interface is based on React.js. For visualization of the observation geography Yandex.Maps was used. It is integrated into the application using the React-yandex-maps library.

Findings: The database contains information on registered cases of trapped waves observations from 60 literature sources for the period from 1945 to the present.

Research limitations/implications: This research opens further prospects for both studying of trapped waves, such as edge waves, shelf waves, Poincare waves and Kelvin waves.

Originality/value: The database is used for geographic information systems, statistical analysis, knowledge bases, web services for ocean research.

Key words: trapped waves, edge waves, shelf waves, Poincare waves, Kelvin waves, database, World Ocean

О НЕКОТОРЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ПОЛУГРУПП, ПОРОЖДЕННЫХ СИСТЕМАМИ ИТЕРИРОВАННЫХ ФУНКЦИЙ

А.В. Багаев

ORCID: 0000-0001-5155-4175 e-mail: a.v.bagaev@gmail.com

Ю.А. Колотина

ORCID: 0009-0005-3264-5043 e-mail: yacenko.julia372@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Системой итерированных функций (СИФ) называется конечное семейство S сжимающих отображений полного метрического пространства X . Аттрактором СИФ $S = \{f_1, \dots, f_k\}$ на X называется такое непустое компактное множество $A \subset X$, что $f_1(A) \cup \dots \cup f_k(A) = A$. Согласно теореме Хатчинсона любая СИФ S имеет единственный аттрактор. Аттракторы СИФ могут быть как достаточно простыми компактными множествами, так и иметь сложную структуру, быть фракталами.

Пусть $G \times X \rightarrow X: (g, x) \mapsto g \cdot x$ – непрерывное действие топологической полугруппы G на топологическом пространстве X . Пара (G, X) называется динамической системой. Множество $G \cdot x = \{g \cdot x \mid g \in G\}$ называется орбитой точки $x \in X$. Непустое замкнутое инвариантное множество $M \subseteq X$ называется минимальным, если $\overline{G \cdot x} = M \quad \forall x \in M$, где $\overline{G \cdot x}$ – замыкание орбиты $G \cdot x$. Если $M = X$, то система (G, X) называется минимальной. Непустое замкнутое инвариантное множество $A \subset X$ называется глобальным аттрактором динамической системы (G, X) , если $\overline{G \cdot x} \supset A \quad \forall x \in X \setminus A$.

Мы исследуем свойства динамической системы (G, X) , где полугруппа G порождена СИФ S , заданной на полном метрическом пространстве X . Доказано, что аттрактор A СИФ S является минимальным множеством и глобальным аттрактором динамической системы (G, X) . Динамическая система (G, A) , полученная из (G, X) сужением действия G на A , является минимальной. Отметим, что динамические системы (G, X) и (G, A) не имеют замкнутых орбит и не являются чувствительными к начальным условиям, следовательно, они не являются хаотичными.

Ключевые слова: полугруппа, минимальное множество полугруппы, глобальный аттрактор полугруппы, чувствительность к начальным условиям, система итерированных функций, фрактал

ON SOME DYNAMIC PROPERTIES OF SEMIGROUPS GENERATED BY ITERATED FUNCTION SYSTEMS

A.V. Bagaev, Y. A. Kolotina

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: We investigate the dynamics of a semigroup G generated by an iterated function system (IFS) S on a complete metric space X .

Design/methodology/approach: An iterated function system (IFS) is a finite family S of compressive maps of the complete metric space X . An attractor of IFSS $S = \{f_1, \dots, f_k\}$ is a nonempty compact set $A \subset X$ such that $f_1(A) \cup \dots \cup f_k(A) = A$. According to Hutchinson's theorem, any IFSS has a unique attractor A . For IFS S on X a metric space $(K(X), d_H)$ is considered, where d_H is the Hausdorff metric on the set $K(X)$ of all nonempty compact subsets of X . The Hausdorff metric and Hutchinson's theorem are applied to prove the statements.

Findings: The attractor A of the IFS S is a minimal set and a global attractor of the dynamical system (G, X) . The dynamical system (G, A) is minimal. The dynamical systems (G, X) and (G, A) do not have closed orbits and are not sensitive to initial conditions. Thus, (G, X) and (G, A) are not chaotic.

Research limitations/implications: Hutchinson's theorem on the existence and uniqueness of the attractor of a IFS is significantly used in the proof of the statements.

Originality/value: IFS define an important class of dynamical systems having a global attractor.

Key words: semigroup, minimal set of a semigroup, global attractor of a semigroup, sensitivity to initial conditions, iterated function system, fractal

ПРОГРАММА ВЫЧИСЛЕНИЯ РАЗМЕРНОСТИ МИНКОВСКОГО

А.В. Багаев

ORCID: 0000-0001-5155-4175 e-mail: a.v.bagaev@gmail.com

А.И. Соловьева

ORCID: 0009-0004-7888-7315 e-mail: solovevaanastasiya31@gmail.com

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Понятие фрактала было впервые предложено Бенуа Мандельбротом в 1977 году. Строгого определения фрактала не существует. Фракталами можно назвать геометрические объекты, имеющие сильно изрезанную форму и обладающие свойством самоподобия. Одной из важных числовых характеристик фракталов является размерность. Существует много видов фрактальных размерностей: размерность Хаусдорфа-Безиковича, упаковочная размерность, размерность самоподобия, размерности Реньи, размерность Минковского.

Наиболее простой способ вычисления на компьютере имеет размерность Минковского. Для множества $A \subset \mathbb{R}^n$ размерность Минковского $\dim_M A$ может быть определена как предел отношения $-\ln N(\varepsilon) / \ln \varepsilon$ при $\varepsilon \rightarrow 0$, где $N(\varepsilon)$ – количество кубов -сетки, пересекающих множество A . Нами создана программа вычисления размерности Минковского фрактального множества по его изображению. Для линейной аппроксимации прямой $N = N(\varepsilon)$ в осях $\ln \varepsilon - \ln N(\varepsilon)$ использовался метод наименьших квадратов.

Программа была протестирована на фрактальных множествах, размерность Минковского которых может быть вычислена аналитически. Например, для треугольника Серпинского размерность Минковского равна $\ln 3 / \ln 2 \approx 1,585$. Размерность Минковского треугольника Серпинского, вычисленная программой, равна **1,579**. Таким образом, относительная погрешность вычисления в данном случае составила 0,38 %.

Вычисление размерности Минковского активно используется в медицине и географии, поэтому программа может найти применение в этих областях.

Ключевые слова: фрактал, размерность Минковского, линейная аппроксимация, метод наименьших квадратов

A PROGRAM FOR CALCULATING THE MINKOWSKI DIMENSION

A.V. Bagaev, A.I. Solovyeva

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: Implement an algorithm for calculating the Minkowski dimension for a fractal image.

Design/methodology/approach: We was using box-counting algorithm. The main idea of this algorithm is that we split our image on an ε -grid. Then count how many squares with side length equals ε contain at least one pixel of a fractal. In this work we started with $\varepsilon = 1$ pixel and was slowly increasing ε until the square with side length equals ε no longer fit on an image. Each step of increasing ε we saved the point with coordinates $(\ln(1/\varepsilon), \ln(N(\varepsilon)))$, where $N(\varepsilon)$ is a number of squares, which contains at least one pixel of fractal set. Finally we approximated this points with the linear function $y = kx + b$ and the coefficient k is the value of Minkowski dimension.

Findings: We implemented algorithm, that can approximately calculate Minkowski dimension of a fractal image

Research limitations/implications: The uploaded image must have a fairly clear border.

Originality/value: The calculation of the Minkowski dimension is actively used in medicine and geography. Therefore, this work can support research in these areas.

Key words: fractal, the Minkowski dimension, linear approximation, least square method

**СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ
В АНТАРКТИДЕ****Н.А. Жуков**

ORCID: 0009-0004-0898-3715 e-mail: necalec@gmail.com

Р.Е. Мазова

ORCID:0000-0003-2443-149X e-mail:raissamazova@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В последнее время в научной среде появляется немало новых важных данных об активности в антарктическом регионе. Откалываются крупные ледники, извергаются активные вулканы и происходят периодические подземные толчки. Несмотря на свою изолированность и слабую активность Антарктиды, есть несколько южных регионов, сейсмическая активность для которых в Арктическом регионе может привести к разрушительным последствиям. В связи с этим, анализ землетрясений и возможных цунами в океане южнее -50 параллели, становится более чем актуальным. При анализе землетрясений, кроме основного толчка, учитывались некоторые сильные афтершоки. На основе этих данных построены закон повторяемости сильных землетрясений с магнитудой $M > 5$ и гистограмма распределения землетрясений для указанного региона в декартовой и логнормальной системе координат, для использования их в последующем численном моделировании генерации и распространения волн цунами.

Ключевые слова: Антарктида, землетрясения, цунами, статистическое распределение землетрясений, афтершоки, закон повторяемости

STATISTICAL ANALYSIS OF EARTHQUAKES IN ANTARCTIDE**N.A. Zhukov, R.E. Mazova**

Nizhniy Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The paper deals with the construction of statistical distribution for grouped earthquakes by main shocks and aftershocks with $M > 5$.

Design/methodology/approach: Recently, a lot of new important data on activity in the Antarctic region have been appearing in the scientific community. Large glaciers are breaking off, active volcanoes are erupting and periodic tremors are occurring. Despite Antarctica's isolation and weak activity, there are several southern regions for which seismic activity in the Arctic region could have devastating consequences. In this connection, the analysis of earthquakes and possible tsunamis in the ocean south of the -50 th parallel becomes more than relevant. When analyzing earthquakes, in addition to the main shock, some strong aftershocks were taken into account. On the basis of these data, the law of recurrence of strong earthquakes with magnitude $M > 5$ and the histogram of earthquake distribution for the specified region in Cartesian and lognormal coordinate systems were constructed for their use in the subsequent numerical modeling of tsunami wave generation and propagation.

Research limitations/implications: This article is part of future work on tsunamis in Antarctica.

Originality/value: The calculations have not been previously performed in the studied regions, so in this case we obtained fundamentally new data.

Key words: Antarctica, earthquakes, tsunamis, statistical distribution of earthquakes, aftershocks, recurrence law

УДК 551.465

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦУНАМИ В ОХОТСКОМ МОРЕ
ОТ ОПОЛЗНЯ В КУРИЛЬСКОЙ КОТЛОВИНЕ**

Д.А. Окунев

ORCID: 0009-0000-5576-0304 e-mail: okunev_d@list.ru

Р.Е. Мазова

ORCID: 0000-0003-2443-149X e-mail: rmazova@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Численное моделирование генерации и распространение волн в Курильской котловине имеет важное значение для предсказания и оценки последствий возможных природных явлений, таких как землетрясения и цунами в акватории Охотского моря. Это позволяет провести анализ потенциальной угрозы для населения и инфраструктуры в этом регионе, а также разработать соответствующие меры по предотвращению катастрофических ситуаций при накате волн цунами. Проведение численного моделирования позволяет прогнозировать характеристики волн, их скорость, высоту и распространение по акватории Охотского моря. В данном исследовании рассматривается северо-восточный район Сахалинского острова, Курильские острова, материковую часть Охотского моря. Проведено численное моделирование волн цунами, образованных от двух локализаций подводного оползня в Курильской котловине в рамках твердо-блочной сегментарной модели. Получено, что наиболее опасный участок находится на о. Сахалин на участке мыса Терпения, а также потенциально опасные районы острова Кунашир и Уруп.

Ключевые слова: численное моделирование, оползень, цунами, сегментарная твердотельная модель, Курильская котловина

**NUMERICAL SIMULATION OF TSUNAMI IN THE SEA OF OKHOTSK
FROM A LANDSIDE IN THE KURILE BASIN.**

D.A.Okunev, R.E.Mazova

Nizhniy Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: This study examines a possible landslide process in the northeastern region of the Kuril Basin and its numerical modeling of wave generation and propagation. Forecasting the possible wave level from a given tsunami.

Design/methodology/approach: Numerical modeling was used to obtain data on wave propagation in the studied region. After the calculations, also obtained data on the heights of waves on the coasts. The seismic source was considered in this problem within segmental solid model.

Originality/value: The calculations have not been carried out previously in the regions under study, so in this case we obtained fundamentally new data.

Key words: numerical simulation, landslide, tsunami, segmental solid model, Kuril basin.

УДК 551.465

РЕИНЖИНИРИНГ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕНЕРАЦИИ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН ЦУНАМИ

К.С. Поляков

ORCID: 0009-0006-8972-6634 e-mail: kirill.31030086@gmail.ru

Р.Е. Мазова

ORCID: 0000-0003-2443-149X e-mail: rmazova@mail.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

Имеющийся программный комплекс для численного моделирования генерации и распространения волн цунами обладал существенными недостатками - неоптимальной архитектурой программного кода, наличием различных ошибок в программе, низкой производительностью и скоростью работы. Это серьезно затрудняло его применение для практических расчетов. Для устранения указанных недостатков в данной работе был проведен комплексный реинжиниринг рассматриваемого программного комплекса. Работы по реинжинирингу включали в себя проведение полного аудита исходного программного кода с целью обнаружения и последующего устранения имеющихся ошибок, оптимизацию используемых в программе алгоритмов для повышения скорости работы, реализацию механизмов гибкой настройки различных параметров моделирования без необходимости перекомпиляции всего исходного кода, а также добавление новых возможностей по визуализации, получаемых в процессе моделирования результатов. В итоге проведенного комплексного реинжиниринга программного комплекса удалось значительно повысить общую скорость работы программы, а также улучшить такие ее характеристики, как масштабируемость и гибкость настройки различных параметров моделирования.

Ключевые слова: реинжиниринг, программный комплекс, численное моделирование цунами, оптимизация, цунами

CREATION OF A SOFTWARE PACKAGE ARCHITECTURE FOR NUMERICAL SIMULATION OF TSUNAMI WAVES ROLLING ASHORE FROM UNDERWATER FOCI IN MARINE AREAS OF VARIOUS ORIGIN

K.S. Polyakov, R.E. Mazova

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

Purpose: The author proposes the reengineering of a software package for numerical simulation of the generation and propagation of tsunami waves.

Design / methodology / approach: The existing software package for numerical simulation of the generation and propagation of tsunami waves had significant disadvantages - suboptimal architecture of the program code, the presence of various errors in the program, low performance and speed of operation. This seriously hampered its application for practical calculations. To eliminate these shortcomings, a comprehensive reengineering of the software package in question was carried out in this work. The reengineering work included conducting a full audit of the source code in order to detect and subsequently eliminate existing errors, optimizing the algorithms used in the program to increase the speed of operation, implementing mechanisms for flexibly configuring various modeling parameters without having to recompile the entire source code, as well as adding new visualization capabilities obtained during the modeling process. As a result of the comprehensive reengineering of the software package, it was possible to significantly increase the overall speed of the program, as well as improve its characteristics such as scalability and flexibility of configuring various modeling parameters.

Originality/value: Now, very few software systems can simulate the creation, propagation and impact of tsunami waves, so we get an almost unique software package.

Key words: reengineering, software complex, numerical tsunami simulation, optimization, tsunami

**ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ ЗНАНИЙ ОСД.
АНАЛИЗ ЧИСЛОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ**

А.С. Макаров

ORCID: 0000-0002-4468-7161 e-mail: alexmakjob@yandex.ru

С.Л. Моругин

ORCID: 0000-0001-5878-6665 e-mail: smorugin@yandex.ru

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексева

С появлением мощных вычислительных аппаратных комплексов появилась возможность создавать продвинутые интеллектуальные системы, которые существенно упрощают жизнь человека. Одной из задач интеллектуальных систем является задача выбора лучшей альтернативы. В работе исследуется возможность создания искусственного интеллекта с применением онтологии ОСД, анализируется его поведение в зависимости от характеристик. В качестве базы знаний использована ОСД сеть, разработанная инженером. Для реализации процесса выбора используется событийная значимость, которая служит функцией перехода. ОСД сеть – является онтологией. ОСД аббревиатура означает: О – объект, С – свойство, Д – действие. В работе уделено особое внимание зависимости средней событийной значимости на поведение искусственного интеллекта. Автор статьи исследует свою концепцию построения искусственного интеллекта основанного на эмоционально-информационном подходе. В исследовании был создан интеллект муравья, целью которого является сбор ресурсов. Особое внимание уделено анализу изменения поведенческой модели выбора интеллекта на всём этапе работы системы.

В статье рассматривается исследование работы искусственного интеллекта с использованием онтологии ОСД. Произведён обзор существующих технологий и подходов, произведён анализ.

Ключевые слова: искусственный интеллект, теория принятия решений, модели знаний, анализ медиаконтента, экспертная система.

**DECISION MAKING THEORY USING THE OSD KNOWLEDGE MODEL. ANALYSIS OF
NUMERICAL VALUES**

A.S. Makarov, S.L. Morugin

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R.E. Alekseev

Purpose: Study of the possibility of using the OPA model to create artificial intelligence.

Design / methodology / approach: The article deals about the development of artificial intelligence and its simulation.

Findings: As a result, the possibility of using the OPA model to create artificial intelligence was discovered. The ant's artificial intelligence does a good job of selecting resources.

Research implications: This study helped explore the use of such a method to create AI. Creating AI using the OPA model helps organize the choice from N alternatives.

Originality: The originality of the article is determined by the proposed OPA model and the calculation method for decision making. The author of the article has developed a computer program that allows you to simulate algorithms. The use of the event significance approach has proven its effectiveness.

Key words: artificial intelligence, decision theory, knowledge models, media content analysis, expert system.